

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM BÖLGELERİNDEKİ BETONARME YAPILARDA
DONATI DÜZENLEME İLKELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnşaat Müh. Hasan ÖZKAYNAK

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2002

**DEPREM BÖLGELERİNDEKİ BETONARME YAPILARDA
DONATI DÜZENLEME İLKELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnşaat Müh. Hasan ÖZKAYNAK
(501001124)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mayıs 2002

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK (İ.T.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Metin AYDOĞAN (İ.T.Ü)

Prof. Dr. İbrahim EKİZ (Y.T.Ü)

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Son yıllarda yaşanmış olan depremler, ülkemiz insanlarına gerek maddi gerekse manevi açıdan onanmaz zararlar vermiştir. Bu zararlarla tekrar karşılaşılmasını için yapıların, denetimden ve kaliteden ödün verilmeden yapılması gerekmektedir.

Donatı düzenlenmesindeki büyük hatalar, yaşanan depremlerin bıraktığı ağır izlerin sebebi olarak değerlendirilebilir. Depremde hasar görmüş yapılardaki donatı düzenleme hususunda gördüğüm eksiklikler, beni bu konuda bir yüksek lisans tezi hazırlamaya itmiştir. Böylesine önemli bir soruna, bu tez çalışmasında bir kez daha dikkat çekilmesinin, gerek yetismekte olan inşaat mühendisleri adaylarına gerekse uygulamaya yönelik çalışmalar yapan meslektaşlarıma, donatı düzenleme bilincini kazandırması açısından yararlı olacağı inancını taşımaktayım.

Sunulan bu yüksek lisans tez çalışması, İ.T.Ü'nün tüm kütüphanelerinden, çeşitli yapı fuarlarından, seminerlerden ve T.M.M.O.B'den elde ettiğim kaynaklardan faydalanarak yaptığım, literatür araştırması sonucunda gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmalarım sırasında yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, olaylara yaklaşımından önemli dersler aldığım değerli tez danışmanım Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e, çalışmalarına yoğunlaşma imkanı tanıyan ÇAKICIOĞULLARI İNŞ. SAN. A.Ş Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Mehmet ÇAKICI'ya, çalışmalarım için yol gösterici kaynaklar tavsiye eden, Araştırma Görevlisi Sayın Mahmut KÖMÜR'e ve Araştırma Görevlisi Sayın Cüneyt VATANSEVER'e, ve bana her zaman her türlü desteği veren değerli aileme teşekkür ederim.

Mayıs 2002

Hasan ÖZKAYNAK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	x
TABLO LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xii
SEMBOL LİSTESİ	xviii
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxii

1. GİRİŞ	1
1.1. Standartlar ve Yönetmelikler	3
2. KAVRAMLAR VE TANIMLAR	6
2.1. Beton	6
2.1.1. Betonun mekanik özellikleri	7
2.1.1.1. Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı	9
2.1.1.2. Betonun elastisite modülü	9
2.1.1.3. Isıl genleşme katsayısı	9
2.1.2. Betonda büzülme, şişme ve sünme kavramları	9
2.2. Donatı Çelikleri	10
2.3. Betonarme	11
2.3.1. Betonarmenin tarihçesi	12
2.3.2. Herhangi bir betonarme yapının oluşturulmasında izlenen aşamalar	13
2.3.2.1. Ön boyutlandırma	13
2.3.2.2. Statik hesap	14
2.3.2.3. Lineer olmayan hesap	14
2.3.2.4. Betonarme hesap	14
2.3.2.5. Konstrüktif kurallar göz önüne alınarak betonarme çizim	15
2.3.3. Taşıma gücü yöntemi	15
2.3.4. Emniyet gerilmeleri yöntemi	16
2.3.5. Rijitlik kavramı	16
2.3.6. Süneklik kavramı	16
2.3.7. Gevrek kırılma kavramı	17
2.3.8. Sünek kırılma kavramı	17
2.3.9. Dengeli kırılma kavramı	18
2.3.10. Elastik davranış kavramı	18
2.3.11. Plastik ve elastoplastik davranış kavramı	18
2.3.12. Dayanım kavramı	19
2.4. Düzensiz Binalar	19

3. BETONARME VE DAVRANIŞ ŞEKLİ	20
3.1. Betonarme Yapı Elemanlarının Mukavemet Halleri	22
3.1.1. Çekme etkisi	23
3.1.2. Basınç etkisi	24
3.1.3. Kesme etkisi	25
3.1.4. Eğilme etkisi	27
3.1.5. Zımbalama etkisi	28
3.1.5.1. Zımbalama donatısı	30
3.1.6. Burulma etkisi	31
3.1.6.1. Donatı detayları	33
4. DONATI DÜZENLEME TEORİSİ	35
4.1. Betonun Donatılmasının Amaçları	35
4.2. Betonarme Yapı Elemanlarında Çekme Etkisi	36
4.3. Betonarme Yapı Elemanlarında Kesme Donatısı	39
4.4. Sürekli Kirişlerde Donatım	40
4.5. Eğilme ve Kesme Gerilmelerinin Karşılaştırılması	41
4.6. Basınç Donatıları	41
4.7. Donatı Detaylandırılmasında Özet Bilgiler	43
5. DONATI DÜZENİNE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER	44
5.1. Donatı Çelikleri	44
5.1.1. Yüksek dayanımlı donatılar	46
5.1.1.1. Yüksek dayanımlı donatıların avantajları	46
5.1.1.2. Yüksek dayanımlı donatıların dezavantajları	46
5.1.2. Donatı çubuklarında ekonomi sağlanması	46
5.1.3. Hasır çelik	47
5.1.3.1. Sehpa donatıları	48
5.2. Donatı Yerleştirilmesi	49
5.2.1. Çelik hasırın yerleştirilmesi	50
5.2.2. Donatı çubukları arasındaki mesafe ve beton örtü tabakası kalınlığı	52
5.2.3. Büküm yarıçapı	54
5.2.4. Minimum donatı aralığı	55
5.2.5. Enine donatılar	56
5.2.5.1. Etriyelerin görevleri	56
5.2.5.2. Enine donatıların aderansa etkisi	58
5.2.6. Donatıların elemanlar içinde sınırlandırılması	58
6. BETONARME YAPI SİSTEMLERİ	60
6.1. Çerçevesiz Betonarme Yapılar	60
6.2. Perde Duvarlı Betonarme Yapılar	60
6.3. Perde Duvarlı Çerçevesiz Yapılar	61

7. ADERANS, KENETLENME VE EKLEME BİLGİLERİ	64
7.1. Aderans ve Kenetlenme	64
7.1.1. Aderans	64
7.1.1.1. Kenetleme aderansı	66
7.1.1.2. Eğilme aderansı	67
7.1.1.3. Donatı çubuklarında aderansın nedenleri	68
7.1.1.4. Aderansı etkileyen faktörler	69
7.2. Donatının Kenetlenmesi	70
7.2.1. Çekme donatısının kenetlenmesi	71
7.2.1.1. Düz kenetleme	71
7.2.1.2. Kanca ve fiyongla kenetleme	73
7.2.1.3. Kaynaklı enine donatı ile kenetleme	74
7.2.1.4. Mekanik kenetlenme	75
7.2.1.5. Demet donatının kenetlenmesi	75
7.2.2. Basınç donatısının kenetlenmesi	76
7.2.3. Boyuna donatıların kenetlenmesinde özetle bilinmesi gerekli hususlar	76
7.2.4. Etriyelerin kenetlenmesi	76
7.2.4.1. Kanca ile kenetleme	77
7.2.4.2. Düz bindirme ile kenetleme	79
7.2.4.3. Kaynaklı enine donatı ile kenetleme	79
7.2.4.4. Enine donatıların kenetlenmesinde özetle bilinmesi gerekli hususlar	79
7.3. Donatının Eklenmesi	80
7.3.1. Kaynaklı ekler	81
7.3.2. Manşonlu ekler	81
7.3.2.1. Kaynaklı ve manşonlu ek ve bağlantılar	83
7.3.2.2. Özel ekleme şekli	83
7.3.3. Bindirmeli ekleme	83
7.3.3.1. Çekme donatısındaki bindirmeli eklemeler	86
7.3.3.2. Basınç donatısının bindirmeli eklenmesi	88
7.3.3.3. Kolon boyuna donatısının bindirmeli ekleri	88
7.3.3.4. Dairesel kolonlarda bindirmeli ekleme	89
7.3.3.5. Genel olarak depreme dayanıklı donatı ekleme koşulları	89
7.3.3.6. Kanca ile ilgili problemler	90
8. KOLONLAR	94
8.1. Süneklilik Düzeyi Yüksek Kolonlar	94
8.2. Kolonlarda Uyulması Gereken Genel Kurallar	95
8.2.1. En kesit koşulları	96
8.2.2. Boyuna donatı koşulları	97

8.2.3. Enine donatı koşulları	101
8.3. Süneklilik Düzeyi Yüksek Kolonlar için Özet Minimum Koşullar	107
8.4. Süneklilik Düzeyi Normal Kolonlar	109
8.4.1. En kesit ve boyuna donatı koşulları	109
8.4.2. Enine donatı koşulları	109
9. KİRİŞLER	110
9.1. Süneklilik Düzeyi Yüksek Kirişler	110
9.1.1. Kirişlerde uyulması gereken genel kurallar	110
9.1.2. Kirişlerde en kesit koşulları	112
9.1.3. Donatı yerleştirme koşulları	113
9.1.3.1. Eğilme ve basınç donatı koşulları	114
9.1.4. Boyuna donatıların düzenlenmesi ile ilgili kurallar	116
9.1.4.1. Boyuna donatıların eklenmesi ile ilgili koşullar	117
9.1.5. Enine donatıların düzenlenmesi ile ilgili kurallar	118
9.1.5.1. Enine donatı aralığı	119
9.1.5.2. Etriyelerin genel özellikleri	120
9.1.5.3. Pilyelerin genel özellikleri	121
9.1.5.4. Askı donatısı için gerekli kurallar	125
9.1.6. Kirişlerde genel donatı detaylandırma şekilleri	126
9.1.6.1. L kesitli kirişler	126
9.1.6.2. T kesitli kirişler	127
9.1.6.3. Çift donatılı dikdörtgen kesitli kirişler	127
9.1.6.4. Sürekli kirişler	128
9.1.6.5. Farklı derinlikteki kirişler	129
9.1.6.6. Guseli kirişler	130
9.2. Süneklilik Düzeyi Normal Kirişler	132
10. BETONARME DÖŞEMELER	134
10.1. Döşeme Sistemlerine Ait Genel Bilgiler	135
10.2. Kirişli Döşemeler	137
10.2.1. Bir doğrultuda çalışan döşemeler	137
10.2.1.1. Döşeme kalınlıkları	139
10.2.1.2. Donatı ile ilgili kurallar	140
10.2.2. İki doğrultuda çalışan döşemeler	145
10.2.2.1. Döşeme kalınlıkları	145
10.2.2.2. Donatı ile ilgili kurallar	146
10.3. Kirişsiz Döşemeler	149
10.3.1. Döşeme kalınlıkları	150
10.3.2. Donatı ile ilgili kurallar	152
10.4. Dişli Döşemeler	153

10.4.1. Döşeme boyutları	154
10.4.2. Konstrüktif kurallar	155
10.4.3. Çeşitli donatı düzenleme şekilleri	156
11. BETONARME TEMELLER	160
11.1. Duvar Altı Temelleri	162
11.1.1. Boyutlandırma	162
11.1.2. Donatıyla ilgili kurallar	163
11.2. Tekil Temeller	164
11.2.1. Boyutlandırma	164
11.2.2. Donatılar ile ilgili kurallar	166
11.2.2.1. Bağ kirişleri	167
11.3. Sürekli Temeller	169
11.3.1. Donatı ile ilgili kurallar	170
11.3.2. Bir doğrultuda sürekli temeller	172
11.3.3. İki doğrultuda sürekli temeller	172
11.4. Radye Temeller	173
12. PERDELER	176
12.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler	176
12.1.1. Perdelerin yük etkisi altındaki davranışı	177
12.1.2. En kesit koşulları	178
12.1.3. Donatı ile ilgili kurallar	181
12.1.3.1. Gövde donatısı koşulları	183
12.1.3.2. Gövde donatısının düzenlenmesi	183
12.1.3.3. Perde uç bölgelerinde donatı koşulları	184
12.2. Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelere İlişkin Kural ve Koşullar	186
12.2.1. Perdelerde boşluk bırakılması durumu	188
12.3. Süneklik Düzeyi Normal Perdeler	188
13. BETONARME YÜKSEK KİRİŞLER	189
13.1. Yüksek Kirişlerin Yük Altındaki Davranışı	189
13.2. Yüksek Kirişlerde Donatı ile İlgili Koşullar	192
13.2.1. Gövde donatısı	195
13.2.2. Yükün kirişe alttan uygulanması durumu	196
13.2.3. Dolaylı yükleme durumu	196
14. KISA KONSOLLAR	198
14.1. Kısa Konsolların Yük Altındaki Davranışı	198
14.2. Kısa Konsollarda Donatı ile İlgili Kurallar	199
15. MERDİVENLER	203
15.1. Merdiven Eğimi	204
15.2. Donatı Düzenleme İlkeleri	205

15.2.1. Kıvrımlı sistemlerde donatı düzenlenmesi	206
15.2.2. Çeşitli donatı düzenleme şekilleri	208
16. İSTİNAT DUVARLARI	211
16.1. İstinat Duvarları Çeşitleri	212
16.1.1. Ağırlık istinat duvarı	212
16.1.2. Konsol istinat duvarları	212
16.1.3. Nervürlü istinat duvarları	213
16.1.4. Köprü kenar ayakları	214
16.2. Duvara Etkiyen Kuvvetler	214
16.3. Rezervuar ve Tanklar	215
16.3.1. Duvarları düşey olan rezervuarlar	215
16.3.2. Duvarları eğimli olan rezervuarlar	217
16.3.3. Dairesel şekildeki tanklar	217
16.3.4. Yüzme havuzları	219
16.4. Menfezler	219
16.5. İstinat Duvarlarına Ait TS 500 Koşulları	221
16.5.1. İstinat duvarlarının boyutları	221
16.5.2. Donatı ile ilgili kurallar	221
16.5.3. Genel konstrüktif kurallar	224
17. DONATI DÜZENİNDE ÖZEL DURUMLAR	225
17.1. Birleşim Bölgeleri	225
17.1.1. Kolon ve kiriş birleşim bölgeleri	225
17.1.1.1. Kolon kiriş birleşim yerlerinde donatı yerleştirme kuralları	229
17.1.1.2. Kolonların kırşlerden daha güçlü olması koşulu	230
17.1.1.3. Kolon ve kiriş birleşiminde donatı düzenleme örnekleri	231
17.1.1.4. Kolon donatısının devam etmediği kolon kiriş birleşimi	233
17.1.2. Kolonların üst kat kolonları ile birleşimi	236
17.1.3. Kolonların temelle birleşimi	238
17.1.3.1. Temellere ait diğer önemli hususlar	239
17.2. Döşemeler için Özel Durumlar	240
17.2.1. Döşemelerdeki boşluklar	240
17.2.2. Farklı derinliklerdeki döşemelerin birleşiminde donatı düzeni	240
17.2.3. Dairesel döşemelerde donatı düzeni	241
17.3. Kırık Eksenli Elemanların Detaylandırılması	242
18. BETONARMEDE MAFSALLI BİRLEŞİMLER	244
18.1. Bitim Bölgelerindeki Mafsallar	244
18.2. Tepe Mafsalları	247
18.3. Mekanik Mafsallar	248

19. DEPREME DAYANIKLI YAPI KAVRAMI	249
19.1. Taşıyıcı Betonarme Elemanlarda Hasarlar Deprem Hasarları	250
19.1.1. Betonarme çerçeve hasarı	252
19.1.2. Betonarme kirişlerde görülen hasarlar	252
19.1.3. Kolonlarda basınç hasarı	253
19.1.4. Kolonlarda kesme hasarı	254
19.1.5. Kolon kiriş ek yeri hasarı	256
19.1.6. Perde duvarlarında ki hasar şekilleri	260
19.1.7. Diğer hasar şekilleri	262
20. DONATI DÜZENLEME İŞÇİLİĞİNE FARKLI YAKLAŞIM	266
20.1. Korozyon ve Paslanmayı Önleyen Aparatlar	266
20.1.1. Pas payı konusunda genel bilgiler	267
20.2. Hazır Demir	271
21. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	275
KAYNAKLAR	279
EKLER	283
ÖZGEÇMİŞ	310

KISALTMALAR

A.A.S.H.T.O	: American Association of State Highway and Transportation Officials
A.B.D	: Amerika Birleşik Devletleri.
A.B.Y.Y.H.Y.	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik
ACI	: American Concrete Institute
ASTM	: American Society for Testing and Materials
CEB	: Comité Euro-International du Béton.
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü.

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Beton sınıfları ve dayanımları	8
Tablo 5.1. TS 708'e göre donatı çeliklerinin mekanik özellikleri.....	45
Tablo 5.2. Beton örtüsü kalınlıkları.....	53
Tablo 7.1. Kaynaklanmış enine çubuklar için kenetleme koşulları	74
Tablo 7.2. Nokta kaynaklı hasır donatı için bindirme koşulları.....	87
Tablo 8.1. Kolonlar için A.B.Y.Y.H.Y'ğe ve TS 500'e göre minimum koşulları.....	108
Tablo 9.1. Kirişlerde TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y'ğe göre minimum koşulların özeti	132
Tablo 11.1. Duvar altı temellere ilişkin koşullar	164
Tablo 11.2. Bağ kirişlerine ilişkin minimum koşullar	168
Tablo 13.1. Yüksek kirişlerde donatı şeritleri	196

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1 : Çekme etkisi altındaki yapı elemanın üniform gerilme dağılımı .	23
Şekil 3.2 : Basınç etkisi altındaki yapı elemanında üniform gerilme dağılımı	24
Şekil 3.3 : Enine donatıların kesme kuvvetine karşı gösterdiği davranış	25
Şekil 3.4 : Kirişte yayılı yük altında oluşan eş gerilme eğrileri.....	26
Şekil 3.5 : Tekil yükleme altındaki kiriş elemanında eğilme çatlakları.....	27
Şekil 3.6 : Zımbalama kırılması	28
Şekil 3.7 : Kirişsiz döşemelerde ve temellerde zımbalama çevresi.....	29
Şekil 3.8 : Zımbalama etkisi için özel zımbalama donatıları	30
Şekil 3.9 : Döşemenin kiriş elemanında oluşturduğu burulma etkisi.....	32
Şekil 4.1 : Döşeme alt lifindeki çekme etkisi ve teorik donatı düzeni	37
Şekil 4.2a : Sürekli kirişin yük altındaki deformasyonu	38
Şekil 4.2b : Sürekli kirişe ait teorik donatı düzeni	38
Şekil 4.3 : İstinat duvarının yük altındaki deformasyonu ve teorik donatı düzeni	25 38
Şekil 4.4 : Kiriş elemanına ait farklı deformasyon halleri ve teorik donatı yerleri	26 39
Şekil 4.5 : Kesme donatısının düzenleme biçimi	39
Şekil 4.6 : Kesme kuvveti için etkili bir donatı düzeni	40
Şekil 4.7 : Sürekli kiriş için etkili bir donatı düzeni	40
Şekil 4.8 : Kolon elemanın basınç altındaki şekil değiştirmesi ve donatı düzeni	42
Şekil 4.9 : Yük altındaki çerçevenin deformasyon hali	43
Şekil 5.1 : Aderansı artırılmış donatı çelikleri	45
Şekil 5.2 : Sürekli döşemelerde hasır çelik düzenlenmesi	47
Şekil 5.3 : Farklı şekillerde düzenlenmiş sehpa donatıları	48
Şekil 5.4a : Tek çubuklu R hasırı	49
Şekil 5.4b : Tek çubuklu Q hasırı	49
Şekil 5.5a : R tipi hasır çeliklerde bindirme payı	50
Şekil 5.5b : Q Tipi hasır çeliklerde bindirme payı	50
Şekil 5.6a : Çelik hasır döşenmiş döşeme kesiti	51
Şekil 5.6b : Mesnet donatı sehpası	51
Şekil 5.7 : Beton örtü kalınlığı	52
Şekil 5.8 : Yeterli kalınlıkta pas payı sağlayan aparatlar	53
Şekil 5.9a : Deprem etriye ve çirozları için kanca yarıçapları	55
Şekil 5.9b : Kanca ve fiyonglarda büküm yarıçapları	55
Şekil 5.10 : Donatı sıklığının sebep olduğu çatlamlar	56
Şekil 6.1 : Perde duvar ve çerçeveli yapıların yatay kuvvetler altında ötelenmesi	61
Şekil 6.2 : Perdeye düşen yatay kuvvet payının yapı yüksekliği ile değişimi	62

Şekil 7.1	: Çekip çıkarma deneyinde aderans gerilmeleri	66
Şekil 7.2	: Eğilmeye çalışan elemanda aderans gerilmesinin oluşumu	67
Şekil 7.3	: Kenetleme boyunun tanımı	72
Şekil 7.4	: Donatının betonlama sırasındaki konumu (Konum II)	72
Şekil 7.5	: ACI-408'e göre kanca detayları	73
Şekil 7.6	: Demet donatının düzenlenmesi	75
Şekil 7.7	: Etriyelerde kancalı kenetleme türleri	77
Şekil 7.8	: Depreme etriye ve çirozları	78
Şekil 7.9	: Etriyelerde kaynaklı kenetleme türleri	79
Şekil 7.10	: Betonarme donatı eklenmesinde kullanılan çeşitli yöntemler	80
Şekil 7.11	: Vidalı ve preslenen manşonlar	82
Şekil 7.12	: Manşonlu ekleme örnekleri	82
Şekil 7.13	: Basınç donatısının kılıflanarak eklenmesi	83
Şekil 7.14	: Çekme kuvveti taşıyan şaşırtmalı bindirmeli donatı ekleri	85
Şekil 7.15	: Çekme donatısında bindirmeli ekleme türleri	86
Şekil 7.16	: Bindirmeli eklerde şaşırtma	87
Şekil 7.17	: Donatı rijitliğinin neden olduğu yırtılma	88
Şekil 7.18	: Dairesel kolonlarda bindirmeli ekler	89
Şekil 7.19	: Kancanın betona uyguladığı kuvvetler ve oluşan çatlak	91
Şekil 7.20	: Kancanın açılması nedeniyle kabukta yırtılma ve önlemi	91
Şekil 7.21	: Basınç etkisi altında kanca yapılan donatının betonu patlatması	92
Şekil 7.22	: Kancaların içeri dönük yapılması	92
Şekil 7.23	: Dar mesnede yatık kanca uygulanması	92
Şekil 7.24	: Fiyonk için enine donatı düzenlenmesi	93
Şekil 7.25	: Nervürlü açıklık donatısının kesilmesi	93
Şekil 8.1	: Kolon türleri	95
Şekil 8.2	: Basit etriyeli kolonlarda en kesit şekilleri	96
Şekil 8.3	: Bindirme ile yapılan eklemelerde kolon boyuna donatısının konumu	97
Şekil 8.4	: Katlar arasında boyuna donatı detayı	100
Şekil 8.5	: Enine donatının miktar ve yerinin betona verdiği yanal basınç dağılımı üzerindeki etkisi	101
Şekil 8.6	: Kolon boyuna donatısında meydana gelen burkulma	102
Şekil 8.7	: Sürekli enine donatı örnekleri	103
Şekil 8.8	: Kolonlar için öngörülen minimum koşullar	105
Şekil 8.9	: Etriye düzenlemeleri	106
Şekil 8.10	: Enine donatı düzenlemesi için farklı örnekler	106
Şekil 8.11	: Kolonlar için kritik bölgeler	108
Şekil 9.1	: Yön değiştiren depremde iç aks kolon kiriş birleşiminde kirişlerde olan çatlamlar	110
Şekil 9.2	: Kiriş mesnedinde depremde oluşan pozitif moment altında kırılma	111
Şekil 9.3	: Kiriş kesit boyutları	112
Şekil 9.4a	: Negatif moment altında beton dökümünü zorlaştıran sıkışık donatı düzeni	114
Şekil 9.4b	: Negatif moment altında donatı sıkışıklığını önleyen donatı düzeni	114
Şekil 9.5	: Kirişlerde boyuna donatılar için kısıtlamalar (A.B.Y.Y.H.Y).....	117
Şekil 9.6	: Çeşitli enine donatı örnekleri	119
Şekil 9.7	: Kirişlerde boyuna donatılar için kısıtlamalar.....	120

Şekil 9.8	: Çok kollu etriyeler	121
Şekil 9.9	: Eğik donatının yerlerinin bulunmasında genel yol	122
Şekil 9.10	: Pilye yerlerinin M_z moment kapama diyagramı yardımıyla kontrolü	123
Şekil 9.11	: Eğik ve düz donatının ankrajı	123
Şekil 9.12	: Pilyelerin büküm ve eğim yerleri	124
Şekil 9.13	: Çeşitli pilye düzenleri	124
Şekil 9.14	: Dolaylı mesnetlemede askı donatısı düzeni	125
Şekil 9.15	: L Kesitli kirişlerde alternatif donatı düzenleme biçimleri	127
Şekil 9.16	: T Kesitli kirişler için alternatif donatı düzeni.....	127
Şekil 9.17	: Sürekli kirişlerde pilyelerin durumu	129
Şekil 9.18	: Sürekli kirişlerde izlenen donatı düzenlenme biçimi	129
Şekil 9.19	: Farklı derinliklerdeki kirişler için donatı düzeni	130
Şekil 9.20	: Yapının dış aksındaki guse için donatı düzeni	130
Şekil 9.21	: Yapının iç aksındaki guse için donatı düzeni	131
Şekil 9.22	: Guseli kirişlerde enine donatı düzeni	131
Şekil 9.23	: Guseli kirişte enine donatı düzeni	131
Şekil 9.24	: Kirişler için kritik bölgeler	132
Şekil 10.1	: Döşeme boyuna donatılarına örnek gösterim	136
Şekil 10.2	: Tek doğrultuda çalışan döşemelerde donatı yerleştirilmesi	138
Şekil 10.3	: Bir doğrultuda çalışan döşemede kısa kenar mesnet momenti ve donatısı	143
Şekil 10.4	: Bir doğrultuda çalışan döşemeler için genel donatı düzeni.....	144
Şekil 10.5	: Bir doğrultuda çalışan döşemede tekil yük etkisi	144
Şekil 10.6	: Çift doğrultuda çalışan döşemelerde genel donatı düzeni	147
Şekil 10.7	: Mesnetlerdeki negatif moment için donatı düzeni	147
Şekil 10.8	: Mesnet donatı düzeni	147
Şekil 10.9	: Kirişsiz döşemede kolon başlığı ve tabla	150
Şekil 10.10	: Kirişsiz döşemede tabla ve başlık boyutları	152
Şekil 10.11	: Dişli döşeme boyutları	154
Şekil 10.12	: Dişli döşemelerde donatı düzenleme biçimi	156
Şekil 10.13	: Dişli döşemede etriye sıklaştırılması	157
Şekil 10.14	: Sürekli kirişlerde bükülmüş donatı kullanılması	157
Şekil 10.15	: Döşemeler için genel donatı düzeni	158
Şekil 10.16	: Döşemeler pilyelere sonradan yerleştirilme imkanı tanıyan donatı düzeni	158
Şekil 11.1	: Tekil temellerin yük altındaki davranışı ve genel donatı düzeni .	160
Şekil 11.2	: Duvar altı temeline ait donatı düzeni.....	163
Şekil 11.3	: Tekil temellerde donatı düzeni	165
Şekil 11.4	: Tekil temel detayı	166
Şekil 11.5	: Tekil temellerde kolon filiz donatı düzeni	166
Şekil 11.6	: Tekil temelde çember donatısı ve kemerlenme etkisi	167
Şekil 11.7	: Tekil temele ait donatı düzeni	169
Şekil 11.8	: Sürekli kirişlerde genel donatı düzeni	171
Şekil 11.9	: Ters kirişli radyenin plak kiriş birleşiminde donatının yerleşimi	175
Şekil 12.1	: Yüksek perde duvarların zemin katlarında burkulma oluşumu ...	177
Şekil 12.2	: Perde duvarlara ait minimum donatı ve boyutlar (A.B.Y.Y.H.Y)	180
Şekil 12.3	: Perde uç bölgelerine ait enine donatı düzeni	181
Şekil 12.4	: I-Kesitli uçları genişletilmiş perde duvar donatı ayrıntıları	182
Şekil 12.5	: Perdeye boylamasına saplanan kiriş donatılarının ankrajı	185

Şekil 12.6	: Perdenin ötesine geçmeyen kiriş boyuna donatısının ankrajı	185
Şekil 12.7	: Perde bağ kirişlerinde çapraz donatı düzeni	187
Şekil 12.8	: Perde bağ kirişine ait farklı donatı düzeni	188
Şekil 13.1	: Tek açıklıklı yüksek kirişte asal gerilme yörüngeleri ve donatı düzeni	190
Şekil 13.2	: Yüksek kirişte farklı yüklemeler altında oluşan çekme ve basınç etkileri	190
Şekil 13.3	: Dolaylı mesnetleme durumunda asal gerilme yörüngeleri	190
Şekil 13.4	: Aşağıdan yüklü yüksek kirişte asal gerilme yörüngeleri ve kemerlenme için yukarıya asılması gereken bölge	191
Şekil 13.5	: Konsollu yüksek kirişte ana donatı düzenine esas olmak üzere beliren kuvvet çizgileri	192
Şekil 13.6	: Yüksek kirişte mesnet bölgesi donatısı	194
Şekil 13.7	: Mesnet bölgesi donatı düzeni	195
Şekil 13.8	: Alt yüze etkiyen yükün basınç bölgesine aktarılması	196
Şekil 13.9	: Yüksek kirişin diğerine saplandığı durumda donatı düzeni	197
Şekil 13.10	: Mesnedi perde olan yüksek kirişlerde mesnet donatısı	197
Şekil 14.1	: Kısa konsollarda gerilme dağılımı ve çatlak yörüngeleri	198
Şekil 14.2	: Kısa konsolla ilgili tanımlamalar	201
Şekil 14.3	: Kısa konsollarda donatı düzeni	201
Şekil 15.1	: Merdiven bölümlerinin tanıtılması	203
Şekli 15.2	: Merdivenlerde donatı düzeni	205
Şekil 15.3	: Merdiven kolu ile sahanlık plağı kıvrım yerinde donatı düzeni ...	206
Şekil 15.4	: Merdivenlerin kıvrımlı sistemlerinde negatif moment için donatı düzeni	207
Şekil 15.5	: Merdivenlerin kıvrımlı sistemlerinde pozitif moment için donatı düzeni	207
Şekil 15.6	: Merdiven kollarında en basit donatı düzeni	208
Şekil 15.7	: Kenarlardan mesnetlendirilmiş merdiven plaklarında donatı düzeni.....	208
Şekil 15.8	: Ortadaki kirişlerle mesnetlendirilmiş merdiven plaklarında donatı düzeni	209
Şekil 15.9	: Düz plak merdivenlerde donatı düzeni	209
Şekil 15.10	: Plak uzunluğunun artması durumunda kullanılan özel donatı düzeni	209
Şekil 15.11	: Yığma duvarlara mesnetlendirilen merdivenlere ait donatı düzeni.....	210
Şekil 16.1	: İstinat duvarlarının çeşitli amaçlara göre örnekler	211
Şekil 16.2	: Yük etkisi altındaki istinat duvarlarının en temel deformasyon şekli	212
Şekil 16.3	: Konsol istinat duvarına etkiyen yükler	213
Şekil 16.4	: Konsol istinat duvarlarında ana donatı düzeni	213
Şekil 16.5	: Nervürlü istinat duvarlara örnekler	214
Şekil 16.6	: Rezervuar en kesit görünümü	215
Şekil 16.7	: Rezervuarların dış yükler altındaki deformasyon şekli	215
Şekil 16.8	: Rezervuar köşelerine ait donatı düzeni	216
Şekil 16.9	: Rezervuar temellerine ait donatı düzeni	216
Şekil 16.10	: Eğimli rezervuarlara ait donatı düzeni	217
Şekil 16.11	: Dairesel kesitli tanklara etkiyen yükler	217
Şekil 16.12	: Dairesel tanklarda donatı düzeni	218

Şekil 16.13	: Tankların temel tabanına ait donatı düzeni	219
Şekil 16.14	: Yüzme havuzlarına ait donatı düzeni	219
Şekil 16.15	: Yük etkisi altındaki menfezlere ait deformasyon şekli	219
Şekil 16.16	: Menfezlerde köşe donatılarına ait örnekler	220
Şekil 16.17	: Menfezlere ait genel donatı düzeni	220
Şekil 16.18	: Menfezlerin donatı düzeninde hasır çelik uygulaması	220
Şekil 16.19	: İstinat duvarlarında zemin itkisine göre farklılık gösteren donatı düzenlemeleri	223
Şekil 16.20	: Nervürlü istinat duvarında donatı düzenlenmesi	223
Şekil 17.1	: Kuşatılmış birleşim bölgeleri	226
Şekil 17.2	: Birleşim bölgesinde a) düşey yüklerden, deprem yüklerinden oluşan etkiler ve c) donatı düzeni	227
Şekil 17.3	: Köşe kolon ve kiriş ek yeri için iyi tasarım şekli	229
Şekil 17.4	: Kolon kiriş ek yerinde ilave etriye konulması	229
Şekil 17.5	: Kolon kiriş ek yerlerinde donatı sıkışıklığını anlatan detaylar	230
Şekil 17.6	: Çok katlı betonarme yapının kiriş-kolon ek yeri donatı yerleştirme detayı	230
Şekil 17.7	: Sürekli tek kirişli kolon-kiriş birleşim detayı	232
Şekil 17.8	: Üç kirişli dış kolon-kiriş birleşim detayı	232
Şekil 17.9a	: Üç kirişli kolon kiriş birleşim detayının perspektif görünüşü	233
Şekil 17.9b	: Dört kirişli kolon kiriş birleşim detayının perspektif görünüşü....	233
Şekil 17.10	: Kolon donatısının devam etmediği kolon kiriş birleşimi.....	233
Şekil 17.11	: Köşeyi içe doğru kapayan yönde moment etkimesi halinde donatı düzeni.....	233
Şekil 17.12	: Momentin köşeyi dışa doğru açması halinde donatı düzenlenmesi	234
Şekil 17.13	: Yön değiştiren momentin etkisinde köşe düğüm noktasına ait donatı düzeni	234
Şekil 17.14a	: İçe doğru kapamaya çalışan moment etkisi için donatı düzeni.....	235
Şekil 17.14b	: Dışa doğru açmaya çalışan moment etkisi	235
Şekil 17.14c	: Tavsiye edilmek istenen donatı düzeni	235
Şekil 17.15	: Deney sonucunda numunelerde oluşan yük altındaki çatlamlar.	235
Şekil 17.16	: Yüksek ve düşük donatı oranı kullanılarak donatılmış köşenin kapanmaya çalıştığı birleşim bölgelerinde yapılan deney sonuçlarına ait yük-deplasman eğrileri	236
Şekil 17.17	: Köşe birleşim bölgelerinin açılmaya çalıştığı deney sonuçlarına ait yük- deplasman eğrileri	236
Şekil 17.18	: Kolon kiriş birleşim detayları	237
Şekil 17.19	: Kolon birleşim detaylarına farklı örnekler	238
Şekil 17.20	: Alt kat kolon donatısının mesnet donatısı olarak yerleştirilmesi .	238
Şekil 17.21	: Temellerle kolonların birleşimi	239
Şekil 17.22	: Temellerde kot farkı olmaması durumu	239
Şekil 17.23	: Faklı kotlardaki döşeme birleşimlerinde donatı düzeni	241
Şekil 17.24	: Faklı kalınlıklardaki döşemelerde donatı düzeni	241
Şekil 17.25	: Dairesel plaklarda donatı düzeni	242
Şekil 17.26	: Kırık eksenli çubuklarda donatı düzeni	243
Şekil 17.27	: Kırık eksenli kiriş donatısı detayı	243
Şekil 17.28	: Kırık eksenli plak donatısı detayı	243
Şekil 17.29	: Kırık eksenli elemanda donatı detayı	243
Şekil 18.1	: Bitim bölgelerinde kullanılan mafsallar	245

Şekil 18.2	: Çeşitli mafsallı birleşim örnekleri	245
Şekil 18.3	: Genelde tercih edilen mafsallı birleşim türleri	246
Şekil 18.4	: Tepe mafsallarına örnekler	248
Şekil 18.5	: Mekanik mafsallara örnekler	248
Şekil 19.1	: Kolon kiriş birleşim bölgesine ait hasar çeşidi	252
Şekil 19.2	: Betonarme kirişte görülen kesme hasarı	253
Şekil 19.3	: Kolonlarda basınç hasarı	253
Şekil 19.4	: Sarmal bölgede yetersiz etriye sonucu meydana gelen hasar	254
Şekil 19.5	: Kolon sarmal bölgesinde deprem etriyelerinin uygun düzenlenmeyişi	255
Şekil 19.6	: Kolonun üst ucunda geniş kayma çatlakları ve pas payının dökülmesi	255
Şekil 19.7	: Kolon kiriş birleşim bölgesinde donatı düzenleme hatası	256
Şekil 19.8	: Kolon kiriş birleşim detayı hataları	256
Şekil 19.9	: Kolon kiriş birleşim detayı hatası	257
Şekil 19.10	: Kolon kiriş birleşim bölgesinde görülen ağır hasar	257
Şekil 19.11	: Kolon kiriş birleşim bölgesindeki donatı yetersizliği	258
Şekil 19.12	: Sarmal bölgede etriye yetersizliğinin sonucu	259
Şekil 19.13	: Kolon kiriş birleşme noktasındaki yetersiz kenetleme boyları	259
Şekil 19.14	: Perdelerde donatı düzenleme hataları	260
Şekil 19.15	: Perde uç bölgelerinde görülen donatı düzenleme hataları	261
Şekil 19.16	: Perdelerde düğüm noktalarında donatı eksikliklerinden kaynaklanan mafsallaşma	261
Şekil 19.17	: Merdivenlerde görülen hasar	262
Şekil 19.18	: Döşemelerdeki boyuna donatıların kiriş içine uzatılmamasından kaynaklanan hasar	263
Şekil 19.19	: Döşeme donatılarının kiriş içine yeteri kadar sokulmayışının doğurduğu sonuç	263
Şekil 20.1	: Korozyona uğramış kiriş boyuna donatıları	267
Şekil 20.2	: Perde ve kolon tipi pas payı elemanı	269
Şekil 20.3	: Döşeme ve perde tipi plastik pas payı elemanı	269
Şekil 20.4	: Mandal tipi döşeme plastik pas payı elemanları	270
Şekil 20.5	: Artı tipi döşeme plastik pas payı elemanları	270
Şekil 20.6	: Mantar döşeme demir pas payı eleman ve sehpa	270
Şekil 20.7a	: Demir kesme makineleri	272
Şekil 20.7b	: Demir bükme makineleri	272
Şekil 20.8	: Hidrolik demir kesme makinesi	273
Şekil 20.9	: Hidrolik demir kesme makinesi	273
Şekil 20.10	: Dijital kontrollü inşaat demiri bükme makinesi	273
Şekil 20.11	: Demir kesme ve bükme makinelerine örnekler	274

SEMBOL LİSTESİ

a	: Çirozlar arası yatay uzaklık
a_f	: Fiyonglar arası uzaklık
a_m	: Mesnet genişliği
a_b	: Basamak genişliği
a_e	: Mafsallı birleşimde etriye sıklaştırma bölgesi
a_v	: Yükleme noktasının mesnet yüzüne olan uzaklığı
A_c	: Kolonun brüt en kesit alanı
A_b	: Gövde kesit beton alanı
A_{ck}	: Gövde kesiti beton alanı
A_g	: Deprem doğrultusuna paralel yapı elemanlarının en kesit alanı
A_n	: Kısa konsolda yatay kuvvet için gereken donatı kesit alanı
A_p	: Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı etriyelerin kesit alanı
A_{sb}	: Basınç donatısı kesit alanı
A_{se}	: Eğilme donatısı alanı
A_{sdağıtma}	: Dağıtma donatısının kesit alanı
A_{sd}	: Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam donatı oranı
A_{sh}	: “s” etriye aralığı boyunca bul. enine donatı. en kesit alanı değerleri
A_{sl}	: Kirişte, gövde donatısı
A_{st}	: Boyuna donatı kesit alanı
A_{sv}	: Kısa konsolda kiriş üst yüzünden 2/3 derinliğe kadar yayılan
A_v	: Kiriş eksenine dik olarak, “s” aralığı ile yerleştirilen enine kesme donatısı alanı
A_{vh}	: Kiriş eksenine paralel derinlik boyunca “Sn” aralığı ile yerleştirilen boyuna kesme donatısı alanı
A_{wf}	: Kesme sürtünme donatısı kesit alanı
b	: Kiriş tabla genişliği
b_m	: Merdiven kolu genişliği veya merdiven genişliği
b’	: Merdiven kovası genişliği
b_p	: Sahanlık genişliği
b_j	:Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı
b_p	: Perde gövde kalınlığı
b_t	: Temel genişliği
b_w	: Dişli döşemede diş genişliği
C_c	: Net beton örtüsü
D	: Donatı çubuğunun çapı
d	: Kiriş faydalı yüksekliği
d_L	: Kol plağı kalınlığı
d_m	: Merdane çapı
d_p	: Sahanlık plağı kalınlığı

e	: Komşu iki diş arasındaki net uzaklık
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_{cj}	: Normal ağırlıktaki, “j” günlük betonun elastisite modülüdür.
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{ctk}	: Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{ckj}	: “j” günlük betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{yk}	: Donatı çeliğinin karakteristik akma dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
h	: Döşeme kalınlığı
H_w	: Temel üstünden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
H_{cr}	: Kritik perde yüksekliği
h_m	: Mafsal yüksekliği
h_c	: Kolonun göz önüne alınan deprem doğrultusundaki en kesit boyutu
h_f	: Duvar kalınlığı
h_k	: Kiriş toplam yüksekliği
h_l	: Merdiven kat yarı yüksekliği
L	: Mafsalı birleşimde h yüksekliği arasında kalan eğik donatı uzunluğu
l₀	: Bindirme boyu
l_t	: Temeller arası yatay uzaklık
l_b	: Kenetleme boyu
l_l	: Döşemenin uzun doğrult. mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_L	: Merdiven kolunun yatay uzunluğu
l_n	: Mesnet yüzünden mesnet yüzüne ölçülen net açıklık
l_s	: Döşemenin kısa doğrultuda mesnet ortaları arasında kalan açıklığı
l_{sn}	: Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
l_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
m	: Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı
M_{ra}	: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda f _{cd} ve f _{yd} ’ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{rü}	: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda f _{cd} ve f _{yd} ’ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{ri}	: Kirişin sol ucu i’deki kolon veya perde yüzünde f _{cd} ve f _{yd} ’ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
M_{rj}	: Kirişin sağ ucu j’deki kolon veya perde yüzünde f _{cd} ve f _{yd} ’ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
M_ü	: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan momentidir.
M_z	: Taşınabilen moment diyagramı
N_{dmax}	: Tasarım eksenel kuvvetlerinin en büyüğü
N_d	: Tasarım eksenel kuvvet
n	: Demetteki donatı sayısı
n_b	: Basamak sayısı
Q	: Tek doğrultuda çalışan döşemelerde kullanılan hasır çelik türü
R	: Çift doğrultuda çalışan döşemelerde kullanılan hasır çelik türü
r	: Aynı kesitte eklenen donatının kesitteki toplam donatıya oranı

s	: Etriyeler arası aralık
s_b	: Basamak yüksekliği
t	: Dişli döşeme tabla kalınlığı
t_d	: Donatılar arasındaki mesafe
u_e	: Donatının çevresi
u	: Donatı çubuğu çevre uzunluğu
V	: Kesme kuvveti
V_c	: Kesme dayanımına beton katkısı
V_r	: Kesme dayanımı
V_d	: Tasarım kesme kuvveti
V_e	: Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_{pr}	: Zımbalama dayanımı
V_{pd}	: Tasarım zımbalama dayanımı
V_t	: Binaya etkiyen toplam deprem yükü
V_w	: Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı
η	: Narinlik
θ	: Donatı çubuğunun mafsallı birleşimde yatayla yaptığı açı
μ	: Kesme sürtünme katsayısı
z	: Donatı çubuğu uzunluğu
Δh	: Temeller arası kot farkı
Δl_b	: Kenetleme boyundaki azaltma
ΔM	: Moment değişimi
ΔT	: Çekme kuvveti değişimi
ΔX	: İki kesit arası sonsuz küçük uzaklık
τ_b	: Aderans gerilmesi
ϕ	: Donatı çelik çubuğunun çapı
ϕ_e	: Demet donatının eşdeğer çapı
α_1	: Bindirme boyu kat sayısı
α_s	: Döşeme sürekli kenar uzunluklar. kenar uzunlukları toplamına oranı
α_t	: Isıl genleşme katsayısı
σ_s	: Çatlamada, çatlamış kesit varsayımı ile hesaplanan donatı gerilmesi
ε	: Yer değiştirme
ε_{su}	: Donatı çeliğinin birim kopma uzaması
ρ	: Kirişte çekme donatısı oranı
ρ'	: Kirişte basınç donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ_{max}	: Kirişte maksimum donatı oranı
ρ_{min}	: Minimum donatı oranı
ρ_s	: Kolonlarda spiral donatının hacimsel oranı
ρ_t	: Kolonlarda toplam boyuna donatı oranı
$\rho_{\bar{u}}$	: Kiriş mesnedinin üstteki çekme donatısı oranı
ρ_x	: “x” doğrultusundaki boyuna donatı oranı
ρ_y	: “y” doğrultusundaki boyuna donatı oranı
γ_b	: Bağ kirişlerinde kullanılan çapraz donatının yatayla yaptığı açı
γ	: Çatlama dayanımına eksenel kuvvet etkisini yansıtan katsayı

DEPREM BÖLGELERİNDEKİ BETONARME YAPILARDA DONATI DÜZENLEME İLKELERİ

ÖZET

Yüksek Lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, deprem bölgelerindeki betonarme yapıların yük altındaki deformasyon biçimleri ile beraber davranış bilgisi, donatı düzenleme ilkeleri, ve konstrüktif bilgiler, her yapı elemanı için ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir.

Son yıllarda yaşanmış olan depremlerin bıraktığı ağır hasarların bir daha görülmesi, insanların istemediği bir durumdur. Ancak depremlerden korunabilmek için her şeyden önce denetimsiz ve özensiz yapım mantığının tamamen ortadan kalkması gerekmektedir. Depremlerden hasar görmüş, deprem bölgelerindeki yapılar üzerinde yapılmış araştırma çalışmalarının sonuçları ele alınırsa, hasarların büyük bir çoğunluğunun donatı yerleştirilmesinde ki hatalardan kaynaklandığı söylenebilmektedir. O halde donatı düzenleme ilkeleri, özellikle deprem bölgelerindeki yapılarda çok büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla bu gibi hususlar dikkate alınarak, donatı düzenleme ilkelerini ele alan bir yüksek lisans tez çalışmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu tez çalışmasında, betonarme yapı elemanlarında uyulması gereken donatı düzenleme ilkeleri, davranış bilgisini de ön plana çıkararak nedenleri ile beraber incelenmiştir. Donatı düzenleme kuralları TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y.'ği paralelinde belirtilmiştir. Bu yüksek lisans tez çalışması ile betonarme hesabı yapılmış bir yapıda, donatı detaylandırma aşamasında proje mühendisine, uygulama aşamasında şantiye mühendisine gerekli donatı düzenleme bilgilerinin sunulması amaçlanmıştır. Betonarme bir taşıyıcının en uygun şekilde davranabilmesi için teorik olarak donatının gerilme yörüngelerine paralel olarak yerleştirilmesi gerekirse de genellikle uygulama kolaylıkları nedeniyle donatı doğrultuları gerilme yörüngelerinden sapmaktadır. En uygun donatı düzeninin elde edilmesi için yine gerilme yörüngeleri yol gösterici olmaktadır. Bunun için her yapı elemanının, ayrı ayrı özel olarak yük altında gösterdiği davranış ve bu davranışa paralel olarak da donatı düzeni belirlenmesi yöntemi izlenmiştir. Betonarme bir taşıyıcıya donatı yerleştirilirken betonarme hesabın yanı sıra konstrüktif kurallara da uyulması gerekir. TS 500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ülkemizde yapılacak betonarme yapılar için gerekli konstrüktif kuralları içermektedir.

Bu tezde, donatı düzenleme ilkeleri, davranış bilgisi ile harmanlanarak verildikten sonra, deprem bölgelerindeki betonarme yapılarda belirtilmiş olan donatı düzenleme ilkelerine uyulmadığı takdirde karşılaşılabilecek genel hasar türleri fotoğraflar ile sergilenmiştir.

Yirmi bir bölümden oluşan bu tez kapsamında, yapıların yük altındaki davranış bilgisi ve bu temel bilgilerden hareketle donatı düzenleme ilkeleri verilmiştir. Birinci bölümde, depreme dayanıklı yapı tasarımında donatı düzenleme ilkelerinin önemi vurgulanmış ve standartlar ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde tez

içerisinde adı geçen kavramların tanımları ele alınmıştır. Üçüncü bölümde betonarme ve davranış bilgisi, dördüncü bölümde donatı düzenleme teorisi, beşinci bölümde donatı düzenine ilişkin genel bilgiler verilmiş, altıncı bölümde betonarme yapı sistemleri, yedinci bölümde aderans, kenetlenme ve ekleme bilgileri üzerinde durulmuş ve sekizinci bölümden itibaren sırasıyla; kolonlar, kirişler, döşemeler, temeller, perdeler, yüksek kirişler, kısa konsollar, merdivenler, istinat duvarları, incelenmiştir. On yedinci bölümde, donatı düzeninde özel durumlar için bilgiler verilmiştir. On sekizinci bölümde betonarmede mafsallı birleşimler konusuna yer verilmiştir. On dokuzuncu bölümde depreme dayanıklı yapı kavramı, yirminci bölümde donatı düzenleme işçiliğine farklı yaklaşım getirilmiştir. Son olarak yirmi birinci bölümde ise sonuçlar belirtilmiştir.

Donatı düzenleme konusu, yapı güvenliğinin en önemli halkalarındandır. Bu konuya gerek tasarım gerekse de uygulama aşamasında gerçekten çok büyük önem verilmelidir. Bu noktada şantiyede ki uygulamalarda donatı işçiliğinden tasarruf sağlanması için, demir kesme ve bükme makinelerinin kullanılması veya hazır demir kesme ve bükme fabrikalarından faydalanılması tavsiye edilmektedir. Donatıların kesme ve bükme işçiliklerinde harcanan zamandan elde edilen tasarruf, hazır donatıların yerli yerine daha iyi yerleştirilmesinde kullanılabilir. Başka bir deyişle demirci ustası pilye bükmekte harcayacağı zamanı donatıların kalıp içinde doğru konumda olması için kullanabilir. Donatıların standartlara uygun olarak kesilmesi, bükülmesi ve kalıp içine yerleştirilmesi, iyi bir denetim altında yapılması halinde, yapı güvenliği hatta ekonomikliği sağlanacaktır. Bu nedenle şantiyelerde, demir kesme ve bükmeyi sağlayan el makineleri ya da taşınabilir hidrolik makinelerin kullanılması tavsiye edilmektedir.

REINFORCEMENT DETAILING REQUIREMENTS FOR THE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN THE EARTHQUAKE REGION

SUMMARY

In this master study, first the deformation of the element under load, second the detailing requirements of the reinforcement in the element and third the behavior concept and constructive information of the structural element under load have been investigated individually.

Facing big damages, which most of the people lived after the last earthquakes, are not the happenings that the people want to see again. But for being preserved from the earthquake, first of all the mentality of construction with out inspection and attention must be disappeared wholly. If the results of the investigations that are made on the damaged structures are checked, it will easily be seen that the main reason of the damages, are the mistakes that are made in the detailing of the reinforcements. Thus the requirements for the detailing of the reinforcement are very important points especially for the structures in the earthquake region. Consequently, a study, which investigates the detailing requirements, is needed as a master thesis study.

In this study, the detailing requirements, in the reinforced concrete structural elements are investigated together with the reasons and the behavior concept. The detailing requirements are pointed parallel with the TS 500 and Specification for Structures to be built in Disaster Areas. The aim of this study is to take the attentions of the project engineer at the designing stage and the sight engineer at the construction stage, on this reinforcement-detailing problem. Even the placing of the reinforcement parallel to the stress direction is needed for a structural element to behave well against the load, because of some application easiness, the direction of the reinforcement departs from the stress direction. For the best reinforcement placement, the stress directions have to be followed. To do this, each structural element's behavior under load has to be investigated individually and the reinforcements have to be placed parallel to the stresses. At the designing stage, the detailing is very important besides the calculations. TS 500 and the Specifications for Structures to be built in Disaster Areas, include the constructive requirements for the structures that will be built in Turkey.

In this study after pointing out the detailing requirements mixed with the behavior concept, the photographs of the damages due to the detailing mistakes are showed.

In the study, which is composed of 21 chapters, the behavior concept of the structures under load and taking this basic concept as origin, the requirements of the detailing for the reinforcements are given. In the first chapter, the importance of the reinforcement detailing and some information regarded with Turkish Codes are given. In the second chapter the concepts and terms are explained that passes in the thesis. In the third chapter, reinforced concrete and behavior concept, in the fourth

chapter, the theory of reinforcement detailing, in the fifth chapter, general information regarded with reinforcement detailing, in the sixth chapter, reinforced concrete structural systems, in the seventh chapter, general information about bond, splice and binders and starting from the eighth chapter; columns, beams, slabs, shear walls, high beams, short-length chests, staircases, retaining walls are investigated. In the chapter seventeen, information for special cases in reinforcement detailing are pointed. In the chapter eighteen, hinges for the reinforced concrete structures are investigated. In the chapter nineteen, the concept of strong structures against earthquakes, in the chapter twenty a different kind looking to working of the reinforcements are given. Lastly in the chapter twenty-one the results are given.

Detailing of the reinforcement is the most important hoop of the chain. A great importance and attention has to be given to this point each during the designing stage and the application stage. At this point in order to save time from the working, some machines that makes cutting and bending or some factories that make the cutting and bending can be advised. The time that we save from the cutting and bending can be used for placing the reinforcement in the exact position so that high quality of reinforcement placing can be reached. In other words, the time that the reinforcement workers waste in bending the bend-up bars can be used in placing the reinforcement. The bending and cutting of the reinforcement according to codes, placing the reinforcement at the correct position and a good inspection will bring safety and economy in our structures. Thus, using the hand machines and other hydraulic machines are advised at the construction sights.

1. GİRİŞ

Betonarme, çelik ve betondan oluşan kompozit bir yapı malzemesidir. Betonarmede, betonun görevi basınç etkilerini, çeliğin görevi ise çekme etkilerini karşılamaktır. Çelik çubuklar, çoğu hallerde çekme etkilerini karşılamak, bazı hallerde ise konstrüktif amaçla ve basınç etkisini karşılamak için kullanılmaktadırlar.

Çelik çubuklar, her ne amaç ile kullanılırsa kullanılsın bu tez kapsamında, donatı düzenlenmesi, yapı elemanlarında uyulması gereken minimum koşullar, yönetmelikler ve standartlar çerçevesinde yapı ile ilgili olarak uyulması gereken kurallar ve deprem bölgelerindeki betonarme yapılarda dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında tavsiyelerde bulunulacaktır.

İnşaat mühendisliğinin bir dalı olan deprem mühendisliğinin amacı, zemin ve yapıya ait verileri toplayıp bu veriler ışığında, depreme dayanıklı yapı tasarım tekniklerini belirlemektir. Depremde, can ve mal kaybını en aza indirmek depreme dayanıklı yapı tasarımının ilk ve en önemli düşüncesidir. Bu noktada inşaat mühendislerine büyük görevler düşmektedir. Mühendisler, genellikle hesaplar içinde kaybolurken, yapı güvenliğinde en önemli rolü üstlenen detaylandırma ve uygulamaya, gereken önemi vermemektedirler.

Donatı detaylandırılmasının uygulamada ki önemi oldukça büyüktür. Hesaplar ne kadar kusursuz olursa olsun, detaylandırma veya yapımda hata yapıldığı takdirde, hasar veya göçme kaçınılmaz olmaktadır. Depremde hasar gören yapılar üzerinde yapılan inceleme, hasarların çok büyük bir çoğunluğunun, yanlış sistem seçimi, hatalı veya yetersiz detaylandırma ve yapının kalitesizliğinden kaynaklandığını göstermiştir.

Donatıların yerleştirilme biçimleri, yapıların davranış şeklini etkilemektedir. Tasarım aşamasında göz önünde bulundurulacak yapı güvenliği, yeterli denetimin ve özenli bir uygulamanın yapılmasıyla mümkün olmaktadır. “Yapılar tasarlandıkları gibi değil uygulandıkları gibi davranırlar” ilkesi göz önünde bulundurularak yapıma ve denetime büyük önem verilmelidir (Altan, 2001).

Betonarme yapı ve yapı elemanlarının, değişik donatı düzenlemeleri, elemanın beklenenden farklı davranışlar göstermesine sebep olmaktadır. Sadece bu husus bile, donatı yerleştirme düzeni ve detaylandırmanın ne kadar önemli olduğunu ispatlamaya yetmektedir. Donatı detaylandırılırken, gerilmelerin kesintisiz akışını sağlamak son derece önemlidir. Gerilmeler keskin köşelerden hoşlanmadığından, donatı bükülürken bu noktaya da dikkat edilmelidir. Donatı olabildiğince kesintisiz yerleştirilmeli, donatının kesintisi zorunlu olan yerlerde, gereken önlemler alınmalıdır. Donatı yerleştirilmesinde yeterli ankrajın sağlanması, ek ve bindirme sorunlarının giderilmesi ve bunun gibi bir çok konu büyük önem taşımaktadır.

Öngörülen yükler altında belirli bir güvenliğin sağlanabilmesi için, yapının belirli bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Çeşitli yükler altındaki yapı davranışının, hesaplarda öngörülen özelliklere değil, inşa edilen gerçek yapının özelliklerine bağlı olduğu, gerçekten unutulmaması gereken bir husustur.

Denetimsiz ve özensiz bir yapım, tasarım aşamasındaki tüm emek ve çabaların boşa gitmesiyle sonuçlanmaktadır.

Türkiye’de yapım aşamasına gereken önemin verilmemesi nedeni ile kalite, özellikle beton kalitesi son derece düşük olmaktadır. Yapılan bazı istatistiksel çalışmalar, yapıların büyük bir çoğunluğundaki beton dayanımının, öngörülenin yarısı veya daha azı olduğunu göstermektedir. Bu durum iyileştirilmedikçe, hesaplara harcanan zaman ve emek boşa gitmiş olacaktır.

Özellikle depremde hasar gören yapıların, düşük mukavemette betonla, detaylandırmaya gerekli önem verilmeden, özensiz olarak ve yanlış sistem seçilerek yapıldıkları belirlenmiştir. Sonuç olarak, yapı güvenliğinde en önemli rolü oynayan hususlar, yönetmeliklerdeki yapım kuralları, konstrüktif kurallar ve donatı düzenine verilmesi gereken önem olarak sıralanabilmektedir.

Tez kapsamında, yapıların güvenliği için hayati önem taşıyan kurallar ve yapım ile ilgili önemli hususlar yer almaktadır. Bu hususların genel olarak TS 500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik paralelinde olmasına özen gösterilecektir.

Detaylandırma bir sanattır, tecrübe ve sağlam bir davranış bilgisi gerektirir Ersoy ve Özcebe (2001). Burada sözü edilen davranış bilgisi, iyi bir mühendiste her zaman bulunması gerekmektedir. Takdir edilmelidir ki davranış bilgisi, tecrübe ile

kazanılabilmektedir. Bu tezde, donatı düzenleme ilkeleri, davranış bilgileri ile beraber verilerek, yönetmeliklerdeki kuralların daha anlaşılır hale getirilmesi amaçlanmıştır. Burada geçen “anlaşılır” kelimesi, yönetmeliklerin anlaşılabilir olduğu anlamına gelmemektedir. Amaç yönetmeliklerde uyulması gereken kuralların önemini vurgulamaktır. Başka bir deyişle mühendislerin bu kurallara gerçekten çok titizlikle uymasını sağlamak ve onlara donatı düzenleme bilincini aşılmasıdır.

1.1 Standartlar ve yönetmelikler

Diğer bütün mühendislik alanlarında olduğu gibi, inşaat mühendisliğinde betonarme hesaplarında ve donatı yerleştirme kurallarını tespit eden yönetmelik ve standartlar bulunmaktadır. Yönetmeliklerin temel amacı, tasarım ve yapım sırasında yapı güvenliğini etkileyecek hataların engellenmesidir. Aynı zamanda standartlar, ekonomik ve sağlam yapılar oluşturulması için minimum koşullar önermektedirler. Yönetmelikler, yasal belgedir ve genellikle yetkili kişilerden oluşan kurullarca hazırlanmaktadır. Pek tabii ki yönetmelikler hazırlanırken bilimsel araştırmalardan ve geçmişe dayalı tecrübelerden faydalanılmalıdır. Ulusal yönetmeliklerin hazırlanmasında, iki temel uluslar arası yönetmelik, ACI ve CEB’den mümkün olduğu kadar yararlanılır.

Betonarme gibi karmaşık bir davranış şekline sahip olan bir malzemede, yapılan araştırmaların teoriden daha çok deneysel olması tercih edilmelidir. Çeşitli ülkelerde yoğun olarak yapılan araştırmalar, bazı zamanlarda yönetmeliklerin değişmesine sebep olmaktadır. Ayrıca yönetmeliklerin bir komite tarafından hazırlandığı, kararların oy çokluğu ile çıktığı ve bazı hallerde en doğru yerine en yaygın kabul görenin tercih edilebildiği hatırlanarak, yönetmeliklere de körü körüne bağlanılmasının yanlış olduğunu bilmek gerekir. Bununla beraber proje mühendisi ve kontrol mühendisi yönetmeliklerin dışına çıkması da kanunen yasaktır.

Türkiye’de yapılan tüm inşaat işleri, resmi makamların kontrolü altında ve yasalar çerçevesinde yürütülmesi gerekmektedir.

Betonarme yapılarımızın tasarımı, hesapları, malzeme ve işçilik denetimi TS 500 göz önünde tutularak yapılmalıdır. Bunun yanı sıra TS 500’ün atıfta bulunduğu TS 498, dikkate alınması gereken yapı yükleri, TS 706, beton agregaları standardı, TS 802,

beton karışımlarının standardı, TS 807, betonarme çelikleri standardı da, uyulması zorunlu olan yönetmeliklerdir.

Bazı özel yapılar için özel standartlara ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin köprü yapımı için A.A.S.H.T.O standardına uyulması gerekmektedir. “ACI-318-95” Amerikan Beton Enstitüsünce hazırlanmış bir yönetmeliktir. “CEB Model Code-1990” Avrupa Beton komitesi tarafından hazırlanan uluslar arası bir örnek yönetmeliktir. Üçüncü yönetmelik ise Alman yönetmeliğidir. Alman yönetmeliği DIN 1045 olarak adlandırılmaktadır.

TS 500, Türkiye’de kullanılan ulusal yönetmeliktir. Bu yönetmelik yapılırken, ACI ve CEB’den yararlanılmış, ayrıca Türkiye’de yapılan araştırmalar dikkate alınmıştır.

Yönetmelikler, uygulama yapan mühendisler için gereklidir. Bu nedenle yönetmeliklerin olabildiğince anlaşılır olması gerekmektedir.

Türkiye’de geçerli olan TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) çerçevesinde uyulması gereken yapım kuralları ve donatı yerleştirme kuralları ileriki bölümlerden itibaren incelenmeye başlanacaktır.

Genel olarak akıllarda soru işareti olan bir soruna burada açıklık getirmek gerekmektedir. Bu soru, A.B.Y.Y.H.Y ile TS 500’den hangisine öncelikle uyulması gerektiğidir. Bu soruya aşağıdaki gibi açıklık getirilebilir.

TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y aynı koşulları ön görmekte, bazı durumlarda ise bu iki yönetmelikte değişik koşullar yer almaktadır. Bu gibi durumlarda TS 500’de getirilen koşullar, deprem yönetmeliğine göre daha hafif olmaktadır. Ülkemizin hemen tamamında deprem riski olduğu düşünüldüğünde, TS 500’deki hafifletmeler yadrganabilmektedir. Soruna başka bir açıdan bakılırsa, TS 500’ün yaklaşımı daha iyi anlaşılmaktadır. TS 500’deki hafifletilmiş koşullar, deprem bölgeleri dışında değil, deprem bölgelerinde uygulanmak için getirilmiştir. Bu koşullar, deprem bölgesindeki bir yapıda, deprem dayanımına katkıda bulunmayan taşıyıcı elemanlar içindir. Tüm deprem etkilerinin perde duvarlarla taşındığı bir yapıda yer alan bir çerçevenin kolon ve kirişlerinin A.B.Y.Y.H.Y’deki koşullara uygun olarak tasarlanıp detaylandırılması gerekli olmayabilir. Bu durumda TS 500’e öncelik vermek uygun bir davranış olacaktır (Ersoy ve Özcebe, 2001).

Tez dahilindeki kurallara da bu yaklaşım paralelinde uyulması gerekmektedir. Türkiye’de meydana gelen son depremlerden sonra betonarme inşaatların yapımında

uyulmasını gereken kuralların ne kadar önemli olduğu bir kez daha anlaşılmıştır. Türkiye’de yapılan inşaatlarda yeterli özen gösterilmediğı sürece ülke insanları bu acıları yaşamaya mecbur kalacaktır. İnsanların böyle bir mecburiyetle karşı karşıya bırakılması, gerçekten çok acıdır.

Yapım, genelde en az dikkat edilen aşamadır. Çok ayrıntılı statik ve betonarme hesaplar yapılarak tamamlanan tasarım aşamasının sonunda, yapıma yeterli özenin gösterilmeyişi, insanları hazin sonuçları yaşamak zorunda bırakmıştır. Denetimden yoksun olarak inşaa edilmiş yapı, projedekinden oldukça değişik özelliklere sahip bir yapı olmaktadır. Eleman boyutları ve donatı yerleştirilmesindeki hataların yanı sıra beton kalitesindeki eksiklik çok sık rastlanan yanlışlardan sadece bir tanesidir. Son yıllarda meydana gelen depremlerin bıraktığı ağır izlerin sebepleri, donatı yerleştirilmesindeki hatalar ve düşük kalitede beton kullanılmasıdır (Ersoy ve Özcebe, 2001).

Türkiye’de yapım aşaması özensiz ve denetimsiz olduğı sürece, tasarımın kusursuzluğu, yapının yıkılmasını engelleyemeyecektir.

Yapıların denetiminde özen gösterilmeyişi ve uygulamada donatıların gerektiğı gibi düzenlenmeyişi, kusursuz olarak yapılmış hesapları boşa götüreceğı açık ve nettir. Sonuç olarak, uygulanabilir donatı düzeni tasarlamak ve donatı düzeninin doğru uygulandığını denetlemek inşaat mühendisinin en önemli görevleri arasındadır.

2. KAVRAMLAR VE TANIMLAR

2.1 Beton

Agrega denen kum, çakıl (kıırma taş, mıcır), bağlayıcı olan imento ile karıştırılıp, su ile yoğrulduktan sonra meydana gelen karışıma beton denir. S edilmış olan malzemeler, belirli oranlarda karıştırıldığında, kalıplarda istenilen biçimi alabilecek plastik bir malzeme elde edilmektedir. Bu plastik kııvam özelliği de betonu diğer yapı malzemelerinden üstün kılan en önemli özelliğidir.

Bazı hallerde betonun özelliklerini değiştirmek amacıyla bir takım katkı malzemeleri kullanılmaktadır. Bu katkı malzemeleri, betonun akışkanlığını artırıcı olduğu gibi betonun prizini almasını geciktirici özellikte de olabilmektedir.

Bu tez kapsamında donatı yerleştirilmesinin önemi üzerinde durulacağı daha önceden de belirtilmişti. Donatının yerleştirilmesi ne kadar önemli ise, beton yerleştirilmesi de o kadar önemlidir. Donatının projesine uygun olarak yerleştirilmesi gereklidir, ancak yeterli değildir. Betonun da kalıp içine yerleşmiş olması, donatının görevini iyi yapması açısından, çok önemlidir. Betonun kalıp içine iyi bir şekilde yerleşimini sağlamak amacıyla beton, vibratörle titreştirilmelidir. Bu suretle beton içinde boşluk kalması önlendiği gibi, betonun donatıyı sarmasıyla iki malzemenin beraber çalışması da sağlanmış olmaktadır.

Betonun dayanımında, agrega granülometrisinin büyük önemi vardır. Betonda boşluğun en aza indirilmesi pek tabii ki beton dayanımını artıracaktır. Çimentonun su ile birleşerek meydana getirdiği hamur, agregayı birbirine bağlayarak dayanımı yüksek betonun ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu bağın sağlanabilmesi için agreganın kil ve siltten ayrışmış olması gerekmektedir. Betonda kullanılacak agreganın en büyük dane büyüklüğü, kalıp genişliğinin 1/5 inden, döşeme kalınlığının 1/3 nden, iki donatı çubuğu arasındaki uzaklığın 3/4 nden ve beton örtüsünden büyük olmamalıdır. Agreganın dayanımının yüksek olması basınç dayanımı yüksek beton üretilmesine olanak tanımaktadır. Betonarme agregası TS 706'ya uygun olmalıdır.

Dökölüp sıkıştırılmış bir metreküp betonda bulunan çimento miktarı dozaj olarak isimlendirilir. Dozaj basınç dayanımı ve donatıyı korozyondan korumak için yeterli değerde olması gerekmektedir. Bu değer 240-380 kg/m³ arasında değişmektedir.

Dayanımı yüksek bir beton için; yeterli dozaj, uygun su/çimento oranı, homojen bir beton kesiti sağlayacak uygun granülometride agregalar, betonun vibratörle iyi sıkıştırılmış olması, gibi bir çok noktaya, önem verilmelidir. Beton döküldükten sonra da betonun kürünün sağlıklı olması, atmosfer etkilerinden korunması, betonda iyi dayanım sağlayabilmenin temel şartlarındandır. Bütün bu hususlara dikkat etmek, donatının beton içindeki görevini mükemmel olarak yerine getirmesini sağlayacaktır. Beton, donatı ile beraber çalışacak nitelikte üretilmesi ve yerleştirilmesi gerekmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

2.1.1 Betonun Mekanik Özellikleri

Depremlerde, yapıların hasar görmesinin diğer önemli nedeni ise beton dayanımının projede ön görülen dayanımdan çok düşük olmasıdır. Betonun tanımlanması ve sınıflandırılması basınç dayanımına göre yapılmaktadır. Donatı düzenlemesine ne kadar özen gösterilirse gösterilsin beton dayanımının düşük olduğu yapı elamanları depremde gerektiği gibi davranış sergileyemeyecektir. O halde bütün bu hususlar zincirin birer halkasını oluşturmaktadır. Depreme dayanıklı yapı için tüm bu halkalar ayrı ayrı görevlerini yapmalıdırlar. TS 500’de dayanım ve beton basınç dayanımı ile ilgili olarak aşağıdaki tanımlamalar yapılmıştır:

Dayanım, tanımında belirtilen koşullar altında o malzemenin taşıyabileceği en büyük gerilme değeridir.

Basınç dayanımı ise çapı 150 mm yüksekliği 300 mm olan standart deney silindirlerinin 28 gün sonunda, TS3068’e uygun denenmesiyle belirlenmektedir. Beton karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}), denenecek silindirlerden elde edilecek basınç dayanımlarının bu değerden düşük olma olasılığı belirli bir oran (genellikle %10) olan değerdir. Gerekğinde basınç dayanımı deneylerinden elde edilebilir. Böyle durumlarda, karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}), geçerliliği deneylerle kanıtlanmış katsayılarla dönüştürülür. Bu amaçla, boyutları 150 mm olan küp için f_{ck} değerleri Tablo 2.1’de gösterilmektedir. Boyutları 150 mm’den değişik küp numunelerden elde edilen basınç dayanımları gereken düzeltmeler yapılarak dikkate alınması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Tablo 2.1 Beton Sınıfları ve Dayanımları

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanım, f_{ck} MPa	Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Dayanımı Mpa	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk} MPa	28 Günlük Elastisite Modülü E_C Mpa
C 16	16	20	1,4	27 000
C 18	18	22	1,5	27 500
C 20	20	25	1,6	28 000
C 25	25	30	1,8	30 000
C 30	30	37	1,9	32 000
C 35	35	45	2,1	33 000
C 40	40	50	2,2	34 000
C 45	45	55	2,3	36 000
C 50	50	60	2,5	37 000

TS 500’de beton karakteristik basınç dayanımı ile ilgili olarak aşağıdaki tanımlama yapılmaktadır.

Beton karakteristik dayanımı, beton sınıfını tanımlamak için kullanılan, istatistiksel verilere dayanılarak belirlenen ve bu değerden daha küçük dayanım değeri elde edilmesi olasılığı %10 olan dayanım değeridir (TS 500, 2000).

Kum ve çakılı yıkanmamış, uygun miktarlarda olmayan agregadan yapılmış, su/çimento oranı yüksek, çok soğuk ya da çok sıcak havada dökülmüş, vibratörle iyi sıkıştırılmamış ve döküldükten sonra gereği gibi kür edilmemiş ve şantiyede döküm sırasında özellikle döşeme dökümünde kolay perdah yapılsın diye su katılmış hazır betonların dayanımı düşük olmakta ve yapıların, depremden büyük hasar görmesine neden olmaktadır.

Beton dayanımı yüksek değil ise betonla donatı arasındaki aderans dayanımı da düşük olmaktadır. Aderans dayanımı düşük ise donatı, akma gerilmesine ulaşmadan, betondan sıyrılır ve mafsallaşma ile deprem enerjisi tüketimi gerçekleşemez.

Betonun bazı mekanik özellikleri aşağıda ki biçimde açıklanmıştır.

Betonun karakteristik çekme dayanımı “ f_{ctk} ” ile ifade edilmektedir. Betonun karakteristik çekme dayanımı, eksenel çekme elemanı deneylerinden elde edilecek dayanımın, bu değerden az olma olasılığı belirli bir oran olan (genellikle %10) dayanım değeridir (TS 500, 2000).

2.1.1.1 Betonun Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı

Denk.(2.1) ile verilmiş olan bağıntıdan, betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı hesaplanmaktadır.

$$f_{ctk}=0.35 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (2.1)$$

Burada ;

f_{ctk} , Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı,

f_{ck} , Betonun karakteristik basınç dayanımıdır.

Betonun çekme dayanımı, eğilme ve silindir yarma deneyinden elde edilen çekme dayanımını 1.5 ile; eğilme deneyinden elde edilen çekme dayanımını da 2.0'ye bölerek yaklaşık bir şekilde hesaplanabilmektedir (TS 500, 2000).

2.1.1.2 Betonun Elastisite Modülü

Betonun elastisite modülü için, TS 500'de Denk.(2.2)'deki gibi hesaplanması öngörülmektedir.

$$E_{cj}=3250 \cdot \sqrt{f_{ckj}} + 14000 \quad (2.2)$$

Burada,

f_{ckj} , “j” günlük betonun karakteristik silindir basınç dayanımı,

E_{cj} , Normal ağırlıkta ki, “j” günlük betonun elastisite modülüdür.

Darbe yüklemeleri için yukarıda bulunan değer %10 artırılmalıdır (TS 500, 2000).

2.1.1.3 Isıl Genleşme Katsayısı

Hesaplarda betonun ısı genleşme katsayısı

$$\alpha_t=10^{-5}/^{\circ}\text{C} \quad (2.3)$$

kabul edilebilmektedir (TS 500, 2000).

2.1.2 Betonda Büzülme, Şişme ve Sünme Kavramları

Beton, zamana bağlı olarak değişiklikler gösteren bir malzemedir. Beton döküldükten sonra sertleşmeye bırakılan betonun bulunduğu ortamın sıcaklığına bağlı olarak hacim

değişikliğine uğramaktadır. Betona kimyasal olarak bağlı olmayan suyun buharlaşması sonucu betonda, büzülme (rötre) ve yüksek nemden veya su içinde bulunmadan dolayı betonun su alması ile şişme meydana gelmektedir. Bu iki tür şekil değiştirme yüklemeden bağımsız ve sadece ortamdaki nem oranına göre ve sıcaklığa bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Nemin düşük olduğu kuru ortamlarda, rijit kolonlara oturan büyük açıklıklı kirişlerin büzülme eğilimi engellendiği için kirişlerde büyük eksenel çekme kuvvetleri oluşmaktadır. Bu eksenel çekme kuvveti kirişe etkiyen normal kuvvetle de birleşince, asal çekme gerilmelerinin değeri yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Bunun sonucunda kirişlerde, asal çekme gerilmeleri sebebiyle göçmeler olmaktadır.

Sünme, betonun kalıcı yük altında, zaman içinde oluşan deformasyonu olarak tanımlanmaktadır. Sünme, betonda basınç gerilmeleri oluşturan kalıcı yükler etkisiyle meydana gelmektedir. İki adet numuneden bir tanesi yüklenmez, diğeri kalıcı yükler altında saklanır ve belli bir zaman sonra birim kısaltmalar ölçülürse; sünme, yüklenmiş numunenin yaptığı deformasyondan yüklenmemiş numunenin yaptığı deformasyon çıkarılarak hesaplanmaktadır.

Sünme ile ilgili deformasyonun mertebesi, bir çok değişkene bağlıdır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır Ersoy ve Özcebe (2001).

- Yük uygulanan betonun yükleme anındaki yaşı
- Karışımdaki su/çimento oranı
- Ortamın nemi ve ısısı
- Gerilme düzeyi
- Zaman

2.2 Donatı Çelikleri

Betonarme inşaatta kullanılan ve donatı olarak adlandırılan çelik genel olarak düz veya nervürlü olup, daire kesitlidir. Nervürlü çubuklarda imalat sırasında donatı çubuklarına yapılan çıkıntılar donatıların birbirine ve betona kenetlenmesini sağlamaktadır.

Düz donatılarda akma gerilmesine ulaşıldığında beton ile donatı arasındaki aderansın sağlanması oldukça güçtür. Düz donatılar ile süneklik özelliğinin kazandırılması da

oldukça güçtür. Donatı akma gerilmesine ulaşmadan betonla donatı arasındaki aderans yok olabilmekte ve donatı betondan sıyrılmaktadır. Bu durumda en kesit donatılarındaki gerilmeler daha düşük bir düzeyde kalacak ve en büyük moment kapasitesine ulaşamayacaktır. Düz donatılar ancak etriyeler gibi ankraj ve büklümün, uygun uç kancaları ile sağlandığı yerlerde uygun biçimde sağlanmaktadır. Düz ve nervürlü donatıların hangi tür kenetlenme özelliğine sahip olması gerektiği aderans ve kenetleme konusunda belirtilecektir. Bunun yanında, donatı çelikleri ve yerleştirilme şekilleri ile ilgili hususlara da daha kapsamlı olarak ileriki bölümlerde yer verilecektir.

2.3 Betonarme

Betonarme; basit olarak beton ile çelik donatı çubuklarının beraber çalışacak ve birbirlerinin eksiklerini tamamlayacak şekilde bir araya getirilmesi olarak tanımlanmaktadır.

Betonarme sözcüğü dilimize hemen hemen aynı şekilde yazılan ve donatılmış beton anlamına gelen Fransızca terimden geçmiştir. Yüksek basınç dayanımına sahip betonun zayıf tarafı, düşük çekme dayanımına sahip olmasıdır. Betonun bu kusurlu yanı içine yüksek çekme dayanımına sahip çelik çubuklar yerleştirilmesi ile tamamlanarak betonarme malzemesi oluşturulmaktadır. Böylece mekanik özellikler bakımından çok daha üstün bir birleşim meydana getirilmiştir. Gerçekten de, çelik çubukların beton tarafından sarılması dolayısıyla çeliğin burkulmasının ve sıyrılmasının önlenmesi, çelik çubuğun beton içinde kalarak dış etkilerin oluşturacağı korozyona karşı korunması ve iki malzemenin de yakın sıcaklık genleşme katsayılarına sahip olması ideal durumu destekleyici unsurlardır.

Betonarme, homojen, elastik ve doğrusal olmayan bir malzemedir. Gerilmeler ve deformasyonlar zaman ve yük geçmişine bağlıdır. Betonarme hiçbir klasik teoriye uymamaktadır. Hesap yöntemlerinin çoğu deneysel verilere dayanmaktadır ve yarı ampirik kurallara bağlıdır. Yapılan deneysel araştırmalar yeni yeni bilgiler gündeme getirerek eski kuralların ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle betonarme hesabı yapan bir mühendis, yenilikleri anlayabilmek ve davranış bilgisini geliştirebilmek için devamlı olarak yayınları takip etmelidir.

Beton ve çelik arasında bir aderans söz konusudur. Bu aderans özelliği sayesinde, beton ve çelik liflerin birim şekil değiştirmesi yaklaşık eşit olarak kabul

edilebilmektedir. Betonun $(0.000008-0.000014/C^0)$ ve çeliğin $(0.000012/C^0)$ ısı genleşme katsayıları birbirine çok yakındır ve betonarme için ısı genleşme katsayısı ortalama, 10^{-5} olarak alınmaktadır.

Betonarme yapıların tasarımında uyulması gereken en önemli iki ilke, güvenlik ve ekonomidir. Bunun yanında tasarımın ve donatı detaylarının da uygulanabilir olması gerekmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi güvenlik ve ekonomi için, sayıların esiri olmak çok yanlış olacaktır. İyi bir mühendis, tasarımda mühendislik önsezisini, davranış bilgisini ve edindiği deneyimleri kullanabilmelidir Ersoy ve Özcebe (2001).

2.3.1 Betonarmenin Tarihçesi

İnsanlar, binlerce yıl önce taşı yapı malzemesi olarak kullanmaya başladığında iyi bir bağlayıcı malzeme olmadığı için uygulama alanı çok sınırlı kalmıştır. Roma dönemi tapınaklarında, belirli açıklıkların geçilmesi tek parça taşlardan oluşan kirişler kullanılmıştır. Ancak taşın çekme dayanımının düşük olmasından geçilen açıklıklar sınırlı kalmış ve taşların yerine konması büyük sorunlar yaratmıştır.

İnsanoğlunun büyük açıklıklar geçme isteği sonucu olarak, tüm kesitin basınca çalıştığı kemer sistemleri gelişmiştir.

İyi bir bağlayıcı olan çimento, ilk kez Romalılar tarafından kullanıldığı sanılmaktadır. Romalılardan 18. yüzyıla kadar bağlayıcı konusunda önemli bir gelişme olmamıştır. İlk çimentoyu bulan, John Smaeton adlı bir İngiliz mühendistir. Bu bağlayıcı kireçtaşı ve kil karışımından oluşmakta idi. Bugün kullanılan çimento ise, John Aspdin adlı bir İngiliz duvarcı tarafından bulunmuştur. Aspdin, imal ettiği çimentonun patentini alırken adını, Portland'daki taşlara benzediği için "Portland Çimentosu" olarak tescil ettirmiştir. İlk Portland çimento fabrikası, 1848'de İngiltere'nin Kent şehrinde kurulmuş, çimento imalatı ve kullanımı 19. yüzyılın ikinci yarısında bir çok ülkeye yayılmıştır.

Çimentoya kum, çakıl ve su karıştırılarak elde edilen betonun çekmeye ve darbeye karşı dayanıksızlığı görülerek, bu malzemenin demir çubuklarla güçlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Lambot, 1848'de betondan imal ettiği tekneyi karesel bir ağ oluşturan demir çubuklarla güçlendirmeye çalışmıştır. Betonun demir çubuklarla güçlendirilmesi ile oluşturulan bu malzemeye "betonarme" adı verilmiştir.

Betonarme alanında ilk patent 1855'te Coignet ve 1857'de Monier tarafından alınmıştır. 1872'de Monier tarafından 130 m³ kapasiteli betonarme su deposu, yapılmıştır. 1882'de Coignet, Paris kentinin drenaj sistemindeki 5 metre çaplı tünelin kaplamasını, betonarme ile gerçekleştirmeyi başarmıştır.

Tatbikatçılardan, Almanya'da mühendis Adolf Wayss, Conrad Fretag (bunlar bu gün de mevcut olan Wayss und Freytag firmasını kurmuşlardır). Fransa'da Monier, Hennebique, Amerika'da Hyatt sayılabilmektedir.

Bu çalışmalardan sonra, betonarme süratle bütün dünyaya yayılmış çeşitli firmalar ve bilim adamları tarafından uygulama ve teorisi gelişmiştir Ersoy ve Özcebe (2001).

2.3.2 Herhangi Bir Betonarme Yapının Oluşturulmasında İzlenen Aşamalar

Betonarme bir yapı, ömrü boyunca etkiyecek yükleri güvenli olarak taşıyabilmesi gerekmektedir. Betonarme bir yapının genel olarak tercih edilen hesap adımları aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

1. Yapı taşıyıcı sisteminin seçilmesi,
2. Yapıya etkiyen yüklerin tayini,
3. Yükler altında, varsayılan rijitlikler göz önüne alınarak yapısal çözümleme yapılması,
4. Yapıyı oluşturan elamanların, teker teker hesaplanan kesit zorları altında dayanım, deformasyon ve çatlak genişliği açısından belirli bir güvenliği sağlayacak şekilde boyutlandırılması, donatı hesabı ve hesaplanan donatının detaylandırılması.

2.3.2.1 Ön Boyutlandırma

Kesit zorlarının bulunacağı yapısal çözümleme için elemanın rijitliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ancak elemanın rijitliklerini saptayabilmek için elemanın boyutlarını bilinmesi gerekmektedir. Bu sorun, işe başlamadan önce ön boyutlandırma yapılarak çözülmektedir.

Boyutların önceden belirlenmesi işlemine "Ön boyutlandırma" denmektedir.Ön boyutlandırma, taşıyıcı sistemin seçilmesi, statik ve konstrüktif kurallara bağlı kalınarak taşıyıcı sistem elemanlarının gerekli boyutlarının tahmini, statik sistemin teşkili, taşıyıcı sistemin ağırlık merkezinden geçen sistem çizgileri ile idealizasyonu, yüklerin oklarla, mesnetlerin sembollerle gösterilmesidir. Bu sırada sınır şartları, ve

rijitliklerin olabildiğince gerçekçi olacak şekilde seçilmesine özen gösterilmelidir (Altan, 2001).

2.3.2.2 Statik Hesap

Yapısal çözümleme olarak bilinen statik hesap, geometrisi ve yükleri bilinen bir yapının veya yapı elemanlarının kesit tesirlerinin bulunmasıdır.

Genel olarak, yapısal çözümlemelerde malzeme davranışı ile ilgili olarak çeşitli varsayımlar yapılmaktadır. Malzeme davranışının doğrusal elastik olduğu varsayımına dayanan çözümleme “Doğrusal Çözümleme”, davranışın elastoplastik olduğu varsayımına dayanan çözümleme ise “Limit Analizi” olarak adlandırılmaktadır. Betonarmenin doğrusal elastik olmayan gerçek davranışını temel alan çözümlemeye de “Doğrusal Olmayan Çözümleme” denir.

2.3.2.3 Lineer Olmayan Hesap

Klasik mukavemet formülleri ve doğrusal elastik davranış kabulleriyle, betonarme yapı elemanlarının statik hesabının yapılamayacağı açıktır. Sadece beton malzemenin işletme aşamasında ki durumu bile, lineer olmayan hesap yapmak için yeterli bir nedendir. Bunun yanı sıra sünme, büzülme ve doğrusal olmayan gerilme şekil değiştirme etkilerinden lineer olmayan hesap yapmayı zorunlu hale getirmektedir. Aynı zamanda betonarme taşıma gücüne ulaşıncaya çatlama olmaktadır. Bu durumda homojen bir kesitten söz etmek mümkün değildir.

Yapı sistemlerine uygulanan her bir yükleme aşamasında, taşıyıcı sistemin değiştiğine, doğrusal davranışın olmadığına ve dolayısıyla da süper pozisyonun yapılamayacağına dikkat çekilmelidir.

Bu yöntemde söz konusu olabilecek deplasmanlar, elastik kısımda ki yer değiştirmeye oranla çok büyüktür. Bu nedenle denge denklemlerinin şekil değiştirmiş sistem üzerinde yapılmış olması gerekmektedir. Bu durumda ikinci mertebe etkileri göz önüne alınmış olmaktadır. Sonuç itibarıyla, problem hem malzeme/kesit özellikleri açısından, hem de sistem geometrisi açısından lineer değildir.

2.3.2.4 Betonarme Hesap

Statik hesapta, yapı sistemi elemanları doğrusal çizgi olarak gösterilmektedir. Betonarme hesap sırasında bu çizgiler yerini betonarme malzemenin kendisine

bırakmaktadır. Betonarme hesap, betonarme elemanlarda iç kuvvetlerin bulunması, iç kuvvetlerden sonra donatı hesabı, beton basınç dayanımlarının kontrolü ve standartlar göz önüne alınarak, sehim ve çatlak kontrolünün yapılması olarak özetlenebilmektedir.

Boyutlandırma ve donatı hesabında, iki yöntem söz konusudur. Bunlardan birincisi, çelik ve betonun doğrusal elastik davrandığı varsayımına dayanmaktadır. Bu yöntem “Emniyet Gerilmeleri Yöntemi” ya da “Elastik Yöntem” olarak adlandırılmaktadır.

İkinci yöntem ise daha gerçekçidir. Buna “Sınır Durumlar” yöntemi denir. Sınır durumlar yöntemi iki aşamalı olup birincisi taşıma gücü, ikincisi ise kullanılabilirlik sınır durumunda güvenliğin sağlanması amacını taşımaktadır. TS 500’de sadece “Sınır Durumlar” yönteminin kullanılmasına izin verilmekte olup “Emniyet Gerilmeleri Yöntemi” yönetmelikten çıkarılmıştır.

2.3.2.5 Konstrüktif Kurallar Göz Önüne Alınarak Betonarme Çizim

Donatıların şartnamelerin doğrultusunda konstrüksiyon esaslarını sağlayacak şekilde, çizilmesi gerekmektedir. Donatı düzenleme şekilleri (kenet boyları, bindirme boyları vs) bu krokilerde en ince ayrıntısına kadar gösterilmelidir. Çekme bölgesinde betonu çatlamış bir betonarme elemanda lineer olmayan davranış nedeniyle iç kuvvetlerin kesit tesirlerinden elde edilmesi olanaksızdır. Bu nedenle betonarme elemanda donatının en doğru pozisyonda yerleştirilebilmesi için yapı elemanının şekil değiştirme durumunun belirlenmesi gerekmektedir.

2.3.3 Taşıma Gücü Yöntemi

Taşıma gücü yönteminin amacı kesitin güç tükenme anındaki kapasitesinin hesabıdır. Kesit hesabı için yapılan bu yöntemde çözüme gidilirken yapılacak denge ve uygunluk denklemleri, emniyet gerilmelerinde kullanılanlarla aynıdır. Aradaki fark beton ve çeliğin gerilme-birim deformasyon ilişkileri ile ilgili yapılan varsayımlardır. Taşıma gücü yönteminde, emniyet gerilmeleri yönteminde olduğu gibi malzeme davranışı doğrusal elastik kabul edilmemekte, çelik ve betonun gerçek davranışları esas alınmaktadır

TS 500, taşıma gücüne dayalı kesit hesabında, betonun çekme dayanımının ihmal edileceğini, donatı ile betonun aynı şekil değiştirme yapacağını, düzlem kesitin şekil değiştirmeden sonra da düzlem kalacağını, donatının elastoplastik davrandığını varsaymaktadır.

2.3.4 Emniyet Gerilmeleri Yöntemi

Beton basınç ve çelik gerilmeleri için Hook kanununun geçerli sayıldığı yöntem olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemde tek fark, betonun çekmeye çalışmaması ve kesitin kompozit olmasıdır. TS 500 betonarme hesabın taşıma gücü yöntemi ile yapılmasını öngörmektedir.

2.3.5 Rijitlik Kavramı

Yapılara ömrü boyunca etkileyen yatay kuvvetlerin yapılarda meydana getireceği yanal yer değiştirmelerin hesaplanabilmesi için yapının rijitliği bilinmesi gerekmektedir. O halde yapının yanal yer değiştirmesinin hesabı, yapının yanal rijitliğinin ve ona etkileyen deprem kuvvetinin bilinmesi ile mümkün olabilmektedir.

Yapının kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması gerekmektedir. Yapıya deprem kuvvetleri etkimesiyle birlikte donatıda akma, donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışlar meydana gelecektir. Bu davranışların oluşması betonarme elemanın dolayısıyla da yapının rijitliğini azaltacaktır.

Yapıların rijitliği artırılarak katların birbirlerine göre olan rölatif kat ötelemeleri sınırlandırılabilir. Yapılarda rijitlik artırılarak bu rölatif kat ötelemelerinin sınırlandırılması deprem esnasında yüksek yapılarda meydana gelebilecek ikinci mertebe etkilerinin sınırlandırılması adına da çok önemli ve isabetli bir çözüm olacaktır.

2.3.6 Süneklik Kavramı

Geniş anlamı ile süneklik, herhangi bir yapı malzemesi veya yapı elemanının kopmadan kırılmadan önce yaptığı geri dönüşü olmayan kalıcı şekil değiştirmedir. Başka bir deyişle, süneklik “dayanımda önemli bir azalma olmadan, büyük deformasyonlar yapabilme yeteneği” olarak tanımlanmaktadır. En kısa tanımıyla süneklilik, yapı elemanlarının ya da yapının enerji tüketme gücüdür.

Deprem kuvvetlerinin yapıya etkimesi durumunda yapıda meydana gelebilecek büyük hasarların ve tümünden göçmenin önlenmesi, yapının dayanımının elastik ötesi yer değiştirmelerde de devam edebilmesi ile mümkündür. Sünek bir yapı, elastik ötesi şekil değiştirmeler artarken, dayanımını sürdürme özelliğine sahiptir.

Sünek kavramı, aynı zamanda büyük şekil ve yer değiştirme yapabilme ve tekrarlı yüklemelerde enerji söndürebilme özelliğini de içerir. Depremlerde hasar görmüş yapılarda gözlenen en önemli kusur yapılarda sünekliğin sağlanamamış olmasıdır. Sünekliğin sağlanması için kolon, kiriş ve perdelerde sargı bölgelerinde sık bir sargı oluşturmak gerekmektedir.

Beton gevrek, çelik ise sünek bir malzemedir. Betonarmede çelik salt çekme gerilemelerini almak için uygulanmaz. Çelik, bilinçli olarak yerleştirilip detaylandırıldığında, betonarmede istenilen düzeyde süneklik elde edilir. Bu nedenle betonarmenin sünekliğinde donatı detaylandırılması büyük önem taşımaktadır

2.3.7 Gevrek Kırılma Kavramı

Eğilmeye maruz bir betonarme elemanda, basınç gerilmeleri basınç bölgesindeki beton ve çelik liflerde, çekme gerilmesi ise sadece çekme donatısında oluşmaktadır. Kesitteki donatı miktarının çok fazla olması, çekme donatısı gerilmesi akma sınırına ulaşmazdan önce, basınç bölgesindeki beton lifleri aniden ezilmesine sebep olmaktadır. Beton, çeliğe göre bütün etkiler altında çok daha az şekil değiştirebilmektedir. Betonun çekme gerilmelerine karşı davranışı gevrektiler.

Kolonlarda, basınç etkisi ön planda olup; kırılma, beton basınç bölgesinin aniden ezilmesi ile gerçekleşmektedir. Kolonlarda kesitin neredeyse tamamı basınca çalışmaktadır. Gevrek kırılma olayında beton basınç bölgesinin ezilmesi, donatının akmasından çok daha önce gerçekleşmektedir. Eğilme momenti ile zorlanan, beton basınç bölgesine göre çok fazla çekme donatılı kesitlerde gevrek kırılma söz konusu olmaktadır.

Tehlikeli gevrek kırılma riskinin azaltılması için beton hesap basınç dayanımının küçük tutulması gerekmektedir.

2.3.8 Sünek Kırılma Kavramı

Sünek kırılma, gevrek kırılmanın tersidir. Betonarme kesitin donatısı az tutulur ise, beton basınç bölgesindeki beton lifleri ezilmeden çok önce, çekme donatısı akmaya başlar. Kırılma çekme bölgesindeki çatlakların yayılması ve genişlemesi ile haber vererek gerçekleşmektedir. Kırılma aşamasına kadar, betonarme elemanımızda büyük kalıcı deplasmanlar gözlenmektedir.

Sünek kırılma daha çok eğilme momentinin etkin olduğu hallerde görülmektedir. Sünek kırılma ile taşıma gücü sınırına ulaşan betonarme elemanlar, büyük sehimler ve şekil değiştirmeler yaparak göçmektedir. Bu duruma haberli göçme denir. Sünek kırılma durumunda göçme, beton basınç bölgesinin ezilmesi ile noktalanmaktadır. Enine donatıları yeterli, beton basınç bölgesine göre boyuna donatıları zayıf betonarme elemanlar sünek kırılmaktadır. Göçme aşamasına kadar yapı elemanı tarafından yutulan şekil değiştirme enerjisi, süneklilikle orantılı olarak artmaktadır. Sünek kırılmanın olduğu eleman üzerinde, bazı kesitler plastik mafsallık durumuna geçmektedir.

Betonarme çerçeveden oluşan bir yapının, şiddetli deprem etkileri altında elastik sınırlar içinde kalmasını sağlamak ekonomik ve pratik bir çözüm değildir Ersoy ve Özcebe (2001).

2.3.9 Dengeli Kırılma Kavramı

Dengeli kırılma, basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile, çekme tarafındaki çeliğin akmasının aynı zamanda olduğu durumdur. Bu kırılma biçimine yol açan donatı miktarına dengeli donatı denmektedir. Yönetmelikler, kesite konabilecek donatının üst sınırını, dengeli donatının belli yüzdeleri ile vermektedir.

2.3.10 Elastik Davranış Kavramı

Yapıya ya da kesite etkiyen yük tesirlerinin kalkmasından sonra yapı ya da kesitin eski halini alması elastik davranışı anlatır. Yükler için bile doğrusal şekil değiştirme kabul edilirse, bu davranış şekline doğrusal elastik davranış şekli denmektedir. Ancak ideal elastik bir malzeme yoktur.

2.3.11 Plastik ve Elastoplastik Davranış Kavramı

Belli bir değeri aşan yükler için, yük artmasa bile şekil ve yer değiştirmelerin, eğriliklerin sürekliliği arttığı davranışa tam plastik davranış denmektedir. Tam plastik davranışta yük şiddeti artmadığı gibi elastik geri dönüş de söz konusu değildir. Yük kalktıktan sonra deplasmanlar ve deformasyonlar hiç azalmamaktadır. Kullanılan tüm malzemelerin gerçekçi davranış şekli, elasto-plastik davranış şeklindedir. Bu davranış sadece elastik ya da sadece plastik bir davranış değildir. Betonarmenin gerçek davranışı, yükleme şiddetine, hızına, işareti ve malzeme özelliklerine bağlı olarak,

çok değişkendir. Malzeme davranışının en iyi şekilde idealizasyonu betonarme hesabın en yaklaşık şekilde yapılmasını sağlamaktadır.

2.3.12 Dayanım Kavramı

Hafif ve orta şiddetli deprem esnasında yapılarda meydana gelecek etkiler altında, yapı elemanlarının dayanımlarının aşılmaması, boyutlandırmanın ana prensibidir.

Donatı yerleştirme ilkeleri ve konstrüktif kuralların, yapıların dayanımında büyük önem taşıdığı bilinmelidir. Yapıda dayanımın sağlanması sadece gerekli olan donatının hesabı şeklinde olmamalıdır. Donatılarda yeterli aderansın sağlanması, gerekli bindirme boylarının temini, elemanların bitiş yerlerinde gerekli donatım düzenine dikkat edilmesi, beton yerleştirilmesini zorlaştıracak donatı düzeninden kaçınlması istenilen dayanımın elde edilmesi için gerekeli hususlardır.

2.4 Düzensiz Binalar

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınlması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıntılı bilgi için A.B.Y.Y.H.Y.'de düzensiz binalara ilişkin geniş tanımlama Madde 6.3'te yer almaktadır.

3. BETONARME VE DAVRANIŞ ŞEKLİ

Betonarme, uygulama alanı çok geniş olan bir yapı malzemesidir. Çok katlı yapılar, yol kaplamaları, barajlar, istinat duvarları, viyadükler, su hazneleri, kullanılmış suların uzaklaştırılması için gerekli boru ve tesisler betonarmenin uygulama alanlarından en önemlileridir.

Asal çekme kuvvetinin yapıda yer alması nedeniyle çekmeye karşı mukavemet gösterebilen yapı malzemesi olarak çelik, basınca karşı mukavemet gösterebilen yapı malzemesi olarak betonun kullanımı, isabetli olacaktır. İstenen dayanım iki malzemenin bir arada uyumlu olarak çalışmasıyla sağlanabilecektir. Çelik hem çekmeye hem de basınca çalışır ama çelik, çekmeye gösterdiği direnci, basınca karşı gösteremez. Çeliğin büyük basınç altında burkulacağı aşıkardır.

Betonarme yapı malzemesinin uygulama alanının çok geniş olmasının sebebi malzemeye ait bazı üstünlüklerdir.

Betonarme yapı malzemesinin avantajlı olduğu noktalar aşağıda sıralanmaktadır;

1. Betonarmenin basınç dayanımı, diğer yapı malzemelerine oranla çok yüksek olduğu için daha narin yapılar daha küçük kesitler kullanmak suretiyle imal edilebilmektedir.
2. Yangın tehlikesi açısından betonarme, en uygun malzemedir.
3. Betonarme yapılar, çelik yapılara göre oldukça rijit yapılar olduğundan, yatay deplasmanlar nispeten daha küçük düzeydedir.
4. Betonarme inşaatın bakımı, ahşap ve çelik inşaata göre çok daha düşük maliyetlidir.
5. Beton dayanımı zamanla azalmaz. Bu nedenle iyi bakım sağlandığı ve taşıma gücü yitirilmediği sürece, betonarme yapının kullanım süresi sınırsız olmaktadır.

6. Betonarmede şekil verme kolaylığı vardır. Bu nedenle mimari estetik daha kolay yakalanabilmektedir. Kemer kabuk gibi taşıyıcı elemanlar da beton kullanılarak yapılmaktadır.

7. Betonarme maliyeti düşük bir malzemedir. Özellikle büyük hacim kaplayan temel, bodrum perdesi, köprü ayağı gibi yapı elemanlarda beton kullanılması kaçınılmazdır.

8. Betonarme yapılarda hiperstatiklik özelliğini yakalamak daha kolaydır. Çelik inşaatta, birleşim bölgeleri ek bir özen ve dikkat gerektirmektedir. Betonarme inşaatta bu özen ve dikkate gerek kalmayabilir. Yapının sahip olması gereken monolitik özelliği betonarme de sağlamak daha uygundur.

9. Betonarme inşaatta kalifiye elamana ihtiyaç yoktur. Ancak çelik inşaatta birleşim bölgeleri özel önem gerektirdiğinden kalifiye elamana ihtiyaç duyulmaktadır.

Betonarme inşaatın avantajları yanında dezavantajlarının da belirtilmesi gerekmektedir. Bu nedenle betonarme inşaatın zayıf tarafları aşağıda belirtilmiştir;

1. Betonun çekme dayanımını düşük olması, donatı ile beraber kullanılması mecburiyetini beraberinde getirmektedir.

2. Betonarmenin prizini alıncaya kadar kalıpta tutulması ve desteklenmesi için iskeleye ihtiyaç duyulmaktadır.

3. Betonarme ağırlığına göre dayanımı düşük bir yapı malzemesi olması dolayısıyla, yapıların ağır olmasına sebep olmaktadır.

4. Betonun bileşimi ve hazırlanışı yanında yerleştirilmesi ve sertleşme sırasındaki bakımı da büyük önem teşkil etmektedir.

5. Betonarme yapıların kullanım ömürleri bittikten sonra geri dönüşümü imkansızdır.

6. Betonarme yapılarda dayanımda büyük önemi olan donatıların varlığı ve yeterliliği çok önemlidir. Bu nedenle betonarme inşaatta beton dökülmeden önce, donatıların projeye uygun olarak yerleştirilmesinin kontrolü oldukça büyük önem taşımaktadır.

7. Betonarme yapıların güçlendirilmesi çok zordur. Yeni yapılması düşünülen ilave yapı elemanlarının eski yapı elemanlarına uyum sağlaması zordur Celep ve Kumbasar (1998).

3.1 Betonarme Yapı Elemanlarının Mukavemet Halleri

Kompozit bir yapıya sahip olan betonarme yapı elemanlarının davranışı oldukça karmaşıktır. Çatlamış kesitlerin atalet momentlerini ve betonun elastisite modülünü yeter derecede doğrulukla kestirmek neredeyse imkansızdır. Betonarme elemanlarının davranışı, malzeme özelliklerine donatı oranına, yükün şekline eğilme, basınç, çekme, eğilmeli normal kuvvet, kesme, burulma, zımbalama gibi mukavemet hallerine bağlı olarak çok değişkendir. Ayrıca herhangi bir betonarme elemanın davranışı, sadece kendi özelliklerine bağlı değil, yakınındaki diğer yapı elemanlarının özelliklerine de bağlıdır. Bunun yanında, göçme yükünün biçimi de herhangi bir yapı için kesin değildir. Ancak yapılmış olan deneylerin sonuçları betonarme yapı elemanlarının davranışı hakkında detaylı bilgiler sunulabilmiştir.

Betonarme yapılar, çeşitli etkiler altında kalan ve deformasyona uğrayan yapı elemanlarının birleşmesinden meydana gelmektedir. Her ayrı yapı elemanı birey olarak düşünülürse ayrı bir görev üstlenmektedir. Bazı yapı elemanları, özel birtakım görevler üstlendiklerinden bu yapı elemanları ayrı bir grup olarak düşünülebilmektedir. Her hangi bir yapının tamamı fonksiyonlarına göre kategorize edilebilen yapı elemanlarının birleşiminden oluşmaktadır. Özel bir fonksiyonu yerine getirmek amacıyla birtakım yapı elemanları kendi aralarında farklı bir kategori oluşturabilmektedir.

Betonarme gibi karmaşık bir malzemenin davranışını hesaplara dahil etmek oldukça zordur. Bu zorluğu, daha az önemli olan değişkenleri ihmal ederek ve bazı basitleştirici varsayımlar yaparak aşmak mümkündür. Bu aşamada karşılaşılabilecek en büyük tehlike varsayımların yeterli yaklaşıklıkta olmayışıdır. Bu tehlike de çözümleri, sağlam bir davranış bilgisi altında değerlendirilmek ve tecrübelerden yararlanılmak kaydı ile ortadan kaldırılabilir. Sağlıklı bir betonarme yapı tasarımı için, davranış bilgisinin büyük önem arz etmektedir. Betonarme yapılarda donatı düzenleme ilkeleri ve yapım kurallarına geçmeden önce, betonarme yapı elemanlarının ne gibi kesit tesirleri altında kaldığının belirtilmesi gerekmektedir. Bu nedenle aşağıdaki etkiler incelenmiştir O'Brien ve Dixon (1995).

3.1.1 Çekme Etkisi

Eğer herhangi bir yapı elemanı, kendi aksına paralel doğrultuda kuvvetler ile zorlanmakta ise bu yapı elemanı çekme etkisi altındadır denir. Salt çekme kuvveti etkisi altında olan bir yapı elemanı, eğilme momentine ya da kesme kuvvetine direnmek durumunda değildir. Homojen bir yapıya sahip eleman salt çekme kuvveti altında üniform bir gerilme dağılımına sebebiyet verecektir. Çekme etkisi altındaki üniform gerilme dağılımı Şekil 3.1’de görülmektedir. En küçük çekme gerilmesinde bile, betonarme yapı elemanında, beton olan kısım çatlama gösterecektir. Bu nedenle betonarme yapı elemanında çekme gerilmeleri donatılar tarafından karşılanmaktadır.

/

Şekil 3.1 Çekme etkisi altındaki yapı elemanında üniform gerilme dağılımı

Tek katlı, tek açıklıklı çerçeve veya kemerlerin gergileri, dairesel su depolarının duvarları gibi bazı yapı elemanları eksenel çekme kuvveti taşımak durumundadır. Eksenel çekme altındaki elemanlarda donatı, kesit ağırlık merkezine göre simetrik olarak dağıtılmalı ve olabildiğince donatıda ek yapılmamalıdır. Ek yapılmasının zorunlu olduğu durumlarda bindirme boyu normal kenetleme boyunun en az iki katı alınmalıdır veya özel manşonlar kullanılmalıdır.

Donatısı simetrik yerleştirilmiş bir betonarme kesite betonu çatlamayacak bir düzeyde eksenel çekme uygulandığında söz konusu yük, beton ve donatı tarafından

ortaklaşa taşınmaktadır. Eksenel çekme, betonun çekme dayanımını aştığında, beton çatlayacak ve bu durumda tüm yük donatı tarafından taşınacaktır. Eksenel çekme nedeni ile oluşan çatlaklar, eleman eksenine dik olarak elemanı çepeçevre sarmaktadırlar. Eksenel çekme altındaki elemanlarda, en az gevrek kırılmayı önleyecek kadar donatı bulundurulmalıdır. Minimum donatı olarak adlandırılan donatı, çatlama dayanımı, çatlak sonrası dayanıma eşitlenerek bulunabilir Ersoy ve Özcebe (2001).

3.1.2 Basınç Etkisi

Herhangi bir yapı elemanına etkiyen yükler, elemana çekme gerilmesinden çok, basınç gerilmesi uyguluyorsa, o yapı elemanı basınç etkisi altındadır. Basınç etkisi altında ki elemanların, eğilme rijitliği olmalıdır. Eğilme rijitliğinin olması şartı, elemanın burkulmaya karşı dirençli olması açısından önemlidir. Çekme etkisi altında ki elemanlarda eğilme rijitliği olması şartı aranmaz. Basınç etkisi altında bulunan elemanlarda ki burkulma direnci, elemanın sadece malzeme özelliklerine değil, kesit alanına, elemanın boyuna, ve mesnet şartlarına da bağlıdır. Basınç etkisi altında bulunan homojen elemanlarda ki gerilme dağılımı, Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Aynı şekilde donatılar tarafından taşınan çekme gerilmeleri de gösterilmektedir.

/

Şekil 3.2 Basınç etkisi altındaki yapı elemanında üniform gerilme dağılımı

Basınç taşıyan elemanlar için en basit örnek, kolonlar olarak gösterilmektedir. Kolonlar, basınç taşıyan elemanlar olduğundan boyutları ayarlayarak tüm eksenel yükü betona taşımak ve böylece donatısız kolon yapmak ilk bakışta mantıklı görülebilmektedir. Ancak kolonlarda büzülme ve sünme deformasyonları, ve olası eğilme momentleri göz önünde bulundurularak, yönetmeliklerde donatısız kolon yapılmasına izin verilmemektedir. Ayrıca eksenel yükün bir kısmının donatılar tarafından taşınabildiği de yadsınamaz bir gerçektir O'Brien ve Dixon (1995).

3.1.3 Kesme Etkisi

Yapı elemanının eksenine dik doğrultuda etkiyen yatay kuvvetler, elemanda kesme kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Homojen bir kesite sahip, kolona mesnetli bir kirişe etkiyen P dış kuvveti de Şekil 3.3'te görülmektedir. Kesit içinde oluşan kesme kuvveti, dışardan gelen P kuvvetine eşit olmaktadır. Kesme gerilmelerinin kesitte dağılımı üniform olmayabilir, ancak lineer elastik malzeme için, gerilme dağılımı üst ve alt liflerde sıfır, orta ise maksimum değerdedir. Betonarme ve ön gerilmeli beton elemanlar homojen değildirler. Bu malzemelerin, kesme göçmesi esnasında ne lineer ne de elastik özelliği vardır. Şekil 3.3'te etriyelerin kesme kuvvetine karşı davranışı gösterilmektedir.

/

Şekil 3.3 Enine donatıların kesme kuvvetine karşı gösterdiği davranış

Betonarme yapıyı oluşturan elemanlar, genelde eğilmeye ek olarak kesme kuvveti de taşımalıdır. Kesme ve normal gerilmelerin neden olduğu asal çekme gerilmeleri, betonun çekme dayanımının düşük olması nedeniyle önemli sorunlar doğurmaktadır. Betonun kesme ve basınç dayanımı, çekme dayanımından yüksek olduğundan basit kesme durumu bile kırılma, asal çekme gerilmeleri nedeni ile oluşmaktadır. Basit kesme durumunda, asal çekme ve asal basınç gerilmeleri kesme gerilmesine eşit

olacağından kırılma, en düşük dayanım olan çekme nedeni ile oluşacaktır. Asal çekme gerilmeleri, kesme gerilmelerinin etkidiği yüzeye 45^0 'lık açı yapan bir düzlem üzerinde etkiyeceğinden, kırılma asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşan eğik bir çatlakla meydana gelecektir O'Brien ve Dixon (1995).

Asal çekme gerilmeleri nedeni ile oluşan eğik çatlaklar, gevrek kırılmaya neden olabilmektedir. Kesme kuvveti ile birlikte normal gerilmelerin etkidiği durumlarda eğik çatlağın eğimi, asal çekme gerilmelerinin yönüne bağlıdır.

Eğik çatlaklar, kesme gerilmelerinden değil, asal çekme gerilmelerinden kaynaklanmaktadır. Alınacak önlemler, kesme gerilmeleri için değil asal çekme gerilmeleri için olmalıdır.

Düzgün yayılı yük taşıyan basit mesnetli bir kirişte oluşan asal çekme ve basınç gerilmelerinin yönü Şekil 3.4 'de gösterilmektedir. Sürekli çizgiler, asal çekme, kesik çizgiler ise, asal basınç gerilmelerinin yönünü göstermektedir. Bu eğrilere, eş gerilme eğrileri denilmektedir.

Çatlak asal çekme gerilmelerine dik doğrultuda meydana geleceği bilindiğine göre eş gerilme eğrilerinden çatlağın geometrisi kolayca anlaşılabilmektedir.

/

Şekil 3.4 Kirişte yayılı yük altında oluşan eş gerilme eğrileri

Günümüz yönetmeliklerinin bir çoğunda kesme gerilmeleri ne kadar küçük olursa olsun kesme donatısı bulundurma zorunluluğu vardır. Kesme kuvveti etkisi ile ilgili olarak TS 500'de aşağıdaki tanımlamalar yer almaktadır.

Betonarme yapı elemanlarında eğilme momenti ile birlikte etkiyen kesme kuvvetlerinin oluşturduğu asal çekme gerilmeleri ve beton ve uygun kesme donatısı ile karşılanacak, asal basınç gerilmeleri gövdede ezilme oluşturmayacak bir düzeyde tutulması sağlanmalıdır.

Kesme güvenliği için Denk.(3.1) sağlanması gerekmektedir. Aynı zamanda Denk.(3.2)'nin sağlanması durumunda kesme donatısı hesabına gerek kalmaz. Ancak bu durumda minimum etriyenin bulunması zorunludur (TS 500, 2000).

$$V_r \geq V_d \quad (3.1)$$

$$V_d \leq V_{cr} \quad (3.2)$$

Denk (3.1) ve (3.2)'de;

V_r , kesme dayanımı,

V_d , tasarım kesme kuvveti,

V_{cr} , kesitin kesmede çatlama dayanımıdır.

3.1.4 Eğilme Etkisi

Yukarıda da belirtildiği üzere eğer, yapı elemanının eksenine dik doğrultuda herhangi bir yatay kuvvet etkir ise, o eleman kesme tesiri altında kalmaktadır. Eğer yükler elemanın, ekseninin bulunduğu düzlemin dışında etkimekteyse eleman burulma tesiri altında kalmaktadır. Diğer taraftan, yapı elemanına etkiyen yatay yükler elemanın eğilmeye uğramasıyla da karşılanabilmektedir.

Şekil 3.5'te görülen elemanın orta noktaya etkiyen “P” yükünden dolayı eğilmeye maruz kaldığı ve sehim yaptığı görülmektedir. Bu yükleme altında elemanın üst liflerinin kısaldığı, yani basınç etkisi altında kaldığı, alt liflerinin ise uzadığı yani çekme etkisi altında kaldığı görülmektedir.

/

Şekil 3.5 Tekil yükleme altındaki kiriş elemanında eğilme çatlakları

Elastik bir malzemeye ait gerilme diyagramı yine Şekil 3.5'te görülebilmektedir. Basınç bölgesinden çekme bölgesine geçilirken gerilme sıfır değerini almaktadır. Gerilmenin sıfır olduğu eksen tarafsız eksen olarak adlandırılmaktadır. Bu eksen, üç boyutlu elemanda tarafsız yüzeyi temsil etmektedir. Homojen elemanlarda, tarafsız eksen, eleman kesitinin merkezinden geçmektedir. Beton malzemesinin düşük çekme direnimi sebebiyle, beton en küçük çekme kuvveti altında bile çatlama göstermektedir. Dolayısıyla betonarme elemanda çatlaklar çekme bölgesinden tarafsız eksene kadar olan bölümde yer almaktadır. Bu durum Şekil 3.5'te görülebilmektedir. Çekme kuvvetlerine karşı direnci olan boyuna donatılar, elemanın çekme kuvvetleri altında çatlamasını ve göçmesini engellemektedirler O'Brien ve Dixon (1995).

3.1.5 Zımbalama Etkisi

Kirişlere oturan döşemelerde, kesme güvenliğinin sağlanmasında sorun çıkmaz. Ancak döşemelerin doğrudan kolonlar tarafından taşındığı “kirişsiz döşeme” sistemlerinde kolon civarında oluşan çekme gerilmeleri oldukça tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Tekil betonarme temellerde, kolonun temel plağına uyguladığı yük nedeni ile ve kirişsiz döşemelerde benzer bir sorun oluşmaktadır.

Kirişsiz döşemelerde ve tekil temellerde kolon civarında oluşan asal çekme gerilmeleri betonun çekme dayanımını aştığında, asal çekme gerilmelerine dik yönde eğik çatlakların oluşması doğaldır.

Gerekli önlem alınmamış ise eğik çekme gerilmeleri betonun çekme mukavemetini aşar, ve kolon döşemeyi zımbalayarak kırar. Bu tarz kırılma Şekil 3.6'da görülebilmektedir. Bu kırılmaya, zımbalama kırılması denir.

/

Şekil 3.6 Zımbalama kırılması

Çok ani ve gevrek olan zımbalama kırılması, bu nedenle tehlikelidir. Kırılma anında kolon, döşemeden kesik bir piramit veya koni biçiminde bir parça kopartır. Bu parçanın yan yüzlerinin eğimi yaklaşık 45^0 derecedir. Zımbalama problemin kalınlık yetmezliği olduğu düşünülmektedir. Kalınlığı az olması nedeniyle donatının betonla kenetlenmesinin tam sağlanmadığı varsayılmaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi son derece ani ve gevrek olan zımbalama kırılması, tüm yapının birkaç saniye içinde yerle bir olmasına neden olabilmektedir Ersoy ve Özcebe (2001).

TS 500’de zımbalama dayanımı ile ilgili olarak aşağıdaki tanımlamalar yapılmaktadır.

Sınırlı bir alana yayılmış yükler veya kolonlar tarafından yerel olarak yüklenen plakların zımbalama dayanımı hesaplanarak bunun tasarım zımbalama kuvvetine eşit veya ondan büyük olduğu kanıtlanmalıdır. Denk.(3.3)’ün sağlandığı kanıtlanırsa, zımbalama dayanımının hesabında, yüklenen alana $d/2$ uzaklıkta zımbalama çevresi ile belirlenen kesit alanı göz önüne alınabilmektedir.

$$V_{pr} \geq V_{pd} \quad (3.3)$$

Burada;

V_{pr} , zımbalama dayanımı,

V_{pd} , tasarım zımbalama dayanımıdır.

/

a) Kirişsiz Döşemeler

b) Temeller

Şekil 3.7 Kirişsiz döşemelerde ve temellerde zımbalama çevresi

Şekil 3.7’de zımbalama çevresi temellerde ve kirişsiz döşemede ayrı ayrı gösterilmektedir. Özel durumlar için, zımbalama çevresi ile ilgili ayrıntılı bilgi, TS 500’den elde edilebilmektedir (TS 500, 2000).

3.1.5.1 Zımbalama Donatısı

Zımbalama dayanımı (V_{pr}), geçerliliği deneylerle kanıtlanmış donatı veya profil düzenlemeleri veya özel çelik elemanlarla artırılmaktadır. Ancak zımbalama donatısının etkili olabilmesi için, plak kalınlığının en az 250 mm olması gerekmektedir. Ayrıca, bu düzenlemelerle artırılmış dayanım hiçbir zaman V_{pr} ile belirlenen değerin 1.5 katını geçmemesi gerekmektedir (TS 500, 2000).

Zımbalama için özel zımbalama donatıları, kirişlerdeki kesme donatısı gibi asal çekme gerilmelerini karşılayacak biçimde düzenlenmelidir. Zımbalama için çeşitli donatı türleri geliştirilmiş olup bunlar Şekil 3.8’de gösterilmektedir

/

Şekil 3.8 Zımbalama etkisi içi özel zımbalama donatıları Ersoy ve Özcebe (2001)

Şekil 3.8(a)'da gösterilmiş olan donatı düzenleme biçimi, kirişteki pilyelere çok benzemektedir. Aradaki en önemli fark, döşemelerde pilyeler kirişlerdeki gibi tek değil, iki dik yönde düzenlenmelidir. Ancak bu ve buna benzer donatılar beklendiği kadar etkili olmamıştır. Pilye ve benzer donatının yeterince etkili olmamasının temel nedeni, döşemeler kirişler kadar derin olmadığından, zımbalama donatısının yeterince kenetlenmemesi ve zımbala donatısı nedeni ile çatlak eğiminin azalmasıdır. Bütün bu nedenlerle, TS 500'de kalınlığı 250 mm'den az olan döşemelerde zımbalama donatısının kullanılmasına izin verilmez. Kalınlığın 250 mm'den fazla olduğu döşemelerde ise gerekli zımbalama donatısı hesaplanırken, donatı hesap gerilmesinin f_{ywd} yerine $0.5.f_{ywd}$ alınması ön görülmektedir. Bu zımbalama donatısının ancak %50 etkili olduğu anlamına gelmektedir.

Şekil 3.8(a)'de görülen donatı düzeninde, dört boyuna çubuk sık etriyelerle sarılarak bir kafes oluşturmaktadır. Bu tür zımbalama donatısı türü çok etkilidir. Ancak uygulanması çok zordur. Şekil 3.8(b)'de gösterilen tür, A.B.D 'de en çok kullanılan donatı düzenleme biçimidir.

Şekil 3.8(c)'de görülmekte olan testere ağzı biçimindeki donatı, Prof.E.Çıtıptıoğlu tarafından geliştirilmiştir. ODTÜ'de yapılan deneyler bu tür zımbalama donatısının zımbalama dayanımını büyük ölçüde artırdığı görülmüştür. Bu donatının hem maliyeti düşüktür hem de yerleştirilmesi kolaydır. Şekil 3.8 (d)'deki donatım biçimi, kirişteki pilyelere benzemektedir. Bu tür donatımda, döşemelerin kirişler kadar derin olmayışından kaynaklanan kenetleme probleminin, bu donatım türünün etkinliğini azaltmaktadır. Şekil 3.8 (e)'de ise, çelik profil kullanılmıştır Ersoy ve Özcebe (2001).

3.1.6 Burulma Etkisi

Betonarme yapıların monolitik özelliği nedeni ile çoğu yapılarda burulma etkilerini görmek olasıdır. Burulma momentine sistemin geometrisi ve simetrik olmayan yük dağılımları sebep olabilmektedir. Çoğu kez yapılarda burulma momenti ihmal edilebilecek kadar azdır.

Betonarme yapılarda burulma, taşıyıcı sistemin geometrisinden (döner merdivenler, eğri eksenli kirişler v.b) ya da yüklerin simetrik olmamasından (saçak ya da balkon taşıyan kirişler, nervürlü döşemeleri taşıyan kirişler v.b) kaynaklanmaktadır. Burulma çatlaması oluştuğundan sonra burulma momentinin sabit kaldığı ve kesitin sabit burulma momenti altında serbestçe döndüğü varsayılmaktadır.

Betonarme yapı elemanlarında burulma momentinin nasıl meydana geldiği Şekil 3.9'da görülmektedir. Şekil 3.9(a)'da, K 412 kirişinin iki ucundaki burulma momentleri toplamı, K 407 kirişinin saplandığı noktadaki negatif eğilme momentine eşittir. Şekil 3.9(b)'deki kenar kirişte oluşan burulma momentleri ise, döşemeden gelen yüklerden kaynaklanmaktadır. Döşeme mesnedinde oluşan negatif momentler, kirişe burulma momenti olarak aktarılmaktadır.

/

Şekil 3.9 Döşemenin kiriş elemanında oluşturduğu burulma etkisi

Burulma momentleri, elemanda kesme gerilmeleri oluşturmaktadır. Kesme kuvveti nedeni ile oluşan kesme gerilmelerinden farklı olarak bu gerilmeler, elemanın iki karşılıklı yüzünde birbirine ters yöndedir. Bu nedenle eğilme ve burulmanın birlikte etkidikleri durumlarda, kesme ve burulmadan oluşan kesme gerilmeleri, elemanın bir yüzünde aynı yönde iken, karşı yüzde ters yöndedir. Burulma momenti elemanın bir yüzünde bu kayma gerilmelerini, dolayısıyla asal çekme gerilmelerini artırdığından, eğik çatlak oluşmasına neden olmaktadır.

TS 500'de kesmeli burulma için aşağıdaki tanımlamalar yapılmıştır.

Burulma, kesme ve eğilme altında zorlanan yapı elemanlarında oluşacak asal çekme gerilmeleri, yeterli donatı ile karşılanmalı, asal basınç gerilmeleri ise, gövdede ezilme oluşturmayacak bir düzeyde tutulmalıdır. Yapı sistemlerinde burulma, denge burulması ve uygunluk burulması olarak ikiye ayrılmaktadır.

a) Denge Burulması

Dış yüklere karşı statik dengenin sağlanması için burulma momentinin varlığı zorunluysa denge burulması söz konusudur. Denge burulması, kullanılabilirlik ve taşıma gücü sınır durumunda taşıyıcı sistemdeki dengenin sağlanması için hesaba katılması zorunlu olan burulmadır.

a) Uygunluk Burulması

Statik dengenin sağlanması için burulma momenti zorunlu değilse uygunluk burulması söz konusudur. Uygunluk burulması, taşıma gücü sınır durumunda taşıyıcı sistemdeki dengenin sağlanması için hesaba katılması zorunlu olmayan burulma türüdür. Uygunluk burulması hiperstatik sistemlerde görülmektedir.

Tez konusu, en baştan beri belirtildiği gibi, donatı hesabının nasıl yapıldığı değil hesabı yapılmış olan donatıların kesitteki en uygun yerini belirlemektir. O halde aşağıda donatı düzenlemeleri ile ilgili bazı tavsiyelerde bulunulacaktır. Burulma etkisi altındaki kesitlerde enine ve boyuna donatılar TS 500'ün 8.2 numaralı maddesi paralelinde hesaplanması gerekmektedir.

Uygunluk burulması durumunda etriye ve boyuna donatısı hesabı yapılmayabilir. Bu durumda, minimum donatı bulundurulması gerekmektedir. Ancak bu donatı basit kesme için gerekli donatıdan az olmamalıdır. (TS 500, 2000)

3.6.1.1 Donatı Detayları

Kesme kuvveti ile burulma momenti birlikte etkidikleri durumlarda, etriye ve boyuna donatılar için aşağıdaki koşullar geçerlidir. Burulmanın ihmal edilmeyeceği durumlarda etriye uçlarının 90^0 kancalı ve bindirmeli yapılmasına izin verilmemektedir. 135^0 kancalı kapalı etriyeler kullanılır ve etriye uçları çekirdek içinde kenetlenmesi gerekmektedir. Etriyeler, en az 8 mm çapında olmalıdır. Etriye aralığı Denk.(3.4)'ü sağlaması gerekmektedir.

$$s \leq d/2 \quad (3.4a)$$

$$s \leq u_e/8 \quad (3.4b)$$

$$s \leq 300 \text{ mm} \quad (3.4c)$$

Burada;

s, Etriyeler arası aralık,

d, Kiriş faydalı yüksekliği,

u_e , Donatının çevresidir.

Burulma için hesaplanan boyuna donatı, kesit çevresine dağıtılarak, her köşede çapı 12 mm'den küçük olmayan çubuklar kullanılmalıdır. Boyuna çubuklar arasındaki uzaklık 300 mm'yi geçmemesi gerekmektedir (TS 500, 2000).

Burulmanın etkili olduğu durumlarda kabuk betonu parçalanacağından, kabukta yapılan etriye ucu kenetlenmesi etkili olmayacaktır. Boyuna donatının çevre boyunca düzgün aralıklarla yerleştirilmesine özen gösterilmelidir Ersoy ve Özcebe (2001).

4. DONATI DÜZENLEME TEORİSİ

Betonarme yapı elemanlarında betonun basınca, çeliğin ise çekmeye çalıştığı bütün betonarme kitaplarında temel olarak verilen bir bilgidir. Betonarme yapılarda, bu çok basit görünen temel bilgi, donatı düzenleme kurallarının ilk basamağını teşkil etmektedir.

İnşaat mühendisi, yapının kesit tesirlerini hesaplamalı, iyi bir betonarme bilgisi ile yapı elemanlarını ekonomik, güvenli olarak boyutlandırmalı ve donatmalıdır. Statik ve betonarme hesapların inceden inceye en iyi yaklaşımlarla yapılması gereklidir ama yeterli değildir. Bir yapı hesaplandığı gibi değil uygulandığı gibi davranmaktadır. Bu nedenle yapılarda donatı detaylandırılmasına çok büyük özen gösterilmelidir. Uzun hesaplar sonucu elde edilen donatı kesit alanını sağlayacak donatının, dikkatsizce betonarme kesite yerleştirilmesi, istenmeyen bir durumdur. O halde, inşaat mühendisi sadece hesap yapmamalı, aynı zamanda elde ettiği sonuçları şantiyede en kolay ve en sağlıklı şekilde uygulanabilmesini de sağlayabilmelidir. Bunun içinde yeterli donatı detaylandırma ve davranış bilgisine sahip olması gerekmektedir. Donatı detaylandırılmasının mükemmel yapılabilmesi için, davranış bilgisinin önemi büyüktür. Bu noktadan hareketle, donatı düzenleme ilkelerinin önemi ve davranış bilgisi, ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenecektir (Altan, 2001).

4.1 Betonun Donatılmasının Amaçları

1. Eğilme ve çekme etkisinde kalan yapı elemanlarında donatı, çekme kuvvetlerini almak için betona yerleştirilmektedir. Bu husus betonarmenin basınç bölgelerinde donatı kullanılmayacağı anlamına gelmez.
2. Donatı kullanımı, sıcaklık değişimi, rötre gibi etkilerden oluşan çatlak genişliklerinin sınırlı tutmak için gereklidir.
3. Kolonlarda donatı, basınç kuvveti ile zorlanan betonun taşıma kapasitesini artırmaktadır. Narin kolonlarda burkulmaya karşı emniyeti sağlamaktadır.

4. Basınç donatısı olarak betonun sünme ve rötre şekil değiştirmesini azaltmaktadır.
5. Yüksek basınç gerilmeleri etkisi altında olan betonarme elemanlarda, yarılmalara karşı enine donatı ve fret donatısı kullanılmaktadır. Enine donatı, betonun sünekliliğinin artmasını sağlamaktadır.

Betonarme bir taşıyıcının en uygun şekilde davranabilmesi için, teorik olarak donatının gerilme yörüngelerine paralel olarak yerleştirilmesi gerekirse de genellikle uygulama kolaylıkları nedeni ile donatı gerilme yörüngelerinden sapmaktadır.

Nitekim ilk çağlarda, çeliğin yapıda kullanılacak şekilde gelişmemiş olması, ahşabın yangın ve çürüme tesirleriyle uzun ömürlü olmaması inşaatçıları yalnız basınç tesirleri olan formlara yöneltilmiş bu suretle bir açıklığı geçmek için, kemer, kubbe gibi sistemler kullanılmasına yol açmıştır. Bu sistemlerde taş ve tuğla rahatlıkla kullanılmıştır. Çimentonun bulunmasından sonra, yalnız basınca çalışan beton, çekmeye çalışan çeliğin, her birinin kendi alanında olmak üzere iş birliği yaptığı betonarme kavramı meydana gelmiştir. Burada basınç gerilmeleri, beton, çekme gerilmeleri de çelik tarafından karşılanmaktadır.

Çelik ve betondan birleşik bir taşıyıcı elemanın meydana gelmesi aşağıda görülen ve her iki malzemenin özellikleriyle sağlanmıştır.

1. Beton, katılaştıktan sonra, çeliğe sıkıca yapışır.
2. Beton, çeliği yeterli bir kalınlıkta sardığı takdirde, onu pasa karşı korur.
3. Çelik ve betonun uzama ve kısalma katsayıları birbirine çok yakındır. Bu değer, beton için 10×10^{-6} , çelik için, 12×10^{-6} 'dır.

Betonarme bir taşıyıcıya donatı yerleştirilirken betonarme hesabın yanı sıra konstrüktif kurallara da uyulması gerekmektedir. TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) ülkemizde yapılacak betonarme yapılar için gerekli konstrüktif kuralları içermektedir (Altan, 2001).

4.2 Betonarme Yapı Elemanlarında Çekme Etkisi

İyi bir projenin mükemmel bir donatı düzenleme bilgisine sahip olması gerekmektedir. Yapının yükler altında nasıl deformasyon yaptığını ve nasıl davrandığını bilen projeci, bu duruma karşı önlemini donatı düzenleme bilgisiyle alacaktır.

Betonarme yapılarda donatı düzenleme teorisinin ilk başlangıcı olarak Şekil 4.1'i ele alalım. Şekil 4.1'de basit bir döşeme görülmektedir.

/

.

Şekil 4.1 Döşeme alt lifindeki çekme etkisi ve teorik donatı düzeni

Şekil 4.1 betonarme için çok basit bir kural gibi görülebilir. Ancak genel anlamda betonarmede, bütün donatı düzenleme ilkelerinin temelini oluşturmaktadır.

Döşemeye etkimekte olan yük, döşemenin alt liflerini yırtmaya çalışacaktır. Bu durum iki parmağın arasına alınan silgiye başparmakla eğmeye çalışmak şeklinde örnek verilebilir. Silginin üst yüzeyi uygulanan basınç dolayısıyla kısaltmaya alt kısmı ise çekme etkisi altında uzamaya çalışacaktır. Bu durumda da silginin alt kısmından yırtılacağı aşîkardır.

Betona da aynı mantık ile yaklaşırsak, betonun çekmeye çalışamayacağı nedeniyle, çekme olması muhtemel olan bölgeye çelik yerleştirmek gerekecektir. Yerleştirilecek olan çeliğin yeterli pas payında olması, çeliği korozyon ve yangından koruması için büyük önem taşımaktadır.

Projeci, döşemeye gelen yükten dolayı gelen çekme kuvvetini hesaplar ve bu çekme kuvvetini karşılayabilecek çelik çubuğuna karar verir, daha sonra donatının düzenlenmesi aşamasına gelir. Şekil 4.1(b) döşeme alt lifindeki çekme etkisine karşılık donatının nasıl yerleştirildiğini göstermektedir.

Kirişler, döşemelere mesnet oluştururlar ve tek boyutlu taşıyıcı elemanlardır. Genellikle açıklıklarında pozitif ve mesnetlerinde negatif eğilme momenti meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak bu kesitlerde çekme gerilmelerini alacak ana donatılar, açıklıkta alt tarafta, mesnette ise üst tarafta bulunmaktadır.

Boyuna donatılar haricinde, bunlara dik olarak yerleştirilen enine etriyeler de bulunmalıdır. Etriyeler kirişlerin dayanımına katkıda bulunmakta, aynı zamanda ana donatılarla bir kafes oluşturarak kalıp içine kolayca yerleşmelerini sağlamaktadırlar.

Şekil 4.2'(a) da sürekli bir kirişin yükler altında nasıl bir deformasyona uğrayacağı görülmektedir. Şekilde ki elemanda, mesnet bölgelerinde asal çekmenin kirişin üst

lifinde; yüklerin tatbik edildiği noktalarda ise, asal çekmenin kirişin alt lifinde olduğu görülmektedir. Asal çekmenin bulunduğu yerde donatı çubuğunun gerekliliği hatırlanırsa, kirişin donatı düzeni Şekil 4.2(b)'de görüldüğü gibi olmalıdır.

/

Şekil 4.2(a) Sürekli kirişin yük altındaki deformasyonu

/

Şekil 4.2(b) Sürekli kirişe ait teorik donatı düzeni

İstinat duvarlarında da aynı durum gözlenebilmektedir. Toprak basıncından dolayı düşeyde ki eleman dışarıya doğru eğilmeye çalışacak, yataydaki eleman ise yukarıya doğru eğilmeye çalışacağı bilinmektedir. Bu eğilme durumu Şekil 4.3(a)'da görülmektedir. Buna göre düşey elemanın toprağa yakın kısmında çekme olacağından o bölgeye donatı gerekecektir. Aynı şekilde yatay elemanın alt kısmında çekme olacağından o bölgede donatı kullanmak uygun olacaktır. Donatı düzenlenme durumu Şekil 4.3(b)'de görülmektedir.

/

Şekil 4.3 İstinat duvarının yük altındaki deformasyonu ve teorik donatı düzeni

Özetle herhangi bir yapı elemanına, doğru donatının yerleştirilebilmesi için bu yapı elemanının, kendisine etki edebilecek olası yüklemeler etkisinde (zati ağırlık,

hareketli yükler, ısı değişimi, vb), şekil değiştirme durumunun bilinmesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle, taşıyıcı sistemde özellikle betonun çatlamış konumu için kuvvet akışının bilinmesi gereklidir. Şekil değiştirme durumunun bilinmesiyle proje mühendisi donatının yerini tespit etmiş olur. Yukarıda belirtilen şekillerin diğer gösterimi Şekil 4.4'te yapılmaktadır. Şekil 4.4'te farklı yüklemeler altında, kiriş elemanın deformasyon şekilleri ve teorik donatı yerleri gösterilmektedir (Altan, 2001).

/

Şekil 4.4 Kiriş elemanına ait farklı deformasyon halleri ve teorik donatı yerleri

4.3 Betonarme Yapı Elemanlarında Kesme Donatısı

Çekme donatısı bölümünde eğilme momenti etkisi altında incelenen kiriş örneği, bu defa kesme kuvveti etkisi altında incelenecektir. Kirişin kesme kuvveti etkisi altındaki deformasyon hali Şekil 4.5(a)'da görülebilmektedir. Tekil yük kirişi aşağıya doğru iterken mesnetlerdeki tepki kuvveti kirişi yukarıya doğru kaldırmaya çalışacaktır. Bu durumda muhtemel çatlakların oluşacağı düzlemlerde kesme kuvveti oluşacaktır. Eğilme momentlerine karşı donatılması gereken kiriş elemanı, aynı zamanda kesmeye karşı da dayanıma sahip olmalıdır. Bu dayanım 3 yol ile sağlanabilmektedir. Birinci yol Şekil 4.5(b)'de görüldüğü üzere kiriş ortasında devam eden ve mesnet bölgelerine yaklaşıırken yukarıya doğru bükülmüş bir donatı yerleşim tarzıdır. Şekil 4.5(a)'da görülen olası çatlak düzlemine dik doğrultuda yerleştirilmiş bir donatı düzenleme şekli uygun bir donatı şekli olacaktır.

/

Şekil 4.5 Kesme donatısının düzenlenme biçimi

İkinci yöntemde ise altta düz olarak uzatılmış olan donatı mesnet bölgelerine doğru kırılmayacak ancak kirişe gelen kesme etkisi kirişin düşey düzlemine paralel olarak yerleştirilmiş düşey donatılar (etriyeler) ile sağlanmış olacaktır. Kirişin üst kısmında bulunan üst düz donatıları, düşeyde yerleştirilmiş etriyeleri doğru konumda tutmak için gerekecektir. Bu üst düz olarak yerleştirilmiş donatılara montaj donatısı adı verilmektedir.

Kesme kuvvetine dayanım gösterebilecek donatım düzeni ise, Şekil 4.6'da görülmektedir. Bu yöntemde kesme kuvveti etkisinin şiddetli olduğu durumlarda başvurulur. Bu yöntem yukarıda anlatılan birinci ve ikinci yöntemlerin bir arada kullanıldığı bir yöntem olmaktadır.

/

Şekil 4.6 Kesme kuvveti için etkili bir donatı düzeni

4.4 Sürekli Kirişlerde Donatım

Yukarıda gösterilmiş çekme donatısının sürekli kirişlerin hangi bölümlerine yerleştirilmesi gerektiğini gösteren Şekil 4.2(b) aynı zamanda olağan bir sürekli kirişin kesme etkisine karşı nasıl donatılması gerektiğine de açıklık getirmektedir. Şekil 4.7'de sürekli kirişin donatı düzeni, Şekil 4.2 temel alınarak gösterilmektedir.

/

Şekil 4.7 Sürekli kiriş için etkili bir donatı düzeni

Şekil 4.7, sadece eğilmeye maruz sürekli kirişin, nasıl donatılması gerektiğini göstermektedir. Şekil 4.7'de görülmekte olan küçük harfler donatının konumunu göstermektedir. Örneğin d çubuğu A mesnedinin yukarısında yerleşmiş olan ve bir ankraj görevi üstlenen çubuktur. Bu çubuk kesme kuvvetini almak için A mesnet bölgesini geçtikten sonra bükülmüş olup AB kirişinin alt kısmına doğru düz olarak uzatılmış ve eğilme etkisinden doğacak çekme tesirini alacaktır. Yine aynı mantık ile

bütün sürekli kirişlerde olduğu gibi mesnet bölgelerinde bükülecek ve açıklık bölgelerinde aşağıya doğru düz olarak uzatılması gerekecektir. Buradan aşağıdaki sonuca varılmaktadır.

Sürekli kirişin donatı düzeninde hem mesnetlerde bükülmüş olan donatı çubuğunun (pilye) yerleştirilmiş olması, hem de sık olan düşey donatılarla (etriyelerle) sarılmış olması, sürekli kirişin yüklere karşı davranışı açısından uygun bir donatı düzenleme şekli olmaktadır.

4.5 Eğilme ve Kesme Gerilmelerinin Karşılaştırılması

İnşaat mühendisi, herhangi bir yapıyı projelendirirken pek tabiidir ki betonarme kesit hesabı yapmalıdır. Bu kesit hesabı sonucu, kesitin ihtiyaç duyacağı donatıyı seçecek ve sadece seçmekle kalmayıp, donatıların kesit içerisinde hangi konumda bulunması gerektiğine de karar verecektir. İşte donatıların konumu hakkında karar verilirken eğilme ve kesme etkilerinin ne gibi tesirleri olacağı ve ne gibi deformasyona sebebiyet vereceği bilinmelidir. Herhangi bir yapı elemanında eğilme momentinin en üst düzeyde olduğu zaman kesme kuvvetinin etkisi çok düşük düzeyde olacağı bilinmektedir ya da tam tersi durumlar olabilmektedir. Örnek olarak bir kiriş elemanını ele alsak bunun mesnet bölgesinde ki kesitte kesme kuvvetinin maksimum ve açıklık bölgesinde ki kesitte eğilme momentinin maksimum ve kesme kuvvetinin minimum olacağı bilinmektedir. İşte bu durum Şekil 4.7'in donatı detaylandırma sebebini açıklamaktadır. Bu şekilde kesme kuvvetinin, çekme etkisinin maksimum olduğu mesnet bölgesinde donatının bükülerek ve açıklıkta yani çekme etkisinin maksimum olduğu yerde donatı çubuğunun bükülmeden düz olarak uzatılmasının iyi bir ekonomi sağlandığı tartışmasız ortadadır. Böylelikle tek hamlede (aynı donatı çubuğu ile) aynı elemanın farklı bölgelerinde ki farklı karakterdeki kesit tesirlerine (eğilme momenti ve kesme kuvveti etkisine) cevap verilebilmektedir (Barker, 1967).

4.6 Basınç Donatıları

Kolonlar her kattan düşey yükleri toplayarak temele iletirler ve bu nedenle yapının bir esas taşıyıcı elemanlarıdır. Bu elemanlarda meydana gelebilecek herhangi bir hasar çoğunlukla yapının tümünü etkiler. Kesitleri genellikle dikdörtgen olup, düşey

doğrultuda boyuna donatıları mevcuttur. Bunun yanında boyuna donatıları saran yatay düzlemde yerleştirilen enine donatılar mevcuttur.

Kolonlar kendilerine gelen yükleri temeller yoluyla zemine iletirler. Zeminin taşıma gücü, betona göre küçük olduğu için kolon kesitinin genişletilmesiyle temel oluşturulur. Planda kare şeklinde olan ve ayırık olarak bulunan temeller birbirlerine iki doğrultuda bağ kirişleriyle bağlanırlar. Zemin, yapıya göre daha çok belirsizlikler içerdiği için temellerin düzenlenmesi büyük önem taşır. Bu konuda yapılacak bir dikkatsizlik taşıyıcı sistemin tümünde veya önemli bir bölümünde hasar oluşmasına neden olur. Kolon ve temellerle ilgili olarak standartlar çerçevesinde uyulması gereken konular ileri de ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Basınç donatıları kolon içerisine yerleştirilmektedir. Kolon içinde donatı bulunması, kesitin ekonomik hale getirilmesini sağlamaktadır. Boyuna yerleştirilmiş çelik donatı çubuğu kesitin basınç etkisini taşımasına yardımcı olmaktadır. Böylelikle aynı yük altında basınca çalışan yapı elemanı kesitinin, donatı miktarında değişme yaparak değiştirilebileceği sonucuna varılmaktadır.

Basınç etkisi altındaki kolonun deformasyon hali Şekil 4.8’de görülebilmektedir. Aynı durum, silginin başparmakla işaret parmağı arasına getirilip sıkıştırılması suretiyle elde edilebilir. Kolonun fıçı şeklini alarak deforme olmasının önüne geçilebilmesi için kolonun yatay etriyelerle sarılmasının gerekliliği ortadadır. Bu durum ise Şekil 4.8(b)’de görülmektedir.

/

Şekil 4.8 Kolon elemanın basınç altındaki şekil değiştirmesi ve donatı düzeni

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi bir kiriş iki kolona mesnetlendirilmiş ve kirişe de tekil bir kuvvet etki etmiş durumdadır. Bu durumda kolon ve kirişin deformasyon

eğrisinin, kesikli çizgilerle gösterildiği gibi olduğu bilinmektedir. Böylelikle çok sıradışı olmayan bu halde kolonların iç liflerindeki donatıların basınca çalışacağı dış liflerinde bulunan donatıların çekmeye çalışacağı aşıkardır.

/

Şekil 4.9 Yük altındaki çerçevenin deformasyon hali

4.7 Donatı Detyalandırılmasında Özet Bilgiler

1. Çelik ve beton malzemenin herikiside detay bilgisi gerektirmektedir.
2. Betonun çekmeye olan dayanımı ihmal edilir (TS 500,2000)
3. Betonun görevleri aşağıdaki gibidir.
 - a) Basıncı karşılamak
 - b) Donatıyı istendiği konumda tutmak
 - c) Donatıyı korozyondan ve yangın etkisinden korumak
4. Çekme çubuğu yapıda çatlaması mümkün olan her yere yerleştirilmelidir.
5. Birçok yapıda eğilme momentinin maksimum olduğu kesitlerde, kesme kuvveti minimum değeri almaktadır.
6. Kesme kuvvetinin doğurduğu etki betonun yanı sıra
 - a) Etriyelerle
 - b) Plyelerle (bükülmüş donatı çubuklarıyla)
 - c) İkisinin beraber kullanılmasıyla karşılanabilir.
7. Basınca çalışan boyuna donatıların burkulmasını önlemek amacıyla kolonun enine etriyelerle sarılması gerekmektedir.

4. DONATI DÜZENLEME TEORİSİ

Betonarme yapı elemanlarında betonun basınca, çeliğin ise çekmeye çalıştığı bütün betonarme kitaplarında temel olarak verilen bir bilgidir. Betonarme yapılarda, bu çok basit görünen temel bilgi, donatı düzenleme kurallarının ilk basamağını teşkil etmektedir.

İnşaat mühendisi, yapının kesit tesirlerini hesaplamalı, iyi bir betonarme bilgisi ile yapı elemanlarını ekonomik, güvenli olarak boyutlandırmalı ve donatmalıdır. Statik ve betonarme hesapların inceden inceye en iyi yaklaşımlarla yapılması gereklidir ama yeterli değildir. Bir yapı hesaplandığı gibi değil uygulandığı gibi davranmaktadır. Bu nedenle yapılarda donatı detaylandırılmasına çok büyük özen gösterilmelidir. Uzun hesaplar sonucu elde edilen donatı kesit alanını sağlayacak donatının, dikkatsizce betonarme kesite yerleştirilmesi, istenmeyen bir durumdur. O halde, inşaat mühendisi sadece hesap yapmamalı, aynı zamanda elde ettiği sonuçları şantiyede en kolay ve en sağlıklı şekilde uygulanabilmesini de sağlayabilmelidir. Bunun içinde yeterli donatı detaylandırma ve davranış bilgisine sahip olması gerekmektedir. Donatı detaylandırılmasının mükemmel yapılabilmesi için, davranış bilgisinin önemi büyüktür. Bu noktadan hareketle, donatı düzenleme ilkelerinin önemi ve davranış bilgisi, ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenecektir (Altan, 2001).

4.1 Betonun Donatılmasının Amaçları

1. Eğilme ve çekme etkisinde kalan yapı elemanlarında donatı, çekme kuvvetlerini almak için betona yerleştirilmektedir. Bu husus betonarmenin basınç bölgelerinde donatı kullanılmayacağı anlamına gelmez.
2. Donatı kullanımı, sıcaklık değişimi, rötre gibi etkilerden oluşan çatlak genişliklerinin sınırlı tutmak için gereklidir.
3. Kolonlarda donatı, basınç kuvveti ile zorlanan betonun taşıma kapasitesini artırmaktadır. Narin kolonlarda burkulmaya karşı emniyeti sağlamaktadır.

4. Basınç donatısı olarak betonun sünme ve rötre şekil değiştirmesini azaltmaktadır.
5. Yüksek basınç gerilmeleri etkisi altında olan betonarme elemanlarda, yarılmalara karşı enine donatı ve fret donatısı kullanılmaktadır. Enine donatı, betonun sünekliliğinin artmasını sağlamaktadır.

Betonarme bir taşıyıcının en uygun şekilde davranabilmesi için, teorik olarak donatının gerilme yörüngelerine paralel olarak yerleştirilmesi gerekirse de genellikle uygulama kolaylıkları nedeni ile donatı gerilme yörüngelerinden sapmaktadır.

Nitekim ilk çağlarda, çeliğin yapıda kullanılacak şekilde gelişmemiş olması, ahşabın yangın ve çürüme tesirleriyle uzun ömürlü olmaması inşaatçıları yalnız basınç tesirleri olan formlara yöneltilmiş bu suretle bir açıklığı geçmek için, kemer, kubbe gibi sistemler kullanılmasına yol açmıştır. Bu sistemlerde taş ve tuğla rahatlıkla kullanılmıştır. Çimentonun bulunmasından sonra, yalnız basınca çalışan beton, çekmeye çalışan çeliğin, her birinin kendi alanında olmak üzere iş birliği yaptığı betonarme kavramı meydana gelmiştir. Burada basınç gerilmeleri, beton, çekme gerilmeleri de çelik tarafından karşılanmaktadır.

Çelik ve betondan birleşik bir taşıyıcı elemanın meydana gelmesi aşağıda görülen ve her iki malzemenin özellikleriyle sağlanmıştır.

1. Beton, katılaştıktan sonra, çeliğe sıkıca yapışır.
2. Beton, çeliği yeterli bir kalınlıkta sardığı takdirde, onu pasa karşı korur.
3. Çelik ve betonun uzama ve kısalma katsayıları birbirine çok yakındır. Bu değer, beton için 10×10^{-6} , çelik için, 12×10^{-6} 'dır.

Betonarme bir taşıyıcıya donatı yerleştirilirken betonarme hesabın yanı sıra konstrüktif kurallara da uyulması gerekmektedir. TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) ülkemizde yapılacak betonarme yapılar için gerekli konstrüktif kuralları içermektedir (Altan, 2001).

4.2 Betonarme Yapı Elemanlarında Çekme Etkisi

İyi bir projecinin mükemmel bir donatı düzenleme bilgisine sahip olması gerekmektedir. Yapının yükler altında nasıl deformasyon yaptığını ve nasıl davrandığını bilen projeci, bu duruma karşı önlemini donatı düzenleme bilgisiyle alacaktır.

Betonarme yapılarda donatı düzenleme teorisinin ilk başlangıcı olarak Şekil 4.1'i ele alalım. Şekil 4.1'de basit bir döşeme görülmektedir.

/

.

Şekil 4.1 Döşeme alt lifindeki çekme etkisi ve teorik donatı düzeni

Şekil 4.1 betonarme için çok basit bir kural gibi görülebilir. Ancak genel anlamda betonarmede, bütün donatı düzenleme ilkelerinin temelini oluşturmaktadır.

Döşemeye etkimekte olan yük, döşemenin alt liflerini yırtmaya çalışacaktır. Bu durum iki parmağın arasına alınan silgiye başparmakla eğmeye çalışmak şeklinde örnek verilebilir. Silginin üst yüzeyi uygulanan basınç dolayısıyla kısaltmaya alt kısmı ise çekme etkisi altında uzamaya çalışacaktır. Bu durumda da silginin alt kısmından yırtılacağı aşîkardır.

Betona da aynı mantık ile yaklaşırsak, betonun çekmeye çalışamayacağı nedeniyle, çekme olması muhtemel olan bölgeye çelik yerleştirmek gerekecektir. Yerleştirilecek olan çeliğin yeterli pas payında olması, çeliği korozyon ve yangından koruması için büyük önem taşımaktadır.

Projeci, döşemeye gelen yükten dolayı gelen çekme kuvvetini hesaplar ve bu çekme kuvvetini karşılayabilecek çelik çubuğuna karar verir, daha sonra donatının düzenlenmesi aşamasına gelir. Şekil 4.1(b) döşeme alt lifindeki çekme etkisine karşılık donatının nasıl yerleştirildiğini göstermektedir.

Kirişler, döşemelere mesnet oluştururlar ve tek boyutlu taşıyıcı elemanlardır. Genellikle açıklıklarında pozitif ve mesnetlerinde negatif eğilme momenti meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak bu kesitlerde çekme gerilmelerini alacak ana donatılar, açıklıkta alt tarafta, mesnette ise üst tarafta bulunmaktadır.

Boyuna donatılar haricinde, bunlara dik olarak yerleştirilen enine etriyeler de bulunmalıdır. Etriyeler kirişlerin dayanımına katkıda bulunmakta, aynı zamanda ana donatılarla bir kafes oluşturarak kalıp içine kolayca yerleşmelerini sağlamaktadırlar.

Şekil 4.2'(a) da sürekli bir kirişin yükler altında nasıl bir deformasyona uğrayacağı görülmektedir. Şekilde ki elemanda, mesnet bölgelerinde asal çekmenin kirişin üst

lifinde; yüklerin tatbik edildiği noktalarda ise, asal çekmenin kirişin alt lifinde oluştuğu görülmektedir. Asal çekmenin bulunduğu yerde donatı çubuğunun gerekliliği hatırlanırsa, kirişin donatı düzeni Şekil 4.2(b)'de görüldüğü gibi olmalıdır.

/

Şekil 4.2(a) Sürekli kirişin yük altındaki deformasyonu

/

Şekil 4.2(b) Sürekli kirişe ait teorik donatı düzeni

İstinat duvarlarında da aynı durum gözlenebilmektedir. Toprak basıncından dolayı düşeyde ki eleman dışarıya doğru eğilmeye çalışacak, yataydaki eleman ise yukarıya doğru eğilmeye çalışacağı bilinmektedir. Bu eğilme durumu Şekil 4.3(a)'da görülmektedir. Buna göre düşey elemanın toprağa yakın kısmında çekme olacağından o bölgeye donatı gerekecektir. Aynı şekilde yatay elemanın alt kısmında çekme olacağından o bölgede donatı kullanmak uygun olacaktır. Donatı düzenlenme durumu Şekil 4.3(b)'de görülmektedir.

/

Şekil 4.3 İstinat duvarının yük altındaki deformasyonu ve teorik donatı düzeni

Özetle herhangi bir yapı elemanına, doğru donatının yerleştirilebilmesi için bu yapı elemanının, kendisine etki edebilecek olası yüklemeler etkisinde (zati ağırlık,

hareketli yükler, ısı değişimi, vb), şekil değiştirme durumunun bilinmesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle, taşıyıcı sistemde özellikle betonun çatlamış konumu için kuvvet akışının bilinmesi gereklidir. Şekil değiştirme durumunun bilinmesiyle proje mühendisi donatının yerini tespit etmiş olur. Yukarıda belirtilen şekillerin diğer gösterimi Şekil 4.4'te yapılmaktadır. Şekil 4.4'te farklı yüklemeler altında, kiriş elemanın deformasyon şekilleri ve teorik donatı yerleri gösterilmektedir (Altan, 2001).

/

Şekil 4.4 Kiriş elemanına ait farklı deformasyon halleri ve teorik donatı yerleri

4.3 Betonarme Yapı Elemanlarında Kesme Donatısı

Çekme donatısı bölümünde eğilme momenti etkisi altında incelenen kiriş örneği, bu defa kesme kuvveti etkisi altında incelenecektir. Kirişin kesme kuvveti etkisi altındaki deformasyon hali Şekil 4.5(a)'da görülebilmektedir. Tekil yük kirişi aşağıya doğru iterken mesnetlerdeki tepki kuvveti kirişi yukarıya doğru kaldırmaya çalışacaktır. Bu durumda muhtemel çatlakların oluşacağı düzlemlerde kesme kuvveti oluşacaktır. Eğilme momentlerine karşı donatılması gereken kiriş elemanı, aynı zamanda kesmeye karşı da dayanıma sahip olmalıdır. Bu dayanım 3 yol ile sağlanabilmektedir. Birinci yol Şekil 4.5(b)'de görüldüğü üzere kiriş ortasında devam eden ve mesnet bölgelerine yaklaşıırken yukarıya doğru bükülmüş bir donatı yerleşim tarzıdır. Şekil 4.5(a)'da görülen olası çatlak düzlemine dik doğrultuda yerleştirilmiş bir donatı düzenleme şekli uygun bir donatı şekli olacaktır.

/

Şekil 4.5 Kesme donatısının düzenlenme biçimi

İkinci yöntemde ise altta düz olarak uzatılmış olan donatı mesnet bölgelerine doğru kırılmayacak ancak kirişe gelen kesme etkisi kirişin düşey düzlemine paralel olarak yerleştirilmiş düşey donatılar (etriyeler) ile sağlanmış olacaktır. Kirişin üst kısmında bulunan üst düz donatıları, düşeyde yerleştirilmiş etriyeleri doğru konumda tutmak için gerekecektir. Bu üst düz olarak yerleştirilmiş donatılara montaj donatısı adı verilmektedir.

Kesme kuvvetine dayanım gösterebilecek donatım düzeni ise, Şekil 4.6’da görülmektedir. Bu yöntemde kesme kuvveti etkisinin şiddetli olduğu durumlarda başvurulur. Bu yöntem yukarıda anlatılan birinci ve ikinci yöntemlerin bir arada kullanıldığı bir yöntem olmaktadır.

/

Şekil 4.6 Kesme kuvveti için etkili bir donatı düzeni

4.4 Sürekli Kirişlerde Donatım

Yukarıda gösterilmiş çekme donatısının sürekli kirişlerin hangi bölümlerine yerleştirilmesi gerektiğini gösteren Şekil 4.2(b) aynı zamanda olağan bir sürekli kirişin kesme etkisine karşı nasıl donatılması gerektiğine de açıklık getirmektedir. Şekil 4.7’de sürekli kirişin donatı düzeni, Şekil 4.2 temel alınarak gösterilmektedir.

/

Şekil 4.7 Sürekli kiriş için etkili bir donatı düzeni

Şekil 4.7, sadece eğilmeye maruz sürekli kirişin, nasıl donatılması gerektiğini göstermektedir. Şekil 4.7’de görülmekte olan küçük harfler donatının konumunu göstermektedir. Örneğin d çubuğu A mesnedinin yukarısında yerleşmiş olan ve bir ankraj görevi üstlenen çubuktur. Bu çubuk kesme kuvvetini almak için A mesnet bölgesini geçtikten sonra bükülmüş olup AB kirişinin alt kısmına doğru düz olarak uzatılmış ve eğilme etkisinden doğacak çekme tesirini alacaktır. Yine aynı mantık ile

bütün sürekli kirişlerde olduğu gibi mesnet bölgelerinde bükülecek ve açıklık bölgelerinde aşağıya doğru düz olarak uzatılması gerekecektir. Buradan aşağıdaki sonuca varılmaktadır.

Sürekli kirişin donatı düzeninde hem mesnetlerde bükülmüş olan donatı çubuğunun (pilye) yerleştirilmiş olması, hem de sık olan düşey donatılarla (etriyelerle) sarılmış olması, sürekli kirişin yüklere karşı davranışı açısından uygun bir donatı düzenleme şekli olmaktadır.

4.5 Eğilme ve Kesme Gerilmelerinin Karşılaştırılması

İnşaat mühendisi, herhangi bir yapıyı projelendirirken pek tabiidir ki betonarme kesit hesabı yapmalıdır. Bu kesit hesabı sonucu, kesitin ihtiyaç duyacağı donatıyı seçecek ve sadece seçmekle kalmayıp, donatıların kesit içerisinde hangi konumda bulunması gerektiğine de karar verecektir. İşte donatıların konumu hakkında karar verilirken eğilme ve kesme etkilerinin ne gibi tesirleri olacağı ve ne gibi deformasyona sebebiyet vereceği bilinmelidir. Herhangi bir yapı elemanında eğilme momentinin en üst düzeyde olduğu zaman kesme kuvvetinin etkisi çok düşük düzeyde olacağı bilinmektedir ya da tam tersi durumlar olabilmektedir. Örnek olarak bir kiriş elemanını ele alsak bunun mesnet bölgesinde ki kesitte kesme kuvvetinin maksimum ve açıklık bölgesinde ki kesitte eğilme momentinin maksimum ve kesme kuvvetinin minimum olacağı bilinmektedir. İşte bu durum Şekil 4.7'in donatı detaylandırma sebebini açıklamaktadır. Bu şekilde kesme kuvvetinin, çekme etkisinin maksimum olduğu mesnet bölgesinde donatının bükülerek ve açıklıkta yani çekme etkisinin maksimum olduğu yerde donatı çubuğunun bükülmeden düz olarak uzatılmasının iyi bir ekonomi sağlandığı tartışmasız ortadadır. Böylelikle tek hamlede (aynı donatı çubuğu ile) aynı elemanın farklı bölgelerinde ki farklı karakterdeki kesit tesirlerine (eğilme momenti ve kesme kuvveti etkisine) cevap verilebilmektedir (Barker, 1967).

4.6 Basınç Donatıları

Kolonlar her kattan düşey yükleri toplayarak temele iletirler ve bu nedenle yapının bir esas taşıyıcı elemanlarıdır. Bu elemanlarda meydana gelebilecek herhangi bir hasar çoğunlukla yapının tümünü etkiler. Kesitleri genellikle dikdörtgen olup, düşey

doğrultuda boyuna donatıları mevcuttur. Bunun yanında boyuna donatıları saran yatay düzlemde yerleştirilen enine donatılar mevcuttur.

Kolonlar kendilerine gelen yükleri temeller yoluyla zemine iletirler. Zeminin taşıma gücü, betona göre küçük olduğu için kolon kesitinin genişletilmesiyle temel oluşturulur. Planda kare şeklinde olan ve ayırık olarak bulunan temeller birbirlerine iki doğrultuda bağ kirişleriyle bağlanırlar. Zemin, yapıya göre daha çok belirsizlikler içerdiği için temellerin düzenlenmesi büyük önem taşır. Bu konuda yapılacak bir dikkatsizlik taşıyıcı sistemin tümünde veya önemli bir bölümünde hasar oluşmasına neden olur. Kolon ve temellerle ilgili olarak standartlar çerçevesinde uyulması gereken konular ileri de ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Basınç donatıları kolon içerisine yerleştirilmektedir. Kolon içinde donatı bulunması, kesitin ekonomik hale getirilmesini sağlamaktadır. Boyuna yerleştirilmiş çelik donatı çubuğu kesitin basınç etkisini taşımasına yardımcı olmaktadır. Böylelikle aynı yük altında basınca çalışan yapı elemanı kesitinin, donatı miktarında değişme yaparak değiştirilebileceği sonucuna varılmaktadır.

Basınç etkisi altındaki kolonun deformasyon hali Şekil 4.8’de görülebilmektedir. Aynı durum, silginin başparmakla işaret parmağı arasına getirilip sıkıştırılması suretiyle elde edilebilir. Kolonun fıçı şeklini alarak deforme olmasının önüne geçilebilmesi için kolonun yatay etriyelerle sarılmasının gerekliliği ortadadır. Bu durum ise Şekil 4.8(b)’de görülmektedir.

/

Şekil 4.8 Kolon elemanın basınç altındaki şekil değiştirmesi ve donatı düzeni

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi bir kiriş iki kolona mesnetlendirilmiş ve kirişe de tekil bir kuvvet etki etmiş durumdadır. Bu durumda kolon ve kirişin deformasyon

eğrisinin, kesikli çizgilerle gösterildiği gibi olduğu bilinmektedir. Böylelikle çok sıradışı olmayan bu halde kolonların iç liflerindeki donatıların basınca çalışacağı dış liflerinde bulunan donatıların çekmeye çalışacağı aşıkardır.

/

Şekil 4.9 Yük altındaki çerçevenin deformasyon hali

4.7 Donatı Detyalandırılmasında Özet Bilgiler

1. Çelik ve beton malzemenin herikiside detay bilgisi gerektirmektedir.
2. Betonun çekmeye olan dayanımı ihmal edilir (TS 500,2000)
3. Betonun görevleri aşağıdaki gibidir.
 - a) Basıncı karşılamak
 - b) Donatıyı istendiği konumda tutmak
 - c) Donatıyı korozyondan ve yangın etkisinden korumak
4. Çekme çubuğu yapıda çatlaması mümkün olan her yere yerleştirilmelidir.
5. Birçok yapıda eğilme momentinin maksimum olduğu kesitlerde, kesme kuvveti minimum değeri almaktadır.
6. Kesme kuvvetinin doğurduğu etki betonun yanı sıra
 - a) Etriyelerle
 - b) Plyelerle (bükülmüş donatı çubuklarıyla)
 - c) İkisinin beraber kullanılmasıyla karşılanabilir.
7. Basınca çalışan boyuna donatıların burkulmasını önlemek amacıyla kolonun enine etriyelerle sarılması gerekmektedir.

5. DONATI DÜZENİNE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER

5.1 Donatı Çelikleri

Betonarme yapı elemanlarında donatı, yapılardaki çekme gerilmelerini karşılamaktadır. Betonarme donatıları imalat şekline göre, sıcakta haddelenmiş çelik ve soğukta işlem görmüş çelik olarak iki ayrı şekilde ele alınabilmektedir. Soğukta işlem görmüş donatı çeliklerine kaynak yapılmaz. Kaynak yapılacak doğal sertlikteki donatı çeliklerinde ise TS 708’de tanımlanan karbon eşdeğeri 0.4 değerini geçmemesi gerekmektedir. Doğal sertlikteki çeliklerin birleşimlerdeki maddeler kontrol edilerek ve sıcakta haddelenerek, istenilen özelliklere sahip olması sağlanmaktadır. İkinci tür olan soğukta işlenmiş çelikler ise, birinciye göre çok daha düşük sıcaklıklarda burularak özelliklerinin arzu edilen seviyeye gelmesi sağlanmaktadır. İkinci tür işlem birinciye göre daha kolay yapılabildiği için uygulama alanı daha fazladır. Soğukta şekil verilmiş çeliklerde belirgin bir akma sahanlığının bulunmaması yanında, kopma uzaması da düşük olmaktadır. Doğal sertlikteki çeliğin kimyasal bileşiminde karbon, nikel, silisyum, manganez, krom ve vanadyum oranları ayarlanarak, istenilen kalite elde edilmektedir. Doğal sertlikteki çelikler düşük sıcaklıkta çekilip burularak imal edilmektedir. Çeliğin dayanımı soğukta işlemle artırılmaktadır.

Çeliğin σ - ϵ ilişkisi ise, elastoplastik varsayılmaktadır. Bunun için donatı çeliği akma gerilmesine ulaşıncaya kadar doğrusal-elastik, bu noktadan sonra plastik bir malzeme gibi davranacaktır. Genelde çeliğin (σ - ϵ) eğrisinin iki doğrudan oluştuğu varsayılmaktadır. Bu varsayımla, çeliğin pekleşmeden sonra kazandığı dayanım ihmal edilmiş olmaktadır.

Beton donatısı olarak kullanılacak çelikler TS 708’e uygun olmalıdır. Çeşitli donatı sınıflarının TS 708’de verilen mekanik özelliklerinden bazıları Tablo 5.1’de gösterilmektedir. Betonarme donatısı olarak kullanılan çeliğin en önemli özelliği akma ve kopma dayanımı ile, kopma birim uzamasıdır. Çeliğin sınıflandırılması,

minimum akma dayanımına ve imalat şekline göre yapılmaktadır. Donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s=2 \times 10^5$ Mpa'dır.

Tablo 5.1 TS 708'e göre donatı çeliklerinin mekanik özellikleri

Mekanik özellikler	Donatı çubukları			Hasır donatı		
	Doğal Sertlikte			Soğukta işlem görmüş		
	S 220a	S 220a	S 500a	S 420 b	S 500 bs	S 500 bk
Minimum akma dayanımı f_{yk} (Mpa)	220	420	500	420	500	500
Minimum kopma dayanımı f_{su} (Mpa)	340	500	550	550	550	550
$\varnothing \leq 32$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%)	18	12	12	10	8	5
$32 < \varnothing \leq 50$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%)	18	10	10	10	8	5

Donatı çubukları genellikle 12 m, büyük çaplarda ise 10 m boyunda imal edilmektedir. Türkiye'de kullanılmakta olan en yaygın donatı tipi nervürlü yuvarlak kesitli donatı tipidir. Şekil 5.1'de aderansı artırılmış donatı çeliklerine örnekler gösterilmektedir.

/

Şekil 5.1 Aderansı artırılmış donatı çelikleri

Bu tür donatı çeliklerine daha çok örnek verilebilmektedir. Donatıların nasıl işlem gördükleri de burada belirtilmektedir.

Şekil 5.1’de gösterilmekte olan donatı çubuklarının aderansı artırılmıştır. Ek A’da aderansı artırılmış daha değişik donatı şekilleri gösterilmektedir.

Şekil 5.1’de görülmekte olan donatı çelikleri, yumuşak çelikten yapılmış olup, soğukta ve sıcakta işlem görmüşlerdir. Çeliğin soğukta işlem görmüş olması, yumuşak çeliğe göre emniyet gerilmesinin %50 artmasını sağlamaktadır.

5.1.1 Yüksek Dayanımlı Donatılar

Yüksek dayanımlı donatılar kullanılarak kesitler küçülürse, kirişlerde sehimler daha büyük olmaktadır.

5.1.1.1 Yüksek Dayanımlı Donatıların Avantajları

1. Bu tür çelik donatılarının emniyet gerilmelerinin daha yüksek olması kesitte daha az donatı kullanımını sağlamaktadır.
2. Bu tür çelik donatıları deforme olduktan sonra düz yumuşak çeliğe göre yüksek aderans karakterine sahip olmaktadır.

5.1.1.2 Yüksek Dayanımlı Donatıların Dezavantajları

1. Çelik donatıların yüksek emniyet gerilmesine sahip olması, yüksek kalitede beton kullanma zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Bu zorunluluk ise iyi bir denetim ile sağlanabilmektedir.
2. Bu tür çubuklar yüksek akma dayanımına sahip oldukları için işlenebilirlikleri, diğer yumuşak çeliklere göre daha zordur. Dolayısıyla işçilik maliyeti artmaktadır.

5.1.2 Donatı Çubuklarında Ekonomi Sağlanması

Betonarme yapılarda, donatıların boyutlarının ve uzunluklarının dikkatlice ayarlanması ekonomi sağlanmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Genel olarak, donatı boyutlarının ve uzunluklarının küçük tutulması hem yüklemelerde hem işçilikte hem de depolama da tasarruf sağlamaktadır. Donatı yerleştirilmesinde fireyi en aza indirmek için tasarım esnasında, üretilen en uzun donatı boylarının kullanılmasına dikkat edilmelidir. Standart boyda üretilen donatı boyundan farklı boyda donatı kullanılması gerektiğinde; boyu farklı olan donatının fiyatında, nakliye fiyat farkı ve depolamadaki ek masraflar da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durumlar ayrıca düşünülerek maksimum ekonomi sağlanma yoluna gidilmelidir.

Yapılarda ekonomi sağlamak için, demir yollarında kullanılmış eski rayların kullanımı yoluna da gidilebilmektedir. Eski rayların geri dönüşümünün sağlanması ancak büyük boyutlarda ki temellerde mümkün olabilmektedir. İçeriğinde yüksek manganez olması rayların, kıvrılmalarını zorlaştırmaktadır. Ankrajın zorunlu olduğu bölgelerde bu zorunluluğun üstesinden ancak, balık sırtı bölgelerindeki deliklerden düz donatı geçirmek suretiyle gelinebilir. (Barker, 1967)

5.1.3 Hasır Çelik

Betonarme döşemelerde çelik hasır donatı kullanılması, döşemeye demirleri teker teker yerleştirmekten çok daha pratik ve az iş gerektiren bir çözümdür.

Betonarme döşemelerde donatı yerleştirilmesini kolaylaştırabilmek için birbirine dik doğrultuda kaynaklanmış “Hasır Donatılar” kullanılabilmektedir. Hasırı oluşturan donatılar düz yüzeyli ya da nervürlü olabilmektedir. Hasırda iki dik yöndeki donatının üst üste bindiği noktalardaki bağlantı, kaynak veya özel kelepçelerle sağlanmaktadır.

Şekil 5.2’de hasır çelik donatılarının yerleştirilme biçimleri gösterilmektedir. İsteğe göre hasır çelik tabakalar düz olarak ya da eğilmiş olarak döşemelerde kullanılabilmektedir. Şekil 5.2’de iki farklı hasır çelik tabaka yerleştirme tarzı görülebilmektedir.

/

Şekil 5.2 Sürekli döşemelerde hasır çelik düzenlenmesi

5.1.3.1 Sehpa Donatıları

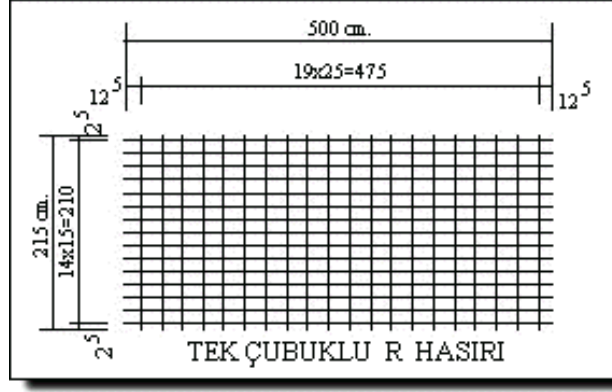
Üzerine ağır yükler etkiyen ya da yine ağır yüklerin geldiği zemine oturan döşemelerde, donatılar döşemenin hem alt yüzüne hem de üst yüzeyine yerleştirilmesi gerekmektedir. Çoğu zaman üst donatıların ve hasır çeliklerin doğru pozisyonda tutulması saha mühendisinin inisiyatifine bırakılabilirse üst donatılar için özel sehpa donatılarını tanımlamaya gerek yoktur. Ancak bazı özel durumlarda üst donatıların doğru yerinde tutulabilmesi, büyük önem taşımaktadır. İşte bu özel durumlarda sehpa donatılarının kullanılması zorunluluğu söz konusu olmaktadır. Aşağıda gösterilen sehpa donatıları, üst donatıları doğru pozisyonda tutabilmeyi amaçlamaktadır.

/

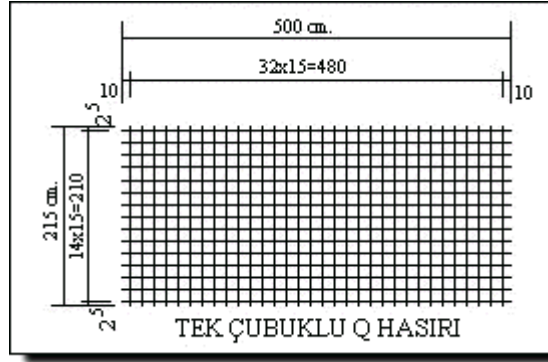
Şekil 5.3 Farklı şekillerde düzenlenmiş sehpa donatıları

Ek A’da değişik sehpa donatı türleri görülebilmektedir.

Çelik hasır, soğuk çekme yoluyla BÇ I (St 22/34) demirinden nervürlenerek imal edilen yüksek mukavemetli, inşaat çeliğidir. Çelik hasırlar, döşemelerin çalışma şekillerine göre başlıca 2 tip olarak imal edilmektedir. Tek doğrultuda çalışan döşemelerde, “R” tipi hasırlar, çift doğrultuda çalışan döşemelerde “Q” tipi hasırlar kullanılmaktadır. Şekil 5.4’te döşemenin çalışma şekline göre hasır çelik tipleri gösterilmektedir (www.demma.com, 2002)



Şekil 5.4 a Tek çubuklu R hasırı



Şekil 5.4 b Tek çubuklu Q hasırı

5.2 Donatı Yerleştirilmesi

TS 500’de donatıların yerleştirilmesi ile ilgili olarak aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir;

Çelik kullanılmadan önce kir, yağ ve yüzeyden ayrılabilen pastan temizlenmelidir. Donatının projesindeki biçimde yerine konmasına özen gösterilmeli, asal donatıyı oluşturan çekme ve basınç çubuklarının dağıtma donatısı ve etriyelerle iyice bağlanmış olması sağlanmalıdır.

Beton dökülürken, donatının yerinin değiştirilmemesi gerekmektedir. Çubukların etrafında gerekli beton tabakasının oluşturulabilmesi amacıyla, donatı askıya alınmalı ve kalıpla bunların arasına beton takozlar ve iki sıra donatı arasına çelik çubuk parçaları konulmalıdır. Beton takoz ve çelik çubuk parçaları yerine bu amaçla hazırlanmış plastik elemanlarda kullanılabilir. Etriyelerin de yan yüzünden betonla

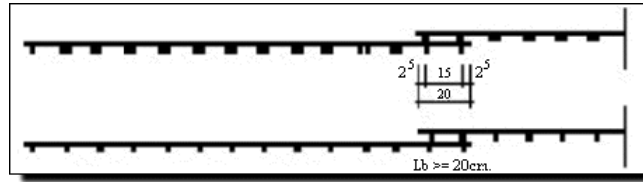
sarılmasına özellikle dikkat edilmelidir. Döşeme ve kirişlerin üst donatılarının aşağıya basılmaması için önlem alınmalıdır.

Donatının betonla iyice sarılmış olması mutlaka sağlanmalıdır.

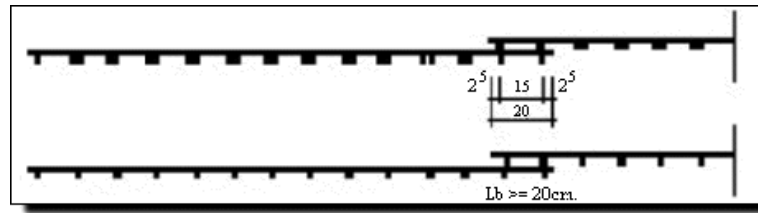
Donatısı altta bulunan bir yapı elemanı doğrudan doğruya zemin üzerine yapılacaksa, zemin türü göz önüne alınarak en az 50mm kalınlığında beton veya benzeri bir yalıtım tabakası ile örtülmelidir (TS 500, 2000).

5.2.1 Çelik Hasırın Yerleştirilmesi

Pratikte çelik hasır, taşıyıcı yönde 3 göz, tevzi yönünde 1 göz bindirme ile yerleştirilir. Şekil 5.4(a) ve (b)'de çelik hasırların bindirme payları görülmektedir.

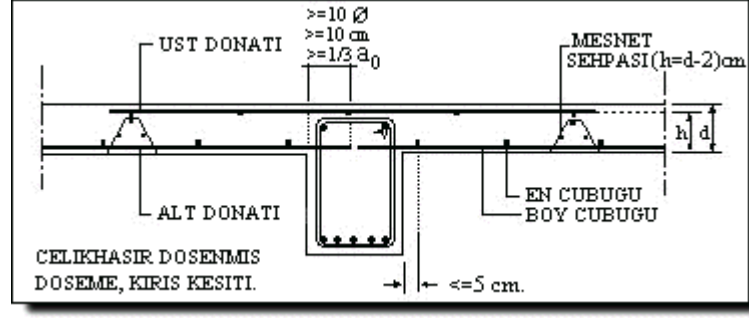


Şekil 5.5 a Q tipi hasır çeliklerde bindirme payı

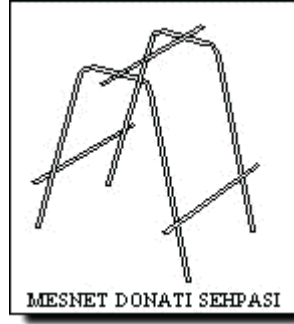


Şekil 5.5 b R tipi hasır çeliklerde bindirme payı

Çift çubuklu hasırların kenarlarında Q tiplerinde 3 göz, R tiplerinde 2 göz kenar çubuk azaltılması yapılabilmektedir. Çelik hasırların boy ve en çubuk çıkıntıları normal olarak 10 cm ve 17.5 cm olduğundan kiriş ve kolon içlerine rahatça sokulabilmektedir. Saha betonlarında, çubuk çaplarına bağlı olarak çelik hasırın en az bir veya iki göz bindirilmesi uygun olmaktadır. Şekil 5.5 a'da çelik hasır döşenmiş döşeme kesiti ve Şekil 5.5 b'de mesnet donatı sehpası görülebilmektedir. Hasır çelikler hasırlar genel olarak 2.15 m/5.00 m ölçülerindedir. Yapı malzemesi olarak çelik hasır, özellikle döşemelerde, perdelerde, istinat duvarlarında, temellerde, saha betonlarında, beton yollarda, tünel ve galerilerde, kanal ve kanaletlerde kullanılmaktadır. Bunların dışında bahçe çiti, korkuluk ve asma tavanlar içinde kullanılabilme imkanları mevcuttur (www.demma.com, 2002)



Şekil 5.6 a Çelik hasır döşenmiş döşeme kesiti



Şekil 5.6 b Mesnet donatı sehpası

Betonarme yapı elemanlarında sünekliği sağlayan donatılar, yüksek plastik şekil değiştirmeler altında bile deprem yüklerinde karşı koyabilecek kapasitede olması gerekmektedir.

Donatının gerçek akma gerilmesi f_y ile karakteristik akma gerilmesi f_{yk} arasında en çok 1.3'lük bir fark olmasına izin verilmektedir. ABYYHY'de de bu kısıtlama belirtilmektedir.

ABYYHY'nin 7.2.5.3 numaralı maddesinde bazı elemanlar hariç olmak üzere, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında S420'den daha yüksek dayanımlı donatı çeliği kullanılmasına izin verilmemektedir. Aynı zamansa kullanılan donatının, kopma birim uzamasının %10'dan az olmaması gerekmektedir. Donatı çeliğinin deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımı, ilgili çelik standardında öngörülen karakteristik akma dayanımının 1.3 katından daha fazla olmasına izin verilmemektedir. Ayrıca, deneysel olarak bulunan ortalama kopma dayanımı, yine deneysel olarak bulunan ortalama akma dayanımının 1.25 katından daha az olmasına izin verilmemektedir. Çeşitli yapı elemanları için hangi tür donatı çeliğinin izin verilmediği hususuna A.B.Y.Y.H.Y'nin 7.2.5.4 numaralı maddesinde yer verilmektedir.

Mafsallaşma ile enerji tüketilebilmesi için boyuna donatıların çok iyi ankrajlanması gerekmektedir. Donatıların yeterli aderans boyları olmalı ve donatılar çekme gerilmelerinin olmadığı bölgelerde ankraj yapılmalıdır.

Süneklik için yüksek akma dayanımlı ve birim kopma uzamalı donatılar üretilebilmektedir. Ancak bu tür donatıların aderans için nervürlü olmaları gerekmektedir.

5.2.2 Donatı Çubukları Arasında Mesafe ve Beton Örtü Tabakası Kalınlığı

Betonarme bir elemana yerleştirilecek donatının dış etkilere karşı korunması gerekmektedir. Betonarme elemanlar buhar, su, etkili gazlarla temasta ise beton, bu etkilere karşı uygun çimento seçimi, katkı maddeleri ile korunabilirse de donatının korunması ancak yeterli örtü tabakası kalınlığı ile sağlanabilmektedir.

Şekil 5.7’de beton örtü tabakası kalınlıkları a_1 , a_2 ve a_3 ile gösterilmektedir (Altan, 2001).

/

Şekil 5.7 Beton örtü kalınlığı

TS 500’e göre beton örtüsü, boyuna donatı ağırlık merkezi ile en dış beton lifi arasında kalan uzaklıktır. Net beton örtüsü ise, en dıştaki donatı dış yüzü ile en dış beton lifi arasında kalan uzaklıktır.

Nervürlü donatı kullanılması için, donatının çevresinde yeterli bir pas payı, beton et kalınlığı olmalıdır. Yoksa donatıdaki gerilmeler betonun yarılmasına yol açabilmektedir. Bu durumda donatının aderansının yitirilmesine sebep olmaktadır.

TS 500’e göre net beton örtüsü için aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir;

Donatıya gerekli aderansı sağlamak ve donatıyı dış etkenlerden korumak için gerekli net beton örtüsü değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2 Beton örtüsü kalınlıkları (TS 500, 2000)

Eleman	
Zeminle doğrudan ilişkide olan elemanlarda	$C_c \geq 50 \text{ mm}$
Hava koşullarında açık kolon ve kirişlerde	$C_c \geq 25 \text{ mm}$
Yapı içinde dış etkilere açık olmayan kolon ve kirişlerde	$C_c \geq 20 \text{ mm}$
Perde duvar ve döşemelerde	$C_c \geq 15 \text{ mm}$
Kabuk ve katlanmış plaklarda	$C_c \geq 15 \text{ mm}$

Yangının, paslanmanın ve diğer zararlı dış etkenlerin söz konusu olduğu durumlarda, beton örtüsü gerekli görüldüğü kadar artırılmalıdır. Eğer konstrüktif nedenlerle beton örtü tabakası 4cm'yi geçerse donatı ile dış yüzey arasında ince donatıdan hasır donatı yerleştirilmelidir.

Betonlama sırasında beton örtü tabakası kalınlığının sağlanabilmesi için kalıpla donatı arasına beton takozlar ve iki sıra donatı arasına çelik çubuk parçaları konulmalı veya bu amaçla hazırlanmış çeşitli plastik veya beton aparatlar kullanılmalıdır. Şekil 5.8'de beton örtü tabakası kalınlığının sağlanması için gerekli mesafe tutucular gösterilmektedir.

/

Şekil 5.8 Mesafe tutucu örnekleri

Kalıpla beton arasına gerekli kalınlıkta konulacak olan beton mesafe tutucuların, donatının ağır olması halinde kırılabileceği dikkate alınarak içinde donatı bulunan beton mesafe tutucular kullanılabilir. Sıralar arasındaki aralığı sağlamak için yuvarlak çelik çubuk parçaları kullanılabilir.

Donatısı altta bulunan bir yapı elemanı doğrudan doğruya zemin üzerine yapılırsa, zemin türü göz önüne alınarak, en az 50 mm kalınlığında beton bir tabaka

oluşturulmalıdır. İleriki konularda özel olarak her yapı elemanı için pas payı belirtilecektir. Elverişsiz çevre koşulları durumunda ve daha fazla yangın güvenliği gerektiren durumlarda bu değerler artırılmalıdır (Altan, 2001).

5.2.3 Büküm Yarıçapı

Fabrikada düz olarak üretilen çelik çubuklar şantiyede projesine uygun olarak bükülür. Büküm yarıçapı ne kadar fazla olursa, ortaya çıkacak basınç gerilmeleri de o kadar azalacaktır. Büküm noktasında çelikte iki kolda kuvvetlerin yön değiştirmesinden dolayı beton ile donatı arasında ilave basınç kuvvetleri doğar. Bu bölgede basınç gerilmelerinin betonun müsaade edilen basınç gerilmelerini aşmaması gerekmektedir. Ayrıca bükülme sırasında donatıda gözle görülmeyen kılcal çatlakların oluşmaması için de büküm yarıçapının belli bir değerden daha az olmaması istenmektedir.

TS 500'de donatıların bükülmesi ile ilgili olarak, aşağıdaki kısıtlamalar bulunmaktadır;

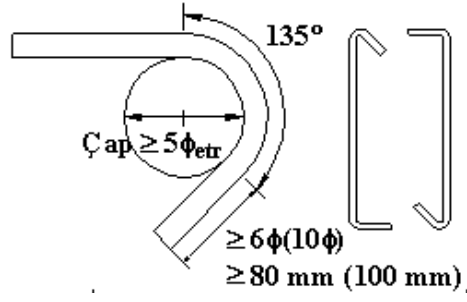
Betonarme boyuna donatısı, çapı en az 6Ø olan bir merdane etrafında ısıtılmadan bükülmelidir. Kullanılan donatı çubuğunun bükülmeye uygun olduğu TS708'e göre yapılacak bükme deneyleri ile kanıtlanmalıdır.

Bükülmüş donatının, beton döküldükten sonra açılarak doğrultulması sakıncalıdır. Bu uygulama, yalnızca zorunlu durumlarda merdane çapı en 6Ø olmak koşuluyla ve yetkili mühendisin onayıyla yapılabilmektedir.

TS 500'e göre minimum büküm çapı dm aşağıda belirtilmiştir.

- a) Boyuna donatılı kancalarda, $dm > 6\emptyset$
- b) Etriye ve çiroz kancalarında $dm > 6\emptyset$
- c) Fiyonglarda $dm > 12\emptyset$, $a > 12\emptyset$, $c > 12\emptyset$

Aşağıda da belirtileceği gibi A.B.Y.Y.H.Y'te bütün deprem bölgelerinde, süneklilik düzeyi yüksek veya süneklilik düzeyi normal olan bütün betonarme sistemlerin kolonlarında, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, perde uç bölgelerinde ve kiriş sarılma bölgelerinde kullanılan etriyeler (özel deprem etriyesi) ve çirozlar (özel deprem çirozu) için büküm çapları Şekil 5.9 a'da, kanca ve fiyonglar için geçerli olan büküm yarıçapları da Şekil 5.9 b'de gösterilmektedir. (Altan, 2001)



Şekil 5.9 a Deprem etriye ve çirozları için kanca yarıçapları

/

Şekil 5.9 b Kanca ve fiyonglarda büküm yarıçapları

5.2.4 Minimum Donatı Aralığı

Donatının betonla sarılıp, donatı ile beton arasındaki aderansı sağlamak için boyuna donatı çubukları arasındaki yatay ve düşey mesafelerin belirli koşulları sağlaması gerekmektedir. Donatı aralıklarında çeşitli sınırlandırılmalar getirilmesindeki diğer önemli bir husus ise beton dökümünde, betonun ince ve kalın malzemeler olmak üzere ayrışmasını önlemektir. Betonarme yapı elemanlarının gerçek bir betonarme davranışı gösterebilmesi için donatı aralıkları ne çok sık ne de çok seyrek olmalıdır. TS 500’de boyuna donatı aralıkları ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar belirtilmektedir.

Aynı sıradaki donatı çubukları arasındaki net aralık donatı çapından, maksimum agrega çapının 4/3’ünden ve 25mm’den daha az olmaması gerekmektedir. Bu sınırlar bindirmeli eklerin bulunduğu yerlerde de geçerlidir.

Donatının iki veya daha fazla sıra olarak yerleştirilmesi gereken durumlarda, üst sıradaki çubuklar alt sıradakilerle aynı düşey eksen üzerinde sıralanmalı ve iki sıra arasındaki net açıklık en az 25 mm veya çap kadar olmalıdır. Kolonlarda iki boyuna donatı arasındaki net uzaklık çubuk çapının 1.5 katından, en büyük agrega çapının 4/3'ünden ve 40 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. (Altan, 2001).

Şekil 5.10'da farklı donatı aralıklarında oluşan çatlama biçimleri görülmektedir (Bayülke, 2001).

/

A) Donatılar arasındaki aralık
pas payının 2 katından büyük

B) Donatılar arasındaki aralık
pas payının 2 katından küçük

Şekil 5.10 Donatı sıklığının sebep verdiği çatlamlar

5.2.5 Enine Donatılar

Diğer donatılarda olduğu gibi enine donatıların da depreme dayanıklı yapı tasarımında miktar ve yerleştirilme şekilleri oldukça büyük önem taşımaktadır.

Depreme dayanıklı yapı, taşıyıcı elemanlarında yeterli miktar, biçimde ve gereken yerlerde etriyesi olan yapıdır.

5.2.5.1 Etriyelerin Görevleri

Etriyelerin görevleri aşağıda sıralanmaktadır.

1. Kesme kuvvetinin taşınmasını sağlamaktadır. Etriyelerin ilk ve en önemli, görevi betonda oluşan kesme gerilmelerini taşımaktır. Depremde eğilme momenti etkisi altında, beton çatladıktan sonra kesme gerilmesi taşıma gücü azalmaktadır. Bu nedenle yapılan hesaplarda betonun çekme dayanımı ihmal edilmekte ve bütün kesme gerilmelerinin etriyeler tarafından taşındığı varsayımı ile etriye hesabı yapılmaktadır. Bu husus yapının deprem güvenliği açısından önemli bir husustur.
2. Boyuna donatıların burkulmasının önlenmesini sağlamaktadır. Etriyelerin diğer bir önemli görevi kolon ve kiriş boyuna donatılarda burkulmasının önlemektir.

Ancak bu durumda da, boyuna donatıların burkulmasını engelleyecek aralıklarda, etriyeler düzenlenilmelidir.

Betonarme yapı elemanlarının mafsallaşarak deprem enerjisi tüketmesi olayı sırasında kiriş ve kolondaki donatılar akma gerilmelerinin üzerinde, pekleşme gerilmesinde olmamaktadır. Pekleşme gerilmesine ulaştığı zaman boyuna donatının burkulmaması için gereken etriye aralığı 10 cm'ler civarında olmaktadır. Kolonlar için etriye aralıklarının değerleri yönetmelik çerçevesinde, kolonlar bölümünde belirtilecektir.

3. Betona yanal destek vererek basınç dayanımının artmasını sağlamaktadır. Etriyelerin diğer önemli bir görevi de betona yanal destek vererek betonun basınç dayanımını artırmaktır. Betona en iyi yanak desteği etriyeler sağlamaktadır.

Deprem etkisi altında etriyelerin etrafını saran beton kabuk dökülebilmektedir. Bu durumda pek tabiidir ki beton en kesit alanı azalmaktadır, bunun sonucu olarak da kolon düşey yükleri taşımakta zorlanmaktadır. Kolonun beton çekirdeğine yeterli bir yanal destek verilirse betonun basınç taşıma gücü artacağı bilinmektedir. Beton basınç dayanımındaki artışın oranı en kesit azalma oranına eşit ise kabuk betonunun dökülmesinin yaratacağı eksenel yük taşıma gücü azalması sorunu giderecektir. Bunun sağlanması için gereken enine donatı (etriye ve fret) yüzdesi ileride kolonlar bahsinde belirtilecektir.

4. Boyuna donatının aderansına katkı sağlamaktadır. Boyuna donatıların betona aderansına ve donatıların bindirmelerinin yapıldığı yerde sık aralıklı enine donatı olması bindirmenin etkinliğine katkıda bulunmaktadır. Eksenel yük taşıyan elemanlarda betonun yanal genleşme eğilimi etriye de çekme kuvvetleri oluşturmakta bu kuvvette boyuna donatıya baskı yapmakta ve donatı ile beton arasındaki sürtünme ile aderansa katkı yapan bir kuvvet oluşmaktadır.

5. Çoğu hallerde etriyeler yapı elemanlarının depreme dayanıklılığını artırmaktadırlar. Etriyelerin yeterli sıklıkta konulması kadar, uçlarının açılmayacak şekilde bükülmesi de büyük önem taşımaktadır. Depreme dayanıklı tipik etriye şekline aderans ve kenetleme konusunda yer verilmiştir. Etriyelerle ilgili çok önemli bir başka nokta da boyuna donatılara çok iyi bağlanmalarıdır. Beton dökülürken etriyelerin yerinden oynaması sonucu, boyuna donatıların burkulma boylarının

uzamasına neden olan ve betona yeteri kadar yanal destek verilmeyen bir enine donatı yerleştirme durumu oluşmaktadır.

5.2.5.2 Enine Donatının Aderansa Etkisi

Bu konuda Sn. Prof. Dr. Tevfik Seno Arda tarafından doktora tezi olarak hazırlanmış çalışmanın sonuçlarına aşağıda değinilecektir.

Betonarmede enine donatının kullanılması, enine donatının diğer faydalarına ek olarak, aderansı geliştirilmiş beton çeliğinin aderans kuvvetinde önemli artışlar sağlamaktadır. Aderansı geliştirilmiş çeliklerin betona aktardıkları zorların çubuk eksenine dik bileşeni boyuna çatlakların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Enine donatının olumlu etkisi bu çatlakların oluşmasını geciktirmesi ve çatlamadan sonra betonun hemen dağılmasını önlemesiyle açıklanmıştır.

Ayrıca enine donatı etkisinin boyuna donatı çapından bağımsız olduğu; eğik enine donatı kullanılmasının aderans yönünden ekonomik bir tutum olmadığı; karesel ağılı kayma donatısının ise ekonomiden büsbütün uzaklaştığı gösterilmiştir. Yüksek mukavemetli ve aderansı geliştirilmiş enine donatının kullanılması da aderans bakımından her hangi bir yarar sağlamamaktadır. Buna karşılık enine donatının boyuna donatıya kaynakla bağlanması %28 oranında bir ekonomi sağlamaktadır.

Fret veya kapalı etriye gibi sargı donatısının yerel basınç oluşturarak aderans dayanımının olumlu yönde etkilediği, yapılan deneylerle kanıtlanmıştır. Bu tür donatı, özellikle nervürlü çubukların kullanıldığı durumlarda yarılmayı önlediğinden, daha etkili olmaktadır. Sargı donatısının, gerek çekme, gerekse basınç donatısının kenetlendiği bölgelerde olabildiğince kullanılması tavsiye edilmektedir (Seno Arda, 1968).

5.2.6 Donatıların elemanlar içinde sınırlandırılması

Betonarme kesit hesapları yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, elde edilen kesitteki donatı oranının, dengeli orandan küçük olmasını sağlamaktır. Basit donatılı kesitlerde çekme donatısı ρ , çift donatılı kesitlerde $(\rho - \rho')$ oranı, dengeli donatı oranı ρ_b ’den küçük olması durumunda, “çekme kırılması”, büyük olması durumunda, ise “basınç kırılması” oluşmaktadır. Çelme kırılması sünek, basınç kırılması ise gevrek olduğu için TS 500 Denk.(5.1)’in sağlanmasını zorunlu kılmıştır.

$$(\rho - \rho') \leq 0.85 \cdot \rho_b \quad (5.1a)$$

$$\rho \leq \rho_m \quad (5.1b)$$

$$\rho \leq 0.02 \quad (5.1c)$$

Burada;

ρ , çekme donatısı oranı,

ρ' , basınç donatısı oranı,

ρ_b , dengeli donatı oranıdır.

TS 500'de öngörülen maksimum donatının amacı, sünek davranışın sağlanmasıdır. Bu tür kirişler büyük sehim yapmaktadırlar. Neticede kesit hesabı yapılırken maksimum donatı oranının geçilmesine kesinlikle izin verilmemektedir. Ancak bu donatıya yakın bir donatı bulunduğunda, sehim kontrolü yapmak gerekmektedir.

Donatı için bir de alt sınır getirilmesi gerekmektedir. Donatısı az olan kesitler, tıpkı donatısız kesitler gibi, ani ve gevrek kırılabilir. Ani ve gevrek kırılmayı önlemek için, donatılı bir kirişin taşıma gücünün, en az donatısız kirişin kırılma dayanımına (çatlama dayanımı) eşit olması gerekmektedir.

TS 500'de minimum donatı oranı için Denk.(5.2)'nin sağlanması gerekmektedir.

$$\min \rho = 0.8 \cdot f_{ctd} / f_{yd} \quad (5.2)$$

Burada,

ρ , kirişte çekme donatısı oranı,

f_{ctd} , beton tasarım eksenel çekme dayanımı,

f_{yd} , boyuna donatı tasarım akma dayanımıdır.

6. BETONARME YAPI SİSTEMLERİ

Betonarme olarak inşaatı yapılmış pek çok sayıda binaya rastlamak mümkündür. Taşıyıcı sistemi betonarme olan binalar, köprüler, istinat duvarları, tüneller, sıvı hazneleri bunlardan en çok karşılaşılanlarıdır. Betonarmenin davranışı bilinmeden amaca uygun taşıyıcı sistem geliştirmek ve kesit etkilerinin bulunması için buna bir model karşılık bulmak mümkün değildir. Betonarme taşıyıcı sistemler genellikle üç boyutlu ve çok yüksek mertebeden statikçe belirsizliğe sahiptir. Çözümleme sırasında hesap hacminin azaltılması ve önemli etkilerin, az önemliler yanında daha belirgin bir şekilde ortaya çıkması için bazı basitleştirmeler yapılır. Bu tür işlemin yapılabilmesi için betonarme elemanların davranışlarının yeterli düzeyde bilinmesi gerekir. Bu nedenlerden dolayı betonarme taşıyıcı sistemin düzenlenmesi, bir bütün olarak ele alınmalıdır. Aşağıda çeşitli betonarme yapı sistemleri tanıtılmıştır.

6.1 Çerçevesel Betonarme Yapılar

Çerçevesel betonarme yapılar, deprem enerjisinin plastik yer değiştirme yaparak tüketileceği varsayımı ile projelendirilmektedir. Bunun sonucu olarak çerçevesel yapıların elastik enerji yutma kapasitelerinin düşük olduğu başlangıçta kabul edilmiş olmaktadır. Yüksek düzeyde plastik enerji tüketme kapasitesine sahip olabilmeleri için, donatı eksenel yük ve boyut ayrıntılarına hem tasarımda hem de yapım sırasında büyük özen göstermek gerekmektedir. Çerçevesel betonarme yapılar deprem tehlikesinin az olduğu bölgelerde yapılmalıdır. Çerçevesel yapılar daha orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemlerinin hasarı nedeni ile onarımı ve güçlendirilmesi gereken yapılardır.

6.2 Perde Duvarlı Betonarme Yapılar

Elastik enerji tüketme güçleri, sadece çerçevesel olan betonarme yapılara nispeten önemli miktarda yüksektir. Plastik enerji tüketme güçleri aynı düzeyde yüksek değildir. Çerçevesel yapılara göre süneklikleri daha azdır. Hafif ve orta şiddetli depremlerde yatay yer değiştirmeleri çok sınırlıdır. İçinde değerli eşyalar saklanan,

önemli hizmetler vermesi beklenen ve insan yoğunluğunun çok fazla olduğu yapıların salt perde duvarlı olarak projelendirilmesi gerekmektedir. Deprem tehlikesinin çok olduğu yerlerde bu tür yapılar perdeli yapılmalıdır. Orta düzeyde deprem tehlikesi olan yerlerde, 20 katı aşan yapıların perde duvarlı yapılması gerekmektedir.

6.3 Perde Duvarlı-Çerçevesel Yapılar

Bu tür yapılarda yukarıda sayılan her iki taşıyıcı sistem bir arada bulunmaktadır. Az katlı perdeli-çerçevesel yapılarda deprem yatay yüklerinin büyük bir bölümü perdeler tarafından taşındığı çok katlı yapılarda ise deprem yüklerinin üst katlarda etkisinin azaldığı bilinmektedir.

/

A) Salt çerçevesel yapının yatay
kuvvetler altında ötelenmesi

B) Salt perde duvarlı yapının yatay
kuvvetler altında ötelenmesi

Şekil 6.1 Perde duvar ve çerçevesel yapıların yatay kuvvetler altında ötelenmesi

Yapılarda kat alanının bir yüzdesi olarak her iki asal yönde perde duvar bulunmalıdır. Genellikle %0,5 ile 2,5 civarında perde duvar alanı yeterli olmaktadır.

Şekil 6.1’de perde duvar ve çerçevesel yapıların yatay yükler altındaki ötelenmeleri ve Şekil 6.2’de perdeye düşen yatay kuvvet payının yapı yüksekliği ile değiştiği görülmektedir.

Perdeli-çerçevesel yapılarda perde duvarlarının yatay yük taşımadaki etkinliği temellerin ankastrelik durumuna bağlıdır. Temelde ankastrelik özelliği yeterince sağlanamamış ise perdelerin depremden aldığı yük daha da azalmaktadır. Aynı şekilde perdeyi çerçeveye bağlayan “bağ kirişleri”de ne kadar rijit ise perde duvarın yatay yüklerden alacağı pay da o kadar artmaktadır. Bu tür yapılarda perde, depreme karşı birinci savunma çizgisidir.

Şekil 6.2 Perdeye düşen yatay kuvvet payının yapı yüksekliği ile değişmesi (Bayülke, 2001)

Perde duvarlar yatay ötelenmeyi kısıtlayarak ikinci mertebeden momentlerin miktarını da kısıtlayıp kolon ve kiriş uçlarındaki mafsallaşması beklenen kesitlerin daha çok zorlanmasını önlemektedirler. Perde duvarlı çerçeveli yapılar bütün deprem bölgeleri için önerilmektedir.

Perde duvarlı çerçeveli yapılar ekonomik yapılardır. Salt çerçeveli yapılarda gereken süneklik koşullarını sağlamak kolon kiriş gibi elemanlarda donatı yerleştirme problemi ortaya çıkarmakta, ekonomik ve estetik olmayan kesitler yapılması gerekmektedir. Az miktarda da olsa perde duvarı olan çerçeveli yapılarda yapıda ise hem perdeler duvarlarda gizlenebilmekte hem de kolon ve kiriş boyutları küçülmekte ve eleman donatıları da sıkışıklığa yol açmayacak miktarlarda konulmaktadır. (Bayülke, 2001)

Başından beri belirtildiği gibi, betonarme elemanların şartnamelere uygun hesaplanmasının yanında, yapımsal kurallar olarak nitelendirilen konstrüktif kurallara da büyük önem gösterilmelidir.

İleriki bölümlerde betonarme yapı elemanlarında uyulması gerekli olan yapım kuralları üzerinde durulacaktır.

A.B.Y.Y.H.Y.'de taşıyıcı sistemler, süneklik düzeyi yüksek ve normal olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Her iki durumda kolon kesme dayanımının hesabı farklı olup, konstrüktif kurallar ve minimum değerler ileriki bölümlerde açıklanmıştır. Afet Bölgelerinde Yapılacak

Yapılar Hakkında Yönetmelik esaslarına göre betonarme taşıyıcı sistemleri özetleyen Tablo Ek B’de verilmiştir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

7. ADERANS, KENETLENME VE EKLEME BİLGİLERİ

Betonarme elemanlardan beklenen davranışın elde edilmesi, ancak donatıların uygun biçimde eklenmesi ve beton içinde yeterli biçimde kenetlenmesi ile mümkündür.

7.1 Aderans ve Kenetleme

Betonarme yapı malzemesinin gücü esas olarak donatı çubuğu ile beton arasında ki aderansın iyi olup olmayışına bağlı olmaktadır. Eğer çekme etkisi altında olan bir donatı çubuğu, beton malzemesinden sıyrılıp ayrılırsa kiriş çekmenin maksimum olduğu yerden çatlayacak ve göçme meydana gelecektir.

Küçük çapta kullanılacak olan donatı çubuklarının sayısının fazla olması nedeniyle betona olan teması büyük çaptakilere oranla çok daha fazla olmaktadır. Yarım daire şeklinde yapılan kancalardan 90^0 bükülerek vazgeçilebilir ya da aynı aderans gerilmesi yüksek aderans sağlayan özel donatı çubuklarıyla da sağlanabilir.

Aderans gerilmesi kirişlerdeki ana donatılar arasındaki aralıklara da etki etmektedir. Donatılar arasına yeterli aralığın bırakılması; aderans gerilmesinin donatı etrafındaki dağılımı açısından büyük önem taşımaktadır.

Boyuna donatıların ankrajı oldukça önemli bir husustur. Özellikle nervürlü ve yüksek dayanımlı donatıların akma gerilmesine ulaşılabilmesi için betondan sıyrılmaması gerekmektedir.

7.1.1 Aderans

Aderans (bağ kuvveti), genel anlamıyla kenetlenmeyi sağlayan beton ile donatı arasındaki bağ kuvveti olarak tanımlanabilmektedir. Betonarme elemanların en önemli özelliklerinden biri beton ve çeliğin beraber çalışacak, ve yük taşıyacak şekilde bir araya gelmesidir. Çelik çubuğu ile beton arasında herhangi bir göreceli yer değiştirmenin olmaması gerekmektedir. Aksi halde betonarme elemanın taşıma gücü azalır ve çoğu hallerde de göçme meydana gelir.

Aderans, donatının çevresini saran betona göre eksenlerine paralel olarak kaymalarına karşı gelen çelik çubukla beton arasındaki kayma gerilmeleri olmaktadır. Betonarmenin varlığı doğrudan doğruya aderansa bağlıdır. Bilindiği gibi betonarmeden beklenen davranış, çelik ile betonun beraberce yük tesirlerine karşı koyabildiği davranıştır. O halde betonarmede aderans sağlanamaz ise betonarme beklenen davranışı sergileyemeyecektir. Beton ile çelik arasındaki yük aktarımı betonarmedeki aderans sayesinde gerçekleşmektedir. Çelik ile beton arasındaki aderans sağlandığı sürece çelik ile betonun birim şekil değiştirmeleri aynı olacaktır. Aderans, beton ve çeliği genleşme katsayıları yaklaşık olarak aynı olduğu için sıcaklık değişimlerinden etkilenmemektedir. Daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi beton ve çelik beraber şekil değiştirmek zorunluğundadır. Çelik çubuğu betondan sıyrılmadan ya da başka bir deyişle çelik betondan kaymadan; aralarında bulunmakta olan gerilme transferinin gerçekleşmesi için beton ile çelik çubuğu arasındaki gerekli aderansın sağlanmış olması gerekmektedir. Bu şekilde iki malzemenin beraber çalışması yani birinin eksikliğini diğerrinin kapatması, mümkün olabilmektedir. Celep ve Kumbasar, (1998)

Beton ile donatı arasındaki aderans donatının betona kimyasal yapışma kuvveti ile beton ve donatı arasındaki sürtünme kuvvetine bağlıdır. Donatı ile beton arasındaki yüzeyin pürüzlü olmasının arada meydana gelecek sürtünme kuvvetine ve yapışmaya olumlu etkisi vardır.

Türkiye’de çok rastlanan bir hata olarak donatıların kısı açıkta geçirmesi ve sonuç olarak da beton ile donatı arasındaki aderansın sağlanamaması gösterilebilmektedir. Donatının üzerindeki pas miktarı çok az olursa donatı ile beton arasında aderansa olumlu etkisi olur. Ancak pas miktarı çok fazla olursa bu sefer yukarıda bahsedilen aderans azalması meydana gelmektedir. (Celep ve Kumbasar, 1998)

TS 500 Madde 7.1 Varsayımları arasındaki aşağıdaki madde bulunmaktadır;

Donatı çubuğu ile çevresini saran beton arasında tam aderans bulunduğu düşünülerek, donatı birim şekil değiştirmesi, aynı düzeydeki beton lifi birim şekil değiştirmesine eşit alınır. (TS 500, 2000)

Buradan da anlaşıldığı gibi beton ile donatı arasında yeterli aderansın tam olarak sağlanması, betonarme kesit hesaplarında yapılmış olan varsayımları doğruya yaklaştıracaktır.

Aderansın çubuğun düz yüzeyi ile çimento harcı arasındaki kimyasal yapışma sonucu oluştuğu düşünüldüğünde düşük zorlamaların bile bu yapışmayı çözeceği ve donatının sıyrılmaya başlayacağı beklenmektedir. Tam bu sıyrılmanın başladığı anda aderans etkisi devreye girer. Bu aderans etkisi donatı ile beton arasındaki sürtünmeden kaynaklanmaktadır. Sürtünmeden ortaya çıkacak olan aderans donatı çubuğunda ki pürüzlülüğe bağlı olmaktadır. Aderans, betonarme elemanların mukavemetlerini yüklenme durumlarıyla ilgili olarak iki ayrı şekilde etkilemektedir. Donatı çubuklarına basınç ya da çekme tesiri vererek, betondan sıyırmaya çalışan bir yük durumunda aderans, donatının ankrajını sağlamaktadır. Bu tarz bir bağlantıyı sağlayan aderans, ankraj aderansı ya da dış aderans olarak adlandırılmaktadır. Bunun yanında çekme ve eğilmeye çalışan donatı çubuklarını sıyrılmaya zorlamayan betonarme elemanlarda, aderans her iki malzemenin beraber çalışmasını sağlamaktadır. Böylelikle elemanın çatlama durumu belirlenmektedir. Bu tarz çalışmayı sağlayan aderansa iç aderans adı verilmektedir.

7.1.1.1 Kenetleme Aderansı

Donatı çubuklarına, basınç veya çekme tesirleri vererek betondan sıyırmaya çalışan bir yük durumunda, aderans donatının ankrajını sağlamaktadır. Bu şekilde bağlantıyı sağlayan aderansa “kenetleme aderansı” adı verilmektedir. Şekil 7.1’de çekip çıkarma deneyinde, çelik çubuk ile beton arasındaki gerilme aktarılması incelenmektedir.

/

Şekil 7.1 Çekip çıkarma deneyinde aderans gerilmeleri

Donatıya uygulanan küçük bir yük ile birlikte büyük gerilmelerin ortaya çıktığı ve küçük de olsa sıyrılmanın olabildiği görülmüştür. Kayma gerilmelerinin dağılımı aynı şekil üzerinde görülebilmektedir. Sıyrıma bölgesinin diğer uca erişmesiyle

çıkarma meydana gelmektedir. Beton içine yeterli uzunlukta gömülmüş olan donatıyı çekip çıkarabilmek mümkün olmayacaktır. Ancak gömülme boyu yeterli değil ise çubuk yüzeyinin geometrisine bağlı olarak çubuk sıyrılıp çıkabilmektedir. Betona gömülmüş olan çubuk boyuna “kenetlenme boyu ” denilmektedir ve bu durumda ortaya çıkmış olan aderansa da “kenetleme aderansı” adı verilmektedir. Eğer kenetlenme aderansının dayanımı yüksek ise veya çubuğun gömülme boyu yeterli düzeyde ise donatı akmaya başladığında sıyrılma olayı olmaz ya da çubuk sıyrılmadan kopabilir.

Sıyrılma ve kopmanın aynı anda olabilmesi, istenilen durumdur. Eğer donatı gerilmesi belli bir bölgede sabit olarak devam ediyorsa, bu bölgede aderans gerilmesi meydana gelmeyecektir. Daha önce yapılmış olan deneyler aderans gerilmelerinin, kenetlenme boyunca düzgün yayılmadığını ve gerçek dağılımın betonun çekme dayanımı gibi birçok değişik faktörlere bağlı olduğunu ispatlamıştır Celep ve Kumbasar (1998).

7.1.1.2 Eğilme Aderansı

Çekme veya eğilmeye çalışan ve donatı çubuklarını sıyrılmaya zorlamayan herhangi bir betonarme elemanda, aderans her iki malzemenin birlikte çalışmalarını sağlar ve böylece elemanın çatlama durumunu tayin eder, bu çeşit çalışmayı gösteren aderansa “eğilme aderansı” adı verilmektedir. Bu durum Şekil 7.2’de gösterildiği gibi donatı çevresinde oluşan aderans gerilmesi denen kayma gerilmesi sayesinde mümkün olmaktadır.

Denge şartı gereği ΔX uzunluğundaki çubuk çevresinde etkili olan aderans gerilmeleri toplamı, çubuğun iki ucundaki çekme kuvvetleri farkına eşit olmalıdır.

/

Şekil 7.2 Eğilmeye çalışan elemanda aderans gerilmesinin oluşumu

$$\tau_b(u) \cdot \Delta X = \Delta T = \Delta M / Z \quad (7.1)$$

Bu denklemde τ_b aderans gerilmesi, u ise çubuğun çevre uzunluğu olmak üzere $\Delta M / \Delta X = V$ (kesme kuvveti) olduğundan bu denklem aşağıdaki şekilde yazılarak eğilme aderansı bulunur.

$$\tau_b = V / u \cdot Z \quad (7.2)$$

Burada;

ΔM , moment değişimini,

ΔX , iki kesit arası sonsuz küçük uzaklığı göstermektedir.

Yapılan deneysel araştırmalar yukarıda bulunan eğilme aderansının birçok durumda aderans için güvenilir bir kısıt olmadığını göstermektedir. Bunun başlıca sebepleri aderans gerilmelerinin çubuk boyunca büyük değişim göstermeleri ve çatlamanın donatıda yerel gerilme farkları doğurmasıdır. Bu durumu bir örnekle açıklamak gerekirse, momentin sabit olduğu bölgelerde, kesme kuvveti sıfır olacağından, yukarıda ki denkleme göre aderans gerilmeleri de sıfır olmalıdır. Ancak deneysel araştırmalarda yapılan ölçümler, bu bölgede ihmal edilemeyecek büyüklükte aderans gerilmeleri olduğunu göstermiştir. Momentin değişmediği bu bölgede, çatlaktaki ve çatlak arasındaki donatı gerilmelerinin farklı olması sebebiyle aderans gerilmelerinin oluşması doğaldır. Böyle bir durumda ilgili denklemin anlamsız kaldığı ve yanıltıcı sonuçlar doğurabileceği görülmektedir. Ancak uygulama açısından önemli olanın aderans nedenlerinin kesin olarak belirlenmesinin olmadığı, belirli koşullar altında güvenli bir aderans gerilmesinin altında kalmak olduğu unutulmamalıdır Ersoy ve Özcebe (2001).

7.1.1.3. Donatı Çubuklarında Aderansın Nedenleri

Aderans olayının tam olarak nedenleri bilinmemekle beraber aşağıda sıralanacak olan 3 temel husus önemli neden olarak varsayılmaktadır;

- 1) Çubuk yüzeyi ile çimento harcı arasındaki kimyasal yapışma.
- 2) Beton içindeki çubuk yüzeyinde meydana gelen sürtünmeden dolayı ortaya çıkan kuvvet.
- 3) Nervürlü çubuklarda ki dişlerde oluşan kuvvet.

7.1.1.4 Aderansı Etkileyen Faktörler

Aderansı etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- 1.Çelik çubuğun düz yüzeyli veya nervürlü oluşu, yani çubuğun yüzey geometrisi aderansı önemli ölçüde etkilemektedir.
- 2.Çeliğin akma dayanımı, kenetleme boyunca aderans gerilmesi dağılımını etkilediği için aderansı çok önemli ölçüde etkilemektedir.
- 3.Donatı çapı değiştikçe, kenetlenmeyi sağlayan çevrenin, uygulanan kuvveti etkileyen alana oranı değişmektedir. Çelik çubuğun çapı küçüldükçe aderans mukavemeti artmaktadır.
- 4.Çubuk yüzeyinin niteliği aderansı önemli derecede etkilemektedir. Yüzey pasının ilerlemiş ve kabuk görünüşü almış olduğu, topraklı çamurlu veya yağlanmış çubukların aderansı yok denilecek kadar azdır.
- 5.Kenetleme boyu aderansa etkiyen en önemli faktörlerdendir.
- 6.Beton örtü kalınlığının artmasıyla aderans artmaktadır.
- 7.Betonarme çubuğunun betonlama sırasındaki konumu aderansı önemli ölçüde etkilemektedir. Betonlama sırasında üst yüzeye yakın çubukların altında biriken hava kabarcıkları bu çubukların aderansını zayıflatmaktadır.
- 8.Nervürlü çubuklarla donatılmış elemanlarda kırılma, yarıma ile olacağından çekme dayanımı aderans açısından büyük önem taşımaktadır.
- 9.Yerel gerilmeler de aderansı etkilemektedir. Mesnet kuvvetinin uyguladığı yerel basınç gerilmeleri, özellikle nervürlü donatı kullanılan durumlarda yarılmayı geciktirebilmektedir.
- 10.Sargı donatısı özellikle nervürlü donatı kullanıldığında aderansı önemli derecede etkiler. Sargı donatısı, beton kütleyle sararak yarılmaya karşı dayanımı büyük ölçüde artırabilmektedir (Seno Arda, 1968).
- 11.Betonda kullanılan agreganın cinsi ve katkı maddeleri de aderansı etkilemektedir. Örneğin hafif agrega ile yapılan betonun aderans dayanımı normal agregaya göre daha düşüktür.
- 12.Elemanlara etkiyen hakim yük karakteri de aderansı önemli ölçüde etkilemektedir. Dinamik yüklerin etkili olduğu yapılarda aderansın devamlılığı

zamanla bozulmakta ve aderansa zayıflama görülmektedir. Bu durumda kabul edilebilir maksimum aderans gerilmesinin, statik yüklerin etkin olduğu hale göre daha küçük tutulma zorunluluğu doğmaktadır.

13. Betonlamada çelikten başka çinko, aliminyum ve bakır gibi madenlerden yapılma kalıpların kullanılması halinde, donatı çelikleriyle farklı madenden yapılma kalıp arasında potansiyel farkından dolayı bir pil oluşmakta ve donatı çevresinde aderansı büyük ölçüde azaltan gaz kabarcıkları oluşabilmektedir. Dolayısıyla betonarmede kullanılan kalıpların ahşap, çelik sac, veya plastik olması gerektiği ortadadır Aka ve diğ. (1999).

7.2 Donatının Kenetlemesi

Aderans, kenetlemeyi sağlayan donatı ile beton arasındaki bağ kuvvetleri olarak tanımlanmış idi. O halde aderans gibi kenetleme de betonarmenin uygun davranış gösterebilmesi için gerekli önemli hususlardandır. Yeterli kenetlenmenin sağlandığı durumlarda aderans sorunu ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle aderans sorunu aslında bir kenetleme sorunu olarak da ele alınabilmektedir.

Betonarme elemanın kendisinden beklendiği gibi davranış gösterebilmesi için donatının betona kenetlenmesi gerekmektedir. Kenetlenme ve aderans kavramları iç içe kavramlardır. Çünkü yeterli kenetlenmenin sağlanmadığı durumda aderansın da iyi olmadığı açıkça ortadadır.

TS 500’de donatının kenetlenmesi konusu ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar belirtilmiştir;

Betonarme bir yapı elemanının gerektiği gibi davranabilmesi için donatının betona kenetlenmesi zorunludur. Aderansın tam olarak sağlanabilmesi için gerekli kenetleme boyu, kesitteki donatı çubuklarının betonlama sırasındaki konumuna bağlıdır.

Konum I : Genel durum (Konum II ’de olmayan bütün çubuklar)

Konum II : Betonlama sırasında eğimi yatayla 45-90° arasında olanlar ile, daha az eğimli veya yatay olup da betonlama sırasında kesitin alt yarısında veya kesitin serbest üst yüzünden 300mm’den daha uzakta olan çubuklar (TS 500, 2000).

Donatı ve betonun birlikte çalışabilmesi ve kuvvetleri taşıyabilmeleri için donatının betona iyice gömülmesi ve yeterince kenetlenmesi gerekmektedir.

Herhangi bir betonarme kesitinde, donatının öngörülen çekme veya basınç gerilmesini güvenle taşıyabilmesi için her iki yönde yeterli kenetleme boyuna sahip olması gerekmektedir. Kenetleme, düz kenetleme ile, manşon ve benzeri mekanik bağlantılarla veya kanca ile sağlanabilmektedir (TS 500, 2000).

7.2.1 Çekme donatısının kenetlenmesi

Çekmeye çalışan çubuklar için gerilmelerin maksimum olduğu noktanın her iki tarafında da yeterli kenetleme sağlanmalıdır. Deprem yönetmeliğinde çekme donatılarının kenetleme boyu ile ilgili olarak aşağıdaki kısıt bulunmaktadır. A.B.Y.Y.H.Y.'te aksi belirtilmedikçe, kancalı ve kancasız çekme donatısı çubukları için gerekli kenetlenme boyları TS-500'de verilen kurallara göre saptanması gerekmektedir. Ancak 90 derece kanca yapıldığında, kanca ucundaki düz kısım 12.Ø'den az olmaması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Çekmeye çalışan çubuklar aşağıdaki şekillerde kenetlenebilmektedir;

- a) Düz Kenetleme (Nervürlü donatıda).
- b) Kanca veya Fiyong ile kenetlenme (Düz veya nervürlü donatıda).
- c) Kaynaklı enine donatı ile kenetleme (Hasır çeliklerde).
- d) Mekanik kenetleme.

7.2.1.1 Düz kenetlenme

Kenetleme, gereksinme duyulmayan noktadan itibaren donatının düz olarak l_b kadar uzatılması ile sağlanabilmektedir. Kenetleme boyu olarak tanımlanan bu boy, nervürlü çubuklar için Denk.(7.7)'de verilen ifade ile elde edilebilmektedir.

$$l_b = (0.12.f_{yd}/f_{cd}).\varnothing \geq 20 \varnothing \quad (7.3)$$

Burada;

l_b , kenetleme boyu,

f_{yd} , donatının tasarım akma dayanımı,

f_{cd} , betonun tasarım basınç dayanımı

$\varnothing$, donatı çapıdır.

Düz yüzeyli çubuklarda bu değerin iki katı kullanılması öngörülmüş ise de düz kenetlemenin ancak nervürlü çubuklarda yapılması öngörülmektedir (TS 500, 2000).

Düz kenetleme için, çekme donatısı, maksimum donatının bulunduğu noktanın, her iki tarafında da, Denk.(7.3)'de belirlenen kenetleme boyu "lb" kadar uzatılmış ise, kenetleme yeterlidir. Şekil 7.3'te kenetleme boyunun tanımı yapılmaktadır Ersoy ve Özcebe (2001).

/

Şekil 7.3 Kenetleme boyunun tanımı

Kenetlenme boyu kesitteki donatının betonlama sırasındaki konumuna bağlıdır. Bu konumlar yukarıda tanımlanmıştır. Konum II Şekil 7.4'te gösterilmektedir. KonumII'de bulunmayan donatılar KonumI'de yer almaktadır (Altan, 2001).

/

Şekil 7.4 Donatının betonlama sırasındaki konumu (Konum II)

Denklem (7.3)'den hesaplanan kenetleme boyları, KonumII'ye giren çubuklar için 1.0 ile, Konum I 'e giren çubuklar için ise 1.4 ile çarpılması gerekmektedir.

Donatı çapının, $32\text{mm} < \varnothing \leq 40\text{mm}$ olduğu durumlarda yukarıdaki denklemlerden hesaplanan kenetleme boyu $(100/(132 - \varnothing))$ katsayısı ile çarpılarak artırılmalıdır.

Formülle hesaplanan kenetleme boyları donatının hesaplanan gerekli donatıdan fazla olduğu durumlarda $(A_s \text{ gerekli}/A_s \text{ mevcut})$ katsayısı ile çarpılarak azaltılabilmektedir. Ancak bu azaltma ile bulunan kenetleme boyu, Denk.(7.3)'deki formülle bulunan kenetleme boyunun yarısından ve $20\varnothing$ 'den az olmaması gerekmektedir.

A.B.Y.Y.H.Y.'de tanımlanan süneklilik düzeyi yüksek çerçeve elemanlarında ve perdelerin kritik yükseklikleri içinde bu azaltma yapılmamalıdır. Beton örtüsünün donatı çapından az olduğu veya aynı sıradaki donatı çubukları arasındaki net uzaklığın donatı çapının bir buçuk katından küçük olduğu durumlarda, Denk.(7.3)'ten hesaplanan kenetleme boyları 1.2 ile çarpılarak artırılmalıdır.

Düz kenetlemenin yalnızca nervürlü çubuklarda izin verildiği unutulmaması gereken bir husustur.(TS 500, 2000)

7.2.1.2 Kanca veya Fiyongla Kenetleme

Bazı durumlarda, donatıyı düz kenetlemeyi sağlayabilecek kadar uzatmak mümkün olmayabilmektedir. Bu gibi özel durumlarda, donatının ucuna kanca veya fiyong yapılarak, kenetleme için gerekli düz çubuk parçası Δl_b kadar kenetleme boyunu azaltılabilmektedir. Δl_b kanca ve fiyong katkısıdır. Şekil 7.3(b)'de kanca veya fiyong bulunan durumlarda donatının düz parçasının uzunluğu $(l_b - \Delta l_b)$ kadar olduğu görülmektedir. Kanca büküm açısı 90^0 ile 180^0 arasında değişebilmektedir.

Donatının ucu bükülerek kanca veya fiyong yapılıyorsa, gerekli kenetleme boyunun azaltılmasına izin verilmektedir. Şekil 5.9b'de gösterilen standart kancaların bulunduğu durumlarda, kenetleme boyu l_{bk} Denk.(7.3)'ten bulunacak değerin $3/4$ 'ü kadar alınabilmektedir. Şekil 5.9b'de belirtildiği gibi kancalar, çapı 6ϕ 'den az olmayan bir merdane etrafında bükülmelidir. Büküm yarıçaplarına ayrıca donatı yerleştirme kuralları bölümünde değinilmiştir. (TS 500, 2000)

Şekil 7.5'te ACI-408'de tavsiye edilen kanca detayı görülmektedir.

/

Şekil 7.5 ACI-408'e göre kanca detayları

TS 500'de Standart kanca detaylarında boyuna donatılarda kanca detayları ile ilgili olarak aşağıdaki bilgiler belirtilmektedir. Boyuna donatı kancaları ile ilgili bilgiler aşağıda belirtilmektedir.

a)180⁰ kanca Şekil 5.9(b)'nin (a)şıkında gösterildiği gibi, bu tür standart kancanın donatı eksenini ile yaptığı açı 180⁰'dür. Kanca serbest ucunda, uzunluğu 4Ø ve 60mm'den az olmayan düz bir bölüm bulunmalıdır. Kanca iç çapı d_m, 6Ø'den az olmaması gerekmektedir. (TS 500,2000)

b)90⁰ kanca Şekil 5.9(b)'nin (b) şıkında gösterildiği gibi, bu tür standart kancanın donatı eksenini ile yaptığı açı 90⁰'dür. Kanca serbest ucunda, uzunluğu 12Ø'den az olmayan düz bir bölüm bulunmalıdır. Kanca iç çapı d_m, 6Ø'den az olmaması gerekmektedir. (TS 500,2000)

c)Fiyong ile kanca şekli Şekil 5.9(b)'nin (d) şıkında gösterilmiştir. Fiyongların bükülme iç çapı d_m ve 12Ø'den az, donatılar arası mesafe, 2.Ø'den ve beton örtü kalınlığı 3.Ø'den daha az olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

7.2.1.3 Kaynaklı Enine Donatı ile Kenetleme

Kenetlenmesi gereken çubuğa dik yönde kaynatılacak çubuklarla kenetleme boyu azaltılabilmektedir. Şekil 7.9'da bu durum gösterilmektedir. Bu tür kenetleme türüne en tipik örnek olarak hasır donatı örneği verilebilmektedir.

TS 500'de bu tür kenetleme ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar belirtilmiştir:

Gerekli kenetleme boyu çubuğa kaynaklanmış enine çubuklar ile sağlanır. Nokta kaynaklı hasır çeliklerde bu tür kenetleme yaygın olarak kullanılır. Kenetleme için gerekli enine çubuk sayısını ve minimum boyutları gösteren Tablo 7.1 nokta kaynaklı hasır donatı için geçerlidir.

Dinamik veya çok değişen yüklerin söz konusu olduğu durumlarda çizelgedeki değerlere bir çubuk ve 100mm eklenmelidir (TS 500, 2000).

Tablo 7.1 Kaynaklanmış enine çubuklar için kenetleme koşulları

Donatı yüzeyi	Ø(mm)	Konum I		Konum II	
		N	l _b (mm)	n	l _b (mm)
Düz	Ø<8.5	3	450	3	350
	Ø>=8.5	4	500	4	400
Nervürlü	Ø<8.5	3	350	3	300
	Ø>=8.5	3	450	3	350

7.2.1.4 Mekanik Kenetlenme

Donatı ucuna, somun, çelik plaka veya başka parçalar kaynakılarak, kenetlenmesi gerekli çubuğun kenetleme boyu kısaltılabilmektedir. Bu tür kenetleme için özel izin gerektiğinden, kenetlemenin sağlıklı olduğu, deneylerle kanıtlanmalıdır.

TS 500’de mekanik kenetleme için aşağıda ki bilgiler yer almaktadır.

Özel durumlarda kenetleme, donatı ucuna kaynaklanan veya vidalanan plaklarla da sağlanabilmektedir. Bu gibi durumlarda, öngörülen düzenleme bir laboratuarda denenmeli ve projede kullanılacak çubuk hesap kuvveti, kırılma yükünün %70’ini geçmemelidir. Bu tür kenetlemenin kullanılabilmesi için özel izin gerekmektedir.

Mekanik kenetlenme özel manşonlarla da sağlanabilmektedir. Kullanılacak manşonun yeterliği daha önce de belirtildiği üzere bu konuda yapılmış deneylerle kanıtlanması gerekmektedir (TS 500, 2000).

7.2.1.5 Demet Donatının Kenetlenmesi

Yalnız nervürlü çubukların Şekil 7.6’da gösterildiği gibi demet olarak kullanılmasına izin verilmektedir. Demetteki donatı çubuğu sayısı en çok 3 olabilir. Demet donatının eşdeğer çapı $\bar{\phi}$ e aşağıda verilmiştir. Denklem 7.4’deki “ $\bar{\phi}$ ” demet yapılan çubukların çapı “n” ise demetteki donatı sayısıdır.

$$\bar{\phi}_e = 1.2 \bar{\phi} \sqrt{n} \quad (7.4)$$

Demet donatının kenetleme boyunun hesabında yukarıda belirtilen Denk.(7.4) bağıntısından elde edilen $\bar{\phi}_e$ kullanılmalıdır. Şekil 7.6’da demet donatının düzenlenmesi gösterilmektedir (TS 500, 2000).

/

Şekil 7.6 Demet donatının düzenlenmesi

7.2.2 Basınç Donatısının Kenetlenmesi

Basınç çubuklarının çevresinde, çekme çatlakları ve çekme gerilmeleri olmadığı için bu tür donatılar aderans açısından çekme çubukları kadar kritik değildir. Bu nedenle standartlarda basınç donatısı için belirlenen kenetleme boyu çekme donatısına göre daha küçüktür.

Yapılan deneylerde basınç çubuklarındaki gerilmelerin bir bölümünün, çubuk ucundaki yaslanma ile aktarıldığı belirlenmiştir. Basınç çubuklarında kanca yapıldığı takdirde yaslanma sırasında bir dışmerkezlik oluşabileceğinden, tüm yönetmeliklerde basınç çubuklarında kanca yapmak yasaklanmıştır (TS 500, 2001)

TS 500’de basınç donatısı ile ilgili olarak şu kısıtlamalar bulunmaktadır;

Basınç donatısına kanca yapılmaz. Donatı çubuğu bütün yük düzenlemeleri altında basınca çalışıyorsa, kenetleme boyu Denk.7.3’ten hesaplanan değerin $\frac{3}{4}$ ’üne kadar azaltılmaktadır.

7.2.3 Boyuna Donatıların Kenetlenmesinde Özetle Bilinmesi Gerekli Hususlar

- a) Nervürlü olmayan donatılarla, boyuna donatıda akma gerilmelerine ulaşıldığı zaman beton ile donatı arasındaki aderansın sağlanması zordur.
- b) Nervürlü donatı kullanırken pas payı yeterli düzeyde olmalıdır. Aksi halde donatıdaki gerilmeler betonun yarılmasına sebep olacaktır. O halde donatının betondan sıyrılmaması, kesme dayanımına, donatı çapına, ve pas payına bağlıdır.
- c) Betonarme yapılarda plastik mafsall oluşumu ile deprem enerjisinin yutulabilmesi için donatılarda pekleşme ve akma gerilmelerine ulaşılması gerekmektedir. Bunun içinde donatıların yeterli aderans boyları olması ve donatıların çekme gerilmelerinin olmadığı bölgelerde kenetlenmesi gerekmektedir.
- d) Süneklilik için akma dayanımı yüksek olan nervürlü donatılar tercih edilmelidir. Süneklilik sağlanması için donatıların pekleşme hızının yavaş olarak artması gerekmektedir.

7.2.4 Etriyelerin Kenetlenmesi

Etriyelerin kenetlenmesi, kanca, düz bindirme veya enine çubuk kaynaklanarak sağlanabilmektedir. Nervürsüz donatılar, etriyeler gibi ankrajın donatının büküm ve

uygun uç kancaları ile sağlandığı yerlerde etkin olarak kullanılmaktadır. TS 500’de etriyelerin kenetlenmesi için aşağıdaki, hususlar yer almaktadır.

7.2.4.1 Kanca ile Kenetleme

Bu tür kenetleme, Şekil 7.7’de gösterildiği gibi 135^0 veya 90^0 ’lik kancalarla sağlanmalıdır. Şekil 7.7(a)’da gösterilen tür, dikdörtgen kesitler, kolonlar ve özellikle burulmaya maruz elemanlar için kullanılmalıdır. Şekil 7.7(b)’de gösterilen tür ise, kanca tabla içinde kalmak koşuluyla, ancak dişli döşeme kirişlerinde kullanılabilmektedir. (TS 500, 2000).

ACI-315 standardında tavsiye edilmiş olan farklı kanca şekilleri Ek C’de yer almaktadır.

TS 500’de enine donatıların kanca detayları ile ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir.

- a) 135^0 kanca : Bu tür standart etriye kancası Şekil 7.7(a)’da gösterilmiştir.
- b) 90^0 kanca : Bu tür kanca Şekil 7.7(b)’de gösterilmiştir.
- c) 90^0 bindirmeli kanca: Bu tür bindirmeli kanca Şekil 7.7(c)’de gösterilmiştir. Bindirmeli etriyelerde bindirme boyu, Denk.(7.3)’e göre saplanan kenetleme boyuna eşit alınmalıdır. Deprem bölgelerinde yapılacak olan yapılarda bu tür etriye kullanılmaması gerekmektedir. Etriye kancalarının iç çapı 4Ø’den az olmaması gerekmektedir.

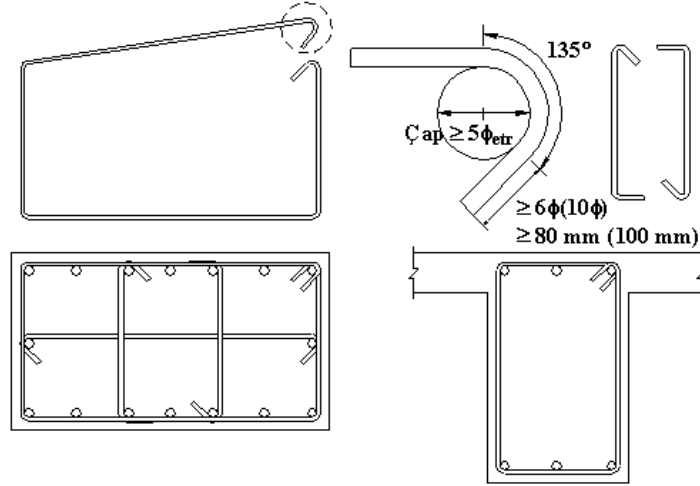
/

Şekil 7.7 Etriyelerde kancalı kenetleme türleri

A.B.Y.Y.H.Y.’de özel deprem etriyeleri ve çirozları ile ilgili olarak aşağıdaki bilgiler verilmektedir;

Bütün deprem bölgelerinde, süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi normal olan tüm betonarme sistemlerin kolonlarında, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde,

perde uç bölgelerinde ve kiriş sarılma bölgelerinde kullanılan etriyeler özel deprem etriyesi, çirozlar ise özel deprem çirozu olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Özel deprem etriye ve çirozlarının sağlaması için gerekli koşullar aşağıda verilmiştir.



Şekil 7.1

Şekil 7.8 Deprem etriye ve çirozları

Özel deprem etriyelerinin her iki ucunda mutlaka 135 derece kıvrımlı kancalar bulunması gerekmektedir. Özel deprem çirozlarında ise bir uçta 90 derece kıvrımlı kanca yapılabilmektedir. Bu durumda kolonun veya perdenin bir yüzünde, kanca kıvrımları 135 derece ve 90 derece olan çirozlar hem yatay, hem de düşey doğrultuda birer atlayarak düzenlenmesi gerekmektedir. 135 derece kıvrımlı kancalar, $\emptyset$ enine donatı çapını göstermek üzere, en az $5\emptyset$ çaplı daire etrafında bükülmesi gerekmektedir. Kancaların boyu kıvrımdaki en son teğet noktasından itibaren, düz yüzeyli çubuklarda $10\emptyset$ ve 100 mm'den, nervürlü çubuklarda ise $6\emptyset$ ve 80 mm'den az olmaması gerekmektedir. Bu durum Şekil 7.8'de görülebilmektedir. Özel deprem etriyeleri boyuna donatıyı dıştan kavrayacak ve kancaları aynı boyuna donatı etrafında kapanması gerekmektedir. Özel deprem çirozlarının çapı ve aralığı, etriyelerin çap ve aralığı ile aynı olmalıdır. Çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları sarmalıdır. Etriyeler ve çirozlar beton dökülürken oynamayacak biçimde sıkıca bağlanması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y., 1998)

7.2.4.2 Düz Bindirme ile Kenetlenme

Şekil 7.7(b) ve (c)'de gösterilen düz bindirme, deprem veya burulma etkisi altındaki yapı elemanlarında kullanılmaması gerekmektedir.

7.2.4.3 Kaynaklı Enine Donatı ile Kenetlenme

Etriyeler de bu tür kenetleme ancak hasır donatı ile yapılabilir. Şekil 7.9'da izin verilen kaynaklı kenetlenme türleri gösterilmiştir.

/

Şekil 7.9 Etriyelerde kaynaklı kenetleme türleri

7.2.4.4 Enine Donatıların Kenetlenmesinde Özetle Bilinmesi Gerekli Hususlar

- a) Etriye kancaları Şekil 7.7(a) ve (b)'de gösterildiği gibi 135^0 veya 90^0 olarak düzenlenebilmektedir.
- b) Deprem etkisi ve burulma etkisi altındaki durumlarda Şekil 7.7(a)'da gösterilen kanca türü kullanılmalı, kanca ucundaki serbest boy nervürlü çubuklar için $6\emptyset$ ya da 80 mm, düz yüzeyli çubuklar için ise, $10\emptyset$ ya da 100 mm'den az olmaması gerekmektedir.
- c) Deprem söz konusu olmadığı durumlarda, kancanın düz bölümü $6\emptyset$ veya 50mm alınabilmektedir.
- d) Etriye kancasının büküm çapı da en az $4\emptyset$ olması gerekmektedir.
- e) Bindirmeli kenetleme olarak anılan Şekil 7.7 (c) ve (d)'deki kenetleme türü burulma ve depremin söz konusu olduğu durumlarda kullanılmalıdır.
- f) Hasır çelikten oluşturulan etriyelerde kenetleme, enine kaynatılmış çubuklarla sağlanmaktadır.

Şekil 7.9'da görülen etriye türleri deprem etkisi altında kullanılması gerekmektedir.

7.3 Donatının Eklenmesi

Donatıların yapımlarıyla ilgili bazı zorluklar ve taşımada kolaylık için çubukların boyları sınırlı olmaktadır. Donatı olarak kullanılan çelik çubuklar belli boyda imal edilmektedir. Bu değer Türkiye’de 12 metredir. Donatı boyunun bu değeri aşması durumunda donatılar eklenmek durumunda kalırlar.

Donatıların, eğilme momentlerinin minimum olduğu yerlerde eklenmesi halinde uygun bir ekleme olabilmektedir. Donatı ekleri projesinde gösterildiği yerde ve biçimde olmalıdır. Bu konuda yapılacak herhangi bir değişiklik için proje mühendisinin onayı alınmalıdır. Şekil 7.10’da betonarme donatı ekleme türleri görülmektedir Ersoy ve Özcebe, (2001).

/

Şekil 7.10 Betonarme donatı eklenmesinde kullanılan çeşitli yöntemler

Donatıların eklenmesi Şekil 7.10’da olduğu gibi çok çeşitli olabilmektedir. Bu ekleme türüne proje mühendisi karar vermelidir. Proje mühendisi, donatı ekleme türüne karar verirken ekonomi, uygulanabilirlik gibi bir çok parametreyi aynı anda düşünebilmelidir. Donatının eklenmesinde aşağıdaki yöntemlere izin verilmektedir.

- a) Kaynaklı ekler
- b) Manşonlu ekler
- c) Bindirmeli ekler

7.3.1 Kaynaklı Ekler

Kaynaklı eklerde, bu konuda deneyimli kalifiye elemanların kullanılması gerekmektedir. Kaynaklı ek yapılacak çubukların metalurjik analizi yapılmalı ve çeliğin özellikle karbon içeriği açısından kaynaklamaya uygun olduğu kanıtlanmalıdır. Kaynaklı ekler TS 708'e uygun olarak yapılmalıdır (TS 500,2000).

Kaynakla yapılan eklerden her elli taneden birine (en az 5 tanesine) çekme deneyi uygulanmalıdır. Bu deneylerde ekli donatının $1.25.f_{yk}$ kadar gerilme taşıyabileceği kanıtlanması gerekmektedir. (TS 500,2000)

Kaynağın özenle yapılmadığı veya kaynak sebebiyle bir zayıflama olduğunda önemli sorunlar doğabilmektedir. Özellikle soğukta işlem görmüş çeliklerin kaynaklı ekinde, ısının artmamasına dikkat edilmelidir.

Kaynaklı eklerde, bütün çubukların eki, çubukların basınç veya çekme tesiri altında olup olmadığına bakılmaksızın aynı kesitte yapılmalıdır.

Kaynak şeklinin seçiminde çelik cinsi yanında elemana tesir eden yüklerin statik veya dinamik karakterde olup olmamasının da etkisi vardır.

Statik yükün hakim olduğu durumda çekme ve basınç çalışan çubuklar, bütün çelik türleri için yakma alın kaynağı ile kaynaklanmalıdırlar.

Soğukta işlem görmüş çapları 12 mm'den büyük çelik basınç veya çekme çubuklarında bindirmeli kaynak kullanılabilir.

Soğukta işlem görmüş basınç çubuklarının elektrik ark kaynağı eki çubukların en az 20 mm olması durumunda yapılmaktadır.

Dinamik yüklerin hakim olduğu durumda, çekme çubukları yalnız elektrikli yakma alın kaynağı ile eklenebilmektedir. Soğukta işlem görmüş, hep basınç gerilmeleri altında bulunan çubukların ekleri, yukarıda belirtilmiş çap şartlarına uymak koşuluyla elektrik ark kaynağı yapılabilir.

7.3.2 Manşonlu ekler

Manşonlu ek vidalı ve preslenen manşonlarla yapılabilir. Şekil 7.11'de manşonlu ek görülmektedir. Manşon iki bölümden oluşmaktadır. Dişi bölüm manşonun kendisidir. Erkek bölüm ise, eklenecek çubukların yivlenmiş uçlarıdır (Karabacak, 1994).

/

Şekil 7.11 Vidalı ve preslenen manşonlar

TS 500’de manşonlu ekler için aşağıdaki ifade yer almaktadır.

Betonarme yapı elemanlarında kullanılacak manşonlu eklerin, hem çekme hem de basınç altında, manşonla sağlanan donatı çubuğu için standartlarda öngörülen minimum karakteristik akma dayanımı 1.25 katı dayanımına sahip olduğu deneylerle kanıtlanmalıdır. (TS 500,2000)

Vidalı manşonlu ekte, iki çubuğun uçları sıcakta basınçla şişirilerek, çubuğun çapından daha büyük bir duruma getirilir ve bu uçlara ters yönlü dişler açılır. Daha sonra gerekli en kesite sahip manşon denilen ve iki tarafı çubuk çapına uygun olarak diş açılmış olan bir silindire çubukların vidalanmasıyla vidalı manşonlu ek yapılmış olur. Şekil 7.12’de özel manşonlu ekleme türü görülmektedir.

/

Şekil 7.12 Manşonlu ekleme örnekleri

Nervürlü donatıların eklenmesinde, preslenen manşonlu ek kullanılmaktadır. Silindir şeklinde olan manşonun iki tarafına eklenecek olan çubukların uçları sokulur, hidrolik presle manşon sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi sonunda manşonun iç yüzü, nervürlü donatının nervürleri ile iyice kenetlenmiş olur. Bu tür manşonlu ek çekme ve basınç etkisine %100 dayanıklıdır (Bayülke, 2001).

7.3.2.1 Kaynaklı ve Manşonlu Ek ve Bağlantılar

A.B.Y.Y.H.Y.'de kaynaklı ve manşonlu ek ve bağlantılarla ilgili olarak aşağıda ki kısıtlamalar belirtilmektedir;

- a) Boyuna donatıların bindirmeli kaynaklı eklerinin sertifikalı kaynakçılar tarafından yapılması zorunludur. Küt kaynak ekleri yapılmaması gerekmektedir.
- b) Kaynaklı ve manşonlu boyuna donatı eklerinin en az %2'si için, 5 adetten az olmamak üzere, çekme deneyi yapılacaktır. Ekin deneyle bulunan çekme dayanımı, eklenen donatı çubuklarının çekme dayanımından daha az olmaması gerekmektedir.
- c) Enine donatıların boyuna donatılara kaynakla bağlanmasına izin verilmez.
- d) Çelik pencere ve kapı kasalarının, dübellerin, bağlantı plakalarının, tesisat elemanlarının, makine ve teçhizatın boyuna ve enine donatılara kaynakla bağlanmasına izin verilmez.

7.3.2.2 Özel ekleme şekli

Yukarıda anlatılan ekleme türlerine ilave olarak bir de kılıf kullanılarak yapılan ekleme çeşidi vardır. Bu yöntem küçük eksantirisiteli basınca çalışan boyuna donatı çubuklarında kullanılabilir. Bu yöntemde öncelikle donatı uçları tam eksenlerine dik kesilmekte ve uçları tam temas edecek şekilde uçuca getirilmelidir. Daha sonra bunların etrafına Şekil 7.13'te gösterildiği gibi bir kılıf geçirilmelidir (Karabacak, 1994).

/

Şekil 7.13 Basınç donatısının kılıflanarak eklenmesi

7.3.3 Bindirmeli Ekleme

Uygulamada en çok kullanılan ve en az sorun çıkaran eklenme türü, bindirmeli ektir. Bazı büyük boyutlu yapı elemanlarında donatıların eklenmesi kaçınılmazdır. Bindirmeli ekleme bir bakıma beton ile donatı arasındaki aderanstır. Deprem

sırasında, donatıda oluşan büyük gerilmeler, beton ile donatı arasında aderans çatlakları oluşturabilmektedir.

Bu çatlakların biçimi donatılar arasındaki aralığa bağlıdır. Donatı aralıkları donatı düzenine ilişkin genel bilgiler bölümünde yer almaktadır.

Aderans eki adı da verilen bindirmeli eklerde, gerilme bir çubuktan diğerine aderans gerilmeleri yoluyla aktarılmaktadır. Bu geçiş tek bir noktada olmaz, bindirme boyu denen bölgede gerçekleşmektedir.

Bindirme boyu kısa tutulursa, bindirme bölgelerinde aşırı gerilme yığılmasının doğacağı açıktır. O halde bindirmeli ekleme boyunun, donatıların normal aderans boyu l_b 'den daha büyük olması güvenli bir çözüm olacaktır.

Donatıda tersinir kuvvetlerin olduğu durumlarda yalnızca aderans boyunu artırmak yeterli olmamaktadır. Aderansın iyi ve yeterli olması için gerekli aderans boyu bölgesinde donatının, enine donatılarla sarılması ya da giriş boyuna donatılarında olduğu gibi kolon etriyeleri ile sarılı bir biçimde ankrajlanması gerekmektedir.

Bindirmeli ek daha önce de belirtildiği gibi en çok kullanılan ekleme türüdür. Bindirme bölgesinde gerilmeler aderans yoluyla donatıdan betona aktarılmaktadır. Sonuç itibarıyla çekme kuvveti taşıyan elemanlarda, çatlamlar olacağı açıktır. Etriyeler bu noktada çatlamların genişlemelerine engel olabilmektedirler.

Bindirmeli ekleme ile ilgili olarak TS 500'de aşağıdaki hususlara değinilmiştir;

Bindirmeli eklerde çubukların bitişik olması tercih edilmelidir. Eklenen iki çubuk arasında aralık bırakılması gereken durumlarda, bu aralık bindirme boyunun $1/6$ 'sından ve 100mm'den fazla olmamalıdır.

Demet donatıda ek yapıldığında, demetteki tüm çubuklar aynı kesitte eklenmemelidir. Demet de bulunan bireysel çubuklar için gerekli bindirme boyu, ileride verilecek bindirme boyuna ait denklemle bulunan değer %20 artırılarak bulunmalıdır. (TS 500,2000).

Bindirmeli eklemede bütün donatı çubukları aynı kesitte eklenmesi çatlak oluşturmaya çok elverişlidir. Bu nedenle bindirmeli eklerin şaşırtmalı, aynı elemandaki donatıların eklerinin farklı yerlerde, yapılması gerekmektedir.

Çekme etkileri altındaki donatıların çatlakların küçük olması için donatıların bindirme aralıkları Şekil 7.14'te gösterildiği gibi olması tavsiye edilmektedir. Eğer

bindirme yapılan donatılar arası mesafe 12ϕ 'den daha fazla ise bu tür bindirme yeri çatlaklarının birbiri ile birleşerek büyüme tehlikesi azalmaktadır (Bayülke, 2001).

/

Şekil 7.14 Çekme kuvveti taşıyan şaşırtmalı bindirmeli donatı ekleri

TS 500'e göre bindirmeli eklerde şaşırtma mesafesi, $1.5l_0$ 'dır. l_0 değerinin nasıl bulunduğu ileride belirtilecektir.

Betonarme yapılarda, kolon boyuna donatıları kolon alt uçlarında bindirmeli olarak eklenmektedir. Deprem açısından bindirmenin mafsallaşma bölgesinde yapılıyor olması sakıncalıdır. Eğer deprem sırasında kolon boyuna donatılarında ki gerilmeler akma gerilmelerinin üzerinde ise kolon uçlarındaki bindirmeli ek yeri bölgesinde beton ile donatı arasındaki aderans yeterli olmayacaktır. Burada donatı çapı $\phi 14$ ve daha küçük ve bindirmeli ek yeri bölgesinde yeterli sıklıkta etriye ile sarılmış ise söz konusu aderans sağlanmış olmaktadır. Çapları daha büyük olan donatılarda yüksek gerilme söz konusu olduğu zaman yeterli aderans sağlanamamaktadır.

Sonuç itibariyle kolonlardaki boyuna donatıların deprem esnasında uygun davranış gösterebilmesi için en uygun yer kolon orta bölümleridir. Kolonlar bölümünde bu husus A.B.Y.Y.H.Y paralelinde ayrıca incelenecektir.

7.3.3.1 Çekme Donatısındaki Bindirmeli Eklemeler

Çekme aktaran çubuklar, düz yüzeyli ise kanca yapılması zorunludur. Nervürlü çubukların eki düz veya kancalı yapılabilir (Altan, 2001). Şekil 7.15'te çekme donatısında bindirmeli ekleme türleri görülmektedir.

/

Şekil 7.15 Çekme donatısında bindirmeli ekleme türleri

TS 500'e göre çekme donatısının bindirmeli eklerinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bindirmeli eklerde bindirme boyu l_0 aşağıda verilen denkleme göre hesaplanabilmektedir.

$$l_0 = \alpha_1 \cdot l_b \quad (7.5a)$$

$$\alpha_1 = 1 + 0.5r \quad (7.5b)$$

Burada,

l_0 , bindirme boyu,

r , aynı kesitte eklenen donatının toplam donatıya oranıdır.

Denk.(7.5)'de yer alan “ r ” aynı kesitte eklenen donatının kesitteki toplam donatıya oranıdır. Bütün kesiti çekme taşıyan elemanda $\alpha_1=1.8$ alınır. KonumI'e giren çubuklarda, l_0 1.4 çarpanıyla artırılır. Bindirme ek yapılan çubuk uçları kancalı ise, bindirme boyu bu denklemden elde edilen değerin $\frac{3}{4}$ 'üne kadar azaltılabilir. Bindirmeli eklerde, bindirme boyunca sargı donatısı bulundurulması gerekmektedir. Sargı donatısının çapı en az eklenen donatı çapının $\frac{1}{3}$ 'ü veya Ø8 olmalıdır. Bindirme boyunca en az 6 sargı donatısı bulundurulmalı ve sargı donatısı aralığı eleman yüksekliğinin $\frac{1}{4}$ 'ünden ve 200 mm'den fazla olmaması gerekmektedir.

Birden fazla çubuğa ek yapılması gereken durumlarda, ek yerleri şaşırtılmalıdır. İki ekin merkezinden merkezine ölçülen uzaklık en az $1.5l_0$ kadarsa, ekler şaşırtılmış sayılmaktadır. Şekil 7.16’da bu durum görülebilmektedir (TS 500, 2000).

/

Şekil 7.16 Bindirmeli eklerde şaşırtma (Altan, 2001)

Tablo 7.2’de hasır donatının eklenmesi için önerilen bindirme koşulları bulunmaktadır. Tablo 7.2, kesitte bulunan donatının, gerekli donatıdan en az %50 fazla olduğu durumlar için geçerlidir. Kesitteki donatı alanının gerekli donatı alanına oranı 1.5’ten küçük olduğu durumlarda Tablo 7.2’deki bindirme boyları ve enine çubuk sayıları ($1.5 \times \text{Gerekli donatı kesit alanı} / \text{Kesitte bulunan donatı kesit alanı}$) oranında artırılmalıdır.

Tablo 7.2 Nokta kaynaklı hasır donatı için bindirme koşulları

Donatı yüzeyi	$\emptyset$ (mm)	Konum I		Konum II	
		N	l_0 (mm)	n	l_0 (mm)
Düz	$\emptyset < 8.5$	4	500	4	400
	$\emptyset < 8.5$	5	600	5	500
Nervürlü	$\emptyset < 8.5$	4	400	4	350
	$\emptyset < 8.5$	4	450	4	400

Çekme donatısındaki manşonlu ve kaynaklı ekler için de yukarıda belirtilen hususlar geçerlidir (TS 500,2000).

Bindirmeli eklerin, bindirme boyunca kapalı etriyelerle sarılması son derece yararlı olmaktadır. Bu tür etriyeler betonu sararak yarılmaya karşı dayanım artırımlarının yanı sıra, özellikle çapı büyük donatının Şekil 7.17’de gösterildiği gibi, rijit cisim dönmesi sonucu betonu yırtmasını da önlemektedir.

Şekil 7.17 Donatı rijitliğinin neden olduğu yırtılma

7.3.3.2 Basınç Donatısının Bindirmeli Eklenmesi

Basınç donatısında gerilmenin bir bölümü uç bölgesinde olması nedeniyle çatlama olmadığından, bindirme boyu çekme donatısına oranla daha küçük olabilmektedir. Sargı donatısı, hem uç yaslamayı daha etkili kılmakta, hem de donatıdaki eğrilikler nedeni ile çevre betonun patlamasını önlemektedir.

TS 500'e göre basınç donatısının eklenmesi ile ilgili olarak aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bindirmeli eklerde bindirme boyu, kenetleme boyundan ve 300mm'den az olmaması gerekmektedir. Basınç donatısındaki bindirmeli eklerde kanca yapılmamalıdır. Bindirme boyunca, sargı donatısının aralığı $d/4$ 'ten az olmaması gerekmektedir. Çapı 30 mm'den büyük olan donatı çubuklarına bindirmeli ek yapılmaması gerekmektedir. Bu çubukların yeterliliği deneylerle kanıtlanmış özel manşonlarla eklenmelidir.

Basınç donatısındaki manşonlu ve kaynaklı ekler için yukarıda belirtilen hususlar burada da geçerlidir (TS 500, 2000).

7.3.3.3 Kolon Boyuna Donatısının Bindirmeli Ekleri

TS 500'e göre kolon boyuna donatısının eklerinde aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekmektedir;

- A) Kolon boyuna donatısı kolon orta bölgesinde ekleniyorsa, $l_0 \geq l_b$ olmalıdır.
- B) Hiçbir yük birleşiminde kolon boyuna donatısında çekme oluşmuyorsa, bindirmeli eklerde basınç donatısının eklenmesi için verilen kurallar uygulanmalıdır.
- C) Herhangi bir yük birleşiminde, kolon boyuna donatısında çekme oluşursa, boyuna donatıda kolon alt ucunda yapılacak bindirmeli ekler aşağıdaki koşullara uyulmalıdır.

C1) Aynı kesitte boyuna donatının yarısı veya daha azı ekleniyorsa, $l_0 \geq 1.25.l_b$

C2) Aynı kesitte boyuna donatının yarısından fazlası ekleniyorsa, $l_0 \geq 1.50.l_b$.

C3) Süneklilik düzeyi yüksek kolonlarda bu ek boyunca sargı bölgeleri için öngörülen enine donatı kullanılmalıdır. (TS 500, 2000)

7.3.3.4 Dairesel Kolonda Bindirmeli Ekleme

Paulay ve Priestley 1992’de dairese kolonlardaki bindirmeli eklemelerde yaptığı çalışma sonuçlarına değinilecektir.

Dairesel kolonda boyuna donatılar Şekil 7.25’te gösterildiği gibi yan yana ya da arka arkaya yerleştirilebilmektedir. Her iki durumda bindirme çatlakları farklı karakterdedirler. Yan yana konulmuş ise boyuna donatıları saran dairese etriye ya da spiraller bu çatlakları keserek çatlağın ileri boyutlara ulaşmasını engellemektedirler. Donatılar arka arkaya konulunca enine donatıdaki kuvvetin yarattığı normal kuvvetin (N) toplamı, ancak 60⁰’lık bir çember içinde olmakta ve en kesitte en çok 6 tane bindirmeli ekleme, donatılar arasındaki çatlağın genişlemesini, etriyede olan çekme kuvveti taşıma kapasitesine eşdeğer bir baskı ile önleyebilmektedir. Altıdan çok bindirmeli ek yapılan bir en kesitte ekleme sayısı (n)’den çok ise gerekli enine donatı miktarı (n/6) kadar artırılmalıdır (Bayülke, 2001).

/

Şekil 7.18 Dairesel kolonlarda bindirmeli ekler

7.3.3.5 Genel Olarak Depreme Dayanıklı Donatı Ekleme Koşulları

Betonarme yapılarda boyuna donatılarda bindirmeli eklemeler yapılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir;

- a) Kolonlarda boyuna donatılar deprem esnasında hem basınç hem de çekme etkisinde kalacağı bilinmektedir. Betonda basınç etkisi bindirmeli ek yerlerinde ezilme, çekme etkisi ise çatlaklar oluşturmaktadırlar. Basınç ile beton ezilme olasılığı Ø16'dan daha büyük çaplı donatılarda daha yüksektir. Bu tür sakıncalı durumları önlemek için donatıların kesildiği yerde ek etriyelerle beton sarılarak beton dayanımı artırılması ve betonda ezilmenin önlenmesi gerekmektedir.
- b) Çekme etkisi altında çatlakların önlenmesi ya da minimum olması için bindirmelerin şaşırtmalı olarak yapılması gerekmektedir.
- c) Kaynaklı eklerin gevrek olacağı ve şantiye koşullarında kaynakların istenilen nitelikte yapılamama olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır.
- d) Özel bağlantı manşonları ile donatı eklenmesi yeterliliği ancak deneysel olarak kanıtlandıktan sonra uygulanabilmektedir.
- e) Kolonlarda boyuna donatıların bindirmeli ekleri, kolon uçlarındaki mafsallaşma bölgesinin dışında, veya kolon orta bölgesinde yapılması tavsiye edilmektedir.
- f) Dairesel kolonlarda boyuna donatıların eklenmesi Şekil 7.18'e göre yapılması tavsiye edilmektedir.
- g) Yüksek tersinir yüklerin etkin olduğu durumlarda, kenetleme ve bindirme ek boyu artırılmalıdır. Daha kesin çözüm olarak bindirmeli ek yerine manşon kullanılabilir.
- h) Bindirmeli ekler, mümkün olduğu kadar şaşırtmalı yapılmalıdır.
- i) Bindirmeli ek veya kenetleme boyunca maksimum oranda enine sargı donatısı kullanılmalıdır.
- j) Plastik mafsal oluşması muhtemel olan yerlerde, bindirmeli ek yapılmamalı ve kenetlemeye büyük önem verilmelidir (Bayülke, 2001).

7.3.3.6 Kanca ile İlgili Problemler

Kancanın betonarmede yarattığı sorunlar aşağıda sıralanmaktadır.

1. Kanca, kenetleme boyunu azalttığı için proje mühendisine uygun gelmektedir. Ancak kancanın yapısı itibariyle kanca etrafında gerilme yığılmaları oluşmaktadır. Şekil 7.19'da bu tehlike görülebilmektedir. Donatının betondan sıyrılması riski, donatının beton yüzeyine yakın olduğu durumlarda daha fazladır. Bu tür tehlikeyi

önlemenin tek yolu yatay kanca yapmaktır. Yada iki adet donatı çubuğu ile sarılmalıdır Ersoy ve Özcebe (2001).

/

Şekil 7.19 Kancanın betona uyguladığı kuvvetler ve oluşan çatlak

2. Kenar kolona saplanan kiriş donatısının düz kenetlenmesi için kolon boyutlarının yeterli olmaması halinde donatıya 90°'lik kanca yapmak durumunda kalınca ortaya çıkmaktadır. Bu tür tehlikenin ortadan kaldırılması için kancanın kuyruk kısmı sargı donatısı ile karşı yüzdeki kolon boyuna donatısına bağlanması gerekmektedir. Şekil 7.20'de bu tehlike görülmektedir.

/

Şekil 7.20 Kancanın açılması nedeniyle kabukta yırtılma ve önlemi

3. Basınca çalışan kolon donatılarının uçlarına kanca yapılması son derecede sakıncalı bir durumdur.

Yapılmış olan kanca, boyuna donatının burkulmasına ve dolayısıyla da kolon kabuk betonunun kırılmasına sebep olmaktadır. Şekil 7.21'de bu tehlike görülebilmektedir.

/

Şekil 7.21 Basınç etkisi altında kanca yapılan donatının betonu patlatması

4. Kirişlerde bulunan çekme donatıları ve mesnetlere uzatılan çubukların kanca düzlemleri Şekil 7.22’de gösterildiği gibi kiriş içine doğru eğik olarak yerleştirilmelidir. Yüksek kirişlerde kanca genişliğinin küçük olması halinde Şekil 7.23’te görüldüğü gibi yatay olarak düzenlenmelidir.

/

Şekil 7.22 Kancaların içeri dönük yapılması

/

Şekil 7.23 Dar mesnette yatık kanca uygulanması

5. Kenetlemenin fiyongla yapıldığı durumlarda, oluşabilecek olan kırılmaları önleyecek şekilde çekme kuvvetini karşılayacak donatılar Şekil 7.24’de görüldüğü gibi uygun şekilde düzenlenmelidir.

/

Şekil 7.24 Fiyonk için enine donatı düzenlenmesi

6. Açıklık donatısının ihtiyaç duyulmadığı mesnet bölgesinde, açıklık donatısının kesilmesi gerekmektedir. Bu kesilmenin olduğu yerde, gerilme yığılmaları sebebiyle betonda birtakım çatlamlarla karşılaşmak mümkün olabilmektedir. Bu tür çatlamları engellemek için, alt donatının ucu bir miktar yukarıya kalkacak şekilde kıvrılmalıdır. Şekil 7.25'te de bu tür donatı düzeni görülebilmektedir (Karabacak, 1994).

/

Şekil 7.25 Nervürlü açıklık donatısının kesilmesi

8. KOLONLAR

8.1 Süneklilik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Kolonlar eksenel basınca maruz elemanlar olup, eksenleri doğrusal olması gereken, ancak kesitleri sabit yada değişken olabilen düşey taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Kolonlar kirişlerle beraber birleşerek çerçeve sistemi oluşturmaktadırlar. Bir yapıda kolon kiriş birleşim bölgeleri mafsallaşsa bile kolonlar ayakta durduğu müddetçe yapı göçme durumuna gelmez. Kolonların betonarme hesabı salt basınca çalışıyormuş gibi yapılmaz, kolonlar hiç çekme kuvveti almıyor olsa bile yönetmelikler gereği minimum bir eksantirisitenin hesaba katılmış olması gerekmektedir.

Çoğu zaman kolonlar, eğilme momenti de taşımak zorunda kalmaktadırlar. Çerçeve tipi yapılarda açıklıkların eşit olması, bu açıklıklardaki yüklerin yaklaşık birbirine eşit olması sabit yükün hareketli yüke nazaran daha önemli olduğu durumlarda orta açıklıktaki kolonlara gelen “M” eğilme momenti çok küçük olmaktadır. Ancak yatay yüklerden dolayı kolonlara gelen eğilme momentinin kolonu zorlayacağı açıktır. Bu kolonun işini kolaylaştırabilmektedir. Tek çözüm yolu, aynı çerçeve düzlemi içine rijitliği fazla olan perde yada başka bir kolonun yerleştirilmesidir. Böylelikle ele aldığımız kolona gelen yatay yük dolayısıyla eğilme momentinin değeri azalmaktadır. Yapıda kolon kırılması olayının yapı için nedenli tehlikeli bir durum olduğu bilinmektedir. Ayrıca kolonlarda çok küçük de olsa eğilme momentinin olması kesinlikle donatısız kolon yapılmaması gerektiğinin bir göstergesidir.

Kolonlar yapılarda düşey yükleri taşıyan ana taşıyıcı elemanlardır. Amerikan beton Enstitüsü; kolonları, kısa kenarının en az 3 katı kadar boya sahip basınca çalışan düşey yük taşıyıcı elemanlar olarak tanımlamaktadır Spiegel ve Limbrunner (1998).

Kolonlarda meydana gelebilecek ağır hasar, yapının göçmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kolonların donatı yerleştirilmesi işinin titizlikle yapılması gerekmektedir. Kolonlarda diğer her elemanda olduğu gibi enine ve boyuna donatı bulunmaktadır. Boyuna donatılar, kolonun bitim yerlerinde diğer kolona birleşebilecek kadar kenetleme payı olması gerekmektedir.

Eksenel basınçla beraber eğilme momenti ve kesme kuvveti etkisinde olan betonarme kolonlar boyuna donatıların ve etriyelerin yerleştirilme şekillerine göre aşağıda belirtileceği gibi 3 temel şekilde olmaktadır.

Şekil 8.1’de betonarme kolonların uygulamada temel olarak yapılabilecek 3 çeşidi görülmektedir. Şekil 8.1(a)’da klasik etriyeli kolonlar, (b)’de fretli kolonlar (c)’ de ise bileşik kolon denilen I profilin kullanıldığı kolon görülmektedir. Özetle (a) da ki kolon türünde düşey boyuna donatılar enine yerleştirilmiş olan etriyelerle sarılmaktadır. Bu tiplerde etriyeler kapalı çerçeve şeklinde olmaktadır (b) deki türde etriyeler sürekli. Bu tip kolonlar fretli kolon denilen kolon olarak adlandırılmaktadırlar. Bu kolonların enine donatısı ufak adımlı bir spiral ve küçük aralıklarla konulmaktadır. Şekil 8.1(c)’deki tip ise kompozit kolondur bu kolon düşey boyuna donatı olmadan düşey yükleri taşıyıp çekme etkisini de karşılamaktadır.

/

Şekil 8.1 Kolon türleri

8.2 Kolonlarda Uyulması Gereken Genel Kurallar

Fretli kolonlar, dayanım açısından basit etriyeli kolonlara göre çok daha üstün özelliğe sahiptir. Fretli kolonlarda sürekli yanal destek bulunmaktadır. Ancak basit etriyeli kolonlarda aralıklı yanal destek söz konusu olmaktadır.

Dikdörtgen yada kare kesitli kolonların maliyeti, dairesel kesitli olan kolonlara göre çok daha ekonomik olduğu için dikdörtgen ya da kare kesitli kolonların daha çok uygulama da görülmesi doğaldır. Pek tabiidir ki, kolonların en kesit şekilleri çok katı kurallarla sadece 2 ya da 3 geometrik şekle bağlanamaz. Değişik sorunlara çözüm

sağlamak için, değişik geometrik şekiller betonarme kolonlara en kesit olacak şekilde kullanılabilmektedir. Şekil 8.2’de değişik kolon en kesit türleri görülmektedir.

/

Şekil 8.2 Basit etriyeli kolonlarda en kesit şekilleri

Yönetmelik ve standartlar, hesap esaslarının yanında gerek boyutlarda, gerekse minimum donatılarda birtakım sınırlamalar getirmiştir. Bu kurallar proje tasarım aşamasında ve projenin şantiyede uygulanması sırasında uyulması gereken ve yapının çeşitli yüklere karşı davranışını büyük ölçüde etkileyen kurallardır.

8.2.1 En kesit Koşulları

En kesitlerde minimum koşullara uyulmasının amacı; beton ve donatı yerleştirilmesine kolaylıklar sağlamak ve yapıya deprem esnasında rijitlik ve süneklik sağlamaktır.

Yük taşımakta olan tüm dikdörtgen kesitli kolonların en kesitlerindeki en küçük boyut 250 mm’den, ve en kesit alanı 75000 mm² ‘den daha az olmaması gerekmektedir. Dairesel kesitli kolonlarda kolon en kesit çapının 30 cm’den daha küçük olmaması gerekmektedir. Kolonun brüt enkesit alanı Denk.(8.1)’deki koşulu sağlaması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y. 1998).

$$A_c \geq N_{dmax} / (0.50 f_{ck}) \quad (8.1)$$

Burada;

A_c , Kolonun brüt en kesit alanı

N_{dmax} , Yük katsayıları kullanılarak,sadece düşey yüklere göre veya düşey yüklerle deprem yüklerine göre hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerininin büyüğü,

f_{ck} , betonun karakteristik silindirik basınç dayanımıdır.

Dikdörtgen kesitli kolonlarda en küçük kesit genişliği 250 mm'den, I, T ve L kesitli kolonlarda en küçük kalınlık 200 mm'den ve kutu kesitli kolonlarda ise en küçük et kalınlığı 120 mm'den daha az olmaması gerekmektedir.

Kolonlarda net beton örtüsü, dıştaki elemanlarda 25 mm'den, içteki elemanlarda ise 20 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. (TS 500, 2000).

Kolon boyutlarında daha başka herhangi bir kısıtlayıcı kural yok ise de, kolon genişliğinin kendisine bağlanan kirişin genişliğinden 5 cm kadar daha büyük olması kalıp kolaylığı ve donatı yerleştirilmesi açısından kolaylık sağlayacağı tavsiye edilmektedir. Böylelikle kiriş donatısı kolon donatısının içinden geçmiş olacaktır.

Geçmişe dayalı deneyimlere bakılarak yapının içerisinde kalan kolonları daire kesitli yapılması, ya da yapılmadıysa L profil kullanılmasının kolonları dış darbelere karşı korumak açısından gerekli olduğu tavsiye edilmektedir Aka ve diğ (1999).

8.2.2 Boyuna Donatı Koşulları

Kolonların boyuna donatılarında kanca yapmanın sakıncasına önceki konularda yer verilmiş idi. Ancak eğer kanca yapmak mecburiyeti, varsa boyuna donatı çubuğunu, dik açılı bükme yeterli olmaktadır. Şekil 8.3'te bu donatı düzeni görülmektedir.

/

Şekil 8.3 Bindirme ile yapılan eklemelerde kolon boyuna donatısının konumu

Bindirme ile yapılan eklerde her kat döşemesinin üzerinde bırakılan filiz boyu en azından boyuna donatı çubuğunun 40 katı (40Φ) olarak alınması tavsiye edilmektedir Aka ve diğ. (1999).

Boyuna donatıların ekleri genellikle kat seviyelerinde yapılmaktadır. Bunun mecburiyeti ilk olarak kolonların dökülmesi sonradan döşemeye geçilmek durumunda kalınması şeklinde açıklanabilmektedir. Deprem bölgelerinde ilgili yönetmelikçe

boyuna donatı eklerinin kolon orta bölgesinde yapılması gerektiği belirtilmiştir. Kolon boyuna donatılarının bindirmeli ekleri, mümkün olabildiğince A.B.Y.Y.H.Y.'ğinin 7.3.4.2 maddesinde tanımlanan kolon orta bölgesinde yapılmalıdır. Bu durumda bindirmeli ek boyu, TS-500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu l_b 'ye eşit olması gerekmektedir.

Boyuna donatıların bindirmeli eklerinin kolon alt ucunda yapılması durumunda ise, aşağıdaki koşullara uyulması gerekmektedir.

- a) Boyuna donatıların %50'sinin veya daha azının kolon alt ucunda eklenmesi durumunda bindirmeli ek boyu, l_b 'nin en az 1.25 katı olması gerekmektedir.
- b) Boyuna donatıların %50'den fazlasının kolon alt ucunda eklenmesi durumunda bindirmeli ek boyu, l_b 'nin en az 1.5 katı olacaktır. Temelden çıkan kolon filizlerinde de bu koşula uyulması gerekmektedir.
- c) Yukarıdaki her iki durumda da, bindirmeli ek boyunca A.B.Y.Y.H.Y.'ğın 7.3.4.1 numaralı maddesinde tanımlanan minimum enine donatı kullanılması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Minimum boyuna donatıya kısıt getirilmesinin amacı yatay yüklemelerde ve beklenmedik eksantirisitenin oluşması durumunda yeterli bir taşıma gücü momentinin sağlanabilmesi yanında betondaki ezilme ile oluşacak kırılma gevrekliğinin azaltılmasını sağlamaktır. Yönetmeliklerde konulan boyuna donatı için üst sınır ise betona göre daha pahalı olan çeliğin kullanımını sınırlamak ve kesit boyutlarını, yatay yüklere karşı iyi eğilme rijitliğine sahip olması için küçültmemektir. Yönetmeliklerde kolonlardaki boyuna donatının minimum yüzdesi yanında minimum donatı çapında kısıtlama getirmiştir. Yönetmeliklerde minimum donatı çapına getirilmiş olan kısıtlama amacı ise boyuna donatının burkulmasını sınırlamaktır.

Kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin %1'inden az, %4'ünden fazla olmaması gerekmektedir. En az donatı, dikdörtgen kesitli kolonlarda 4Ø 16 veya 6Ø 14, dairesel kolonlarda ise 6Ø 14 olması gerekmektedir. Bindirmeli ek yapılan kesitlerde boyuna donatı oranı %6'yı geçmemesi gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Ancak TS 500'de donatı oranları aşağıdaki gibidir;

Kolonlarda toplam boyuna donatı oranı Denk.(8.2)'de belirtilen değerinden daha az olmaması gerekmektedir.

$$A_{st}/A_c \geq 0.01 \quad (8.2)$$

Burada;

A_{st} , Boyuna donatı kesit alanı,

A_c , Toplam beton kesit alanıdır.

Ancak gerekli donatının en az 1.3 katının sağlanması koşuluyla, bu sınır 0.005 değerine kadar azaltılabilmektedir. Bu azaltma, sadece deprem dayanımına etkisi olmayan kolonlar için geçerlidir. (TS 500, 2000)

Deprem etkisine maruz kolonlar için A.B.Y.Y.H.Y.'de aşağıda belirtilen donatı oranları geçerlidir. Kolonlarda toplam boyuna donatı oranı aşağıdaki değerlerden fazla olmaması gerekmektedir.

Bindirme bölgeleri dışında;

$$\rho_t \leq 0.04 \quad (8.3a)$$

Bindirmeli ek bölgelerinde;

$$\rho \leq 0.06 \quad (8.3b)$$

donatı oranları daha fazla olmaması gerekmektedir.

Denk.(8.3)'de

ρ , boyuna donatı oranıdır.

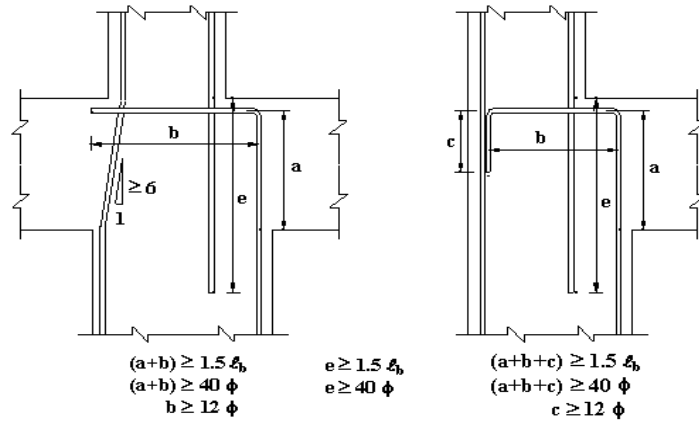
Kolonların üst kattaki boyutları özel durumlar haricinde alt kattakilere göre daha küçük olmamalıdır. Bu nedenle boyuna çubukların montaj öncesinde bükülmesi tavsiye edilmektedir. Bu şekilden doğacak yatay kuvvet etkilerine karşı koyulabilmesi amacıyla ek etriyeler ile sarılması büyük fayda sağlayacaktır.

Eğer alt kattan üst kata geçilirken kolon boyutlarında ki küçülme çok büyük ise alt kat boyuna donatıların üste geçmesi için bu şekilde bükülmesi mümkün olmayacaktır. Bu durumda alt kat kolonun donatısı kirişin içine bükülerek bitirilir ve üst kattaki kolon için kendi donatısı kadar filiz bırakılır. Alt kat kolonundan gelen boyuna donatıların kirişin içine Şekil 8.3(d)'de kesikli çizgi ile gösterildiği gibi uzatılır ise kolonun boyuna donatıları mesnetteki negatif momenti de almış olacaktır Aka ve diğ. (1999).

Aynı çözüm yolu üst kat kolonlarının donatılarının alt kat kolon donatılarından fazla olduğu durumlar için geçerli olabilmektedir.

A.B.Y.Y.H.Y.'de katlar arası boyuna donatı geçişi ile ilgili aşağıdaki kısıtlar belirtilmektedir.

Katlar arasında kolon kesitinin değişmesi durumunda, boyuna donatının kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde düşeye göre eğimi $1/6$ 'dan daha fazla olmaması gerekmektedir. Şekil 8.4'te bu durum görülebilmektedir. Kesit değişiminin daha fazla olması durumunda veya en üst kat kolonlarında; alttaki kolonun boyuna donatısının karşı taraftaki kirişin içindeki kenetlenme boyu, TS 500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu l_b 'nin 1.5 katından ve 40ϕ 'den daha az olmaması gerekmektedir. Karşı tarafta kiriş bulunmadığı durumlarda kenetlenme, gerekirse kolonun karşı yüzünde aşağıya doğru kıvrım yapılarak sağlanması gerekmektedir. 90 derecelik yatay kancanın veya aşağıya kıvrılan düşey kancanın boyu en az 12ϕ olması gerekmektedir. Yan yana boyuna donatılarda yapılan manşonlu veya kaynaklı eklerin arasındaki boyuna uzaklık 600 mm 'den az olmaması gerekmektedir.



Şekil 7.2

Şekil 8.4 Katlar arasında boyuna donatı detayı (A.B.Y.Y.H.Y,1998).

Etriyeli kolonlarda her dış köşede en az bir boyuna çubuk bulundurulmalıdır. Fretli kolon en kesitinde ise en az 6 boyuna çubuk bulundurulmalıdır. Kolonlarda, boyuna donatı çubuğu $\phi 14$ 'den küçük olmaması gerekmektedir. (TS 500, 2000)

Aynı zamanda yönetmelikçe belirtilmemiş olmasına rağmen 26 mm 'den daha kalın boyuna donatı çubuğunun kullanılması uygun görülmemektedir. Aka ve diğ., (1999)

8.2.3 Enine Donatı Koşulları

Yönetmelik ve standartlarda kolonların boyuna donatılarını kuşatan, etriyeler için bazı koşullar yer almaktadır. Bu koşullara yer vermeden önce bunların amacını belirtmek gerekmektedir.

Enine donatıların daha öncede belirtildiği gibi bazı görevleri vardır. Bunların bazılarının tekrar belirtilmesi gerekmektedir.

- i) Boyuna donatıların beton dökülmesi esnasında yerinde tutulmasını sağlamaktadır.
- ii) Boyuna donatının burkulma boyunu azaltmayı sağlamaktadır.
- iii) Kolon içinde bulunan betonun sünekliğini artırmak ve bazı durumlarda beton basınç dayanımını artırmaktadır.
- iv) Kolonda çeşitli yüklemelerden kaynaklanacak kesme kuvvetine karşı koyabilmektedir.

Genel olarak bakılırsa; etriyelerin kolonda yerleştirilme aralığı ne kadar sık ve enine donatının çapı ne kadar kalın olursa yukarıda sayılmış olan görevleri o kadar mükemmel olarak yerine getirelebilmektedir.

/

Şekil 8.5 Enine donatının miktar ve yerinin betona verdiği yanal basınç dağılımı üzerindeki etkisi

Şekil 8.5'te enine donatının miktar ve yerinin betona sağladığı yanal basınç dağılımı, üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekil 8.5(a)'da etriyelerin betona sağladığı yanal basıncın dağılımı gösterilmektedir. Şekil 8.5(b)'de çirozlarla yanal basıncın eşit yayılı dağılıma yaklaştırılması ve Şekil 8.5(c)'de çok sayıda çirozlarla yanal basınç dağılımının eşit yayılı duruma geldiği gösterilmektedir.

Kolonların uçlarında etriye sıklaştırması yapmak kaçınılmazdır. Kolon etriyeleri ile ilgili olarak hesap yapılmaksızın pratikte kullanılabilecek olan etriye kolon orta bölgesinde 20 cm aralıklarla 8 mm'lik ve kolon sarılma bölgesinde yaklaşık 520 cm'lik bölümünde 10 cm aralıklarla 8 mm'lik etriye kullanılması tavsiye edilmektedir. Amerika ve Japonya da uygulaması yapılan etriyelerin minimum değeri 9.5 mm'dir (Bayülke, 2001).

Şekil 8.6'da etriye sıklaştırması yetersiz, kolon donatılarının burkulduğu görülmektedir. Şekil 8.6(b) ODTÜ'de yapılmış deneyin sonucu gösterilmektedir Ersoy ve Özcebe (2001).

/

Şekil 8.6 Kolon boyuna donatısında meydana gelen burkulma

TS 500'e göre enine donatı ile ilgili olarak aşağıdaki kısıtlamalar getirilmektedir.

Enine donatı çubuk çapı, en büyük boyuna donatı çapının üçte birinden az olmaması gerekmektedir. Enine donatı aralığı da en küçük boyuna çubuk çapının 12 katından ve 200 mm'den fazla olmaması gerekmektedir. Dikdörtgen kesitli kolonlarda, etriye veya aynı aralıkta çirozla tutulmuş olan boyuna donatı çubukları arasındaki uzaklık 300 mm'den fazla olmaması gerekmektedir. (TS 500,2000)

Fretli kolonlarda kullanılan sürekli enine donatının daha önce de belirtildiği gibi betonun basınç dayanımının artırmaktadır. Enine donatının bu şekilde sürekli olarak boyuna donatıyı sarması olayına fretaj denilmektedir.

Uygulanabilecek fretaj çeşitlerine Şekil 8.7'de çeşitli örnekler verilebilmektedir.

Şekil 8.7 Sürekli enine donatı örnekleri

Fretaj betona yanal basınç vermekte ve bu işi basit etriyelere göre çok daha mükemmel yapmaktadır. Fretaj donatıdaki çekme dayanımı ile betonu sarmaktadır. Buna karşılık boyuna donatıları tek tek saran etriye kolları düzlemine dik yönde etkiyen kuvvetler altında eğilme ile zorlanmaktadır

A.B.Y.Y.H.Y.'de enine donatılara aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir

A.B.Y.Y.H.Y.'ğin 7.3.7.6 numaralı maddesinde belirtilen elverişsiz bir durum elde edilmedikçe, kolonlarda kullanılacak minimum enine donatıya ilişkin koşullar, kolon sarılma bölgeleri ve kolon orta bölgesi için aşağıda belirtilmiştir. Tüm kolonlar boyunca özel deprem etriyeleri ve çirozları kullanılacaktır.

Her bir kolonun alt ve üst uçlarında özel sarılma bölgeleri oluşturulması gerekmektedir. Sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, döşeme üst kotundan yukarıya doğru veya kolona bağlanan en derin kirişin alt yüzünden başlayarak aşağıya doğru ölçülmek üzere, kolon kesitinin büyük boyutundan (dairesel kesitlerde kolon çapından), kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından ve 500 mm'den az olmaması gerekmektedir. Sarılma bölgelerinde kullanılacak enine donatıya ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir. Bu donatılar temelin içinde de, en az kolonun dar kenar boyutunun iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilmesi gerekmektedir.

Sarılma bölgelerinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmaması gerekmektedir. Kolon boyunca etriye ve çiroz aralığı en küçük en kesit boyutunun 1/3'ünden ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye çapının 25 katından fazla olmaması gerekmektedir. Sürekli dairesel spirallerin adımı, göbek çapının 1/5'inden ve 80 mm'den fazla olmayacaktır.

Etriye kolonlarda $N_d > 0.20.A_c.f_{ck}$ olması durumunda sarılma bölgelerindeki minimum toplam enine donatı alanı, Denk.(8.5)'de verilen koşulların elverişsiz olanını

sağlayacak şekilde hesaplanması gerekmektedir. Bu hesapta kolonun çekirdek boyutu b_k , her iki doğrultu için ayrı ayrı göz önüne alınması gerekmektedir.

$$A_{sh} \geq 0.30 s b_k [(A_c / A_{ck}) - 1] (f_{ck} / f_{ywk}) \quad (8.5a)$$

$$A_{sh} \geq 0.075 s b_k (f_{ck} / f_{ywk}) \quad (8.5b)$$

Spiral donatılı kolonlarda $N_d > 0.20 A_c f_{ck}$ olması durumunda sarılma bölgelerindeki enine donatının minimum hacimsel oranı, Denk.(7.2)'deki koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.

$$\rho_s \geq 0.45 [(A_c / A_{ck}) - 1] (f_{ck} / f_{ywk}) \quad (8.6a)$$

$$\rho_s \geq 0.12 (f_{ck} / f_{ywk}) \quad (8.6b)$$

Denk.(8.5) ve (8.6)'da,

A_{sh} ; s etriye aralığına karşılık gelen yükseklik boyunca, kolonda tüm enine donatıların en kesit alanı değerleri,

A_c , kolonun brüt en kesit alanı

A_{ck} , sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

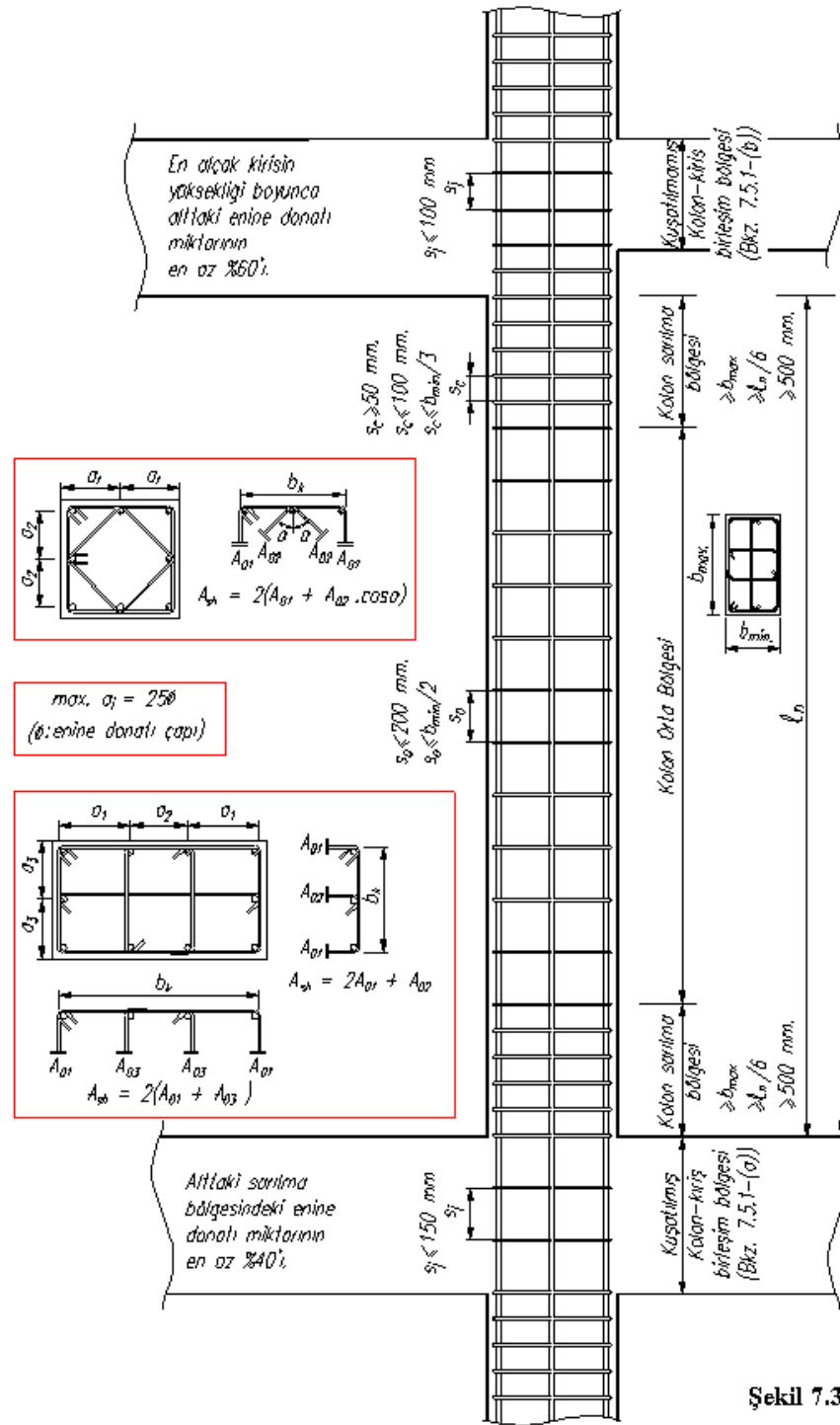
f_{ywk} , enine donatının karakteristik akma dayanımı,

ρ_s , Kolonda spiral donatının hacimsel oranıdır.

$N_d \leq 0.20 A_c f_{ck}$ olması durumunda, kolon sarılma bölgelerinde Denk.(8.5) ve Denk.(8.6) ile verilen enine donatıların en az 2/3'ü, minimum enine donatı olarak kullanılması gerekmektedir.

Kolon orta bölgesi, kolonun alt ve üst uçlarında tanımlanan sarılma bölgeleri arasında kalan bölgedir. Şekil 8.8'de bu bölge gösterilmektedir. Kolon orta bölgesinde Ø8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmaması gerekmektedir. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük en kesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den daha fazla olmaması gerekmektedir. Kolon sarılma bölgesine konulan enine donatı, aşağıdaki durumlarda kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilmelidir.

- (a) A.B.Y.Y.H.Y.'ğın 6.3.2 numaralı maddesinde tanımlanmış olan B1 türü düzensizlik durumunda, dayanım düzensizliği katsayısının 0.60 ila 0.80 arasında değiştiği katta yer alan bütün kolonlar,
- (b) A.B.Y.Y.H.Y.'ğın 6.3.2 numaralı maddesinde tanımlanmış olan B3 türü düzensizlik durumunda üst katlardaki perdelerin altta oturtulduğu kolonlar. (Ayrıca bu durumda enine donatı, perde içine kenetlenme boyu kadar uzatılan kolon donatıları boyunca devam ettirilecektir). (ABYYHY, 1998)



Şekil 7.3

Şekil 8.8 Kolonlar için öngörülen minimum koşullar

Farklı enine donatı düzenleme şekilleri Şekil 8.9'da görülebilmektedir.

/

Şekil 8.9 Etriye düzenlemeleri

/

Şekil 8.10 Enine donatı düzenlemesi için farklı örnekler

Şekil 8.12’de enine donatı düzenleme için farklı örnekler bulunmaktadır. Farklı enine donatı düzenleme şekilleri ve ACI-315’te tavsiye edilen çeşitli donatı düzenleme şekilleri Ek D’de görülebilmektedir.

8.3 Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar İçin Özet Minimum Koşullar

- a) Kolon boyuna donatısında yapılacak ekler oldukça kolon orta bölgesinde yapılmalıdır. Donatı çapı 26 mm veya daha küçükse, ekler bindirmeli olarak yapılabilir.
- b) Bindirmeli ekler kat düzeyinde yapılıyor ve boyuna donatının en fazla %50'si aynı kesitte ekleniyorsa, bindirme boyu en az $1.25.l_b$ olmalı ve bindirme boyunca sargı donatısı bulunmalıdır. Sargı donatısı aralığı, en küçük kesit boyutunun 1/3'ünden ve 100 mm'den fazla olmamalıdır.
- c) Boyuna donatının tamamı kat düzeyinde bindirilerek ekleniyorsa, bindirme boyu en az $1.5.l_b$ olmalı ve ek boyunca sargı donatısı bulundurulmalıdır.
- d) Kolon boyuna donatısındaki bindirmeli ekler kat düzeyinde yapılır ve gereği gibi sarılmaz ise burada zayıf bir kesit oluşturulmuş olur.
- e) Depreme dayanıklı yapılarda kolon kesit boyutları yapı boyunca olabildiğince az değiştirilmelidir.
- f) Katlar arasında kolon kesitinin değişmesi durumunda, boyuna donatının kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde düşeye göre eğimi, 1/6'dan fazla olmamalıdır. Aksi durum için çözümler yukarı da belirtilmiştir.
- g) Kolon sarılma bölgesindeki boyuna donatılar, özel etriye ve çirozlarla sarılmalıdır.

Her yapı elemanında olduğu gibi, kolonlarda da boyutlar ve donatı açısından öngörülen koşullara uymak ve yapımda gereken titizliği göstermek, en az hesaplar kadar önemlidir. Bu konuda kolonlar için diğer yapı elemanlarına oranla daha titiz davranmak gerekmektedir. Çünkü bir kolonun göçmesi, tüm yapının tamamen göçmesi ile sonuçlanabilmektedir.

Deprem esnasında göçen yapıların, büyük bir çoğunluğunun aşağıda sayılacak nedenler dolayısıyla göçtüğü belirlenmiştir.

- a) Yetersiz en kesit boyutları.
- b) Yetersiz sargı donatısı.
- c) Boyuna donatıda yapılan bindirmeli eklerde bindirme boyunun yetersizliği.
- d) Beton dayanımının öngörülenden daha düşük olmasıdır.

Kolonlar için TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y’de yer alan koşullar Şekil 8.13 ve Tablo 8.1’de özetlenmiştir. Tablo 8.1’de bulunan simgeler Şekil 8.13’te tarif edilmiştir Ersoy ve Özcebe (2001).

/

Şekil 8.11 Kolonlar için kritik bölgeler

Tablo 8.1 Kolonlar için A.B.Y.Y.H.Y.’ğe ve TS 500’e göre minimum koşullar

/

8.4 Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar

8.4.1 En kesit ve Boyuna Donatı Koşulları

En kesit boyutlarına ve boyuna donatıya ilişkin koşullar, süneklilik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir. Boyuna donatının düzenlenmesine ilişkin olarak süneklilik düzeyi yüksek kolonlar için belirtilen koşullar süneklilik düzeyi normal olanlar içinde geçerlidir. Ancak boyuna donatıların bindirmeli eklerinin kolon alt ucunda yapılması halinde, süneklilik düzeyi yüksek kolonlarda sarılma bölgeleri için tanımlanan enine donatının ek boyunca da konulması koşulu aranmamaktadır.

Boyuna donatı bindirmeli eklerinin kolon alt ucunda yapılması durumunda, ek boyunca süneklilik düzeyi normal kolonlarda sarılma bölgesi için tanımlanan minimum enine donatı kullanılması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

8.4.2 Enine Donatı Koşulları

Kolonlarda kullanılacak minimum enine donatıya ilişkin koşullar, kolon sarılma bölgeleri ve kolon orta bölgesi için verilmiştir. Tüm kolon bölgelerinde özel deprem etriyeleri ve özel deprem çirozları kullanılması gerekmektedir.

Süneklilik düzeyi yüksek kolonlar için tanımlanan sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, süneklilik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Türkiye'nin hemen hemen tamamı deprem bölgesinde bulunduğu için, TS 500 sınırlamasına ancak deprem dayanımına katkıda bulunmayan çerçeve kolonları için geçerlidir.

9. KİRİŞLER

9.1 Süneklilik Düzeyi Yüksek Kirişler

Kirişler betonarme taşıyıcı sistemlerde, döşemelere mesnetlik yaparak döşemelerden gelen yükleri kolonların aracılığı ile temellere, aktarılmasına yardımcı olan yatay taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Bununla beraber kirişler kolonları yatayda bağlayarak taşıyıcı çerçeve sistemi oluşturmaktadırlar. Kirişlere uygulanan düşey ve yatay yükler nedeniyle eğilmeye çalışırlar, buna ek olarak kesme kuvvetine de maruz kalmaktadırlar. Yükleme ve sistemi oluşturan elemanların düzenlenmesine bağlı olarak burulma ve eksenel kuvvet etkisine de maruz kalabilmektedirler.

9.1.1 Kirişlerde Uyulması Gereken Genel Kurallar

Kirişlerin tasarımında göz önünde bulundurulması gerekli olan en önemli husus, depremin yarattığı enerjinin kiriş uçlarında mafsallaşma oluşması yoluyla tüketilmesi gerektiğidir. Düşey yükler altında kiriş ortasında (+), uçlarında ise (-) işaretli momentler oluşmaktadır. Deprem kuvvetleri altında ise kirişlerde bir uçta (+) diğer uçta (-) momentler oluşmaktadır. Depremde gelen yatay yükün yönü değişince bir önceki aşamada (+) moment olan kiriş ucunda bu kez (-) moment olmaktadır. Deprem ve düşey yük momentleri birleştirilince kiriş uçlarında negatif ya da pozitif momentler oluşabilecektir. Kiriş uçlarında birbirlerine yakın büyüklüklerde tersinir momentlerin oluşması, bu bölgelerde (kiriş uçlarında) her iki yöndeki moment taşıma gücünün birbirine yakın olmasını gerektirmektedir.

Şekil 9.1 Yön değiştiren depremde iç aks kolon kiriş birleşiminde kirişlerde olan çatlamlar

Şekil 9.1’de tersinir deprem etkileri altındaki kırılma şekilleri görülmektedir. Bu duruma, deprem yönetmeliği aşağıdaki koşul ile çözüm getirmiştir.

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki taşıyıcı sistemlerde, kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının %50’sinden daha az olmaması gerekmektedir. Ancak, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde bu oran %30’a indirilebilmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Şekil 9.1’de de görülebileceği gibi, depremde kiriş uçlarında (+) momentler de oluşmaktadır. Bu nedenle sadece düşey yükler göz önüne alınarak kiriş mesnetlerinin (-) moment için tasarımı tehlikelidir. Şekil 9.2, mesnette deprem etkisi ile oluşan pozitif momentin yarattığı tehlike görülmektedir.

/

Şekil 9.2. Kiriş mesnedinde depremde oluşan pozitif moment altında kırılma

Donatıların uygun yerleştirilmesi, donatı krokilerinin açık ve hesaplarda yapılmış olan kabulleri gerçekleştirecek durumda çizilmesi gerekmektedir. Donatı kalıp içinde tamamlandığına göre, donatı öngörülen konumunu beton döküldükten sonra da korumalıdır. Bunun için hesaplarda bulunmuş olan donatıya ilaveten montaj donatıları, aralıkların sabit kalmasını sağlayacak elemanlar, etriyeler ve çeşitli ek donatılar, gerekli olan yerlere yerleştirilmelidir. O halde kiriş kesitlerinde oluşacak etkilerin hesaplanması ve bunlara uygun donatıların seçilmesi, ancak konstrüktif kurallara uyulması halinde anlamlı olmaktadır.

Depremde gerilme yığılmalarının yoğun olduğu bölgeler olan mesnet bölgelerinde betonun sünekliğinin ve dayanımının artırılması için etriyelerin sıklaştırılması, geniş kirişlerde etriye kol sayısının artırılarak iç çatlaklarının sınırlandırılması ve kirişin her kesitinde bir minimum pozitif ve negatif moment kapasitesinin sağlanması için donatı oranları üzerine konulan sınırlar da, yukarıda bahis edilmiş olan konstrüktif kurallar kapsamına girmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

9.1.2 Kirişlerde En Kesit Koşulları

Kirişler, en kesit açısından kolonlara göre çok daha farklı en kesit şekillerinde olabilmektedirler. Bunun nedeni kirişlerin, mesnetlerini teşkil ettiği döşemelerle beraber dökülmesi sonucunda meydana gelen monolitik yapı olmasıdır. Dolayısıyla betonarme yapılarda çift taraflı tablalı yada tek taraflı tablalı kesitler görülmektedir. Temellerde daha çok yamuk kesitler, çatı mahya aşıklarında ve silolarda üçgen veya üçgen ve dikdörtgen birleşimli kesitler oluşmaktadır. Proje aşamasında kirişlerin boyutlarına gerekli önem gösterilmelidir. Derinliği az, genişliği büyük olan kirişlerden kaçınılmalıdır. Derinliği az olan kirişler, rijitliği azaltarak ikinci merteye etkilerini artırarak yapının yıkılmasını kolaylaştırırlar. Bu nedenle kiriş genişliğinin sınırlandırılması gerekmektedir. Kiriş genişliği, bağlandığı kolonun genişliği ve kolonun kiriş doğrultusunda ki derinliğinin yarısının toplamından yada kolon genişliğinin 2 katından daha büyük olmaması tavsiye edilmektedir (Bayülke, 2001).

TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y.'de ise bu duruma aşağıdaki gibi yer verilmiştir;

a) Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olması gerekmektedir. Bu değer TS 500'e göre 200 mm'dir. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmemesi gerekmektedir. A.B.Y.Y.H.Y.'de "a" mesnet genişliği; "h" kiriş yüksekliği; "b_w" kiriş gövde genişliği olmak üzere; Denk.(8.1) koşulu sağlanması gerekmektedir. Şekil 8.1'de de bu durum görülebilmektedir (TS 500, 2000).

$$b_w \leq a + h_c \quad (9.1)$$

/

Şekil 9.3 Kiriş kesit boyutları

b) Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3,5 katından daha fazla olmaması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

c) Kiriş yüksekliği, serbest açıklığın $\frac{1}{4}$ 'ünden daha fazla olmaması gerekmektedir. Aksi durumlarda kiriş gövdesinin her iki yüzüne, kiriş yüksekliği boyunca gövde donatısı konulması gerekmektedir. Toplam gövde donatısı alanı, sağ veya sol mesnet kesitlerinde üst ve alt boyunca donatı alanları toplamının en büyüğünün %30'undan daha az olmaması gerekmektedir. Gövde donatısı çapının minimum değeri 12 mm olup aralığı ise 300 mm'den fazla olmaması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

d) Kiriş genişliği ve yüksekliği ile ilgili olarak yukarıda belirtilen sınırlamalar, kolonlara mafsallı olarak bağlanan betonarme ya da ön gerilmeli prefabrike kirişler, bağ kirişli (boşluklu) perdelerin bağ kirişleri ve çerçeve kirişlerine kolon-kiriş düğüm noktaları dışında saplanan ikincil kirişler için geçerli değildir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Kiriş olarak boyutlandırılıp donatılacak taşıyıcı sistem elemanlarında, tasarım eksenel basınç kuvvetinin $N_d \leq 0.1 A_c f_{ck}$ koşulunu sağlaması zorunludur. Aksi durumda, bu elemanlar kolon olarak boyutlandırılıp donatılacaktır.

Donatı üzerinde aderansı sağlamaya ve beton çeliğini korozif etkilere karşı korumaya yeterli bir beton örtüsünün mevcudiyetinin zorunluluğuna daha önceki konularda dikkat çekilmiş idi. Kirişlerde net beton örtüsü, özel yapılar dışında, dıştaki elemanlarda 25mm'den içteki elemanlarda 20 mm'den daha az olmamalıdır. Elverişsiz çevre koşulları durumunda ve daha fazla yangın güvenliği gerektiren durumlarda bu değer artırılması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Dış ülkelerde, donatıların korozyona uğramasını engelleyen birtakım kimyasalların kullanılması şartıyla, beton örtü tabakasının kalınlığı azaltılmaktadır (Barker, 1967).

9.1.3 Donatı Yerleştirme Koşulları

Kirişlerde kullanılan başlıca donatılar; eğilme, kayma ve etriyelerin tutunabilmesi için gerekli olan montaj donatıları olarak bilinmektedir. Kirişlerde donatı oranının çok küçük olması, donatısız kiriş gibi çok gevrek olmasına neden olmakta ve buna karşılık donatı oranının aşırı derecede fazla olması ise kirişi denge üstü duruma getirip yine gevrek kırılmasına sebep olmaktadır. Kirişlerde gevrek kırılmanın

önlenmesi ve göçme durumunun büyük şekil değiştirmeler sonucu ortaya çıkmasını sağlamak amacı esasına dayalı olarak yönetmeliklerde maksimum ve minimum donatı oranlarına yer verilmektedir. Gevrek kırılmanın engellenmesi durumu yapı elemanlarının sünek olmasının sağlanması ile mümkün olmaktadır.

Kirişlerde mesnet bölgelerine konulması gerekli olan donatılar çoğu hallerde donatı sıkışıklığına neden olabilmektedirler. Şekil 9.4'te bu durum görülmektedir. Bunun yerine Şekil 9.4(b)'de görülen donatı yerleştirme şekli izlenmelidir.

/

Şekil 9.4 a Negatif moment altında beton dökümünü zorlaştıran sıkışık donatı düzeni

/

Şekil 9.4 b Negatif moment altında donatı sıkışıklığını önleyen donatı düzeni

Döşemelerin “t” döşeme kalınlığı olmak üzere 4.t kadar bölümü negatif moment altında kirişle beraber çalışmakta, döşeme donatıları kiriş donatısı gibi moment aktarabilmektedir. Böylelikle negatif moment bölgesinde donatıların arasında yeterli kalınlıkta bir beton bölümü olacaktır. Sonuç itibarıyla üst donatıları karışıklığa meydan vermeyecek şekilde kirişin yüzünden itibaren diğer tarafa doğru, 4.t kadar mesafede donatıların yerleştirilmiş olması tavsiye edilmektedir (Bayülke, 2001).

9.1.3.1 Eğilme ve Basınç Donatı Koşulları

TS 500'de kirişlerde kullanılacak donatı aralıkları ile ilgili olarak aşağıdaki kısıtlamalar verilmiştir;

Kirişlerde sıra içinde veya sıralar arasında donatı çubukları arasında kalan net aralık, 25 mm'den ve donatı çapından ve en büyük agrega boyutunun 4/3'ünden az olmamalıdır. Demet donatı kullanıldığında anma çapı Ø esas alınmalıdır. Birden fazla sıra oluşturulduğunda, üst üste çubuklar aynı hizaya getirilmelidir. Özellikle mesnetlerin üst kısmında, betonun dökülmesi ve de vibratör sokularak betonun

sıkıştırılabilmesi için vibratör çapından 1.5-2.0 cm daha büyük bir aralık bırakılması tavsiye edilmektedir. Bunun için bir kısım donatı yukarıda da bahis edildiği üzere ikinci sıraya alındıktan sonra da, döşeme plağıyla beraber dökülen kirişlerin mesnetleri için gerekli ek donatı bu plak içine de yerleştirilmektedir Aka ve diğ. (1999).

Kiriş mesnetlerinde üstteki çekme donatısının minimum oranı için Denk.(9.2)'de verilen koşula uyulması gerekmektedir.

$$\rho_{\bar{u}} \geq f_{ctd}/f_{yd} \quad (9.2a)$$

Kirişlerde çekme donatısı oranı için, Denk.(8.3)'de verilen koşulun sağlanması gerekmektedir.

$$\rho = A_s / b_w \cdot d \geq \rho_{\min} = 0,8 \cdot (f_{ctd}/f_{yd}) \quad (9.2b)$$

Kirişlerde çekme ve basınç donatı oranları farkı, dengeli donatı oranının 0,85 katından fazla olmaması gerekmektedir

$$\rho - \rho' \leq \rho_{\max} = 0,85 \cdot \rho_b \quad (9.2c)$$

Denk.9.2'de;

$\rho_{\bar{u}}$, kiriş mesnedinin üstteki çekme donatısı oranı,

f_{ctd} , Betonun tasarım eksenel çekme dayanımı,

f_{yd} , Boyuna donatı tasarım akma dayanımı,

ρ , kirişte çekme donatısı oranı,

ρ' , kirişte basınç donatısı oranı

ρ_b , kirişte dengeli donatı oranıdır.

Ayrıca açıklık ve mesnetlerde ki çekme donatısı oranı $\rho \leq 0,02$ değerini geçmemesi gerekmektedir. (TS 500, 2000)

Boyuna donatıların çapı, 12 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. Kirişin alt ve üstünde en az iki donatı çubuğu kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunması gerekmektedir. (A.B.Y.Y.H.Y., 1998).

TS 500'de de donatı çapının en az 12 mm olması gerektiği belirtilmektedir.

Gövde yüksekliği fazla olan kirişlerde basınç ve çekme bölgeleri arasına düz donatı çubukları yerleştirilmelidir. Gövde donatıları, rötire çatlaklarına karşı önlem olarak alındığı için, bunlara rötire donatısı adı da verilmektedir. Gövde donatısı rötreden başka eğilme çatlaklarının da, çekme donatısı üzerinde birleşerek genişliklerinin kısıtlanmasını sağlamaktadır. Toplam gövde alanı, sağ veya sol mesnet kesitlerinde üst ve alt boyuna donatı alanlarının toplamının en büyüğünün % 30'dan daha az olmamalıdır. Gövde donatısı çapı 12 mm'den az, aralığı ise 300 mm'den fazla olmamalıdır (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

TS 500'de ise gövde donatısı ile ilgili olarak aşağıdaki kısıtlamalar bulunmaktadır.

Gövde yüksekliği 600 mm'den büyük olan kirişlerde, en az $A_{sl}=0,001.b_w.d$ ile belirtilen miktar kadar gövde donatısı bulundurulması gerekmektedir. Bu gövde donatısı, gövdenin iki yüzünde eşit olarak, en az 10 mm çaplı çubuklardan ve çubuk aralığı 300 mm'yi geçmeyecek biçimde düzenlenmektedir (TS 500, 2000).

9.1.4 Boyuna Donatıların Düzenlenmesi ile İlgili Kurallar

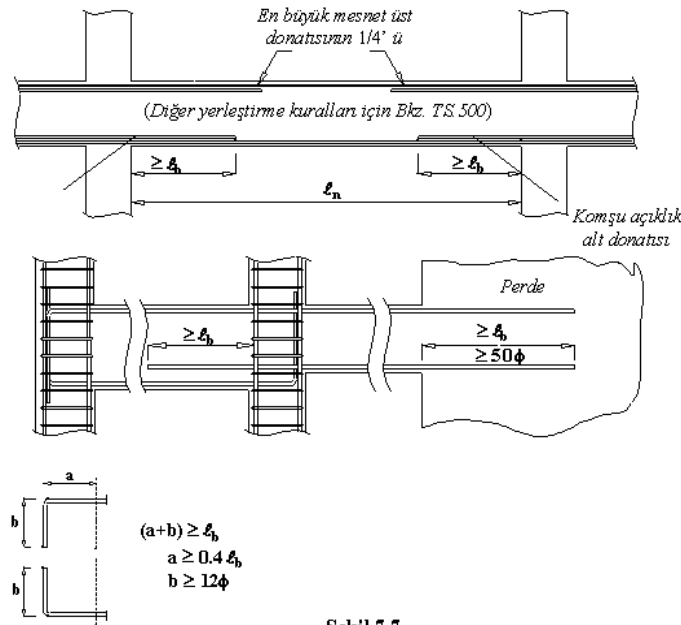
Deprem esnasında yukarıda da bahis edildiği gibi mesnetlerde oluşacak momentlerin yönleri değişebilmektedir. Arzu edilen tasarım şekli, taşıyıcı sistemin deprem etkisi altında toptan göçme olmadan, büyük şekil değiştirme yapabilme kapasitesine sahip olmasıdır. Sonuç olarak donatı düzenleme kurallarına kesinlikle uyulması gerekmektedir. Aşağıda bu doğrultuda bazı kurallar sıralanmıştır;

(a) Kirişin iki ucundaki mesnet üst donatılarının büyük olanının en az 1/4'ü tüm kiriş boyunca sürekli olarak devam ettirilmesi gerekmektedir. Mesnet üst donatısının geri kalan kısmı, TS 500'e göre düzenlenmesi gerekmektedir.

(b) Kolona birleşen kirişlerin kolonun öbür yüzünde devam etmediği durumlarda kirişlerdeki alt ve üst donatı, kolonun etriyelerle sarılmış çekirdeğinin karşı taraftaki yüzeyine kadar uzatılıp etriyelerin iç tarafından 90 derece bükülmesi gerekmektedir. Bu durumda boyuna donatının kolon içinde kalan yatay kısmı ile 90 derece kıvrılan düşey kısmının toplam uzunluğu, TS-500'de öngörülen düz kenetlenme boyu λ_b 'den az olmamalıdır. 90 derecelik kancanın yatay kısmı $0.4\lambda_b$ 'den, düşey kısmı ise $12.\varnothing$ 'den az olmaması gerekmektedir.

(c) Her iki taraftan kirişlerin kolonlara birleşmesi durumunda, kiriş alt donatıları, kolon yüzünden itibaren komşu açıklığa en az TS-500'de verilen kenetlenme boyu l_b kadar uzatılması gerekmektedir. Kirişlerdeki derinlik farkı gibi nedenlerle bu olanağın bulunmadığı durumlarda kenetlenme, yukarıdaki (b) paragrafına göre kirişin kolonun öbür yüzünde devam etmediği durumlar için tanımlanan biçimde yapılması gerekmektedir.

(d) Perdelere kendi düzlemleri içinde bağlanan kirişlerde boyuna donatıların kenetlenmesi, kanca yapılmaksızın düz olarak sağlanabilmektedir. Bu durumda donatının perde içindeki kenetlenme boyu l_b 'den ve 50ϕ 'den az olmaması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).



Şekil 7.7

Şekil 9.5 Kirişlerde boyuna donatılar için kısıtlamalar (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Boyuna donatıların yerleştirilmesi ve kenetlenmesi ile ilgili koşullar Şekil 9.5'te gösterilmiştir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

9.1.4.1 Boyuna Donatıların Eklenmesi ile İlgili Koşullar

Kirişlerin, çekme gerilmelerinin yoğun olduğu bölgelerde ve yönleri değişebilen tersinir momentlerin etkidiği yerlerde donatılara ek yapmaktan kaçınılmalıdır. Ancak büyük açıklıklarda bu durumdan kaçınılmaz. O halde ekler kesit zorlarının çok

büyük olmadığı yerlerde yapılması gerekmektedir. Bunun için ise yapı elemanlarında, çeşitli yükler altında oluşacak gerilme durumları ve mukavemet halleri bilinmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra kayma gerilmelerinin yoğun olduğu bölgelerde donatılarda ek yapmaktan kaçınılmalıdır. Açıklıktaki çekme donatısının, en az üçte birinin mesnede kadar uzatılıp kenetlenmesi gerekmektedir (TS 500, 2000).

Basınç ve çekme donatısının kenetlenme ve eklenmesinde taşınan kuvvetin betona ve oradan da diğer donatı çubuğuna aktarılması yani aderansın temin edilmesi ve gerekli kenetlenme boylarının sağlanması için aderans ve kenetleme ile ilgili daha önceki konularda değinilmiş kurallara uyulması gerekmektedir. Montaj donatılarının ekleri mesnet bölgelerinde yapılmamalıdır. Yukarıda anlatıldığı gibi mesnet bölgelerinde zaten çok fazla olan donatı miktarı daha da fazla artırılmış olacaktır.

Aşağıda, A.B.Y.Y.H.Y.'ğe paralel olarak boyuna donatıların eklenmesine ilişkin koşullar sıralanmaktadır.

a) Kiriş sarılma bölgeleri, kolon-kiriş birleşim bölgeleri ve açıklık ortasında alt donatı bölgeleri gibi, donatının akma durumuna ulaşma olasılığı bulunan kritik bölgelerde bindirmeli ek yapılmamalıdır. Bu bölgeler dışında bindirmeli eklerin yapılabileceği yerlerde, ek boyunca özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Bu etriyelerin aralıkları kiriş derinliğinin 1/4'ünü ve 100 mm'yi aşmamalıdır.

b) Daha önceki bölümlerde açıklanmış olan manşonlu ekler veya bindirmeli kaynak ekleri, bir kesitte ancak birer donatı atlayarak uygulanması ve birbirine komşu iki ekin merkezleri arasındaki boyuna uzaklık 600 mm'den daha az olmaması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

9.1.5 Enine Donatıların Düzenlenmesi ile İlgili Kurallar

Kirişlerde kesme kuvveti etkisine karşı önlem etriye ve pilyelerle sağlanabilmektedir. Kesme dayanımını sağlayabilmek için bireysel çubuklar (düşey ve yatay etriye, firkete, çiroz, vb.) ve hasır donatı kullanılmaktadır.

Deprem bölgelerinde veya dinamik yüklerin etkin olduğu yapıların kirişlerinde, betonun kesme dayanımının ihmal edilmiş olması, yerinde ve güvenlik açısından uygun bir yaklaşımdır. Kesme dayanımında, pilye katkısı ihmal edilmelidir (TS 500, 2000).

Kesme kuvveti etkisine karşı dayanım, sadece etriyelerle temin edilirken sadece pilye kullanımı sayesinde kesme kuvvetine karşı dayanım sağlanmasına izin verilmemektedir. Kesme kuvveti, dolayısıyla kiriş boyunca yayılı olarak ortaya çıkmış olan etkilerin karşılanabilmesi için yayılı olarak yerleştirilecek donatı olan etriyenin kullanılması zorunlu olmaktadır. Şekil 9.6'da çeşitli etriye şekilleri görülebilmektedir.

/

Şekil 9.6 Çeşitli enine donatı örnekleri

Kirişlerde etriyelerin yerleştirilme aralıklarına karar verecek olan proje mühendisinin esas aldığı nokta kirişlerdeki kesme kuvveti diyagramıdır. Proje mühendisi, yaptığı hesaplamalar sonucunda etriye çapını ve etriyenin hangi aralıklarla yerleştirmesi gerektiğini tespit etmelidir. Kirişin kesme kuvveti diyagramında tam orta noktada kesme kuvvetinin değeri sıfırdır. Buradan hareketle; teorik olarak kirişin tam orta noktasında, kesme donatısına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle mesnetlere yakın bölgelerde etriyelerin sıklaştırılması gerekmektedir. (Barker, 1967)

9.1.5.1 Enine Donatı Aralığı

TS 500'e göre etriye aralığı kiriş faydalı yüksekliğinin yarısından fazla olmaması gerekmektedir. Ayrıca, özel olarak V_d ; tasarım kesme kuvveti ve V_{cr} ; kesitin kesmede çatlama dayanımı olmak üzere $V_d \geq 3.V_{cr}$ olan durumlarda, etriye aralığı yukarıda belirtilen değerin yarısını aşmaması gerekmektedir. Bu durumda Denk.(9.3) eşitsizliği geçerli olmaktadır. Çerçeve kirişlerinin uçlarında kiriş derinliğinin iki katı kadar olan bölgede; etriye aralığı aşağıdaki koşulları sağlaması gerekmektedir.

$$s \leq d/4 \quad (9.3a)$$

$$s \leq 8.\phi_j \quad (9.3b)$$

$$s \leq 150 \text{ mm} \quad (9.3c)$$

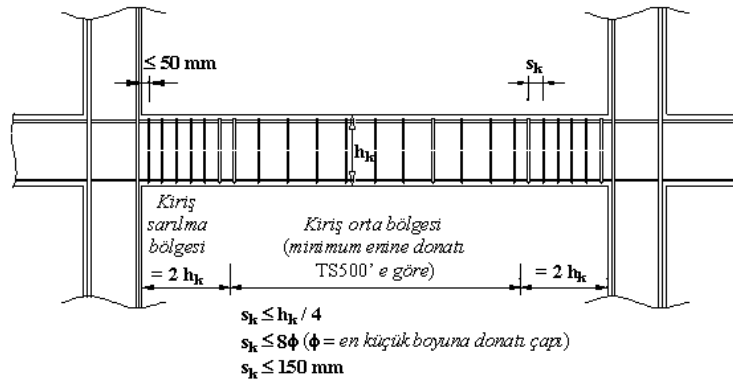
Denk. (9.3)'de;

s, etriye aralığı,

d, kirişin faydalı yüksekliği,

Ø, kirişin en küçük boyuna donatı çapıdır.

Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar olan bölgeye “sarılma bölgesi” denilmektedir. Bu bölgede daha önceki konularda tanımlanmış olan özel deprem etriyeleri kullanılması zorunludur. Sarılma bölgesinde ilk etriyenin kolon yüzüne olan uzaklığı en çok 50 mm olması gerekmektedir. Daha elverişsiz durumlar elde edilmedikçe, etriye aralıkları TS 500’de belirtildiği üzere kiriş yüksekliğinin $\frac{1}{4}$ ’ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 150 mm’yi aşmaması gerekmektedir. Sarılma bölgesi dışında TS 500’de verilen minimum enine donatı koşullarına uyulması gerekmektedir. Şekil 9.7’de kirişlerin enine donatılarına ilişkin kurallar özetlenmiştir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).



Şekil 7.8

Şekil 9.7 Kirişlerde enine donatılar için kısıtlamalar (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

9.1.5.2 Etriyelerin Genel Özellikleri

Kiriş etriyelerinin, uçları her zaman basınç bölgesinde kenetlenmelidir. Bu bölgede hem kayma gerilmeleri diğer bölgelere nazaran daha küçüktür, hem de bu bölgedeki basınç gerilmeleri kenetlenmeye yardım etmektedirler. Bu nedenle etriye uçlarının çekme bölgesinde ankrajı uygun değildir. Etriyelerin üst kolunun bulunması, ankraj ve betonlama sırasında yana açılmaya karşı koyması bakımından yararlı olmaktadır.

Kiriş genişliği artarsa, kirişin iç kısmında ki eğik çekme gerilmelerini karşılamak için daha iyi bir dağılma sağlayan çift etriye kullanmak uygun olabilmektedir. Tek kollu, çift kollu ve daha fazla kollu etriye şekilleri Şekil 9.8’de görülmektedir. Etriye kollarının artırılması, basınç bölgesinde etriyelerin kollarının taşınabilmesi için; harici boyuna donatıların kullanılması zorunluluğunu beraberinde getirmektedir.

/

Şekil 9.8 Çok kollu etriyeler

Kiriş genişliğinin 40 cm’yi aşması durumunda yukarıda gösterilen etriyelerin kol sayılarının artırımı yolu izlenmesi tavsiye edilmektedir.

Deprem etkileri altında, plastik mafsalların kiriş uçlarında oluşması istenmektedir. Plastik mafsal oluşan kesitlerin deformasyon kapasiteleri, sık yerleştirilmiş özel etriyelerle artırılabilir. Yönetmelik, sargı bölgesinin uzunluğunu kiriş derinliğinin iki katı olarak tanımlamaktadır. Bu uzunluk, plastik mafsalin noktasal olmayıp, belirli bir bölgeye yayılması gerekçesine dayanmaktadır Ersoy ve Özcebe (2001).

9.1.5.3 Pilyelerin Genel Özellikleri

Pilye, açıklıkta çekme donatısı olarak görev yapan donatı çubuğunun, mesnet bölgesine yaklaşıncı bükülüp mesnette ki negatif momente karşılık çekmeye çalıştırılmasıyla elde edilen donatı türüdür. Kirişlerin eğilme momenti diyagramı göz önüne alınarak, olaya salt teorik çerçeveden bakılması, yani momentin sıfır olduğu noktada donatının kesilmesi her ne kadar mantıklı gözükse de deneyler bunun aksini kanıtlamıştır.

Gereksinme duyulmayan donatının kesilmeden basınç bölgesine bükülüp, kenetlendiği durumlarda, aşağıda ki faydalar sağlanmış olacaktır.

- a) Donatıya daha fazla kenetleme boyu sağlanmış olması.
- b) Kenetlemenin, basınç bölgesinde yapılması.

c) Pilye yapılan donatının tarafsız eksene ulaşınca kadar etkili olması nedeniyle, gerilme yığılmasının azalması.

Kayma dayanımı sağlayacak olan donatılar arasında hasır donatı da bulunmaktadır. Hasır donatı karesel bir ağ oluşturduğundan, asal çekme gerilmelerinin yönü ne olursa olsun kaymaya karşı etkin bir donatım tarzı oluşturmaktadır.

Pilyelerin büküm noktalarının yerleri en gerçekçi şekilde kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramlarının incelenmesi sonucunda elde edilir. Bu noktalara kuramsal büküm noktaları adı verilmektedir. Kuramsal büküm noktalarının bulunabilmesi için kirişe ait kesme kuvveti diyagramı çizilir. Şekil 9.9 bu bakımdan incelenmesi gerekmektedir Aka ve diğ. (1999).

/

Şekil 9.9 Eğik donatının yerlerinin bulunmasında genel yol

Kirişte sadece bir adet pilye varsa kiriş üzerinde ki yeri “Hm” alanın ağırlık merkezi olmaktadır. Pilyelerin sayıları birden fazlaysa Hm alanları açıklığın ortasından başlayarak mesnede doğru bir diyagram üzerinde toplanır; diyagramın ordinatlar ekseni eğik donatı sayısına bölünüp buradan hareketle “Hm” alanı eşit parçalara ayrılmaktadır. Her bir parçanın “Gi” ağırlık merkezi bir pilyenin kiriş ekseni üzerindeki yerini vermektedir. Pilyeler için yukarıda anlatılmış olan, kesme kuvveti diyagramına göre belirlenen pilye büküm noktalarının yerleri aynı zamanda eğilme momenti diyagramı açısından da uygun olmak durumundadır. Pek tabiidir ki normal yapılarında pilye büküm noktalarını keşfetmek mühendislik sağduyusuna dayanarak çözülebilirse de büyük açıklıklı kirişlerde bu durumun kuramsal olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun için “M” moment diyagramıyla birlikte “Mz” taşınabilen moment diyagramı çizilmelidir. “M” moment diyagramı her zaman için

“Mz”’in içinde kalması gerekmektedir. Aynı kontrol sürekli kirişlerde negatif moment bölgesinde yapılması gerekmektedir. “Mz” taşınabilen moment diyagramına “moment kapama diyagramı” adı da verilmektedir. Moment kapama diyagramının çiziminde eğik çubukların yukarı kıvrıldıkları noktadan itibaren ve mesnede kadar uzatılmayan düz çubukların ise uçlarından en az ankraj boyu kadar uzaklıkta tam olarak çalışmaya başladıkları bilinmektedir. Bu durum Şekil 9.10’da ayrıntılı olarak görülmektedir Aka ve diğ. (1999).

/

Şekil 9.10 Pilye yerlerinin Mz moment kapama diyagramı yardımıyla kontrolü Aka ve diğ. (1999).

Kayma kuvvetini alan eğik çubukların basınç bölgesinde bitmesi halinde tarafsız eksenden, çekme bölgesinde bitmesi halinde ise büküldüğü noktadan itibaren en az aderans boyu kadar uzatılmalıdır. Eğik çubukların alt uçlarının ankraj için hemen yukarıya bükülmesi yanlış bir uygulama şeklidir. Donatı çubuğu düz giderek çekme kuvvetini düz çubuklara aktarması gerekmektedir. Bu durum Şekil 9.11’de özetlenmiştir.

Şekil 9.11 Eğik ve düz donatının ankrajı

Pratik uygulamalarda ilk pilye büküm noktasının kirişin mesnet bölgesine yakın, ikinci pilye kırım noktasının ise bir öncekinden $d/\sin\theta$ kadar uzakta olması kirişin kayma davranışına uygun olabilmektedir. Şekil 9.12’de bu durumun değişik halleri görülmektedir (Barker, 1967).

/

Şekil 9.12 Pilyelerin büküm eğim ve yerleri

Pilye yerlerinin moment diyagramıyla uygun düşmemesi durumunda, eğer aradaki fark küçük ise ona göre ayarlama yapılmalıdır. Eğer aradaki fark büyük ise gerekli görülen yerlere eğilme momentiyle ilgili açıklık donatısından bağımsız ek pilyelerin yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Büyük açıklıklı ve önemli ölçüde yüklü kirişlerde ek pilyelerin uçları basınç bölgesinde bükülmesi gerekmektedir. Hal ne olursa olsun, iki ucu da çekme ya da bir ucu basınç diğer ucu çekme bölgesinde bulunan yüzer pilyeler kullanılmaması gerekmektedir.

Çeşitli pilye düzenleri Şekil 9.13’te gösterilmektedir. Şekil 9.13 a’da ek pilyeler ve Şekil 9.13 b’de kullanılmaması gereken yüzer pilyeler görülmektedir Aka ve diğ. (1999).

/

Şekil 9.13 Çeşitli pilye düzenleri

Etriye ve pilyelerin kesitte enine doğrultuda simetrik olması tavsiye edilmektedir. Aksi takdirde yüklü olan kirişte birtakım burulma etkileri kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle pilyeler bir kesitte ya çift sayıda konmalı ya da tek pilye, kesitin ortasına yerleştirilmesi gerekmektedir. Pilye ve ek donatılar komşu açıklığa negatif momenti karşılayacak kadar uzatılmalıdır. Daha önce de belirtildiği üzere açıklığın fazla olduğu kirişlerde, moment kapama diyagramı çizilmesi yoluna gidilmesi gerekmektedir. Komşu açıklığa negatif momenti karşılayabilmesi için gereken uzatma boyu; moment kapama diyagramı çizilip, her çubuğun ucundan aderans boyu kadar uzakta tam çalışmaya başlayabileceği dikkate alınarak hesaplanması tavsiye

edilmektedir. TS 500'ün bu konuda aşağıda belirtilen şekilde bir kısıtlaması söz konusudur

Kirişlerde pilye büküm noktaları, kuramsal kesim noktasından ileride düzenlenmesi gerekmektedir. Bu uzaklık faydalı yüksekliğin üçte birinden ve donatı çapının 8 katından az olmamalıdır. Gerekli olmayan çubukların kesilme noktaları ile kuramsal kesim noktası arasındaki uzaklık ise faydalı yükseklikten ve nervürlü çubuklarda donatı çapının 20 katından, düz yüzeyli çubuklarda ise donatı çapının 40 katından az olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Yukarıda belirtilen hususlar aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

Bu nokta 8ϕ veya $d/3$ kadar geçildikten sonra donatı bükülmelidir. Aslında deprem türü yüklemeler altında moment diyagramı ve moment sıfır noktalarının yerini doğru saptamak olanaksızdır. Bu nedenle, donatının kesilmesi gereken durumlarda, her zaman güvenli yönde detaylandırma yapmakta fayda vardır. Pilye ve ek donatı birden fazlaysa ve ayrıca mesnetlerde ek varsa bunların hepsinin aynı kesitte bitirilmeyip uçlarının kademeli olarak düzenlenmesi, ankraj kuvvetlerinin bir kesitte birikip betonu çatlatmaması için önemlidir.

9.1.5.4 Askı Donatısı için Gerekli Kurallar

Yapı sistemlerinde bir kiriş diğer bir kirişin mesnedini oluşturmakta ise bu birleşim şekline dolaylı mesnetlenme denir. Yapı sistemleri oluşturulurken dolaylı mesnetlenmeden kaçınılmalıdır. Bu birleşim şeklinde kirişten gelen gerilmeler kolona değil başka bir kirişe aktarılmakta olduğu için, yük getiren kirişin mesnet kuvveti diğer kirişe iletilir. İşte bu iletimi sağlanabilmesi için askı donatısına gereksinim duyulur. Şekil 9.14'te mesnette oluşan basınç çubuğu düşey çekme çubuğu ile dengelenmesi gerekmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

/

Şekil 9.14 Dolaylı mesnetlemede askı donatısı düzeni

TS 500’de askı donatısı için aşağıdaki tanımlama yapılmıştır;

Mesnetlenmenin kiriş alt yüzünden daha yukarıda düzenlendiği durumlarda ve diğer bir kirişe oturan kirişlerde, kesme kuvvetini kiriş üstüne taşıyan askı donatısı düzenlenmesi gerekmektedir (TS 500, 2000).

9.1.6 Kirişlerde Genel Donatı Detaylandırma Şekilleri

Kirişlerde, çeşitli yüklemelerden kaynaklanan kayma kuvvetlerine karşı dayanım sağlanabilmesi için; pilye ve etriyelerin beraberce kiriş içerisinde kullanılması, etkin bir çözüm olabilmektedir. Bu etkinliğe rağmen işçiliğin pahalı olduğu gelişmiş endüstri ülkelerinin uygulama alanlarında pilye kullanımı gün geçtikçe varlığını yitirmektedir. Bu durumda mesnede yakın bölgelerde pilyeler yerine sık etriye kullanımı gündeme gelmektedir. Türkiye’de pilyelerin kullanım alanlarının tamamen yok olduğu söylenemez. O halde pilye ile etriyenin beraberce kullanımı için gereken bilgilere hala ihtiyaç duyulmaktadır. Aşağıda çeşitli kiriş türlerine ait farklı donatı düzenleme şekilleri gösterilmektedir. Bu kiriş türleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

9.1.6.1 L Kesitli Kirişler

Döşemelere içeride ve dışarıda mesnetlik yapan kirişler çoğu hallerde sırasıyla T ve L şekillerinde karşımıza çıkmaktadır. Bu tarz kirişler ile olan mesnetlenme, kirişlerde daha az gerilmelere, dolayısıyla daha az miktarda donatı kullanımına olanak sağlamaktadır. Ancak donatı detaylandırması daha önce anlatılmış olan dikdörtgen kesitli kirişlerinkinden farklı olmayacaktır. Döşemeyi rijitleştirici bir görev üstlenmesi nedeniyle yük altında yüzeysel çatlamların oluşması kaçınılmazdır. Yüzeysel çatlağın olduğu yer Şekil 9.15’te görülmektedir. Burada görülen çatlağın oluşumunu engelleyebilmek için Şekil 9.15(b)’de özel bir etriye biçimi gösterilmektedir. L kesitli kirişlerde, bu etriyenin kullanımı sayesinde oluşması muhtemel yüzeysel çatlak engellenecektir. Şekil 9.15(c) ve (d)’de döşemenin altından üstüne doğru giren pilyelerin, oluşması muhtemel yüzeysel çatlağı nasıl engellediği gösterilmektedir. Şekillerde görülmekte olan etriyelerin kesitin yük altındaki davranışına uygun olduğuna, dikkat çekilmesi gerekmektedir. Betonarmenin davranışı ile donatılmasının, ayrılmaz bir bütün olduğu hiçbir zaman unutulmaması gereken bir gerçektir (Barker, 1967).

/

Şekil 9.15 L kesitli kirişlere alternatif donatı düzenleme biçimleri

9.1.6.2 T Kesitli Kirişler

Aşağıda şekli çizilmiş olan kirişi; uygulamada kren mesnedi olarak yada tiyatrolarda balkon kirişi olarak görmek mümkündür. Bu T kesitli kirişlerin, diğer dikdörtgen kesitli kirişlerden farkı, sadece ekstra bir takım değişik etriyelerin varlığıdır. Şekil 9.16’da T kesitli kiriş ve ona ait ekstra etriye şekilleri görülmektedir (Barker, 1967).

/

Şekil 9.16 T kesitli kirişler için alternatif donatı düzeni (Barker, 1967)

9.1.6.3 Çift Donatılı Dikdörtgen Kesitli Kirişler

Betonarme kirişlerin pek çoğunda konstrüktif nedenlerle kesitin basınç bölgesinde, basınç donatısı bulunmaktadır. Basınç donatısının kullanıldığı kesitlere, çift donatılı kesitler adı verilmektedir. Basınç donatısının esas kullanım amacı, konstrüktif

nedenler (montaj donatısı amacıyla) ve sünme, büzülme sonucunda uzun sürede ortaya çıkacak sehimlerin azaltılmasıdır.

Çift donatılı kesitin boyutlandırılmasında izlenecek en güvenli yol kesitin tek donatılıymış gibi varsayılarak hesaplanması sonradan da basınç donatısının eklenmesi olacaktır. Kiriş kapasitesinin yeterli olmadığı durumlarda, basınç donatısı kirişin kapasitesinin artırılmasını sağlayacaktır. Konstrüktif nedenlerle mevcut bulunan veya kapasite artırımı için eklenen basınç donatısı sünme nedeniyle oluşan deformasyonu azalttığını ve kirişin sünekliliğini önemli derecede artırdığı bilinmektedir.

Kiriş deformasyonunun zamanla artış nedeni çekme bölgesindeki donatıda birim deformasyon sabit kalırken, basınç bölgesindeki betondaki birim kısalmanın sünme etkisiyle hızla artmasıdır. Basınç bölgesine yerleştirilecek olan donatı betonun sünme hızını azaltarak tüm kesitin deformasyonunu azaltmış olmaktadır. Her ne kadar basınç donatısı kirişin sünekliliği açısından faydalı olsa da deprem bölgelerinde daha düktil bir yapı oluşturmak için kirişlerin çift donatı gerektirmeyecek şekilde düzenlenmesi tavsiye edilmektedir. Böyle bir durumda dahi kirişin göçme durumunda ki şekil değiştirmesini (sünekliliğini) artırmak için basınç bölgesinde en az 2Ø12 kadar donatı kullanılması tavsiye edilmektedir (Barker, 1967).

TS 500’de ise basınç donatısı için aşağıda ki ifade ile bir kısıtlama getirilmiştir;

Kirişlerde çekme ve basınç donatı oranları farkı, dengeli donatı oranının 0,85 katından fazla olamamalıdır. (Denk.(9.2c)) (TS 500, 2000)

9.1.6.4 Sürekli Kirişler

İkiden fazla sayıda noktaya mesnetlenen kirişlere sürekli kiriş adı verilmektedir. Sürekli kirişlerde açıklıklar, eşit yada farklı olabilmektedirler. Sürekli kirişlerde, basit kirişlerde olduğu gibi çekme donatısına sadece açıklıkta değil, mesnet bölgelerinde kiriş kesitinin üst liflerinde de ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulamada, proje mühendisi sürekli kirişe ait çeşitli yükleme durumlarına göre elverişsiz eğilme momenti diyagramını çizmek zorundadır. Eğilme momenti diyagramının noktalı çizgilerle gösterilen kısımları, üst donatıların büküm yerlerini göstermektedir. Pilyelerin büküm noktaları ile ilgili gerekli bilgiler yukarıda verilmiştir. Pilyelerin uçları ya 90⁰’lik açıyla aşağıya doğru bükülecek yada komşu açıklığa doğru uzatılarak kenetleneyecektir. Pilyelerin büküm yapılmış hali Şekil 9.17’de

görülmektedir. Bu donatıların sayılarını daha da artırmamak için üst montaj donatıları mesnetlerden uzak noktalarda eklenerek, bu çubukların çekme donatısı olarak çalışması sağlanmış olunmaktadır.

/

Şekil 9.17 Sürekli kirişlerde pilyelerin durumu

Burada pilye, açıklıktaki çekme kuvvetini, mesnetlerdeki negatif momenti karşılamakta ve bunun yanı sıra mesnet bölgelerinde kirişin kesme kuvvetine karşı dayanımını artırmaktadır. Bu üç görevi de aynı anda yerine getirmesi pilyenin kullanışlı bir donatı çeşidi olduğunu göstermektedir.

Şekil 9.17’de eğilme momenti diyagramı göz önüne alınarak, sürekli kirişlerde gerekli olan esas donatılar gösterilmektedir. Bunun yanında Şekil 9.18’de, uygulamada tercih edilen donatı düzenlenmesi görülmektedir (Barker, 1967).

/

Şekil 9.18 Sürekli kirişlerde izlenen donatı düzenlenme biçimi

9.1.6.5 Farklı Derinlikteki Kirişler

Bu bölümde farklı derinlikte ki kiriş birleşimleri için donatı düzenleme tavsiyesinde bulunulacaktır. Şekil 9.19’da bu tür donatı düzenlenmesi görülmektedir.

/

Şekil 9.19 Farklı derinlikteki kirişler için donatı düzeni

9.1.6.6 Guseli Kirişler

Endüstri yapıları veya ağır yüklere maruz kalan daha değişik yapıların mesnet bölgelerinde kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Bu durumda önerilebilecek en iyi çözüm guseli kirişler olmaktadır. Herhangi bir yapının, en dışındaki guseli kiriş için tavsiye edilen donatı düzeni Şekil 9.20’de gösterilmektedir.

/

Şekil 9.20 Yapının dış aksındaki guse için donatı düzeni

Şekil 9.20’de de görüleceği üzere, sanki kirişte guse yokmuşçasına ana donatılar guse boyunca uzatılmış ve eğilme momenti diyagramı yardımıyla belirli noktalarda bükümleri yapılmış bulunmaktadır.

Guseli kirişte enine doğrultu boyunca h ile gösterilen donatılar etriyeleri tespit etmek amacıyla yerleştirilmiş bulunmaktadır. Şekilde h ile gösterilen donatılarda kanca yapmak proje mühendisinin kararına kalmıştır.

Şekil 9.21’de gösterilmiş olan donatı düzenlenmesi içerideki guseler içinde yapılabilmektedir. Şekil 9.21’de ise iç akslarda bulunan guseler için önerilmiş bir uygulama görülmektedir.

/

Şekil 9.21 Yapının iç aksındaki guse için donatı düzeni

Aşağıdaki şekillerde guseli kirişler için uygun görülen etriye düzenlemeleri gösterilmiştir. Şekil 9.22’de etriyeler belirli açıyla yerleştirilmiştir. Şekil 9.22(b)’de ise etriyeler düşey olarak yerleştirilmiştir. Uygulamada en çok rastlanılan düzenleme tarzı Şekil 9.22(a)’da gösterilmiştir.

/

Şekil 9.22 Guseli kirişlerde enine donatı düzeni (Ana donatılar gösterilmemiştir.)

Guseli kirişlerde, yukarıda şekillerde h ile gösterilen donatı dış kenara yakın olarak yerleştirilseydi yatay taşıyıcı ana donatının görev yapmasını engelleyecekti. O nedenle guseli kirişler için tavsiye edilmekte olan h donatısı; Şekil 9.23’deki kesitte gösterilen biçimde dış kenara yakın değil iç kesitte bulunması gerekmektedir.

Şekil 9.23 Guseli kirişte enine donatı düzeni

Kirişler için uyulması gereken minimum koşullar Şekil 9.24 ve Tablo 9.1’de özetlenmiştir Ersoy ve Özcebe (2001).

Şekil 9.24 Kirişler için kritik bölgeler

Tablo 9.1 Kirişlerde TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y. 'ğe göre minimum koşulların özeti

9.2 Süneklilik Düzeyi Normal Kirişler

En kesit boyutları ve boyuna donatılarının düzenlenmesine ilişkin olarak süneklilik düzeyi yüksek kirişler için belirtilen koşullar, süneklilik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir.

Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, sarılma bölgesi olarak tanımlanacak ve bu bölge boyunca özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Sarılma bölgesinde etriye düzeni süneklik düzeyi yüksek kirişler için verilen şekilde olup, etriye aralığının minimum değeri 150 mm yerine 200 mm alınabilmektedir.

Kirişler için farklı donatı düzenleme şekilleri Ek E’de verilmiştir.

10. BETONARME DÖŞEMELER

Döşemeler, iki boyutlu taşıyıcı elemanlar olup, üzerine etkiyen yükleri çevre duvarlarına, kirişlere ya da kolonlara iletmektedirler. Döşemelerin yük taşıma şekilleri döşeme kenar uzunluklarının oranlarına bağlı olarak değişmektedir. Genellikle döşemelerin planda ki şekilleri dikdörtgen olup, bazı hallerde de dairesel olabilmektedir. Düzlemlerine dik gelen yükler altında döşeme ve kirişler bir eğilme elemanı gibi, davranmaktadırlar. Döşemeye dik doğrultuda saplanan kolon ve perdeler ise bu eğilme elemanlarının mesnedini oluşturmaktadırlar.

Döşeme kalınlıkları, biraz önce bahis edilen mesnetlenme şekline, açıklığa ve üzerine etkiyen yüklere bağlı olarak farklı değerler almaktadır. Mesnetlenme durumlarına bağlı olarak yükünü bir yada iki doğrultuda ileten bu tür döşemelere kirişli plak döşemeler denilmektedir. Ana kirişlere mesnetli sık paralel kirişler sistemi olarak bilinen sistem ise dişli döşeme türüdür. Dişli döşemelerde yükler, dış doğrultusunda ana mesnetlere aktarılmaktadırlar. Diğer bir döşeme türü ise kirişsiz döşeme türüdür. Bu tür döşemelerde yükler, kiriş olmaksızın doğrudan doğruya kolonlara aktarılmaktadır.

Döşeme sistemleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- a) Kirişli Plak Döşemeler
- b) Dişli Döşeme
- c) Kirişsiz Döşeme

Genel olarak betonarme döşemelerin, yangına dayanıklı olması, yatay yüklere karşı kiriş yada duvarları birbirlerine bağlayıcı olması, rijit diyafram olarak çalışması gibi yapının güvenliğine olumlu katkıları vardır. Döşemelerin; yapının ağırlığını artırması, sulu olarak inşaa edilmeleri, kalıp sökmek için beklemek zorunda kalınması, inşaatın mevsim ve hava şartlarına bağlı olması gibi bir takım olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Döşemelerle ilgili olarak A.B.Y.Y.H.Y’de aşağıda ki kısıtlamalar bulunmaktadır;

Döşemeler, katlardaki kütlelere etkiyen deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle dağıtılmasını sağlayacak rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır.

Bütün deprem bölgelerinde, dolgulu ya da dolgusuz yerinde dökme veya prefabrike dişli döşemeli sistemlerde plak kalınlığı 50 mm'den az olmamalıdır. Ancak, düşey yüklerden oluşan kesme kuvvetleri ile birlikte plak düzlemindeki deprem kuvvetlerinin güvenle aktarılmasını sağlamak üzere, dişlerle plak arasında kesme kuvveti bağlantılarının yapılması ve bu bağlantıların yeterli olduğunun hesapla gösterilmesi zorunludur. Diğer döşeme plaklarının kalınlıkları için TS-500'de verilen koşullar geçerlidir. Bütün döşeme sistemlerinin kesme dayanımlarına ilişkin olarak, süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesme dayanımları için verilen koşullara aynen uyulmalıdır (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

Döşemeler, kirişleri birbirlerine bağladıkları için yapıyı yatay yüklere karşı rijitleştirici görevleri vardır. Döşemelerin temel işlevi, yapılardaki düşey yükleri ve kendi ağırlıklarını taşımaktır. Betonarme yapı yapıların plak döşemeleri boyutlarına göre tek ya da iki yönlü olarak çevrelerindeki kirişlere yük aktarmaktadırlar. Deprem esnasında döşemelerin üstlendiği en önemli görev, yatay deprem yüklerini düşey taşıyıcı elemanlara aktarmaktır.

Daha önce de kirişler bahsinde anlatıldığı gibi, döşemeler kirişlerle beraber betonlandıkları için kiriş kesitlerinin tablalı olarak meydana gelmesini sağlamaktadırlar. Döşemeler taşıdıkları faydalı yükler yanında kendi ağırlıkları, kaplama ve sıva gibi sabit yükleri de taşımak zorunda kalmaktadırlar. Bu tür yüklerin etkiye şekilleri çok farklı olabildikleri için yüklerin yayılı olarak döşemelere etkidikleri kabul edilmektedir (Bayülke, 2001).

10.1 Döşeme Sistemlerine Ait Genel Bilgiler

Döşeme sistemlerinin kalınlıklarının ne olması gerektiği, ayrıca tüm döşeme sistemlerinde belirtilecektir. Bu bölümde yabancı yayınlar paralelinde bir takım tavsiyelerde bulunulacaktır.

Döşemeler için minimum kalınlığı, yangın etkisinden korumak için gerekli olan pas payı mesafesi de etkilemektedir.

Beton örtü tabakası 3 saat süren yangın için 1.5 cm'nin ve 4 saat süren yangınlar için beton örtü tabakası 2,5 cm'nin altında kalmaması tavsiye edilmektedir.

Yapılarda döşemelere mesnet oluşturan kolonların arasındaki mesafeyi kısaltmak, yapı maliyetini azaltmayı sağlamaktadır. Bu durum her ne kadar yapıdaki döşeme açıklığını azaltacaksa da kolon sayısının artması neticesinde yapı ağırlığının artacağı da bilinen bir gerçektir. O nedenle optimum ekonomi sağlanması için bir doğrultuda ki kolon araları 3.7 m iken diğer doğrultudaki kolon aralarının 4.9 m olması ya da her iki doğrultuda 6.0 m olması tavsiye edilmektedir. En ekonomik döşeme sistemi kirişli döşemedir. Kirişli döşemelerde açıklık daha kısa olmaktadır. Döşeme kenarlarında ana kirişler bulunurken, aynı döşeme içinde ikincil kirişler de bulunmaktadır. Bu döşeme çeşidi için örnek aşağıda verilmektedir (Barker, 1967).

Şekildeki sürekli döşemede ikincil kirişlerin döşeme açıklığı boyunca devam ettiği görülmektedir. Açıklık ortasında ki moment değerleri döşeme sonlarındaki moment değerlerinden çok daha fazla olmaktadır. Kenar açıklıklarda oluşan moment değerleri çok daha fazla olduğu için, kenar döşemeleri daha kalın yapmak ve donatılarını daha fazla sıklaştırmak yada kenar açıklığın uzunluğunu kısaltmak bu soruna çözüm olabilmektedir. Bu üç çözümden en ekonomik olanına proje mühendisi tarafından karar verilecektir. Bu tarz döşemelerde donatı detaylandırılması için ilk önce kenar döşemeden başlanması, mesnetlerde donatı detaylandırılması için özel özen gösterilmesi ve kenar döşeme donatılarının orta açıklıktaki döşeme donatısından ayrı olarak çalıştırılması tavsiye edilmektedir. Proje mühendisine proje aşamasında yardımcı olabilmesi için çeşitli boyuna donatı türleri Şekil 10.1’de gösterilmektedir.

/

Şekil 10.1 Döşeme boyuna donatılarına örnek gösterim

10.2 Kirişli Döşemeler

Kirişli döşeme türünde, döşemenin mesnedini kirişler oluşturmaktadır. Bu tür döşeme sistemi uygulamada çok rastlanan bir türdür. Kirişli döşemelerin diyafram olarak davranması için iki kural vardır. Bu kurallardan birincisi döşemelerin mesnetlerinde pozitif ve negatif moment donatılarının sürekli olması (komşu döşemelerde de uzatılmış olması), ikincisi ise döşeme betonunun komşu döşemelerde monolitik, tek parça olması ya da sürekli olması koşullarıdır. Yerinde dökme kirişli döşemeler bu özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bunun yanında döşemeden gelen yüklerin kolonlara daha geniş en kesitleri olan kirişlerle aktarılmış olması kolon çevresinde “zımbalama” kırılmasının meydana gelmesini önlemektedir. İşte bu kurallara uyulduğu sürece yerinde dökme kirişli döşemeler, deprem açısından en uygun döşeme sistemidir.

Kirişler ve kolonlar yatay ve düşey yüklere göre bir çerçeve olarak çözölmektedirler. Bunlar arasındaki plaklar ise yüzeysel taşıyıcılarıdır. Yüklerdeki belirsizlikler dolayısıyla genelde dikdörtgen planlı olan döşemelerin, yayılı bir yüke maruz kaldığı varsayımı yapılmaktadır. Yük döşemede her iki doğrultuda kirişlere iletilmektedir. Ancak yükün ne kadarının hangi kirişlerce taşınacağı mesnet sınır şartlarına ve döşemelerin boyutlarının birbirlerine göre oranına bağlı olmaktadır.

Genel olarak, dikdörtgen planlı döşemenin boyutlarında çok büyük fark varsa; yükün kısa doğrultuya paralel kirişlerle, uzun doğrultuya paralel kirişlere aktarıldığı bilinmektedir. Bu durumda döşemenin tek doğrultuda çalıştığı kabulü yapılmaktadır. Döşeme kenarlarının boyut ölçüleri birbirlerine yaklaştıkça, yüklerin çift doğrultuda aktarıldığı varsayımı söz konusu olmaktadır.

Plak kirişli döşemeler deprem açısından en uygun tasarım sistemidir. Tasarımdaki en önemli ve tek öneri donatıların komşu döşeme ve kirişlerde yeterli ankraj boyunda uzatılmış olmalarıdır.

10.2.1 Bir Doğrultuda Çalışan Döşemeler

Düzgün yayılı yük taşıyan ve uzun kenarının kısa kenara oranı 2’den büyük olan betonarme plaklar ($l_y/l_x > 2$), bir doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılmaktadır (TS 500, 2000).

Bu tür döşeme sistemlerinde döşemeye gelen yükler, kolonlara kısa doğrultuda uzun kirişler aracılığıyla iletilmektedirler. Genel olarak bilinen husus, tek doğrultuda çalışan döşemelerde yüklerin kısa doğrultuda aktarıldığıdır. O halde; yan yana gelen, tek doğrultuda çalışan döşemelerin statik hesabı kısa açıklık doğrultusunda sürekli kiriş kabulü ile yapılabilir.

Tek doğrultuda çalışan iki duvar ile mesnedlendirilmiş tek açıklıklı bir döşeme Şekil 10.2’de gösterilmektedir. Şekil 10.2’de bu tarz bir döşeme, donatı düzeni ve beton örtüsü ile beraber gösterilmiştir. Şekilde ki gösterim kısa gösterim tarzıdır. Bir adet örnek çizim gösterilip diğer donatılar kısa çizgiler ile temsil edilebilmektedir (Barker, 1967).

/

Şekil 10.2 Tek doğrultuda çalışan döşemelerde donatı yerleştirilmesi

Betonarme döşemelerin kesitleri açıklıkta ve mesnette dikdörtgen olarak ortaya çıkabilmektedir. Plâğın yükü içinde kendi ağırlığı önemli yer tuttuğundan genellikle ilk olarak döşeme kalınlığı seçilir ve sonra donatı hesabına gidilir. Beton gerilmesinin, kullanılan beton kalitesine göre emniyet gerilmesinden küçük yada en çok ona eşit olması gerekmektedir.

Ekonomik bir çözüm için beton emniyet gerilmesinin altında kalınması tavsiye edilmektedir. O halde ilk olarak, yapılması gereken husus döşeme kalınlığının tahmini şeklindedir (TS 500, 2000).

10.2.1.1 Döşeme Kalınlıkları

Döşeme kalınlığının tahmini hususunda TS 500, aşağıdaki kısıtlamalara yer vermektedir;

Tek doğrultuda çalışan plaklar için en küçük kalınlık 80 mm'dir. Tavan döşemelerinde ve bir yerin örtülmesine yarayan veya yalnız onarım, temizlik veya benzeri durumlarda üzerinde yürünen döşemelerde döşeme kalınlığı 60 mm'ye kadar düşürülebilir. Üzerinden taşıt geçen döşemelerde kalınlık en az 120 mm olmalıdır.

Ayrıca plak kalınlığının serbest açıklığa oranı, aşağıda verilen değerlerden az olamaz.

- Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde , 1/25
- Sürekli döşemelerde , 1/30
- Konsol döşemelerde , 1/12

Bir doğrultuda çalışan plak döşemelerde, donatıyı koruyan net beton örtüsü en az 15 mm olması gerekmektedir. Net beton örtüsü kavramına ve faydalarına daha önceki konularda yer verilmişti. Döşeme kalınlıklarına bu şekilde kısıtlamaların getirilmesinin diğer bir nedeni ise beton yerleştirilmesi ve homojen kesit elde edilmesindeki güçlüklerdir.

Döşeme kalınlığı tayin edildikten sonra izlenmesi gereken ikinci adım, döşemeye ait betonarme hesabının yapılmasıdır. Döşeme plaklarının çoğunda, minimum donatının altında kalınması, döşeme kalınlığının azaltılabileceğini gösterebilmektedir. Ancak çok yoğun donatı ile karşılaşılması da döşeme kalınlığının artırılması gerektiğini gösterir.

Döşeme kalınlığı kayma donatısına ihtiyaç göstermeyecek şekilde, dolayısıyla aşağıdaki koşulu sağlayacak şekilde seçilmesi uygun olmaktadır. Kayma donatısına ihtiyaç duyulmaması için Denk.(10.1)'in sağlanması gerekmektedir.

$$V_d \leq 0,5 \times V_{cr} = 0,5 \times 0,65 \times f_{ctd} \times b \times d \quad (10.1)$$

Denk.(10.1)'de;

V_d , Tasarım kesme kuvveti,

V_{cr} , Kesitin kesmede çatlama dayanımı,

f_{ctd} , Beton tasarım eksenel çekme dayanımı,

b , Kiriş tabla genişliği,

d , Faydalı yüksekliktir.

10.2.1.2 Donatı ile İlgili Kurallar

Boyutlar ve döşeme kalınlıklarıyla ilgili bilgiler verildikten sonra döşemelerdeki donatı koşullarının incelenmesi gerekmektedir.

Tek doğrultuda çalışan plak döşemelerde, yüklerin kısa doğrultuda iletildiği bilinmektedir. Buradan hareketle, döşeme ana donatıları kısa kenara paralel olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Uzun kenara paralel doğrultuda ise konstrüktif dağıtma donatısı yerleştirilmelidir. Kısa doğrultuda sürekli olan döşemelerde, aynı doğrultuda birim genişlikteki şerit için betonarme hesap yapılmalıdır.

Daha önce de bahsedildiği gibi küçük açıklığın büyük açıklığa komşu olduğu döşemelerde ve hareketli yükün farklı durumlarında, küçük açıklıkta negatif moment oluşabilmektedir. Bu gibi hallerde açıklıkta negatif moment için üst donatı konulması gerekir. Çözümlemede kullanılan idealizasyona göre, mesnetler moment almamaktadır. Buna karşın gerçekte hayatta kirişlerdeki dönme, kirişlerin burulma rijitliği sayesinde önleildiğinden açıklıkta pozitif moment oluşur. Bunun için minimum donatı döşeme plağının alt ve üst yüzeyine yerleştirilmesi gerekmektedir (Celep ve Kumbasar (1998)).

Plak döşemelerin kenar mesnetlerindeki açıklık ve mesnet donatıları, bu kenarlarda ki kiriş, hatıl, kolon veya betonarme duvarlara kenetlenme ilkeleri tezin aderans ve kenetlenme konulu bölümünde yer verilmiştir. Düz veya kancalı olarak yapılabilecek olan kenetlemelerde, kenetleme boyu mesnet yüzünden başlayarak 150 mm'den az olmaması gerekmektedir. Aşağıda belirtileceği üzere minimum donatılar için bir takım koşullara uyulması gerekmektedir;

Tek doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı oranı S 220 için 0,003, S 420 ve S 500 için ise 0,002'den az olmaması gerekmektedir. Asal donatı aralığı, döşeme

kalınlığının 1,5 katını ve 200 mm'yi geçmemesi gerekmektedir. Genel anlamda donatı aralığının maksimum sınırlandırılması, betonun basınç mukavemetindeki sürekliliği yanında donatı çekme mukavemetinin süreksizliği dolayısıyla oluşabilecek zararlı etkileri azaltmayı amaçlamaktadır. Açıklıktaki alt donatının tek açıklıklı plaklarda en az 1/2'si, sürekli plaklarda ise en az 1/3'ü mesnetten mesnede kesilmeden ve bükülmeden uzatılması gerekmektedir.

Pilyeler mesnette de eğilme donatısı olarak kullanılabilir. Mesnet donatısı olarak çalıştırılmak üzere açıklık donatısının büyük bir kısmının pilye yapılması, mesnet ile açıklık arasındaki eğilme momentlerinin karşılanamayacağı ihtimali göz önünde bulundurularak, bu duruma izin verilmemektedir. Genelde açıklık donatısının yarısı düz, yarısının ise pilye olarak kullanılmasına izin verilmektedir.

TS 500'de ise yukarıda ki paragrafta belirtildiği gibi bu duruma bir takım kısıtlamalar getirilmiştir.

Pilyeler mesnet yakınlarında, açıklığın 1/4'ü ya da 1/5'i kadar uzaklıktayken bükülüp üste çıkarılır ve komşu açıklığa uzatılır. Bu bükülmüş olan pilyeler negatif mesnet momentlerini karşılamada kullanılırlar. Pilyeler komşu açıklıkta negatif momentin bulunmadığı yere kadar uzatılmalıdır. Pratik olarak açıklıkların yaklaşık olarak eşit olduğu durumlarda; bu uzatılan kısmın ölçüsü, açıklığın dörtte biri kadar olması uygun olmaktadır.

Bilinmekte olduğu üzere tek doğrultuda çalışan döşemelerde, etkili açıklık kısa olan açıklıktır. Bu nedenle her iki doğrultudaki mesnet donatılarının kesilmesinde yada açıklık donatılarının pilye yapılmasında seçilecek yerler, yaklaşık olarak mesnetten kısa açıklığın 1/4'ü ya da 1/5'i mesafede bulunan kısımlardır. Daha önce kirişlerde de bahsedildiği gibi, büküm noktasının yerinin önemli olduğu hallerde moment kapama diyagramından hareket edilerek pilye kıvrım yerleri belirlenebilmektedir (TS 500, 2000).

Döşemelerde, eğik donatı denilen pilyelerin görevi sadece mesnetlerdeki negatif momentleri almaktır. Kirişlerdeki gibi ayrıca kesme kuvvetini karşılamak için kullanılmazlar. Dolayısıyla döşemelerde, kirişlere göre daha yüksek olan kayma emniyet gerilmesi aşıldığı takdirde kalınlığı artırmak gibi bir çözüm yoluna gidilmektedir. Ayrıca beton basınç gerilmesi aşırsa, basınç donatısı koymakta

özüm değildir. Yüksekliğin azlığı nedeniyle donatı gerilmesi küçük olacak, ayrıca basınç donatısını etriye ile burkulmaya karşı korumak mümkün olamayacaktır.

Döşeme açıklığındaki donatı çubuklarının yarısının pilye olarak düzenlenmesi gerektiği daha önceden de belirtilmiş idi. Pilyeler mesnetlerde negatif momenti almak için kullanılıp kesme kuvvetini almadığı varsayımı yapılmaktaydı, bu nedenlerle pilyelerin bükümleri 1/2 eğiminde olabilmektedir.

Pilye olarak bükülmüş olan bu donatıların komşu açıklığa ne kadar uzatılması gerektiği açıklık farkı ve hareketli yüklerin büyük olması durumlarında ayrıca hesaplanması gerekmektedir.

TS 500’de asal donatı ile ilgili olmak üzere aşığıdaki bilgiler yer almaktadır.

Bir doğrultuda çalışan plak döşemelerde, eğilme donatısı yalnız kısa doğrultuda yerleştirilmesi gerekmektedir. Kritik koşullar için aşığıda ki hususlara dikkat edilmelidir.

Bir doğrultuda çalışan döşemelerde kısa kenara yaklaşıldıkça, kısa kenar mesnedi etkili olmaya başlar ve yükün yayılması bu küçük bölgede iki doğrultuda ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda asal doğrultuya dik doğrultuda eğilme momentleri ortaya çıkar. Orta mesnette çökmenin önlenmesi ve kenar mesnette kirişin burulma rijitliği nedeniyle kısa kenardan biraz uzakta ve mesnet üzerinde negatif eğilme momenti oluşmaktadır. Pozitif momentin karşılanması dağıtma donatısının büyük önemi vardır. Kısa kenar için ise yukarıda ki paragrafta anlatılan mesnet donatısının kullanılmış olması isabetli bir harekettir. İki komşu açıklıktan bükülerek mesnede gelen donatı çubuklar, mesnet momentine göre hesaplanan donatı en kesit alanı için yeterli değilse, aradaki fark mesnede konacak ek donatı ile karşılanması gerekmektedir.

TS 500’de mesnet donatısı ile ilgili olarak aşığıda ki kısıtlamalar bulunmaktadır;

Kısa kenar doğrultusundaki kirişler üstünde, döşeme asal donatısına dik doğrultuda boyuna mesnet donatısı bulundurulması gerekmektedir. Üste konulacak ve her iki tarafta kısa açıklığın 1/4’ü kadar uzatılacak olan boyuna donatı, asal donatının %60’ından az olmaması gerekmektedir. Ayrıca, S 220 için en az Ø8/200 mm, S 420 için en az Ø8/300 mm, S 500 için en az Ø8/150 mm donatı kullanılmalıdır.

Kısa kenar doğrultuya konulan asal donatıdan ayrı olarak, buna dik yönde, plak alt yüzünde, dağıtma donatısı bulundurulması gerekmektedir. Tüm kesit esas alınarak hesaplanacak olan dağıtma donatısı oranı, asal donatının kesit alanının 1/5'inden az olmaması gerekmektedir. Dağıtma donatısının aralığı 300 mm'den fazla olmaması gerekmektedir (TS 500,2000).

Dağıtma donatısı açıklıkta yerleştirildiği gibi, mesnetteki ana donatıya dik olarak üstte ve mesnet donatısının altında yerleştirilmesi de mümkündür. Döşemelerde faydalı yüksekliği artırmak açısından ana donatıyı alta yerleştirmek gerekmektedir.

Tek doğrultuda çalışan döşemelerin kenar mesnedinde hesaplamalarda dikkat edilen momentlerden başka bir de burulma rijitliği nedeniyle ekstra momentler doğması da göz önünde bulundurularak, oluşması muhtemel çatlakları sınırlandırmak için kenar mesnette komşu açıklık donatısının yarısı kadar bir donatının üst mesnet donatısı olarak yerleştirilmesi uygundur. Kısa kenar doğrultusundaki kirişler üstünde, döşeme asal doğrultusuna dik doğrultuda boyuna mesnet donatısı bulundurulması gerekmektedir. Şekil 10.3'te tek doğrultuda çalışan döşemelerde kısa kenar mesnet momenti ve donatısı gösterilmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

/

Şekil 10.3 Bir doğrultuda çalışan döşemede kısa kenar mesnet momenti ve donatısı

Döşemelerde genellikle Ø8'den daha küçük çapta donatı yerleştirilmemesi tavsiye edilmektedir. Küçük çaplı donatıların işçiliği çok güç olduğu gibi beton yerleştirilmesi sırasında eğilme ve konumlarını değiştirme gibi dezavantajları olabilmektedir.

Şekil 10.4'te tek doğrultuda çalışan döşemelerde donatı detaylandırılması görülmektedir.

/

Şekil 10.4 Bir doğrultuda çalışan döşemeler için genel donatı düzeni

Döşemelerde istenilen standarttaki donatı düzeni hazır, çelik hasırlar ile de sağlanabilmektedir. Hasır donatının kullanılması, işçilik açısından büyük avantaj sağlayacaktır. Hasır çeliklerde dikkat edilmesi gereken en önemli detay, birbirlerine iyi kenetlenmesidir.

Tek doğrultuda çalışan döşemelerin tekil yük etkisi büyük önem arz etmektedir. Döşemelerde donatı düzenlenmesinde, döşemenin yayılı yük taşıdığı varsayımı yapılmaktaydı. Eğer döşeme üzerinde tekil yük etkisi söz konusu ise, bu yükleme altında oluşabilecek moment yoğunlaşmasının karşılanabilmesi için donatıların bu bölgede sıklaştırılması tavsiye edilmektedir.

Tekil yük etkisinin baskın olduğu durumlarda, kesme kuvvetinin karşılanması için ek pilyeler yerleştirilmelidir. Bu tür donatı düzeni Şekil 10.5'te görülebilmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

/

Şekil 10.5 Bir doğrultuda çalışan döşemede tekil yük etkisi

10.2.2 İki Doğrultuda Çalışan Döşemeler

Kirişli plaklarda, döşeme uzunluğu, genişliğinin iki katından küçük olması durumunda yük iki doğrultuda iletilmektedir. Yükün iki doğrultuda iletildiği bu tarz döşeme sistemlerine, iki doğrultuda çalışan döşemeler denilmektedir.

TS 500’de iki doğrultuda çalışan plak döşemeler için aşağıdaki ifade yer almaktadır.

Plak döşeme kavramı içerisinde kirişli döşeme ve kirişsiz döşeme yer almaktadır. Düzgün yayılı yük taşıyan, dört kenarı boyunca mesnetlenmiş ve uzun kenarının kısa kenarına oranı 2,0 veya daha küçük olan betonarme plaklar, iki doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılmaktadırlar. Ancak kirişsiz döşemeler, mesnet koşullarına ve bu orana bakılmaksızın, iki doğrultuda çalışan plaklar olarak hesaplanmaktadırlar.

İki doğrultuda çalışan plaklar kiriş veya duvarlara oturabileceği gibi, doğrudan kolonlara da oturabilmektedir. Plak döşemelerin kenar mesnetlerindeki açıklık ve mesnet donatıları, bu kenarlardaki kiriş, hatıl, kolon veya betonarme duvarlara aderans ve kenetleme bölümünde belirtilen kurallara göre kenetlenmelidir. Düz veya kancalı olarak yapılabilecek olan kenetlemelerde, kenetleme boyu mesnet yüzünden başlayarak 150 mm’den az olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

10.2.2.1 Döşeme Kalınlıkları

İki doğrultuda çalışan betonarme döşemelerin kesitleri, açıklık ve mesnet bölgelerinde dikdörtgen şeklinde olmaktadır. Daha önce tek doğrultuda çalışan döşemelerde de belirtildiği üzere döşeme sisteminin hesabına döşeme kalınlığı seçilerek başlanmaktadır, daha sonra donatı hesabına geçilmesi gerekmektedir.

Bu tarz döşemelerde betonarme hesap sonrası bulunan donatılar genellikle minimum donatı altında kaldığından döşeme kalınlığının azaltılabileceği mümkün görülebilir. Bu sefer de çok fazla donatı ile karşılaşılması, döşeme kalınlığının azaltılabileceğini işaret etmektedir. O halde plak kalınlığı seçilirken, döşemedeki donatı oranı ne minimum donatının altında kalmalı, ne de maksimum donatı oranının üstüne çıkmalıdır.

Aynı zamanda döşeme kalınlığı, döşemenin kayma donatısına ihtiyaç göstermeyecek şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Denk.(10.2)’nin sağlanması durumunda kayma donatısına ihtiyaç duyulmamaktadır.

$$V_d \leq 0,5 \times V_{cr} = 0,5 \times 0,65 \times f_{ctd} \times b \times d \quad (10.2)$$

İki doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlığı ile ilgili olarak TS 500'de aşağıdaki kısıtlamalar getirilmektedir;

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin kalınlığı Denk.(10.3)'den bulunan değerden daha az olmaması gerekmektedir.

$$h \geq [l_{sn} \cdot (1 - \alpha_s / 4)] / [15 + 20/m] \quad (10.3)$$

Burada;

h: Döşeme kalınlığı,

l_{sn} : Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı,

α_s : Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı,

m: Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranıdır.

10.2.2.2 Donatı ile İlgili Kurallar

İki doğrultuda çalışan döşemelerde bilinmesi gerekli olan en önemli donatı yerleştirme kurallarından biri, açıklıkta momentin büyük olduğu doğrultuda yerleştirilmesi gereken donatının alt kısma, diğer doğrultuda yerleştirilmesi gereken donatının ise, bu donatının üstüne yerleştirilmesi gerektiğidir. Büyük momentin bulunduğu doğrultuda donatı alt tarafa konularak daha fazla faydalı yükseklik elde edilmiş olunacaktır. İkinci doğrultudaki faydalı yükseklik birinci doğrultudakinden çelik çubuk çaplarının ortalaması kadar küçük olacaktır. Mesnetlerde tek doğrultuda donatı bulunacağından h faydalı yüksekliği olarak her iki doğrultu için de aynı ve büyük olan değer kullanılması gerekmektedir.

Bu tarz döşemelerde her iki doğrultuda da ana donatı olmaktadır. Genel olarak pratikte, kısa doğrultuda ki döşemelerin donatısı uzun doğrultudakinin altına yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

İki doğrultuda çalışan döşemeler için genel olarak Şekil 10.6'da gösterildiği gibi bir donatı düzenlemesi izlenmesi tavsiye edilmektedir.

İki doğrultuda çalışan döşemelere ait mesnetlendirmede, döşeme uçlarında negatif moment oluşacağı aşıkardır. Mesnetlerde ki bu negatif momentin yok edilmesi için Şekil 10.7'de gösterilen bir donatı şeklinin kullanılması uygun olabilmektedir.

/

Şekil 10.6 Çift doğrultuda çalışan döşemelerde genel donatı düzeni

/

Şekil 10.7 Mesnetlerdeki negatif moment için donatı düzeni

Çift Doğrultuda çalışan döşemeler için mesnetlerdeki moment değerleri çok daha fazla olacaktır. Bu nedenle mesnetlerde yerleştirilmesi düşünülen bu donatıların bir kısmını döşemeye kadar uzatılması gerekmektedir. Şekil 10.8’de bu mesnet donatısının detayı gösterilmektedir.

/

Şekil 10.8 Mesnet donatı düzeni

Daha önce tek doğrultuda çalışan döşemelerde de belirtildiği gibi, çok farklı boyutlarda ve yüklerde komşu döşemelerin bulunduğu durumlarda, küçük ve yükü hafif açıklıkta negatif moment oluşabilmektedir. Bu gibi durumlarda açıklıkta üste de

donatı yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu gibi açıklık ve yükün küçük olduğu durumlarda, döşemenin sünek davranmasını sağlamak için minimum ve maksimum donatı oranları aşağıda verilmiştir;

TS 500’de iki doğrultuda çalışan döşeme plaklarının donatı oranları ve aralıkları için aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir;

Donatı oranları için aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir.

$$\rho_x \text{ veya } \rho_y \geq 0,0015 \text{ olmak üzere} \quad (10.4a)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0,004 \text{ S 220} \quad (10.4b)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0,0035 \text{ S 420, S 500} \quad (10.4c)$$

Burada;

ρ_x , x doğrultusundaki boyuna donatı oranı,

ρ_y , y doğrultusundaki boyuna donatı oranıdır.

Donatı aralıkları için ise aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir.

$$t \leq 1,5h \quad (10.5a)$$

$$t \leq 200\text{mm (kısa doğrultuda)} \quad (10.5b)$$

$$t \leq 250\text{mm (uzun doğrultuda)} \quad (10.5c)$$

Burada;

t, donatılar arasındaki mesafedir.

Genellikle açıklık donatısının yarısı düz yarısı pilye olarak kullanılmaktadır (TS 500, 2000).

Şekil 10.6’da pilye ve mesnet ek donatıları için verilen boylar yaklaşık değerler olup, önemli durumlarda moment kapama diyagramının kullanılması tavsiye edilmektedir.

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde de olduğu gibi uygun şekillerde hasır donatılar, bu tür döşemelerde de kullanılabilir. Açıklıkları birbirinden çok farklı iki döşeme birbiriyle komşu olmuş ise, açıklığı büyük olan döşemede daha önceden bilinen düz ve pilye donatı düzeni kullanılması uygun olurken, komşu küçük açıklıktaki döşemenin altına ve üstüne düz donatı yerleştirmek uygun olmaktadır.

Böylelikle komşu büyük açıklık nedeniyle küçük açıklıkta meydana gelen geniş negatif bölgesi karşılanmış olmaktadır. Bu gibi durumlarda pilye kullanılmayıp hem açıklıkta hem de mesnette sadece düz donatı kullanılması tavsiye edilmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

10.3 Kirişsiz Döşemeler

Kirişsiz döşemeler, arada kiriş olmaksızın doğrudan doğruya kolonlara oturan, eğilme etkilerine karşı çift doğrultuda donatılmış betonarme plaklardır. Kirişsiz döşemeler, düşey taşıyıcılara arada kiriş olmadan doğrudan doğruya eğilmeye dayanıklı olarak mesnetlendirilmektedir. Kirişsiz döşemeler genellikle yapı yüksekliğinin az tutulması gereken yerlerde, düz tavan istenildiği durumlarda, tavanda süreklilik gerektiren depolarda, hafif değişken bölmeli bürolarda, fazla derine inmesi istenmeyen temellerde ve benzeri durumlarda tercih edilmektedir. Bu tür döşemelerde plağın kolonlara oturduğu yerlerde, yük aktarımının kolay sağlanabilmesi ve mesnetlendirildiği bölgelerde zımbalama dayanımını temin etmek için tabla, başlık, veya tabla ile başlığın beraber yapılması gerekmektedir.

Kirişsiz döşemelerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- a) Kirişsiz döşemeler toplam yapı yüksekliğini azaltmaktadır.
- b) Belirli değerde ki yüklemelerden daha fazla yayılı yük için, normal kirişli döşemelere göre daha ekonomik çözüm olabilmektedir.
- c) Kalıp ve demir işçiliği diğer döşemelere nazaran çok daha kolay dolayısıyla ekonomiktir.
- d) Yapısal yangın güvenliği diğer döşeme türlerine göre daha iyi sağlanmaktadır. Çünkü döşeme ile onu taşıyan kirişler arasında bir köşe bulunmadığından alevlerin yapıyı terk etmesi daha kolay olabilmektedir.
- e) Döşemelerde kirişin olmayışı yapıyı hafifletmektedir. Aynı hava dolaşımının daha kolay olmasını sağlamaktadır.

Kirişsiz döşemelerde kenar mesnetler çeşitli şekillerde düzenlenebilmektedir. Ortada yapılan başlıklar kolonun sadece bir tarafında yer almaktadır. Genel olarak tavanın cepheye düz olarak çıkması istenmektedir. Kirişin sarkması ışığı kesmesi yada başka

bir sebeple sakıncalı görülürse bu kiriş ters olarak da düzenlenebilir. Kirişsiz döşemelerde kirişin olmayışı beraberinde aşağıdaki sorunları getirmektedir;

1. Normal düşey yükler taşınırken döşeme-kolon ara yüzeyinin sınırlı olması, kesme kuvvetlerini kolona aktaran ara yüzeyde büyük kesme gerilemelerinin olması ve zımbalama kırılma olasılığıdır.
2. Çerçeve olmayışı depremde yatay ötelenmelerin ve ikinci mertebe momentlerinin büyük oluşudur.

Bu tür döşeme sistemi deprem tehlikesinin bulunmadığı bölgelerde (4.ve 5.derece deprem bölgelerinde), çok yüksek olmayan, en çok 4 katlı yapılarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Deprem tehlikesi yüksek olan yerlerde yapılmış ve çok katlı olan yapılarda ise perde duvarlarla yapının yatay ötelenmeleri sınırlandırılmış ise yapılabilmektedir. (Bayülke, 2001)

10.3.1 Döşeme Kalınlıkları

Kolon ile döşeme arasında tabla oluşturulması durumunda, tabla kalınlığı t_0 , döşeme kalınlığının yarısından az, tablanın kolonun her bir tarafındaki uzunluğu, o doğrultudaki döşeme açıklığının $1/6$ 'sından ve tabla kalınlığının 4 katından az olmaması gerekmektedir.

/

Şekil 10.9 Kirişsiz döşemede kolon başlığı ve tabla

Kirişsiz döşemelerde kolon başlığı ve tabla ile ilgili ayrıntılar Şekil 10.9’da gösterilmektedir (TS 500, 2000).

TS 500’de tabla ve başlıklar için aşağıdaki bilgiler yer almaktadır;

Kirişsiz döşemeler düz plaklar olarak düzenlenebileceği gibi, başlıklı yada tablalı olarak da yapılabilir. Şekil 10.9 (a), (b) ve (c)’de bu durum görülebilmektedir. Başlık eğimi 45° ’den az ise, hesapta başlık olarak kolon yüzünden başlayan ve 45° eğimle tanımlanan bölüm dikkate alınması gerekmektedir.

Kirişsiz döşemelerde donatılar kolon şeridi ve açıklık şeritleri için ayrı ayrı hesaplanması ve buna göre donatılması gerekmektedir.

TS 500’e göre döşeme kalınlığı için aşağıdaki kısıtlamalar verilmektedir;

İki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerin kalınlığı aşağıdaki değerlerden az olmaması gerekmektedir;

Tablasız kirişsiz döşemelerde, Denk.(10.6a)’ya, tablalı kirişsiz döşemelerde, Denk.(10.6b)’ye ve kirişsiz döşeme tasarımı TS 500’de belirtildiği gibi yaklaşık yöntemle yapılıyorsa, Denk.(10.6c)’ye uyulması gerekmektedir.

$$h \geq l_n/30 \text{ ve } h \geq 180 \text{ mm} \quad (10.6a)$$

$$h \geq l_n/35 \text{ ve } h \geq 140 \text{ mm} \quad (10.6b)$$

$$h \geq l_n/30 \text{ ve } h \geq 200 \text{ mm} \quad (10.6c)$$

Burada;

h , döşeme kalınlığı,

l_n , döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığıdır.

Kirişsiz döşeme kalınlıkları, olabildiğince zımbalama donatısı gerektirmeyecek biçimde seçilmesi gerekmektedir. Kirişsiz döşemelerde plak ve kolonların moment aktaracak bağlantısını sağlamak için kolon kesitinin açıklık doğrultusunda ki genişliği, aynı eksen açıklığının $1/20$ ’sinden ve 300 mm’den az olamaması gerekmektedir.

Kirişsiz döşemelerde tabla boyutları ile ilgili kısıtlamalar Şekil 10.10’da gösterilmektedir.

Şekil 10.10 Kirişsiz döşemede tabla ve başlık boyutları

Genel olarak bilinmelidir ki iki doğrultuda çalışan plak döşemelerde, donatıyı koruyan net beton örtüsü en az 15 mm olması gerekmektedir. Bu genellemeye pek tabii ki kirişsiz döşemelerde girmektedir. Çünkü kirişsiz döşemeler kayıtsız çift doğrultuda çalışan döşemeler olarak bilinmektedir (TS 500, 2000).

10.3.2 Donatı ile İlgili Kurallar

Kirişsiz döşemeler mesnet koşullarına ve uzun kenar kısa kenar oranına bakılmaksızın iki doğrultuda çalışan plaklar olarak hesaplanması gerekmektedir.

Kirişsiz döşemelerde her iki doğrultuda en az üç açıklığın bulunması ve kenar açıklıkların iç açıklıklara göre biraz küçük düzenlenmesi momentlerin, dengelenmesi açısından önemlidir.

Kirişsiz döşemeler donatı hesabı ve düzenlenmesi bakımından kolon şeridi ve orta şerit olarak iki bölgeye ayrılır. Kolon şeridi, kolon veya perde ekseninin her bir yanında ayrı ayrı, $l_1/4$ veya $l_2/4$ genişlikleriyle tanımlanan şeritlerden dar olanlarının birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Kolon şeridi eğer varsa, moment hesaplanan doğrultudaki kirişleri de kapsamaktadır. Kolon şeritleri arasında kalan döşeme parçası orta şerit olarak tanımlanmaktadır (TS 500, 2000).

TS 500’de donatı oranları ve aralıkları ile ilgili olarak aşağıdaki kısıtlamalar bulunmaktadır. İki doğrultuda çalışan donatı oranları, ρ_x , x doğrultusundaki donatı oranı, ρ_y , y doğrultusundaki donatı oranı olmak üzere Denk.(10.7)’ye uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir.

$$\rho_x \text{ ve } \rho_y \geq 0.0015 \quad (10.7a)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0.004 \text{ S 220} \quad (10.7b)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0.0035 \text{ S 420, S 500} \quad (10.7c)$$

Donatı aralıkları ise aşağıda belirtilen Denk.(10.8)'e uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir (TS 500, 2000).

$$t \leq 1.5 h \text{ (} h = \text{Tablasız döşeme kalınlığı)} \quad (10.8a)$$

$$t \leq 200 \text{ mm (Kısa doğrultuda)} \quad (10.8b)$$

$$t \leq 250 \text{ mm (Uzun doğrultuda)} \quad (10.8c)$$

10.4 Dişli Döşemeler

Dişli döşemeler sık kirişlerden oluşan döşeme sistemidir. Dişli döşeme sisteminde kirişler bir ya da iki doğrultuda yerleştirilebilmektedir. Dişli döşemelerde döşeme yükünün açıklığı küçük olan kirişlere iletilmesi, dişlerin uzun doğrultuda yerleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu durum, dişlerin hangi doğrultuya paralel olması gerektiği hakkında bilgi vermesine rağmen, sadece bu kıstas yeterli olmamaktadır. Çünkü dişlerin doğrultusunu döşeme gözünden gözüne değiştirmek, hem dişli döşemelerde sürekliliği sağlayamayacağından hem de gereksiz burulma momenti ortaya çıkacağından uygun bir yöntem olmaktan sapacaktır. Dolayısıyla diş doğrultusuna karar vermek için, bir çok parametreye bakılmalıdır.

Bu döşeme sisteminin seçiminde ki ana neden, açıklık kesitlerinin taşıma gücüne etkisi az olan çekme bölgesindeki betonun kaldırılmasıyla, döşemenin öz ağırlığının azaltılmış olmasıdır. Çünkü büyük açıklıklarda kalınlaşan plak döşemeler yerine dişli döşeme kullanılırsa hem basınç bölgesinde gerekli beton kesit sağlanmış olur hem de hem de dişler arası boş bırakıldığı için önemli ağırlık azaltılmış olur. Bu husus, dişli döşemede tercih sebebidir Celep ve Kumbasar (1998).

Eğer düz tavan sağlanması amacıyla ana kirişlerin yüksekliği dişlerin yüksekliği ile sınırlı bırakılırsa, kiriş genişliğinin artırılması yoluna gidilir. Ancak kiriş genişliğinin artması da kirişten kolona yüklerin iyi iletilmemesine sebebiyet vermektedir. Çünkü dar bir kolona bağlanan geniş kirişin mesnet kesiti, kolon genişliğine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Mesnette hesaba esas olacak kiriş genişliği, kolon genişliğine kiriş yüksekliğinin eklenmesiyle bulunacak değerden daha büyük olmaması tavsiye

edilmektedir. Bu durumda zımbalama ve eğilme etkilerinin bu bölgede karşılandığını gösteren özel hesaplar yapılmalıdır.

Dişli döşemelerin dişlerine, nervür kirişleri de denir. Nervürlerin olduğu yönde çerçeveler arasındaki bağlantıyı nervürler oluşturmaktadır. Bu nedenlerle yatay yükler altında nervür mesnetlerinde önemli negatif momentler oluşabilmektedir. Eğer nervürlerde bu momentleri taşıyabilecek mesnet donatısı yerleştirilmemiş ise nervürler uçlarından kırılmaktadır.

Yukarıda sözü edilen sebepten dolayı nervür uçları kırılır ise katların yatay ötelenmeleri yapının yıkılmasına neden olmaktadır. Nervür uçlarının negatif mesnet momentine karşı donatılmaması, dişli döşemelerde yapılan en büyük hatalardan bir tanesidir (Bayülke, 2001).

Döşemenin düzgün çalışması için, kolonlar arasında tam diş sayısı ve bundan bir fazla ara mesafe çıkması uygun olmaktadır. Dişli döşemeler, asmolenli yada asmolensiz olarak imal edilmektedir.

10.4.1 Döşeme Boyutları

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde yüklerin, dişler doğrultusunda bunlara dik olan kirişlere aktarıldığı varsayımı yapılmaktadır. Şekil 10.16'da dişli döşemenin boyutlarına ait sınırlandırılmalar görülebilmektedir. Serbest aralıkları 700 mm'yi geçmeyecek şekilde düzenlenmiş kirişlerden ve ince bir tabladan oluşan döşemeler dişli döşeme olarak tanımlanmaktadır. Bu tür döşemelerde dişlerin araları boş bırakılabileceği gibi taşıyıcı olmayan dolgu malzemesi ile de doldurulabilmektedir. Böylelikle düz bir tavan yüzeyi elde edilmiş olmaktadır. Dolgu malzemesi olarak boşluklu beton briket, boşluklu pişmiş toprak veya benzeri hafif malzemesi ile kullanılmaktadır.

/

Şekil 10.11 Dişli döşeme boyutları

Dişlere paralel yönde kolonları birbirlerine bağlayan nervürlerden başka hiçbir yapı elemanı bulunmaması, dişlere paralel doğrultuda çerçeve diğer döşeme sistemlerine

nazaran biraz zayıf kalmaktadır. Bu doğrultudaki dişlerin, uygun biçimde donatılması gerekmektedir. Aksi halde nervürler uçlarından kırılır ve katların yatayda istenmeyen düzeyde öteleme yapmalarına ve yapının yıkılmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerle dişlerin kolonlarla uygun bağlantı yapmasını sağlamak ve deprem gibi, yatay yüklerden gelecek ek etkileri karşılayabilmek için dişler geniş tutulmalıdır.

TS 500' de tek doğrultuda çalışan dişli döşemelere ait kısıtlamalar aşağıda belirtilmektedir;

Bir doğrultuda çalışan dolgulu ya da dolgusuz dişli döşemelerde dişler arasındaki serbest aralık 700 mm'den fazla olmaması gerekmektedir. Tablanın kalınlığı serbest diş aralığının 1/10'undan ve 50 mm'den, diş genişliği ise 100 mm'den az olmaması gerekmektedir. Toplam diş yüksekliğinin (plak ile birlikte) serbest açıklığa oranı, basit mesnetli tek açıklıklı döşemelerde 1/20, sürekli döşemelerde 1/25, konsollarda ise 1/10'dan az olmaması gerekmektedir.

Nervürler narin elemanlardır. Bu nedenle yanal burkulmayı önlemek için bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerin açıklığı 4 m'den fazla ise, taşıyıcı dişlere dik, en az aynı boyutta enine dişler düzenlenmesi gerekmektedir. Açıklığın 4 ile 7 m arasında olduğu durumlarda bir enine diş, açıklığın 7 m'den büyük olduğu durumlarda ise iki enine diş düzenlenmesi gerekmektedir. Enine dişler, açıklığı olabildiğince eşit bölmelidir. Diğer adı berkitme elemanı olan bu enine dişler, diğer dişler ile aynı kesit ve donatıya sahiptirler. Salt amacı yukarıda da anlatıldığı üzere esas dişlerin beraberce çalışmasını sağlamaktır. (TS 500, 2000)

10.4.2 Konstrüktif Kurallar

TS 500'ün dişli döşemelerin hesabına ve donatılması için öngördüğü kurallar kirişler için geçerli olan kuralların aynıdır. Özellikle donatıyla ilgili kurallar adı altında aşağıdaki kısıtlama bulunmaktadır;

Dişlerde eğilme ve kesme donatısı kirişlerdeki gibi hesaplanmaktadır. Ancak hesap kesme kuvvetinin kesme çatlama dayanımından küçük olduğu durumlarda, minimum etriye koşuluna uyulmayabilir ve açık etriye kullanılabilir. Bu durumda, etriye aralığı 250 mm'yi geçmemesi gerekmektedir.

Dişli döşemelerde eğilme yanında kesme kuvveti de çok önemli bir etki olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple kesme kuvvetinin karşılandığının gösterilmesi ve minimum bir etriyenin bulunması gerekmektedir. Dişlerin üstündeki plakta, her iki doğrultuda dağıtma donatısı bulunmalıdır. Bu donatı her bir doğrultuda plak tüm kesit alanının 0,0015'ten az, donatı aralığı ise 250 mm'den fazla olmaması gerekmektedir. Dolgulu ve dolgusuz dişli döşemelerde en fazla donatı oranı kirişler için verilen maksimum değeri aşmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

10.4.3 Çeşitli Donatı Düzenleme Şekilleri

Çekme donatılarının yer aldığı dişli döşemelerde hem enine hem de boyuna kesit Şekil 10.17'de gösterilmektedir.

/

Şekil 10.12 Dişli döşemelerde donatı düzenleme biçimi

Bu tür döşemelerde pilye ve üst alt düz donatı kısıtlamaları daha önce sürekli kirişli döşemelerde belirtilmiş olan kısıtlamaların aynısıdır. Mesnetlere bazen negatif momenti karşılayacak donatı sağlanamayabilir. Bu gibi durumlarda döşeme basit mesnetli döşemeymiş gibi tekrar çözülür. Çözüm sırasında betondaki çatlakları engellemek için açıklıktaki eğilme donatısının en az 1/4'ünün mesnetlerde sağlanması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu donatının uzunluğu, komşu açıklığın 1/10'u kadar olması gerekmektedir. (Barker, 1967)

Açıklığı çift doğrultuda olan sürekli döşemelerin başka bir deyişle kaset döşemelerin tek yönde çalışan dişli döşemelerden farkı, kısa doğrultudaki nervürlerde bulunan alt donatıların uzun doğrultudaki nervürlerde bulunan alt donatıların altından geçmesi gerektiğidir.

Bu tür döşemelerde; döşeme derinlikleri az olup kesme kuvvetine karşı mesnet kenarlarında sık etriye kullanılması uygun olabilmektedir. Şekil 10.13'te nervürlere paralel ve dik doğrultuda alınmış olan kesitler görülebilmektedir. Etriyeler yerine, sadece yerleştirilme noktaları gösterilmektedir.

/

Şekil 10.13 Dişli döşemede etriye sıklaştırılması

Sürekli döşemelerde genelde çok sık kullanılan donatı türü olan bükülmüş donatı şekli çok ekonomik yöntem olup, bu donatım tarzı Şekil 10.14'te gösterilmiştir.

Şekil 10.14 Sürekli kirişlerde bükülmüş donatı kullanılması

Şekil 10.14'te donatıların büküm yerleri ve uzunlukları uygulamada kullanılabilecek şekilde gösterilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere daha önemli yapılarda kenetleme boyunun tespit edilebilmesi için ayrıntılı hesap yapılmasında fayda görülmektedir. Ek F'de farklı donatı düzenleme şekilleri verilmektedir.

Şekil 10.15'te en basit ancak ekonomik olmayan donatı düzenleme şekli gösterilmektedir. Bu tarz donatı düzenlenmesinin en büyük avantajı işçiliğinin çok basit olmasıdır. Düz donatıların hem yerleştirilmesi hem de hazırlanması kolaydır. Bu şekilde aynı zamanda donatıların çizim şekilleri de gösterilmektedir. Şekil

10.15'te mesnetlerde kullanılan negatif momentler için kullanılan donatıların boyutları da pratik uygulamada tavsiye edilen boyutlardır. Bu boyutlar pek tabii ki yaklaşık boyutlar olup önemli yapılarda moment kapama diyagramı kullanılarak gerçek kenetleme boyları bulunabilecektir.

/

Şekil 10.15 Döşemeler için genel donatı düzeni

Döşemelerde donatı düzeni için farklı bir gösterim Şekil 10.16'da yer almaktadır. Burada bükülmüş donatıların daha sonra yerleştirilme imkanı vardır.

//

Şekil 10.16 Döşemeler pilyelere sonradan yerleştirilme imkanı tanıyan donatı düzeni

A.B.Y.Y.H.Y.'te döşemelere ilişkin bazı kısıtlamalar belirtilmektedir.

Döşemeler, katlardaki kütlelere etkiyen deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle dağıtılmasını sağlayacak rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdırlar.

Bütün deprem bölgelerinde, dolgulu ya da dolgusuz yerinde dökme veya prefabrike dişli döşemeli sistemlerde plak kalınlığı 50 mm'den az olmamalıdır. Ancak, düşey yüklerden oluşan kesme kuvvetleri ile birlikte plak düzlemindeki deprem kuvvetlerinin güvenle aktarılmasını sağlamak üzere, dişlerle plak arasında kesme kuvveti bağlantılarının yapılması ve bu bağlantıların yeterli olduğunun hesapla gösterilmesi zorunludur. Diğer döşeme plaklarının kalınlıkları için TS 500'de verilen koşullar geçerlidir.

Bütün döşeme sistemlerinin kesme dayanımlarına ilişkin olarak, süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesme dayanımları için verilen koşullara aynen uyulmalıdır (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

11. BETONARME TEMELLER

Betonarme yapılarda temeller, yapıdan kolon, perde, duvar gibi düşey taşıyıcı elemanlara gelen yüklerin zemine aktarılmasını sağlayan yapı elemanlarıdır. Temeller, deprem sırasında farklı oturmalarından ötürü üst yapıda hasara neden olmayacak biçimde, oturdukları zeminin özellikleri göz önüne alınarak, zemin mekaniği ve temel inşaatı ilkelerine göre yapılması gerekmektedir.

Temeller doğrudan toprak ile temas halinde oldukları için temellerde pas payı miktarının diğerlerine göre daha çok olması, bilinmesi gereken bir husustur. Bu pas payı yabancı yayınlarda 7 ile 8 cm arasında yapılması tavsiye edilmektedir.

Temellerin plandaki alanı, yapıya etkiyen yükler ve zeminin taşıma gücüne göre değişim göstermektedir. Temel derinliği ise zemin şartlarıyla birebir alakalı olup, aynı zamanda iklime bağlı olarak don seviyesi de önemli parametre olmaktadır.

Temellerde donatı yerleştirme kurallarına geçmeden önce temellerin yükler altında nasıl davranış göstereceğinin biliniyor olması gerekmektedir. Şekil 11.1’de tekil temelin yük altındaki davranışının iki farklı çeşidi görülmektedir.

/

Şekil 11.1 Tekil temellerin yük altındaki davranışı ve genel donatı düzeni

Şekil 11.1 (a) tekil temelde zımbalama etkisini göstermektedir. Şekil 11.1 (b)’de tekil temelin alt lifindeki çekme çatlaklarını göstermektedir. Bu görülen iki farklı etki Şekil 11.1(c)’de gösterilen donatı düzeni ile yok edilebilmektedir.

Temeller, yükü zemine iletme şekillerine bağlı olarak derin ve yüzeysel temeller olmak üzere sınıflandırılabilir. Yüzeysel temeller; yükü zemin yüzeyine yakın yerde zemine aktaran temellerdir. Temellerde ekonomik çözüm olarak, şartlar izin

veriyorsa yüzeysel temelleri tercih etmek uygun olabilmektedir. Temellere ait sınıflandırma aşağıdaki gibi yapılabilmektedir.

A) YÜZEYSEL TEMELLER (SIĞ TEMELLER)

i) Duvar Altı Temeller

ii) Münferit (Tekil) Temeller

iii) Sürekli Temeller

- Tek Doğrultuda Sürekli Temeller
- İki Doğrultuda Sürekli Temeller (Izgara Temeller)

iv) Radye Temeller

B) DERİN TEMELLER

i) Kuyu Temeller

ii) Keson Temeller

iii) Kazık Temeller

- Uç kazığı
- Sürtünme kazığı

Yapılarda temeller zemine yük iletmek gibi çok önemli bir görevi üstlendikleri için temeller, tasarımı özel önem ve dikkat gerektiren yapı elemanıdır. Temel imalatına gereken önem verildiği takdirde temel yapımı çok sorunlu bir imalat çeşidi olmaktan çıkmaktadır. Temel oturması sonucu yapı elemanlarına gelecek ek yükler, elemanın yatay yük taşıma gücünün azalmasına yol açmaktadır. Temellerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, inşaatı yapılacak bina temelini, yanındaki komşu bina temelinden daha altta olmaması gerektiğidir. Çünkü temel çukurunun açılması esnasında yapılacak dikkatsizliğin sonuçları çok ağır olabilmektedir. Temellerde en önemli husus, farklı oturmaların meydana gelmemesidir. Temellerde meydana gelebilecek farklı oturmalar üst yapıda önemli zorlamalara sebebiyet vereceği bilinmektedir. Bu nedenle bir yapıdaki temellerin hepsinin aynı seviyede yapılmasına dikkat edilmelidir. Temelin bir tanesi diğerine göre yüksek yapılırsa, yüksekte olan temelin altındaki zeminin iyi sıkıştırılması, zamanla gevşememesi için özel önlemler alınması gerekmektedir.

Üst zeminin, kalın çürük bir tabaka konumunda olması ve taşıyıcı zeminin daha derinlerde olması durumunda, derin temel yapılması gerekmektedir. Derin temellerin yapımı özel zemin etüdü, farklı inşaat metotları gerektirdiği için, derin temellere bu tez konusu dahilinde yer verilmeyecektir.

TS 500, temeller ile ilgili olarak aşağıdaki bilgileri vermektedir;

Temel kotu ve temel tipi, genel olarak yerel koşulların değerlendirilmesinden sonra, zemin mekaniği ilkelerine göre seçilmesi gerekmektedir.

Temeller için TS 500 genel bir bilgi olarak, temel donatısının, zemin ve yer altı suyundan etkileneceği düşüncesiyle beton örtüsünün 50 mm'den daha az olmaması gerektiğini belirtmektedir (TS 500, 2000).

11.1 Duvar Altı Temelleri

Duvar altı temelleri, taşıyıcı duvar veya betonarme perdelerin taşıdıkları yükleri zemine ileten ve bu elemanların doğrultusuna paralel uzanan temellerdir.

TS 500'e göre duvar altı temelleri, taşıyıcı duvar yükünü, zemine güvenli biçimde aktarmak üzere oluşturulmuş betonarme elemanlardır.

Duvar altı temellerinin genişliği zemin dayanımı göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Uzun doğrultuda eğilme oluşmadığı varsayımı ile, betonarme hesabın kısa doğrultuda 1 m genişliğindeki bir konsol kiriş gibi yapılması gerekmektedir. Uzun doğrultuda yükleme veya zemin etkilerinden doğabilecek birtakım etkileri karşılayabilmek için, konstrüktif amaçlı donatılar düzenlenmelidir. Konsol kiriş olarak göz önüne alınan kesit şekli, dikdörtgen ya da yamuk olabilmektedir. Ancak betonarme hesaba esas olan kesit birim genişlikte ve dikdörtgen kesitli olmaktadır Celep ve Kumbasar (1998).

11.1.1 Boyutlandırma

Boyutlama sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, kesme kuvvetinin ve eğilme momentinin hangi kesitte alınması gerektiğidir.

Duvar altı temellerinde kesme kuvveti, duvar ya da perde yüzünde, eğilme momenti ise duvar yüzünden duvar kalınlığının 1/4'ü kadar içerideki kesitte alınmalıdır.

Duvar altı temel yüksekliği, kayma donatısına ihtiyaç duyulmayacak şekilde belirlenmesi tavsiye edilmektedir. Temel kalınlığı seçilirken, tasarım momentinin homojen çatlamamış kesit varsayımı ile hesaplanan çatlama momentinden, tasarım kesme kuvvetinin de kesmede çatlama dayanımından küçük olması sağlanmalıdır.

Duvar altı temeli, her bir yanda, üzerindeki duvardan en az 100 mm dışarı taşmalıdır. Duvar altı temeli kalınlığı da, duvar dışına taşan kolon açıklığının yarısından ve 200 mm den az olamaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

11.1.2 Donatıyla İlgili Kurallar

Duvar altı temellerinde minimum donatı koşullarına uyulması gerekmektedir. Minimum donatı koşulları için aşağıdaki hususlar öngörülmektedir.

Duvar boyunca her köşede bir tane olmak üzere en az 4Ø10 boyuna donatı bulundurulmalı ve bunlar aralığı 300 mm'yi geçmeyen, en az 8 mm çapındaki etriyelerle sarılmalıdır.

Şekil 11.3'te durum detaylı olarak görülebilmektedir (TS 500, 2000).

/

Şekil 11.2 Duvar altı temeline ait donatı düzeni

Duvar altı temellerde de tek doğrultuda yük aktarıp, tek doğrultuda çalışan döşemelerde uyulması gereken konstrüktif kuralara uyulması gerekmektedir.

Kademeli temellerde, kademe yüksekliği temel kalınlığından daha büyük yapılırsa kademe arkasında kalan bölümdeki toprak sıkıştırılamadığı için bu noktalarda oturma olmaktadır.

Duvar altı temellerinde konulacak boyuna donatıların hem üstte ve hem altta yatay aralıkları 30 cm'yi geçmeyecek; köşelerde, kesişme noktalarında ve basamaklı temel durumlarında sürekliliği sağlayacak biçimde bindirme yapılmalıdır.

Tablo 11.1'de kademeli olarak yapılan temellerde A.B.Y.Y.H.Y.'ğe paralel olarak tavsiye edilen donatılar ve minimum boyutlar belirtilmektedir (A.B.Y.Y.H.Y., 1998).

TABLO 11.1 Duvar altı temellerine ilişkin koşullar

KOŞULUN TANIMI	Zemin Grubu (A),(B)	Zemin Grubu (C)	Zemin Grubu (D)
Minimum temel genişliği (cm) Duvar kalınlığına ek (iki yandan) pabuç genişliği (cm)	50 2 x 15	60 2 x 20	70 2 x 25
Minimum temel yüksekliği (cm)	30	40	40
Altta ve üstte minimum temel boyuna donatısı	3Ø 12	3 Ø 14	4 Ø 14
Temelde minimum etriye	Ø 8/30	Ø 8/30	Ø 8/30
Minimum basamak yatay aralığı (cm)	100	150	—
Minimum basamak bindirme uzunluğu (cm)	30	40	—
Maksimum basamak yüksekliği (cm)	30	30	—

11.2 Tekil Temeller

Tekil temeller adından da anlaşılacağı gibi, tek bir kolon için düzenlenen temel türüdür. Tekil temellerin plandaki görünümü kare, dikdörtgen ya da daire şeklinde olabilmektedir. Düşey kesitleri ise yamuk ya da dikdörtgen olabilmektedir.

Tekil temellerin, duvar altı temellere göre betonarme hesap açısından farkı; hesabın birim boyda yapılması yerine hesapta her iki doğrultunun da göz önüne alınıyor olmasıdır.

11.2.1 Boyutlandırma

Boyutlandırma ve donatı hesabında, eğilme, kesme kuvveti ve zımbalama için ayrıca hesap yapılmalı ve donatının yeterli kenetleme boyuna sahip olduğu kanıtlanmalıdır.

Daha kesin hesap gerekmiyorsa, kolon yüzünden dışarı taşan temel parçaları ayrı ayrı, tek yönde çalışan birer konsol kiriş gibi hesaplanabilmektedir. Bu durumda, moment ve kesme için kritik kesitin kolon yüzünde zımbalama çevresinin de kolon yüzünden $d/2$ kadar uzakta olduğu varsayılmaktadır (TS 500, 2000).

Daha önce de belirtildiği üzere temel yüksekliği kayma donatısı gerektirmeyecek şekilde seçilmelidir. Kesme kuvveti beton kesitin taşıyabileceği sınırı aşması halinde kayma donatısı hesapla belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 11.3(a)'da kayma donatısı görülmektedir. Ancak çok gerekmedikçe bu yol tercih edilmemektedir. Kayma donatısı yerleştirme zorunluluğundan kaçınmak için temel yüksekliğini artırmak yolu tercih edilebilmektedir.

/

Şekil 11.3 Tekil temelerde donatı düzeni

Tekil temelerin planda en küçük boyutu 0.7 m'den, alanı 1.0 m^2 'den, kalınlığı ise 250 mm'den ve konsol açıklığının $1/4$ 'ünden daha az olmaması gerekmektedir. Beton örtüsü ise 50 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. Böylelikle belirli oranda zemin belirsizliklerinden kaçınılmış, rijit temel sağlanmış ve donatı yer altı suyunun zararlı etkisinden korunmuş olunacaktır (TS 500, 2000).

10.2.2 Donatılar ile İlgili Kurallar

Tekil temellerin donatı düzeninde, kolonlara ait filiz donatıları da bulunması gerekmektedir. Kolonlar için başlangıç filizlerinin kenetleme boyu aynı bir kattan diğer kat döşemesine geçilirken bırakılan donatı filiz boyu kadar olmaktadır. Bırakılması gereken filiz boyunun, daha önce tanımlanmış olan kenetleme boyu kadar olmasında bir sakınca yoktur.

Şekil 11.4'te gösterilen donatı düzeninde diğerine göre yukarıda olan donatılar temelin yan taraflara devrilmesine engel olmaktadır. Bu donatılar, kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Planda dikdörtgen temellerde, kısa doğrultuya paralel olan donatılar uzun doğrultuya paralel olan donatıya göre daha altta bulunması gerekmektedir.

/

Şekil 11.4 Tekil temel detayı

Şekil 11.5'te kolon filizlerinin yerleştirilmesi için alternatif bir donatı düzeni gösterilmektedir. Bu tür donatı düzeni, bazı zamanlarda küçük kolonlar ve planda dairesel şekilde olan temellerde zımbalama etkilerine karşı iyi davranış göstermesi açısından tercih edilmektedir. Dairesel kolonlarda “U” şeklindeki donatı filizleri kullanım açısından uygun olmamaktadır.

/

Şekil 11.5 Tekil temellerde kolon filiz donatı düzeni

Temel ampatmanlarının anormal ölçüde yüksek olduğu durumlarda, kolon filizlerinin yerini sabit tutmak amaçlı etriyeler kolon filizlerinin etrafına sarılmalıdır. Şekil 11.5'te kolon filizlerinin etrafını saran etriyeler görülmektedir (Barker, 1967).

TS 500'e göre tekil temellerde uyulması gereken kurallar aşağıda belirtilmektedir.

Her iki doğrultu için hesapla bulunan donatılar, temel tabanında bir ızgara oluşturacak ve donatı çubukları eşit aralıklı olacak şekilde yerleştirilmelidir.

Temeldeki çekme donatısı oranı, her bir doğrultuda, hesapta göz önüne alınan kesite göre 0.002'den az ve donatı aralığı 250 mm'den fazla olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Tekil temellerde, yukarıdaki belirtilen donatılardan, başka bir de çember donatısı kullanılması tavsiye edilmektedir. Tekil temelin dış kenarına konulacak bir çember donatısı, gergi çubuğu gibi çalışarak, temelin güç tükenmesine yakın durumdaki davranışını olumlu yönde etkileyecektir. Temelin davranışını olumlu yönde etkileyen çember donatısı Şekil 11.6'da görülmektedir. Aynı zamanda temel donatılarının uç kısımlarda yukarıya doğru kıvrılması donatının işlevini daha iyi yerine getirmesini sağlamaktadır.

/

Şekil 11.6 Tekil temelde çember donatısı ve kemerlenme etkisi

Temel üst tablası boyutlarının, kolon boyutlarından biraz büyük seçilmesi (10-20cm), kolon kalıbının kolaylıkla konabilmesi ve temel kolon aplikasyon hatalarının üst yapıyı etkilememesi açısından uygun bir durum olmaktadır.

10.2.2.1 Bağ Kirişleri

Tekil temellerin yatay yer değiştirmelerini önlemek amacıyla birbirlerine, konstrüktif olarak donatılan bağ kirişleri ile bağlanması gerekmektedir. Bağ kirişlerinin yapımına ilişkin kurallar A.B.Y.Y.H.Y'de yer almaktadır.

Bağ kirişleri betonarme binalarda tekil temelleri her iki doğrultuda, sürekli temelleri ise kolon veya perde hizasında birbirlerine bağlamaktadır. Temel zemini (A) grubuna giren zeminlerde bağ kirişleri yapılmayabilmektedir.

Bağ kirişleri, temel kazısına uygun olarak, temel altından kolon tabanına kadar olan yükseklikteki herhangi bir seviyede yapılabilir. Binanın bulunduğu deprem bölgesine ve zemin gruplarına bağlı olarak, bağ kirişlerinin sağlaması gereken minimum koşullar Tablo 11.2’de belirtilmektedir.

Tablo 11.2 Bağ Kirişlerine İlişkin Minimum Koşullar

KOŞULUN TANIMI	Deprem Bölgesi	Zemin Grubu (A)	Zemin Grubu (B)	Zemin Grubu (C)	Zemin Grubu (D)
1. Bağ kirişinin minimum eksenel kuvveti (*)	1, 2 3, 4	%6 %4	%8 %6	%10 %8	%12 %10
2. Minimum en kesit boyutu (cm) (**)	1, 2 3, 4	25 25	25 25	30 25	30 25
3. Minimum en kesit alanı (cm ²)	1, 2 3, 4	625 625	750 625	900 750	900 750
4. Minimum boyuna donatı	1, 2 3, 4	4Ø14 4Ø14	4Ø16 4Ø14	4Ø16 4Ø16	4Ø18 4Ø16

Kesit hesabında bağ kirişlerinin hem basınç, hem de çekme kuvvetlerine çalışacağı göz önünde tutulması gerekmektedir. Zemin ya da taban betonu tarafından sarılan bağ kirişlerinin basınçta çalışması durumunda, burkulma etkisi göz önüne alınmayabilmektedir. Çekme durumunda ise, çekme kuvvetinin sadece donatı tarafından taşındığı varsayılmaktadır. Bağ kirişlerinin etriye çapı 8 mm’den az ve etriye aralığı 200 mm’den fazla olmaması gerekmektedir. Bağ kirişleri yerine betonarme döşemeler de kullanılabilir. Bu durumda, döşeme kalınlığı 150 mm’den az olmamalıdır.

(*) Bağ kirişinin bağlandığı kolon veya perdelerdeki en büyük eksenel kuvvetin yüzdesi olarak

(**) Minimum en kesit boyutu, bağ kirişinin serbest açıklığının 1/30’undan az olamaz

Döşemenin ve içine konulan donatının Tablo 11.2’de bağ kirişleri için verilen yatay yüklere eşit yükleri güvenli biçimde aktarabildiği hesapla gösterilmelidir (Altan, 2001).

Tekil temellere ilişkin genel donatı düzeni Şekil 11.7’de görülebilmektedir.

/

Şekil 11.7 Tekil temele ait donatı düzeni

11.3 Sürekli Temeller

Zeminin zayıf olduğu ve kolon yüklerinin çok büyük olduğu durumda, tekil temellerin alanları normalin dışına taşmaktadır. Sonuç olarak temel alanları, planda büyür ve temeller birbirine yaklaşır. Çoğu zaman bu yaklaşma, temellerin birbirine girmesine bile, sebep olabilmektedir. Eğer temeller birbirine girmez ise de, tekil temeller farklı oturmalar yaptıkları zaman, üst yapıda büyük zorlanmaların ve çatlamların oluşması kaçınılmazdır. Bu tür sorunları ortadan kaldırabilmek için tekil temellerin birbirleriyle birleştirilmesi uygun bir çözüm olacaktır Celep ve Kumbasar (1998).

TS 500’de sürekli temellerin tanımı aşağıdaki şekilde yapılmaktadır;

Sürekli temeller, birden fazla kolon, perde kagir duvar gibi düşey taşıyıcı elemanın yüklerini bir bütün olarak ve yeterli bir rijitlik içinde zemine aktarabilen temellerdir. Bir doğrultuda sıralanmış düşey taşıyıcı elemanlar altında düzenlenen sürekli temeller şerit temel, birden fazla doğrultuda yerleştirilmiş düşey taşıyıcı elemanlar altında düzenlenmiş sürekli temeller ise alan temeli olarak adlandırılmaktadır. Şerit temeller ve alan temelleri, kirişli veya kirişsiz plaklar biçiminde düzenlenmektedir (TS 500, 2000).

Kolon sayısı arttıkça kolon yükleri, kendisine komşu iki açıklıktaki zemin gerilmelerine daha etkili olurken, daha uzak açıklıklardaki zemin gerilmelerine olan etkileri uzaklık arttıkça azalmaktadır. Bu düşünceden hareketle üst yapının rijit olmadığı ya da kolon sayısının az olduğu durumlarda kolon yükünün, komşu açıklık ortaları arasında kalan bir bölgede zemine düzgün yayıldığı kabul edilmesi uygun bir yaklaşım olmaktadır. Önemli durumlarda sürekli temellerin daha ayrıntılı çözümü elastik zemine oturan sonlu bir kiriş hesabı ile yapılabilir (Aka ve diğ. (1987)).

Zemin gerilme dağılımı için TS 500’de aşağıdaki ifade yer almaktadır;

Tasarım yükleri etkisiyle temel altında oluşacak zemin basınçlarının belirlenmesinde, üst yapının, temelin ve yarı elastik (veya in elastik) ortam durumundaki zeminin karşılıklı etkileşim ilişkileri temel alınmalıdır. Üst yapıdaki özel rijitlik dağılımları bir yana bırakılarak, temel tabanındaki ve zemin yüzündeki yer değiştirmelerin eşitliğinin sağlanması, genellikle yeterlidir. Bu amaçla zemin yarı elastik ortam veya daha basit olarak, yeterli rijitlikte ve yeterli sayıda, birbirinden bağımsız yaylarla temsil edilmektedir. Temel ve zemin rijitlikleri arasındaki oranın belli sınır değerlerin üzerinde olması durumunda tekil temellerde olduğu gibi, zemin basıncı için doğrusal dağılım kabul edilebilir.

Aşağıda TS 500’e göre tüm sürekli temel çeşitleri için geçerli olan birtakım koşullar belirtilmektedir;

Kirişli olan sürekli temellerde, kiriş yüksekliği plak da içinde olmak üzere, serbest açıklığın 1/10’undan, plak kalınlığı da 200 mm’den daha az olmaması gerekmektedir.

Bu tür temellerde kiriş kesitinin V_{cr} kesmede çatlama dayanımı, kolon yüzünde hesaplanan V_d tasarım kesme kuvvetinden büyük olması gerekmektedir. Bu sağlanamıyorsa aradaki fark olabildiğince küçük tutulmalıdır (TS 500, 2000).

11.3.1 Donatı ile İlgili Kurallar

Sürekli temelleri oluşturan bütün elemanlardaki minimum boyuna ve enine donatı oranları TS 500’ün kirişler ve plaklar için öngördüğü oranlarla tanımlanmıştır. Eğilme etkisindeki bütün kesitin basınç bölgesinde, çekme donatısının en az 1/3’ü kadar basınç donatısı bulundurulması gerekmektedir. Kalınlığı nedeniyle farklı zamanlarda beton dökülmesi zorunlu olan yüksek kiriş ve kalın plakların yatay

döküm derzlerinde, kullanım sırasında oluşacak tasarım kesme kuvvetlerini karşılayabilecek ve yeterli sürtünme kesmesi dayanımı oluşturabilecek düşey donatı yerleştirilmesi gerekmektedir (TS 500, 2000).

Şekil 11.8 Sürekli kirişlerde genel donatı düzeni

Sürekli temellerin kabul edilebilir en temel donatı düzeni Şekil 11.8’de görülebilmektedir. Sürekli temellerin yük altında ki davranışının da bilinmesi gerekmektedir. Yük altındaki davranış temelin yük etkisinde ki göçme halini

belirleyebilecektir. Sürekli temellerde ki kirişlerin davranışı normal döşemelerde ki kirişlerin davranışının tam tersi olmaktadır.

Daha öncede belirtildiği gibi farklı değerlerde yük taşıyan kolonların bulunduğu sürekli temellerin, plandaki görünümü trapez şeklinde olmaktadır. Böylelikle sürekli temel altında üniform zemin gerilmesi sağlanmaktadır. Zeminde iki farklı kolondan gelen yükleri bileşkesinin etkiye noktası ile temelin plandaki şeklinin ağırlık merkezinin çakışması ile üniform gerilme dağılımı sağlanmaktadır.

Şekil 11.8’de sürekli temellerin donatı düzeni ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Donatı düzenin gösterimi daha kolay ve anlaşılabilir olması açısından alt ve üst donatılar ayrı ayrı gösterilmektedir.

11.3.2 Bir Doğrultuda Sürekli Temeller

Sürekli temellerde, temeli düzgün yayılı gerilme oluşacak şekilde tasarlamak, hesaplarda kolaylık sağlamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi kolon yüklerinin bileşkesini temel alanının ağırlık merkezi ile çakıştırmak düzgün yayılı gerilme oluşturmak açısından uygun olmaktadır. Çoğu halde yükü ağır olan kolonun oturduğu alanın genişletilmesi ile bu sağlanmaktadır.

Sürekli temellerde betonarme hesap şeklini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz ;

Tekil temeller ve sürekli kirişler için öngörülen konstrüktif kurallar sürekli temeller için de geçerlidir. Bir doğrultuda sürekli olarak uzanan temel kirişleri, kolona birleştiği kısımlardan, ikinci doğrultuda bağ kirişleriyle birbirlerine bağlanmaktadır.

11.3.3 İki Doğrultuda Sürekli Temeller

Yükleri artan ve zeminin zayıf olması nedeniyle plandaki kesitleri büyüyen tekil temellerin iki doğrultuda bağlanmasıyla iki doğrultuda sürekli temeller ortaya çıkmaktadır. Başka bir anlatım tarzıyla, tekil temellerde konstrüktif olarak kullanılan bağ kirişleri, burada taşıyıcı hale gelmektedir.

İki doğrultuda sürekli temellere ızgara temeller de denilir. İki doğrultuda sürekli temel kullanımıyla, bina temeli boyunca bir bütünlük sağlanmış olduğu gibi temelde farklı oturmaların da önüne geçilmiş olmaktadır. Ancak, tüm bu yararlı kullanım alanlarına karşılık, işçiliği zor olan bir temel imalatı şeklidir. Bu nedenle kullanım alanı kısıtlıdır. Burada da zemin gerilmeleri sürekli temellerdeki gibidir.

İki doğrultuda sürekli temellerde eğilme ve kesme etkisine ek olarak bir de burulma etkisi oluşmaktadır. Çünkü iki doğrultuda sürekli temeller kolon yüklerini karşılarken, bir temel eğilmeye maruz kalırken, diğer doğrultudaki temel burulma etkisine maruz kalacaktır. Temel burulma etkisi ile çatlama gösterdikten sonra, kirişin burulma rijitliği oldukça azalacaktır. Bu durumda sürekli temellerin birleşimi sadece düşey yükü paylaşma görevini üstlenmektedir.

Çatlamadan sonra burulma etkisinin sonuca etkileri çok büyük olduğundan, iki doğrultuda ayrı ayrı sürekli temel gibi yaklaşık hesaplamaları yoluna gidilmesi gerekmektedir. İki doğrultuda sürekli temellerde kesişmenin olduğu bölgede donatı düzenlenmesi büyük önem kazanmaktadır. Kesişme bölgesinde boyuna donatılarının düzenine ve etriyelerin sürekliliğine oldukça önem verilmelidir.

11.4 Radye Temeller

Yapı ağırlığı çok fazla ve zemin kalitesi çok düşük ise bütün yapının altına tek bir plak temel yapılması uygun olmaktadır. Bu plak temelin sınırları binanın plandaki alanından taşırılabilir. Böylelikle zemin gerilmeleri daha da azaltılmaktadır. Radye temellerde yapı bütünlüğü diğer temellere göre çok daha fazladır. Radye temel, bazı durumlarda yapıyı yeraltı suyuyla karşı yalıtım içinde tercih edilmektedir.

Radye temeller kirişli olabildikleri gibi kirişsiz de olabilmektedir. Bu durumlara göre radye temeller kirişli ya da kirişsiz döşemelere benzetilir. Kolon yüklerinin zemine iletilmesinde, plak gözlerinin simetri eksenleri çizilerek, kolon yüklerinin etki alanları sürekli temellerdekine benzer şekilde belirlenebilir.

Kirişsiz radye temeller kirişsiz döşemelerin ters çevrilmiş şekli olup burada zımbalama etkileri büyük önem taşımaktadır.

TS 500'e göre zımbalama kontrolü yapılması gerekmektedir. O nedenle radye temelleri de kirişli olarak imal etmek, yük aktarımı açısından çok daha güvenli hale getirecektir. Ancak kalıp ve beton dökümü açısından işçiliği kirişsiz olana göre çok daha zordur.

Radye temelin üstü aynı zamanda bodrum kat döşemesi olarak kullanıldığından kirişli radye temellerde bodrum katı döşemesi düz taban yüzeyi olmaktan çıkmaktadır.

Radye temellerin, binanın plandaki şekline uymak gibi bir zorunluluğu yoktur. Radye temellerin plandaki şeklinin basitçe dikdörtgen olması temel davranışı açısından olumlu olmaktadır.

Boyutlandırma için en önemli husus zemin gerilme dağılımının bulunmasıdır. Çok katlı bir yapıda temelde eksantirisite yoksa yani yapıdan gelen yükün etkime noktası ile yapı temelinin ağırlık merkezi arasında büyük fark yoksa ve temel plak kalınlığı yeter derecede kalın ise; zemin gerilmeleri, kolon momentlerine bakılmaksızın kolon düşey yüklerinden basitçe elde edilebilmektedir.

Radye temellerin düzenlenmesinde yeterli bir plak rijitliği sağlanmalıdır. Bu nedenle plak kalınlığı, etkiyen yükler ve açıklık göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerekmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

TS 500 Radye temellerin kalınlıkları için şu kısıtlamalarda bulunmaktadır;

Kirişsiz plak olarak düzenlenen sürekli temellerde plak kalınlıkları, 300 mm'den küçük olamaması gerekmektedir. Zımbalama kontrolünde donatı katkısı hesaba katılmaması gerekmektedir.

Genel olarak radye temellerin donatı düzeni döşemelerin donatı düzenine benzediğinden döşemelerin donatı düzeninde uyulması gerekli olan kurallara burada da uyulması gerekmektedir. Çünkü bu plakların donatısı üst yapı döşemelerinden ters dönmüş olmaları dışında bir değişiklik göstermezler.

Kirişli radye temel yapılması durumunda bodrum katın düz bir alan olarak kullanılamayacağı daha önce de belirtilmiş idi.

Bodrumdan herhangi bir şekilde yararlanılmak isteniyorsa, ters kirişli, ters mantar ya da kirişsiz radye temeller daha uygun düşebilmektedir.

Ters kiriş ya da ters mantar türlerinde kalıptan kurtulmak için, zemin üzerine önce akmayı önleyecek düşük eğimli bir şevle az dozlu bir grobeton dökülmesi ve bunun kalıp olarak da kullanılması tavsiye edilmektedir. Ancak ters kirişli radye temel durumunda, plak donatısının kiriş boyuna donatısının altında kalması gerektiği unutulmaması gerekmektedir.

Şekil 11.9'da buna ait örnek görülebilmektedir. Aka ve diğ. (1987).

/

Şekil 11.9 Ters kirişli radyenin plak kiriş birleşiminde donatının yerleşimi
Ek G’de çeşitli temel donatı düzenlemeleri gösterilmektedir.

12. PERDELER

12.1 Süneklilik Düzeyi Yüksek Perdeler

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi (7) olan düşey taşıyıcı elemanlardır.

Perdelerin, yapılarda deprem kuvvetlerini taşıyabilme ve yatay ötelenmeleri kısıtlama açısından etkileri çok büyüktür. Perde duvarlı yapıların depremde çok iyi davrandıkları gözlenmiştir. Perde duvarların yapının planda yerleştirilmesinde en önemli husus; perdenin burulma etkisi yaratmayacak şekilde yerleştirilmesidir. Burulma etkisinin oluşmaması için perdelerin yapının ağırlık merkezine yakın bir bölgede yerleştirilmesi gerekmektedir.

TS 500’de perdeler için aşağıdaki kısıtlamalar yapılmıştır;

Deprem perdeleri, silo, rezervuar ve diğer özel yapı duvarları ile istinat duvarları gibi yapımı ve tasarımı özel kurallara bağlı olan betonarme duvarlar, kendi türleri için verilmiş olan koşullar saklı kalarak, bu bölümde verilen kurallara da uymak zorundadırlar. Betonarme duvarlar, duvara etkime olasılığı bulunan büzülme, sıcaklık değişmesi gibi zorlamalar da dahil olmak üzere, her türlü yük etkilerini güvenle taşıyabilecek biçimde boyutlandırılıp donatılmalıdır (TS 500, 2000).

Yapılarda perdeler, genellikle asansör boşluklarına veya merdiven çevrelerinde yerleştirilmektedir. Eğer perdelerin, yapı içindeki konumları simetrik değilse, deprem etkisi altında burulma sebebiyle büyük hasarlara sebep olmaktadır.

Perde duvarların, temelden başlayarak yapının üst katına kadar sürekli olması gerekmektedir. Çeşitli nedenlerle zemin katında perde duvar yapılmaması sonucu veya üst katlarda mimari amaçlı perde duvar yapılması sonucunda, zemin katı yumuşak kat denen yapılar oluşmaktadır ve depremde büyük hasar görebilmektedir.

Perde duvarların zemin katında kesilmesinin, depremde oluşturacağı sakıncaların benzeri, statik hesaplarda yük almadığı varsayılan tuğla dolgunun zemin katında diğer katlardakinden daha az olması durumunda da oluşmaktadır.

Perde duvarlar, kolonlar gibi düşey taşıyıcı elemanlardır. Perdelerin taşıdığı eksenel yükün en büyük eksenel yük taşıma gücüne oranı küçüktür. Bu nedenle perdeler, temele ankastre bir konsol kiriş gibi davranış göstermektedir. Betonarme perde duvarlar, küçük ve orta şiddetli depremlerde yapıların yatay ötelenmelerini kısıtlayarak yapı içindeki eşyaları korur ve bölme duvarlardaki mimari hasarları önler. Şiddetli depremlerde yatay yüklerin büyük bir bölümü, perdeler tarafından karşılanarak kiriş uçlarındaki mafsallaşmanın daha alt düzeyde kalmasını sağlarken yapının yatay ötelenmesini, önemli miktarda azaltıp, ikinci mertebeden etkilerin yapının yanal ötelenmesinin geri dönülmez boyutlara ulaşılmasını önlemektedir (Bayülke, 2001).

12.1.1 Perdelerin Yük Etkisi Altındaki Davranışı

Kesme kuvveti etkisinde kırılmada önce eğik çekme çatlakları oluşmakta daha sonra gövde ezilmesi yada kesme-basınç kırılmaları olabilmektedir. Bir başka kırılma şekli ise, duvarın tabanında yatay çatlak olduktan sonra duvarın tabandan kaymasıdır. Yüksek perdeler; eğilme etkisinin önemli olduğu perdelerdir. Bu tür perdelerin kırılması tabanda mafsallaşma şeklinde olabilmektedir. Perde düşey donatısı, ileride belirtilecek oranlardan daha az olursa, çekme donatısı ani kırılacağından gevrek kırılma görülebilecektir. Eğer düşey donatı oranı çok daha az ise beton ezilmeden donatı kopabilmektedir. Perde duvarları, kolonlardan ayıran özellik perde duvarların bir yönde narin olmalarıdır. Kısa kenar yönünde perde küçük bir kolon gibi davranmaktadır. Çok katlı yapıların en alt katlarında deprem yükleri altında perdelerin bir ucunda çekme diğer ucunda ise basınç etkileri oluşmaktadır. Yük altında perdelerin davranış şekilleri Şekil 12.1’de görülebilmektedir.

/

Şekil 12.1 Yüksek perde duvarların zemin katlarında burkulma oluşumu

Deprem yükleri tersinir yükler olduğundan, önceden çekmeye maruz kalan ve betonu çatlayan kısım, bu kez basınca maruz kalacaktır ve betonda çatladığı için donatının burkulması kolaylaşacaktır. Perde düşey donatılarının burkulma tehlikesinin olduğu bu bölge yönetmelikte “kritik perde yüksekliği” olarak tanımlanmaktadır.

12.1.2 En Kesit Koşulları

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi (7) olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Aşağıda belirtilen özel durum dışında, perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15’inden ve 200 mm’den az olmaması gerekmektedir.

Ancak Denk.(12.1)’in sağlandığı perdelerde, kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/12’sinden az olmaması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

$$H_w/l_w > 2.0 \quad (12.1)$$

Burada;

H_w , Temel üstünden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği,

l_w , Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğudur.

TS 500’de de betonarme duvarlar planda uzun kenarının, kalınlığa oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanmaktadır. Betonarme duvarların kalınlığı 150 mm den az olamaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda, Denk.(12.1) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20’sinden ve 150 mm’den az olmaması gerekmektedir.

$$\sum Ag / \sum Ap \geq 0.002 \quad (12.2a)$$

$$V_t / \sum Ag \leq 0.5 f_{ctd} \quad (12.2b)$$

Burada;

$\sum Ag$, Deprem doğrultusuna paralel yapı elemanlarının en kesit alanları toplamı,

$\sum A_p$, Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı,

V_t , Binaya etkiyen toplam deprem yükü,

f_{ctd} , Betonun tasarım çekme dayanımıdır.

Aksi halde perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmaması gerekmektedir. Denk.(12.2), bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

$H_w / l_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulması gerekmektedir. Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilmektedir.

Temel üstünden itibaren kritik perde yüksekliği, $2.l_w$ değerini aşmamak üzere, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

$$H_{cr} \geq l_w \quad (12.3a)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \quad (12.3b)$$

Burada;

H_{cr} ; kritik perde yüksekliği,

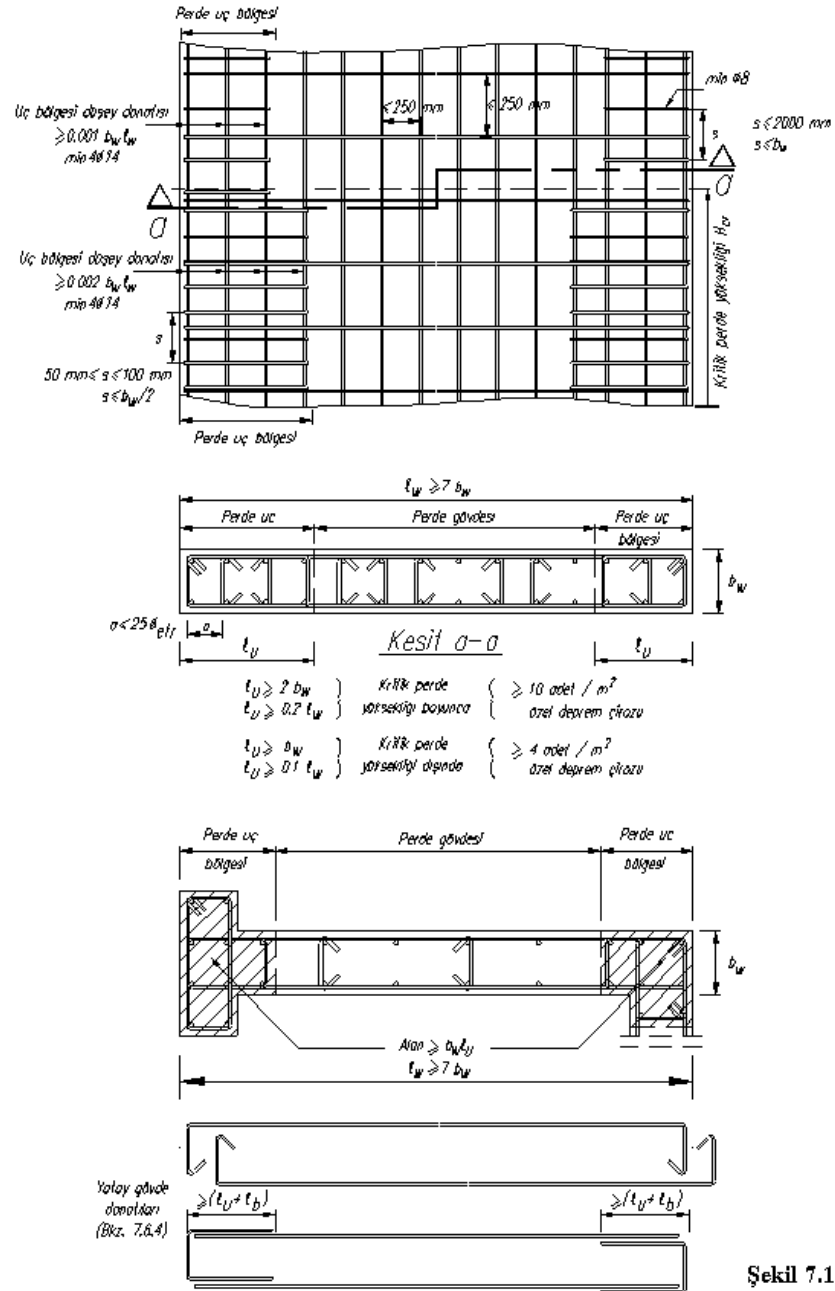
l_w , Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu,

H_w , Temel üst kotundan itibaren toplam perde yüksekliğidir.

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, " H_w " ve " H_{cr} " büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru göz önüne alınması gerekmektedir. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katın altındaki ilk bodrum katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılması gerekmektedir.

Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam

uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmaması gerekmektedir. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmaması gerekmektedir. Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin en kesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için yukarıda tanımlanan alana eşit olmalıdır (ABYYHY, 1998).



Şekil 7.11

Şekil 12.2 Perde duvarlara ait minimum donatı ve boyutlar (AB.Y.Y.H.Y, 1998).

12.1.3 Donatı ile İlgili Kurallar

Perde duvarların moment taşıma güçlerini artırmak için uçları kolonlu, I ya da dik yönde küçük perdeler olan H kesitli yapılmaları gerekmektedir. “I” ve “H” kesitli perde duvarların uç elemanlarına yüksek basınç kuvvetlerine karşı sık enine donatı ve çiroz yerleştirilmelidir.

Şekil 12.3’de uç elemanlara ait enine donatı düzeni görülebilmektedir.

/

Şekil 12.3 Perde uç bölgelerine ait enine donatı düzeni

I kesitli, uçlarında kolon olan perde duvarlarda, eğilme momenti kapasitesine ulaşıldığı zaman perdeye gelen kesme kuvvetini taşıyabilecek kesme taşıma gücü bulunmalıdır. Donatıların daha yoğun olduğu uç elemanları ya da kolonları olan perde duvarlarda büyük momentler oluşabilmektedir. Bu momentler altında gerçekleşen kesme kuvveti, kesme kuvveti taşıma gücünün altında ise gevrek nitelikte kesme kırılması olabilmektedir.

I ve H kesitli perdelerin bir başka yararı, eğilme momenti etkisiyle perde uçlarında oluşan büyük basınç etkileri altında, perdenin yanal burkulmasını engellemeleridir. Uç elemanlı perdeler, uç elemansızlara göre daha sünek olmakta, daha büyük kesme kuvveti taşımakta ve daha fazla deprem enerjisi yutmaktadır.

Eğilme etkisindeki perdelerde kesit uçlarında büyük gerilmeler meydana gelmektedir. Perdelerin uç elemanlarında oluşan basınç kuvvetlerinin taşınması için kolonlarda ve dik yöndeki perdeciklerdeki betonun etriyelerle yeterli biçimde kısıtlanmaları gerekmektedir.

Şekil 12.4’te uç elemanlı I kesitli perde duvarın donatı düzeni gösterilmektedir.

Şekil 12.4 I-Kesitli uçları genişletilmiş perde duvar donatı ayrıntıları

Perdelerde donatılar yönetmelikte de olduğu gibi gövde ve perde uç bölgeleri donatıları olarak ayrı ayrı ele alınmalıdır.

TS 500’de donatılarla ilgili olarak aşağıdaki kurallar getirilmiştir;

Perdelerde özel durum olarak, betonarme duvarlar içinde kapı, pencere veya benzeri boşluklar bırakılması gereken durumlarda, aşağıda belirtilecek minimum donatıya ek olarak, boşluğun her bir kenarına en az 2Ø16 donatı yerleştirilmelidir. Bu çubukların boşluk kenarından ölçülen kenetleme boyları 40Ø den az olmamalıdır.

Ayrıntılı çözümlemesi yapılmayan durumlarda, her bir tekil yük için kesit hesabında alınacak olan duvar etkili boyu, tekil yüklerin eksenleri arasında kalan uzaklıktan daha fazla olmaması gerekmektedir. Ayrıca, tekil yük altında kalan bölgelerde oluşacak çekme gerilmelerine karşı, yük eksenine dik doğrultuda asal çekme donatısı bulundurulmalıdır.

Betonarme duvarların her iki yüzünde yatay ve düşey çubuklardan oluşan donatı ağları düzenlenmelidir. Hesapların daha fazla donatı gerektirmediği durumlarda,

betonarme duvara yerleştirilecek olan düşey ve yatay donatılar aşağıda belirtilecek olan değerlerden daha az olmamaları gerekmektedir.

Betonarme duvarın iki yüzündeki düşey donatı alanlarının toplamı, duvar tüm kesitinin (A_g) 0.0015 inden daha az olmaması gerekmektedir. Ayrıca, iki yüzdeki yatay donatı alanlarının toplamı da aynı değerden az olamaması gerekmektedir.

Düşey ve yatay donatı aralıkları, duvar kalınlığının 1.5 katından ve 300 mm den fazla olmaması gerekmektedir.

Betonarme duvarın iki yüzündeki donatı ağırları, 1 m^2 duvar yüzeyinde en az dört tane çiroz ile karşılıklı olarak bağlanmalıdır (TS 500, 2000).

12.1.3.1 Gövde Donatısı Koşulları

Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam en kesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt en kesit alanının 0.0025'inden az olmaması gerekmektedir. $H_w / l_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak göz önüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmaması gerekmektedir. Şekil 12.2'de bu durum görülebilmektedir.

Yukarıdaki Denk.(12.2) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda, donatı aralığı 300 mm'yi geçmemesi gerekmektedir.

Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, beher metrekaire perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanması gerekmektedir. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekaire perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olmalıdır (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

12.1.3.2 Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

Perdelerin yatay gövde donatıları düzenlenmesi Şekil 12.2'de gösterilmiştir. Bu şekilde düzenlenen yatay gövde donatıları, kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine konulacak sargı donatısının belirlenmesinde hesaba katılabilir.

Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanması gerekmektedir.

Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan $\supset$ biçiminde yatay donatılar yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılması gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998).

12.1.3.3 Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt en kesit alanına oranı 0.001'den az olmaması gerekmektedir. Ancak, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılabilmektedir. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14'ten az olmamalıdır. Şekil 12.2'de bu durumla ilgili, tüm detaylar bulunmaktadır.

Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılması gerekmektedir.

a) Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmaması gerekmektedir. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmamalıdır.

b) Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için belirlenen enine donatıların en az 2/3'ü konulması gerekmektedir. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilmelidir.

c) Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmamalıdır. Ancak, perde uç bölgelerindeki enine donatının çapı ve aralığı, hiçbir zaman perde gövdesindeki yatay donatıdan daha az olmamalıdır. (A.B.Y.Y.H.Y, 1998)

Perde duvarlara bağlanan kirişlerin boyuna donatılarının ankrajı Şekil 12.5'te ve Şekil 12.6'da bu donatı düzeni gösterilmektedir (Bayülke, 2001).

/

Şekil 12.5 Perdeye boylamasına saplanan kiriş donatılarının ankajı

/

Şekil 12.6 Perdenin ötesine geçmeyen kiriş boyuna donatısının ankrajı

Düşey taşıyıcı elemanların kolon ve perde tariflerinden ikisine de girmiyor iseler, düşey taşıyıcılar hem kolonun hem de perdenin sağlaması gereken minimum şartları gerçekleştirmelidir. Perde duvarlarındaki donatı bindirme boyları için kolonlarda öngörülen koşullara uyulmalıdır.

12.2 Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelere İlişkin Kural ve Koşullar

Perdeler için yukarıda verilen tüm kural ve koşullar, bağ kirişli perdeleri oluşturan perde parçalarının her biri için de geçerlidir.

Bağ kirişlerinin kesme donatısına ilişkin kurallar aşağıda verilmiştir:

$$l_n > 3 h_k \quad (12.4a)$$

$$V_d \leq 1.5 b_w d f_{ctd} \quad (12.4b)$$

Burada;

l_n , kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı,

h_k , kiriş yüksekliği,

V_d , Deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti,

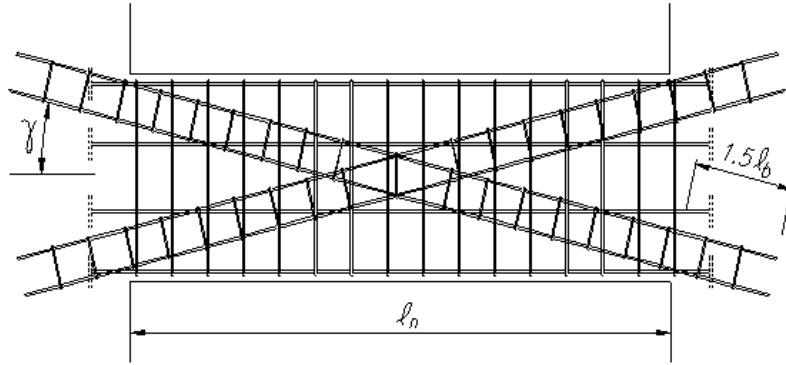
b_w , Perde gövde kalınlığı,

d , Kirişin faydalı yüksekliği,

f_{ctd} , Betonun tasarım çekme dayanımı

Denk.(12.4)'ün sağlanması durumunda bağ kirişlerinin kesme donatısı hesabı süneklilik düzeyi yüksek kirişlerin kesme donatısı gibi yapılması gerekmektedir.

Denk.(12.4) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanamaması durumunda, bağ kirişine konulacak özel kesme donatısı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış yöntemlerle belirlenecek veya bağ kirişindeki kesme kuvvetini karşılamak üzere çapraz donatılar kullanılması gerekmektedir. Bu donatı yerleştirme biçimi Şekil 12.7'de görülmektedir. Her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı Denk.(12.5) ile belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 7.14

Şekil 12.7 Perde bağ kirişlerinde çapraz donatı düzeni

$$A_{sd} = V_d / (2 f_{yd} \sin \gamma) \quad (12.5)$$

Burada;

A_{sd} , Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam donatı oranı,

γ , Bağ kirişlerinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açı,

V_d , Deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti,

f_{yd} , Boyuna donatının tasarım akma dayanımıdır.

Çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az $1.5.l_b$ kadar uzatılması gerekmektedir. Donatı demetleri özel deprem etriyeleri ile sarılacak ve kullanılacak etriyelerin çapı 8 mm'den, aralığı ise çapraz donatı çapının 6 katından ve 100 mm'den daha fazla olmaması gerekmektedir. Çapraz donatılara ek olarak, bağ kirişine TS 500'de öngörülen minimum miktarda etriye ve yatay gövde donatısı konulması gerekmektedir.

Perdelerin bağ kirişlerinde tavsiye edilen başka bir donatı düzeni ise, Şekil 12.8'de görülebilmektedir.

Burada sadece donatıların yerlerinin belirtilmesi ile yetinilmiştir.

Şekil Perde bağ kirişine ait farklı donatı düzeni (Bayülke, 2001)

12.2.1 Perdelerde Boşluk Bırakılması Durumu

Perdelerde bırakılan boşluklar için TS 500'de aşağıda ifade edilen kurallara uyulması gerekmektedir. Perdeler içinde kapı pencere veya benzeri boşluklar bırakılması gereken durumlarda aşağıda belirtilecek minimum donatıya ek olarak, boşluğun her bir kenarına en az 2Ø16 donatı yerleştirilmelidir. Bu çubukların boşluk kenarından ölçülen kenetlenme boyları 40Ø'den az olmaması gerekmektedir. (TS 500, 2000)

Ayrıntılı çözümlemesi yapılmayan durumlarda, her bir tekil yük için kesit hesabında alınacak olan duvar etkili boyu, tekil yüklerin eksenleri arasında kalan uzaklıktan ve yükleme alanı uzunluğuna duvar kalınlığının, dört katı eklenerek bulunacak uzunluktan daha fazla olmaması gerekmektedir. Ayrıca tekil yük altında kalan bölgelerde oluşacak çekme gerilmelerine karşı, yük eksenine dik doğrultuda asal çekme donatısı bulundurulması gerekmektedir.

12.3 Süneklik Düzeyi Normal Perdeler

Süneklik düzeyi normal perdeler, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılarak donatılması gerekmektedir. Süneklik düzeyi yüksek perdelerde tanımlanan kritik perde yüksekliğine ilişkin olarak verilen tanım ve koşullar hariç olmak üzere, süneklik düzeyi yüksek perdeler için verilen diğer tüm kural ve koşullar, süneklik düzeyi normal olan perdeler için de geçerlidir (A.B.Y.Y.H.Y, 1998)

13. BETONARME YÜKSEK KİRİŞLER

Yüksekliğinin açıklığına oranı, büyük olan kirişlere yüksek kirişler denilmektedir. TS 500'ün taşıma gücüne dayalı kesit hesabında esas alınacak varsayımlar arasında “Düzlem kesit, şekil değiştirmeden sonra düzlem kalır” ilkesi bulunmaktadır. Bu varsayımın sonucu olarak kiriş gövdesinde deformasyonlar doğrusal olarak değişmektedir. Ancak yüksekliğin açıklığa göre oranının artmasıyla, basınç gerilmelerinin yayılışı doğrusal olmaktan çıkmaktadır. Dolayısıyla yüksek kirişlerin hesap yöntemi klasik hesap yöntemlerinden ayrılmaktadır. Bu şekilde yüksekliğin, açıklığa oranı çok büyük olan kirişlere “yüksek kiriş” denmektedir.

Yüksek kirişler, silo ve depolarda, hem bölme duvarı hem de yükleri mesnetlere aktaran elemanlar olarak kullanılmaktadır. Çok katlı yapılarda ise duvar taşıyıcı kirişler, yatay konumda iseler rüzgar ve deprem kirişleri görevini üstlenmektedirler.

Bu durumda kirişin üst bölgesinde gerilmesi düşük olan bir bölge oluşmaktadır. Sonuç itibarıyla yüksek kirişlerin betonarme hesabı diğer normal kirişlerin betonarme hesabından ayrılmaktadır.

13.1 Yüksek Kirişlerin Yük Altındaki Davranışı

Yüksek kirişlerde, diğer kirişlerden farklı olarak, kayma deformasyonları ihmal edilemeyecek kadar önemlidir. Ayrıca, açıklık / yükseklik oranının küçülmesiyle, gerilme yayılışı doğrusal değişimden uzaklaşmakta, eğilme önemini kaybetmekte ve kiriş davranışına kemerlenme etkisi hakim olmaktadır. Kemerlenme etkisi, kenetlenmenin yüksek kirişlerde önemini artırmaktadır Ersoy ve Özcebe (2001).

Şekil 13.1’de üstten yüklenmiş yüksek kirişlerde asal gerilme yörüngeleri ve donatı düzeni gösterilmektedir. Çekme gerilmelerinin yatay bulunması, buna karşı gelen çekme donatılarının yatay olarak yerleştirilebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda üst yükün büyük bir bölümü, düşeyde bulunan basınç gerilmeleri ile mesnede iletilmektedir. Kiriş yüksekliği büyüdükçe açıklık ortasına ve alt yüzeye etkiyen yük kemerlenme etkisiyle taşınmaktadır.

/

Şekil 13.1 Tek açıklıklı yüksek kirişte asal gerilme yörüngeleri ve donatı düzeni

Çeşitli yüklemeler altında ve farklı mesnet koşullarında, yüksek kirişte meydana gelen çekme ve basınç doğrultuları Şekil 13.2’de gösterilmektedir.

/

Şekil 13.2 Yüksek kirişte farklı yüklemeler altında oluşan çekme ve basınç etkileri

/

Şekil 13.3 Dolaylı mesnetleme durumunda asal gerilme yörüngeleri

Yüksek kirişlerin donatı düzeninin belirlenmesinde asal çekme gerilmelerinin ve mesnet bölgelerinde düşey basınç gerilmelerinin yerlerinin bilinmesi çok önemlidir. Yüksek kirişlere mesnetlik yapan elemanların enine yüksek kirişler ya da yükseklik boyunca uzayan kolonlar olması, yükün yüksek kirişten mesnede gerilme aktarılmasını kolaylaştırmaktadır.

Yüksek kirişlerde yükün uygulama yeri gerilme durumunu etkileyen önemli faktörlerdendir. Yük duvarın kendi ağırlığı şeklinde yükseklik boyunca düzgün yayılı olduğu gibi, yüksek kirişe üstten bağlı döşemelerden gelen yük de olabilmektedir. Üçüncü bir yükleme şekli ise yük, kirişe alttan birleşen taşıyıcı elemanlarla verilmesidir. Üçüncü yükleme türü yükün alttan üste iletilmesi şeklinde olmaktadır. Bunun için ek donatıya ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 13.4'te bu yükleme çeşidine ait asal gerilme yörüngeleri görülmektedir.

/

Şekil 13.4 Aşağıdan yüklü yüksek kirişte asal gerilme yörüngeleri ve kemerlenme için yukarıya asılması gereken bölge

Yüksek kirişlerde meydana gelen kemerlenme etkisi, donatı ihtiyacını azaltmaktadır. Bu nedenle yaklaşık hesaplar sonucu donatı hesabı yapılabilir.

Yüksek kirişte oluşan kemerlenme etkisi üst yükü mesnetlere iletirken, çekme donatısı da kemerin gergisini oluşturmaktadır. Yüksek kirişin ve yükün durumuna göre kemerlenme etkisi farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır.

Şekil 13.5'te konsol kirişte betondan oluşan basınç çubukları ve donatıdan oluşan çekme çubukları gösterilmektedir. Basınç elemanının parabolik olarak çıkmasıyla yukarıda belirtilen kemerlenme görülür. Gösterilen bu çubuklar, ana donatı düzenine esas teşkil etmektedir.

Şekil 13.5 Konsollu yüksek kirişte ana donatı düzenine esas olmak üzere beliren kuvvet çizgileri

Yüksek kirişlerin yüksekliklerinin kalınlıklarına göre daha fazla olması yüksek kirişleri yanal burkulmaya karşı hassas hale getirmektedir. Basit kiriş durumunda basınç taşıyan üst kiriş bölgesi, narinlikten dolayı yanal olarak burkulabilmektedir. Bunun için yanal rijitliğin sağlanması gerekmektedir. Aksi halde enine doğrultuda rijitleştiriciye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tehlike yüksek kirişin üst taraftan döşeme ile birleşmesi bu tehlikeyi ortadan kaldırmaktadır Celep ve Kumbasar (1998).

13.2 Yüksek Kirişlerde Donatı ile İlgili Koşullar

Yüksek kirişlerde, asal çekme gerilemelerinin yönü, kiriş eksenine doğrultusuna yakın olduğundan düşey etriyeler l/h oranı büyük kirişlerdeki kadar etkili değildir. Kiriş eksenine doğrultusunda yerleştirilen çubuklar, kesme donatısı olarak (asal çekme gerilemeleri için) oldukça yararlı olmaktadır. Yüksek kirişlerde düşey ve yatay yönde yerleştirilecek bir hasır oluşturan donatı, en yaygın kullanılan donatı biçimidir.

TS 500’de yüksek kirişler için aşağıdaki tanım yapılmaktadır.

Bir yüzünden mesnetlenip, diğer yüzünden yüklenen ve net açıklığı, faydalı yüksekliğin 5 katından küçük olan kirişlerin kesme tasarımında, aşağıda belirtilecek koşullara ve sınırlara uyulması gerekmektedir. (TS 500, 2000)

Tasarım kesme kuvveti, düzgün yayılı yük taşıyan kirişlerde, mesnet yüzünden $0.15.l_n$ kadar, tekil yüklü kirişlerde ise $0.5a$ kadar uzaklıkta hesaplanır, ancak hiçbir zaman bu uzaklık kiriş faydalı yüksekliğini geçemez. Burada “a” tekil yükün mesnet yüzünden uzaklığıdır.

Betonunun kesme dayanımına katkısı Denk.(13.1) ile belirlenmesi gerekmektedir.

$$V_{cr} = 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \cdot (1 + \gamma \cdot N_d / A_c) \quad (13.1a)$$

$$V_c = 0.8 \cdot V_{cr} \quad (13.1b)$$

Burada;

V_{cr} , kesitin kesmede çatlama dayanımı,

V_c , Kesme dayanımına beton katkısı,

f_{ctd} , Beton tasarım eksenel çekme dayanımı

b_w , kirişin gövde genişliği,

d , Kiriş faydalı yüksekliği,

γ , Çatlama dayanımına eksenel kuvvet etkisini yansıtan katsayı

N_d , Tasarım eksenel kuvveti,

A_c , Gövde kesiti beton alanıdır.

Yukarıda tanımlandığı biçimde hesaplanan tasarım kesme kuvveti Denk.(13.2) ile verilen sınırları aşmaması gerekmektedir. Bu koşul sağlanmazsa kesit boyutları büyütülmelidir.

$$l_n/d < 2 \text{ ise } V_r \leq 0.2 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \quad (13.2a)$$

$$2 \leq (l_n/d) \leq 5 \text{ ise } V_d \leq 0.017 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \cdot (10 + l_n/d) \quad (13.2b)$$

Burada;

l_n , Mesnet yüzünden mesnet yüzüne ölçülen net uzaklık,

V_r , Kesme dayanımı,

f_{cd} , Beton tasarım basınç dayanımıdır.

Tasarım kesme kuvvetinin Denk.(13.3) ile tanımlanan çatlama dayanımından büyük olduğu durumlarda, kiriş eksenine dik ve paralel olarak yerleştirilecek kesme donatısı, Denk.(13.1)'i sağlaması gerekmektedir. Beton katkısı V_c , Denk.(13.5) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$V_w = (d/12) \cdot \{ (1 + l_n/d) \cdot (A_v \cdot f_{ywd}/s) + (A_{vh} \cdot f_{yd}/s_h) \cdot (11 - l_n/d) \} \quad (13.3a)$$

$$V_c = 0.8 \cdot V_{cr} \quad (13.3b)$$

Burada;

V_w , Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı,

A_v , Kiriş eksenine dik olarak, “s” aralığı ile yerleştirilen enine kesme donatısı alanı,
 A_{vh} , Kiriş eksenine paralel, derinlik boyunca “ s_n ” aralığı ile yerleştirilen boyuna kesme donatısı alanıdır.

Hesaplanan kesme donatısı Denk.(13.4)’de verilen değerlerden az olmaması gerekmektedir;

$$A_v/s \geq 0.8.(f_{ctd}/f_{ywd}).b_w \quad (13.4a)$$

$$A_{sh}/s_n \geq 0.8.(f_{ctd}/f_{ywd}).b_w \quad (13.4b)$$

Kiriş eksenine dik ve paralel kesme donatılarının aralığı, $d/5$ den ve 400 mm den fazla olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Hesap kesme kuvvetinin çatlama dayanımından küçük çıktığı durumlarda da yukarıda tanımlanan minimum donatının bulundurulması zorunludur.

Basit mesnetli tek açıklıklı kirişlerde çekme donatısının, sürekli kirişlerde açıklık donatısının tümü, mesnetten mesnede kesintisiz uzatılmalı ve bu donatının mesnetlerde kenetlenmesi sağlanmalıdır. Bu donatı Şekil 13.6’da gösterildiği gibi, $0.05.h.(5-l/h)$ derinliğine yayılması gerekmektedir. Mesnet mesafeleri küçük olduğu için kenetlenme, mesnette yatay firkete veya mekanik kenetleme parçaları kullanılarak yapılabilmektedir.

/

Şekil 13.6 Yüksek kirişte mesnet bölgesi donatısı

Sürekli kirişlerde mesnet momenti için mesnet üstüne yerleştirilen donatının en az %50’si mesnetten mesnede kesintisiz uzatılmalıdır. Kalan donatı mesnetten 0.4.l uzaklığında kesilebilmektedir. Mesnet donatısı, kiriş üst yüzeyinden aşağıya doğru, $0.8.h$ derinliğine iki şerit halinde yayılması gerekmektedir. İlk şerit, $0.2.h$

derinliğinde yayılmalı ve bu şeritteki donatı alanı, Denk.(13.5)'de belirtilen değerden az olmaması gerekmektedir.

$$\text{Mesnet donatısı} \geq 0.5.A_s.(l/h-1) \quad (13.5)$$

Sürekli yüksek kirişlerde, mesnetteki çekme donatısının %50'si, kesme donatısı hesabında dikkate alınmalıdır. Şekil 13.7'de mesnet donatısı görülmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

/

Şekil 13.7 Mesnet bölgesi donatı düzeni

13.2.1 Gövde donatısı

Yüksek kirişlerde boyuna donatıların yanı sıra enine donatılarda büyük önem taşımaktadır. Enine donatılar kayma donatıları olup kesme etkilerine karşı direnç göstermektedir. Yüksek kirişlerde enine donatılar ve boyuna donatılar karesel ağ oluşturacak şekilde düzenlenmelidir.

Boyuna donatılara ilave olarak yüksek kirişlere her iki yönde ve her iki yüzde düzenlenecek olan kayma donatısının oranı, BÇ I için 0.0025, BÇ III için 0.002'den daha az olmaması ve gövdedeki donatı aralığı 20 cm'yi geçmemesi gerekmektedir

Mesnet civarında ezilmeyi ve kenetlenme çözülmesini önlemek amacıyla donatı aralığı yarıya indirilmesi tavsiye edilmektedir. Donatı aralığının sıklaştırıldığı bölge, yatay ve düşey yönde en az 0,2.h veya 0,2.l olması tavsiye edilmektedir. Bu durum Şekil 13.7'de görülebilmektedir.

Tablo 13.1 Yüksek kirişlerde donatı şeritleri

	$l/h > 1.0$	$l/h < 1.0$
Ana donatı şeridi	$0.25h-0.05l$	$0.20l$
Ek yatay gövde donatısı şerit genişliği.	$0.25h-0.05l$	$0.20l$
Ek yatay gövde donatısı şerit uzunluğu	$0.3h$	$0.3l$
Ek yatay gövde donatısı şerit genişliği..	$0.2h$	$0.2l$
Ek düşey gövde donatısı şerit uzunluğu..	$0.5h$	$0.5l$

13.2.2 Yükün Kirişe alttan uygulanması durumu

Yüksek kirişlerde yükün kirişe alttan uygulanması durumuna, yükü üst yüzdeki basınç bölgesine aktarmak için askı donatısı kullanılmalıdır. Kiriş alt yüzüne uygulanan yük düzgün yayılı olduğunda, en etkili askı donatısı, düşey çubuklardır. Bu donatı düzeni Şekil 13.8’de gösterilmektedir. Bu tür çubuklar U şeklinde bükülerek, alttaki donatıyı saracak bir biçimde düzenlenirse daha etkili olmaktadır. Çubukların boyu, kiriş açıklığı ve kiriş derinliğinden az olmaması gerekmektedir. Bu boy mesnet bölgesinde %20 azaltılabilmektedir. Ersoy ve Özcebe (2001).

/

Şekil 13.8 Alt yüze etkiyen yükün basınç bölgesine aktarılması

13.2.3 Dolaylı yükleme durumu

Yükün, söz konusu kirişe saplanan diğer bir kirişle aktarıldığı durumlarda, yükün basınç bölgesine aktarılması, birleşim bölgesinde düzenlenecek askı donatısı ile sağlanması gerekmektedir. Şekil 13.9 (a) ’da bu durum görülebilmektedir.

Aktarılabilecek yükün çok büyük olduğu durumlarda, yükün %60'ının Şekil 13.9 (b)'de gösterilen türde eğik çubuklarla aktarılmasına izin verilmektedir.

/

Şekil 13.9 Yüksek kirişin diğerine saplandığı durumda donatı düzeni

Yüksek kirişlerin başka bir yüksek veya perdeye oturduğu durumlarda ise, yükün mesnede aktarılabilmesi için özel mesnet donatısına gereksinim vardır. Bu donatı, Şekil 13.10 (a)'da gösterildiği şekilde karesel bir ağ olabileceği gibi, eğik çubuklardan da oluşturulabilmektedir. Bu durum Şekil 13.10 (b)'de bu donatı düzeni görülebilmektedir Ersoy ve Özcebe (2001).

/

Şekil 13.10 Mesnede perde olan yüksek kirişlerde mesnet donatısı

Yüksek kirişlerde daha önce davranış bölümünde de belirtildiği gibi üst kısma etkiyen yük dağılır ve aşağıya iner ve mesnet bölgelerinde toplanır. Bu dağılıma ve tekrar toplanma bölgelerinde meydana gelebilecek yatay çekme gerilmelerinin alınması için her bir bölgede kuvvetin dörtte birini esas alarak donatı yerleştirilmesi gerekmektedir.

14. KISA KONSOLLAR

14.1 Kısa Konsolların Yük Altındaki Davranışı

Konsol kirişlerinin boyu, derinliklerine eşit yada daha az olduğunda, bunlar “kısa konsol” olarak adlandırılmaktadır. Endüstri yapılarında ve köprülerde çokça rastlanan kısa konsolların davranışı klasik kiriş davranışından oldukça farklıdır. Dolayısıyla ayrı bir konu olarak ele alınmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Şekil 14.1’de sabit ve değişken yükseklikli iki kısa konsolda asal gerilme yörüngeleri ve oluşan kuvvetler gösterilmiştir. Şekil 14.1(a)’da ki fotoğraf, tekil yük etkisi altındaki kısa konsolda oluşan çatlamları göstermektedir.

/

Şekil 14.1 Kısa konsollarda gerilme dağılımı ve çatlak yörüngeleri

Kısa konsolların yüklenmesi ile asal çekme gerilmelerine dik doğrultuda çatlakların oluşması kaçınılmazdır. Asal çekme doğrultusunda yerleştirilecek donatılar, oluşması muhtemel çatlakları önlemektedir. Kısa konsollarda çekme gerilmelerinin yaklaşık olarak $0.25.h$ gibi bir yüksekliğe yayılı olması konacak yatay çekme donatısının bu bölgeyi kapsamasını gerektirmektedir. Şekil 14.1’den D basınç gerilmeleri bileşkesi

ile Z çekme gerilmeleri bileşkesi tesir çizgilerinin konsol arka kenarını kestikleri noktalar arasındaki mesafenin de en fazla 0.8.h olduğu görülmektedir. Çekme gerilmelerinin yörüngeleri üst kenara paralel olup aşağıya indikçe 45⁰'ye yaklaşan eğikliktedir. Dikdörtgen biçimli konsollarda, alt dış köşede gerilmesiz bir bölge kalır. Bu açıdan yamuk biçimli konsollar daha uygundur (Gotthard, 1966).

14.2 Kısa Konsollarda Donatı ile İlgili Kurallar

Kısa konsolun davranışı, çatlama durumundan hareketle basit bir boyutlama düzeni oluşturulmaktadır. Buna göre üste bir çekme donatısı yerleştirilerek kafes sistem oluşumu sağlanmalıdır. Böylece, konsol yükü eğimli beton basınç çubuğu ve çekme kuvveti yatay donatı ile karşılanmaktadır.

TS 500'de kısa konsollar ile ilgili olarak aşağıda belirtilen tanımlamalar ve kısıtlamalar bulunmaktadır;

Yükleme noktasından mesnet yüzüne olan uzaklığın, mesnetteki faydalı yüksekliğe oranı 1.0 veya daha küçük olan ($a_v \leq d$) konsolların taşıma gücü hesabı ve donatı detaylandırılması, bu bölümdeki ilkelere göre yapılması gerekmektedir.

Özel önlemler alınmayan durumlarda, konsola oturan kirişlerde sıcaklık değişimi ve büzülme gibi olaylar nedeni ile oluşan kısalmalar ve uzamalar, konsol üzerinde yatay kuvvetler (H_d) oluştururlar. Bu yatay kuvvet için yük katsayısı 1,6 alınır. Her zaman çekme olarak hesaba katılacak olan bu yatay kuvvet 0,2 V_d 'den küçük seçilememesi gerekmektedir. Konsolun kesme dayanımı Denk.(14.1)'de verilen koşulu sağlaması gerekmektedir.

$$V_d < 0,22 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \quad (14.1)$$

Burada;

V_d , Tasarım kesme kuvveti,

f_{cd} , Betonun tasarım basınç dayanımı,

b_w , Kiriş gövde genişliği,

d , Kiriş faydalı yüksekliğidir.

TS 500’de, kısa konsollarda sürtünme kesmesi için hesap yapılması ve kesme sürtünme donatısı (A_{wf})’nin hesaplanması öngörülmektedir. Kesme sürtünmesi için gereken donatı alanı, A_{wf} Denk(14.2)’den hesaplanabilmektedir.

$$A_{wf} = V_d / f_{yd} \cdot \mu \quad (14.2)$$

Burada;

A_{wf} , Kesme sürtünme donatısı kesit alanı,

V_d , Tasarım kesme kuvveti,

f_{yd} , Boyuna donatı tasarım akma dayanımı,

μ , Kesme sürtünme katsayısıdır.

Konsol üst yüzünde bulundurulacak toplam çekme donatısı (A_{st}), eğilme ve eksenel kuvvet için hesaplanan donatıların toplamıdır. Bu donatılar Denk.(14.3) ile hesaplanabilmektedir.

$$A_{st} = (A_s + A_n) \geq (2/3 \cdot A_{wf} + A_n) \geq 0,05 \cdot (f_{cd} / f_{yd}) \cdot b_w \cdot d \quad (14.3a)$$

$$A_s = (V_d \cdot a_v + H_d \cdot (h - d)) / 0,8 \cdot f_{yd} \cdot d \quad (14.3b)$$

$$A_n = H_d / f_{yd} \quad (14.3c)$$

Burada;

A_{st} , kısa konsolda eğilme ve yatay kuvvet için gereken toplam yatay donatı kesit alanı,

A_s , Eğilme donatısı alanı,

A_n , Kısa konsolda yatay kuvvet için gereken donatı kesit alanı,

A_{wf} , Kesme sürtünme donatısı kesit alanıdır.

Konsolun kirişin üst yüzünden $2d/3$ derinliğine kadar yayılan kapalı veya açık yatay etriyelerin kesit alanı olan A_{sv} Denk.(14.4)’ü sağlaması gerekmektedir.

$$A_{sv} \geq 0,5 \cdot (A_{st} - A_n). \quad (14.4)$$

Burada;

A_{sv} Kısa konsolda, kiriş üst yüzünden $2/3$ derinliğine kadar yayılan yatay etriyelerin kesit alanıdır.

Çekme donatısı akmayı sağlayacak yeterlilikte kenetlenmelidir. Bu amaçla çekme donatısının, çapı en az çekme donatısının çapına eşit bir ankraj çubuğuna yeterli biçimde kaynaklanması veya çekme donatısının U biçimli firketelerden oluşturulması gereklidir. Bu ankraj çubuğu veya firketenin taban bölümü yük alanının ötesine geçmelidir. Şekil 13.2’de kısa konsol ile ilgili tanımlamalar yer almaktadır (TS 500, 2000).

/

Şekil 14.2 Kısa konsolla ilgili tanımlamalar

Kısa konsollarda θ açısı küçük olduğundan, düşey etriyelerin fazla etkisi bulunmamaktadır. Buna karşın asal çekme gerilmelerine paralel yakın bir konumda olan yatay donatı, A_{sv} çok etkilidir. Donatıların konsol ucunda ve kolon içinde kenetlenmesinin sağlanması önemlidir. Bu kenetleme, konsol ucunda çekme donatısına dik doğrultuda yerleştirilecek bir çubuğa (ankraj çubuğu), çekme donatısının kaynaklanması ile sağlanmaktadır. Şekil 14.3’te bu detay görülebilmektedir. Kaynak yapılacak çubuğun çapı, en az çekme donatısı çapına eşit olmalıdır. Şekil 14.3’te bu tür donatı düzeni görülmektedir.

/

Şekil 14.3 Kısa konsollarda donatı düzeni

Kenetlemeyi sağlamak için diğeri bir yol da, çekme donatısını U biçiminde firketelerden oluşturmaktır. Şekil 14.3 (c)'de bu şekilde bir detay görülebilmektedir. Ankraj ubuğu veya firketelerin taban bölümü Şekil 14.3'te gösterildiğı gibi yük alanının önüne geçmesi gerekmektedir.

Yükün konsola saplanan bir kirişle uygulandığı durumlarda Şekil 14.3 (b)'de A_{sa} olarak gösterilen askı donatısının kullanılması tavsiye edilmektedir Ersoy ve Özcebe (2001).

Bunların yanında Şekil 14.4'te kısa konsollar için farklı donatı düzenlemeleri gösterilmektedir (Gotthard, 1966).

15. MERDİVENLER

Merdivenler, farklı kotlardaki yapı bölümlerini birbirine bağlamayı amaçlayan düşey sirkülasyon araçlarının en önemlisi olarak tanımlanmaktadır. Merdivenler, yapıda insanların ve eşyaların düşey yer değiştirmesini sağlamaktadır. En önemli fonksiyonlarından bir tanesi de yangın veya deprem sırasında, insanların yapıyı güvenli olarak boşaltabilmelerini sağlamaktır. Bu nedenle merdivenlerin depremde hasar görmemesi gerekmektedir.

Merdivenin yapısı, üç ana bölümden oluşmaktadır;

- a) Üzerinde basamakların bulunduğu eğimli merdiven kolu.
- b) Merdiven kolları arasında bulunan yatay merdiven sahanlığı.
- c) Merdivende inip-çıkma güvenliğini sağlayan merdiven korkuluğu.

Merdiven kolu ve sahanlık, merdiveni oluşturan ana bölümlerdir. Korkuluk ise, sirkülasyon güvenliğini sağlayan tali bir bölüm olarak düşünülebilmektedir. Merdiven kolu sahanlıklar veya katlar arasında uzanan basamaklar dizisi olarak tanımlanmaktadır. Basamaklar, ya yalnız kendileri (taşıyıcı olarak çalışarak) veya eğimli olarak düzenlenen taşıyıcı plakla birlikte merdiven kolunu oluşturmaktadır.

Merdiven bölümlerini tanıtmaya amaçlı çizimler Şekil 15.1’de gösterilmektedir.

/

Şekil 15.1 Merdiven bölümlerinin tanıtılması

Şekil 15.1’de;

2. h_L : Merdiven kat yüksekliği,

b: Merdiven kolu genişliği veya merdiven genişliği,

b_p : Sahanlık genişliği,

b' : Kova genişliği,

l_L : Merdiven kolunun yatay uzunluğu,

s: Basamak yüksekliği,

a: Basamak genişliği,

d_L : Kol plağı kalınlığı,

d_p : Sahanlık plağı kalınlığıdır.

Merdivenin sahanlık kirişleri, saplandıkları kolonları iki parçaya ayırarak kısa kolon oluşturmaktadır. Ayrıca derzlerle ayrılmış farklı kotlardaki döşemeleri olan yapılarda da merdivenlerin kısa kolon tehlikesi olmaktadır. Yapıda merdivenlerin yarattığı güvenli olmayan durum, merdivenlerin yapıdan derzlerle ayrılmış bloklar halinde inşaa edilmesiyle ortadan kaldırılmaktadır (Bayülke, 2001).

15.1 Merdiven Eğimi

Merdiven eğimi, profilde basamak tepe noktalarını birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açı olarak tanımlanmaktadır. Dönel merdivenlerde, merdiven eğimi denilince çıkış çizgisi üzerinde ki eğim akla gelmelidir. Çıkış çizgisinden içe doğru gidildikçe eğimin dikleşeceği, dışa doğru gidildikçe eğimin yatıklaşacağı kolayca anlaşılmalıdır. Bir merdivenin çıkış çizgisi üzerindeki normal eğimi, merdiven boyunca sabit kalmalıdır.

Merdiven eğim oranları;

En fazla 3 katlı olan küçük yapıların merdivenlerinde $\tan\alpha \leq 4/5$

Öteki yapıların tümündeki merdivenlerde $\tan\alpha \leq 2/3$ olmalıdır.

Basamak genişliği ile yüksekliği arasındaki uygunluk bağıntısı;

Uygun eğim oranları için, basamak yüksekliği ile basamak genişliği arasındaki Denk.(15.1) sağlanması gerekmektedir.

$$2s+a=63 \text{ cm} \quad (15.1)$$

Bu bağıntı kullanılırken, denklemin sağ tarafındaki rakam, normal eğimli ($\alpha=30$) merdivenlerde 63cm, dik merdivenlerde 64cm, yatık merdivenlerde ise 62cm olarak alınmalıdır. Öncelikle merdivenin bulunduğu bina ve yere göre daha önce verilen çizelgeden “s” basamak yüksekliği seçilir. Kat yüksekliği belli olduğuna göre basamak sayısı $2.n=2.h_L/s$ olarak bulunur. Ancak çoğunlukla kat yüksekliği, basamak yüksekliğine tam bölünemediğinden bu n sayısı kesirli olarak bulunur, n basamak sayısı kesirli olamayacağına göre, en yakın tam sayı n olarak seçilir ve bununla gerçek basamak yüksekliği hesaplanır.

Basamak yüksekliği böylece belirlendikten sonra, basamak genişliği Denk.(15.2)’den hesaplanabilmektedir (Köseoğlu, 1992).

$$s=h_L/n \quad (15.2)$$

15.2 Donatı Düzenleme İlkeleri

Katlanmış plaklardan oluşan bir merdivene ait donatı düzeni Şekil 15.2’de gösterilmektedir. Burada, katlanma yerlerinde negatif moment meydana gelmektedir, dolayısıyla sahanlık plağındaki pozitif momentlerde bir azalma olması beklenen bir sonuçtur. Ancak bu şekilde bir yük aktarılmasının oluşması için merdiven mesnetlerinin yatay yer değiştirmelerinin sınırlandırılmış ve sahanlık plaklarındaki normal kuvvetlerin karşılanmış olması gerekmektedir.

/

Şekil 15.2 Merdivenlerde donatı düzeni

Şekil 15.2 (a)'da katlanmış plaklardan oluşan bir merdiven sisteminde donatı düzeni gösterilmektedir. Sistem üç boyutlu olarak davrandığı için, katlanma yerlerinde negatif moment meydana gelmektedir. Sahanlık plağındaki pozitif momentlerde, azalma ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde bir yük aktarımı sağlanması için, merdiven mesnetlerinin yatay yer değiştirmelerinin sınırlandırılmış ve sahanlık plaklarındaki normal kuvvetlerin karşılanmış olması gerekmektedir. Betonarme hesapta katlanmış plak olarak irdelenen yapılıması çoğu zaman gerekmemektedir. Ancak betonarme hesap sonucu elde edilen donatıların yerleştirilmesi için sistemin gerçek davranışı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 15.2(b)'de kat sahanlığı ile merdiven kolunun birleştiği yerde kiriş bulunan bir merdiven sistemi için donatı düzeni görülmektedir.

Donatılardan bazıları pilye bazıları da düz donatı şeklindedir. Ara sahanlığa, merdiven kolundan da yük geldiği düşünülerek alt ve üstte iki doğrultuda donatı yerleştirilmiştir Celep ve Kumbasar (1998).

15.2.1 Kıvrımlı Sistemlerde Donatı Düzenlenmesi

Merdivenlerde kıvrımlı sistem etkisinden yararlanması hem donatı miktarı açısından hem de işçilik (donatı düzeni) açısından önemli fayda sağlamaktadır.

Şekil 15.3'te merdiven kolu ile sahanlığın birleştiği yerde kiriş olmaması durumunda donatı düzeni gösterilmektedir.

/

Şekil 15.3 Merdiven kolu ile sahanlık plağı kıvrım yerinde donatı düzeni

Kirişin olmayışı, kıvrım çizgisinde bir mesnetlenme olmasını gündeme getirmektedir. Burada önemli olan nokta donatının takip ettiği doğrultunun iyi belirlenmesidir. Donatı, yüzeyi izleyerek hemen kıvrılmamakta, plak kalınlığı içinde devam ettikten sonra karşı yüzde kıvrılmaktadır. Bu donatı düzenine kesinlikle uyulmalıdır. Aksi halde iç yüzeyde çekme kuvveti alan donatı beton örtüsünü dökerek çatlamaya veya daha kötüsü hasara neden olmaktadır. Bu donatı düzenine merdivenler haricinde pek çok yerde rastlanmaktadır. Kirişsiz döşemelerde kolon

başlıklarının donatı düzeninde de bu noktaya kesinlikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü donatı hiçbir zaman kıvrımlı yerlerden hoşlanmaz. Çelik donatısı yük altında bir doğru haline gelmeye çalışacağı için donatı, kötü bir donatı düzeni ile beton örtüsünü patlatmaya çalışacaktır Celep ve Kumbasar (1998).

Kıvrım çizgisinde negatif moment oluşmaktadır. Bu durumda kıvrım çizgisinde donatı düzeni Şekil 15.4'te görülmektedir.

/

Şekil 15.4 Merdivenlerin kıvrımlı sistemlerinde negatif moment için donatı düzeni

Şekil 15.4(a)'da üstteki negatif momenti almak üzere, eğilme çekme donatısı, üst tarafa kesintisiz olarak düzenlenmiştir. Buna karşılık alt tarafta basınç donatısı gerektiren yerde, çelik donatı (l_0) ankraj boyu ile sağlanmıştır. Şekil 15.4 (b) ve (c)'de görülen donatım şekli de negatif eğilme momenti ile zorlanan dip kıvrım kesitleri içindir. Şekil 15.4(c), aşırı zorlanan kesitler için elverişlidir. Şekil 15.4(c) taşıma gücü açısından elverişli bir donatım şekli olmasına karşın, uygulama açısından çok elverişli değildir. Bu donatım şekli tekil çubuklarla gerçekleştirilebilir.

Kıvrımlı sistem etkisinin bulunmadığı ya da sistemin gerçek davranışı nedeniyle bu etkinin ihmal edildiği merdivenlerde, kıvrım çizgileri boyunca rijit bir mesnetlenme söz konusu olmamaktadır. Böylece kıvrım kesitlerinde, pozitif moment ortaya çıkmaktadır. Pozitif moment için donatı düzenleme biçimi Şekil 15.5'te gösterilmektedir.

/

Şekil 15.5 Merdivenlerin kıvrımlı sistemlerinde pozitif moment için donatı düzeni

Şekilden de kolayca görülebileceği gibi bu uygulama kıvrımlı sistem etkisindeki merdivenlerdekinin tam tersidir (Köseoğlu, 1992).

Merdiven sisteminin donatılmasında yük aktarma plaklarının durumuna göre bir veya iki doğrultuda çalışan döşemeler için belirtilmiş olan kurallara uyulması gerekmektedir. Ayrıca hesapta yapılan basitleştirici kabullerin ötesinde sistemin davranışını düşünerek donatıların sürekliliğinin ve kenetlenme boylarının sağlanması da büyük önem taşımaktadır Celep ve Kumbasar (1998).

15.2.2 Çeşitli Donatı Düzenleme Şekilleri

Merdivenlere ait farklı durumlar için farklı donatı düzenleme şekilleri aşağıda sıralanmıştır.

a) Merdivenlere ait en basit ve en genel donatı düzeni Şekil 15.6’da görülebilmektedir. Ana donatılar, uzun doğrultuya paralel olarak yerleştirilmiştir. Kısa doğrultuya paralel olarak da dağıtma donatıları uygun aralıklarla yerleştirilmiştir. Bu şekilde kullanılan donatı düz donatıdır. Dağıtma donatısında kanca yapılması tercih edilmemiştir.

/

Şekil 15.6 Merdiven kollarında en basit donatı düzeni

b) Kirişlerle kenarlarından mesnetlendirilmiş merdivenlerdeki donatı düzeni, Şekil 15.7’de görülmektedir.

/

Şekil 15.7 Kenarlardan mesnetlendirilmiş merdiven plaklarında donatı düzeni

c) Merkezi kirişle oturan merdivende donatı düzeni Şekil 15.8’de gösterilmektedir. Merkezi kirişin, iki tarafında bulunan merdiven, konsol şeklinde çalışmaktadır. Negatif moment oluşması dolayısıyla, donatılar kesitin üst tarafında yerleştirilmiştir.

/

Şekil 15.8 Ortadaki kirişlerle mesnetlendirilmiş merdiven plaklarında donatı düzeni

d) Şekil 15.9’da düz plak merdivenlerde, tercih edilen donatı düzeni gösterilmektedir. Kanca yapılma zorunluluğu yoktur. Aderans ve kenetleme bölümünde de belirtildiği üzere kenetleme boyu artırılarak, kanca yapılmama yolu izlenebilmektedir. Dağıtma donatısının aralıkları basamakların gidişine uymak zorunda değildir.

/

Şekil 15. 9 Düz plak merdivenlerde donatı düzeni

e) Merdivende plak uzunluğunun artması durumunda, Şekil 15.10’da gösterildiği gibi ekstra donatılar yerleştirmek plağın güvenliği açısından uygun olabilmektedir.

/

Şekil 15.10 Plak uzunluğunun artması durumunda kullanılan özel donatı düzeni

f) Yığma duvarlara mesnetlendirilmiş düz plak merdivenlerde donatı düzeni Şekil 15.11’de gösterilmektedir. Burada merdiven plağını taşıyan rijit bir kiriş bulunmamakta, tüm merdiven plağı yığma duvarlar ile taşınmaktadır. Merdiven plağının yük altında deformasyona uğrayacağı ihtimali göz önüne alınarak, plağın yığma duvara girdiği kesitin üst tarafına 1-2 cm kalınlığında elastik bir malzeme yerleştirmek gerekmektedir. Böylelikle yük altında bulunan merdiven plağı, sehim yaparak yığma duvarı zorlamamış olacaktır. Şekil 15.11’de bu durum görülmektedir.

/

Şekil 15.11 Yığma duvarlara mesnetlendirilen merdivenlere ait donatı düzeni
Çeşitli donatı düzenleme biçimleri Ek-H’de gösterilmektedir.

16. İSTİNAT DUVARLARI

İstinat duvarları, zemin seviyelerinin ani olarak değiştiği yerlerde, zeminin doğal şev açısıyla (β_t) yayılmasını önlemek için kullanılan yapılardır. Kumlar için sabit bir değeri olan β_t , kohezyonlu zeminlerde şev yüksekliği ile artmaktadır. Yayılması önlenmek istenen malzeme, istinat duvarına karşı bir takım kuvvetler etkimektedir. Bu kuvvetler duvarı kaldırmaya ve devirmeye çalışan kuvvetlerdir Özden ve diğ. (1995).

İstinat duvarları iki farklı kottaki zemin düzeyi arasında düşey ya da düşeye yakın geçişi sağlayan yapılardır. Bu tür istinat yapılarına yol kenarlarında, yarma ve dolgu olan yerlerde rastlanmaktadır. Böylelikle yarma hacimleri azaltılmış olmaktadır. İstinat yapıları ayrıca yapıların bodrumlarında ve köprü ayaklarında görülebilmektedir. Şekil 16.1’de çeşitli amaçlarla yapılmış olan istinat duvarları görülmektedir.

/

Şekil 16.1 İstinat duvarlarının çeşitli amaçlara göre örnekler Aka ve diğ. (1985)

İstinat duvarlarında, ana donatının yerinin belirlenmesi için, yük altındaki deformasyon şeklinin bilinmesi, büyük önem taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda

istinat duvarlarının yük altındaki deformasyon şekillerine ait kesit ve plan, çok basit olarak Şekil 16.2’de gösterilmiştir (Barker, 1967).

/

Şekil 16.2 Yük etkisi altındaki istinat duvarlarının en temel deformasyon şekli

16.1 İstinat Duvarları Çeşitleri

Çeşitli istinat duvarlarının isimleri aşağıda sıralanmaktadır.

- a) Ağırlık istinat duvarı
- b) Konsol istinat duvarları
- c) Nervürlü istinat duvarları

16.1.1 Ağırlık istinat duvarı

Adında da anlaşılacağı gibi statik dengesi kendi ağırlığı ile sağlanabilmektedir. Ağırlık istinat duvarları donatısız beton ile imal edilebilmektedir. Bu tür istinat duvarına etkiyen yükler istinat duvarının kendi ağırlığı tarafından karşılanmaktadır. Bunun için ağırlık istinat duvarları 4 ile 5 m yüksekliğe kadar yapılabilir.

Ağırlık istinat duvarı, donatısız olarak imal edileceğinden yapıda çekme gerilmelerinin oluşmaması ve basınç gerilmelerinin, istenen emniyet gerilmelerini aşmamasının sağlanması gerekmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

16.1.2 Konsol istinat duvarları

Konsol istinat duvarı, uygulamada en çok rastlanılan istinat duvarı türüdür. Bu tür istinat duvarlarının yükseklikleri 3 ile 8 m arasında değişebilmektedir. Yük taşıma şekilleri yapılardaki konsol kiriş davranışına benzerdir. Konsol istinat duvarına

etkiyen yükler ve oluşan kuvvetler Şekil 16.3'te, konsol istinat duvarlarına ait ana donatı düzeni de Şekil 16.4'te gösterilmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

/

Şekil 16.3 Konsol istinat duvarına etkiyen yükler

/

Şekil 16.4 Konsol istinat duvarlarında ana donatı düzeni

16.1.3 Nervürlü İstinat Duvarları

Konsol istinat duvarlarında yüksekliğin 7 ile 8 m'yi geçmesi durumunda düşey duvar plağı ile taban plağının birleşim yerindeki momentler büyük değerlere ulaşmaktadırlar. Bu durumda, nervürlü istinat duvarı yapmak gerekmektedir. Böylelikle oluşan moment değerleri nervürlerle daha kolay karşılanacaktır, çünkü nervüre etkiyecek eğilme momenti kendi düzlemi içinde karşılanacaktır. Düşey plaklar konsol gibi çalışmaktan kurtulmaktadır. İmalatı monolitik olarak yapılmış,

tabanı eğimli ve düz olan iki çeşit nervürlü istinat duvarı Şekil 16.5'te görülebilmektedir.

/

Şekil 16.5 Nervürlü istinat duvarlara örnekler

Nervürlü istinat duvarlarında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, duvardan gelen donatının nervüre yeterli kenetleme boyu ile kenetlenmesidir.

16.1.4 Köprü kenar ayakları

Diğer istinat duvar türlerine benzemektedir. Sadece, üst köprü mesnedinden gövde plağına düşey ve yatay kuvvetler iletilmektedir. Gövde plağı alt kenardan moment karşılayacak şekilde mesnetli ve üst kenardan boşta, basit mesnetli veya kısmen dönmeye karşı tutulmuş olarak kabul edilmektedir.

16.2 Duvara Etkiyen Kuvvetler

İstinat duvarlarının donatı düzenlenmesinin belirlenebilmesi için ilk adım olarak yapılması gereken husus, duvara etkiyen kuvvetlerin belirlenmesidir. Toprağın mevcut istinat duvarına uyguladığı iki tür basınç vardır. Bunlar, aktif ve pasif toprak itkisi olarak adlandırılmaktadır. Aktif toprak itkisi; duvar arkasında ki zemin dolgusunun doğal olarak duvara uyguladığı basınç kuvvetidir. Pasif toprak itkisi ise, duvarın zemini geri itmek üzere hareket ettiği zaman zeminin pasif olarak karşı koymasından ileri gelen basınç kuvveti olarak adlandırılmaktadır. İstinat duvarlarına etki eden kuvvetler, A.B.Y.Y.H.Y.'ten yararlanılarak belirlenebilmektedir.

İstinat duvarları zemin itkisine karşı koyabildikleri gibi su basıncını karşılamak üzere su haznelerinin çeperinde de yapılmaktadır. Burada suyun yarattığı hidrostatik basınç göz önüne alınmalıdır. İstinat duvarının zemin basıncına direnç gösterdiği durumda da yer altı su seviyesine göre hidrostatik su basıncı dikkate alınması gerekmektedir.

Bu noktada yüzeysel olarak, su depolanmasını sağlayan rezervuar ve tankların, su tahliyesini sağlayan menfezlerin, donatı düzenleme şekillerine yer verilmesi gerekmektedir.

16.3 Rezervuar ve Tanklar

Rezervuar ve tanklar kare, dikdörtgen, altıgen veya dairesel şekillerde olabilmektedirler. Rezervuarlar genellikle sıvı depolama ihtiyacını karşılamaya yönelik kullanılmaktadırlar. Eğer üst tarafları kapatılır ise, basınç altında sıvı ve gaz depolama görevini de üstlenebilmektedirler. Tank ve rezervuarlarda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, sızdırmazlık özelliğinin kazandırılmasıdır (Barker, 1967).

16.3.1 Duvarları Düşey Olan Rezervuarlar

Rezervuarlar, konsol istinat duvarının yük altında ki davranış şekli ile yaklaşık aynı davranışı göstermektedirler.

Şekil 16.6’da düşey kesit olarak gösterilen rezervuarlar, konsol istinat duvarları olarak ele alınabilmektedirler.

/

Şekil 16.6 Rezervuar en kesit görünümü

Rezervuarlara ait deformasyon biçimi Şekil 16.7’de gösterilmektedir. Şekil 16.7’de çekme bölgeleri görülmektedir.

/

Şekil 16.7 Rezervuarların dış yükler altındaki deformasyon şekli

Şekil 16.7'deki deformasyon şekli esas alınarak, Şekil 16.8'de köşelere ait donatı düzeni gösterilmektedir.

Şekil 16.8 (a) ve (b)'de gösterilen donatı düzeni olması gereken, Şekil 16.8(c)'deki donatı düzeni ise olmaması gereken donatı düzenini göstermektedir. Şekil 16.8(c)'deki donatı düzeninin, köşelerde donatının sürekli olmaması gerektiği ilkesinden hareketle yanlış bir çözüm olduğunu belirtmek mümkündür.

/

Şekil 16.8 Rezervuar köşelerine ait donatı düzeni

Temele ait donatı düzenleme biçimi Şekil 16.9'da görülmektedir. Temelde donatılar hem alt tarafa, hem de üst tarafa yerleştirilmesi gerekmektedir. Rezervuarlar dolu olduğu zaman alt liflerdeki donatılar, boş olduğu zaman ise üst liflerdeki donatılar çekmeye çalışacaklardır.

Asal ve dağıtma donatıları, döşemeler bölümünde belirtilen ilkelere göre düzenlenmeleri gerekmektedir. Taşıyıcı duvarların ihtiyacına göre, destek duvarları ya da bağlantı kirişleri kullanılabilir.

/

Şekil 16.9 Rezervuar temellerine ait donatı düzeni

Normal istinat duvarlarının aksine rezervuarların çeper duvarları çift taraftan da donatılmış olması gerekmektedir. Bir taraftaki donatılar, rezervuar dolu iken su basıncına karşı, diğer taraftaki donatılar rezervuar boş iken zemin basıncına karşı mukavemet göstereceklerdir (Barker, 1967).

16.3.2 Duvarları Eğimli Olan Rezervuarlar

Zemin şartları, zemin hafriyatını düşey yapmaya izin vermez ise ya da bu tür bir uygulamanın çok pahalı olduğu durumlarda, duvarları eğimli olan rezervuarların yapımı tercih edilmektedir. Şekil 16.10'da eğimli duvarları olan rezervuar türü gösterilmektedir.

/

Şekil 16.10 Eğimli rezervuarlara ait donatı düzeni

Aynı şekilde bu tip rezervuarların dış duvarları da aynı sebepten dolayı, iki taraftan da donatılmış olması gerekmektedir.

Bu ve bundan önce belirtilen rezervuar türlerinde kenetleme dahil tüm donatı düzenleme kuralları daha önce belirtilmiş olan kuralların aynısıdır. Ancak burada özel olarak pas payının artırılması yoluna gidilebilmektedir (Barker, 1967).

16.3.3 Dairesel Şekildeki Tanklar

Planda dairesele görünümü olan tanklara boş ve dolu halde etkiyen yükler Şekil 16.11'de gösterilmektedir.

/

Şekil 16.11 Dairesel kesitli tanklara etkiyen yükler

Şekil 16.11'de tanklara etkiyen yükler, tankların duvarlarının çift taraflı olarak donatılmasının mantıklı olmadığını göstermektedir. Duvarlar, konsol istinat duvarları gibi donatılmazlar. Tank dolu iken su basıncı, tank duvarlarında sadece çekme etkisini, boş iken zemin itkisi de beton tarafından karşılanabilecek, basınç etkisini meydana getirmektedir.

Yukarıda belirtilen sebepten dolayı tank duvarları tek taraflı olarak donatılmaktadırlar. Sonuç itibariyle dairesel tankların donatım biçimi Şekil 16.12’de görülmektedir. Duvarların merkezine yerleştirilmiş donatılar ile çözüm sağlanmaktadır.

/

Şekil 16.12 Dairesel tanklarda donatı düzeni

Şekil 16.12’de görülen önemli husus, duvarın yük altındaki davranışının, konsol istinat duvarları gibi olmayışından dolayı, duvarın alt kesitinin kalınlaştırılmamasıdır.

Diğer önemli olan husus ise, yükseklik arttıkça ana donatıların çaplarının küçülmesidir. Donatı çaplarının küçülmesinin sebebi, su basıncının yükseklik arttıkça azalmasıdır.

Donatı aralıklarına karar verilir iken, döşemeler konusunda anlatılmış olan donatı düzenleme ilkelerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Duvar kalınlıkları ile döşeme kalınlıkları yaklaşık aynı değerlerde olabilmektedir. Donatıların bindirme boylarının, donatı çapının 40 katı olması, tavsiye edilebilmektedir.

Şekil 16.12’de dikkat çekilmesi gereken diğer önemli husus ise, taban plağı ile duvar arasındaki geçiştir. Bu geçiş, çok güvenli olarak Şekil 16.12’de görülen diyagonal çelik çubuğu ile sağlanması tavsiye edilmektedir.

Taban plağına ait donatı düzeni, düşey duvarlardan farklılık göstermektedir. Taban plağında donatılar çift taraflı olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Tank dolu olduğu zaman alt lifteki donatılar, boş olduğu zaman ise üst lifteki donatılar, çekme etkisini almaktadırlar.

Tank tabanlarında kullanılması önerilen en uygun, donatı düzeni çelik hasırlar ile sağlanabilmektedir. Şekil 16.13 (a)’da bu donatı düzeni görülmektedir. Köşelere yerleştirilmesi uygun olan diyagonal donatıların sadece birkaç tanesini göstermek yeterli olmaktadır. Tank tabanına ait donatı düzeninin farklı bir gösterimi de Şekil 16.13’(b)’de yer almaktadır (Barker, 1967).

/

Şekil 16.13 Tankların temel tabanına ait donatı düzeni

16.3.4 Yüzme Havuzları

Yüzme havuzları, eğimli taban plağına sahip rezervuar, olarak düşünülebilir. Yüzme havuzlarında ki farkı detay su taşmasını engelleyici ve tutunmayı sağlayacak dişler olmalıdır. Şekil 16.14’te yüzme havuzuna ait donatı düzeni görülmektedir (Barker, 1967).

/

Şekil 16.14 Yüzme havuzlarına ait donatı düzeni

16.4 Menfezler

Menfezler, prefabrik silindir şeklinde olabildikleri gibi, yerinde dökme kutu şeklinde de olabilmektedirler. Şekil 16.15’te menfezlerin yük altındaki deformasyon şekilleri görülmektedir. Şekil 16.15’te menfeze ait gerçek deformasyon şekli gösterilmektedir. Buradan ana donatıların nerelerde yer alması gerektiği anlaşılmaktadır.

/

Şekil 16.15 Yük etkisi altındaki menfezlere ait deformasyon şekli

Menfezlerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, köşelerde donatı bükümünün nasıl olması gerektiğidir. Aşağıda ki şekiller bu hususa açıklık getirmektedir. Şekil 16.16'da köşe donatılarına ait dört farklı alternatif tavsiye edilmektedir.

/

Şekil 16.16 Menfezlerde köşe donatılarına ait örnekler

Menfezlerin içinden endüstri atıklarının geçtiği düşünülerek, pas payının diğer yapılara göre çok daha fazla olması gerekmektedir.

Küçük menfezler için Şekil 16.17(a)'da gösterilen basit donatı düzeni uygulama için yeterli olabilmektedir. Büyük menfezler için Şekil 16.17(b)'de görülen donatı düzeni tercih edilmelidir.

/

Şekil 16.17 Menfezlere ait genel donatı düzeni

Bu donatı düzenlerinin haricinde, hasır çelik kullanılması gibi bir alternatif de bulunmaktadır. Hasır çelik kullanılarak yapılan donatı düzenleme biçimi Şekil 16.18'de görülebilmektedir (Barker, 1967).

/

Şekil 16.18 Menfezlerin donatı düzeninde hasır çelik kullanılması

16.5 İstinat Duvarlarına ait TS 500 Koşulları

Deprem perdeleri, silo, rezervuar ve diğer özel yapı duvarları ile istinat duvarları gibi yapımı ve tasarımı özel kurallara bağlı olan betonarme duvarlar, kendi türleri için verilmiş olan koşullar saklı kalarak, bu bölümde verilen kurallara da uymak zorundadırlar. Betonarme duvarlar, duvara etkiye olasılığı bulunan büzülme, sıcaklık değişmesi gibi zorlamalar da dahil olmak üzere, her türlü yük etkilerini güvenle taşıyabilecek biçimde boyutlandırılıp donatılmalıdır (TS 500, 2000).

16.5.1 İstinat Duvarlarının Boyutları

Betonarme duvarların planda uzun kenarının kısa kenara oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Betonarme duvarın kalınlığı 150 mm'den daha az olmaması gerekmektedir. (TS 500, 2000)

İstinat duvarlarında beton örtüsü ile ilgili bilgi, donatı yerleştirilmesi konulu bölümde verilmiş idi.

16.5.2 Donatı ile İlgili Kurallar

Betonarme duvarların her bir yüzünde yatay ve düşey çubuklardan oluşan donatı ağları düzenlenmelidir. Hesapların daha fazla donatı gerektirmediği durumlarda, betonarme duvarlara yerleştirilecek olan düşey ve yatay donatılar aşağıda verilecek değerlerden daha az olmaması gerekmektedir.

Betonarme duvarların iki yüzündeki düşey donatı alanlarının toplamı, duvar tüm kesitinin (A_g) 0.0015'inden az olmamalıdır. Ayrıca iki yüzdeki yatay donatı alanlarının toplamı da aynı değerden az olmamalıdır.

Düşey ve yatay donatı aralıkları, duvar kalınlığının 1.5 katından ve 300 mm'den fazla olmaması gerekmektedir.

Betonarme duvarın iki yüzündeki donatı ağları, 1 m² duvar yüzeyinde en az dört tane çiroz ile karşılıklı olarak bağlanmalıdır. (TS 500, 2000)

Konsol istinat duvarlarında yerleştirilecek minimum ana donatı oranı ve donatı aralığının bir doğrultuda çalışan döşemelerde olduğu gibi, Dek.(16.1)'i sağlaması gerekmektedir.

$$\rho \geq \rho_{\min} = 0.003 \text{ (S 220) ve } 0.002 \text{ (S 420; S 500)} \quad (16.1a)$$

$$s \leq s_{\max} = 1.5 \cdot h_f \quad (16.1b)$$

$$s \leq s_{\max} = 0.2 \text{ m} \quad (16.1c)$$

Burada;

s, Etriye aralığı,

$\rho_{\min}$: Minimum donatı oranı,

h_f , Duvar kalınlığıdır.

Konsol istinat duvarlarında, bir doğrultuda çalışan döşemelerde olduğu gibi, benzer şekilde ana donatıya dik dağıtma donatısı yerleştirilmeli ve Denk.(16.2)'yi sağlamaları gerekmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

$$A_{s \text{ dağıtma}} \geq A_s / 5 \quad (16.2a)$$

$$s \leq s_{\max} = 2 \cdot h_f \quad (16.2b)$$

$$s \leq s_{\max} = 0.25 \text{ m (S 220)} \quad (16.2c)$$

$$s \leq s_{\max} = 0.30 \text{ m (S 420, S 500)} \quad (16.2d)$$

Burada;

$A_{s \text{ dağıtma}}$, Dağıtma donatısının kesit alanıdır.

Düşey perdelerle yatay ve düşey doğrultuda beton büzülme ve sıcaklık farkı etkisi donatısı yerleştirilmelidir. Yatay doğrultuda 0.0025 oranı ile hesaplanacak donatının 2/3'ü ön yüze ve 1/3'ü arka düşey doğrultuda, 0.0015 oranı ile hesaplanacak donatının ise tamamen ön yüze konulmalıdır.

Sıcaklık ve rötre donatıları, Denk.(16.3)'e uymak zorundadırlar Celep ve Kumbasar (1998).

$$A_s = 0.0025 \cdot b \cdot h \text{ (yatay) Arka yüze } 1/3 \cdot A_s, \text{ Ön yüze } 2/3 \cdot A_s \quad (16.3a)$$

$$A_s = 0.0015 \cdot b \cdot h \text{ (düşey tamamı ön yüze)} \quad (16.3b)$$

İstinat duvarlarında kullanılan donatılar, ikincil donatılar ve ana donatılar olarak adlandırılabilir. Dağıtma donatısı, rötre ve sıcaklık donatısı olarak bilinen donatılar ikincil donatılardır. Yabancı yayınlarda, ikincil donatının toplam kesit alanı, brüt

beton alanının %0-3'ünden daha az olmaması gerektiğini tavsiye edilmektedir (Barker, 1967).

Şekil 16.19'da zemin itkisinin bulunduğu yere göre farklılıklar gösteren donatı düzenleme şekilleri gösterilmektedir.

/

Şekil 16.19 İstinat duvarlarında zemin itkisine göre farklılık gösteren donatı düzenlemeleri

Bunun yanında Şekil 16.20'de nervürlü istinat duvarlarının nervürlerine ait donatı düzeni gösterilmektedir.

/

Şekil 16.20 Nervürlü istinat duvarında donatı düzenlenmesi

Şekil 16.19(a) ve (b)'de çekme ve basınç bölgesinde aynı miktarda donatı bulunduğu gibi bir yorum yapılsa da, hal böyle değildir. Karşı tarafa sadece sıcaklık için minimum donatı konulmuştur.

Şekil 16.20'de nervürlerde dikkat edilmesi gereken donatı düzeni üzerinde durulmaktadır. Nervürün duvar ile birleşim bölgesine özel önem verilmelidir (Barker, 1967).

16.5.3 Genel Konstrüktif Kurallar

İstinat duvarlarının yapımına ilişkin bazı kurallar aşağıda sıralanmaktadır.

- a) İstinat duvarı tabanında düzgün gerilme dağılımı oluşturulması gerekmektedir.
- b) Yer altı suyunun birikip su basıncı oluşturmaması için yer altı suyu drene edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle zemin tarafına yakın olan kısmın suyun drenajına imkan verebilen türde dolgu malzemesi ile doldurulması gerekmektedir.
- c) Yine su drenajı için 1-2 m aralıklarla barbakanlar yerleştirilmelidir. Bu barbakanlar dışı doğru eğik konumda olmalıdırlar.
- d) İstinat duvarlarında 7-10 m aralıklarla derzler yapılmalıdır. Böylelikle farklı yer değiştirmelerden ve beton büzülmesinden kaynaklanabilecek ek gerilmelerin önüne geçilmiş olunacaktır.
- e) Beton dökülmesi sırasında iş derzleri bırakılınca, yeni beton dökülmeden buraların temizlenmesi, pürüzlendirilmesi ve kilit kesitinin düzenlenmesi gerekmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

İstinat duvarlarına ilişkin çeşitli donatı düzenleme biçimleri Ek-I'da gösterilmektedir.

17. DONATI DÜZENİNDE ÖZEL DURUMLAR

17.1 Birleşim Bölgeleri

Betonarme yapı elemanlarının uygun davranış gösterebilmesi için birleşim bölgelerinin yeterli dayanımda olması gerekmektedir. Birleşim bölgelerinde yeterli dayanımın sağlanması için, kolon kiriş uçlarında etriye sıklaştırılmasına, minimum boyuna donatı yüzdelerine ve kiriş kolon boyuna donatılarının betondan sıyrılmaması için yeterli ankraj boylarında yerleştirilmesine büyük özen gösterilmesi gerekmektedir. Bunların yanında, birleşim bölgelerindeki donatı yoğunluğunun beton dökümünü engellememesi için vibratör kullanılması, dikkat edilmesi gerekli hususlardandır. Böylelikle monolitik ve güvenli bir yapı elde etmek mümkün olabilmektedir.

17.1.1 Kolon ve Kiriş Birleşim Bölgeleri

Kolon kiriş birleşim bölgelerinin imalatına özellikle deprem bölgelerinde büyük önem verilmelidir. Çünkü kolon-kiriş ek yerlerinde depremlerde büyük kesme kuvveti oluşmaktadır.

Birleşim bölgesinde donatı yoğunluğu bulunduğu için donatıların bu bölgede eklenmesinden kaçınılmalıdır. Yük altında düz çubuklarla aderans kayması oluşmasıyla yanal yük rijitliğinde önemli azalma olmaktadır. Bu nedenle birleşim bölgesinde sona eren donatı çubuklarının kenetleme boylarının artırılması veya döşeme içine giren kanca ile bitirilmesi uygundur. Ayrıca, bu bölgede beton örtüsü kalınlığının artırılması tavsiye edilmektedir.

Kolon kiriş birleşim bölgelerine düğüm noktaları denmektedir. Düğüm noktaları plastik deformasyonla deprem enerjisini, tüketmesi gerekmektedir. Bunun için düğüm noktalarının sünek olması gerekmektedir. Süneklik için etriye sıklaştırılması ve kenetlenme hususlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Böylelikle kolon-kiriş birleşim bölgelerinin eğilme momenti taşıma gücüne ulaşması sağlanmalıdır.

Birleşim bölgelerinde, yapı elemanlarındaki farklı rijitlikler nedeniyle süreksizlik oluşmaktadır. Bu süreksizlikler önemli gerilme yığılmalarına neden olmaktadır.

Şekil 17.1’de görülmekte olan iki dik doğrultuda ki kirişlerin oluşturduğu birleşim bölgesinde bir doğrultudaki kirişten gelen etkilerin meydana getirdiği yanal şekil değiştirme diğer doğrultudaki kiriş tarafından engellenecektir.

Şekil 17.1 Kuşatılmış birleşim bölgeleri

Bu durumun tam olarak oluşması için kolona birleşen kirişlerin kolonu kuşatması gerekmektedir. Kuşatılmış ya da kuşatılmamış birleşim A.B.Y.Y.H.Y.’de aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistemlerinde kolon-kiriş birleşimleri, aşağıda tanımlandığı üzere, iki sınıfa ayrılmaktadır.

a) Kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliği, birleştiği kolon genişliğinin $3/4$ ’ünden daha az olmaması durumunda, kolon-kiriş birleşimi kuşatılmış birleşim olarak tanımlanmaktadır.

b) Yukarıdaki koşulları sağlamayan tüm birleşimler, kuşatılmamış birleşim olarak tanımlanmaktadır.

Kolon kiriş birleşim bölgelerinde kesme kuvvetinin karşılanabilmesi için etriyelerin yeterli sıklıkta yerleştirilmesi gerekmektedir. Eğer birleşim yerine dört yandan ve uygun biçimde kiriş saplanıyorsa, birleşim yerinin kesme kuvveti taşıma gücü,

saplanan kirişlerin sağlayacağı yandan destekleme ile artacaktır. Yapının dış aks ve köşe kolonlardaki ek yerlerine iki ya da üç taraftan saplandığı için betona yardım tam olamamaktadır. Bunun için yönetmelik kolon etriyelerinin, birleşim bölgesinde sürekli olması gerektiğine işaret etmektedir (A.B.Y.Y.H.Y., 1998).

Şekil 17.2’de çok genel olarak birleşim bölgelerinde oluşan gerilmeler ve bu gerilmelere karşı düzenlenen donatı düzeni gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi düşey yükler etkisi altında üst donatı çekme, alt donatı da basınç kuvveti etkisi altındadır. Bu kuvvetler arasında doğacak küçük farklılıklar beton ve donatı arasındaki gerilmeler tarafından karşılanmaktadır. Ancak birleşim, deprem yükleri etkisi altında kalırsa, bölgenin iki tarafındaki kiriş kesitlerinde aynı yönde eğilme momenti oluşacağı için kiriş mesnet üst ve alt donatısında aynı yönde kuvvet oluşacaktır. Bu kuvvetin bileşkesi donatıyı birleşim bölgesinden dışarı çıkarmaya zorlamaktadır. Bu durumda dengenin sağlanması için, donatı ile beton arasında çok iyi bir aderans gerilmesi sağlanması gerekmektedir.

/

Şekil 17.2 Birleşim bölgesinde a) düşey yüklerden, b) deprem yüklerinden oluşan etkiler ve c) donatı düzeni

Kuşatılmış birleşimlerde, alttaki kolonun sarılma bölgesi için bulunan enine donatı miktarının en az % 40’ı, birleşim bölgesi boyunca kullanılması gerekmektedir.

Ancak, enine donatının çapı 8 mm’den az olmaması ve aralığı 150 mm’yi geçmemesi gerekmektedir. Kuşatılmamış birleşimlerde, alttaki kolonun sarılma bölgesi için bulunan enine donatı miktarının en az %60’ı, birleşim bölgesi boyunca kullanılması gerekmektedir. Ancak bu durumda enine donatının çapı, 8 mm’den az olmaması ve aralığı 100 mm’yi geçmemesi gerekmektedir (A.B.Y.Y.H.Y., 1998).

Birleşim bölgesindeki etriyeler kesme kuvveti almaktadırlar. Aynı zamanda etriyeler bu bölgeye süneklik kazandırır. Süneklik özelliğinin sağlanmasıyla beton dış

kabuğu döküldükten sonra da yük taşıyabilme kabiliyeti kazandırmaktadırlar. Bu bölgede ki etriyeler aynı zamanda boyuna donatıların aderansını artırmaktadırlar.

Birleşim bölgesindeki kesme kuvveti kısmen beton kısmen de etriyeler tarafından taşınmaktadır. Ancak büyük kesme kuvvetleri karşılamak üzere çok fazla etriye kullanmak da doğru değildir. Bunun en önemli nedeni, yoğun etriye olan birleşim bölgesinde beton yerleştirilmesinin çok zor olmasıdır. Ayrıca betonda oluşan eğik basınç kuvvetleri kapasitenin sınırlandırılmasında etkili olmaktadır. Çünkü kesme kuvveti taşınırken, betonda çatlakların oluşması sistemin monolitikliğini tehlikeye sokmaktadır. Bu tür nedenlerle, süneklilik düzeyi yüksek sistemlerde kolon kesitleri büyütülerek, birleşim bölgesi kesme kuvveti kapasitesi Denk.(17.1) ile sınırlandırılmalıdır;

$$V_e \leq 0.6.f_{cd}.b_j.h_c \quad (\text{Kuşatılmış birleşim bölgesi}) \quad (17.1 a)$$

$$V_e \leq 0.45.f_{cd}.b_j.h_c \quad (\text{Kuşatılmamış birleşim bölgesi}) \quad (17.1 b)$$

Burada;

V_e , Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti,

f_{cd} , Betonun tasarım basınç dayanımı,

b_j , Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz).

h_c , Kolonun göz önüne alınan deprem doğrultusundaki en kesit boyutudur.

Önemli olan birleşim bölgesine gelen elemanların boyuna donatılarının uygun biçimde kenetlenmesidir. Eğer kiriş diğer tarafta devam etmiyorsa donatı kolonun diğer ucundan aşağı kıvrılması ve kenetleme boyu kadar uzatılması gerekmektedir. Alt donatının da deprem yüklerinde çekme kuvveti oluşabileceği nedeniyle, yukarı kıvrılarak kenetlenmesinin sağlanması ve bütün boyuna donatıların etriye içinde kalması tavsiye edilmektedir (Şekil 17.2). Deprem etkisinin olmadığı durumlarda bile altta bulunan donatıyı yukarı doğru kıvrılması, donatı düzeni açısından uygun bir davranış olacaktır Celep, Kumbasar (1998). Kolon ile kirişin birleşim bölgesinde Şekil 17.3'te görüldüğü gibi bir dış yapılması, kiriş boyuna donatılarının ek yerinde yeterli ankrajlanmasına olanak vermektedir (Bayülke, 2001).

/

Şekil 17.3 Köşe kolon ve kiriş ek yeri için iyi tasarım şekli

17.1.1.1 Kolon Kiriş Birleşim Yerlerinde Donatı Yerleştirme Kuralları

Kolon ve kirişlerin birleşim bölgelerinde aşağıdaki kurallara dikkat edilmesi tavsiye edilmektedir.

a) Kolon-kiriş ek yerlerinde donatı sıkışıklığının engellenmesi için, kolonlar kirişlerden daha geniş yapılabilir. Böylelikle kiriş donatılarının kolon donatıları ile çakışması önlenebilmektedir.

Şekil 17.4’te bu durum görülebilmektedir.

/

Şekil 17.4 Kolon kiriş ek yerinde ilave etriye konulması

b) Kolona birbirine dik iki yönde saplanan kirişlerin alt donatılarının sıkışmaması için dik yöndeki kirişlerden daha büyük açıklıklı olanı daha derin yapılmalıdır. Şekil 17.5’te bu durum görülebilmektedir.

Şekil 17.5 Kolon kiriş ek yerlerinde donatı sıklığını anlatan detaylar

Şekil 17.5 (a)'da görüldüğü gibi kolonları kirişlerden 5 cm kadar geniş yaparak kiriş donatılarının kolon donatıları ile karşılaşmasının önlenmesi sağlanabilir. Şekil 17.5 (b)'de görüldüğü gibi kiriş alt donatılarının çakışmaması için dik yöndeki kirişin daha sık yapılması tavsiye edilebilmektedir.

c) İç, dış ve köşe akslarda, kolon-kiriş birleşim yerlerinde kolonların etriyeleri ek yerlerinde devam ettirilmelidir. Bu bölgede ki beton kısıtlanmakta, boyuna donatıların burkulması önlenmektedir. Ancak kirişlerin etriyelerinin devam edip, kolonların etriyelerinin devam etmemesi gibi bir durum söz konusu olamaz. Kolon etriyeleri alt kattan üst kata doğru devam ederken kiriş etriyeleri devam etmeyebilir.

d) Genişliği az olan dış aks kolonlarına bağlanan kirişlerin boyuna donatılarının ankraj boyu yeterli olmayabilir. Kiriş boyuna donatılarının ankrajı için dişler yapılması tavsiye edilmektedir. Şekil 17.6'da bu tarz bir donatı yerleştirme şekli görülmektedir. Kolon-kiriş ek yerleri ilgili diğer önemli husus mafsallaşmanın kirişlerde oluşmasının sağlanmasıdır (Bayülke, 2001).

Şekil 17.6 Çok katlı betonarme yapının kiriş-kolon ek yeri donatı yerleştirme detayı

17.1.1.2 Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

Genellikle yönetmeliklerde, betonarme çerçeveli yapılarda herhangi bir kolon-kiriş düğüm noktasında, kolonların moment taşıma güçleri toplamının, kirişlerin moment

taşıma güçlerinin toplamından daha büyük olması istenmektedir. A.B.Y.Y.H.Y.'te kolonların kirişlerden daha güçlü olması konusunda, aşağıdaki hususlar öngörülmektedir.

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon ve kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekmektedir.

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (17.2)$$

Burada;

M_{ra} , Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti,

$M_{r\bar{u}}$, Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti,

M_{ri} , Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti,

M_{rj} , Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti,

$M_{\bar{u}}$, Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan momentidir.

Denk.(17.2)'nin uygulanabilmesi için, düğüm noktasına birleşen kirişlerin daha önce belirtilmiş olan en kesit koşullarına uyması gerekmektedir. Denk.(17.2)'nin bazı özel durumları için A.B.Y.Y.H.Y.'ğin 7.3.5.4 numaralı maddesi, Denk.(17.2)'nin sağlanmadığı durumlar için A.B.Y.Y.H.Y.'ğin 7.3.6 numaralı maddesi incelenmesi gerekmektedir.

17.1.1.3 Kolon ve Kiriş Birleşiminde Donatı Düzenleme Örnekleri

Kolon ve kiriş birleşim bölgeleri için donatı düzenleme şekillerine yer verilecektir. Şekil 17.7'de kiriş donatısının sürekli olduğu birleşim bölgesinde donatı düzenleme

şekli gösterilmektedir. Burada kolon etriyelerinin kolon boyunca devam ettiğine dikkat edilmesi gerekmektedir (Karabacak, 1994).

/

Şekil 17.7 Sürekli tek kirişli kolon-kiriş birleşim detayı

Şekil 17.8’de üç kirişli bir düğüm noktasında kolon kiriş donatılarının birbirlerine göre durumu gösterilmektedir.

/

Şekil 17.8 Üç kirişli dış kolon-kiriş birleşim detayı

Şekil 17.8’de üç kirişli dış kolon kiriş birleşim detayı görülmektedir. Burada ki sürekli olan kirişin donatıları da sürekli dir. Şekil 17.9’da ise dört ve iki kirişli kolon kiriş birleşim detayının perspektif görünüşü belirtilmektedir.

/

Şekil 17.9 a) Üç kirişli ve b) Dört kirişli kolon-kiriş birleşim detayının perspektif görünüşü (Karabacak, 1994).

17.1.1.4 Kolon Donatısının Devam Etmediği Kolon Kiriş Birleşimi

Kolon donatısının devam etmediği kolon ve kiriş birleşimlerine, genellikle yapıların son katlarında rastlanmaktadır. Kolona etkiyen eğilme momentinin küçük olması halinde Şekil 17.10’da görülen donatı düzenleme biçimi uygun olabilmektedir.

/

Şekil 17.10 Kolon donatısının devam etmediği kolon kiriş birleşimi

Kolon ve kirişin devam etmediği durumlarda, donatı düzenleme alternatifleri üzerinde durulması gerekmektedir.

Kolon ve kirişin devam etmediği durumlarda Şekil 17.11’de gösterilmiş olan donatı detayının kullanılması tavsiye edilmektedir. Köşeyi içe doğru kapamaya çalışan yükleme etkisi altında bu tür donatı düzenleme biçimi etkili olabilmektedir.

/

Şekil 17.11 Köşeyi içe doğru kapayan yönde moment etkimesi halinde donatı düzeni

Köşeyi açmaya çalışan yükleme etkisi altında ise, Şekil 17.12’de gösterilmekte olan donatı düzenleme biçimi etkili olabilmektedir.

/

Şekil 17.12 Momentin köşeyi dışa doğru açması halinde donatı düzenlenmesi

Deprem bölgesinde bulunan Türkiye için, yukarıda belirtilmiş olan donatı düzenleme şekillerinin hepsinin ayrı ayrı özelliklerini taşıyacak bir birleşim detayı uygun olabilmektedir. Bu hal için iyi bir çözüm olarak Şekil 17.13’te gösterilen donatı düzenleme biçimi tavsiye edilebilmektedir. Birleşim bölgesine konacak etriye miktarının, etriye sıklaştırma bölgesindeki kadar olması yeterli olabilmektedir Park ve Paulay (1975).

/

Şekil 17.13 Yön değiştiren momentin etkisinde köşe düğüm noktasına ait donatı düzeni

Yukarıdaki tavsiyelere ek olarak, 2001 yılının Şubat ayında yayınlanmış bir araştırma sonuçlarını belirtmek gerekecektir. Morgan Johansson tarafından yapılmış bu araştırma deneysel bir araştırma olup, bu çalışmada farklı bir donatı düzenleme şeklinin tavsiye edilebilmesi amaçlanmıştır.

Tavsiye edilmesi düşünölen donatı düzenleme şekline sahip numuneler üzerinde, deneyler yapılmıştır. Deney sonucunda tavsiye edilmesi amaçlanan donatı biçimi Şekil 17.14(c)'de gösterilmektedir.

/

Şekil 17.14 a) İçe doğru kapamaya çalışan moment etkisi b) dışa doğru açmaya çalışan moment etkisi için c) tavsiye edilmek istenen donatı düzeni

11 adet deney numunesi üzerinde yapılan farklı karakterlerdeki yüklemeler sonucunda, numunelerin Şekil 17.15'te göröldüğü gibi bir davranış gösterdiği ve Şekil 17.16'da gösterilen değerlerde yük altında deforme oldukları sonucuna varılmıştır.

/

Şekil 17.15 Deney sonucunda numunelerde oluşan yük altındaki çatlamalar (Johansson, 2001)

Elde edilen yükleme sonuçlarına göre, her ne kadar birleşimin son taşıma kapasitesine büyük etkisi olan beton kabuğu dökölse de, Şekil 17.14 (c)'de görölen donatı düzenleme biçimi tavsiye edilmektedir.

/

Şekil 17.16 a) Yüksek donatı oranı b) düşük donatı oranı kullanılarak donatılmış köşenin kapanmaya çalıştığı birleşim bölgelerinde yapılan deney sonuçlarına ait, yük-deplasman eğrileri(Johansson, 2001).

/

Şekil 17.17 Köşe birleşim bölgelerinin açılmaya çalıştığı deney sonuçlarına ait yük-deplasman eğrileri (Johansson, 2001).

Pek tabii ki uygulama esnasında bu donatı düzenleme biçimine de büyük önem verilmesi gerekmektedir. Bu detaylandırma biçiminde her ne kadar tam etkinlik sağlanamasa da, yeterli süneklilik elde edilmiştir.

17.1.2 Kolonların Üst Kat Kolonları İle Birleşimi

Kolonların üst kat kolonları ile birleşimi, genellikle yeni kat döşemesi üstünde alt kat kolon filizleriyle üst kat kolonu donatısının eklenip betonlanması şeklinde yapılabilmektedir. Uygulamada çoğu zaman tercih edilen yöntem budur.

Deprem bölgelerinde boyuna donatı eklerinin öncelikle kolon orta bölgesinde yapılması ve çekmeye çalışan kolon boyuna donatılarının mümkün olduğu kadar

aynı kesitte eklenmemesi tavsiye edilmektedir. Donatıların eklenmesi genellikle bindirme eki ile olmaktadır. Bu konuya daha ayrıntılı olarak bindirmeli ek konusunda değinilmiştir. Filizlerin, eğilip bükülmelerine engel olmak için, alt kat kolonu betonlamadan önce seyrek etriyelerle bağlanması uygun olmaktadır.

Kolonların kolonlara birleşiminde en önemli problem, üst kat kolonlarının boyut ve donatısının değişmesinden kaynaklanmaktadır. Kolonun boyutları, üst katta genellikle alt kattakilerden daha küçük olduğundan, çelik çubuklar yerine konmadan önce bükülmesi gerekmektedir.

Bükülen eğik kısımda donatı çubuğunun ilk eksene göre eğimi $1/6$ 'dan fazla olmaması gerekmektedir. Ayrıca bu eğrilikten dolayı ortaya çıkacak yatay kuvvetleri karşılayabilmek için kırık yerlere fazladan etriye konulması tavsiye edilmektedir. Şekil 17.18'de çeşitli birleşim detayları görülmektedir (Barker, 1967).

Şekil 17.18 Kolon birleşim detayları

Şekil 17.19 Kolon birleşim detaylarına farklı örnekler

Üst kat kolonunun boyut küçülmesi fazla ise, çubukların bükülerek üst katın filiz görevini yapması mümkün olamayabilir. Bu durumda alt kat kolon donatısı döşeme üstüne kadar getirilip bırakılır. Donatı uçlarının kiriş içine bükülmesi daha da uygun olmaktadır. Üst kat için filiz oluşturacak olan yeterli miktar ve boydaki donatı alt kolonunun iç kısmına yerleştirilebilmektedir. Şekil 17.18(b)'de bu durum görülebilmektedir.

Eğer alt kolon donatısı, kiriş mesnet momentini karşılamak için kullanılmak istenirse Şekil 17.20'de kesik çizgi ile gösterildiği gibi, sağdaki çubuk sola ve soldaki çubuk sağa olmak üzere gerektiği kadar uzatılmalıdır (Barker, 1967).

Şekil 17.20 Alt kat kolon donatısının mesnet donatısı olarak yerleştirilmesi

17.1.3 Kolonların Temelle Birleşimi

Herhangi bir yapının başlangıcında doğal olarak ilk olarak temel betonu dökülmektedir. Daha sonra kolon kalıpları, prizini almış olan temel betonu üzerinde monte edilebilmektedir. Dolayısıyla kolon boyuna donatısının temelle birleşimini sağlamak için, kolon boyuna donatısı kadar ancak kısa boylu bir donatı, temel betonu dökülmeden kolonların filizini oluşturacak şekilde temele monte edilmesi gerekmektedir.

Kolonların temelle birleşiminde başlıca iki problemle karşılaşmaktadır. Birinci problem, kolonla temelin ek yerinde, yeterli güvenliği temin etmektir. Bu problem birleşim yerinde temel yüzeyinin kolon kesitinden daha büyük yapılmasıyla ortadan kalkabilmektedir. İkinci problem ise, temeldeki filiz donatısının, kolon boyuna donatısının taşıdığı yükü, temele güvenli olarak aktarabilmesidir. Bu problemin çözümü de, ya temel üzerine bir başlık yapmak, ya da filiz donatısı çapı, kolon boyuna donatısı çapından daha küçük seçilerek ankraj boyu küçültülüp, donatı adedini artırmaktır. Bunun yanında, enine donatının temel betonu içinde de devam etmesi gerektiği unutulmamalıdır.

/

Şekil 17.21 Temellerle kolonların birleşimi

17.1.3.1 Temellere Ait Diğer Önemli Hususlar

Bir temelin kendisine komşu temelden daha derin seviyede yapılması durumunda, iki temel tabanı arasındaki fark, Denk.(17.3)'ü sağlaması gerekmektedir.

$$\Delta h / l_0 \leq 1/2 \sim 1/1 \quad (17.3)$$

Temel alt kotu zemin durumu ve özellikle yer altı su seviyesi ile yakından ilgilidir. Ayrıca temel alt kotu don derinliğinin altında teşkil edilmesi gerekmektedir. Şekil 17.22'de bu durum görülebilmektedir.

/

Şekil 17.22 Temellerde kot farkı olmaması durumu

Temel seviyesinin tespitinde yer altı su seviyesinin önemi büyüktür. Temeli iklim koşullarına bağlı olmak koşuluyla 0.5 m ile 1.5 m arasında değişen don derinliğinin altına indirmek gerekmektedir.

Şevli durumda temel tabanı kenarının şevden yatay uzaklığı da zemin cinsine göre >90-60 cm olmalıdır. Aynı şekilde zeminde bir kayma yüzeyi oluşmaması için temel tabanı kenarından zemin türüne göre çizilen 60-30⁰'lik eğik doğrunun şev yüzeyini kesmemesi gerekmektedir.

Temel derinlikleri belirlenirken, hem temelin don etkisinden etki görmemesi hem de diğer yapının temel seviyesinin çok altında olmamasına dikkat edilmelidir (Altan, 2001).

17.2 Döşemeler için Özel Durumlar

17.2.1 Döşemelerdeki Boşluklar

Döşemelerde boşluklar, gerilme yığılmalarını artırmaktadır. Özellikle döşemenin kritik kesitine döşeme kalınlığının dört katından daha yakın boşlukların bulunduğu dış birleşim bölgelerindeki etkilerin karşılandığının hesapla gösterilmesi uygundur. Boşluğun bulunması nedeniyle kesme kuvvetinde oluşacak dışmerkezlilik hesaba katılmalıdır.

TS 500'de kirişsiz döşemelerde bırakılan boşluklar için aşağıda belirtilecek hususlar geçerli olmaktadır.

Kirişsiz döşemelerde, dayanım ve kullanılabilirliğin sağlandığının kanıtlanması koşuluyla boşluk bırakılabilmektedir. Döşemedeki boşluklar dikkate alınarak hesaplanan zımbalama dayanımı yeterli zımbalama dayanımını sağlıyorsa, iki doğrultudaki orta şeritlerin kesiştiği bölgede, gereken donatının yerleştirilebildiği durumlarda ve iki dik doğrultudaki kolon şeritlerinin kesiştiği bölgede, boşluğun en büyük boyutunun, kolon şerit genişliğinin 1/8'den fazla olmadığı ve boşluklar nedeniyle yerleştirilmeyen donatının boşluk kenarına yerleştirilebileceği durumlarda, eğilme için ayrıca kontrole gerek yoktur (TS 500,2000).

17.2.2 Farklı Derinliklerdeki Döşemelerin Birleşiminde Donatı Düzeni

Islak hacimlerin döşemelerinde, alışlagelen döşeme komşuluk şekline daha farklı bir komşuluk detayı söz konusudur. Düşük döşeme ile normal döşemenin komşu

olduğu mesnette, özel bir donatı detaylandırma şekli gerekmektedir. Şekil 17.24'te düşük seviyeli döşeme durumunda donatı düzenleme şekli görülmektedir.

/

Şekil 17.23 Farklı kotlardaki döşeme birleşimlerinde donatı düzeni

Şekil 17.23'te her ne kadar donatı sürekliliği sağlanamasa da, donatıların kiriş içinde kenetlenmesi ve mesnet kirişinin dönmesinin iki taraftaki döşemeler tarafından engellenmesi ile davranış sürekli duruma yakın olabilmektedir. Yapılan hesaplamalarda düşük döşeme ile normal döşemenin komşu olduğu kenarın süreksiz olduğu varsayımı yapılmaktadır.

Kirişlerdeki derinliklerin farklı olduğu durumlarda göz önünde bulundurulması gereken hususlar A.B.Y.Y.H.Y.'ğin 7.4.3 numaralı maddesinde belirtilmiştir. Burada farklı kalınlılardaki döşemeler için uygun olan özel donatı düzeni Şekil 17.24'te gösterilmektedir. Bu tür farklı kalınlılardaki döşemelerin birleşmesi genel olarak kenar döşemelerde rastlanan bir durumdur. Şekil 17.24'te aynı zamanda tavsiye edilen kenetleme boyları da gösterilmektedir (Barker,1967).

/

Şekil 17.24 Farklı kalınlılardaki döşemelerde donatı düzeni

17.2.3 Dairesel Döşemelerde Donatı Düzeni

Dairesel plaklarda, dönel simetrik yükleme ve mesnetlenme durumunda asal gerilme yörüngeleri çemberler ve merkezsiz doğrular olarak ortaya çıkmaktadır. Burada çembersel konulacak donatılar orta kısımda sıklaşmaktadır. Bunun için merkezsiz donatılar üç veya dört paralel ince çubuk ailesi olarak yerleştirilmelidir. Orta kısımda yerleştirilen donatılar ortada birkaç kat donatı tabakası oluşturmaktadır. Dış

evre kısmında ise, ek donatılarla tamamlama yapılmaktadır. Merkezsel donatılar ortaya yakın kesilerek orta bölgede iki doğrultuda oluşturulacak hasır donatı da kullanılabilir. Tamamen hasır donatı kullanılması durumunda asal donatı doğrultuları ile hasır donatı eksenlerinin arasında 45⁰'ye varan ayrılığın göz önüne alınması gerekmektedir. şekil 17.25'te dairesel plakta tavsiye edilen donatı düzeni gösterilmektedir.

Dış kenarı serbest mesnetli dairesel plakta donatı düzeni şekil 17.27'de görülmektedir Celep ve Kumbasar (1998).

/

şekil 17.25 Dairesel plaklarda donatı düzeni

şekil 17.25 (a)'da dolu dairesel plakta, (b)'de ise dış kenarı serbest plakta donatı düzeni verilmiştir.

17.3 Kırık Eksenli Elemanların Detaylandırılması

Kırık eksenli elemanlar kiriş olabileceği gibi plakta olabilirler. Bu tür elemanların çekmeye çalışan donatıları girintili köşelerde köşede betonun patlamasını önlemek için kırık olarak yerleştirilmemesi gerekmektedir. Böyle durumlarda donatının iki yada daha çok parçalı olarak düz yerleştirilmesi ve köşeyi geçerek basınç bölgesinde ankre edilmelidir. Ayrıca bu donatılar kirişlerde etriyeler ile sarılması gerekmektedir.

şekil 17.26'da kırık eksenli kiriş donatısı detayı verilmektedir. Bununla beraber şekil 17.27'de kırık eksenli kiriş donatısı detayı verilmektedir Aka ve diğ. (1999).

Şekil 17.28’de ise kırık eksenli plak donatısı detayı gösterilmektedir. Şekil 17.29’da kırık eksenli elemanda donatı detayı gösterilmektedir.

/

Şekil 17.26 Kırık eksenli çubuklarda donatı düzeni

/

Şekil 17.27 Kırık eksenli kiriş donatısı detayı

/

Şekil 17.28 Kırık eksenli plak donatısı detayı

/

Şekil 17.29 Kırık eksenli elemanda donatı detayı

18. BETONARMEDE MAFSALLI BİRLEŞİMLER

Köprü ve diğer kemer türünde olan çoğu yapılarda, mafsallı birleşim kullanmak durumunda kalınabilmektedir. Mafsallı birleşimlerin kullanım alanı sadece kemer türü yapılarla sınırlı kalmamaktadır. Eşdeğer fayda mafsallı birleşimler tarafından, rijit çerçevelerde de sağlanabilmektedir. Büyük ve geniş yapılarda normal metal yapımı mafsallı kullanılması çok pahalı olmaktadır. Bu nedenle sıradan betonarme donatı çubukları kullanılarak yapılan mafsalların ekonomik olması tercih sebebidir. Bu tür mafsalların kullanılması imkanı vardır, çünkü gerçekte beklenen dönme miktarı çok küçük mertebelerdedir.

Mafsallı birleşimden genel olarak beklenen davranış, mafsallı birleşimin, normal kuvvete, kesme kuvvetine karşı direnç göstermesi aynı zamanda, çok hafif dönmelere karşı dayanım gösterebilmesidir. Mafsallı sistemlerin, analizinde varsayıldığı gibi, ideal bir mafsallı birleşimde eğilme momenti oluşmaması ve dönme serbestliğinin olması gerekmektedir. Tabii ki bu şekilde bir mafsallı birleşimin imalatı, çeşitli sürtünme etkilerinden dolayı mümkün değildir. Ancak tavsiye edilecek mafsallı birleşim türleri de çok az eğilme momenti alacağından, hesaplara olan etkisi ihmal edilebilecek seviyede kalacaktır.

Mafsallı birleşim, sıcaklık değişiminin ve temellerdeki küçük yer değiştirmelerin meydana getirdiği ilave etkileri azaltmakta hatta yok olmasını sağlamaktadır. Çeşitli mafsallı birleşim biçimleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir Winter ve Nilson (1972).

18.1 Bitim Bölgelerindeki Mafsallar

Bitim bölgelerinde kullanılan mafsallar Şekil 18.1’de görülmektedir. Şekil 18.1’de görüldüğü gibi, taşıyıcı hem de taşınan yapı elemanlarının birleşim noktaları yuvarlatılmıştır. Şekil 18.1(a) ve (b)’de gösterilen birleşim şekli, normal çerçeve türü yapılarda kullanılıp Şekil 18.1(c)’de gösterilen birleşim türü ise kemer türü köprülerde kullanılmaktadır.

Şekil 18.1 Bitim bölgelerinde kullanılan mafsallar

Şekil 18.1’deki mafsallı birleşimi oluşturmak oldukça güçtür. Çünkü birleşimin her iki tarafında bulunan konveks ve konkav yüzeylerin imalatı büyük dikkat gerektirmektedir. Bu zorluktan kurtulmak için Şekil 18.2’deki mafsallı birleşim türlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Şekil 18.2 Çeşitli mafsallı birleşim örnekleri

Şekil 18.2(a)’da gösterilmiş olan birleşim biçimi, büyük açıklıklı köprülerin mesnetlerinde kullanılmaktadır. Bu tarz birleşimde yapı elemanı ile temeli arasında esneklik sağlayıcı bitümlü malzeme, plastik veya lastik türü malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Yine bu tür birleşime ait donatı detaylandırılmasında, donatıların, uygun kancalar yapılarak doğru yerlere yerleştirilmesine büyük önem verilmesi gerekmektedir. Ayrıca şekilde “A” ile gösterilmiş beton kesit alanı elemandan temele gelen kesit tesirlerini taşıyabilecek kapasitede olması gerekmektedir. Şekil 18.2(b)’de birleşim bölgesinde yapı elemanının genişliğinin 1/3’ü kadar azaltılmış genişlikte bir kısım bulunmaktadır. Bu dar olan bölümde sıklaştırılmış etriyeler ve kancalı donatılar ile yoğun bir donatı bulunmaktadır. Şekil

18.2(c)'de spiral etriyeler bulunmaktadır. Eğer mafsallın kesiti geniş ise, ekstra spiraller yerleştirilmelidir. Şekilde görülen taşınan eleman ile köprü mesnedi arasındaki aralık, esnekliği olan bir malzeme ile doldurulması gerekmektedir.

Şekil 18.3'te genellikle tercih edilen mafsallı birleşim şekilleri görülmektedir. Burada görülmekte olan çelik mafsallar, betonarme mafsallara göre çok daha kullanışlı ancak bir o kadar da pahalıdır. Çelik mafsallı birleşimlerin kullanımı anormal derecede ağır binalarda kısıtlanmıştır.

/

Şekil 18.3 Genelde tercih edilen mafsallı birleşim türleri

Betonarme mafsallı birleşimli olanlardan Mesnager isimli olanın dönme serbestliği, diğer birleşimlere göre daha fazladır.

Mesnager mafsalında maksimum esnekliği sağlamak için, mafsall yüksekliği “h” ve mafsall betonunun kalınlığı “t” aralarında Denk(18.1)'i sağlamaları gerekmektedir.

$$h=1.3.t \quad (18.1)$$

Buna rağmen küçük yükseklikte ki mafsallar da başarılı olmuşlardır. Bunun yanında mafsallarda kullanılan donatılar çok kalın ve çok kısa olmamaları gerekmektedir. Donatıların çok küçük çapta olmaları da donatıların burkulmasına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle iyi bir donatım için çubuğun narinliği bilinmelidir. Narinlik Denk(18.2) ile hesaplanabilmektedir. “D” donatı çubuğunun çapı, “θ” donatı çubuğunun mafsallı birleşimde yatayla yaptığı açı, “L” h yüksekliği arasında kalan

eğik donatının uzunluğu ve “ η ” narinlik olmak üzere, Denk.(18.1) ile hesaplanacak narinlik 20 ile 40 değerleri arasında kalması gerekmektedir.

$$r = D/4 \quad (18.1a)$$

$$L = h / \cos.\theta \quad (18.1b)$$

$$\eta = L / r \quad (18.1c)$$

$$20 < \eta < 40 \quad (18.1d)$$

Mesnager mafsalında kesme kuvvetine karşı dayanım gösterecek olanlar, etriyelerdir.

Mafsallın, kesme kuvvetine karşı dayanım gösterebilmesi için etriyeler mafsal başlangıcından itibaren, donatının 8 katı kadar olan bölgede sıklaştırılmaları gerekmektedir. Denk.(18.2)’ile sıklaştırma bölgesi hesaplanabilmektedir.

$$a = 8.D \quad (18.2)$$

Kemer türü yapılarda düzenlenmiş mafsalı birleşim örneği Şekil 18.4’te görülebilmektedir Winter ve Nilson (1972).

18.2Tepe Mafsalları

Tepe mafsalı birleşim türü, şekilleri üç mafsalı ve kemer tipi yapılarda kullanılmaktadır. Şekil 18.4’te bu tür mafsalı birleşim şekilleri görülmektedir. Şekil 18.4(b)’de ana donatı aralarında 60 derecelik bir açı yaparak diğer tarafa geçmektedir ve iki eleman arasındaki boşluk, su geçirmez esnek bir malzeme ile doldurulması gerekmektedir. Bu birleşim basınç ve kesmeye karşı direnci olduğu gibi çok az dönme etkilerine de karşı koyabilmektedir.

Şekil 18.4(c)’de gösterilmiş olan birleşim türü Şekil 18.4(b)’ye göre farklılıklar göstermektedir. Bu birleşim türü sadece kemer türü yapılarda tercih edilmektedir.

Kalıp yerinden söküldükten sonra ve kemer işlevini yapmaya başladığı zaman, ana donatılar birbirlerine kaynaklanır ve boş kalmış bölümler betonlanır. Artık bu birleşim kalıcı sabit bir birleşim olmuştur.

/

Şekil 18.4 Tepe mafsallarına örnekler

18.3 Mekanik Mafsallar

Şekil 18.5'te tipik mekanik mafsal türleri gösterilmektedir. Bu birleşimde konveks bir yüzey oluşturmak için iki çelik plaka kullanılmıştır. Çelik plakalar arasına yerleştirilen çelik pimler yapının yatayda hareket etmesine engel olmaktadır. Mafsallı bölgede bulunan boşluk esneklik sağlayıcı malzemeler ile doldurulmalıdır.

Mafsal davranışı, yapıların yatayda hareketini engellemek için, eski tren rayları ile sağlanabilmektedir. Tren raylarının kullanılması ile yapılan mafsallı birleşim Şekil 18.5(d)'de gösterilmektedir.

/

Şekil 18.5 Mekanik mafsallara örnekler

19. DEPREME DAYANIKLI YAPI KAVRAMI

Şiddetli depremlerin sık olması ve de betonarme yapıların plastik enerji tüketme güçlerinin istenilen biçimde düzenlenebileceği yaklaşımından yola çıkılarak depreme dayanıklı yapı kavramı geliştirilmiştir.

Depreme dayanıklı yapı aşağıda belirtilen özelliklere sahip olması gerekmektedir.

1. Yapı, ömrü içinde sık olan küçük depremlerin enerjisini elastik bölgede kalarak tüketmelidir.
2. Yapı, ömrü içinde olması beklenen şiddetli depremin enerjisini ise kalıcı deformasyonlar yaparak plastik bir biçimde tüketmelidir. Bu yaklaşımla yapılan hesaplarda deprem bölgesine göre hesaplanan yatay yük katsayısı ile yapıya geleceği varsayılan yüklere, yapı elastik olarak, çatlamadan karşı koyabileceği gösterilmektedir. Şiddetli depremlerde kalıcı plastik deformasyonla deprem enerjisi tüketimi kiriş uçlarında plastik mafsallaşma ile sağlanmaktadır. Bu mafsallaşma kirişin boyuna donatısının sünek davranması ile sağlanmaktadır. Kolon ve kiriş uçlarında etriye sıklaştırması, minimum boyun donatı yüzdeleri, kiriş uçlarında etriye sıklaştırması, minimum boyuna donatı yüzdeleri, kiriş ve kolon boyuna donatılarının betondan sıyrılmaması için yeterli ankraj boylarında yerleştirilmesi, beton ile donatı arasındaki aderansın yitirilmemesi için betonun sık aralıklı etriyeler ile kuşatılmış olması, kolonlarda eksenel yüklerin sınırlandırılması gibi hususlar, sünek davranışı sağlayabilmenin en iyi yollarındandır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, şiddetli bir depremde yapıyı oluşturan elemanlardaki donatının yer yer akma konumuna ulaşacakları ve bu noktalarda plastik mafsallar oluşacağı, kabul edilmelidir. Bu tür şiddetli depremlerde yapı güvenliği açısından temel amaç, yapının göçmemesini ve yapı içinde bulunan insanların deprem esnasında sağlıklı bir şekilde yapıyı terk edebilmelerini sağlamaktır.

Yapının ayakta kalması, plastik mafsallarda yeterli enerji tüketmesine bağlıdır. Doğal olarak dayanımda önemli bir azalma olmadan büyük deformasyonlar yapabilen bir

kesit, daha fazla enerji tüketebilecektir. Yeterli enerjinin tüketilebilmesi, önemli düzeyde plastik mafsalların olduğu kesitlerin sünekliğine bağlıdır. Bir betonarme kesitin sünekliği, eksenel yük düzeyi yükseldikçe azalmaktadır. Bu nedenle, eksenel yük düzeyi çok düşük olan kirişlerin sünekliği kolonlara göre çok daha yüksektir. Bu nedenle çerçeve tasarımı yapılırken plastik mafsalların kolonlarda değil, kirişlerde oluşturulmasına özen gösterilmelidir. A.B.Y.Y.H.Y.'de "kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulu", kirişin kolona göre daha sünek bir davranış sergilemesinden kaynaklanmaktadır (Bayülke, 2001).

19.1 Taşıyıcı Betonarme Elemanlarda Hasarlar Deprem Hasarları

Yapılarda deprem etkisi ile oluşan hasar çeşitleri aşağıda sıralanmaktadır. Deprem etkisi altında yıkılan binaların çoğunda problem, aşağıdaki hatalardan kaynaklanmaktadır.

1. Betonarme taşıyıcı sistemin düzensiz olması,
2. Konsol çıkmaların gereğinden fazla olması,
3. Betonarme yapılarda konstrüktif kurallara uyulmaması,
4. Beton kalitesinin yetersiz olması,
5. Yumuşak kat oluşumu,
6. Kısa kolon oluşarak, kesmeye karşı yetersiz kolon kesitlerinin oluşumu,
7. Çok katlı bitişik yapılarda, yeterli dilatasyon derzinin yapılmaması ile yapıların ötelenmesi sonucu hasar oluşmaktadır.

Beton dayanımının düşük oluşu, kolonların zayıf oluşu, etriye sıklaştırılmasının yetersizliği, donatı kenetleme boyunun yetersizliği, sargı olarak yerleştirilen etriyelerin uçlarının 135 derece olarak kıvrılmaması, süneklik ve yatay yüke dayanma güçlerinin düşük olması onların küçük depremlerde beklenen den çok hasar görmesine hatta yıkılmasına neden olmaktadır. Bu bölümde, betonarme yapılarda donatı düzenleme eksiklikleri, beton kalitesinin az olmasından kaynaklanan hasar tipleri üzerinde durulacaktır.

Daha önceki konularda da belirtildiği gibi beton, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise düşük bir malzemedir. Bu nedenle çekme gerilmeleri, donatı ile karşılanmaktadır. Betonarme bir elemanda en dış çekme lifindeki birim uzama

0.0001-0.00015 büyüklüğüne ulaştığında beton çatlamaktadır. Betonda çatlak, asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur. Donatı çatlamayı önlememektedir. Doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlamaktadır. Donatı olabildiğince asal çekme doğrultusuna paralel olarak yerleştirilmesi gerekmektedir.

Çatlama beton çekme dayanımının küçük olması nedeniyle betonda kaçınılmaz bir olaydır. Betonun yukarıda da belirtildiği gibi basınç dayanımı yüksektir. Sargı donatısı betonun ezilme birim kısalmasını yükseltir. Ezilme birim kısalması sargısız betonda 0.002 civarında iken sargılı betonda 0.004 ya da daha yüksek olabilmektedir. Beton basınç bölgesinin ezilmesi ile o bölgedeki boyuna donatı daha kolay burkulur. Sık yerleştirilmiş etriye burkulmayı geciktirmektedir. Betonun çatlaması ve bu çatlağı kılcal düzeyde kalmasında yapının güvenliği açısından herhangi bir problem yaratmaz. Deprem etkisi altında meydana gelen çatlamların 0.2-0.3 mm'yi geçmesi durumunda tehlike söz konusu olmaktadır.

Büzülme ve ısı farkları nedeniyle oluşan eksenel çekme çatlaklarının kabul edilebilir sınırları aşması (genelde 0.3 mm sınırı) boyuna donatısının yetersizliğinden ve iyi dağıtılmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Büzülme çatlakları genel olarak kiriş eksenine dik olarak elemanın dört yüzünde sürekli görülmektedir. Momentin maksimum olduğu bölgede gözlenen büyük çatlak genişlikleri, genel olarak çekme donatısının aktığını gösterir ve sehimde büyüme görülebilmektedir.

Kolon ve kirişlerde kesme çatlakları elemanın eksenine yaklaşık 45⁰'lik açı yapmaktadırlar. Kesme çatlağının genişliğinin fazla olması kesme donatısının yetersiz olduğunu göstermektedir. Kesme çatlağı gevrek bir yapıdır aynı zamanda tehlikelidir. Kolon, kiriş taşıyıcı elemanda çatlak genişliğinin 1-2 mm'yi aşması donatının akmış olduğunu göstermektedir. Bu tür çatlakların olduğu yapı ağır hasarlı olarak tanımlanmaktadır. Kolonlarda beton ezilmiş ve boyuna donatı burkulmuş ise bu yapı ağır hasarlı olarak kabul edilmektedir. Kolonlarda genişlemiş kesme çatlakları ağır hasarın göstergesidir.

Perdelerde beton ezilmeye başlamış, donatı burkulmuş ise yine yapıda ağır hasar var demektir. Perde taşıyıcı duvarlarda eğik kesme çatlakları kılcal düzeyde kalırsa durum kritik değildir. Geniş eğik çatlaklar ağır hasar olarak kabul edilmektedir (Bayülke, 2001).

19.1.1 Betonarme Çerçeve Hasarı

Betonarme inşaatlarda genellikle kirişler kolonlardan daha kuvvetli yapıldıklarından önemli hasarlar meydana gelmektedir. Depremin enerjisi kolonların rijit ek yerlerinin mafsala dönüşmesi ile tüketilmektedir. Betonarme çerçeve hasarı önce dolgu duvar hasarı, daha sonraki aşamalarda da kolon uçlarının mafsallaşması olarak gelişmektedir. Kolon, betonunun ezilmesi sonucu düşey yükleri de taşıyamamakta etriyeler açılmakta ve boyuna donatılar dışarıya doğru burkulmaktadır. Bu arada kolonun boyunda kısalmaktadır.



Şekil 19.1 Kolon kiriş birleşim bölgesine ait hasar çeşidi

Şekil 19.1’de, kolon-kiriş birleşme ve düğüm noktalarında meydana gelen hasar görülmektedir. Buradaki demirlerin paslanarak kesitlerinin zayıflaması ve zamanla çürümesi sonucu, zayıflayan kesitlerde ağır hasarlar meydana gelmiştir. Demirler paslanmaya karşı koruyucu bir tabaka ile korunmalıdırlar.

19.1.2 Betonarme Kirişlerde Görülen Hasarlar

Şekil 19.2’de kirişte meydana gelen kesme kuvvetlerinden dolayı oluşan kırılma görülmektedir. Kesme kırılmasının önlenmesi için kirişlere kapalı etriyelerin konulması ve düğüm noktalarında etriye sıklaştırılmasının yapılması zorunludur. Bu tür donatı düzenleme kurallarına uyulmayışının sonuçları, üzerinde durulmalıdır.

Aslında, yapılarda uygulanan hesap yaklaşımları sonucu çoğunlukla kirişler kolonlardan daha rijit ve daha yüksek moment kapasitelerine sahip olduklarından kirişlerde hasar olmadan önce kolonlarda hasar olduğu için kiriş hasarına genelde az rastlanmaktadır.



Şekil 19.2 Betonarme kirişte görülen kesme hasarı

19.1.3 Kolonlarda Basınç Hasarı

Kolona gelen eksenel yük, taşıma kapasitesinin%50'sinden daha fazla ise, kolonlarda deprem sırasında basınç kırılması görülmektedir. Aynı tip hasar beton basınç dayanımı düşük kolonlarda görülebilmektedir.



Şekil 19.3 Kolonlarda Basınç Hasarı

Zemin kat kolonunun üst ucunda meydana gelen ezilme ve eksenel basınç altında betonun ezilerek donatının aktığı görülmektedir. Kolonda düşey donatının tek başına yeterli olmadığı ve bu bölgede etriye sıklaştırılması yapılmadığı görülmektedir. Şekil 19.3'te etriye sıklaştırılmasının önemi açıkça görülmektedir.

19.1.4 Kolonlarda Kesme Hasarı

Kesme hasarı, kolonda yaklaşık 45^0 eğimli çatlaklar biçiminde belirmektedir. Beton ile donatı arasında yeterli aderans yok ise küçük depremlerde bile boyuna donatı üzerindeki beton kabuk çatlamakta, hatta yerinden kopmaktadır. Bütün kolon boyuna donatısının aynı yerde eklenmesi sonucu donatı ile beton arasında yeterli yapışma sağlanamamakta ve donatıların üzerindeki beton kabuk küçük depremlerde bile kopup düşmektedir. Şekil 19.4'te bu durum görülmektedir.



Şekil 19.4 Sarmal bölgede yetersiz etriye sonucu meydana gelen hasar

Betonun ezilmesi sonucu kolonun taşıma gücüne, basınç bölgesinde ulaşan deprem kuvvetleri tüm basıncı karşılamak zorunda kalan boyuna donatının burkulmasına sebep olmaktadır. Bu burkulma etriye sıklaştırılması ile ortadan kaldırılabilir. Donatının ezilmeden dağıldığı ve bu bölgede etriye aralığının çok fazla olduğu görülmektedir. Kolonlar deprem yükleri altında büyük kesme kuvvetleri almaktadırlar. Kolonların sarmal bölgesinde kullanılacak etriyelerin uçları, 135^0

betonun içerisine girecek şekilde usulüne uygun olarak kıvrılmadığı için açıldığı görülmektedir.

Kolonun üst bölgesinde betonun ezilmesiyle oluşan düşey donatı akması ve etriyelerin usulüne uygun olmadığı açıldığı Şekil 19.5'te görülmektedir. Ayrıca beton kalitesinin yetersiz olduğu betonun dağılmasından anlaşılmaktadır. Sarmal bölgede yeterli etriye sıklaştırılması yapılmadığı da açıkça ortadadır. Kolon kesitleri yetersizdir.



Şekil 19.5 Kolon sarmal bölgesinde deprem etriyelerinin uygun düzenlenmeyiş

Etriye düzenlemesinin yeterli olmayışından kaynaklanan kayma çatlağı Şekil 19.6'da görülmektedir.

Şekil 19.6 Kolonun üst ucunda geniş kayma çatlakları ve pas payının dökülmesi

19.1.5 Kolon-Kiriş Ek Yeri Hasarı

Kolon-kiriş ek yerlerinde etriye kullanılmaması veya çok seyrek kullanılması, özellikle dış aks kolonlarında ki pas payını küçük depremlerde bile dökülmesine neden olmaktadır. Bunun yanında kolon-kiriş birleşim bölgelerinde boyuna donatıların yeteri kadar ankraj edilememeleri donatıların betondan sıyrılmasına neden olmaktadır. Kiriş tam taşıma kapasitesine ulaşmadan donatının betondan sıyrılıp çıkması birleşim bölgelerinde mafsala neden olmaktadır.



Şekil 19.7 Kolon kiriş birleşim bölgesinde donatı düzenleme hatası

Kolon üst ucundaki asma kat kirişlerinin/ kolona tek yönde bağlı olması ve kolonların aynı aks üzerinde bulunmaması sonucu oluşan burkulma nedeni ile yapıda olması gerekenden daha fazla hasar meydana gelmiştir. Kolon kiriş birleşim detay hatları çizim olarak Şekil 19.8’de gösterilmektedir.

Şekil 19.8 Kolon kiriş birleşim detayı hataları



Şekil 19.9 Kolon kiriş birleşim detayı hatası

Şekil 19.9’da zemin kat dükkan yüksekliğinin artırılması sonucu, kolon alt ve üst uçlarında donatı akması meydana gelmiştir. Yetersiz kolon kesiti ve eksik etriye yerleştirilmesi neticesinde yapıda oluşan ağır hasar görülmektedir. Arka cephede mevcut düzensiz perde kolonlar nedeniyle yapı tamamen yıkılmaktan kurtulmuştur. Zemin kat dükkan yüksekliğinin fazla olması nedeni ile kolon üst ucunda beton ezilmiş ve düşey donatılar, etriye sıklaştırılması da yapılmadığından akarak burkulmuştur. Kolon sargı donatıları yetersizdir.

Şekil 19.10 Kolon kiriş birleşim bölgesinde görülen ağır hasar

Şekil 19.10’da kolon kiriş birleşim bölgesinde betonun ezilmesi ile meydana gelen ağır hasar görülmektedir. Kolon düşey demirlerinin kiriş içerisinde devam eden bölümünde ve kolon kiriş birleşime bölgelerinde etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı görülmektedir. Kirişteki kesme çatlakları 45^0 açıda oluşmuştur. Bu kesme çatlakları kirişte yeterli etriye kullanılmak suretiyle giderilebilmektedir. Kirişlerde kullanılan etriye uçlarının 135^0 kıvrılarak kiriş içine gömülmesi, kirişin kesme kapasitesini yani yapının mukavemetini artırmaktadır.

Şekil 19.11 Kolon kiriş birleşim bölgesindeki donatı yetersizliği

Şekil 19.11’de görülen kolon kiriş birleşim bölgesinde donatı yetersizliği nedeni ile kiriş koparak ayrılmaktadır. Kirişteki etriye aralıkları da çok fazla olduğundan etriyeler açılarak dağılmıştır. Çerçeve türü yapılarda kolon kiriş birleşim bölgelerinde donatı düzenine çok daha fazla önem ve özen gösterilmelidir. Çerçeve yapıların deprem enerjisini yutmaya çalışan bölgeler, kolon kiriş düğüm noktalarıdır. Kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm noktalarında etriyeler beton dökülmesini engellemeyecek şekilde ne kadar sık aralıkta yapılırsa, yapının enerji yutma kapasitesi o kadar yüksek olmaktadır. O halde bir yapının en kritik bölgeleri düğüm noktaları olup donatı düzeninde büyük önem gösterilmelidir.

Şekil 19.12 Sarmal bölgede etriye yetersizliğinin sonucu

Şekil 19.12’de arka köşede, kolon kiriş birleşme noktasındaki sarmal bölgede etriye sıklaştırılması yapılmadığından, kolon düşeyden saparak ayrılmıştır. Diğer kolon kiriş birleşim bölgelerinde kısmen daha az hasar bulunmaktadır.

Şekil 19.13 Kolon kiriş birleşme noktasındaki yetersiz kenetleme boyları

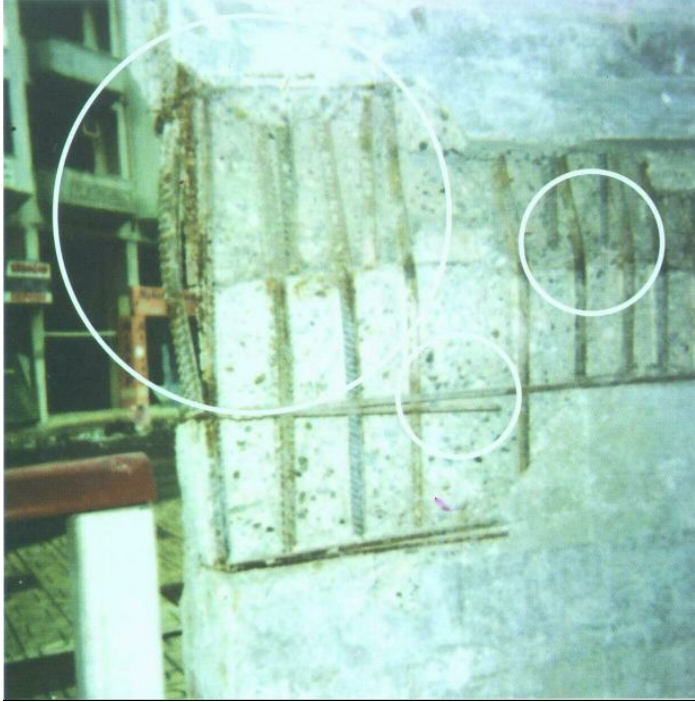
Şekil 19.13'te kolon ve kiriş birleşme noktalarında kiriş donatısının kenetleme boyu yetersizdir. Kolon ve kiriş birleşme noktasında yeterli kenetleme boyu olmadığından ayrılma ve kopma görülmektedir. Beton kalitesi yetersiz ve etriye sıklaştırılması yoktur.

19.1.6 Perde Duvarlarında ki Hasar Şekilleri

Şiddetli deprem altında perde duvarları hasar görmektedir. Hasar, momentin ve kesme kuvvetinin maksimum olduğu perde temel birleşim düzeyinin üstünde oluşmaktadır. Konsol perde duvarlarda;

- a) Eğilme kırılması,
- b) Eğik asal çekme kırılması kesme hasarları,
- c) Perde-temel birleşiminde kayma hasarları,
- d) Taban kaymasının bir arada oluşmasından doğan hasarlar olarak sıralanmaktadır.

Perde duvarlardaki hasar, hasarlı yapının çok ya da az katlı oluşuna göre değişmektedir. Çatlaklar düşey olur ya da yatay ile 450'lik açı yapmaktadırlar. Eğer düşey yük fazla ise daha dik açılı çatlaklar oluşabilmektedir. Çok katlı perde duvarlı yapılarda ise zemin ve zemin kata yakın katlarda eğilme çatlakları oluşmaktadır. Bu tür hasarlar pencere ya da kapı boşluğu olmayan perde duvarlarda görülmektedir.



Şekil 19.14 Perdelerde donatı düzenleme hataları

Betonarme perde sistemlerde işçilik hataları olmasına rağmen yapı çok daha az hasar görülmektedir. Betonarme perdelerde donatı yerleştirilmesine ilişkin koşullara uyulmalıdır.



Şekil 19.15 Perde uç bölgelerinde görülen donatı düzenleme hataları

Şekil 19.14 ve Şekil 19.15’de perdenin düşey donatılarında meydana gelen akma, etriye aralığının fazlalığı, etriyelerin uçlarının açık olarak dışarıda olması kolon içerisine doğru 135° kıvrılmamış ve perde uç donatılarının usulüne göre yerleştirilmemiş olduğu görülmektedir. Ayrıca perde uç donatılarının etriyelerle çevrilerek perde uç bölgesi oluşturulmadığı ve çiroz etriyelerin yerleştirilmediği görülmektedir.

Şekil 19.16 Perdelerde düğüm noktalarında donatı eksiklerinden kaynaklanan mafsallaşma

Şekil 19.16’da görülmekte olan yapıda perde kolonlar düğüm noktalarından kırılarak kopmuştur. Perde uç donatıları ve çiroz etriyeler kullanılmamıştır. Yapının taşıyıcı sistemindeki perde kolonlar tek yönde kullanılmış olup zayıf yöne doğru göçme meydana gelmiştir.

Şekil 19.17 Merdivenlerde görülen hasar

Şekil 19.17’de merdiven detayları usulüne göre yapılmadığından sahanlık ve merdiven bağlantıları ağır hasar görmüştür. Binanın perde kolon boyutları yetersiz olduğu görülmektedir.

19.1.7 Diğer Hasar Şekilleri

Şekil 19.18’de görülmekte olan binanın, döşeme pilye demirlerinin, bitişik döşeme içerisinde, açıklığın 1/4’ü kadar devam etmesi gerekirken daha kısa olduğu görülmektedir. Bu yapıda, döşeme demirleri kiriş içerisine yeterince sokulmamış, döşemeler kiriş birleşme yerlerinden ayrılmıştır. Bu gibi donatı düzenleme hataları çok sık rastlanan hatalardandır. Döşemelerdeki boyuna donatıların, kiriş içerisine saplanması gereken uzunluklar hakkında detaylı bilgiler önceki konularda verilmiştir. Bu kurallara uyulmasının gerekliliğini burada bir kez daha Şekil 19.18 ile vurgulanmış olmaktadır.



Şekil 19.18 Döşemelerdeki boyuna donatıların kiriş içine uzatılmamasından kaynaklanan hasar



Şekil 19.19 Döşeme donatılarının kiriş içine yeteri kadar sokulmayışının doğurduğu sonuç

Deprem bölgelerindeki betonarme yapılarda donatı düzenleme ilkelerine uyulmasının, ne kadar büyük önem taşıdığı yukarıda gösterilmekte olan şekillerden kolayca anlaşılabilir.

İnşaatlarda, her türlü imalat ve işçiliğin kesinlikle Türk Standartlarına ve A.B.Y.Y.H.Y (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik)'ğe uyması gerekmektedir.

17 Ağustos 1999'da yanmış olan Marmara depreminde meydana gelen hasarların sebepleri; yanlış taşıyıcı sistem seçilmesi, A.B.Y.Y.H.Y'ğin öngördüğü konstrüktif kurallara uyulmayarak taşıyıcı sistem elemanlarında etriyelerin yeterli sıklıkta yerleştirilmeyişi, kolon kiriş birleşim bölgelerinde etriyelerin hiç konulmaması olarak sıralanabilmektedir. Can ve mal kaybının en aza inebilmesi için, düğüm noktalarında usulüne uygun donatı yerleştirilmesi ve etriye sıklaştırılmasının yapılması son derece önemlidir.

A.B.Y.Y.H.Y'ğin öngördüğü önemli hususları aşağıdaki gibi toparlayarak tekrarlamak, yukarıda belirtilmiş olan şekillere anlam kazandıracaktır.

Statik sistemde ani rijitlik değişimlerinin bulunmaması, burulma oluşmaması için taşıyıcı sistem elemanların mümkün mertebe simetrik olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Perde kolonların binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstündeki açıklığın ortasına veya kenarına oturtulmasına izin verilmemelidir. 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde her iki deprem doğrultusunda birbirine dik yerleştirilmiş perde veya perde çerçeveli sistemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle her iki yönde minimum perde bulundurmak zorunludur.

Çerçeve kirişleri olabildiğince aynı kesite sahip olmalıdır. Kirişlerin her iki ucunda 2.d uzunluğundaki sargı bölgesinde etriye aralığı $d/4$ 'ü geçmemelidir. Mesnetlerde alt donatı üst donatının %50'sinden daha az olmamalıdır. Mesnetlerdeki üst donatı, mesnet yüzünden açıklığa doğru $l_n/4$ kadar uzatılmadan kesilmemelidir. Pilyelerin üstte mesnet yüzüne uzaklığı, kiriş yüksekliğinden az olmamalıdır. Mesnet üst donatısının en az $1/4$ 'ü açıklı boyunca devam ettirilmelidir. Mesnetlerdeki alt donatı mesnet yüzünden başlayarak en az kenetleme boyu kadar devam ettirilmelidir. Kenar mesnetlerde kiriş alt ve üst donatısı, düşey taşıyıcının kolon veya kiriş arka yüzeyine kadar uzatıldıktan sonra 90^0 bükülerek kenetlenmelidir. Büküm noktasından sonra düz kısım $25\emptyset$ 'den az olmamalıdır. Bir kirişin diğer bir kirişe saplandığı durumlarda, maksimum kesme kuvvetini aktarabilecek kapasitede kapalı etriye bulundurulmalıdır.

Kiriş ve kolon uçlarında gerekli etriye sıklaştırılmasının yapılmaması sonucu, bu noktalarda deprem kuvvetleri ile oluşan enerji tüketilmemektedir. Bu durum önemli kırılma ve göçmelere neden olmaktadır. Kolon boyuna donatıların filiz boylarının kısa tutulması sonucu oluşan kat tesirlerinin etkisi ile kolonda hasar meydana gelebilmektedir.

Kolonlar, depremlerde büyük yanal yük altında büyük kesme kuvveti almaktadırlar. Kolonların kesme kuvvetinden dolayı kırılmasının önlenmesi için kolon düğüm noktalarında mutlaka etriye sıklaştırılması yapılmalıdır. Kolonlarda etriyenin etkili olabilmesi için etriye uçlarının 135^0 kıvrılması gerekmektedir. Etriye uçlarının kolon içine doğru kıvrılmaması halinde basınç altındaki etriye uçları açılacak ve kolonda hasar meydana gelecektir (Kiptaş, 2001).

Yukarıda kısaca özetlenen kuralların hayati boyutlarda önem taşıdığı, bu kurallara uygun proje üretilmesinin ve bu şekilde ki projelerin doğru uygulandığının denetlenmesinin, çok büyük önem taşıdığı hiçbir zaman unutulmaması gereken hususlardandır.

20. DONATI DÜZENLEME İŞÇİLİĞİNE FARKLI YAKLAŞIM

Donatı detaylandırılmasının uygulamada ne denli büyük önem taşıdığı devamlı olarak vurgulanmıştır. Donatı detayında yeterli kaliteyi sağlayabilmek için şantiye şartlarının iyileştirilmesi gerekmektedir.

Şantiye şartlarında donatı düzenleme işçiliğinin kalitesinin artması, şantiye şefinin inisiyatifli altında olmalıdır. Şantiyede donatı detaylandırılmasında ki eksikliği gören şantiye şefinin önlemler alması gerekmektedir. Bu bölümde bu tür önlemler üzerinde durulacak ve donatı detaylandırma işçiliğine farklı bir yaklaşımda bulunulacaktır.

20.1 Korozyon ve Paslanmayı Önleyen Aparatlar

Korozyon ve paslanma, depreme dayanıklı yapı tasarımı kavramı kapsamında büyük önem taşımaktadır. İzolasyonsuz yapıların çoğunda korozyon vardır. Yapılarda özellikle yer altı suyu ve bodrum katlardaki rutubet, kolon pas payının dökülmesine ve kolon içerisindeki çeliğin paslanmasıyla oluşan kesit kaybına neden olmaktadır. Bu da yapıda çekme kuvvetini karşılayan çeliğin, görevini yapmamasına neden olmaktadır. Sonuç olarak yapılarda hasar kaçınılmaz olmaktadır. Bu gibi nedenlerle çeliğin beton içerisinde paslanmasını önlemek için gerekli olan pas payları mutlaka bırakılması gerekmektedir. Bodrum katlarda rutubet nedeni ile oluşacak paslanmayı önlemek için bodrum katlara mutlaka dışardan temel seviyesi altına kadar su izolasyonu yapılmalı ve sular drenaj ile uzaklaştırılmalıdır.

Su veya atık su tesisatları usulüne uygun yapılmadığından, tesisatlarda su kaçaqları meydana gelmekte, bu su kaçağı da özellikle kolon, giriş ve döşemelerde korozyona meydan vermektedir. Paslanan kolon ve giriş donatı elemanları kesit kaybına uğramakta ve yapının taşıyıcılığını kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenle yapılarda usulüne uygun su izolasyonunun yapılması zorunludur. Yapının ömrünü artırmak, yapının sudan korunması ile mümkün olabilmektedir.

Çeliğin korozyonun önlenmesini sağlamak için çeliğin yüzeyi pas ve korozyona karşı koruyucu bir tabaka ile kaplanmalıdır.

Şekil 20.1’de bodrum kat kiriş demirlerinin üzerindeki pas payları rutubet etkisiyle dökülerek boyuna donatıların paslandığı görülmektedir. Bu durumda demirin çekme mukavemetinde aşırı derecede bir azalma söz konusudur. Yapı deprem yüklerine maruz kalmasa dahi yapıda ciddi bir tehlike görülmektedir.

/

Şekil 20.1 Korozyona uğramış kiriş boyuna donatıları

20.1.1 Pas Payı Konusunda Genel Bilgiler

Marmara bölgesinde 1999 yılında yaşanan iki büyük depremin ardından İstanbul başta olmak üzere büyük kentlerde yaşayan insanlar, binalarının olası bir depreme karşı incelenmesi işine önem vermeye başlamışlardır. Yaptırılan incelemeler sonucunda, yapıların bodrum katlarında daha büyük miktarda olmak üzere beton taşıyıcı elemanlarda korozyon problemi ile karşılaşmıştır. Beton elemanlarda korozyonun oluşmasında birçok neden olmakla birlikte en önemli nedenin beton örtü tabakası yetersiz olması olarak kabul edilmektedir.

Betonarme ile ilgili şartnamelerde net beton örtüsü adıyla belirtilen pas payı, “ Bir beton elemanın içinde bulunan en dış donatının dışından beton bitim yerine kadar ölçülen kalınlık ” olarak tanımlanmaktadır. 1985 yılından bu yana kullanılmakta olan TS 500 standardında bu kalınlıkla ilgili çok ayrıntılı bilgi bulunmamakta idi. Sadece 12.2.1 numaralı maddede “ Kirişlerde beton örtüsü, içteki elemanlarda 1.5 cm dıştaki elemanlarda ise 2 cm’den az olmamalıdır. ” biçiminde bir açıklama yapılmaktaydı. Şubat 2000 tarihinde yürürlüğe giren yeni TS 500 standardında bu konuyla ilgili

olarak ayrıntılı bilgiler getirilerek bir anlamda yıllardır süregelen başıboşluk önlenmiştir. Gerçekte ciddi projelere imza atan deneyimli proje mühendisleri TS 500' ün bu eksikliğini DIN 1045 adlı Alman normlarında belirtilen maddeleri göz önünde tutarak gideriyorlardıysa da, pas payının Türk standartlarında ciddi olarak yer almasının Marmara depreminden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Betonarme elemanların içerisinde bulunan çelik donatıların yer yer paslanarak çapını ve kalitesini kaybetmesine neden olan korozyonun oluşmasında bir çok neden sıralanabilir;

1. Beton elemanlardaki net beton örtüsünün yetersiz olması.Özellikle deniz kıyısına yakın olan inşaatlarda havadaki klor iyonları yanında nem miktarının yüksek olması korozyon açısından pas payının önemini arttırmaktadır.
2. Kullanılan betonun kalitesinin yetersiz olması. Genellikle uzun yıllar inşaatçılar arasında iyi betonun tanımı yapılırken dayanım gücü yüksek betonlar amaçlanmakta idi. Son yıllarda iyi beton tanımı için yalnızca beton dayanımının değil betonun durabilite adı verilen dayanıklı oluşu da göz önünde alınmaya başladı. Dayanıklılık, betonun dış tesirlere mukavemet gücü yanında içindeki çelik donatıyı dış tesirlere karşı koruyabilme yeteneğini, bir anlamda betonarmenin ömrünü belirleyen bir özelliktir.

Korozyonu önlemek açısından beton pas payının yeterli kalınlıkta yapılması yanında geçirimsiz beton yapmak, beton dökümünde mutlaka vibratör kullanmak, su oranı mümkün olduğunca az beton üretmek, su eksikliğinden dolayı azalmış olan beton akışkanlığını artırmak için gerektiğinde beton içine akışkanlık artırıcı kimyasallar katmak, alınması gereken önlemlerden bazılarıdır. Kuşkusuz beton dökümünden sonra betonun kürlenmesine dikkat etmek, sulamak ya da betonun üstünü koruyucu kimyasallarla kaplamak da yukarıdaki önlemler arasına eklenebilmektedir.

Dikkat edilmesi gereken önemli bir noktada şudur. Pas payının yetersizliğini özel önlemler almaksızın (kimyasallarla yapılan özel sıvılar gibi) yalnızca sıvı harcıyla giderme olanağı yoktur. Yoğun dış (rüzgar yağmur gibi) maruz betonarme elemanlarda pas payı kalınlığı daha da önem kazanmaktadır. Pas payı yetersizliği nedeniyle bu tür elemanlarda etriyelerin tümüyle yok olduğu, ana taşıyıcı donatıların ise alan olarak yarı yarıya eridiği gözlemlenmektedir.

Pas payı kalınlığının fabrika tarzında üretilen beton prefabrike elemanlarda prefabrike yapı elemanlarında daha küçük tutulması olanaklıdır. DIN 1045 normlu bu tür elemanlarda pas payı kalınlığının 1 cm'ye kadar indirilmesine izin vermektedir.



Şekil 20.2 Perde ve Kolon Tipi Pas payı Elemanı

Şekil 20.2'de görülmekte olan pas payı elemanın çok geniş bir kullanma alanı bulunmaktadır. Şekil 20.2'de görülmüş olan pas payı elemanın her türlü çapa uyan türünü bulmak mümkündür. Demirin oturduğu yerde pas payına verilen ilave genişlik devrilmesini önlemektedir. Yapısı kafes şeklinde olduğundan, betonun akışına mani olmamaktadır. Dış tarafındaki çıkıntılar sayesinde kalıba çok az temas etmekte olduğundan kalıp söküldükten sonra beton yüzeyinde her hangi bir girinti çıkıntı olmamaktadır.



Şekil 20.3 Döşeme ve Perde Tipi Plastik Pas payı Elemanı

Şekil 20.3'te görülmekte olan pas payı ağır demir donatılı döşeme ve perdelerde kullanılmaktadır. Burada görülmekte olan pas payı elemanı 6 mm'den 22 mm'ye kadar geniş bir aralıkta her çapta demiri tutabilmektedir. Gerek demirin mesnetlendiği, gerek elemanın kalıba değdiği noktadaki ilave çıkıntılar elemanın taşıma gücünü ve stabilitesini artırmaktadır.

Şekil 20.6’da görülmekte olan pas payı elemanı ve sehpa, mantar tipi döşemelerde üst kısmındaki donatıyı yerinde tutmayı sağlamaktadır. Ayak uç kısımlarına takılan plastik kılıflar metalin paslanmasını önlemektedir. Üst kısmında teşkil edilen istavroz elemana gerekli sağlamlığı sağlamaktadır. Sehpa, ayak uçlarındaki plastiklerle alt kalıbın üzerine oturmaktadır.

Yukarıda belirtilmiş olan pas payı elemanları ve bunun gibi diğer elemanlar, donatı düzenlenmesini kolaylaştıran ve beraberinde donatı düzeninin kalitesini artıran aparatlardır.

20.2 Hazır Demir

Donatı düzenleme hususlarına çok büyük önem verilmesinin gerekliliği üzerinde durulmuş idi. Donatı düzenlenmesinde dikkat edilmesi gereken hususların da, tam olarak yerine getirilmesi için hazır demir teknolojisinin kullanılması gerekmektedir.

Hazır demir imal eden fabrikaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Geçmiş yıllarda yapılarda kullanılan betonlar şantiyede imal edilmekte idi. Gün geçtikçe hazır beton gündeme geldi. Eskiden şantiye şartlarında, yeterli homojenlikte beton üretimi imkansız denecek kadar zordu. Ancak hazır beton ile bu tür özellikteki beton üretimi kolaylaştı. Hem zaman hem de kalite açısından büyük avantaj elde edildi. Bu konuya paralel olacak şekilde, demirlerinde artık şantiye ortamında bükülüp, kesilmesi yerine demir kesme ve bükme işlemlerinin bu işi yapan fabrikalar tarafından yapılmasında büyük fayda görülmektedir. Böylelikle hem donatı düzenlenmesinde TS 500 ve A.B.Y.Y.H.Y’ge uygun kalite sağlanmış olacak hem de yapının iş programında önemli bir hız artımı olacaktır.

İnşaat sahasında demirlerin şekillendirilme işlemi uzun sürelerde büyük zahmetlerle pahalı ve kalite standardı olmadan yapılmaktadır. İnşaatda kullanılan her kalınlık ve boydaki demirlerin gönyesi, pilyesi, etriyesi makinalarda hazırlanmış projeye birebir uygun olarak yüksek kalitede, ekonomik ve seri olarak imal edilmektedir. Hazır demir imal eden fabrikalarda; etriye, çiroz, gönye, pilye gerekli boylarda kesilmiş ve bükülmüş olarak sıfır fire ile imal edilmektedir. O halde hazır demir teknolojisi ile, işçilikte maksimum kalite, iş programında hız ve sıfır fire ile imalat gerçekleştirilmiş olacaktır. Şekil 20.7’de hazır demir imal eden fabrikadaki çeşitli kesme ve bükme makineleri görülmektedir.

Şekil 20.7 (a) Demir kesme makineleri

Şekil 20.7 (b) Demir bükme makineleri

Demir keme ve bükme işlemleri yapan el aletleri ve taşınabilir makineler hazır demir imalatı yapan fabrikalara alternatif olarak gösterilebilmektedir. Bu belirtilmiş olan yöntemlerden en ekonomik olanı tercih edilmelidir. Burada önemli olan ekonomi ve bunun yanında yapılarda yeterli güvenliğin sağlanabilmesi için donatı düzenlenmesinin usulüne uygun yapılmasıdır. Depremlerde hasar gören yapılarda, hasar sebeplerinden en önemlileri donatı düzenlenmesindeki eksikler idi. O halde yapıların depremden etkilenmemeleri ve depreme iyi yanıt verebilmeleri için donatıların kesilip bükülmesi yani detaylandırılması için gelişmiş makineleri kullanmak en uygun yöntemdir. Başta da belirtildiği gibi inşaat mühendisi şantiyede, bu hususa gerçekten büyük önem vermelidir. Şantiye şefi donatı düzenlenmesindeki eksikleri denetlemeli ve bu tür hataların meydana gelmesini mutlaka engellemelidir.

Bu noktada, demir büküm ve kesim işlerinde insan faktörünü, yani hatayı minimuma indiren bu tarz makinelerin kullanımının yaygınlaşması tavsiye edilmektedir.



Şekil 20.8 Hidrolik Demir Kesme Makinesi

Şekil 20.8’de görülmekte olan inşaat demiri kesme makinesi, üç değişik kesme kapasitesi ile hidrolik tahriklidir. İnşaat demir işleme tesisleri için ve yerleşik olmayan inşaat alanları için idealdir.



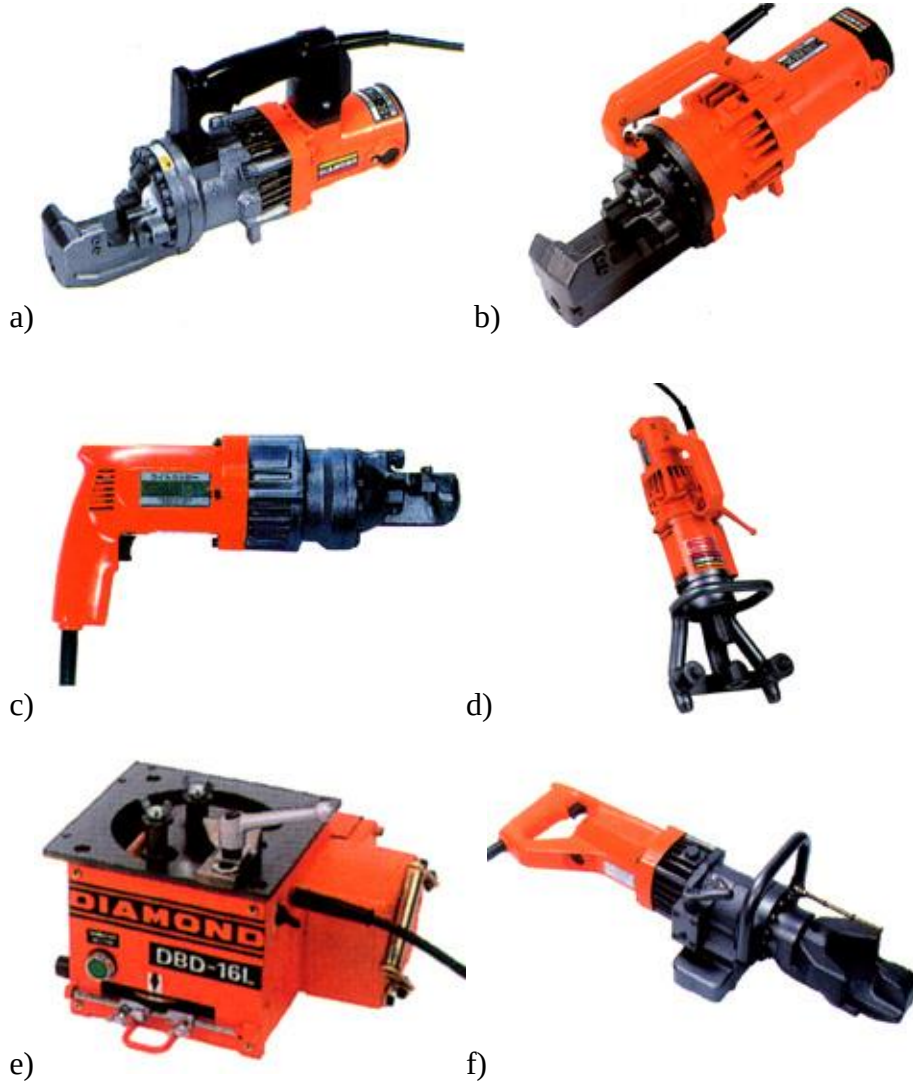
Şekil 20.9 Hidrolik Demir Kesme Makinesi

İnşaat demiri kesme makineleri; iki ayrı kesme kapasitesine sahip olup hidrolik tahriklidir. Demir işleme tesisleri ve inşaat alanları için oldukça kullanışlı makinelerdir.



Şekil 20.10 Dijital Kontrollü İnşaat Demiri Bükme Makinesi

Şekil 20.10'da demir bükme makinesi görülmektedir. Şekil 20.10'da görülmekte olan hidrolik tahrikli makine, demir işletme tesisleri için ve yerleşik olmayan inşaat alanları için idealdir. Program kumandalı etriye makinesi hafızadan programlanabilen etriye bükme makinesi iki farklı büküm hızı ve değişik monte edilebilen bir makinedir. 10 değişik açığa kadar 100 bükme ölçüsünü hafızasına kaydetme özelliğine sahiptir. Bu tür demir bükme makineleri yanında çok çeşitli demir kesme ve bükme el makineleri de bulunmaktadır (www.gocmaksan.com.tr).



Şekil 20.11 Demir kesme ve bükme makinelerine örnekler

Yukarıda örneklerine değinilmiş olan el makineleri ve hazır demir fabrikaları donatı düzenleme işçiliğinde kaliteyi artırmayı sağlamaktadır. Bu nedenle bu tür makinelerin gerek şantiyelerde gerek hazır demir fabrikalarında kullanılması tavsiye edilmektedir.

21. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Betonarme yapıların tasarımında, güvenlik, ekonomiklik ve proporsiyonellik temin edilmesi gerekmektedir. Bu sayılan özelliklerden en önemlisi güvenliktir. O halde yapıların tasarımı, depreme dayanıklı olacak şekilde yapılmalıdır. Bu güvenlik koşulunun sadece birinci ayağıdır. Diğer önemli olan husus ise, depreme dayanıklı olarak tasarlanmış bir projenin yerinde doğru uygulanma zorunluluğudur. Burada şantiye mühendisinin çok büyük sorumluluğu vardır. Tasarımı doğru yapılmış projenin, uygulanabilir olmasının gerekliliği de unutulmaması gereken önemli bir husustur.

Yapının yeterli güvenlikte olabilmesi için, taşıyıcı yapı elemanları, yük altında göçmeden durabilmesi dolayısıyla can kaybının olmaması gerekmektedir. Ancak yapım ve tasarım hatalarının, yeterli güvenliğin elde edilmesine imkan vermediğini, son yıllarda yaşanan depremler açıkça göstermektedir.

Deprem etkisi altında hasar görmüş yapıların aşağıdaki eksiklikleri olduğu söylenebilmektedir.

1. Zayıf taşıyıcı sistem seçilmesi
2. Donatının yetersiz ve hatalı olması
3. Düşük dayanımda malzeme kullanılması
4. Denetim eksikliği
5. Yapım hataları

Donatının yetersiz ve hatalı olması, bu tez konusu dahilinde önemle üzerinde durulan konu olup, yaşanan depremler bu konuda yetersiz olduğunu göstermektedir.

Donatı detaylandırılmasının uygulamada ki önemi oldukça büyüktür. Hesaplar ne kadar kusursuz olursa olsun, detaylandırma veya yapımda hata yapıldığı takdirde, hasar veya göçme kaçınılmaz olmaktadır. Depremde hasar gören yapılar üzerinde yapılan inceleme, hasarların çok büyük bir çoğunluğunun, yanlış sistem seçimi,

hatalı veya yetersiz detaylandırma ve yapının kalitesizliğinden kaynaklandığını göstermiştir.

Donatıların yerleştirilme biçimleri, yapıların davranış şeklini etkilemektedir. Tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmuş yapı güvenliği, yeterli denetimin ve özenli bir uygulamanın yapılmasıyla mümkün olmaktadır. “Yapılar tasarlandıkları gibi değil uygulandıkları gibi davranırlar” ilkesinden hareketle yapıma ve denetime büyük önem verilmesi gerekmektedir.

Betonarme yapı ve yapı elemanlarının, değişik donatı düzenlemeleri, elemanın beklenenden farklı davranışlar göstermesine sebep olmaktadır. Sadece bu husus bile, donatı yerleştirme düzeni ve detaylandırmanın ne denli önemli olduğunu ispatlamaya yetmektedir. Donatı detaylandırılırken, gerilmelerin kesintisiz akışını sağlamak son derece önemlidir. Gerilmeler keskin köşelerden hoşlanmadığından, donatı bükülürken bu noktaya da dikkat edilmelidir. Donatı olabildiğince kesintisiz yerleştirilmeli, donatının kesintisi zorunlu olan yerlerde, gereken önlemler alınmalıdır. Donatı yerleştirilmesinde gerekli ankrajın temini, ek ve bindirme sorunlarının giderilmesi ve bunun gibi bir çok konu büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

1. Türkiye’de mühendisler, genellikle hesaplar içinde boğulurken yapım aşamasına yeterli önemi vermemektedirler. Yapım en az dikkat edilen aşamadır.
2. Son yıllarda meydana gelen depremlerin bıraktığı ağır izlerin sebebi donatı yerleştirilmesindeki hatalar ve düşük kalitede beton kullanılmasıdır.
3. Yapılar tasarlandıkları gibi değil uygulandıkları gibi davranmaktadırlar. Bu nedenle tasarım aşamasındaki titizlik uygulama aşamasında da devam ettirilmelidir. Aksi halde yapılan titiz statik ve betonarme hesapların hiç ama hiç önemi yoktur.
4. Donatı detaylandırılmasının uygulamada ki önemi çok büyüktür.
5. Türkiye’de yapım aşaması, özensiz ve depremsiz olduğu sürece tasarımın kusursuzluğu, yapının yıkılmasına engel olmayacaktır.
6. Depremlerde yaşanan acı olayları tekrar yaşamamak için yapılması gereken, deprem etkilerini azaltıcı, yapının sünekliğini artırıcı ve uygulanabilir donatı düzeni tasarlamak ve bu şekilde tasarlanmış donatı düzenin doğru uygulandığını denetlemektir.

7. Boyuna donatılarda yapı elemanın maksimum sünekliliği için optimum oranda donatı yerleştirilmelidir.
8. Beton dökümünü engellemek şartı ile, enine donatılar ne kadar sık ve ne kadar kalın olursa, süneklilik o oranda artmaktadır.
9. Yeterli güvenliğin temin edilebilmesi için, tasarım ve öngörülen detayların uygulanabilir olması gerekmektedir.
10. Konstrüktif esaslar, boyut ve donatılar ile ilgili koşulları belirlemekle birlikte, yapı elemanlarının birbirleriyle olan etkileşimlerinin tasarım aşamasındaki varsayımlarla gerçekleştirilen yapı arasındaki bağlantısını da temin etmektedir.
11. Hesaplanması zor olan problemlerin çözümünde konstrüktif çözümlere başvurulmaktadır. Bu nedenle konstrüktif kurallar oldukça büyük önem taşımaktadırlar.
12. Aderans ve kenetlenmenin sağlanması, yapı elemanlarının, betonarmeden beklenen davranışı yerine getirebilmesi için iyi bir davranış bilgisi ve donatı detaylandırma bilgisine sahip olunmalıdır.
13. İyi bir donatı düzeni ile sonuçlanmayan betonarme hesap, tamamen boşunadır.
14. Sağlam bir davranış bilgisine dayanmaksızın iyi bir donatı düzeni yapılamaz.
15. Yönetmelik kurallarının dayandığı davranış özellikleri iyice bilinmeden yapılan uygulama amatörlük sınırını aşamaz.
16. Yönetmeliklerde belirtilmiş olmayan durumlarda, sağlıklı uygulama için sağlam bir davranış bilgisi şarttır.
17. Donatı detaylandırılırken gerilmelerin kesintisiz akışını sağlamak son derece önemlidir.
18. Denetimsiz ve özensiz yapım, tasarım aşamasındaki tüm emeklerin boşuna gitmesine sebep olacaktır.
19. Uygulaması imkanı doğru donatı düzeni tasarlamak ve doğru tasarlanmış donatı düzeninin doğru uygulandığını denetlemek inşaat mühendisinin en önemli görevleri arasındadır.
20. Donatı düzenlenmesinde, demir kesim ve büküm makineleri kullanmak zaman tasarrufu sağlayacaktır. Zaman tasarrufu, kazanılan zaman etkin kullanılınca anlamlı olmaktadır. O halde demir kesim ve büküm makinelerinden kazanılan zaman,

donatının kalıpta doğru yerde ve konumda olması için harcanabilir. Böylelikle yapıda hem güvenli, doğru donatı düzeni elde edilmiş, hem de önemli ekonomi sağlanmış olabilmektedir. Demir büküm ve kesimlerinde hız kazanabilmenin diğer yolu ise hazır demir imalatı yapan fabrikalardır. Hem el makineleri hem de hazır demir fabrikaları, donatı işçiliğinde önemli tasarruflar sağlayabilmektedir.

21. Sonuç olarak bir projenin tamamlanması, statik hesaplar ve boyutlandırma ile bitmemektedir. Donatının hesaplarda yapılan kabulleri gerçekleştirecek tarzda yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu ise iyi bir davranış bilgisi yanında konstrüksiyon ve detaylandırma bilgisi gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- A.C.I. 315-92**, 1992. Details and detailing of concrete reinforcement, *American Concrete Institute, Detroit*.
- A.C.I. 318-95**, 1995 Building code requirements for structural concrete buildings, *American Concrete Institute, Detroit*.
- A.C.I 408**, 1979. Suggested development, splice and standard hook provisions for deformed bars in tension, *American Concrete Institute, Detroit*.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik**, 1998. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No: 25, İzmir.
- Aka, İ., Keskinel, F. ve Arda, T.S.**, 1981. Betonarmeye Giriş, Birsen Kitapevi, İstanbul.
- Aka, İ., Keskinel, F. ve Arda, T.S.**, 1980. Betonarme Yapı Elemanları, Birsen Kitapevi, İstanbul.
- Altan, M.**, 2001. Betonarme elemanlarda donatı düzenleme ilkeleri, *T.M.M.O.B İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Sonbahar-Kış Dönemi Meslek içi Eğitim Seminerleri*, T.M.M.O.B İstanbul Şubesi Bakırköy Temsilciliği, 5 Kasım.
- Arda, T.S.**, 1968. Enine donatının aderansa etkisi, *Doktora tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Atımtay, E.**, 2000. Çerçevesi ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, METU Press, Ankara.
- Barker, J.**, 1967. Reinforced Concrete Detailing, Oxford University Press, New York.
- Bayülke, N.**, 2001. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No: 39, İzmir.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İhlas Matbaacılık Gazetecilik Yayıncılık Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul.
- Chopra, A.**, 1995. Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey.

- Demma Çelik Hasır Üretimi A.Ş.**, İnternet Sayfaları, 2002. <http://www.demma.com>.
- Ersoy, U. ve Özcebe, G.**, 2001. Betonarme, Evrim Yayınevi ve Bilgisayar San. Tic. Ltd. Şti., İstanbul.
- Eren, İ.**, 1976. Dar kolona oturan geniş betonarme kirişlerin davranışı, *Doktora tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Eugene, J. O' Brien and Andrews. D.**, 1995. Reinforced and Prestressed Concrete Design; The Complete Process, Longman Scientific & Technical, Harlow England.
- Franz, G.**, 1966. Konstruktionslehredes Stahbetons, Springer-Verlag, Berlin.
- Göçmaksan Ltd Şti.**, İnternet Sayfaları, 2002. <http://www.gocmaksan.com.tr>.
- Gurbetçiler Plastik San. Ve Tic. A.Ş.**, İnternet Sayfaları, 2002. <http://www.gurbetçiler.com.tr>.
- Hasgür, Z.**, 1999. Betonarme I Ders Notları, İstanbul.
- Johansson, M.**, 2001. Reinforcement detailing in concrete frame corners, *American Concrete Institute Journal*, V.98-S11, 105-115.
- Karadoğan, H.F., Boduroğlu, M.H., Özdemir, P. Vatansever, C., Teymur, P., Kaminosono, T., Kumazawa, F. ve Nakano, Y.**, 1999. Deprem etkilediği betonarme yapılar için önerilen hızlı değerlendirme yöntemi, İ.T.Ü Japonya Uluslar arası İşbirliği Ajansı teknik ekibi, Eylül 17.
- Karabacak, E.**, 1994. Betonarmede konstrüktif esaslar, detaylandırma ve donatım sanatı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ketchum, M.S.**, 1956. Handbook of Standard Structural details for buildings, NJ: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Kiptaş.**, 1999. Fotoğraflarla Deprem Kuvvetleri Altında Yapıların Gösterdiği Davranışlar, İstanbul.
- Köseoğlu, S.**, 1992. Merdivenler Statiği ve Konstrüksiyonu, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Köseoğlu, S.**, 1987. Temeller-Temel Bilgiler, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Kuyucular, A.**, 1997. Betonarme Yapılar Cilt I (Davranış ve Temel Bilgiler), Tuğra Matbaası, Isparta.
- Leonhardt, F. ve Derman, H.**, 1966. Betonarme Taşıyıcılara Demir Koyma Tekniği, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Leonhardt, F.**, 1977. Vorlesung über Massivbau, Dritter Teil, Springer Verlag.

- Newman, M.**, 1988. Structural Details for Concrete Construction, McGraw-Hill, New York.
- Nilson, A.H. and Winter, G.**, 1972. Design of Concrete Structures, , McGraw-Hill, New York.
- Nilson, A.H. and Winter, G.**, 1986. Design of Concrete Structures, , McGraw-Hill, New York.
- Okay, G.**, 1955. İnşaat Mühendisliği Terimleri Sözlüğü, Saypa Yayın Dağıtım ve Kitabevi, Ankara.
- Özden, K., Altan, M. ve Aydoğan, M.**, 1987. Betonarme Kesitlerin Boyutlandırılması, Uran Mühendislik A.Ş., İstanbul.
- Özden, K.**, 1992. Betonarme ve Ön germeli Betonda Davranış ve Hesap Modelleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Özden, K., Trupia, A., Eren, İ. ve Öztürk, T.**, 1995. Betonarme İstinat Duvarları ve Perdeleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Öztürk, T.**, 1999. Betonarme II Ders Notları, İstanbul.
- Öztürk, T.**, 2001-2002 Kişisel görüşme.
- Park, R. and Paulay, T.**, 1975. Reinforced Concrete Structures, John Wiley, New York.
- Reynolds, C.E. and Steedman, J.C.**, 1988. Reinforced Concrete Designer's Handbook, Chapman & Hall, London.
- Schmitt, H.** 1956. Hochbaukonstruktion: die Bauteile und das Baugefüge, Grundlagen des heutigen Bauens, Otto Maier Verlag, Ravensburg.
- Spiegel, L. and Limb runner, G.**, 1998. Reinforced Concrete Design, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Tankut, T.**, 2001. Betonarme Yapı Elemanlarında Donatı Düzenleme Teknikleri, T.M.M.O.B İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.
- TS-500**, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Tuna, M.E.**, 2000. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., Ankara.
- UDNP / UNIDO Project per/79/015**, 1984. Design and Construction of Seismic Resistant Reinforced Concrete Frame and Shear-wall Buildings Building Construction under Seismic Conditions in the Balkan Region.

Wass, A., 1988. Structural Details for Concrete Construction, McGraw-Hill, Englewood Cliffs.

EKLER

EK A	: Genel donatı düzeni
EK B	: A.B.Y.Y.H.Y esaslarına göre betonarme taşıyıcı sistemler
EK C	: Donatılarda farklı kanca şekilleri
EK D	: Çeşitli enine donatı düzenleme şekilleri
EK E	: Kirişler için farklı donatı düzenleme şekilleri
EK F	: Kirişsiz döşemelerde donatı düzenleme şekilleri
EK G	: Temellerde donatı düzenleme şekilleri
EK H	: Merdivenler için çeşitli donatı düzenleme şekilleri
EK I	: İstinat duvarları için çeşitli donatı düzenleme şekilleri

ÖZGEÇMİŞ

Hasan Özkaynak, 1978 Akseki doğumludur. İlkokulu, Sancaktar Hayrettin İlköğretim Okulu ve Emlak Kredi Bankası İlköğretim Okulu'nda tamamlamıştır. Orta Okulu Özel Kültür Koleji'nde ve liseyi Özel Kültür Fen Lisesi'nde tamamlamıştır.

1996 yılında girdiği Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden, 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne yatay geçiş yapmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'nde lisans programını 2000 yılında tamamlamıştır. Aynı yıl İnşaat Mühendisliği Yapı Ana Bilim Dalı'nın Deprem Mühendisliği programına yüksek lisans eğitimi görmek üzere kayıt olmuştur. Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı mühendisliği bölümünün Deprem mühendisliği programında yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.