

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME ELEMANLARDA
DONATI DÜZENLEME İLKELERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnşaat Müh. Gözde SÜMER**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME ELEMANLARDA
DONATI DÜZENLEME İLKELERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gözde SÜMER
(501061047)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 Şubat 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Ocak 2009**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Kadir GÜLER (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Canan GİRGİN (YTÜ)**

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Proje, güvenli bir yapı için gerekli olan bir ön koşuldur. Depremlerde, hasar gören veya yıkılan yapılar incelendiğinde ya hatalı projenin uygulandığı ya da yapının projedeki gibi uygulanmadığı belirlenmiştir.

Yapılan incelemeler, donatı düzenlemelerindeki yanlışlıkların ve eksikliklerin betonarme bir yapı için ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Her yapının kendine özgü bir davranış biçimi vardır. Betonarme yapıların da hesaplarda öngörüldüğü gibi davranabilmesi için istenen davranışa uygun bir şekilde donatılandırılması gerekmektedir.

Bu derece önemli bir konuyu, bu tez çalışmamda bir kez daha incelenerek, yüksek mühendis olma yolunda ilerlerken, gerek uygulamaya yönelik çalışma yapan, gerekse genç mühendis meslektaşlarıma faydalı olabileceği düşünüyor ve umut ediyorum.

Tez çalışmam sırasında, anlayış, yardım, sabır ve desteğini benden hiç esirgemeyen çok saygı duyduğum değerli tez danışmanım, Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ' a ve yine anlayış, sevgi ve her türlü desteği veren değerli aileme ve Aslı KARAKULLUKÇU' ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Aralık 2008

Gözde SÜMER

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.	1
2 MALZEME BİLGİSİ	3
2.1 Beton	3
2.1.1 Basınç dayanımı	5
2.1.2 Çekme dayanımı	7
2.1.3 Elastisite modülü.....	8
2.1.4 Çok eksenli yüklemeler altında beton davranışı	9
2.1.5 Poisson oranı	11
2.1.6 Isıl genleşme katsayısı	11
2.1.7 Sünme, büzülme, şişme kavramları	11
2.2 Donatı Çelikleri	13
2.2.1 Mekanik özellikleri	16
2.3 Betonarme	18
2.3.1 Herhangi bir betonarme yapı elamanının oluşturulması	20
2.3.1.1 Ön boyutlandırma.....	21
2.3.1.2 Statik hesap	21
2.3.1.3 Betonarme hesap	22
2.3.1.4 Taşıma gücü yöntemi	23
2.3.1.5 Emniyet gerilmeleri yöntemi.....	23
2.3.1.6 Donatıların konstrüktif kurallarda göz önüne alınarak teşkili.....	23
2.4 Betonarme Yapı Sistemleri	27
2.4.1 Çerçevesiz betonarme yapı sistemleri	27
2.4.2 Perde duvarlı betonarme yapı sistemleri	28
2.4.3 Perde duvarlı ve çerçevesiz betonarme yapı sistemleri.....	28
2.5 Derzler	29
2.4.1 Derzlerin birbirinden uzaklıkları	30
2.4.1 Yapım özellikleri.....	32
3 BETONARME ELEMANLARDA DAVRANIŞ ŞEKİLLERİ.....	33
3.1 Çekme Etkisi	33
3.2 Basınç Etkisi.....	34
3.3 Kesme Etkisi	35
3.4 Eğilme Etkisi	36
3.5 Eğilme ve Kesme Gerilmelerinin Karşılaştırılması	37
3.6 Burulma Etkisi.....	38
3.7 Zımbalama Etkisinde Davranış	39
4 ADERANS, KENETLENME VE EKLEMELER	43
4.1 Kenetlenme (Ankraj) Aderansı	44
4.2 Eğilme Aderansı	47
4.3 Aderansın Nedenleri.....	49

4.4 Aderansı Etkileyen Faktörler.....	50
4.5 Donatıların Kenetlenmesi	52
4.5.1 Çekme donatısının kenetlenmesi.....	53
4.5.1.1 Düz Kenetlenme.....	54
4.5.1.2 Kanca veya fiyongla kenetlenme.....	55
4.5.1.3 Kaynaklanmış enine donatı ile kenetlenme.....	57
4.5.1.4 Mekanik kenetlenme.....	58
4.5.1.5 Demet donatısının kenetlenmesi.....	58
4.5.2 Basınç donatısının kenetlenmesi	59
4.5.3 Etriyelerin kenetlenmesi.....	59
4.5.3.1 Kanca ile kenetlenme.....	60
4.5.3.2 Düz bindirme ile kenetleme.....	62
4.5.3.3 Kaynaklı enine donatı ile kenetlenme.....	62
4.6 Donatıların Eklenmesi	62
4.6.1 Kaynaklı ekler	63
4.6.2 Manşonlu ekler	63
4.6.3 Bindirmeli ekleme	63
4.6.3.1 Çekme donatısında bindirmeli ekler.....	65
4.6.3.2 Basınç donatısında bindirmeli ekleri.....	66
5 DONATI YERLEŞİMİ ve ÖNEMLİ DONATILAR	73
5.1 Boyuna Donatılar.....	73
5.2 Enine Donatılar.....	73
5.3 Hasır Donatılar	75
5.4 Sehpa Donatıları	77
5.5 Paspayı Mesafeleri.....	78
5.6 Donatı Aralığı	80
5.7 Büküm Yarıçapı.....	80
6 KOLONLAR.....	83
6.1. Enkesit Koşulları	86
6.2. Boyuna Donatı Koşulları	84
6.3. Enine Donatı Koşulları	91
7 KİRİŞLER	97
7.1 Enkesit Koşulları	98
7.2 Donatı Yerleştirme Koşulları	99
7.3 Eğilme ve Basınç Donatı Koşulları	100
7.4 Boyuna Donatıların Düzenlenmesi İle İlgili Kurallar	102
7.4.1 Boyuna donatıların eklenmesi ile ilgili koşullar	104
7.5 Enine Donatıların Düzenlenmesi İle İlgili Kurallar	105
7.5.1 Enine donatı aralığı	106
7.5.2 Pilyelerin düzenlenmesi	107
7.5.3 Askı donatılarının düzenlenmesi	109
7.6 Sürekli Kirişler	109
7.7 Guseli Kirişler	111
7.8 Saplama Kirişler	112
7.9 Boşluklu Kirişler	113
8 DÖŞEMELER	115
8.1 Kirişli Döşemeler.....	117
8.1.1 Tek doğrultuda çalışan döşemeler.....	118
8.1.2 İki doğrultuda çalışan döşemeler.....	126
8.2 Kirişsiz Döşemeler	129

8.3 Dişli Döşemeler	133
9 BETONARME TEMELLER.....	139
9.1 Duvar Altı Temelleri	141
9.2 Tekil Temeller	144
9.2.1 Bağ Kirişleri	147
9.3 Birleşik Temeller	148
9.4 Sürekli Temeller	149
9.5 Radye Temeller	152
9.6 Kazıklı Temeller	154
10 PERDELER	159
10.1 En Kesit Koşulları	161
10.2 Donatı İle İlgili Kurallar	164
10.2.1 Gövde donatısı koşulları	166
10.2.2 Gövde donatılarının düzenlenmesi.....	167
10.2.3 Perde uç bölgelerinde donatı koşulları.....	168
10.2.4 Bağ kirişli (boşluklu) perdeler	169
11 MERDİVENLER	175
11.1 Donatı Düzenleme İlkeleri	178
11.1.1 Çeşitli donatı düzenleme şekilleri	181
11.2 Helisel Merdivenler	183
12 İSTİNAT DUVARLARI ve DEPOLAR	185
12.1 İstinat Duvarlarına Ait Konstrüktif Kurallar	186
12.1.1 İstinat duvarlarının boyutları.....	186
12.1.2 Donatı ile ilgili kurallar	186
12.2 Depolar	188
12.2.1 Donatı ile ilgili kurallar	188
12.2.2 Menfezler	190
13 DONATI DÜZENİNDE ÖZEL DURUMLAR.....	193
13.1 Birleşim Bölgeleri	193
13.2 Kolonların Üst Kat Kolonları ile Birleşimi	193
13.3 Kolon Kiriş Birleşimi	195
13.4 Kolonların Temelle Birleşimi.....	203
13.5 Döşemeler İçin Özel Durumlar	204
13.5.1 Döşemelerde boşluklar.....	204
13.5.2 Düşük döşemeler.....	205
13.5.3 Döşeme kiriş birleşimi	206
13.5.4 Döşeme kolon birleşimi	207
14 YÜKSEK KİRİŞLER	209
14.1 Yüksek Kirişlerin Yük Altındaki Davranışı.....	209
14.2 Donatı ile İlgili Koşullar	211
14.2.1 Yükün kirişe alttan uygulanması durumu	215
15 KISA KONSOLLAR	217
15.1 Kısa Konsollarda Donatı ile İlgili Kurallar	218
16 DEPREMDE HASAR GÖREN YAPILARIN İNCELENMESİ	223
16.1 Hasar Gören Yapılar ve Nedenleri	225
17 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	237
KAYNAKLAR	239
EKLER.....	243
ÖZGEÇMİŞ.....	257

KISALTMALAR

ACI : American Concrete Institute

D.B.Y.B.H.Y : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Beton sınıfları ve dayanımları	6
Çizelge 2.2 : Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri.....	16
Çizelge 2.3 : Eğilme etkisindeki elemanlarda sehim sınırları	25
Çizelge 2.4 : Çatlak genişliği sınırları.....	26
Çizelge 4.1 : Kaynaklanmış enine çubuklar için kenetlenme koşulları	57
Çizelge 4.2 : Nokta kaynaklı hazır donatının bindirme koşulları	67
Çizelge 5.1 : En dış donatının dış yüzünden ölçülen gerekli beton örtüsü.....	78
Çizelge 9.1 : Duvar altı temellerine ilişkin kurallar.....	143
Çizelge 9.2 : Bağ kirişlerine ilişkin minimum koşullar.....	148
Çizelge 9.3 : Yerinde dökme betonarme kazıklarda minimum donatı.....	155

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : İki eksenli yükleme altındaki betonun kırılma çizgisi	10
Şekil 2.2 : Yanal basınç etkisindeki gerilme-şekil değiştirme eğrisi	10
Şekil 2.3 : Betonarme elemanlarda sargılama etkisi.....	14
Şekil 2.4 : Değişik çelik türlerinde şekil - değiştirme eğrisi	17
Şekil 2.5 : Çerçeve sistemi ve davranışı	27
Şekil 2.6 : Perdeli bir betonarme yapı sistemi	28
Şekil 2.7 : Tüp sistemlere örnekler	29
Şekil 2.8 : Bir betonarme iskelette derzlerin kademelendirilmesi	31
Şekil 2.9 : Temel ve deprem koşullarına göre düzenlenmiş derzler.....	32
Şekil 3.1 : Çekme etkisindeki elemanlarda gerilme dağılımı	33
Şekil 3.2 :: Basınç etkisindeki kolonun deformasyon hali	34
Şekil 3.3 :: Enine donatılı elemanda eksenel yük- kısalma eğrileri.....	35
Şekil 3.4 :: Kesme kuvveti için etkili donatı yüzeyi	38
Şekil 3.5 :: Burulma momenti etkisindeki eleman davranışı ve düzeni.....	39
Şekil 3.6 :: Kirişsiz döşeme ve temellerde zımbalama	40
Şekil 3.7 :: Zımbalama donatısı	41
Şekil 4.1 :: Değişik konumlarda aderans	44
Şekil 4.2 :: Çekip çıkarma deneyinden aderans gerilmeleri	45
Şekil 4.3 :: Standart belçika mafsallı kiriş deneyi anından bir görünüm	46
Şekil 4.4 :: Eğilme aderansı	48
Şekil 4.5 :: Nervürlü donatıda yarıma etkisi	50
Şekil 4.6 :: Donatının kenetlenmesi	54
Şekil 4.7 :: Kanca düzenlemesi	55
Şekil 4.8 :: Standart kanca ve fiyonglar.....	56
Şekil 4.9 :: Demet donatı düzenlenmesi	58
Şekil 4.10 :: Basınç donatılarına kanca yapılması	59
Şekil 4.11 :: Etriyelerde kancalı kenetleme türleri.....	60
Şekil 4.12 : Deprem etriye ve çirozları.....	61
Şekil 4.13 : Etriyelerde kaynaklı kenetleme türleri.....	62
Şekil 4.14 : Kaynaklı ek gösterimi.....	63
Şekil 4.15 : Manşon ve manşonlu ek gösterimi.....	64
Şekil 4.16 : Bindirmeli ek.....	65
Şekil 4.17 :: Kancanın açılmasıyla nedeniyle kabukta yırtılma ve önlemi	69
Şekil 4.18 :: Kancanın betona uyguladığı kuvvetler ve oluşan çatlak	69
Şekil 4.19 :: Kancaların içeri olarak dönük yapılması	70
Şekil 4.20 : Basınç Etkisindeki kanca yapılan donatının betonu patlatması....	70
Şekil 4.21 : Fiyonk için enine donatı düzenlemeleri	70
Şekil 4.22 : Nervürlü açıklık donatısının kesilmesi	71
Şekil 4.23 :: Yatık kanca uygulaması	71
Şekil 5.1 :: Basit etriyeler.....	73
Şekil 5.2 :: Hasır donatı.....	75
Şekil 5.3 :: Hasır çelikte gerilme şekil değiştirme	76

Şekil 5.4	: Çelik hasır yerleştirilmiş döşeme kiriş kesiti.....	76
Şekil 5.5	: Çelik hasırda bindirme payı.....	77
Şekil 5.6	: Sehpa donatıları.....	77
Şekil 5.7	: Paspayı örnekleri.....	79
Şekil 5.8	: Etriye ve özel deprem çirozları.....	81
Şekil 5.9	: Etriye ve özel deprem çirozlarının 135 derece bükülmesi.....	81
Şekil 6.1	:: Kolon türleri.....	84
Şekil 6.2	:: Basit etriyeli kolonlarda enkesit çeşitleri.....	84
Şekil 6.3	:: Fretli kolonların enkesit çeşitleri.....	85
Şekil 6.4	:: Firkete uygulaması.....	85
Şekil 6.5	:: Kolonlarda bindirme ekleri.....	89
Şekil 6.6	:: Katlar arası boyuna donatı detayı.....	90
Şekil 6.7	:: Kolonlarda kesit tesirlerine göre sargılama bölgesi.....	92
Şekil 6.8	:: Kolonlar için minimum koşullar	94
Şekil 6.9	:: Kolonlarda enine donatı düzenleme örnekleri.....	96
Şekil 7.1	:: Kiriş kesit boyutları.....	99
Şekil 7.2	: Donatının aniden kesilmesi.....	100
Şekil 7.3	: Kirişlerde boyuna donatılar için kısaltmalar.....	103
Şekil 7.4	:: Etriye şekilleri.....	105
Şekil 7.5	:: Kirişlerde enine donatılar için kısıtlamalar.....	106
Şekil 7.6	: Çeşitli pilye düzenleri.....	107
Şekil 7.7	: Sürekli kirişlerde uygulamadaki genel donatı düzeni.....	110
Şekil 7.8	: Çerçeve sistemindeki sürekli kirişlerde genel donatı düzeni.	110
Şekil 7.9	:: Guseli kiriş düzenlenmiş bir yapı.....	111
Şekil 7.10	:: Guseli kirişlerde donatı düzenlenmesi.....	111
Şekil 7.11	: Guseli kirişlerde etriye düzenlenmesi.....	111
Şekil 7.12	: Uygulamada yapılan hatalar ve yapılması gereken donatı düzeni.	112
Şekil 7.13	: Saplama kiriş örnekleri.....	113
Şekil 7.14	: Saplama kirişlerin uygulandığı yapı planı.....	113
Şekil 7.15	: Boşluklu kirişlerde donatı düzeni.....	114
Şekil 8.1	: Tek doğrultuda çalışan döşemeler için donatı yerleştirilmesi.....	119
Şekil 8.2	: Kısa kenar mesnet momenti ve donatısı.....	123
Şekil 8.3	: Tek doğrultuda çalışan döşemeler için donatı yerleştirilmesi.....	124
Şekil 8.4	:: Konsol plakta tekil yük ve donatı düzeni.....	125
Şekil 8.5	: Çift doğrultuda çalışan döşemelerde genel donatı düzeni.....	128
Şekil 8.6	: Döşemelerde hasır donatı düzeni.....	129
Şekil 8.7	: Kirişsiz döşemede kolon başlığı ve tabla.....	130
Şekil 8.8	: Kirişsiz döşemelerde tabla ve başlık boyutları.....	132
Şekil 8.9	: Kirişsiz döşemelerde zımbalama donatısı örnekleri.....	132
Şekil 8.10	: Dişli döşeme boyutları.....	135
Şekil 8.11	: Dişli döşemeye ait donatı düzeni	136
Şekil 8.12	: Uygulamada kaset döşemeye ait donatı düzeni.....	136
Şekil 8.13	: Sürekli döşemede köşe donatısı.....	137
Şekil 8.14	: Saçak döşemesi donatısı.....	138
Şekil 9.1	:: Duvar altı temelinde moment kesme davranışı.....	142
Şekil 9.2	:: Duvar altı temelinde donatı düzeni.....	143
Şekil 9.3	: Tekil temel genel donatı düzeni.....	145
Şekil 9.4	: Tekil temelde çember donatısı.....	146
Şekil 9.5	: Bağ kirişleri ve donatı düzeni.....	147
Şekil 9.6	: Sürekli temellerde donatı düzeni.....	151

Şekil 9.7	: Uygulamada düzenlenmiş olan bir radye temel	154
Şekil 9.8	: Kazıklı temelde çekme şeritleri.....	156
Şekil 9.9	: Kazıklı temelde gönye uygulaması.....	156
Şekil 10.1	: Konsol perde.....	160
Şekil 10.2	: Perde kesitleri.....	160
Şekil 10.3	: Perde duvarlara ait minimum donatı ve boyutlar	164
Şekil 10.4	: Perde uç bölgelerine ait enine donatı düzeni.....	165
Şekil 10.5	: Eksenel perde durumunda donatı düzeni.....	166
Şekil 10.6	: Perdelerde düzenlenen donatı düzenine bir örnek.....	167
Şekil 10.7	: Perdelerin ötesine geçmeyen boyuna donatısının ankrajı.....	169
Şekil 10.8	: Boşluklu perde.....	169
Şekil 10.9	: Perde bağ kirişlerinde donatı yerleşimi	171
Şekil 10.10	: Perdelerde boşluk düzenlenmesi	172
Şekil 10.11	: Perdedeki boşluklarda uygulanan donatı düzeni örneği	172
Şekil 10.12	: Bağ kirişlerinde örnek donatı düzenleri	173
Şekil 11.1	: Sahanlıklı, düz kollu, kıvrımlı merdiven sistemi.....	175
Şekil 11.2	: Kıvrımlı plak merdiven taşıyıcı sistemleri	176
Şekil 11.3	: Merdiven elemanları.....	177
Şekil 11.4	: Merdivenlerde donatı düzeni.....	179
Şekil 11.5	: Merdivenlerde donatı düzeni	180
Şekil 11.6	: Merdiven kıvrımlı sistemlerde pozitif moment için donatı	180
Şekil 11.7	: Merdiven kollarında en basit donatı düzeni.....	181
Şekil 11.8	: Kenarlardan mesnetlendirilmiş merdiven plaklarında donatı.....	181
Şekil 11.9	: Düz plak merdivenlerde donatı düzeni.....	182
Şekil 11.10	: Kullanılan özel ekstra donatı düzeni.....	182
Şekil 11.11	: Yığma duvarlara mesnetlendirilen merdivenlere ait donatı	183
Şekil 11.12	: Helisel merdiven.....	184
Şekil 11.13	: Uzay taşıyıcı sistemli helisel merdivenlerde donatı düzeni.....	184
Şekil 12.1	: İstinat duvarı.....	185
Şekil 12.2	: İstinat duvarlarına ait donatı düzeni.....	187
Şekil 12.3	: Dikdörtgen kesitli depolarda duvar donatı detayları.....	189
Şekil 12.4	: Dikdörtgen kesitli depolarda duvar donatılarının düşey kesitleri ...	189
Şekil 12.5	: Dairesel kesitli depolarda örnek donatı detayları	190
Şekil 12.6	: Menfezlerde Köşe donatılarına ait örnekler.....	191
Şekil 12.7	: Uygulamada kutu menfezlere ait donatı düzeni.....	191
Şekil 13.1	: Kolonların üst kat kolonlarıyla birleşim detayları.....	194
Şekil 13.2	: Kolonların üst kat kolonlarıyla birleşimlerinde donatı düzeni....	195
Şekil 13.3	: Kolon kiriş birleşimine ait donatı düzeni	196
Şekil 13.4	: Kolon-kiriş birleşiminde oluşan kuvvetler ve donatı düzeni.....	197
Şekil 13.5	: Kuşatılmış birleşim bölgeleri.....	198
Şekil 13.6	: Kolon kiriş ek yerlerinde ilave etriye konulması	200
Şekil 13.7	: Kolon kiriş ek yerlerinde donatı sıkışıklığı	201
Şekil 13.8	: Kirişlerin kolonlardan dar olması durumundaki donatı düzeni....	201
Şekil 13.9	: Aynı genişlikteki kolon- kiriş birleşimine ait donatı düzeni	202
Şekil 13.10	: Kolon- kiriş birleşiminde çeşitli düzenlerine örnekler	202
Şekil 13.11	: Kolon donatısının devam etmediği kolon kiriş birleşimi.....	203
Şekil 13.12	: Mafsallı ve ankastre kolon- temel birleşim detayı.....	203
Şekil 13.13	: Kolon- temel birleşim detayı.....	204
Şekil 13.14	: Boşluklu döşemelerde donatı düzeni.....	205
Şekil 13.15	: Düşük döşemelerde donatı düzeni.....	206

Şekil 13.16	: Tabla genişliğine yayılan donatı düzeni.....	206
Şekil 13.17	: Tabla genişliğine yayılan donatı düzeni.....	207
Şekil 13.18	: Kolon ve döşeme dış ve iç birleşim donatı yerleşim bölgeleri....	207
Şekil 14.1	: Tek açıklıklı yüksek kirişte asal gerilme yörüngeleri.....	210
Şekil 14.2	: Dolaylı mesnetlenme durumunda asal gerilme yörüngeleri.....	210
Şekil 14.3	: Yüksek kirişte mesnet bölgesi donatısı.....	213
Şekil 14.4	: Mesnet bölgesi donatısı düzeni.....	214
Şekil 14.5	: Alt yüze etkiyen yükün basınç bölgesine aktarılması.....	215
Şekil 14.6	: Yüksek kirişin diğerine saplandığı durumda donatı düzeni.....	215
Şekil 14.7	: Mesnedi perde olan yüksek kirişlerde mesnet donatısı.....	216
Şekil 15.1	: Kısa konsolda gerilme yörüngeleri	217
Şekil 15.2	: Kısa konsolla ilgili tanımlamalar	220
Şekil 15.3	: Alttan, üstten tekil yük etkisindeki kısa konsolda donatı düzeni..	220
Şekil 15.4	: M ve V etkisi altındaki kısa konsolda gerilme ve donatı düzeni...	221
Şekil 15.5	: Kısa konsollarda çekme kuvvetleri için etriye düzenlenmeleri ...	221
Şekil 15.6	: Kısa konsollarda donatı düzeni	222
Şekil 16.1	: Çerçeve sistemlerde düğüm noktaları hasarı	225
Şekil 16.2	: Birleşim bölgelerinde donatı yetersizliğinden kaynaklanan hasar	226
Şekil 16.3	: Birleşim bölgelerinde etriye yetersizliğinden kaynaklanan hasar	226
Şekil 16.4	: Kirişsiz balkon döşemeleri ve saçaklardaki hasarlar	227
Şekil 16.5	: Birleşim bölgelerinde etriye aralıklarının fazlalığı hasarı.....	227
Şekil 16.6	: Birleşim bölgelerinde kenetlenme boyunun yetersizliği hasarı....	228
Şekil 16.7	: Birleşim bölgelerine ait hasar çeşidi.....	228
Şekil 16.8	: Kolonlarda sargı donatıları eksikliğinden kaynaklanan hasar.....	229
Şekil 16.9	: Deprem etriyelerinin uygun olarak düzenlenmeyişi.....	229
Şekil 16.10	: Kolonlarda etriyelerin uygun düzenlenmeyişi.....	230
Şekil 16.11	: Yetersiz etriye sonucunda oluşan hasar.....	230
Şekil 16.12	: Perdelerde donatı eksikliğinden kaynaklanan hasar.....	231
Şekil 16.13	: Perde düğüm noktalarında donatı düzenleme hatası.....	231
Şekil 16.14	: Perde uç bölgelerinde noktalarında donatı düzenleme hatası.....	232
Şekil 16.15	: Merdivenler gözlenen hasar.....	232
Şekil 16.16	: Yapılarda korozyondan dolayı kolonda oluşan hasarlar.....	233
Şekil 16.17	: Döşemelerde donatı düzenlemeden kaynaklanan hasar.....	234
Şekil 16.18	: Yanlış donatı yerleştirilmesi nedeniyle balkon hasarı.....	234
Şekil 16.19	: Kolon uçlarına kanca yapılmasından dolayı beton parçalanması.	235
Şekil A.1	: Boyuna donatılarda kanca şekilleri.....	245
Şekil A.2	: Enine donatılarda kanca şekilleri.....	246
Şekil B.1	: Enine donatı düzenleme şekilleri.....	247
Şekil C.1	: Kirişsiz döşemelerde donatı düzenleme şekilleri.....	249
Şekil D.1	: Merdivenlerde donatı düzenleme şekilleri.....	251
Şekil E.1	: Kirişsiz döşemelerde donatı düzenleme şekilleri	253
Şekil F.1	: İstinat duvarlarına ait donatı düzeni.....	255

SEMBOL LİSTESİ

a	: Çirozlar arası yatay uzaklık.
a_f	: Fiyonglar arası uzaklık
a_m	: Mesnet Genişliği
a_b	: Basamak Genişliği
a_v	: Yükleme noktasının mesnet yüzüne olan uzaklığı
A_c	: Kolonun brüt 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
A_{sb}	:: Basınç donatısı kesit alanı
$A_{sdağıtma}$	: Dağıtma donatısının kesit alanı.
A_{sd}	:: Bağ kirişlerinde çarpraz donatı demetinin her birinin toplam donatı oranı
A_{sh}	:: s etriye aralığı boyunca bulunan enine donatı en kesit alanı değeri
A_{sl}	:: Kirişte gövde donatısı
A_{st}	:: Boyuna donatı kesit alanı
A_{sv}	:: Kısa konsolda kiriş iç yüzünden 2/3 derinliğe kadar yayılan donatı alanı
A_v	:: Kiriş ekseninedik olarak s aralığı ile yerleştirilen enine kesme donatısı aralığı
A_{vh}	:: Kiriş eksenine paralel derinlik boyunca S_n aralığı ile yerleştirilen boyuna kesme donatısı alanı
A_{wf}	:: Kesme sürtünme donatısı kesit alanı
b	: Kiriş tabla genişliği
b_m	: Merdiven kolu genişliği
b	:: Merdiven kovanı genişliği
b_p	: Sahanlık genişliği
b_t	:: Temel genişliği
b_w	:: Dişli döşeme dış genişliği
C_c	:: Net Beton örtüsü
d	:: Kiriş faydalı yüksekliği
d_l	:: Kol plağı kalınlığı
d_m	: Merdane çapı
d_p	: Sahanlık plak kalınlığı Deprem etriye ve
e	:: Komşu iki diş arasındaki uzaklık
E_c	: Betonun elastisite modulu
E_{cj}	: Normal ağırlıktaki “j” günlük betonun elastisite modülü
	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
E_s	:: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{cd}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
f_{ck}	:: Betonun tasarım eksenel çekme dayanımı

f_{ctk}	: Betonun karaktersitik eksenel çekme dayanımı
f_{su}	: Donatı Çeliğinin kopma dayanımı
f_{ckj}	: “j” günlük betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{yk}	: Donatı Çeliğinin karakteristik kopma 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_k	: Kiriş toplam yüksekliği
L	: Mafsalalı birleşimde h yüksekliği arasında kalan eğik donatı uzunluğu
l_o	: Bindirme boyu
l_b	: Kenetlenme boyu
l_n	: Merdiven kolunun yatay uzunluğu
l_{sn}	: Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
l_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde perde parçasının plandaki uzunluğu
m	: Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı.
N_{dmax}	: Tasarım eksenel kuvvetlerin 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 uzaklık
s_b	: Basamak yüksekliği
t	: Dişli döşeme tabla kalınlığı
V	: Kesme kuvveti
V_d	: Kesme dayanımına beton katkısı
V_{pr}	: Zımbalama dayanımı
Δ_h	: Temeller arası kot farkı
Δ_{lb}	: Kenetlenme boyundaki azalma
$\emptyset$	: Donatı çelik çubuk çapı
$\emptyset_e$	: Demet donatının eşdeğer çapı
α_t	: Isıl genleşme katsayısı.
ϵ	: Yer değiştirme
ϵ_{su}	: Donatı çeliği birim kopma uzaması düzeni
ρ	: Kirişte çekme donatısı oranı
ρ^1	: Kirişte basınç donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı

BETONARME ELEMANLARDA DONATI DÜZENLEME İLKELERİ

ÖZET

Ülkemizde son meydana gelen depremler sonucu görülen hasarlar, betonarme yapılardaki hataları göz önüne sermiştir. Bu hataların sebep olduğu maddi ve manevi sonuçlar toplumca büyük acıların yaşanmasına sebep olmuştur. Yapılan araştırmalara göre, depremde hasar gören yapılardaki hataların donatı yerleşiminde yapılması, donatı düzenlemelerinde ne kadar dikkat etmemiz gerektiğini ortaya koymaktadır. Donatı düzenleme konusu, yapı güvenliğinin en önemli halkalarındandır. Bu konuya gerek tasarım, gerekse uygulama aşamasında çok büyük önem verilmelidir.

Yüksek Lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada 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. Donatı düzenleme kuralları TS 500 ve D.B.Y.B.H.Y' ne paralel olarak belirtilmiştir.

On yedi bölümden oluşan bu tezin ilk bölümünde, tezin amacı ve donatı düzenleme ilkelerinin önemi vurgulanmıştır. İkinci bölümde, malzeme bilgisi olarak beton, betonarme, betonarme yapı sistemleri ve derzler hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde, betonarme ve davranış bilgisi, dördüncü bölümde aderans, kenetlenme ve eklemeler, beşinci bölümde ise bazı önemli donatılar ve altıncı bölümden itibaren sırasıyla, kolonlar, kirişler, döşemeler, temeller, perdeler, merdivenler ve istinat duvarları, donatı düzeninde özel durumlar, yüksek kirişler ve kısa konsollar incelenmiştir. Sonraki bölümde ise donatı düzenlemelerine uyulmadığı takdirde karşılaşılabilecek genel hasar türleri fotoğraflar ile sergilenmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

REINFORCEMENT DETAILING REQUIREMENTS FOR THE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

SUMMARY

The damages caused by the recent earthquakes have played an important role in demonstration of the failures in concrete structures. The results arising from these failures have caused great damage to the public. According to the researches; failures in the detailing in reinforcement can cause severe damages. As a result, detailing in reinforcement is one of the most important factors of structural safety. Both in the design and practice phases, great attention has to be paid on the subject.

In this master study firstly the deformation of the element under load, secondly the detailing requirements of the reinforcement in the element and thirdly the behaviour concept and constructive information of the structural element under load have been investigated individually. The detailing requirements, in the reinforced concrete structural elements are investigated together with the reasons and behaviour concept. The detailing requirements are pointed parallel with the TS 500 and Specification for structures to be built in Disaster Areas.

In this master study consisting of seventeen chapters; the aim of the thesis and the importance of reinforcement arrangement principles are emphasized in the chapter one. In the chapter two; material information on concrete, concrete structures and jointings, in the chapter three general information on concrete and concrete behaviour; in the chapter four bond, splice and binders are pointed. Chapter five consists of the important reinforcements and starting from the chapter six information on columns, beams, slabs, shear walls, partition walls, staircases and retaining walls, special cases in the arrangement of reinforcement, high beams and short length chests are given respectively. Lastly in the chapter seventeen the results are given.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Betonarme, kum, çakıl, kırma taş veya diğer agregaların su, bazı katkı maddeleri ve çimento ile birlikte meydana getirdiği bileşimin olan betonun içine çelik donatı çubuklarının beraber çalışacak ve birbirlerinin eksikliklerini tamamlayacak şekilde bir araya getirilmesi ile oluşan bir malzemedir. Birbirlerinin eksikliklerini olarak ifade edilen kavramlar ise betonun basınç etkilerini, çeliğin ise çekme etkilerini karşılamasıdır.

Betonarmenin davranışını bilinmeden amaca uygun taşıyıcı sistem geliştirmek ve kesit etkilerinin bulunması için buna bir model karşı getirmek mümkün değildir. Betonarme taşıyıcı sistemler genellikle üç boyutlu veya çok yüksek mertebeden statikçe belirsizliğe sahiptir. Hesap açısından önemli etkilerin, az önemliler yanında daha belirgin bir şekilde ortaya çıkması için basit basitleştirmeler yapılır. Bu tür basitleştirmeler yapılabilmesi için betonarme davranışlarının yeterli düzeyde bilinmesi gerekir. Bu sebeplerden dolayı betonarme taşıyıcı sistemlerin ve donatıların düzenlenmesi bir bütün olarak ele alınmalıdır (Celep ve Kumbasar, 2001).

Betonarme iyi tanınmalı, taşıyıcı sistem iyi seçilmeli ve proje doğru bir şekilde uygulanmalıdır. Proje ne kadar kusursuz çizilmiş olursa olsun, unutulmamalıdır ki; “Yapılar tasarlandıkları gibi değil inşa edildiklerine uygun bir davranış gösterirler” (Aka ve Altan, 1992). Proje “olmaz ise olmaz”dır, ama her şey değildir. Yapılan tasarım sahada doğru bir şekilde, projesinde tanımlandığı şekliyle uygulanmalıdır. Günümüzde, imalatla vasıflı teknik eleman eksikliği, inşaatların çok kısa süre içinde tamamlanmak istenmesi, kolaycılık, işi kalite aramadan en ucuza yaptırma alışkanlığının giderek yerleşmesi sahada çoğu kez tasarlanan projeden farklı bir yapının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Altıneller, 2008).

Günümüzde hasar gören binalar incelendiğinde; düşük dayanıma sahip betonların inşa edildiği, taşıyıcı sistemlerin düzensiz olmaları, taşıyıcılara donatı yerleştirmede gereken önemin verilmemesi, betonarme ile ilgili yönetmelik ve standart kurallara uyulmaması başlıca nedenler arasında yer almaktadır.

Yapı güvenliğinin en önemli halkalarından biri olan donatıların düzenlenmesinde, hesaplar ne kadar kusursuz olursa olsun, detaylandırma veya yapımda hata yapıldığı takdirde, hasar ve göçme kaçınılmaz olmaktadır. Betonarme taşıyıcılara donatıları doğru yerleştirmek için her şeyden önce taşıyıcıdaki iç kuvvetlerin dağılışını, statik hesap için yapılan kabullerin ötesinde, çok yakından bilmek lazımdır. Donatı detaylandırmada yapılan hataların genelde “davranış bilgisi” eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu da;

- Konstrüktif kurallara uyulmaması,
- Yeterli ankrajın sağlanmaması,
- Ek ve bindirme yerlerine dikkat edilmemesi,
- Etriye aralıklarının küçük tutulması,
- Kenetlenme boylarının yeterli olmaması olarak sıralanabilir.

Ayrıca, sadece hesaplar ile saptanan donatı kesit alanlarının sağlanması yeterli değildir. Donatının tasarlanması ve detaylandırılması da bir sanattır. Donatının doğru bir şekilde tasarlanması da tek başına yeterli değildir. Doğru bir şekilde işlenerek kalıba yerleştirilmesi ve donatının döküm sırasında da kalıp içinde belirlenmiş yerde muhafaza edilmesi gerekmektedir (Altıneller, 2008).

Sonuç olarak bu tez kapsamında, betonarme yapılarda donatı düzenleme ilkeleri; yönetmeliklere göre (TS 500 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) araştırma yapılmıştır.

2. MALZEME BİLGİSİ

2.1 Beton

Beton; inşaat mühendisliği alanında yüzyılımızın en önemli yapı malzemesi olup, kum, çakıl, kırma taş veya diğer agregaların su, bazı katkı maddeleri ile birlikte meydana getirdiği bir bileşim olarak tanımlanmaktadır. Bileşime giren malzemeler özel olarak oranlandığı zaman karışım herhangi bir yere dökülebilir ve şekli önceden belli kalıpların şeklini alabilen plastik bir kütle meydana getirir. Bu plastik kıvam özelliği de betonu diğer yapı malzemelerinden üstün kılan en önemli özelliğidir.

Çimento, agrega ve su ilk karıldığında kolayca şekil verilebilen bir malzemedir. Bu durumdaki beton “taze beton” adını alır. Birkaç saat içinde beton katı bir hale geçer ve günlerce süren bir süreç sonunda sertliği artar, mukavemet kazanır. Yeterince mukavemet kazanan bu beton “sertleşmiş beton” adını alır. Zamanla mukavemeti de artar. Dökülüp sıkıştırılmış bir metreküp betonda bulunan çimento miktarına “dozaj” denilmektedir. Karışımın ve elde edilecek betonun özelliklerine göre bu değer max. 450 kg/m³ olmaktadır. Basınç dayanımını ve donatıyı korozyondan korumak için dozajın belirli bir değerde olması gerekmektedir. Beton dayanımında ve kalitesinde sadece dozaj değil, uygun agrega granülometrisi, su/çimento oranı ve betonun vibratörle iyi sıkıştırılabilir olması da önemlidir.

Bazı hallerde betonun içine çeşitli amaçlarla bir takım katkı malzemeleri eklenmektedir. Bu katkı malzemelerinin kullanım nedenleri arasında, betonun prizinin geciktirilmesi ya da betonun akışkanlığının artırılması yer almaktadır.

Beton dayanımında özellikle agrega granülometrisinin büyük önemi vardır. Büyük daneli agregalar arası boşlukların daha küçük daneli agregalar ve çimento hamuru ile dolması gerçekleştiği ölçüde, dayanımı ve sıklığı yüksek beton elde edilir. Agreganın karışım oranı, betonun dayanımına ve sıklığında etkilidir. Bu nedenle beton bileşiminin belirlenmesinde TS 706’ da verilen elek karışım oranlarına

uyulması gerekmektedir. Celep ve Kumbasar (2001) Kullanılan agrega çapının betonun dayanımı ile doğrudan ilgili olduğu da unutulmamalıdır. 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.

Beton döküldükten sonra da beton krnn 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. Betonun, donatı ile beraber çalışacak nitelikte üretilmesi ve yerleştirilmesi gerekmektedir (Celep ve Kumbasar, 2001).

KYB (Kendiliğinden yerleşen beton), kendi ağırlığı ile sık donatılı dar ve derin kesitlere yerleşebilen, i veya dış vibrasyon gerektirmeksizin kendiliğinden sıkışabilen, ayrışma ve terleme gibi problemler yaratmayan çok akıcı kıvamlı bir betondur. Bunun dışında kalifiyesiz işçilerle meydana gelebilecek yerleştirme olumsuzlukların da önüne geçebilir (Yılmaz, 2006).

Günümüzde beton retilimiyle ilgili istek bu amaçla kurulmuş hazır beton firmaları tarafından karşılanmaktadır. Bu firmaların ürettikleri beton TS 11222 hazır beton standardına uygun olmalıdır. TS 500 (2000)'e göre hazır beton kullanıldığı zaman üretilen betonun şantiyede numunesinin gerekli ölçü ve sayıda alınması ve gerekli denetiminin yapılması gerekir. l ve sayıları da standartlarda belirtildiği gibi, tek binada beton imalatının her 100 metrekpnden veya bir günde dökülen beton miktarından (dökülen beton miktarının 100 metrekpnden az olması halinde) altı adet beton numunesi alınacaktır. Numunelerin dökülen betonu temsil edebilmesi için, üç adet değişik mikserin her birinden (bir beton kümesinden) ikişer adet beton numunesi alınacak, bir mikserden (bir beton kümesinden) alınan iki adet numuneden biri 7 günde diğeri de 28 günde deneye tabi tutulacaktır.

Karışım için aynı malzemeler kullanılmış olsa bile beton karışımından alınan her numunenin dayanımı eşit ıkmaş. Çünkü karışımdan alınan numunelerin boyut ve geometrileri ve yükleme hızı gibi parametreler beton dayanımı üzerinde etkili olmaktadır. Bilindiği gibi hızlı yüklenen bir numunenin dayanımı, yavaş yüklenen numunenin dayanımına göre daha büyük olduğu bilinmektedir. Deprem esnasında

yapıya etkiyecek yüklerin kısa sürede etkidiği düşünülduğünde, dayanım açısından olumlu olurken, depremin tekrarlı yük olmasından ötürü de betonda rijitlik azalmasında neden olmaktadır (Doğangün, 2002).

Uygulamada betonun her özelliğinin mükemmel en yakın elde edilmesi maliyeti arttıracaktır. Fakat arzu edilen, yapının iyi projeye uygun şekilde inşa edilmesi ve emniyetle uzun bir süre hizmette kalabilmesidir. İyi bir betonun başlıca özellikleri arasında; betonun döküm, taşınma ve yerleştirme işlemlerinin kolaylıkla yapılabilme özelliği olan “işlenebilme özelliği”, hava koşulları, kimyasal etkiler ve yıpranma gibi etkilere reaksiyonu olan “dayanıklılık”, su sızdırmazlık olarak tanımlanan “permeabilite özelliği ” gibi başlıklar yer almaktadır. Betonun mekaniğine ait diğer önemli özellikler ise teker teker incelenecektir.

2.1.1 Basınç dayanımı

Depremlerde, yapılarda görülen hasarların en önemli nedenlerinden biri; beton dayanımının projede ön görülen dayanımdan çok küçük olmasıdır. Betonların tanımlanması ve sınıflandırılması basınç dayanımlarına göre yapılır. Donatı düzenlenmesi ne kadar özen gösterilirse gösterilsin beton dayanımının düşük olduğu yapı, depremde tehlike içinde olacak yapılarda ilk sıralarda olacaktır.

Diğer adı mukavemet olan dayanım, belirli şartlarda bir malzemenin taşıyabileceği en büyük gerilme değeridir.

Betonun basınç dayanımı ise çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olan standart deney silindirlerin 28 günün sonunda, TS 3068’e göre uygun şekilde denenmesiyle elde edilir. Beton karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , denenecek silindirlerden elde edilecek basınç dayanımlarının bu değerden düşük olma olasılığı % 10 olan değerdir. Gerektiğinde basınç dayanımı küp deneylerinden de elde edilebilir.

Günümüzde betonlar, dayanımları açısından yüksek ve normal dayanımlı olarak ikiye ayrılmıştır. Beton numunelerine uygulanan gerilmelere karşı beton numunelerinin sahip oldukları basınç mukavemetleri, yüksek dayanımlı ile normal dayanımlı betonlar arasında farkı anlamda etkilidir. Yüksek dayanımlı beton ile normal dayanımlı beton arasında kesin bir ayrım bulunmamakla birlikte ACI (Amerikan Beton Enstitüsü) yüksek dayanımlı betonun sınırını 41 MPa olarak

tanımlanmaktadır. Buna göre basınç dayanımı 41 MPa'dan büyük olan betonlar “Yüksek Dayanımlı Beton”, bu değerden daha az basınç dayanımına sahip olan betonlar “ Normal Dayanımlı Beton” adını alır.

Böyle durumlarda karakteristik basınç dayanımı f_{ck} geçerliliği deneylerle kanıtlanmış katsayılarla dönüştürülür. Bu amaçla boyutları 150 mm olan küp için kullanılacak f_{ck} değerleri Çizelge 2.1’de gösterilmektedir. Boyutları 150 mm’den değişik küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımları, gereken düzeltme yapılarak dikkate alınmalıdır (TS500, 2000).

Çizelge 2.1: Beton sınıfları ve dayanımları.

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck} (MPa)	Eksenel Küp (150mm) Basınç Dayanımı, f_{ck} (MPa)	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk} (MPa)	28 Günlük Elastisite Modülü, E_c (MPa)
C16	16	20	1.4	27.000
C18	18	22	1.5	27.500
C20	20	25	1.6	28.000
C25	25	30	1.8	30.000
C30	30	37	1.9	32.000
C35	35	45	2.1	33.000
C40	40	50	2.2	34.000
C45	45	55	2.3	36.000
C50	50	60	2.5	37.000

Yüksek dayanımlı betonlar, ağırlığın azaltılmasında etkilidirler. Deprem etkilerinin yapının ağırlığı ile doğrudan ilişkide olduğu bilindiğinden yüksek dayanımlı betonlarının neden önemli olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, yüksek dayanımlı betonlar, normal dayanımlı betonlara nazaran yükleri taşımada daha etkili olup yerleştirilen toplam malzeme miktarını dolayısıyla maliyetin azalmasını sağlarlar. Ayrıca beton dayanımı yüksek değil ise betonla donatı arasındaki aderans dayanımı da düşük olmaktadır. Aderans dayanımı düşük ise donatı, akma gerilmesine ulaşmadan, betondan sıyrılır ve deprem enerjisi tüketimi gerçekleşemez. Ayrıca araştırmalar, yüksek dayanımlı betonlarla inşa edilen kolonların normal betonlarla inşa edilenlere göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Yüksek dayanımının betonun dayanımının artış hızı nedeniyle kalıp alma süresi de kısalmaktadır. Bu da inşaat hızı yönünden çeliğe göre betonarme elemanın avantajını sağlamaktadır. Betonun dayanımı yükseldikçe gevrekliği de artmakta olduğundan değişen diğer

özellikleri de birlikte göz önüne alınması, hesap yöntemlerinin bunlara uygun olarak değiştirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, kum ve çakıllı yıkanmamış, uygun miktarlarda olmayan agregadan yapılmış, su/çimento oranı yüksek, çok soğuk ya da çok sıcak havada dökülmüş, vibratörle iyi sıkıştırılmamış ve döküldükten sonra da gereği gibi kür edilmemiş ve şantiyede döküm sırasında özellikle döşeme dökümünde kolay perdah yapılsın diye su katılmış hazır betonların dayanımı düşük olmakta ve yapıların, depremde büyük hasar görmesine neden olmaktadır. Basınç dayanımını ve donatıyı korozyondan korumak için dozajın belirli bir değerde olması gerekmektedir. Beton dayanımında ve kalitesinde sadece dozaj değil, uygun agrega granülometrisi, su/çimento oranı ve betonun vibratörle iyi sıkıştırılabilir olması da önem teşkil etmektedir.

2.1.2 Çekme dayanımı

Betonun çekme dayanımı, basınç dayanıma oranla çok küçük olduğundan hesaplarda ihmal edilir.

Betonun çekme dayanımı, eksenel çekme deneylerinden elde edilen değerdir. f_{ctm} deneylerden elde edilen ortalama çekme dayanımı, f_{ctk} ise karakteristik çekme dayanımıdır. Betonun çekme dayanımı eğilme ve silindir yarma deneylerinden elde edilebilir. Eksenel çekme dayanımı f_{ctk} , silindir yarma deneyinden elde edilen çekme dayanımını 1.5 ile eğilme deneyinden elde edilen çekme dayanımı da 2.0' ye bölerek yaklaşık bir şekilde hesaplanabilmektedir (TS 500, 2000).

Betonun karakteristik çekme dayanımı eksenel çekme elemanı deneylerinden elde edilecek dayanımının, bu değerlerden az olma olasılığı belirli bir oran (genellikle %10) dayanım değeridir.

Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı, Denk 2.1 ile verilmiş olan bağıntıdan hesaplanabilir.

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

Burada;

f_{ctk} : Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı,

f_{ck} : Betonun karakteristik basınç dayanımını göstermektedir.

2.1.3 Elastisite modülü

Doğrusal davranış göstermeyen betonun kesin elastisite modülünü tanımlamak çok zordur. Elastisite modülü beton basınç dayanımına, betonun yaşına, yükleme tipine ve betonun çimento ve agrega oranlarının karakteristiğine bağlı olarak değişir.

Literatürde betonun elastisite modülü için aşağıdaki tanımlar yapılmaktadır:

1. Gerilme-Şekil değiştirme diyagramının başlangıç noktasına çizilen teğetin eğimi başlangıç elastisite modülü olarak adlandırılır.
2. Gerilme-Şekil değiştirme diyagramının herhangi bir noktasına çizilen teğetin eğimi teğet modülü'dür. Bu elastisite modülü için toplam beton dayanımını %50'si alınır.
3. Gerilme-Şekil değiştirme diyagramının başlangıç noktası ile herhangi bir gerilmeye karşılık gelen noktaya çizilen doğrunun eğimine de sekant modülü adı verilir.

Dinamik elastisite modülü adı verilen elastisite modülü çok küçük şekil değiştirmelere denk gelmektedir. Genellikle statik elastisite modülünden %20 ile %40 daha büyüktür. Yaklaşık olarak başlangıç elastisite modülü dinamik elastisite modülüne eşittir. Yapıların sismik ve darbe yüklemeleri için dinamik modülün kullanılması uygundur (Mc Cormac ve Nelson, 2005).

Çoğu ülke yönetmeliklerinde betonun kullanılacak elastisite modülü hesaplamaları için betonun karakteristik basınç dayanımından hareket edilir.

TS 500'de de elastisite modülü hesabında basınç dayanımdan denklem 2.2' de verildiği şekilde hareket edilir.

Normal ağırlıktaki betonlar için j günlük betonun elastisite modülü,

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

Burada,

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

E_{cj} = Normal ağırlıktaki “ j ” günlük betonun elastisite modülünü göstermektedir.

Darbe yüklemeleri için ise denklem 2.2’den elde edilen değerlerin % 10 arttırılması öngörülmektedir (TS 500, 2000).

TS 500 (2000)’de j günlük betonun kayma modülü, elastisite modülünün belirli bir oranı olarak denklem 2.3’de gösterildiği gibi verilmiştir.

$$G_{cj} = 0,40. E_{cj} \quad (2.3)$$

G_{cj} = j günlük betonun kayma elastisite modülü,

E_{cj} = j günlük betonun elastisite modülünü göstermektedir.

Buradan anlaşıldığı gibi kayma modülü elastisite modülünü %40’ı olmakta ve aralarında doğrusal bir orantı bulunmaktadır. Bu sebeple elastisite modülünü etkileyen bütün faktörler kayma modülünü de etkileyecektir.

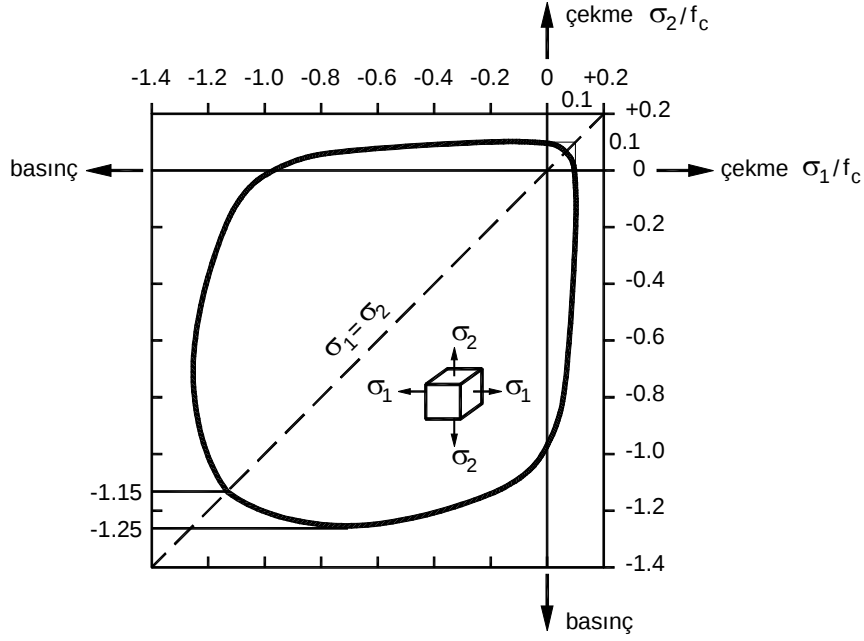
2.1.4 Çok eksenli yüklemeler altında beton davranışı

Yapı elemanları birçok doğrultuda yüklenirler. Bu tip durumlarda betonun davranışı tek eksenli gerilme altındakinden farklı olmaktadır.

Betonun çok eksenli gerilme altında davranışını anlamak uygun detaylandırılmasını sağlamak açısından olumlu olacaktır.

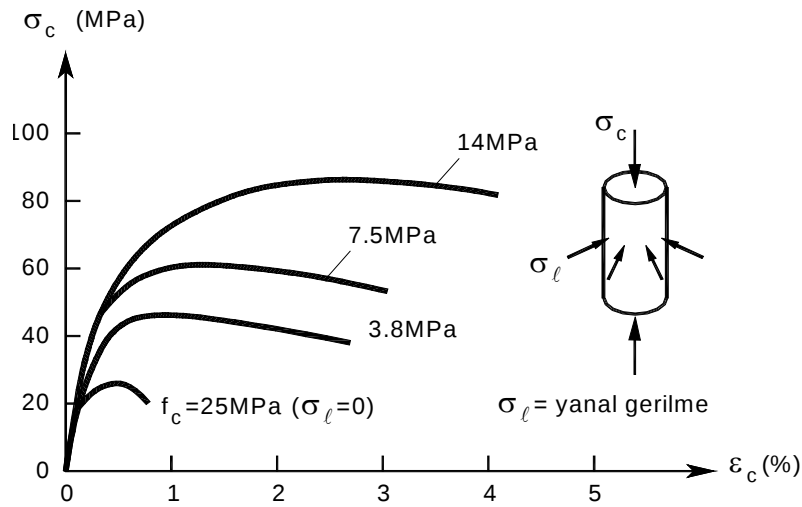
Çok eksenli yük gerilmeleri altındaki beton davranışları anlayabilmek için iki ve üç eksenli yükleme altında beton kırılma deneyleri göz önüne alınabilir.

Şekil 2.1’de verildiği gibi çok eksenli yüklemeye maruz bırakılan betonun kırılma eğrilerinde, iki doğrultuda basınç bulunduğu dayanım tek eksenli dayanıma göre % 25’e ulaşan artışlar gösterirken, iki eksenle eşit gerilme olması durumunda ise %15 kadar bir artış söz konusu olmuştur (Celep ve Kumbasar, 2001).



Şekil 2.1: İki eksenli yükleme altındaki betonun kırılma çizgisi.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi yanal basınç etkisinde bulunan betonun her bir eğri üzerinde yanal basıncı sabit tutulurken, eksenel basınç gerilmesi ise kırılmaya kadar arttırılmış ve deney sonucunda betonun yanal basıncı arttırıldığı zaman betonun büyük şekil değiştirmeler yapabildiği ve dayanımının arttığı gözlemlenmiştir (Celep ve Kumbasar, 2001).



Şekil 2.2: Yanal basınç etkisindeki gerilme-şekil değiştirme eğrisi.

Sonuçta betona yanal basınç uygulandığında dayanımı ve plastik şekil değiştirmeler ile yutabileceği enerjisi artmaktadır.

2.1.5 Poisson oranı

Boyuna doğrultuda yük etkisinde kalan bir elemanda enine şekil değiştirmenin boyuna şekil değiştirmeye oranına “Poisson Oranı” adı verilir. TS 500’ de beton için bu değer 0.20 olarak verilmiştir.

Poisson oranı beton için tek bir değer olarak verilse de gerçekte gerilme düzeyine bağlı olarak değişmektedir. Betonda dış etkiden dolayı oluşan gerilmenin beton dayanımına oranı arttıkça Poisson oranının değeri de artmaktadır. Örneğin, bu oran 0.3 iken Poisson oranı 0.15 olurken, bu oranının 0.7’ye çıkması ile bu oran 0.25 değerine ulaşmaktadır (Doğangün, 2002).

2.1.6 Isıl genleşme katsayısı

Beton ısı genleşme katsayısı çimento dozajına bağlı olarak değişmektedir. Dozaj ne kadar fazla olursa genleşme katsayısı da o kadar büyür. Hesaplarda ısı genleşme katsayısının değeri $\alpha_t = 10^{-5} / C$ olarak kabul edilir (TS 500, 2000).

2.1.7 Sünme, büzülme ve şişme kavramları

Beton zamana bağlı deformasyonlar gösteren bir malzemedir. Betonda zamana bağlı deformasyon sebepleri olarak büzülme ve sünme olayları gösterilmektedir. Sünme ve büzülme çökmeye veya hasara neden olabilecekleri gibi kullanılabilirliği de etkileyebileceğinden hesaplarda mutlaka göz önüne alınmalıdır (Ersoy, 1987).

Betonun zamana bağlı şekil değiştirme özelliklerinden büzülme, betonun atmosfer koşullarına bırakıldığında içindeki fazla suyun yüzeye çıkarak buharlaşması sonucu çatlakların meydana gelmesi ile oluşur. Bu çatlaklar donatının atmosferle etkileşimine ve muhtemelen korozyona sebep olacaktır. Büzülme birkaç yıl devam eder. Fakat olağan koşullar altındaki ilk yıl yaklaşık %90’ı meydana gelir. Beton kür sırasında çok rüzgârlı koşullara maruz kalırsa, büzülme daha fazla olacaktır.

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 oluşmaktadır.

Büzülmeyi azaltmak için şunlar yapılabilir:

1. Karışım suyu miktarı minimum tutulmalı,
2. Beton kürü iyi yapılmalı,
3. Büzülme donatısı kullanılmalıdır.

Betonun diğer zamana bağlı özeliği olan sünme; sabit basınç yükü altında uzun zaman süresince betonun deforme olmaya devam etmesi ile oluşmaktadır. Başlangıç deformasyonu meydana geldiği zaman ilave deformasyon sünme olarak da tanımlanan sünmenin ilk yıl boyunca toplam yaklaşık % 75'i meydana gelmiş olur. Sünme miktarının gerilme miktarı ile ilgili ilişkisi hakkında yapılan araştırmalarda, yükün ilk uygulandığı andaki gerilmenin basınç dayanımına oranı 0.5'den aşağısındaki gerilme düzeylerinde sünmenin gerilme ile orantılı arttığı ve bu yükün kırılmaya neden olmayacağı gözlemlenmiştir. 0.85'i düzeyinde ise beton ezilmekte ve eleman kırılmaktadır.

Sünmeyi etkileyen belli başlı parametreler şöyle verilebilir.

1. Beton kürü sünmede etkilidir. Yükleme öncesi beton kürü daha fazla olursa sünme daha az olur.
2. Beton dayanımı sünmeyi etkiler. Yüksek dayanımlı betonların düşük dayanımlı betonlara nazaran daha az sünmeleri olur.
3. Beton ve çevre ortamının sıcaklıkları sünmede etkilidir. Yüksek sıcaklıklarda sünme artar.
4. Ortamın nem miktarı sünmeyi etkileyen diğer bir parametredir. Nem miktarı arttıkça betondaki su kaçamayacaktır. Bu durumda sünmenin azaltılması açısından olumludur.
5. Su / çimento oranı arttıkça sünme azalır.

6. İnce elemanlarda hacim/yüzey alanı küçük olduğundan boşluk suyunun buharlaşması daha kolay olacak haliyle de sünmesi, kalın beton elemanlara oranla daha fazla olur (McCormac ve Nelson, 2005).

2.2 Donatı Çelikleri

Taşıyıcı sistemi tasarlanmış ve analizleri yapılmış yapı elemanlarında oluşan iç kuvvetler belirlendikten sonra, kesitler bu yükler altında irdelenir ve donatılır. Betonarme kesitlerde betonarme çeliğinin rolünü kısaca aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

Betonarme elemanda çekme dayanımı zayıf olan betonun çatlama nedeni ile kesitte oluşan çekme gerilmeleri betonarme çeliği tarafından karşılanır. Yine kesitlerde oluşan, kayma gerilmelerinin karşılanmasında da betonun yetersiz kaldığı durumlarda çeliğe iş düşer.

Bilindiği gibi enine donatılar (etriyeler) bu işi görmektedir. Bazı durumlarda betonarme çeliği basınç gerilmelerinin karşılanmasında da iş görmektedir. Özellikle büyük açıklıkların geçildiği kiriş mesnetlerinde kesit mesnetlerinde kesit çift donatılı olarak tasarlanabilir. Basınç bölgesine konan donatılar yetersiz kalan ve beton basınç bölgesinin güçlendirilmesine yardımcı olur. Donatı aynı zamanda betonda oluşan çatlak genişliklerini sınırlar, rötre ve sünme etkilerinin bir kısmını karşılar (Altıneller, 2008).

Betonarme yapılarda yukarıdaki görevleri yerine getiren donatı çeliği, imalat şekillerine göre soğukta işlem görmüş ve doğal sertlikteki çelikler; dayanımlarına göre BÇ I (S220), BÇ III (S420), BÇ IV (S500); yüzey özelliklerine göre düz yüzeyli, profilli ve nervürlü olmak üzere gruplanmaktadır.

İmalat şekillerine göre çelikler sıcak haddeleme işlemi ile üretilenler, sıcak haddeleme esnasında ısıl işlemi uygulanarak üretilenler ve soğuk mekanik işlem uygulanarak üretilenler olarak gruplandırılırlar.

Soğukta işlem görmüş çelikler rölatif olarak düşük ısıda çekilerek ya da burularak imal edilir. Soğukta işlemlerle çelik dayanımı artırılır. Bu tür çelikler özel beton çelikleri adını da almaktadır. Bu tür çelikler ısıtılırsa dayanımlarını kaybedip eski

gerekmektedir. Ama tartışılmazdır ki zamanla çok şey değişmiştir. Bugün çok büyük emniyet gerilmeleri ile çalışılmakta, daha büyük açıklıklar kullanılmaktadır. Mörsch, usulüne uygun tarzda çalışmak sureti ile demir koyma tekniğinde gelişmeler sağlamıştır. Bu nedenle taşıyıcıların içine nüfuz etmek, iç kuvvetlerin betonda yüklendiği noktaları hissetmek ve buralarda demirin yardımını sağlayarak betonun görünür yara almasını önlemek lazımdır (Leonhard, 1975). Betonun içine demir, çelik ağ veya hasır konulmasının başlıca nedenleri Leonhard'a göre aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Dış yükler altında taşıyıcının içinde meydana gelen tehlikeli çekme gerilmelerini karşılamak ve çekmeye karşı mukavemeti az olan betonu bu yönde çalıştırmamak. Böylece betonarme taşıyıcının taşıma gücü ve stabilite emniyetini sağlamak.
2. Hareketli yükler altında betonda meydana gelen çatlakların kalınlığını minimuma indirmek ve böylece korozyon tehlikesini önlemek.
3. Kirişin kendi yükünden doğan gerilme çatlaklarını belirli bir değerde tutmak.
4. Basınca maruz kalan elemanlarda boyuna donanım, genel olarak flambaj emniyetini veya bilinen-bilinmeyen eksantrisitelerden doğan çekme gerilmelerinin karşılanmasını sağlamaktır. Ancak beton kesit yükü taşımaya yeterli değil ise, basınç gerilmelerini karşılamak için de donatı çeliği kullanılabilir.
5. Çelik hasırlar kullanılarak bir yangın halinde, esas demirlerin üstünde bulunan beton kabuğunun kavlaması önlenmek (Leonhard, 1975).

Betonarme bir taşıyıcının en uygun bir şekilde davranabilmesi için, teorik olarak donatının gerilme yörüngelerine paralel olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Çelik ve betondan birleşik bir taşıyıcı elemanın meydana gelmemesi aşağıda görülen iki malzemenin özellikleriyle sağlanmıştır.

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

Betonarme bir taşıyıcıya donatı yerleştirilirken, betonarme hesabın yanı sıra, konstrüktif kurallara da uyulması gerekmektedir (Altan, 2001). TS 500 ve D.B.Y.B.H.Y(2007) ülkemizde yapılacak, betonarme yapılar için gerekli konstrüktif kuralları içermektedir

2.2.1 Mekanik özellikleri

TS 500 (2000)'de donatı çeliklerinin mekanik özellikleri aşağıda verildiği gibi belirtilmiştir.

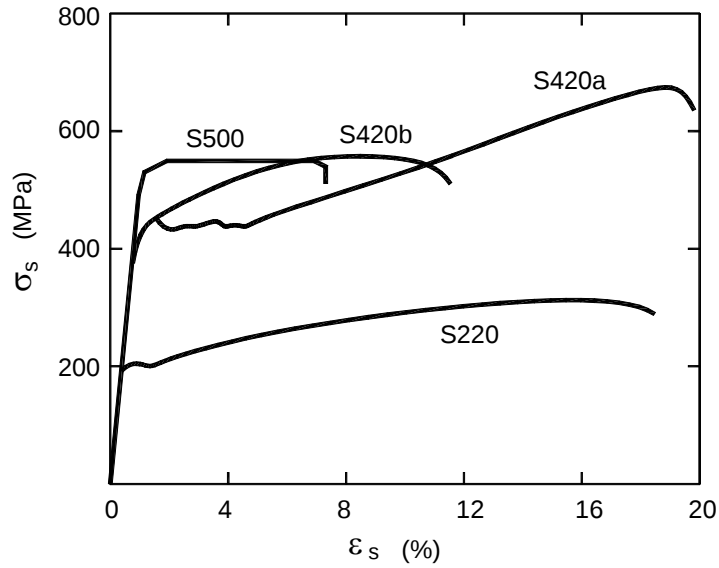
Eksenel çekme altında denenen donatı çeliğinin akma sınırına ulaştığı anda taşıdığı gerilme değerine “akma dayanımı”, istatistiksel verilere dayanılarak belirlenen ve bu değerden daha düşük dayanım değeri elde etme olasılığı belirli bir oran olan akma dayanım değerine ise “karakteristik akma dayanımı” denir. Bu dayanım donatı sınıfını tanımlamak için kullanılmaktadır Çizelge 2.2’ de donatı çeliklerinin mekanik özellikleri bir arada gösterilmektedir.

Çizelge 2.2: Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri.

Mekanik Özellikler	Sıcakta İşlenmiş			Soğukta İşlenmiş		
	S220a	S420a	S500a	S420b	S500bs	S500bk
Minimum akma dayanımı f_{yk} (MPa)	220	420	500	420	500	500
Minimum kopma dayanımı f_{su} (MPa)	340	500	550	550	550	550
Minimum kopma uzaması $\epsilon_{su} \varnothing \leq 32$	0.18	0.12	0.12	0.10	0.08	0.05
Minimum kopma uzaması $\epsilon_{su} \varnothing \leq 32 \leq 50$	0.18	0.10	0.10	0.10	0.08	0.05

“Donatı çekme dayanımı” ise eksenel çekme altında denen donatı çeliğinin kopmadan önce taşıyabileceği en büyük gerilme değeridir. Donatı olarak kullanılan çeliklerin tipik gerilme- şekil değiştirme eğrileri, Şekil 2.4’de gösterildiği gibi verilebilir. Ülkemizde kullanılan 3 tür çeliğin başlangıçta aynı eğimle doğrusal

elastik davranış gösterdiği ve bu bölgenin sonunda gerilmenin az değiştiği bir akma sahanlığı görülür (Celep ve Kumbasar, 2004).



Şekil 2.4: Değişik çelik türlerinde şekil değiştirme eğrisi.

Akma gerilmesi, yaklaşık olarak elastik bölgenin sınırı olarak kabul edilebilir ve bu donatı çubukları daha evvel belirtildiği gibi bu gerilmeye bağlı olarak sınıflandırılır. Akma bölgesi olmayan çeliklerde %0,2' ye karşılık gelen birim uzaması esas alınır. Akma bölgesinden sonra gerilmenin belirgin şekilde arttığı pekleşme bölgesi görülür. Yükleme devam edilirse, donatı koparak dayanımını kaybeder.

Çeliğin elastisite modülü 2.10^5 N/mm² olarak alınırken kayma modülü $8,1.10^4$ N/mm² olarak alınmaktadır. Bunun dışına çeliğin bir mekanik özelliği olan ısı genleşme katsayısı $1,2. 10^{-5}$ / C olarak verilmektedir.

Çelik ve beton genleşme katsayılarının birbirine çok yakın olması, betonarmeyi meydana getiren beton ve çelik malzemelerinin birlikte çalışması açısından son derece önemli bir özelliktir (Doğangün, 2002).

Donatı çeliği kullanmadan önce kir, yağ ve yüzeyden ayrılabilen pastan arındırılmalıdır. Pas olayını önlemek için donatıların kullanılmadan önce mümkün olduğunca üstü kapalı bir sundurma altında saklanması tercih edilmelidir.

Donatı kullanıldıktan sonra da gerek doğrudan etkisinde kaldığı sıvılara, gerekse betonun emdiği zararlı sıvılara karşı korunmalıdır. Çünkü bu sıvılar donatının korozyona uğramasına sebep olup, donatı kesitini ve dayanımı azaltmaktadır. Donatıyı korozyona karşı korumak, betonun donatı kenetlenmesini sağlamak ve hatta yangına karşı korumak için çelik çubuklarla donatı arasında beton örtüsü bulunmalıdır (Doğangün, 2002).

2.3 Betonarme

Betonun yüksek basınç dayanımları yanında çok küçük çekme dayanımları bulunması bunları basınç elemanlarında kullanılacak şekilde sınırlandırmış, eğilmeye çalışan elemanlarda ise hava koşullarında bozulan, yangına karşı emniyetsiz ahşap ve çelik kullanmak zorunda kalınmıştır.

Betonarmeyi; beton ve çelik donatı çubuklarının beraber çalışarak, birbirlerinin eksikliklerini tamamlayacak şekilde bir araya gelmesi şeklinde tanımlanmıştır. İnsanlar binlerce yıl önce taşı yapı malzemesi olarak kullanmaya başladığında iyi bir bağlayıcı malzeme olmadığı için uygulama alanı çok sınırlı kalmıştır. Büyük açıklıkların geçilmesi tek parça taşlardan oluşan kirişler kullanılmıştır. Ancak taşın çekme dayanımı düşük olmasından dolayı geçilen açıklıklar sınırlı almış ve taşların yerine konması büyük sorunlar yaratmıştır. Büyük açıklıkları geçme isteği sonucu olarak, tüm kesitin basınca çalıştığı kemer sistemleri gelişmiştir.

İyi bir bağlayıcı olan çimento ilk kez Romalılar tarafından kullanıldığı sanılmakta ve Romalılardan 18. yüzyıla kadar da bağlayıcı konusunda önemli gelişme olmamıştır. Bugün kullanılan çimento John Aspdin adlı bir İngiliz duvarcı tarafından bulunmuştur. Aspdin imal ettiği çimentonun adını, Portlandaki taşara benzettiği için de “Portland Çimentosu” olarak tescil ettirmiştir.

Çimentoya kum, çakıl ve su karıştırılarak elde edilen betonun çekme ve darbeye karşı dayanıksızlığı görülerek, bu malzemenin demir çubuklarla güçlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Böylelikle betonarme ortaya çıkmıştır (Ersoy ve Özcebe, 2001).

Ama içine çelik konan her betonun betonarme olmadığı unutulmamalıdır. Yükleri taşıyan çelik profilli yangından korumak veya yüklerin yayılmasını sağlamak

amacıyla betonla örtmek, çelik yapı olması niteliğini değiştirmez. Ayrıca rötire, sıcaklık değişimi gibi nedenlerle oluşabilecek çatlakları önlemek amacıyla büyük beton kütleleri yüzeyine yakın bir çelik hasır konulsa bile bunlar yine beton yapılarıdır.

Çok katlı yapılar, köprülerde, yol ve alan kaplamalarında, barajlarda, istinat duvarlarında, tünellerde, viyadüklerde, su haznelerinde ve değişik yapılar, kullanılan betonarme yapının diğer yapı malzemelerine göre daha avantajlı olmasının nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Betonun basınç dayanımı, diğer yapı malzemelerine oranla çok yüksek olduğundan daha narin yapılar betonarmeyle daha küçük kesitler kullanılarak imal edilebilmektedir.
2. Çelik yapıya göre yüksek sönümlü rijit taşıyıcı sistemler teşkil edilebilmekte ve yatay deplasmanlar daha küçük düzeydedir.
3. Yangın için ek önlemlere gerek kalmamaktadır.
4. Betonarme yapıların inşaat bakımı diğer malzemelere göre en uygun olanıdır.
5. Taşıyıcı elemanlardaki çok sayıda tekrarlanma, ekonomik kalıp tekniklerinin kullanılması ve maliyet yönünden uygun inşaat tekniğinin seçimine olanak vermektedir (Aka ve Altan, 1992).
6. Dayanımı zamana göre azalmayıp, iyi bakım sağlandığı takdirde, betonarme yapının kullanım süresi sınırsız olmaktadır.
7. Betonarme elemanlarda şekil verebilme vardır. Bu nedenle mimari estetik daha kolay uygulanabilmektedir.
8. Betonarme maliyeti düşük bir malzemedir.
9. Çelik yapılara nazaran daha az kalifiye elemana ihtiyaç duyulur.
10. Betonarme elemanlarda hiperstatiklik özelliğini yakalamak daha kolaydır. Çelik yapılarda, birleşim bölgeleri ek bir özen ve dikkat gerektirirken, betonarme inşaat, bu özen ve dikkate gerek kalmayabilir.

Betonarme yapının avantajları yanında bazı dezavantajlarının da belirtilmesi gerekmektedir. Bu dezavantajları aşağıda belirtilmiştir.

1. Betonun düşük çekme dayanımının olması, çekme dayanımına göre gevrek olması çelik donatılarla kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.
2. Betonun prizini alıncaya kadar kalıpta tutulması ve desteklenmesi için iskeleye ihtiyaç duyulmaktadır.
3. Zemine fazla ağırlık vermesi ve bu ağırlığına göre dayanımı düşük olması, gerekli dayanımı sağlamak için yapıda daha fazla ağırlık doğurmaktadır.
4. İnşaat süresi çelik yapıya göre daha uzun olmaktadır.
5. Düşey taşıyıcı boyutlarının büyüklüğü ve ilerdeki kullanım değişikliklerine göre esnekliğinin az olmasıdır.
6. Betonarme yapılarda dayanımda büyük önemi olan donatıların varlığı ve yeterliliği çok önemlidir. Bu nedenle betonarme inşaatta beton dökülmeden önce donatıların projeye uygun yerleştirilmesinin kontrolü oldukça büyük önem taşımaktadır.
7. Betonarme yapıların güçlendirilmesi çok zordur. Yeni yapılanması düşünülen ilave yapı elemanlarının eski yapı elemanlarına uyum sağlaması zordur (Aka ve Altan, 1992).

Betonarme elemanın elastisite sınırı aşılmadığı sürece herhangi bir noktadaki gerilmesinin aynı noktadaki şekil değiştirmesi ile orantılı olduğunu kabul eden “Hooke Kanunu” çelik için akma gerilmesine kadar uygun olduğu halde, beton için uygun olmayacağı belirtilmiştir. Fakat uzun yıllar bu kanunun beton için de kabul edildiği yöntemler kullanılmış ve bunlar “Elastik Yöntem” adını almışlardır. Betondaki gerilmelerin kısalmalarla değişmesinin gerçek durumunu esas alan sınır durumların ortaya çıkması ile elastik teori terkedilmiştir (Aka ve Diğerleri, 2001).

2.3.1 Herhangi bir betonarme yapı elemanın oluşturulması

Tasarım sözcüğü, bir yapısal sorun için mümkün olan çeşitli çözümleri belirlemek, incelemek ve bunlardan uygun görülen birini seçmek serbestliğini ifade eder. İyi bir

tasarımcı, verilen bir durum için bölgesel şartlara, malzemeye uyan bir çözümü bulur. Endüstrileşmiş bir ülkede tasarımcının önünde biçim, malzeme ve teknoloji olarak çok geniş bir seçenekler topluluğu vardır. Çevre koşulları yanında sosyal ortam da uygun çözümü etkileyecektir (Aka ve Altan, 1992).

Sağlıklı bir betonarme bir yapının taşıyıcı sistem oluşturulmasında izlenen adımlar gereken özen gösterilmeli ve taşıyıcı sistem yapının karakterine uygun, ekonomik ve teknik koşulları sağlamalıdır. Bir tasarımcı, öncelikle yapı taşıyıcı sistemini belirlemeli, yapıya ömrü boyunca tek tek veya belirli gruplar halinde gelebilecek yüklerin büyüklüğü, etkidiği yeri, etki sıklığı gibi özellikleri dikkate almalı, bunların elverişsiz yükleme durumunda kesit zorlarını belirlemeli ve arıza yapacak şekil değiştirmelerin olmamasına dikkat etmeli ve bütün bunlar göz önüne alınarak enkesit biçim ve boyutlarını belirlemelidir.

Bir betonarme yapının oluşturulmasında izlenecek olan adımlar aşağıda anlatılmaktadır.

2.3.1.1 Ön boyutlandırma

Yapıların önceden boyutlarının belirlenmesi işine “ön boyutlandırma” denilmektedir. Taşıyıcı sistemin binanın işlevini yerine getirebilecek şekilde seçilmesi, statik ve yönetmeliklerde verilen konstrüktif kurallar göz önüne alınarak taşıyıcı sistem elemanlarının gerekli boyutlarının seçilmesi, statik sistemin oluşturulması, gerçek taşıyıcı sistemin kesit ağırlık merkezinden geçen sistem çizgileri ile idealizasyonu, yüklerin oklarla, mesnetlerin sembollerle gösterilmesi ön boyutlandırma olarak tanımlanabilmektedir. (Tüm yapı tekil taşıyıcı elemanların bölünerek taşıyıcı sistem idealleştirilir) Bu sistem sırasında sınır şartları ve rijitliklerin olabildiğince gerçeği yansıtabilecek şekilde seçilmesine çalışılmalıdır.

2.3.1.2 Statik hesap

Ön boyutlandırması yapılan elemanlara etki eden çeşitli yük bileşimleri göz önüne alınarak her bir elemana ait kesit tesirlerinin (M_x , M_y , T , V_x , V_y , N) hesabı ve taşıyıcı sisteme etki eden yüklerin bulunarak yapının ve yapı elemanlarının kesit tesirlerinin bulunmasıdır. Bir yapıya etki eden yükler de genel olarak,

1. Düşey yükler,
2. Yatay Yükler
3. Sıcaklık Değişimi ve Rötire
4. Mesnet Çökmeleri

olarak sınıflandırılabilir.

2.3.1.3 Betonarme hesap

Arttırılmış ve birleştirilmiş dış kuvvetler altında oluşan kesit tesirleri yardımıyla betonarme elemanlarda iç kuvvetlerin bulunması, iç kuvvetler yardımıyla donatı hesabı ve betonun basınç bölgesinde kontrolü, yürürlükteki yönetmelikler göz önüne alınarak kullanım yükleri altında çatlak genişliği ve sehim kontrolü betonarme hesaba girmektedir.

Genel olarak yapısal çözümlemelerde, malzeme davranışı ile ilgili çeşitli varsayımlar yapılmaktadır. Malzemenin doğrusal-elastik ve yer değiştirmelerin, denge ve geometrik süreklilik denklemlerine etkileri terk edilebilecek kadar küçük varsayımlarının yapıldığı "Doğrusal Teori" ve malzemenin doğrusal elastik olmadığı, davranışın elastoplastik olduğu varsayımına dayanan çözümleme olan "Doğrusal Olmayan Teori" den oluşmaktadır. Doğrusal teoride boyutlandırma ve donatı hesabında iki yöntem söz konusudur. Bunlardan ilki olan çelik ve betonun doğrusal elastik davrandığı varsayımına dayanmaktadır. Bu yöntem emniyet gerilmeleri yöntemi ya da elastik yöntem olarak adlandırılabilir.

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

Ama her iki boyutlandırma türünde,yapının stabilite (kararlılık) kontrolleri yapılmalı ve şekil değiştirmeler, yer değiştirmeler ve betonarme sistemlerde çatlak kalınlıkları sınırlı olmalıdır (Özer, 2008).

2.3.1.4 Taşıma gücü yöntemi

Bu yöntemin amacı, kesitin güç tükenme anındaki kapasitesini belirlemektir. Kesit hesabı için yapılan bu yöntemde, yapıya etkiyen işletme yüklerinden oluşan gerilmeler, malzemenin doğrusal-elastik sınır gerilmesinin bir güvenlik katsayısına bölünmesiyle elde edilen emniyet gerilmesinden daha küçük olacak şekilde sistem boyutlandırılmaktadır.

σ = İşletme yüklerinden oluşan gerilme

σ_s = Doğrusal- elastik sınır gerilmesi

e = Güvenlik katsayısı

$\sigma_{em} = \sigma_s / e$ olmak üzere,

$\sigma \leq \sigma_{em}$ koşulu sağlatılmaktadır.

TS500 'de taşıma gücüne dayalı kesit hesabında, betonun çekme dayanımının ihmal edileceği, donatı ile betonun aynı şekil değiştirme yapacağını düzlem kesitin şekil değiştirmeden sonra da düzlem kalacağını, donatının elastoplastik davrandığını varsaymaktadır.

2.3.1.5 Emniyet gerilmeleri yöntemi

“Emniyet Gerilmeleri Yöntemi”, beton ve çeliğin doğrusal elastik davrandıkları varsayımı ile yapılan kesit hesabıdır. Bu yöntemde temel ilke, bu varsayımla hesaplanan gerilmelerin, daha önce saptanan emniyet gerilmelerini aşmamasıdır. TS 500' de betonarme hesabın taşıma gücü yöntemi ile yapılmasını öngörülmektedir.

2.3.1.6 Donatıların konstrüktif kurallarda göz önüne alınarak teşkili

Donatıların yürürlükte bulunan yönetmeliklerin öngördüğü şekilde konstrüktif esaslarını sağlayacak şekilde (moment kapama diyagramları, kenetlenme boyları, bindirme boyları vs.) çizimsel olarak gösterimi donatıların konstrüktif kuralları göz önüne alınarak teşkili olarak tanımlanabilir.

Özetleyecek olursak, yapıların boyutlandırılması işlemi gerçekte bir iteratif işlemdir. Çünkü betonarme yapı sistemleri monolitik olmaları nedeniyle yüksek dereceden hiperstatik, diğer biri ifadeyle çok bağlı sistemlerdir. Bu sistemlerin statik olarak hesaplanabilmesi için hesaba başlarken, hiç olmazsa taşıyıcı sistem oluşturan yapı elemanlarının kesitlerinin atalet momentleri oranları bilinmelidir. Dolayısıyla bu tür sistemlerde ön boyutlandırma önemli bir konudur.

Statik hesap sonunda elde edilen iç kuvvet dağılımları kullanılarak söz edilen iç kuvvet dağılımları kullanılarak sözü edilen kesitlerin beton basınç bölgelerin kontrolü ve donatı miktarlarının belirlenmesi söz konusu olacaktır. Bu kontrol sırasında beton kesitin yetersizliği sonucuna varılırsa kesit boyutlarının büyütülerek statik hesabın taşıyıcı elemanın yani kesit boyutları ile yenilenmesi gerekecektir. Bu işlem bütün kesitlerin kontroller sonucunda yeterli olduğu sonucu elde edene kadar sürdürülür.

Optimum kesit boyutları, yapı elemanının ilgili kesitlerinde minimum donatı civarında donatı miktarını gerektiren kesit boyutlarıdır. Hesaplanan donatı miktarı minimum donatı oranından daha küçük çıkarsa seçilen kesitin gereğinden büyük seçildiğine karar verilerek kesit küçültülür veya hesaplanan donatı miktarından maksimum donatından daha büyük çıkması durumunda ise seçilen kesitin gereğinden küçük seçildiğine karar verilerek kesit büyütülür ve statik hesap yenilenir.

Çekme bölgesinde betonun çatlamış bir betonarme elemanda lineer olmayan davranış nedeniyle iç kuvvetlerin kesit tesirlerinden elde edilmesi olanaksızdır. Kiriş mesnet bölgeleri, tekil yükler civarı, öngerilmeli betonarme kirişlerde kablo kuvvetlerinin tatbik bölgeleri gibi statik süreksizlik bölgelerinde, çerçeve köşeleri, eleman boyut değişim bölgeleri gibi geometrik süreksizlik bölgelerinde ve inceltilmiş uçlar gibi hem geometrik hem de statik süreksizliğin bulunduğu bölgelerde çok eksenli gerilme durumu mevcut olup bu bölgelerde iç kuvvetlerin alışagelmiş yöntemlerle hesabı olanaksızdır. Açıklanan nedenlerle betonarme bir elemana, doğru donatının yerleştirilebilmesi için bu yapı elemanın kendisine etki edebilecek olası yüklemeler etkisinde (zati ağırlık, hareketli yükler, ısı değişimi vb.) şekil değiştirme durumunun bilinmesi gerekir. Diğer bir deyişle taşıyıcı sistemde özellikle betonun çatlamış konumu için kuvvet akışının bilinmesi önemlidir.

Betonarme, beton ve çelikle oluşturulan karma (kompozit) bir yapı malzemesidir. Betonun çekme dayanımının basınç dayanımına göre çok küçük olması nedeniyle bu zayıflığın betonarmede çelik donatı ile giderildiğinden bahsetmiştik. Ancak, donatının, statik hesabın sonucu olarak elde edilen çekme gerilmelerini taşımanın yanında sargılama, basınç gerilmesi taşıma ve çatlak oluşumunu kontrol etmek gibi aynı derecede önemli başka işlevleri de vardır.

Tekrar betonarmeye dönecek olursak, sıvı tutucu yapılarda çatlaklar çok daha önemli olmaktadır. Yönetmelikte verilen çatlak sınır değeri aşıldığında sızdıran bir sıvı oluşacağından, artık yapının dayanım yönünden ayakta kalması pek bir şey ifade etmez. TS 500’de kullanılabilirlik sınır durumuyla ilgili olarak eğilme etkisindeki elemanlarda işlevi güçleştirecek, görünüşü etkileyecek düzeyde oluşmaması için Çizelge 2.3’ de izin verilen en büyük sehim değerleri verilerek sehim kontrolü koşulu sağlanması istenmektedir.

Çizelge 2.3: Eğilme etkisindeki elemanlarda sehim sınırları

Eğilme Elemanı ve Yeri	Sehim Nedeni	Açıklık/Sehim
Bölme Duvarsız Çatı Elemanları	Hareketli yüklerden oluşan ani sehim	ln/ 180
Bölme Duvarsız Normal Kat Elemanları		ln/ 360
Bölme Duvarları çatı ve normal kat elemanları (büyük sehimden etkilenebilecek elemanları olan)	Sürekli yüklerden oluşan toplam sehim ile hareketli yüklerin geri kalan bölümünden oluşan ani sehim toplamı	ln/ 480
Bölme Duvarları çatı ve normal kat elemanları		ln/ 240

Betonarme yapı elemanları için gerekli olan donatının doğru hesaplanması kadar doğru yerde ve biçimde konması da önem taşır. Yapının dayanımını sağlayan donatı, miktarının yeterli ile değil etkin olan donatı miktarının yeterliliği ile belirir. Yeterli donatı da yani etkin donatı, gerekli yerde, doğru biçimde ve yeterince kenetlenmiş donatı olarak tanımlanabilir.

Bunun dışında donatının korozyonuna sebep olabilecek çatlakları önlemek içinse Çizelge 2.4’de verilen çatlak kontrolü koşulunun sağlanması gerekmekte veya

nervürlü donatı kullanıldığında betonarme elemanları çekme bölgelerinde minimum donatı koşulları sağlandığında ve donatı aralıklarının 200 mm’i aşmadığı ve zararlı çevre koşullarının bulunmadığı durumlarda, tüm bu koşulların sağlanması ile çatlak kontrolü yapılmayabileceği belirtilmektedir.

Çizelge 2.4: Çatlak genişliği sınırları.

Ortam	W_{max}
Yapı İçi Normal Çevre Koşulları	0.4 mm
Yapı İçi Nemli ve Yapı Dışı Normal Çevre Koşulları	0.3 mm
Yapı Dışı Nemli Çevre Koşulları	0.2 mm
Yapı İçi ve Dışı Agresif Çevre Koşulları	0.1 mm

Daha önce de bahsedildiği gibi betonarme bir yapının çelik yapıya göre avantajlarından biri olan rijitliğin, yapılara ömrü boyunca etkiyen yatay kuvvetlerin yapılarda meydana gelen yanal yer değiştirmelerin hesaplanabilmesi için önemi büyüktür. Ayrıca yapının rijitliği artırılarak katların birbirlerine göre rölatif kat ötelemeleri sınırlandırılabilmektedir.

Betonarme ile ilgili diğer bir kavram olan bir adı “düktilite” olan süneklik ise dayanımda önemli bir azalma olmadan, büyük deformasyonlar yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır.

Depremlerde hasar gören yapılarda gözlenen en büyük kusur yapılarda sünekliğin sağlanmamış olmasıdır. Sünekliğin sağlanması için kolon, kiriş ve perdelerde sargı bölgelerinde sık bir sargı oluşturmak gerekmektedir. Sünekliği etkileyen diğer faktörler ise çekme donatı yüzdesi (Artıkça süneklik azalmakta), aynı yükseklik için basınç donatısı (Artıkça süneklik artmakta) ve normal kuvvet oranıdır. (Artıkça süneklik azalmaktadır) (Özer, 2008).

Eğilmeye maruz bir betonarme elemanda kesitteki donatı miktarının çok fazla olması, çekme donatı gerilmesi akma sınırına ulaşmadan önce, basınç bölgesindeki beton liflerinin aniden ezilmesine böylelikle gevrek kırılmaya neden olmaktadır. Tehlikeli gevrek kırılma riskinin azaltılması için beton hesap basınç dayanımının küçük tutulması gerekmektedir.

Gevrek kırılmanın tersi olan sünek kırılmada ise; 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 gerçekleşir. 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 (Ersoy ve Özcebe, 2001).

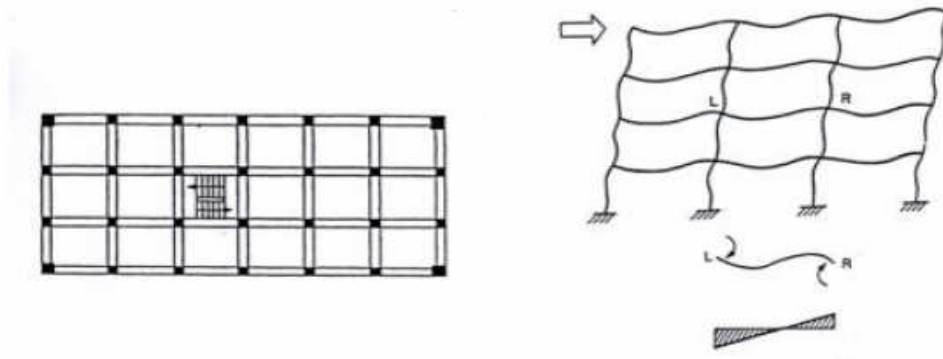
2.4 Betonarme Yapı Sistemleri

Betonarme olarak inşaatı yapılmış pek çok sayıda binaya rastlamak mümkündür. Taşıyıcı sistemi betonarme olan binalar, köprüler, istinat duvarları, tüneller, sıvı hazneleri bunlardan en çok karşılaştıklarımızdır.

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. Aşağıda çeşitli betonarme yapı sistemleri belirtilmiştir.

2.4.1 Çerçevesel betonarme yapı sistemleri

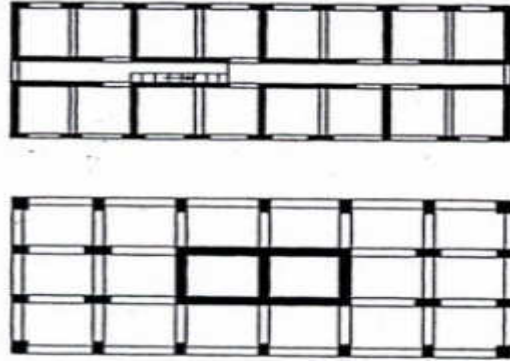
Çerçeveler kolon ve kirişlerden oluşan düzlemsel taşıyıcılardır. Eğer bina içinde çerçeveler rijitleyici yapı elemanı olarak ele alınacak olursa kiriş boyutları çoğu kez sorun yaratır. Genellikle bu tip çerçeveleri duvarlar boyunca teşkil etmek mümkün olabilir. Yüksek düzeyde plastik enerji tüketme kapasitesine sahip olabilmeleri için, bu tip betonarme yapı sistemlerinin donatı yerleşimlerine ve boyut ayrıntılarına hem tasarımda hem de yapım sırasında büyük önem vermek gerekmektedir. Bu tür yapıları deprem tehlikesinin az olduğu bölgelerde yapmak daha uygun olmaktadır.



Şekil 2.5: Çerçeve sistemi ve davranışı.

2.4.2 Perde duvarlı betonarme yapı sistemleri

Bu tür sistemlerde, yatay yükler etkisinde bileşke momentin büyük ölçüde perdenin başlarındaki normal kuvvetler tarafından karşılanmaktadır. Çerçeve yapılarına göre süneklikleri daha azdır. Hafif ve orta şiddetteki depremlerde yatay yer değiştirmeleri çok sınırlıdır (Aka ve Altan, 1992).



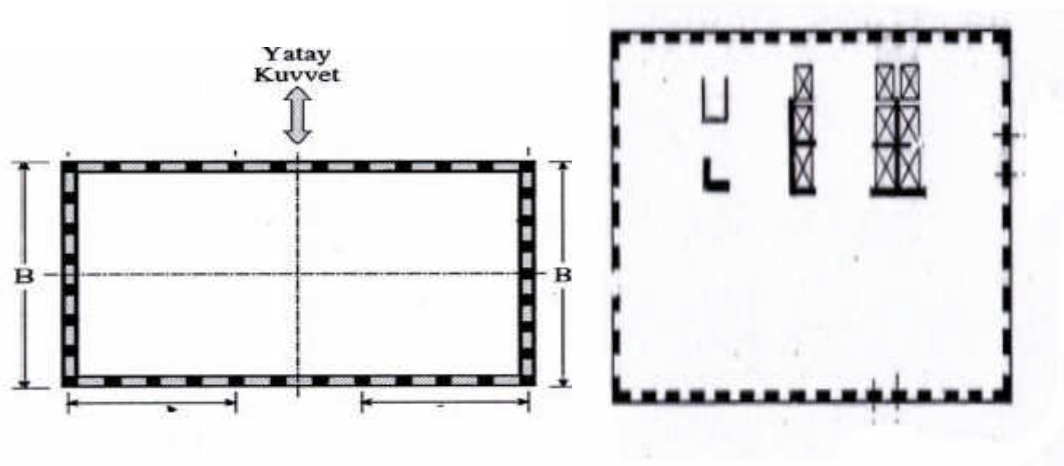
Şekil 2.6: Perdeli bir betonarme yapı sistemi.

2.4.3 Perde duvarlı ve çerçeve betonarme yapı sistemleri

Hem perde hem de çerçevenin olduğu betonarme yapı sistemlerdir. Çerçeve ve perdelerin birlikte kullanılması yatay yüklerin taşınması için en uygun formdur. Perde-çerçeve yapılarında perde duvarların yatay yük taşımadaki etkinliği temellerin ankastrelik durumuna bağlıdır. Temellerde ankastrelik özelliği yeterince sağlanamamış ise perdelerin depremden aldığı yük daha da azalmaktadır. Aynı şekilde perdeyi çerçeveye bağlayan “bağ kirişleri” de ne kadar rijitse perde duvarın yatay yüklerden alacağı pay da o kadar artmaktadır. Bu tür yapılarda perde, yatay yük olan depreme karşı birinci dereceden savunma çizgisidir.

Binalarda merdiven evlerinin, büyük teknik donanım bacaları ve asansör boşluklarının etrafı duvarlarla kaplı oluşu için bu duvarlar betonarme perde olarak teşkil edilirse diğer yatay yük taşıyan elemanlarla birlikte yatay yüklerin taşınmasında yardımcı olurlar. Yüksek yapıda bodrumların hem yan duvarları hem de tavan döşemesi rijit teşkil edilmişse perdeler bodruma rijit veya elastik olarak bağlanırlar. Aksi halde perdeler yüklerini doğrudan doğruya zemine aktarırlar. Bacalar ve merdivenkovalarında düzenlenen perdeler bir tüp (çekirdek olarak isimlendirilir) teşkil ederler (Aka ve Altan, 1992).

Perde duvarlı çerçeve yapılar, ekonomik yapılardır. Salt çerçeve yapılarında gereken süreklilik 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 çerçeve yapılarında ise perdeler hem duvarlarda gizlenebilmekte hem de kolon kiriş boyutları küçülmekte ve eleman donatıları da sıkışıklığa yol açmayacak miktarda konulmaktadır (Bayülke, 2001).



Şekil 2.7: Tüp sistemlere örnekler.

2.5 Derzler

Taşıyıcı sistemlerde sürekliliğin yararlı olduğu, temelden çatıya kadar bir bütün olarak davranışın olumlu etkileri tartışılmazdır. Sınırlı büyüklükteki yapılarda, sıcaklık değişmesi, büzülme (rötre), temeldeki farklı oturmaların oluşturduğu etkiler ikinci mertebe kaldıklarından güvenlik katsayıları ile karşılandıkları kabul edilerek hesaplarda göz önüne alınmayabilir. Ancak yapının boyutları büyüyünce, temel zemini zorlayınca bu ikinci derecedeki gerilmeler tehlike yaratacak değerlere çıkabilir. Zorlanmalardan meydana gelen kuvvetlerin büyüklüğü, şekil değiştirmelere ve onların öteki yapı elemanları tarafından engellenmesine bağlıdır. Yapıyı derzlerle parçalara ayırmak, uygun yerlerde bağlantıyı, sürekliliği kesmek; sıcaklık değişmesi, büzülme, temelde farklı oturmalar gibi etkilerin istenen ölçüde küçük kalması için yeterli olur (Aka ve Altan, 1992).

Yapının çeşitli bölümlerinin birbirinden bağımsız hareket etmesine imkân veren bu kesimlere “Ayrırma Derzi” ya da “Hareket Derzi” adı verilmektedir.

Derzlerin birbirinden uzaklıkları, yapım biçimleri her yapı için özelliklerine göre ayrı ayrı kararlaştırılır. Ancak derzlerin yapılma nedenleri aşağıdaki gibidir.

1. Sıcaklık değişmesi ve büzülmeden oluşan etkiler,
2. Yangın tehlikesi bulunan yapılar,
3. Temel türü veya zemin koşullarının değişmesi dolayısıyla beklenen farklı oturmalar,
4. Makinelere veya başka nedenlerle oluşan titreşimlerin bölgesel kalmasını sağlamak,
5. Yapıyı deprem sırasında kendi içinde az zararlı titreşim yapabilecek bölümlere ayırmak.

2.5.1 Derzlerin birbirinden uzaklıkları

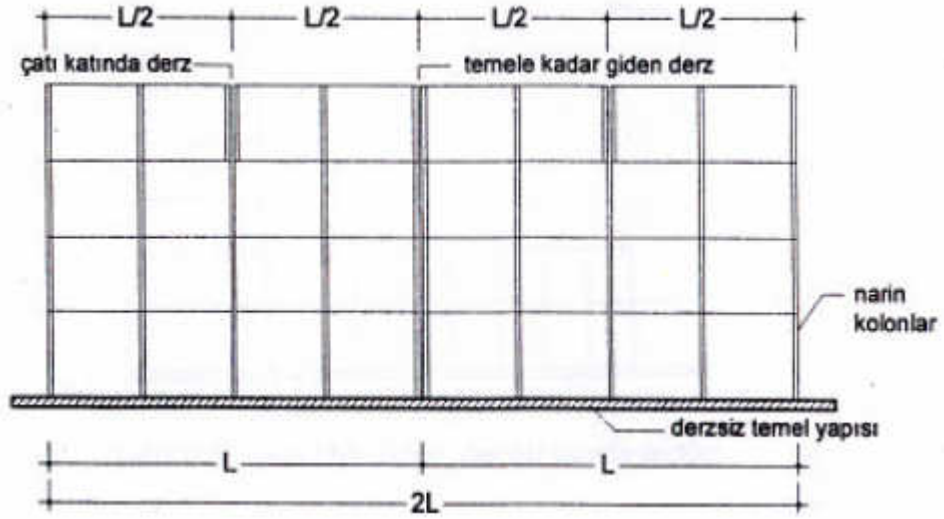
Yapının planda her doğrultuda, boyları belli sınırlar içinde kalan bloklara ayrılması ile genleşme ve büzülme etkilerinin zararsız büyüklükler olması sağlanabilir. Etkiler çok ve değişik olduklarından blok boyları için tek bir değer vermek mümkün değildir.

Binanın bütün katlarında aynı değerle bir genleşme olduğu kabul edilirse, temeldeki uçları sabit kalan, temelle onun üstündeki ilk kat döşemesi arasındaki kenar kolonlar en çok zorlanan elemanlar olacaktır. Kolonların narinliği, rijitliklerinin simetrik olması, yapının dış etkilere karşı korunması (sıcaklık değişmesinin az olması) önemli etkilerdir.

Narin kolonlar üzerinde, sıcaklık değişmelerine karşı korunmuş, simetrik rijitlikli bir iskeleti bulunan temelde farklı oturmalar beklenmeyen bir yapıda derzler 40-45 m ara ile düzenlenebilir. Genel olarak derz aralıklarının 30 m’ yi aşmaması ve dış etkilere açık olan yapılarda, örnek olarak stadyum tribünleri, saçaklar gibi daha da küçük tutulması uygun olmaktadır. Yangın tehlikesi fazla olan yapılarda yangın sırasındaki yüksek sıcaklık etkisini sınırlı tutmak için blok boyları 30 m’ yi aşmamalıdır.

Rijit elemanı kenarda olan bir yapı elemanının boyunun genleşme bakımından simetrik rijitlikli olanın iki katı gibi olacağı ve bunun yanında, simetrik olsa bile iki

kenarda rijit eleman bulunan bir yapıda boy değişikliği engellendiğinden fazla uzun yapılmaması gerekmektedir. Şekil 2.8’de genleşme (dilatasyon) derzlerinin kademelendirilmesi gösterilmektedir (Aka ve Altan, 1992).



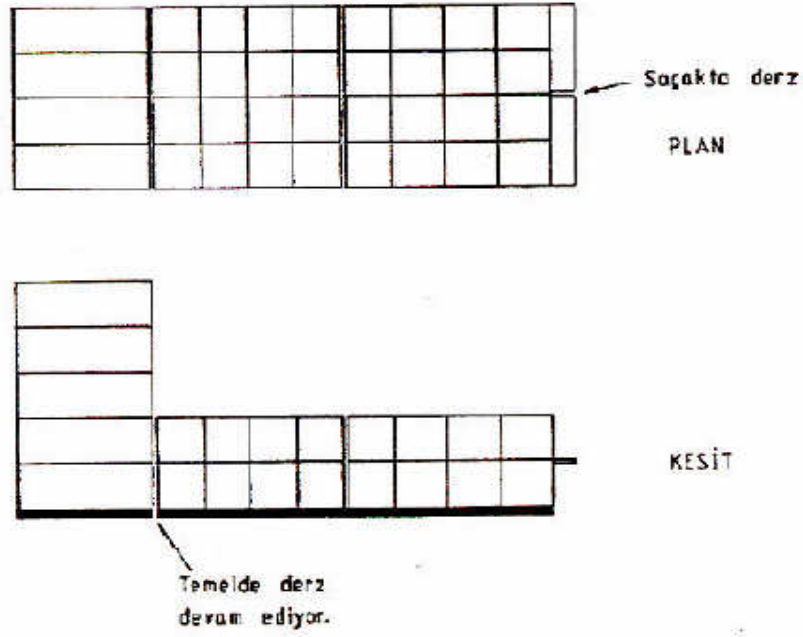
Şekil 2.8: Bir betonarme iskelette derzlerin kademelendirilmesi

Birbirinden ayrılan bloklarda farklı oturmalar beklenmiyorsa, sıcaklık değişmesi ve büzülmeden çok az etkilenecek olan temel derzsiz yapılmalıdır. Yan yana iki bloğun temelini ayırmak çeşitli güçlükler çıkaracaktır.

Çeşitli zemin şartları ya da sıkışabilen zemin üzerinde çok farklı yükler ve temel sistemleri yüzünden farklı oturmalar beklenen yerlerde, yapıyı boyutlarına bakmaksızın değişikliklerin olduğu yerlerde derzlerle ayırmak ve bu ayırmayı temelde de devam ettirmek zorunlu olur.

Derzler yapısal ve ekonomik sakıncalar doğurduklarından bunların gerektiği kadar çok, fakat elden geldiği kadar az düzenlenmelerine çalışılmalıdır.

Genleşme, temel ve deprem şartlarına uygun olarak düzenlenmiş derzlere örnek şekil 2.9’da verilmiştir. Yükleri fazla olan yüksek kısım boyuna bakılmaksızın temelde de devam eden bir derzle ayrılmış, ancak bloklar boyları nedeniyle üst yapıda derz yapılarak ortak bir temele oturtulmuş ve konsol saçak dış etkilere açık olduğundan bağlı olduğu blokta bulunmayan bir derzle bölümlere ayrılmıştır.



Şekil 2.9: Temel ve deprem şartlarına göre düzenlenmiş derzler

2.5.2 Yapım özellikleri

Derzler yalnız taşıyıcı elemanlarda değil, bir elemanda varsa onun taşıdığı bütün elemanlarda (sıva, boya dahil) bulunmalıdır.

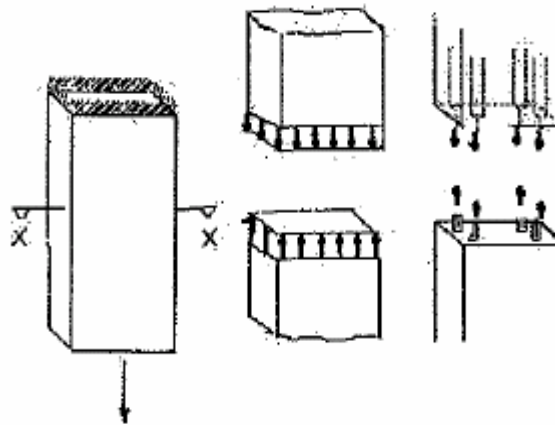
Derzlerin genişliği hareketi sağlayacak ölçüde, yalıtım bakımından da minimum olmalıdır. Genellikle deprem bakımından yeterli ise 3 cm genişlikteki bir derz uygundur. Büzülme dolayısıyla başlangıçta derzde bir açılma beklenir. Beton dökme sırasındaki sıcaklık da önemlidir. Sıcak havada yapılan betonlama daha sonra büzülme ile birleşen bir hacim küçülmesi olacaktır. Blokların hareketi sırasında derzlerin çevresindeki elemanlarda çarpma, sürtünme etkisiyle kırılma olmaması için keskin köşeler pah yapılarak ya da çelik elemanlarla korunmalıdır.

Yapının bütünlüğünü sağlamak için derzlerin kapatılacağı göz önüne alınarak detaylar önceden belirlenmeli ve gereken önlemler alınmalıdır (Aka ve Altan, 1992).

3. BETONARME ELEMANLARDA DAVRANIŞ ŞEKİLLERİ

3.1 Çekme Etkisi

Eğer herhangi bir yapı elemanı, kendi aksına paralel doğrultuda kuvvetler ile zorlanmakta ise bu yapı elemanı çekme etkisi altındadır. Yapılarda basit çekme etkisine genellikle silo ve sıvı depolarında, gergili sistemlerin elemanlarında rastlanmaktadır. En küçük çekme gerilmesinde bile betonarme yapı elemanında, beton olan kısım çatlama gösterecektir (Aka ve Altan, 1992).



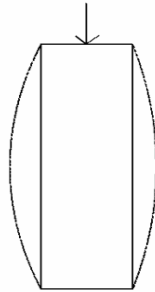
Şekil 3.1: Çekme etkisindeki elemanlarda gerilme dağılımı.

Donatısı simetrik yerleştirilmiş bir betonarme kesitte betonu çatlatmayacak 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 çatlakları, eleman eksenine dik olarak elemanı çepeçevre sarmaktadır. Eksenel çekme altındaki elemanlarda en az gevrek kırılmayı önleyecek kadar donatı bulundurulmalıdır. Minimum donatı olarak adlandırılan donatı çatlama dayanımı, çatlak sonrası dayanımına eşitlenerek bulunabilir (Ersoy ve Özcebe, 2001).

3.2 Basınç Etkisi

Herhangi bir yapı elemanı, kendi aksına paralel doğrultuda basınç gerilmesi uyguluyorsa, o yapı elemanı basınç etkisi altındadır. Elemanın enkesitine tesir eden basınç kuvvetleri enkesitin bütün liflerindeki (beton ve çelik dahil) eşit kısaltmalar meydana getirmektedir.

Çekme etkisindeki bir yapı elemanının eğilme rijitliği aranmamasına karşın, basınç etkisindeki elemanların eğilme rijitliği burkulmaya karşı dirençli olması açısından önemlidir. Basınç etkisindeki bir kolonun deformasyon hali şekil 3.2’de gösterilmiştir.



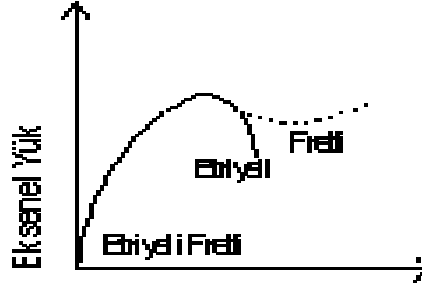
Şekil 3.2: Basınç etkisindeki kolonun deformasyon hali.

Basınç taşıyan elemanlar için en basit örnek, kolonlar olarak gösterilmektedir. Kolonlar, basınç taşıyan elemanlar olduklarından, boyutları ayarlanarak tüm aksenal yükü betona taşımak ve böylece donatısız kolon yapmak ilk bakışta mantıklı görülebilmektedir. Ancak kolonlarda büzülme ve sünme deformasyonları ve olası kolonlarda eğilme momentleri göz önünde bulundurularak, yönetmeliklerde donatısız kolon yapılmasına izin verilmemektedir.

Kolona uygulanan basınç kuvveti sonunda enine genişleme yönünde deformasyon yapacaktır. Bunu engelleyebilmek için yatay etriyeler düzenlenmesi gerekir. Etriyelerin sık olmadığı betonarme bir basınç elemanda beton dayanımının kaybedilmesiyle, boyuna donatıların burkulmaları meydana gelir. Bu konuda yapılan deneyler, etriye ve firetli elemanlarda farklı davranışların oluştuğunu göstermiştir.

Etriyelerin ve firetin dışında kalan beton kısmının, dayanımını kaybetmesi ve dökülmesiyle kolonun taşıdığı yükte bir azalma oluşmaktadır. Firetli olan elemanda

firet sebebiyle boyuna donatıların burkulması önlenmekte ve boyuna kısaltmalar ve enine genişlemeler artmaktadır. .Bu sebeple Şekil 3.3’ de gösterildiği gibi dayanımda ve süneklikte artış sağlanmaktadır (Celep ve Kumbasar 2001).



Şekil 3.3: Enine donatılı elemanda eksenel yük- kısalma eğrileri.

3.3 Kesme Etkisi

Yapı elemanının eksenine dik doğrultuda etkiyen yatay kuvvetler, elemanda kesme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Kesme kuvvetine maruz betonarme yapı elemanlarının dayanım hesabı kayma gerilmeleri esas alınarak yapılır (Aka ve Altan, 1992).

Betonun kayma ve basınç dayanımı çekme dayanımından yüksek olduğundan, basit kayma durumunda kırılma, asal çekme gerilmeleri nedeniyle oluşur. Asal çekme gerilmeleri, kayma gerilmelerinin etkidiği yüzeye 45 derecelik açı yapan bir düzlem üzerinde etkiyeceğinden kırılma, asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşan eğik bir çatlakla meydana gelir. Bu tür çatlama eğik çatlak olarak adlandırılabilir. Asal çekme gerilmeleri nedeniyle oluşan bu tür çatlaklar son derece tehlikelidir ve ani kırılma dediğimiz gevrek kırılmaya neden olabilir.

Kayma donatısı bulunmayan elemanların kesme etkisinde kırılmaları bu tür ani ve gevrek olur. Bu tür kesme kırılması oluştuğunda eleman eğilme kapasitesine ulaşamaz. Bu nedenle, kayma noktası yetiştirilen betonarme elemanda, sözü edilen eğik çatlaklar kılcal düzeyde kalarak, elemanın eğilme kapasitesine erişmesini sağlayacaktır (Ersoy, 1987).

Günümüz yönetmeliklerinin birçoğunda, 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 kesme dayanımının, tasarım kesme kuvvetinden büyük veya eşit olması gerekmektedir. Ayrıca minimum etriyelerin bulundurulması zorunludur (TS 500, 2000).

3.4 Eğilme Etkisi

Kesitte pozitif eğilme momenti etkisiyle üst bölümde basınç ve alt bölümde çekme gerilmeleri meydana gelecektir. Betonun çekme dayanımının çok küçük olması nedeniyle eğilme momentinin küçük değerinde bu dayanıma ulaşılır. Kesitin en alt bölümündeki gerilmeler çatlama sonucu kaybolur. Alt bölümün kesitin tarafsız eksenine yakın kısımlarında çekme dayanımından küçük çekme gerilmeleri bulunabilir. Ancak değerlerinin diğer gerilmelere göre çok küçük olması ve tarafsız eksene yakınlıkları nedeniyle ihmal edilirler. Bu durumda kesitte çekme gerilmeleri sadece altta bulunan donatılarda meydana gelir.

Tarafsız eksenin üst bölümünde ise betonda basınç gerilmeleri oluşur. Çekme gerilmelerinin karşılanması için alt bölümünde bulunan donatılar eğilme momentine katkılarının büyük olması için tarafsız eksenden uzakta en altta yerleştirilmelidir.

Elemana yerleştirilecek donatının miktarı, oranı, konumu ve düzeni, etkiyen yüke de bağlı olarak betonarme elemanın davranışını değiştirecektir.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda donatı oranına bağlı olarak basınç kırılması, çekme kırılması ve dengeli kırılma olmak üzere üç tür kırılma görüldüğünü belirtmektedir (Doğangün, 2002).

Betondaki ezilme ile donatıdaki akma olayını aynı anda oluşmasıyla meydana gelen kırılma gevrek kırılma olup, “dengeli kırılma” adını da alır. Bunu neden olan donatı oranı ise dengeli donatı olarak adlandırılır. Kesit malzemelerinin tam kapasitelerinin

kullanılması ve dolayısıyla optimum kesit olmasına rağmen, bu tür istenen bir davranış değildir.

Donatı akma sınırına ulaşmadan beton ezilmesinin meydana gelmesi durumuna da “basınç kırılması” adı verilir. Bu davranışta donatıda meydana gelen uzama, akma dayanıma karşı gelen uzamadan az iken beton maksimum birim kısalmasına ulaşmıştır. Ani olarak meydana geldiği için kırılması istenmeyen davranıştır. Donatı oranı olarak bu tür elemanlarda denge üstü donatı bulunmaktadır.

Beton ezilmeden önce donatı akmasının oluşması, yani beton ezilme birim kısalmasına ulaşmadan önce donatıdaki birim uzamada, akma dayanımına karşı gelen birim uzamayı aşması sonucu betonun birim kısalmasının sınır değerine ulaşınca kadar donatıdaki birim uzama artmaya devam eder. Bu tür kırılma “çekme kırılması” adını alır ve sünek kırılma davranış biçimidir. Bu tip elemanların donatı oranı ise denge altıdır.

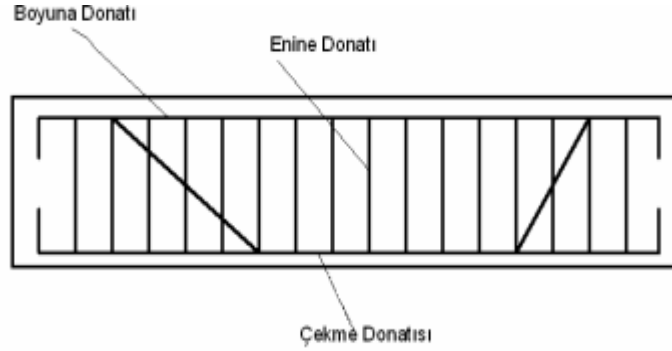
3.5 Eğilme ve Kesme Gerilmelerinin Karşılaştırılması

İnşaat mühendisi, herhangi bir yapıyı projelendirirken betonarme kesit hesabı yapmalıdır. Bu kesit hesabı sonucunda, 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 olacağını ve ne gibi deformasyona sebebiyet vereceği bilinmelidir.

Herhangi bir yapı elemanında eğilme momentinin en üst düzeyde olduğu zaman kesme kuvvetinin etkisinin çok düşük düzeyde olacağı bilinmektedir ya da tam tersi durumlar olabilmektedir.

Örnek olarak bir kiriş elemanını ele alacak olursak, bunun mesnet bölgesindeki kesitte kesme kuvvetinin minimum olacağı bilinmektedir. Şekil 3.4’ de kesme kuvveti için etkili donatı düzeni gösterilmektedir. Bu şekilde kesme kuvvetinin, 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 bölgelerindeki farklı karakterdeki kesit tesirlerine (eğilme ve kesme kuvveti etkinse) cevap verilebilmektedir.



Şekil 3.4: Kesme kuvveti için etkili donatı yüzeyi.

3.6 Burulma Etkisi

Betonarme yapılarda burulma bu tür sistemlerin monotonik olma karakterinden genelde ortaya çıkmaktadır. Burulma momenti çubukta kayma ve dolayısıyla çekme gerilmeleri meydana getirdiğinden taşıyıcı sistemleri düzenlenirken bu etkiden mümkün olduğunca kaçınılması gerekir.

Burulmalar betonarme sistemlerde iki farklı şekilde oluşmaktadır. Sistemin dengede kalması için gerekli olan burulma momenti, denge burulmasıdır. Örnek olarak, konsol merdiven basamaklarını taşıyan kiriş bu görevi yapabilmek için, burulma momentine dayanıklı olmalıdır. Yani, kirişte meydana gelen burulma momentleri dengeyi sağlamak için gereklidir. Buna karşılık, burulma momentleri karşılanmasa bile sistem dengede kalabiliyorsa buna da “uygunluk burulması” adı verilir (Aka ve diğ., 2001).

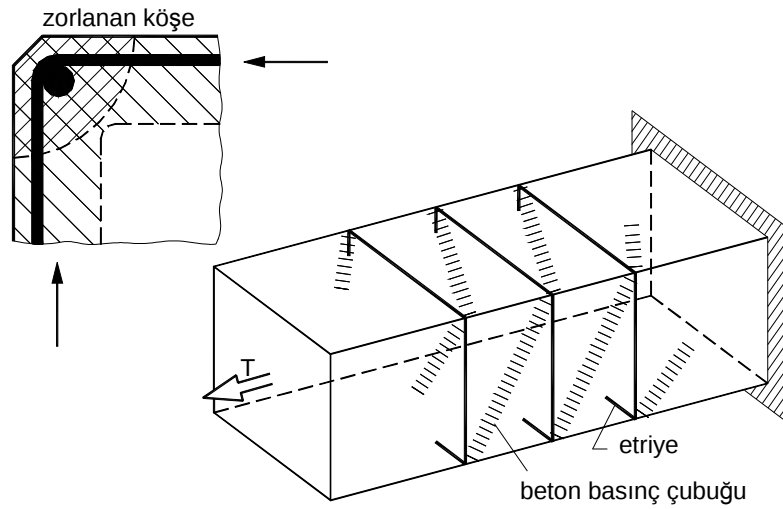
Çatlamanın belli bölgede ortaya çıkmasıyla kesitin davranışı tamamen değişecektir. Burada helisel çekme çatlağı dışında, kesitin diğer tarafında ayrılmayı oluşturan basınç ezilmesi de bulunmaktadır.

Betonun çekme dayanımına ulaşıldığında betonarme elemanın güç tükenmesine geldiği için oluşarak kırılma istenmeyen davranış biçimi şeklinde ani ve gevrek olacaktır.

TS 500(2000)' de belirtildiği gibi, burulma, kesme ve eğilme altında zorlanan yapı elemanlarında oluşacak asal çekme gerilmeleri, yeterli donatı ile karşılanmalı, asal çekme gerilmeleri ise, gövdede ezilme oluşmayacak bir düzeyde tutulmalıdır.

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.

Şekil 3.5' de burulma momenti etkisindeki elemanın davranışı ve donatı düzeni görülmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 3.5: Burulma momenti etkisindeki eleman davranışı ve donatı düzeni

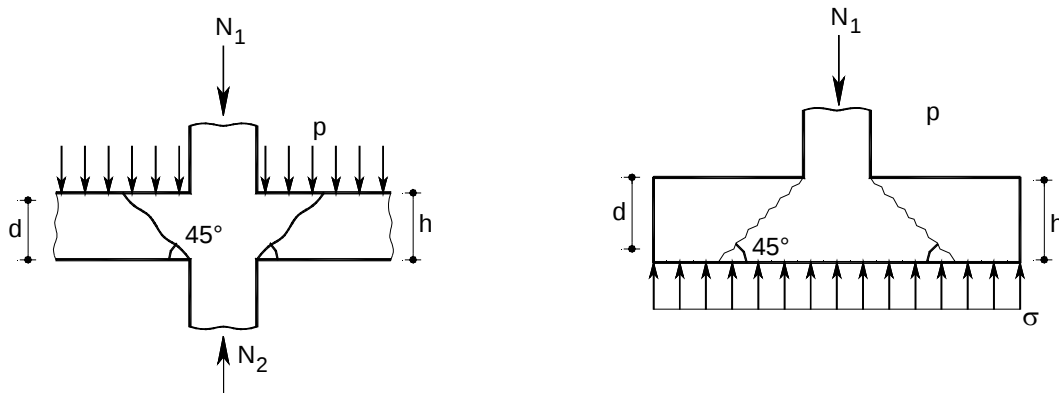
Burulma etkisindeki elemanın davranışının kontrol edilmesi ve dayanımının artırılması için helisel şekilde ortaya çıkan asal çekme gerilmeleri doğrultusunda donatı yerleştirilebilir. Ancak burulma momentinin yer değiştirmesi ile çekme gerilmeleri ile basınç gerilmeleri yer değiştireceğinden bu şekilde yerleştirilen donatının hemen hemen dayanıma hiçbir etkisi olmaz. Bunun yerine asal çekme gerilme yörüngesine yaklaşık 45 derece açı yapan boyuna ve enine donatıların kullanılması betonarme elemanların davranışı açısından daha olumlu olacaktır.

3.7 Zımbalama Etkisinde Davranış

Betonarme yapılarda plak türünden elemanlar ile kolon türünden elemanlar birbirine yük aktarırken, önemli kayma gerilmeleri ortaya çıkar. Bu tür gerilme durumu

karşılanmadığında söz konusu bölgelerde eğik çekme gerilmesinin etkisiyle “zımbalama” olarak adlandırılan durum ortaya çıkarak, kolon ve plak arasındaki bağın kopmasına sebep olur. Döşeme plağının kiriş olmaksızın doğrudan kolona mesnetlenmesi durumunda kolon ve döşeme ortak düzeyinden döşemeye gelen yüklerin aktarmalarında döşeme kalınlığının ve kolon boyutlarının küçüklüğü bu birleşimi zorlayacak ve bunun sonucunda zımbalama ortaya çıkacaktır. Yalnız, kirişsiz döşemelerdeki zımbalama bir katın çökmesine veya alt kata ani uygulayacağı yüklerle taşıyıcı sistemin tamamen çökmesine sebep olabilirken, temellerde ise taşıyıcı sistemde tamiri çok zor hasara, hatta sistemin kullanılmaz duruma gelmesine sebep olabilir. Her ikisinde de güç tükenmesi ani ve gevrek olduğundan zımbalama kaçınılması gereken bir durumdur (Celep ve Kumbasar, 2001).

Şekil 3.6’ da bu tür zımbalama olayının meydana gelebileceği iki yer gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Kirişsiz döşeme ve temellerde zımbalama

Döşeme plağının kiriş olmaksızın doğrudan kolona mesnetlenmesi durumunda kolon ve döşeme ortak düzeyinden döşemeye gelen yüklerin aktarmalarında döşeme kalınlığının ve kolon boyutlarının küçüklüğü bu birleşimi zorlayacak ve bunun sonucunda zımbalama ortaya çıkacaktır. Bunun dışında temellerde zımbalama olayı döşemedekinin benzeri olarak oluşmaktadır. Yalnız, kirişsiz döşemelerdeki zımbalama bir katın çökmesine veya alt kata ani uygulayacağı yüklerle taşıyıcı sistemin tamamen çökmesine sebep olabilirken, temellerde ise taşıyıcı sistemde tamiri çok zor hasara, hatta sistemin kullanılmaz durma gelmesine sebep olabilir. Her ikisinde de güç tükenmesi ani ve gevrek olduğundan zımbalama kaçınılması gereken bir durumdur (Celep ve Kumbasar, 2001).

TS 500 (2000)'e göre sınırlı bir alana yayılmış yükler veya kolonlar tarafından yerel olarak yüklenen plakların zımbalama dayanımı hesaplanarak, bunun tasarım zımbalama kuvvetine eşit veya ondan büyük olduğu kanıtlanması gerekmektedir.

Zımbalama dayanımının sağlanamaması durumunda uygulanabilecek çözümler döşeme kalınlığını arttırmak, kolon boyutlarını arttırmak, beton kalitesini arttırmak ve zımbalama donatısı kullanmaktır.

En uygun çözüm döşeme kalınlığını arttırmaktır. Sadece zımbalama için kolon boyutlarının arttırmak mimari açıdan istenmeyebilir ve beton kalitesi artırılabilir. Ancak bunun proje üzerinde yazılı olarak kalması ve uygulamaya yansıtılmaması durumunda çok tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Zımbalama dayanımını arttırmak için zımbalama donatısı kullanmak söz konusu olduğunda, uygulamalarda birbirinden farklı zımbalama donatıları kullanımı söz konusu olabilecektir.(Doğangün, 2002) Literatürde tavsiye edilen Şekil 3.7' de gösterildiği gibi farklı zımbalama donatıları bulunmaktadır (Url-3).



Şekil 3.7: Zımbalama donatısı

4. ADERANS, KENETLENME VE EKLEMELER

Betonarmenin varlığının doğrudan doğruya bağlı olduğu aderans, donatıların çevrelerini saran betona göre, eksenlerine paralel olarak katmalarına karşılık gelen çelik çubukla beton arasındaki kayma gerilmeleri (bağ kuvvetleri) olmaktadır. Kesit zorlarının beton ve çeliğin birinden ötekine geçişi aderans sayesinde gerçekleşir. Aderans çözülmediği sürece beton ve çeliğin birim şekil değiştirmeleri her noktada eşit olur. Ayrıca aderans, beton ve çeliğin genleşme katsayılarının aynı olması sebebiyle sıcaklık değişimlerinden etkilenmez. Betonarme elemanın taşıma gücünün azalmaması ve göçme olayının meydana gelmemesi için bağ kuvveti olarak tanımladığımız aderansın oluşmaması gerekmektedir.

Betonarmenin varlığı doğrudan doğruya aderansa bağlıdır. Bilindiği gibi betonarmeden beklenen davranış; çelik ve betonun beraberce yük tesirlerine karşı koyabildiği davranıştır. O halde betonarmede aderans sağlanamaz ise betonarme beklenen davranışı sergileyemeyecektir. Beton ile çelik arasındaki yük aktarımı betonarme aderans sayesinde gerçekleşmektedir. Çelik ise beton arasındaki aderans sağlandığı sürece çelik ile betonun birim şekil değiştirmeleri aynı olacaktır. Aderans, beton ile çeliğin genleşme katsayıları aynı olduğundan dolayı sıcaklık değişimlerinden etkilenmeyecektir.

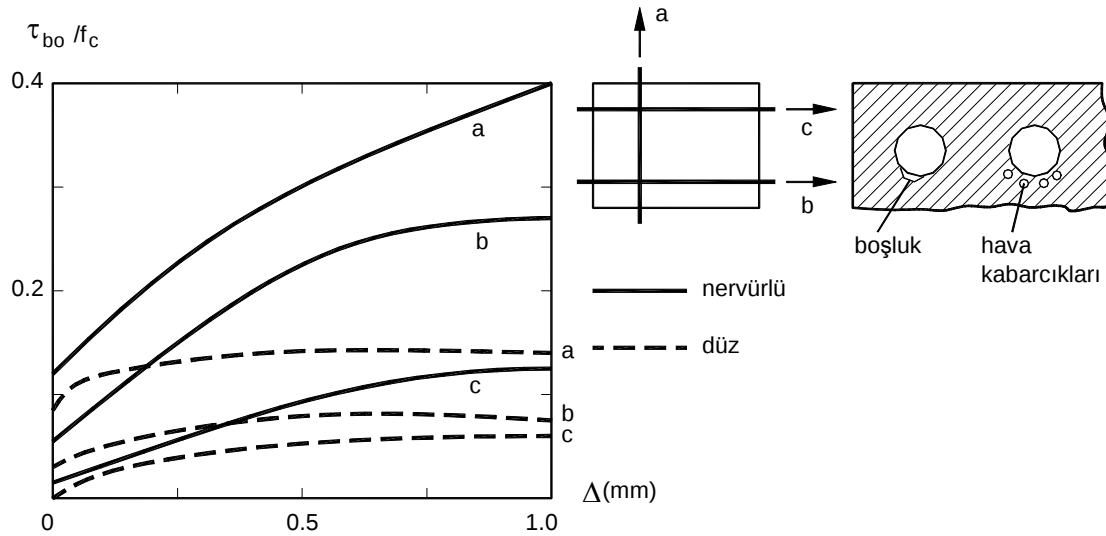
Bilindiği gibi, çelik ve betonun beraber şekil değiştirmek zorundadır. Çelik çubuğu sıyrılmadan ya da başka bir deyişle çelik betondan kaymadan; aralarında bulunmakta olan gerilme transferinin gerçekleşmesi için beton ile çelik çubuğu arasındaki gerekli aderansın sağlanmış olması gerekmektedir. Bu şekilde iki malzemenin beraber çalışması yani birinin eksikliğini diğerinin kapatması mümkün olabilmektedir (Celep ve Kumbasar, 2004).

Donatının üzerindeki pas miktarları da aderansı olumsuz yönde etkilemektedir. Donatı üzerindeki pas miktarı çok az olursa donatı ile beton arasında aderansa

olumlu etkisi bulunmaktadır. Pas miktarı çok fazla olursa aderans azalması meydana gelebilmektedir.

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

Aderans, betonarme elemanların yüklenme durumlarında yapının ne ölçüde etkilenmelerine göre sınıflandırılmaktadır. Donatı çubuklarına çekme ya da basınç tesirlerini vererek, betondan sıyırmaya çalışan bir yük durumunda aderans, ankraj (kenetlenme) sağlar. Bu çeşit bağlantıyı gerçekleştiren aderans, ankraj (kenetlenme) aderansı ya da dış aderans olarak isimlendirilir. Buna karşılık çekme veya eğilmeye çalışan ve donatı çubukları sıyrılmaya zorlanmayan betonarme elemanlarda, aderans her iki malzemenin birlikte çalışmalarını sağlar ve böylelikle elemanların çatlama durumlarını belirler. Bu şekilde çalışmayı gösteren aderansa eğilme aderansı (iç aderans) adı verilmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).

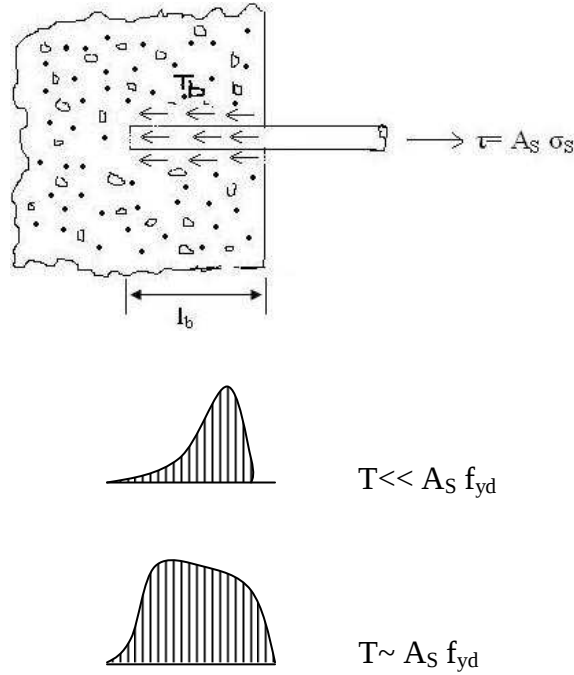


Şekil 4.1: Değişik konumlarda aderans.

4.1 Kenetlenme (Ankraj) Aderansı

Beton içine yeteri ölçüde gömülmüş olan donatı çubuğunu kesip çıkarmak mümkün değildir. Ancak gömülme boyu yeterli değilse, çubuk yüzeyinin geometrisine bağlı olarak çubuk sıyrılıp çıkabilir veya etrafındaki beton kütleyle yarabilir. Betona

gömülen çubuk boyu “kenetleme boyu” olarak adlandırılır ve bu durumdaki aderansa da “ kenetlenme aderansı” denir. Aderans hakkında yapılmış deneylerden biri olan çekip çıkarma deneylerinde, aderans gerilmelerinin ankraj boyunda şekil 4.2’ de gösterildiği gibi düzgün yayılmadığı ve dağılımın da Denklem 4.1, 4.2, 4.3’ de gösterildiği gibi birçok parametreye bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.

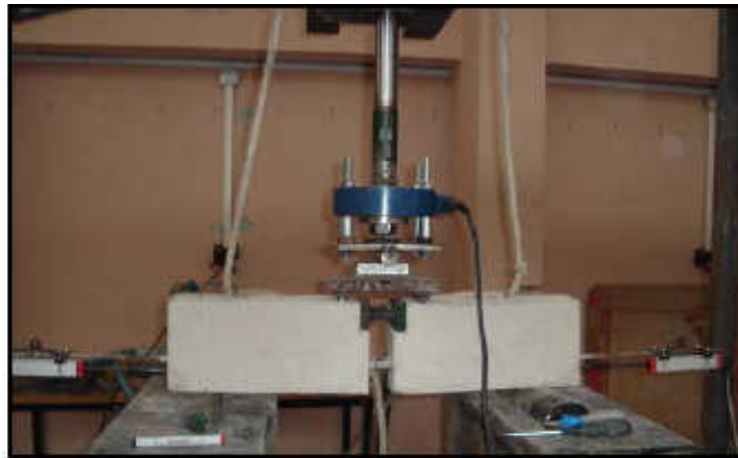


Şekil 4.2: Çekip çıkarma deneyinden aderans gerilmeleri.

Yirminci yüzyılın başından bugüne kadar, aderans dağılımının parametrelerini belirlemek için birçok deney türü geliştirilmiştir. Bunlardan en basiti merkezi çekip çıkarma (pull-out test) deneyidir. Bu deneyde, silindir ya da prizmatik beton numuneler içerisine yerleştirilen donatıya, merkezi yük uygulanarak bunların betona göre sıyrılması ölçülmektedir. Bu deney basit görülmesine karşın, numunelerde donatıya dik kesme kuvvetlerinin bulunmaması, mesnette gerilme yığılmalarının meydana gelmesi, beton örtü kalınlığının çok büyük oluşu ve betonda çekme çatlaklarının oluşmaması donatı-beton aderansı yönünden gerçek davranışı tam olarak yansıtmamaktadır. Bu nedenle merkezi çekip-çıkarma deneyi kenetlenme boyunun belirlenmesi için pek uygun olmamakla birlikte farklı sınıf donatıların betonla aderanslarının kolayca karşılaştırılması için uygun olmaktadır. Merkezi çekip-çıkarma deneylerinin yukarıda belirtilen sakıncalarını ortadan kaldırmak

amacıyla daha farklı birçok deney düzeneği geliştirilmiştir. Dışmerkez çekip-çıkarma deneyi bunlardan bir tanesidir Ersoy ve Özcebe, (2001). Bu düzenek, düşey konumda olması nedeniyle, kirişlerdeki sehimleri temsil etmemesi dışında, donatıya dik kesme kuvvetlerinin bulunması, eğilmeden dolayı çatlama meydana gelmesi, donatı civarında yerel basınç gerilmelerinin oluşmaması ve pas payının daha gerçekçi olması nedeniyle, diğer çekip çıkarma deneylerine göre daha gerçekçidir. Çekip çıkarma deneylerinin hiçbiri, eğilmeye çalışan bir elemandaki donatı-beton aderansını tam olarak temsil etmediğinden bu deneyler yerine kiriş deneyleri geliştirilmiştir. Bu deneylerden en yaygın olarak kullanılanları Texas Çıkmalı Kiriş, İngiliz Standardı, Hollanda ve Standart Belçika Mafsallı Kiriş adıyla bilinen deneylerdir Arda (1968). Eğilme durumunda aderans davranışını belirlemede kullanılan İngiliz Standardı Deneyinde, kesme kırılmalarını önlemek amacıyla çok sayıda etriye kullanılması nedeniyle aderans dayanımı ve kenetlenme boyunun doğru olarak belirlenmesi güçleştirmektedir. Yukarıda da belirtilmeye çalışıldığı gibi, kiriş deneylerinden biri de Standart Belçika Mafsallı Kiriş Deneyidir. Bu deneyin İngiliz Standardı Deneyinden farkı kirişin ortasında bir mafsalın bulunmuş olmasıdır. Bu mafsal, donatıda oluşan kuvvetin doğru olarak hesaplanmasına imkân tanımaktadır. Hollanda Deneyi ise Standart Belçika Mafsallı Kiriş Deneyine benzer bir deneydir. Bu düzende, bir numune üzerinde iki farklı donatının aderansı belirlenebilmektedir (Arda, 1968).

Şekil 4.3’de Standart Belçika Mafsallı Kiriş Deneyinin yapılış anı gösterilmektedir (Url-2).



Şekil 4.3: Standart belçika mafsallı kiriş deneyi anından bir görünüm.

$$\sum \tau_a = T \quad (4.1)$$

$$\tau_a \cdot \Omega \cdot \phi \cdot l_b = A_s \cdot f_{yd} = \frac{\Omega \cdot \phi^2}{4} \cdot f_{yd} \quad (4.1)$$

$$l_b = \frac{f_{yd}}{4\tau_a} \cdot \phi \quad (4.3)$$

Burada τ_a aderans gerilmesini, ϕ donatı çapını, A_s donatı kesit alanını, f_{yd} akma donatı gerilmesini, T uygulanan kuvveti, l_b donatının betona gömüldüğü boyu göstermektedir.

Aderans ile yapılan birçok deneylerden elde edilen değişkenlerin en önemlisi betonun çekme dayanımıdır. Buna göre denklem 4.3' ün düzenlenmesi sonucu betonun çekme dayanımına bağlı denklem 4.4 elde edilir.

$$l_b = C_o \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \cdot \phi \quad (4.4)$$

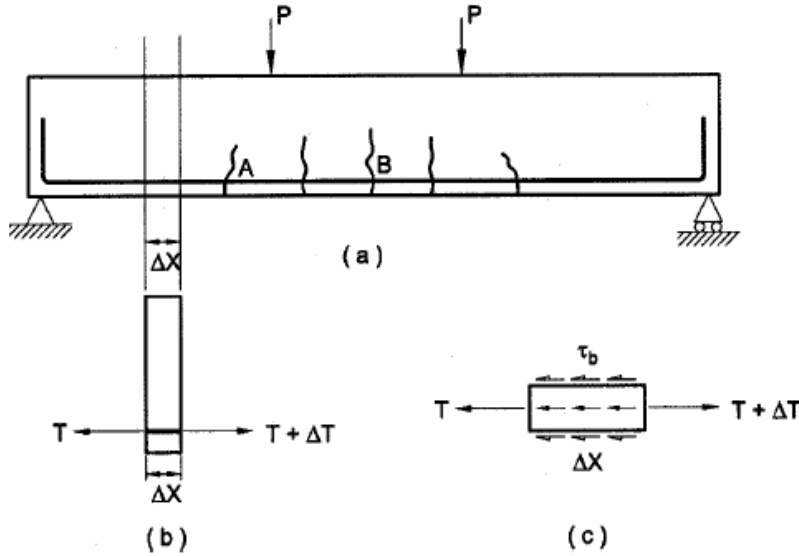
Burada f_{ctd} beton çekme dayanımını, C_o ise deneysel bir parametreyi göstermektedir. Kenetlenme aderansının dayanımı yüksek ise veya çubuğun gömülme boyu yeterli düzeyde ise, donatı akmaya başladığında sıyrılma olayı olmaz ya da donatı sıyrılmada kopabilir.

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

4.2 Eğilme Aderansı

Donatı çubuklarının sıyrılmaya zorlanma yani, sadece eğilme ve çekmeye çalışan herhangi bir betonarme elemanda aderans her iki malzemenin birlikte çalışmasını

sağlayarak elemanın sadece çatlama durumunu tayin eder. Bu çeşit çalışan aderansa “eğilme aderansı” denmektedir. (Şekil 4.4)



Şekil 4.4: Eğilme aderansı.

Çeliğin uzamasını; çatlak hizasındaki çatlak genişlikleri toplamının çubuk boyuna oranı ile çatlamamış betonun birim uzamasının toplamı vermektedir (Arda, 1968). Denge şartı gereği, Δ_x uzunluğundaki çubuk çevresinde etkili olan aderans gerilmeleri toplamı, çubuğun iki ucundaki çekme kuvvetleri farkına eşit olmalıdır.

$$\tau_b(u) \cdot \Delta X = \Delta T = \frac{\Delta M}{Z} \quad (4.5)$$

τ_b aderans gerilmesini, ΔM moment değişimini, u çubuk çevre uzunluğunu, ΔX iki kesit arası sonsuz küçük uzunluğunu göstermektedir. Bu denklem aşağıdaki gibi yazılarak eğilme aderansı bulunabilmektedir.

$$\tau_b = V / uZ \quad (4.6)$$

Yalnız yukarıda bulunan eğilme aderansı; aderans gerilmelerinin çubuk boyunca büyük değişim göstermelerinden ve çatlamanın donatıda yerel gerilme farkları doğurmasından dolayı güvenli bir sınırlama değildir (Ersoy, 1987). Ancak uygulama açısından önemli olanın aderans nedenlerinin kesin olarak belirlenmesinin olmadığı,

belirli koşullar altında güvenli bir aderans gerilmesi altında kalmak olduğu unutulmamalıdır.

4.3 Aderansın Nedenleri

Aderans olayının nedenleri henüz kesin olarak belirlenmemiş olmakla birlikte beton ve çelik arasındaki bu bağın üç temel nedene bağlı olduğu genellikle kabul edilmektedir.

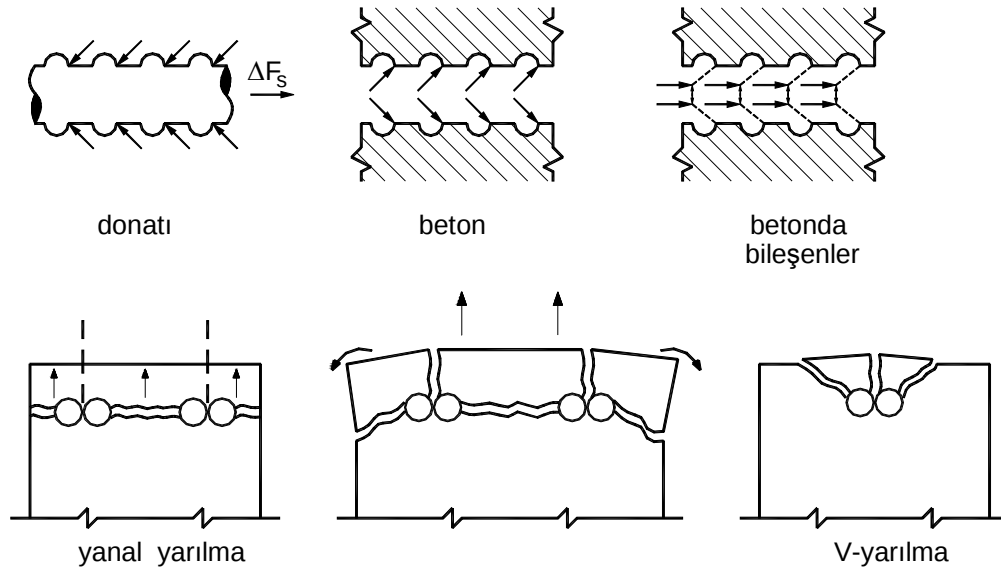
1. Çelik ve beton arasında yapışmaya neden olan molekül ve kapiler bağ kuvvetleri: Bu yapışma çok düşük değerli olup, zayıf zorlar altında, çelik ve betonun birbirlerine göre çok küçük yer değiştirmeleri sonunda kopar.

2. Beton ve çelik çubuk arasında oluşan sürtünme kuvvetleri: Yeni imal edilmiş çubukların düz yüzeylerinde bile var olan pürüzlerin betona tutunması sebebiyle sürtünme kuvvetleri oluşur. Oluşan bu kuvvetler molekül kuvvetlerden çok daha önemlidir. Düz yuvarlak çeliklerin aderansının hemen tamamı bu sürtünme kuvvetlerinden ileri gelmektedir.

3. Donatı çubuğu ve beton arasındaki mekanik dış kuvvetleri: Çubuk yöresindeki betonun makaslama ve basınç mukavemetlerini de olaya karıştıran, helisel, tek veya çok sayıda, sürekli veya süreksiz nervürlerin ve enine çıkıntılarının betona yaslanması ile oluşan kuvvetlere mekanik dış kuvvetleri denilmektedir. Bu durum aderansı geliştirilmiş dediğimiz nervürlü çelik çubuklarda ortaya çıkmaktadır. Nervürlü çubukların aderansında ilk iki nedenin etkisi ihmal edilebilecek kadar azdır ve seçilen yüzey biçimlerinin uygun olması halinde aderans önemli ölçüde artmaktadır (Yılmaz , 2006).

Nervürlü çubuk kullanılması halinde gözlenen yarılmanın sebeplerini irdelemekte yarar vardır. Şekil 4.5’de gösterildiği gibi nervürlü donatının çekilmesi halinde, nervürlerin eğimli yüzeyleri betona yaslanmakta ve bu noktalarda aderansı sağlayan eğik F kuvvetleri oluşmaktadır. Bu kuvvetlerin yatay bileşeni olan F_x kuvveti iki nervür arasında kalan beton dişi kesip kırmaya çalışır. Bu tür kırılmanın oluşmasını önlemek için donatı çubukları, üzerlerindeki nervürler arasında yeterli uzaklık olacak şekilde imal edilirler. Düşey bileşke kuvvet olan F_y kuvveti ise çubuk çevresince

betona radyal kuvvetler uygulamaktadır. Bu durumda beton, içinde basınçlı akışkan taşıyan, kalın çeperli bir boru davranışı göstermeye zorlanır. F_y kuvvetleri sebebiyle betonda oluşacak olan çekme gerilmeleri, betonun çekme mukavemetini aşması halinde F_y kuvveti yönünde oluşan radyal çekme çatlakları betonda yarılmaya neden olur. Bu şekilde oluşan kırılma mekanizmasında en etkili parametreler donatı çapı, beton kalınlığı ve betonun çekme mukavemeti olmaktadır (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 4.5: Nervürlü donatıda yarılmaya etkisi

4.4 Aderansı Etkileyen Faktörler

Aderans etkilerinin anlaşılabilmesi bakımından aderans hakkında yapılan deney ve araştırmalar sonucunda aderansın birçok parametreye bağlı olduğu belirlenmiştir. Aderansı etkileyen bazı faktörler şöyle sıralanabilir.

1. Çelik çubuğun düz yüzeyli veya nervürlü oluşu aderansı etkilemektedir. Çapları aynı olan iki çubuktan nervürlü çubuğun aderans gerilmesi, düz yüzeyli çubuğun aderans gerilmesinin yaklaşık iki-üç katı kadardır.
2. Çeliğin akma dayanımı, kenetleme boyunca adreans gerilmesi dağılımını etkilediği için aderansı çok önemli ölçüde etkilemektedir.

3. Çelik çubuğun betonlama sırasındaki konumu da diğer önemli etkindir. Aderansın iyi olabilmesi için betonun çubuğu iyice sarması gerekir. Üst kısım betonun iyice sıkıştırılamaması, üst çubukların altındaki beton oturmasının alt çubuklara nazaran daha fazla olması aderansın daha az olmasına neden olur.
4. Donatının çapı küçüldükçe aderans mukavemeti artmaktadır. Ayrıca, yarılma kırılmasında çekme gerilmeleri donatı çapıyla orantılı olmaktadır.
5. Çelik çubuğunun yüzeyinin niteliği de önemlidir. Yüzey pas halinde, kabuk tutmuş ve yüzeyin çamurlu, topraklanmış veya yağlanmış çubukların aderansı düşük olmaktadır.
6. Kenetlenme boyu aderansı önemli ölçüde etkilemektedir.
7. Paspayının artmasıyla aderans artmaktadır. Paspayının az olması halinde yarılmalar oluşabilecektir (Karabacak, 1994).
8. Kullanılan agreganın cinsi ve miktarı, çakıl/ beton oranı, çimentonun cinsi, su / çimento oranı, beton katkı maddeleri gibi betonun bileşimiyle ilgili faktörler aderans mukavemetini önemli ölçüde etkilemektedir. Hafif agrega ile yapılan betonun aderans dayanımı, normal agrega ile yapılabildiğine göre daha düşük olduğu gibi çakıl/beton oranının hacim olarak 0.7' in altına düşmesi durumunda adreans dayanımında önemli düşmeler olduğu görülmektedir. Portland tipi normal ve yüksek mukavemetli çimentolar aderans yönünden iyi sonuçlar vermesine karşın, özellikle düz yüzeyli çubuklarda puzzolanlı ve yüksek fırın cürufu çimentolar kullanılması halinde %75 lere varan aderans düşmeleri görülmektedir. Su/çimento oranının azalması aderansı arttırmakta ise de beton sıkıştırılmasının iyi yapılmaması zıt sonuçlar verebilir.
9. Yerel gerilmeler de aderansı etkilemektedir. Mesnet kuvvetinin uyguladığı basınç gerilmeleri, özellikle nervürlü donatı kullanılan durumlarda yarılmayı geciktirebilmektedir.
10. Betonun çekme dayanımı, nervürlü çubuklarda yarılma veya kırılma olacağından aderans açısından büyük önem taşımaktadır.

11. Elemanlarda etkiyen yük karakteri (statik veya dinamik) aderans üzerinde etkili olmaktadır. Dinamik yüklerin etkili olduğu yapılarda, aderansın devamlılığı zamanla bozulmakta ve aderans çürümesi dediğimiz aderansta zayıflama gözlenmektedir. Bu durumda kabul edilebilir maksimum aderans gerilmesini, statik yüklerin etkin olduğu hale göre daha küçük tutulma zorunluluğu doğmaktadır (Ersoy, 1987).

12. Elektro kimyasal etken de aderansı üzerinde etkili bir parametredir. Çelikten başka çinko, alüminyum ve bakır gibi maddelerden yapılma kalıpların kullanılması halinde, donatı çelikleriyle farklı madenlerden yapılma kalıp arasında potansiyel farkından dolayı pil oluşabilmektedir. Bu yüzden betonarmede kullanılan kalıpların ahşap, çelik veya plastik olması gerektiği ortadadır.

13. Enine donatı özellikle nervürlü çubuklar kullanıldığında, çubuklar boyunca meydana gelebilecek çatlakların ilerlemesine ve genişlemesine engel olur. Boyuna bir çatlak meydana geldiğinde enine donatı bulunmadığı zaman aderansın sıfıra ineceği açıktır. Enine donatı halinde aderans küçülür, fakat ortadan kalkmaz. Bünye aderans gerilmelerinin mesnetler gibi büyük olduğu yerlerde özellikle kullanılması, beton örgü tabakasının yarılmasını önler. Etriyeler betona gelen kuvveti dengeleyerek aderansa olumlu katkı yapmaktadırlar (Yılmaz, 2006).

4.5 Donatıların Kenetlenmesi

Yeterli kenetlenmenin sağlandığı durumlarda, aderans sorunu ortadan kalmaktadır. Bu nedenle aderans sorunu aslında bir kenetlenme sorunu olarak ele alınabilmektedir. TS 500’ de donatıların kenetlenme konusu ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar belirtilmiştir.

TS 500’de aderansın tam olarak sağlanabilmesi için gerekli kenetlenme boyu, çubukların nervürlü veya düz yüzeyli oluşuna ve betonlama sırasındaki konumuna göre verilmektedir.

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 sırasındaki kesitin alt yarısında veya kesitin serbest üst yüzeyinde 300 mm’ den daha uzakta olan çubuklardır.

Kenetlenme, donatının gereksinme duyulmayan noktadan düz olarak temel kenetlenme boyu (l_b) kadar uzatılmasıyla sağlanır. Temel kenetlenme boyu Konum II için aşağıdaki bağıntılardan elde edilmektedir.

$$l_b = 0.22 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \cdot \phi \geq 40\phi \quad \text{Düz yüzeyli çubuklarda} \quad (4.7)$$

$$l_b = 0.12 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \cdot \phi \geq 20\phi \quad \text{Nervürlü Çubuklarda} \quad (4.8)$$

Burada f_{yd} çeliğin hesap akma dayanımı, f_{ctd} ise beton hesap çekme dayanımıdır. Donatı çapının $32 \leq \phi \leq 40$ mm olması durumunda yularıda hesaplanan kenetlenme boyu, $\frac{100}{132 - \phi}$ katsayısı ile çarpılarak büyütülmelidir. ($\phi = \text{mm}$)

Kesitlerdeki donatının hesaplanan gerekli donatıdan fazla olduğu durumlarda yukarıda belirtilen kenetlenme boyları, hesaplanan donatı alanının mevcut donatı alanına oranı ile çarpılarak azaltılabilir. Kenetlenme boyunun yetersiz olduğu elemanlarda süneklikten bahsedilemeyeceği unutulmamalıdır.

4.5.1 Çekme donatısının kenetlenmesi

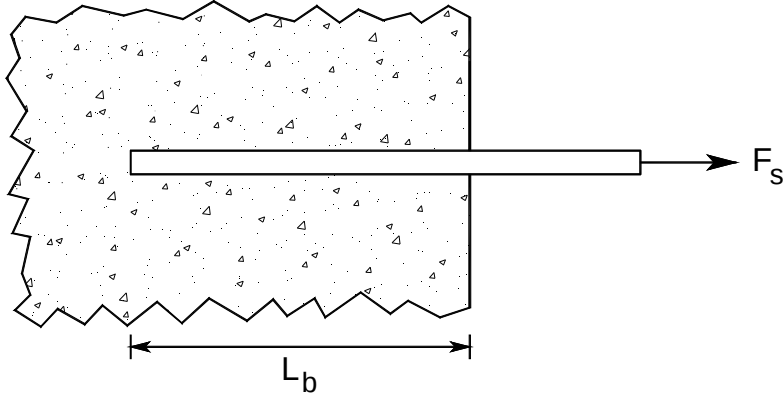
Çekmeye çalışan çubuklar için gerilmelerin maksimum olduğu noktanın her iki tarafında da yeterli kenetlenme sağlanmalıdır. Deprem yönetmeliğinde çekme donatılarının kenetlenme boyu ile ilgili olarak aşağıdaki kısıtlamalar bulunmaktadır. D.B.Y.B.H.Y.' de aksi belirtilmedikçe, kancalı veya kancasız çekme donatısı çubukları için gerekli kenetlenme boyları TS500' de verilen kurallara göre saptanması gerekmektedir. Ancak 90 derece yatay kanca yapıldığında, kanca ucundaki düz kısmın 12ϕ ' den az olmaması gerekmektedir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

Çekmeye çalışan çubuklar aşağıdaki şekillerde kenetlenebilmektedir.

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

d. Mekanik kenetleme

Şekil 4.6’ da donatının kenetlenmesi gösterilmektedir (Özmen, 2008).



Şekil 4.6: Donatının kenetlenmesi.

4.5.1.1 Düz kenetlenme

Düz kenetlenme, donatının gereksinme duyulmadan noktadan düz olarak l_b kadar uzatılması ile sağlanabilir. Kenetlenme boyu olan ve sıyrılma olmaksızın donatının akmasını sağlamaya yetecek en küçük boy olarak da tanımlayabildiğimiz kenetlenme boyu, nervürlü çubuklar için denklem 4.9 ‘da verilmiştir.

$$l_b = 0,12 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \phi \geq 20\phi \quad (4.9)$$

Düz yüzeyli çubuklarda kenetlenme boyu nervürlere nazaran daha uzun olduğundan, düz yüzeyli çubukların kenetlenme boyu hesabı için denklem 4. 7’deki değerin 2 katı alınmalıdır. Bunun dışında düz kenetlenmeye düz yüzeyli donatılarda izin verilmez. (TS 500, 2000)

TS 500, aderans açısından olumsuz olabilecek aşağıda belirtilen durumlarda denklem 4.9’dan elde edilen değerin ilgili parametre veya katsayılarla değiştirilmesi şartıyla, gerekli kenetlenme boyunun sağlanabileceğini belirtmiştir.

a. Donatı çapının $32 \text{ mm} \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$ olduğu durumlarda kenetlenme boyu $\frac{100}{132 - \phi}$

katsayısıyla artırılır.

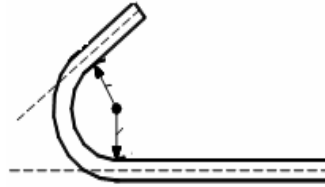
b. Konum II deki çubuklar için denklem geçerli iken Konum I' e giren çubuklar için kenetlenme boyu 1.4 ile artırılmaktadır.

c. Beton örtüsünün donatı çapından az olduğu veya aynı sıradaki donatı çubukları arasındaki net uzaklığın donatı çapının 1.5 katından küçük olduğu durumlarda ise kenetlenme boyu 1.2 ile artırılmalıdır.

Bazı durumlarda da kenetlenme boyu azaltılabilmektedir. Mesela, kesitteki donatı hesaplanan donatıdan fazla olduğundan denklem 4.9'dan elde edilen değer, hesaplanan donatı alanının mevcut donatı alanına oranı ile çarpılarak azaltılabilir. Ancak bu azaltma denklem 4.9'dan hesaplanan boyun yarısından ve 20Ø'den az olamaz. Azaltma perdelerin kritik yükseklikleri içinde yapılamaz. Basınç donatısının kenetlenmesi ise ankraj ön yüzüne yakın basınç bölgesinin çekme halinde olduğu gibi kolay deformasyon yapmaması ve çelik çubuğun enine genişlemesi ve çekme donatılarının kenetlenmesinden daha iyi kenetlenme sağlaması sebebiyle, bu donatı çubuklarının bütün yük düzenlemeleri altında basınca çalışmaları hallerinde denklem 4.9'dan hesaplananın 3/4'üne kadar alınabilmektedir. Bunun dışında, nervürlü çubuklarda kanca yapılmamalıdır. Nervürlü çubukların düz kenetlenmesi durumunda boyuna donatıların uçları en yakın olduğu kiriş yüzünden 2Ø-4Ø kadar içeri çekilmelidir. Ayrıca bu bölgelerde ilave enine donatı etriyeler konulmalıdır (Özden, 1978).

4.5.1.2 Kanca veya fiyongla kenetlenme

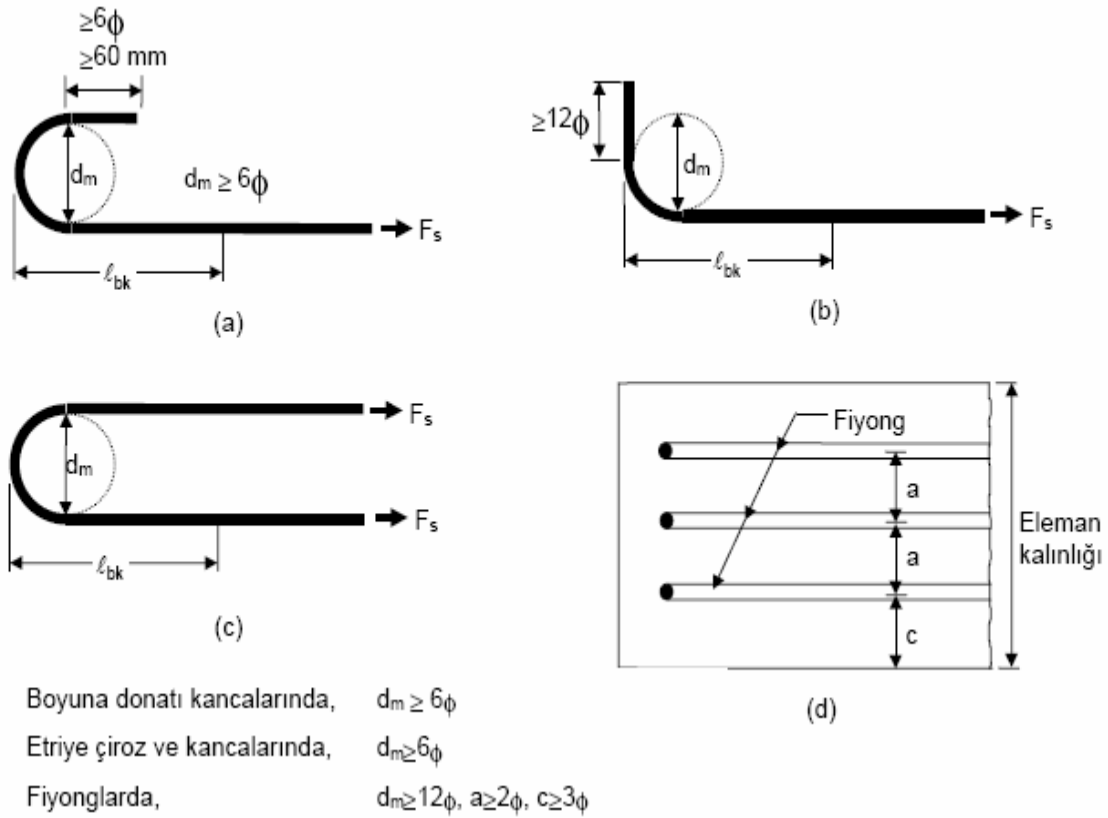
Yeterli kenetlenme boyu bulunmadığında ankraj boyunu kısaltmak için kanca denen çengel kısmın yapılması yoluna gidilebilir. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7: Kanca düzenlemesi.

Yalnız, kanca içindeki betonda çubuğun çapı olan ϕ genişliğince tesir eden değeri oldukça yüksek basınç gerilmeleri meydana gelir. Bu gerilmeler ϕ/r ile orantılıdır. Yarıçap küçük olduğunda gerilme büyük değerler alabilir ve betonda ezilme olur. Bu sebeple yönetmeliklerde, kancaların belli çapta olmaları istenmektedir (Özden,1978). Bu uygulama yapılarak, kenetlenme için gerekli düz çubuk parçası, Δl_b kadar kenetlenme boyunu azaltılabilmektedir. Δl_b kanca ve fiyong katkısıdır. Kanca büküm açısı 90° ile 180° arasında değişebilmektedir.

Donatının ucu bükülerek kanca veya fiyong yapıyorsa, gerekli kenetlenme boyunun azaltılmasına izin verilmektedir. Standart kancaların bulunduğu durumlarda, kenetleme boyu l_{bk} , denklem 4.9'da bulunacak değerin $3/4$ 'ü kadar alınabilmektedir. Şekil 4.8'de belirtildiği gibi kancalar, çapı 6ϕ 'den az olmayan bir merdane etrafında bükülmelidir (TS500, 2000).



Şekil 4.8: Standart kanca ve fiyonglar.

Ayrıca TS 500' de standart kanca detaylarında boyuna donatılarında kanca detayları ile ilgili olarak aşağıdaki bilgiler belirtilmektedir.

a. 180 derece kanca Şekil 4.8(a)' da gösterildiği gibi, bu tür standart kancanın donatı eksenini ile yaptığı açı 180^0 dir. Kanca serbest ucunda, uzunluğu 4ϕ ve 60 mm' den az olmayan düz bir bölüm bulunmalıdır. Kanca iç çapı d_m , 6ϕ ' den az olmaması gerekmektedir (TS500, 2000).

b. 90 derece kanca Şekil 4.8(b)' de gösterildiği gibi, bu tür standart kancanın donatı eksenini ile yaptığı açı 90 derecedir. Kanca serbest ucunda, uzunluğu 12ϕ 'den az olmayan düz bir bölüm bulunmalıdır. Kanca iç çapı d_m , 6ϕ ' den az olmaması gerekmektedir (TS500, 2000).

c. Fiyong ile kanca şekli Şekil 4.8(d) şıkında gösterilmiştir. Fiyongların bükülme iç çapı d_m ve 12ϕ 'den az donatılar arası mesafe, 2ϕ 'den ve beton örtü kalınlığı 3ϕ 'den az olmaması gerekmektedir (TS500, 2000).

4.5.1.3 Kaynaklanmış enine donatı ile kenetlenme

Gerekli kenetlenme boyu çubuğa kaynaklanmış enine çubuklar ile sağlanabilmektedir. Nokta kaynaklı hasır çeliklerde kaynaklanmış enine donatı ile kenetlenmeye yaygın olarak rastlanır. Gerekli kenetlenme boyu çubuğa kaynaklanmış enine çubuklar ile sağlanır. Kenetleme için gerekli enine çubuk sayısı ve minimum boyutları gösteren Çizelge 4.1'de nokta hasırlı donatı için de geçerlidir. Dinamik veya değişen yüklerin söz konusu olduğu durumlarda çizelgedeki değerler bir çubuk ve 100mm eklenmelidir (TS500,2000).

Çizelge 4.1: Kaynaklanmış enine çubuklar için kenetlenme koşulları.

Donatı Düzeyi	ϕ (mm)	Konum I		Konum II	
		n	l_b (mm)	n	l_b (mm)
Düz	$\phi < 8.5$	3	450	3	350
	$\phi \geq 8.5$	4	500	4	400
Nervürlü	$\phi < 8.5$	3	350	3	300
	$\phi \geq 8.5$	3	450	3	350

4.5.1.4 Mekanik kenetlenme

Donatı ucuna, somun, çelik plaka veya başka parçalar kaynatılarak kenetlenmesi gerekli çubuğun kenetleme boyu kısaltılabilmektedir.

TS500' de mekanik kenetleme ile ilgili aşağıdaki hususlar belirtilmiştir.

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

Mekanik kenetleme özel manşonlarla da sağlanabilmektedir. Kullanılacak manşonun yeterliği bu konuda yapılmış deneylerle kanıtlanması gerekmektedir (TS500, 2000).

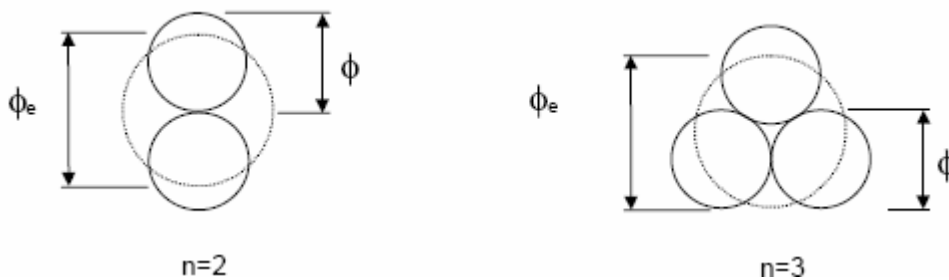
4.5.1.5 Demet donatının kenetlenmesi

Demet donatılarla ilgili standartlarda bazı sınırlamalar getirilmiş ve bu hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Sadece nervürlü donatılar demet olarak kullanılabilir. Ayrıca demetteki donatı çubuğu en çok 3 olabilir.

$$\phi_e = 1.2\phi\sqrt{n} \quad (4.10)$$

Burada ϕ_e demet donatısının eşdeğer çapını, n ise demetteki donatı sayısını göstermektedir. Demet donatının kenetlenme boyunun hesabında kullanılan denklem 4.10' da bağıntısından elde edilen ϕ_e kullanılmalıdır. Şekil 4.9'da demet donatısının düzenlenmesi gösterilmektedir (TS 500, 2000).



Şekil 4.9 : Demet donatı düzenlenmesi.

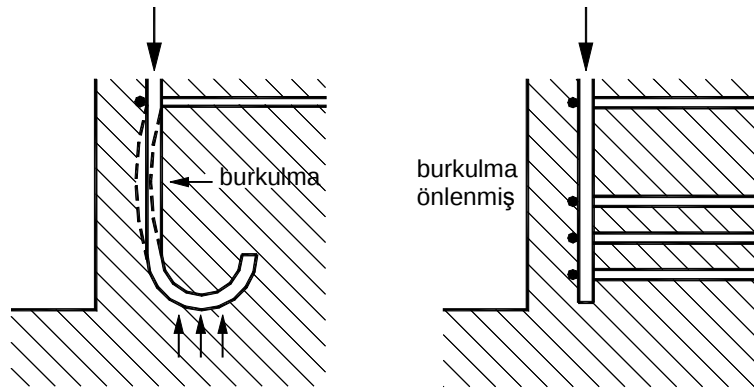
4.5.2 Basınç donatısının kenetlenmesi

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 (TS500, 2000).

Donatı çubuğu bütün yük düzenlemeleri altında basınca çalışıyorsa, kenetleme boyu denklem 4.9'dan hesaplanan değerin 3/4'üne kadar azaltılmaktadır. Şekil 4.10'da basınç donatısına kanca yapılması ve bu durumda oluşabilecek burkulma gösterilmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 4.10: Basınç donatılarına kanca yapılması.

4.5.3 Etriyelerin kenetlenmesi

Etriyelerin kenetlenmesi; kanca, düz bindirme veya enine kaynaklanmış çubuklar için sağlanabilir.

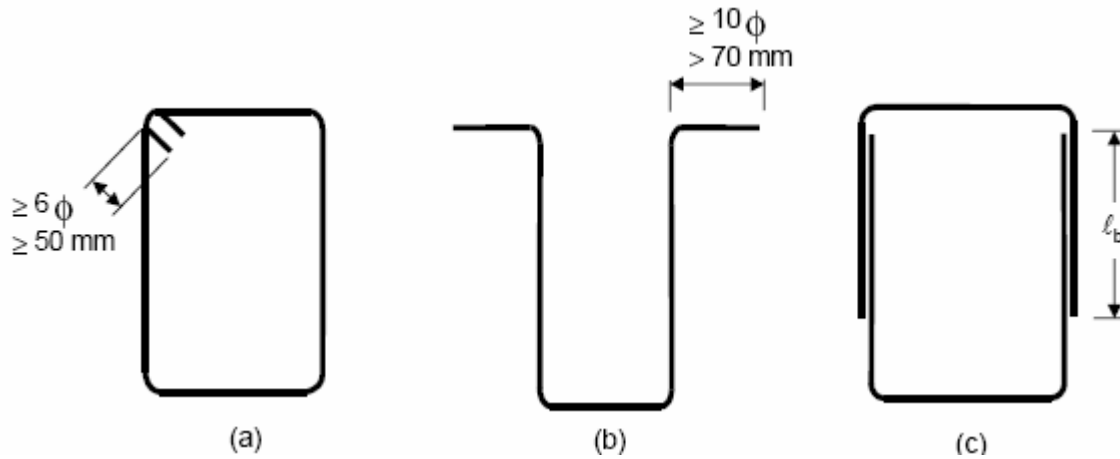
TS 500 de etriyelerin kenetlenmesi ile ilgili aşağıdaki hususlar yer almaktadır.

4.5.3.1 Kanca ile kenetlenme

Bu tür kenetlenme durumunda şekil 4.11’de gösterildiği gibi 135° veya 90° lik kancalarla sağlanmalıdır. Şekil 4.11(a)’ da gösterilen tür, dikdörtgen kesitler, kolonlar ve özellikle burulmaya maruz elemanlar için kullanılmaktadır. Şekil 4.11(b)’de gösterilen tür ise kanca tabla içinde kalmak suretiyle, ancak dişli döşeme kirişlerinde kullanılabilir (TS 500, 2000).

TS 500’de enine donatıların kanca detayları ile ilgili olarak aşağıdaki bilgiler yer almaktadır.

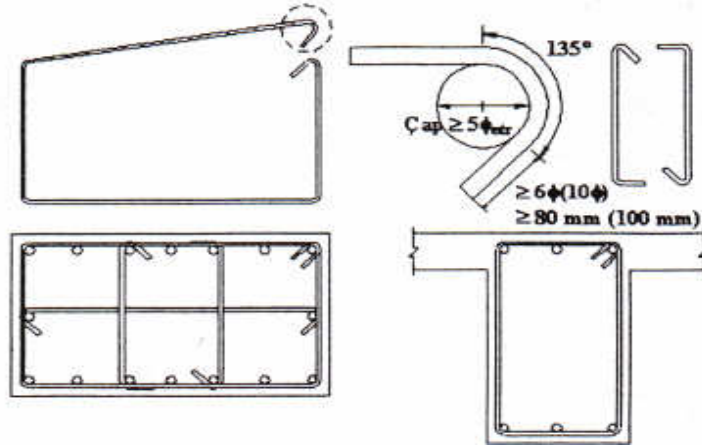
- 135 derece kanca: Bu tür standart etriye kancası şekil Şekil 4.11(a)’da gösterilmiştir.
- 90 derece kanca: Bu tür kanca şekil Şekil 4.11(b)’ de gösterilmiştir
- 90 derece bindirmeli kanca: Bu tür bindirmeli kanca şeki Şekil 4.11(c)’de gösterilmiştir. Bindirmeli etriyelerde bindirme boyu standart kenetleme boyuna eşit alınmalıdır. Deprem bölgelerinde yapılacak olan yapılarda bu tür etriye kullanılmaması gerekmektedir. Etriye kancalarının iç çapı 4ϕ ’den az olmaması gerekmektedir.



Şekil 4.11: Etriyelerde kancalı kenetleme türleri.

D.B.Y.B.H.Y (2007)’ de özel deprem etriyeleri ve çirozları ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar belirtilmiştir.

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 çirozları olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Özel deprem etriye ve çirozları ile ilgili koşullar aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 4.12: 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 çirozların 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 4.12'de görülebilmektedir.

Özel deprem çirozlarının çapı ve aralığı, etriyelerin çap ve aralığı ile aynı olmaktadır.

Çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları sarmalı ve etriye ve çirozların beton dökülürken oynamayacak şekilde sıkıca bağlanması gerekmektedir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

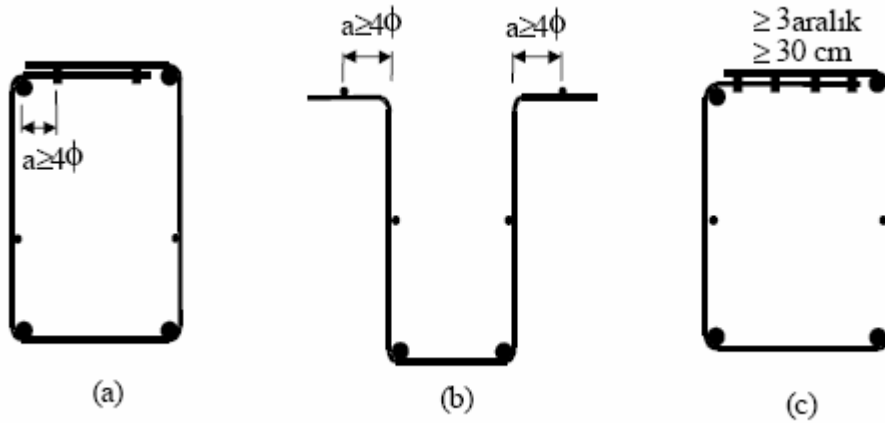
4.5.3.2 Düz bindirme ile kenetleme

Düz bindirmeli etriye kenetlemesi yapılması durumunda, bindirme boyu Denklem 4.9' dan elde edilen değer kadar alınmaktadır. Düz bindirmeli etriye kenetlenmesinin, deprem ve burulma etkisi altındaki yapı elemanlarında kullanılmaması gerekmektedir.

4.5.3.3 Kaynaklı enine donatı ile kenetlenme

Kaynaklı enine donatı ile kenetleme yapılması, ancak hasır donatı kullanıldığında yapılmaktadır.

Uygulamalarda izin verilen kaynaklı kenetlenme türleri Şekil 4.13'de gösterilmiştir (TS 500, 2000).



Şekil 4.13: Etriyelerde kaynaklı kenetleme türleri.

4.6 Donatıların Eklenmesi

Yapımlarıyla ilgili bazı zorluklar ve ulaştırmada kolaylık için çubukların boyları belirli bir sınırı aşmamaktadır. Bu yüzden donatı olarak kullanılan çelik çubuklar belirli bir boyda üretilmekte, şantiyeye geldiğinde istenildiği ölçülerde işlenmektedir. Bu değer genellikle 10-12 m olurken, donatı boyunun bu değeri aşması istenildiğinde donatılar eklenmek durumunda kalırlar. Bu durumda kullanılan yöntemler ise kaynaklı ekler, manşonlu ekler, bindirmeli eklerdir.

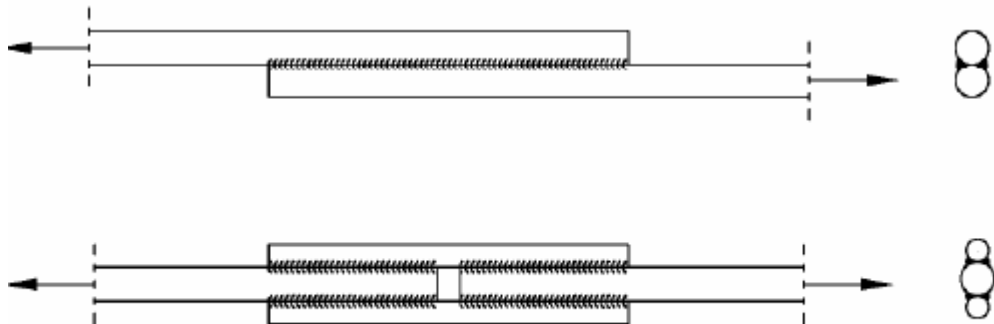
4.6.1 Kaynaklı ekler

Bu tür eklerde kalifiye elemanların kullanılması gerekmektedir. TS 500' de kaynaklı ek yapılması durumunda, genel olarak aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

1. Kaynaklı ek yapılacak çubukları metalurjik analizi yapılmalı ve çeliğin özellikle karbon çeliği açısından kaynaklanmaya uygun olduğu kanıtlanmalıdır.
2. Kaynakla yapılan eklerden her 50 taneden birine (en az beş tanesine) çekme deneyi uygulanmalıdır. Bu deneylerde, etkili donatının $1.25.f_{yk}$ kadar gerilme taşıyabileceği kanıtlanmalıdır (TS 500, 2000).

Kaynaklı eklerde, bütün çubukların eki, çubukların basınç veya çekme tesiri altında olup olmadığına bakılmaksızın aynı kesitte yapılabilmektedir. 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 basınca çalışan çubuklar, bütün çelik türleri için yakma alın kaynağı ile kaynaklanabilir. Soğukta işlem görmüş çapları 12 mm'den büyük çelik basınç ve çekme çubuklarında bindirmeli kaynak kullanılabilmektedir. Soğukta işlem görmüş basınç çubuklarının elektrik ark kaynağı eki çubukların en az 20 mm olması durumunda yapılması gerekmektedir.

Dinamik yüklerin hakim olduğu durumlarda, çekme çubukları yalnızca elektrikli yakma alın kaynağı ile eklenebilmektedir. Soğukta işlem görmüş, hep basınç gerilmeleri altında buluna çubukların ekleri, yukarıda çap şartlarına uymak koşulu ile elektrik ark kaynağı ile yapılabilir (Özmen, 2008).

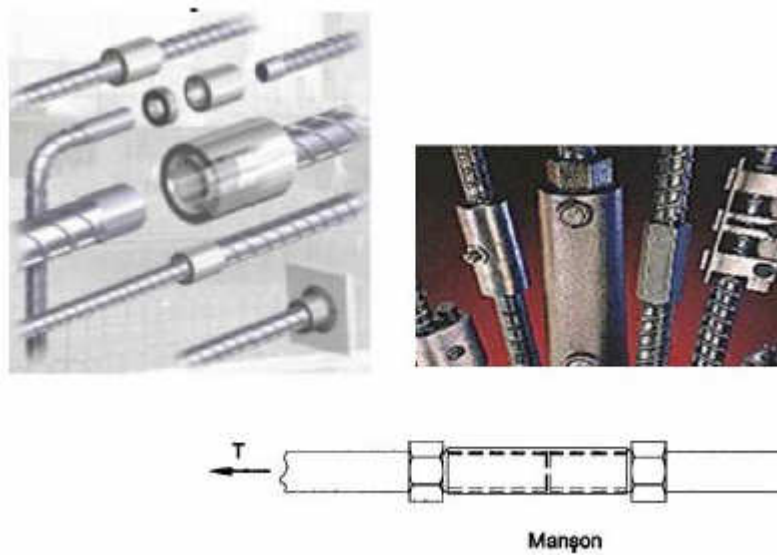


Şekil 4.14: Kaynaklı ek gösterimi.

4.6.2 Manşonlu ekler

Çekme veya basınca maruz kalan bir kesitte manşon adı verilen özel mekanik bağlantıyla da ek yapılabilmektedir. Manşonlu ekler; manşonun kendisi ve çubukların yivlenmiş uçlarından oluşmaktadır.

Vidalı manşonlu ekte, iki çubuğun uçları basınçla şişirilerek, çapından büyük hale getirilir ve bu kısımlara manşon denilen silindir şeklindeki özel mekanik bağlantının dişlerinin tersi yönünde dişler açılarak, bu manşon sayesinde iki çubuk eklenir. Şekil 4.15’ de özel manşonlu ekleme türü görülmektedir.



Şekil 4.15: Manşon ve manşonlu ek gösterimi.

Preslenen manşonda ise nervürlü donatılar manşona sokulup, hidrolik presle sıkıştırılır.

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 kanıtlanmaktadır (TS 500, 2000).

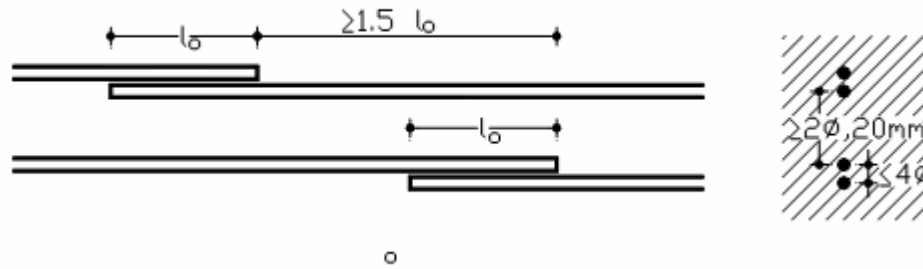
4.6.3 Bindirmeli ekleme

Uygulamada en çok kullanılan ve en az sorun çıkaran ekleme türü, bindirmeli eklemedir. Aderans adı verilen bindirmeli eklemede gerilme bir çubuktan diğerine aderans gerilmeleri vasıtasıyla taşınmaktadır. Bu geçiş tek bir noktada olmayıp,

bindirme boyu denen bölgede gerçekleşmektedir. Yalnız donatıda oluşabilecek büyük gerilmeler aderans çatlaklarını oluşturabilmektedir.

Bindirme boyunun kısa tutulması halinde, çubukların uçlarında aşırı gerilme yığılmaları oluşur. Gerilmelerin belirli bir değerin altında oluşmasını sağlamak için de bindirme ekleme boyunun, donatıların normal aderans gerilme boyu olan l_b 'den daha büyük tutulması güvenli bir çözüm olacaktır.

Şekil 4.16' da bindirmeli ekleme gösterilmiştir (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 4.16: Bindirmeli ek.

Yalnız bazı durumlarda yalnız aderans boyunu arttırmak yeterli olmamaktadır. Aderansın yeterli olabilmesi için gerekli aderans boyunca donatının enine donatılarla sarılması ya da kiriş boyuna donatılarında olduğu gibi, kolon etriyeleri ile sarılı biçimde ankrajlanması gerekmektedir. Özellikle çekme taşıyan çubuklarda çatlakların olmaması ve çatlakların genişlemelerini engellemek için etriyelerin titizlikle uygulanması gerekmektedir.

TS 500' de bindirme eklemelerine; bireysel çubuklarından oluşan bindirmeli eklerde, iki çubuk arasındaki uzaklık hiçbir zaman 4ϕ ' yi geçmemeli, mümkünse eklenen iki çubuk bitişik olarak yerleştirilmelidir.

Aynı kesitte birden fazla çubuğun eklenmesi halinde, iki ek arasındaki uzaklık en az 2ϕ veya 2 cm olmalıdır ve ekler çatlak oluşumunu engellemek amacıyla mümkün mertebede ekler donatıda farklı yerlere konularak, şaşırtılarak yapılmalıdır. Betonarme yapılarda, kolon boyuna donatıları kolon alt uçlarında bindirmeli olarak eklenmektedir.

Deprem açısından bindirmenin mafsallaşma bölgesinde yapılıyor olması sakıncalıdır. Eğer deprem sırasındaki kolon boyuna donatılardaki gerilmeler akma gerilmelerinin üzerinde ise kolon uçlarındaki bindirmeli ek yeri bölgesinde beton ile donatı arasındaki aderans yeterli olmayacaktır. Burada donatı çapı 14Ø 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 (Özkaynak, 2002).

4.6.3.1 Çekme donatısında bindirmeli ekler

Çekme donatısında yapılan bindirmeli eklerde düz yüzeyli çubuk kullanılması halinde kanca yapılması zorunludur. Nervürlü donatı için böyle bir zorunluluk yoktur. TS 500’ de gerekli bindirme boyu çekme donatısı için aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$l_o = \alpha_1 \cdot l_b \quad (4.11)$$
$$\alpha_1 = + 0.5r$$

Bu bağıntıda; l_o temel bindirme boyunu, r aynı kesitte eklenen donatının toplam donatıya oranını göstermektedir. Denklem 4.11’ de yer alan “ r ” aynı kesitte eklenen donatının kesitteki toplam donatıya oranıdır. Bütün kesiti çekme taşıyan elemanlarda α_1 1.8 alınmaktadır.

Daha önce bahsedilen Konum I’e giren çubuklarda l_o 1.4 çarpanıyla arttırılır. Bindirmeye ek yapılan çubuk uçları kancalı ise, bindirme boyu bu denklemden elde edilen değerin 3/4’ üne kadar azaltılabilir. Ayrıca bindirmeli eklerde bindirme boyunca sargı donatısı kullanılmalı, sargı donatının çapı en az eklenen donatı çapının 1/3’ü veya 8Ø olmalıdır. Bindirme boyunca en az 6 adet sargı donatısı bulundurulmalıdır.

Çizelge 4.2’de hasır donatıların eklenmesi için önerilen bindirme koşulları bulunmaktadır. TS500’ de hasır donatının bindirmeli eklenmesi için gerekli değerler, kesitte bulunan donatının gerekli donatıdan en az % 50 fazla olması halinde çizelgede verilmiştir. Kesitteki donatı alanının gerekli donatı alanına oranı 1.5’ den küçük olması halinde, bu bindirme boyları ve enine çubuk sayıları aşağıdaki orana göre arttırılmalıdır.

Çizelge 4.2: Nokta kaynaklı hasır donatının bindirme koşulları.

Donatı Düzeyi	Ø (mm)	Konum I		Konum II	
		n	l_b (mm)	n	l_b (mm)
Düz	Ø<8.5	4	500	4	400
	Ø≥8.5	5	600	5	500
Nervürlü	Ø<8.5	4	400	4	350
	Ø≥8.5	4	450	4	400

4.6.3.2 Basınç donatısının bindirmeli ekleri

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

TS 500' de bindirmeli eklerde bindirme boyu, kenetleme boyundan ve 300 mm'den az olmaması sınırı gerekmektedir. Basınç donatısındaki bindirmeli eklerde kanca yapılmamalıdır. Bindirme boyunca, sargı donatısının aralığı $d/4$ ' den az olmaması gerekmektedir. Çapı 30 mm'den büyük olan donatı çubuklarına bindirmeli ek yapılmaması gerekmektedir. Bu çubukların yeterliliği deneylerle kanıtlanmış özel manşonlarla eklenmelidir (TS500, 2000).

Ayrıca nervürlü donatı kullanılan durumlarda kapalı etriyeler betonu sararak yarılmaya karşı dayanım artırmalarının yanında, özellikle çapı büyük donatının rijit cisim dönmesi sonucu beton yırtılmasını önlemektedir.

Genel olarak boyuna donatılarda bindirmeli eklemeler yapılırken, aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

1. Bindirmeli ekler, mümkün olduğu kadar şaşırtmalı yapılmalıdır.
2. Kolonlarda boyuna donatılar deprem esnasında hem basınç hem de çekme etkisinde kalacağı bilinmektedir. Betonda basınç etkisi, bindirmeli ek yerlerinde ezilme, çekme etkisi ise çatlaklar oluşturmaktadır. 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 arttırılması ve betonda ezilmenin önlenmesi gerekmektedir.

3. Bindirmeli ek veya kenetleme boyunca maksimum oranda enine sargı donatısı kullanılmalıdır.

4. Çekme etkisi altında çatlakların önlenmesi ya da minimum olması için bindirmelerin şaşırtmalı olarak yapılması gerekmektedir.

5. Kolonlarda boyuna donatıların bindirmeli ekleri, kolon uçlarındaki mafsallaşma bölgesinin dışında veya kolon orta bölgesinde yapılması gerekmektedir.

6. Özel bağlantı manşonları ile donatı eklenmesi yeterliliği ancak deneysel olarak kanıtlandıktan sonra uygulanabilmektedir.

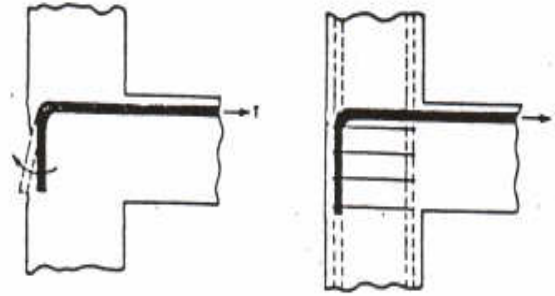
7. Kaynaklı eklerin gevrek olacağı ve şantiye koşullarında kaynakların istenilen nitelikte yapılamama olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır.

8. Plastik mafsall oluşması muhtemel olan yerlerde, bindirmeli ek yapılmamalı ve kenetlenmeye büyük önem verilmelidir (Bayülke, 2001).

Daha önce belirtildiği gibi betonarmede çekmeye çalışan düz yüzeyli çubuklar kancalı, nervürlü çubuklar ise kancalı veya kancasız olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte birçok durumda yeterli düz ankraj boyunun sağlanamaması dışında ankraj boyunu azaltmak için kanca yapılmaktadır. Ancak kancanın geometrisi nedeniyle de gerilme yığılma durumları oluşabilmektedir. Ancak yapılan deneysel çalışmalar kancalı çubukların betona göre sıyrılmasının kancasız çubuklara göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla kanca kullanılan yerlerde bazı tedbirlerin alınması gerekmektedir.

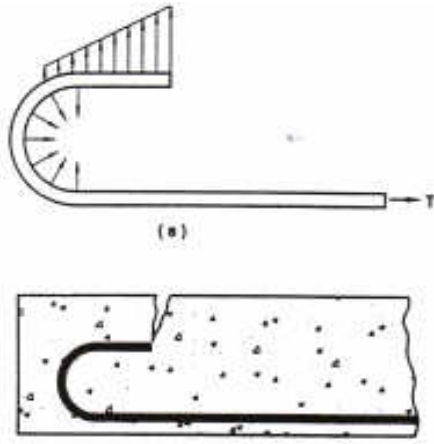
Gerilme aşırı sıyrılma nedeniyle, elemanın bir yüzüne yakın yerleştirilmiş kancanın bulunduğu durumlarda, çevre betonda çatlama ve yırtılmalar meydana gelmektedir. Böyle bir durumda yatay kanca yapılmalı ya da iki adet donatı çubuğu ile sarılmalıdır (Ersoy ve Özcebe, 2001).

Kancanın sebep olduğu diğerk bir sorun da, kenar kolona saplanan kiriş donatısının düz kenetlenmesi için kolon boyutunun yeterli olmaması halinde donatıya 90 derecelik bir kanca yapmak zorunda kalınca ortaya çıkmaktadır. Yapılan deneyler, kiriş donatının çapının büyük olması halinde böyle bir uygulama sonunda kancanın kuyruk kısmının dönerek, örtü betonunu parçaladığını göstermiştir. Bu tür kırılmayı önlemek için kancanın kuyruk kısmı sargı donatısı ile karşı yüzdeki kolon donatısına bağlanmalıdır (Şekil 4.17)(Ersoy ve Özcebe, 2001).



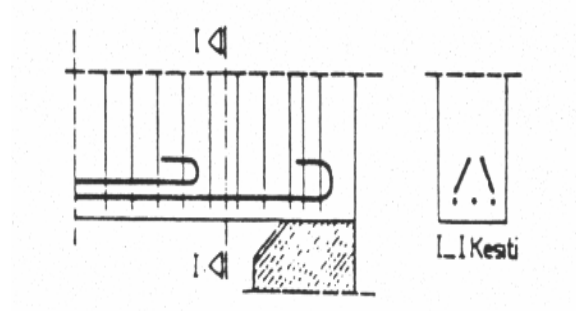
Şekil 4.17: Kancanın açılmasıyla nedeniyle kabukta yırtılma ve önlemi.

Kanca etrafında gerilme yığılmaları oluşmaktadır. Şekil 4.18’de bu tehlike görülmektedir. Donatının betondan sıyrılma riski donatının betona yakın olduğu durumlarda daha fazladır. Bu tür tehlikeyi önlemenin tek yolu kanca yapmaktır.



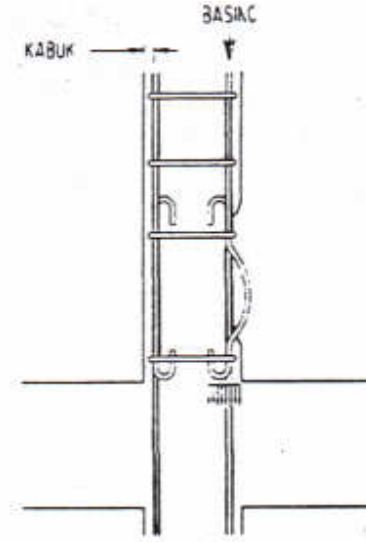
Şekil 4.18: Kancanın betona uyguladığı kuvvetler ve oluşan çatlak.

Kirişlerde bulunan çekme donatıları ve mesnetlere uzatılan çubukların kanca düzlemleri kiriş içine doğru eğik olarak yerleştirilmelidir (Şekil 4.19) (Ersoy ve Özcebe, 2001).



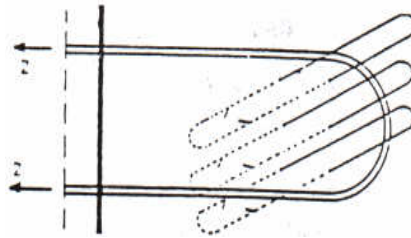
Şekil 4.19: Kancaların içeri olarak dönük yapılması.

Kiriş mesnetlerindeki kanca bölgesinde en az iki adet etriyenin konulmasıyla, hatalı olarak kiriş yan yüzeylerine doğru eğik olarak konmuş kenar çubuk kancalarının elemanın yan yüzeyleri patlatması önlenebilir. (Şekil 4.20)



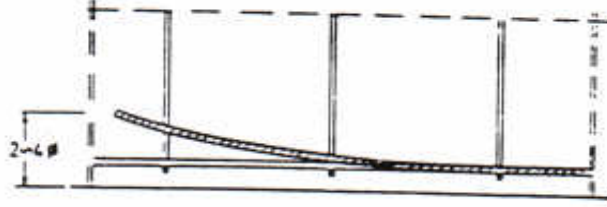
Şekil 4.20 : Basınç etkisindeki kanca yapılan donatının betonu patlatması.

Kenetlemenin fiyongla yapıldığı durumlarda, oluşabilecek olan kırılmaları önleyecek şekilde çekme kuvvetini karşılayacak donatılar Şekil 4.21’de görüldüğü gibi uygun şekilde düzenlenmelidir (Ersoy ve Özcebe, 2001).



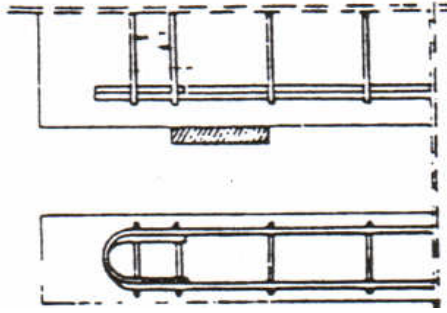
Şekil 4.21: Fiyonk için enine donatı düzenlemeleri.

Açıklık donatısının ihtiyaç duyulmadığı durumlarda mesnet bölgesinde, açıklık donatısının kesilmesi gerekmektedir. Bu kesilmenin olduğu yerde, gerilme yığılmaları nedeniyle betonda oluşabilecek bir takım çatlamları önlemek amacıyla, alt donatının ucu bir miktar havaya kalkacak şekilde düzenlenmelidir. (Şekil 4.22)



Şekil 4.22: Nervürlü açıklık donatısının kesilmesi.

Yüksek kirişlerin çekme donatısı kancaları genişliğin küçük olması halinde şekil 4.23’ de görüldüğü gibi yatay olarak yapılmalıdır.



Şekil 4.23: Yatık kanca uygulaması.

5. DONATI YERLEŞİMİ ve ÖNEMLİ DONATILAR

5.1 Boyuna Donatılar

Betonarme bir elemanda elemanın uzunluğu doğrultusunda yerleştirilen boyuna donatıların toplam uzunlukları yönetmeliklerde yerleştirilmesi zorunlu olan donatı uzunluğundan kısa olmamalıdır.

Çekme bölgelerine yerleőtirin boyuna donatılar, çekme donatısı; basınç bölgesine yerleştirilen donatılar basınç donatısı olarak adlandırılır. Çekme çatlakları, genellikle mesnetlerde kirişin üst kısımlarında, açıklıkta ise kirişin alt kısmında oluşabilmektedir. Bundan dolayı çekme donatıları çatlakların genişlemesini önlemek amacıyla çatlakların oluşacağı kısımlara yerleştirilmelidir (Doğangün, 2002).

5.2 Enine Donatılar

Betonarme yapılarda boyuna donatıya dik doğrultuda yerleştirilen enine donatı olarak adlandırılan etriyeler kesme kuvvetlerini etkisiyle oluşan çekme kuvvetini karşılamak için kullanılırlar.



Şekil 5.1: Basit etriyeler.

Etriyelerin kullanılmasının faydaları aşağıdaki hususlarda belirtilmektedir.

1. Eğik çekme gerilmeleriyle belirli bir açı yapan etriyeler kesme kuvvetinin işaretinin değiştiği durumlarda uygundur. Etriyelerin ilk ve en önemli görevi, betonda oluşabilecek kesme gerilmelerini taşımaktır. Depremde eğilme momenti etkisi altında, beton çatladıktan sonra kesme gerilmesi taşıma gücünü azaltmaktadır. Bu nedenle yapılan hesaplarda betonun kesme dayanımı ihmal edilmekte ve bütün kesme gerilmelerinin etriyeler tarafından taşındığı varsayımı yapılmaktadır.

2. Boyuna donatıların burkulmasını önlemesini sağlamaktadır. Etriyeler diğer bir önemli görevi ise kolon ve kiriş boyuna donatılarda burkulmayı önlemektir. Ancak bu durumda da boyuna donatıların, burkulmasını önleyecek aralıklarda etriyeler düzenlenmelidir. Pekleşme gerilmesine ulaşıldığı zaman boyuna donatıların burkulmaması için etriyeler 10 cm aralıklarla düzenlenmelidir.

3. Etriyeler kesme kuvvetinin karşılanmasında ortaya çıkan beton basınç kuvvetleriyle beraber kafes sistem etkisini oluşturlar. Betona en iyi yanıl desteği etriyeler sağlamaktadır. Deprem etkisiyle kolonun beton çekirdeğine yeterli bir yanıl destek verilirse, betonun basınç taşıma gücü artacağı bilinmektedir.

4. Boyuna donatının aderansına da 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 yanıl genişleme eğilimi etriye de çekme kuvvetlerini oluşturmakta bu kuvvette donatıya baskı yapmakta ve donatı ile beton arasındaki sürtünme ile aderansa katkı yapan bir kuvvet oluşturmaktadır.

5. Yapı elemanlarının depreme dayanıklılığını da arttırmaktadırlar. Etriyelerin yeterli sıklıkta konulması kadar, uçlarının açılmayacak şekilde bükülmesi de büyük önem taşımaktadır. Beton dökülürken etriyelerin yerinden oynaması sonucu boyuna donatıların burkulma boylarının uzamasına neden olan ve betona yeteri kadar yanıl destek verilmeyen bir enine donatı yerleştirme durumu oluşmaktadır.

Etriyelerin sayıları yeterli olmadığında ve seyrek etriye kullanılmamasından dolayı eğik çatlak ile etriye kesişmeyecek ve etriye yetersiz kaldığından eleman gevrek

olarak kırılacaktır. Enine donatıların da depreme dayanıklılık yapı tasarımında miktar ve yerleştirilme biçimleri oldukça büyük önem taşımaktadır.

5.3 Hasır Donatılar

Betonarme yapı elemanlarda plak ve kabuklarda, perdelerde, kirişlerde, kolonlarda, asmolen döşemelerde, istinat duvarlarında, saha betonlarında ve donatı ihtiyacının olduğu birçok yerde yapılara döşemeyi teker teker yerleştirmekten çok daha pratik ve az iş gerektiren, çekme, basınç ve kayma donatısı veya konstrüktif olarak, normal beton demiri enine büyük tasarruf sağlayan yüksek mukavemetli betonarme demirleridir (Yılmaz, 2002).

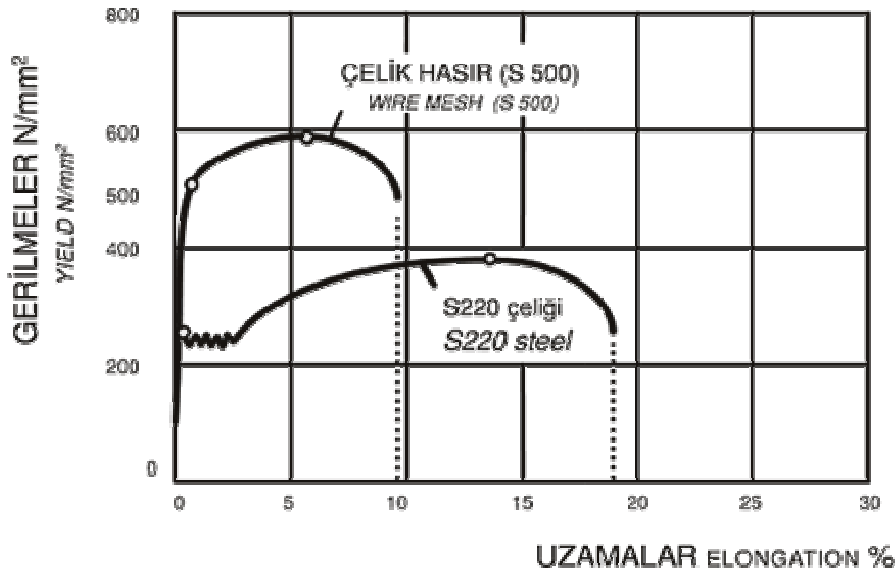
Hem malzemeden, hem zamandan, hem de işçilikten tasarruf sağlayabilen hasır çeliklerde, hasırı oluşturan demirler düz veya nervürlü olabilmektedir. İki dik yöndeki donatının üst üste bindiği noktalardaki bağlantı, kaynak veya özel kepçelerle sağlanmaktadır.



Şekil 5.2: Hasır donatı.

Q ve R tipli olmak üzere iki farklı şekilde imal edilen çelik hasırlarda; Q tipi hasır donatılar, iki doğrultuda çalışan döşemelerde genellikle alt donatı olarak, R tipi hasırlar ise tek doğrultuda çalışan döşemeler için veya iki doğrultuda çalışan döşemelerin üst donatısı olarak kullanılmaktadır. R tipi hasır donatılarda asal aralıkları, 100- 150 mm, diğer doğrultudaki donatının aralığı ise 200-250 mm arasındadır.

Şekil 5.3’ de çelik hasır ve normal donatı çeliklerinin gerilme şekil değiştirme eğrisi gösterilmektedir (<http://www.demma.com>).

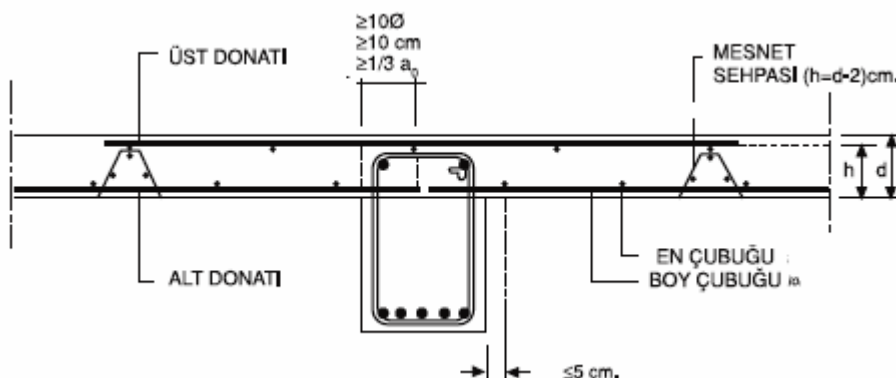


Şekil 5.3: Hasır çelikte gerilme- şekil değiştirme eğrisi.

Hasır çelik donatılarının yerleştirme biçimleri aşağıda şekilde gösterilmiştir. İsteğe göre hasır çelik tabakalar düz olarak ya da eğilmiş olarak döşemelerde kullanılabilir.

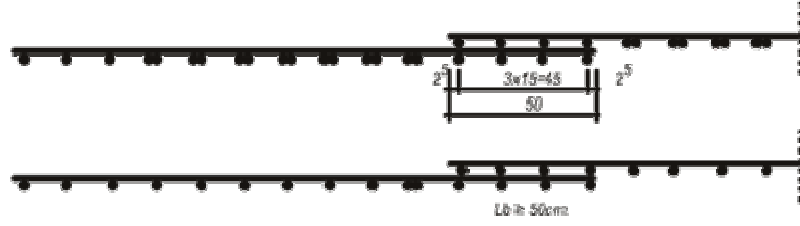
Çelik hasırların yerleşiminde taşıyıcı yönünde 3 göz, tevzi yönünde ise 1 göz indirme yerleştirilmektedir.

Tipik bir çelik hasır yerleştirilmiş döşeme kirişin kesiti Şekil 5.4’de gösterilmektedir.



Şekil 5.4: Çelik hasır yerleştirilmiş döşeme kiriş kesiti.

Çelik hasırların bindirme payları ise aşağıdaki Şekil 5.5’de gösterilmektedir (<http://www.demma.com>).



Şekil 5.5: Çelik Hasırda bindirme payı.

5.4 Sehpa Donatıları

Üzerine ağır yük taşıyan ya da ağır yüklerin geldiği durumlarda zemine oturan döşemelerde, donatıların döşemenin hem alt yüzüne hem de üst yüzüne yerleştirilmesi gerekmektedir. Çoğu zaman üst donatıların ve hasır çeliklerin doğru pozisyonunda tutulması büyük önem taşımaktadır. U gibi özel durumlarda sehpa donatıların kullanılması zorunlu olmaktadır. Aşağıda gösterilen sehpa donatıları, doğru pozisyonunda tutabilmeyi amaçlamaktadır.



Şekil 5.6: Sehpa donatıları.

Donatının gerçek akma gerilmesi f_y ile karakteristik akma gerilmesi f_{yk} arasında en çok 1.3’ lük bir fark olmasına izin verilmektedir.

D.B.Y.B.H.Y(2007)’de bu kısıtlama belirtilmektedir. D.B.Y.B.H.Y’ de bazı betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında, S420’den daha yüksek dayanımlı donatı çeliği kullanılmalarını da izin verilmemektedir. Aynı zamanda 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 1.15 katından daha az olmasına izin verilmemektedir.

5.5 Paspayı Mesafeleri

Betonarme bir elemana yerleştirilecek donatının dış etkilere karşı korunması gerekir. 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 sağlanabilir. Bu şekilde betonarme malzemenin yangın etkilerine karşı da korunması sağlanmış olur.

Donatının TS500' de öngörülen minimum beton örtü tabakası (en dış donatının dış yüzü ile beton kenarı arasındaki uzaklık) kalınlıkları Çizelge 5.1' de verilmiştir.

Çizelge 5.1: En dış donatının dış yüzünden ölçülen gerekli beton örtüsü.

Zeminle doğrudan ilişkide olan elemanlarda	$c_c \geq 50 \text{ mm}$
Hava koşullarına açık olan kiriş ve kolonlarda	$c_c \geq 25 \text{ mm}$
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	$c_c \geq 15 \text{ mm}$

Betonlama sırasında beton örtü tabakası kalınlığının korunabilmesi için kalıpla donatı arasına beton takozlar ve iki sıra donatı arasına çelik çubuk parçaları konur veya bu amaçla hazırlanmış plastik elemanlar kullanılabilir.

Donatısı altta bulunan bir yapı elemanı doğrudan doğruya (temel plaklarında olduğu gibi) zemin üzerine yapılacaksa, zemin türü göz önüne alınarak, en az 50 mm kalınlığında beton bir tabaka oluşturulmalıdır.

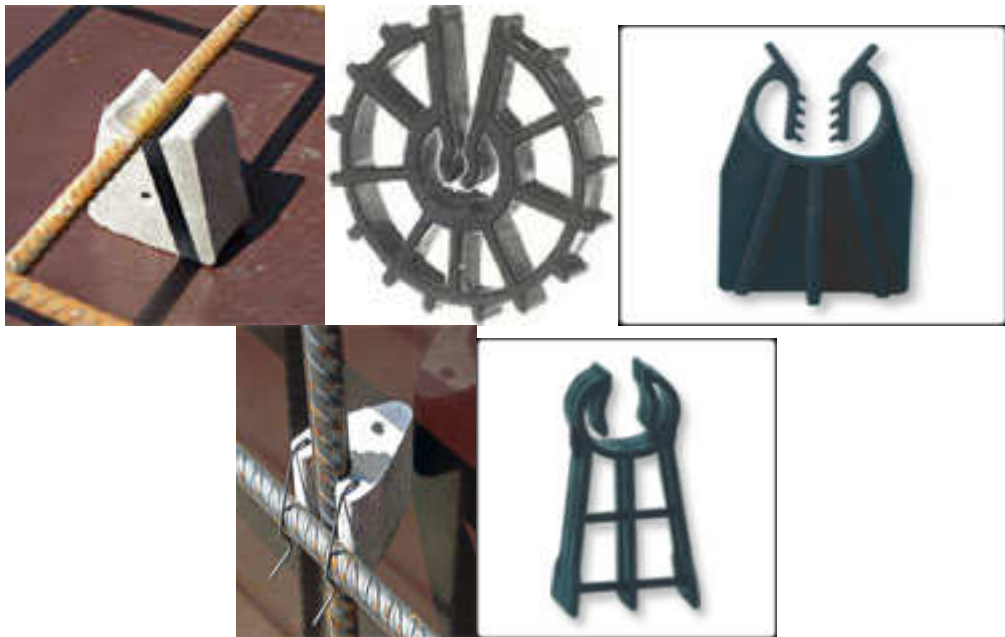
Elverişsiz çevre koşulları durumunda ve daha fazla yangın güvenliği gerektiren durumlarda bu değerler artırılmalıdır.

Kalıpla beton arasına gerekli kalınlıkta konulacak olan paspayı aparatlarının, donatının ağır olması halinde kırılabileceği dikkate alınarak içinde donatı bulunan beton mesafe tutucular kullanılabilmektedir. Ayrıca, arasındaki aralığı sağlamak için yuvarlak çelik çubuklar parçaları kullanılabılır.

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 (Altan, 2001).

Ayrıca TS 500’de donatı yerleşimleriyle ilgili verilen genel koşullara dikkat edilmelidir. Beton dökülürken, donatının yerinin değişmemesi gerekmektedir. Çubukların etrafında gerekli beton tabakasının arasına çelik çubuklar konulmalıdır. Beton takoz ve çelik çubukları yerine bu amaçla hazırlanmış plastik elemanlar da kullanılabılır. (Şekil 5.7)

Etriyelerin yan yüzünden betonla sarılmasına dikkat edilmelidir. Döşeme ve kirişlerin üst donatılarının aşağıya basılmaması için önlem alınmalıdır



Şekil 5.7: Paspayı örnekleri.

5.6 Donatı Aralıkları

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

Donatının iki veya daha fazla sıra olarak yerleştirilmesi gereken durumlarda, üst sıradaki çubuk alt sıradakilerle aynı düşey eksen üzerine sıralanmalı ve iki sıra arasındaki net açıklık en az 25 mm veya donatı çapı kadar olmalıdır.

5.7 Büküm Yarıçapı

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

TS500'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 TS 708' e göre yapılacak bükme deneyleri ile kanıtlanmalıdır.

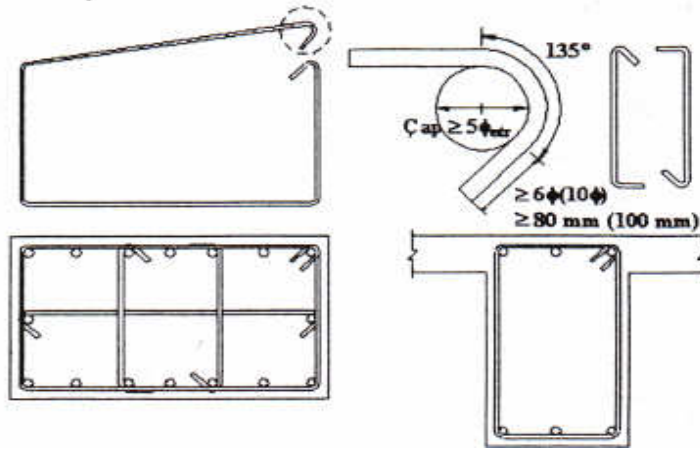
Bükülmüş donatının, beton döküldükten sonra açılarak doğrultulması sakıncalıdır. Bu uygulama, yalnızca zorunlu durumlarda merdane çapı en az 6Ø olmak koşuluyla ve yetkili mühendisin onayıyla yapılabilmektedir.

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

- a. Boyuna donatılı kancalarda, $dm \geq 6 \text{ Ø}$
- b. Etriye ve çiroz kancalarında $dm \geq 6 \text{ Ø}$

c. Fiyonklarda $dm \geq 12 \emptyset$, $a \geq 12 \emptyset$, $c \geq 12 \emptyset$

D.B.Y.B.H.Y' de bütün deprem bölgelerinde, süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi normal betonarme sistemlerinin 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 5.8'de kanca yarıçapları gösterilmektedir (Altan, 2001 ve D.B.Y.B.H.Y, 2007).



Şekil 5.8: Etriye ve özel deprem çirozları.



Şekil 5.9: Etriye ve özel deprem çirozlarının 135 derece bükülmesi.

6. KOLONLAR

Betonarme taşıyıcı sistemlerin güvenli bir şekilde ayakta kalabilmeleri için konstrüktif esasların uygulamadaki önemi büyüktür. Bu kuralların bir kısmı geçmişte meydana gelen depremlerde hasar gören yapılarda yapılmış olan incelemeler sonucu ortaya çıkmıştır.

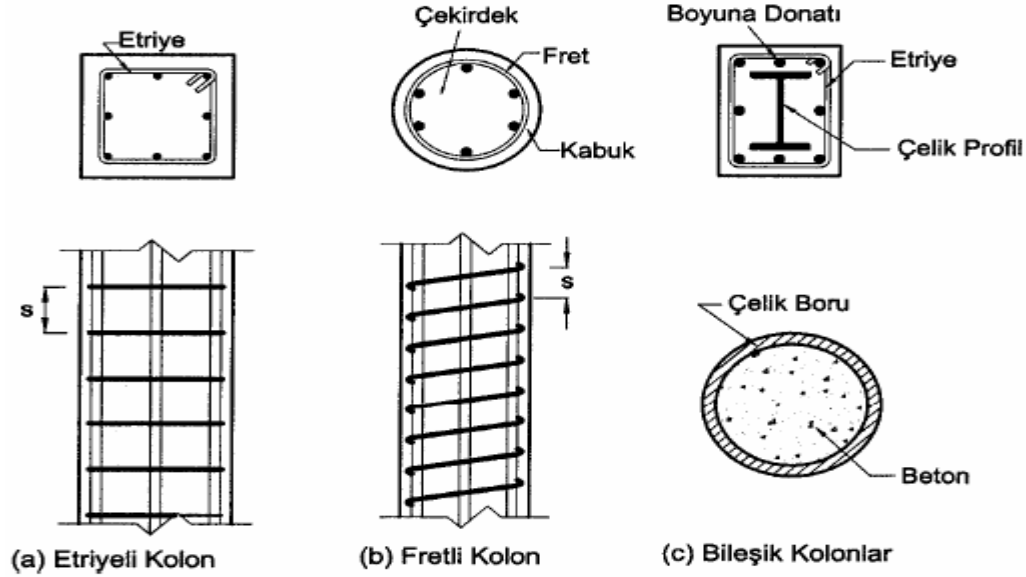
Kolonlar, aksenal basınca maruz elemanlar olup, eksenleri doğrusal olmaları gereken ancak, kesitleri sabit ya da değişken olabilen düşey taşıyıcı elemanlardır. Kirişlerle birleşen beraber çerçeve sistemini oluşturan kolonlar, yapının en önemli taşıyıcı sistemini oluşturmaktadır.

Çoğu zaman eğilme momenti de taşımak zorunda kalan kolonların, sadece basınca çalışıyormuş gibi hesabı yapılmamaktadır. Taşıyıcılıktaki öneminden dolayı hiç çekme kuvveti almıyor olsa bile yönetmelikler gereği minimum bir eksantrisitenin hesaba katılmış olması gerekmektedir.

Çerçeve tipi elemanlarda açıklıkların eşit olması, bu açıklıklardaki yüklerin yaklaşık birbirine eşit olması sabit yükün hareketli yüke nazaran daha önemli olduğu durumlarda orta açıklıktaki kolonlara gelen, eğilme momenti çok küçük olmaktadır. Ancak yatay yüklerden dolayı kolonlara gelen eğilme momentinin kolonu zorlayacağı açıktır. Tek çözüm yolu aynı çerçeve düzlemi içinde rijitliği fazla olan perde veya başka bir kolonun yerleştirilmesi olabilmektedir. Böylece el aldığımız kolona gelen yatay yük dolayısıyla eğilme momenti de azalmaktadır. Ayrıca kolonlarda çok küçük de olsa eğilme momentinin olması kesinlikle donatısız kolon yapılmaması gerektiğinin bir göstergesidir (Özden, 1978).

Yapılardaki kuvvetli kolon yapmanın nedeni bir yapıdaki kolonlarda meydana gelebilecek ağır hasar kolonların göçmesine neden olabilmektedir. Kolonlarda diğer elemanlarda olduğu gibi enine ve boyuna donatı bulunmaktadır.

Boyuna donatıyı saran, enine donatının cinsine göre etriyeli kolonlar ve fretli kolonlar, bileşik kolon ve boru kolon olmak üzere başlıca dört sınıfa ayrılırlar. Etriye ve fretli kolon dışında boru veya diğer tür profil çeliklerin kullanılmasıyla oluşturulan kolonlar da vardır. Yapılışlarındaki basitlik ve ekonomiklik sebebiyle uygulama sırasıyla en çok basit etriyeli ve fretli kolonlarla karşılaşmaktadır.



Şekil 6.1: Kolon türleri.

Basit etriyeli kolon türünde, düşey boyuna çubuklar enine yerleştirilmiş olan etriyelerle sarılmaktadır. Bu tür kolonlar; yapılaşlarında basitlik ve çok kalifiye işçilik istememeleri bakımından tercih edilen betonarme kolonlardır. Boyuna donatı çelik çubuklarından oluşur. Bu çubuklar belirli aralıklarla konulan enine doğrultudaki etriyelerle birbirlerine bağlanırlar. Yararlı hacimleri bozmamaları gibi değişik sorunları çözmek amacıyla, Şekil 6.2’deki gibi çeşitli enkesitlerde olabilirler (Aka ve diğ, 2001).



Şekil 6.2: Basit etriyeli kolonlarda enkesit çeşitleri.

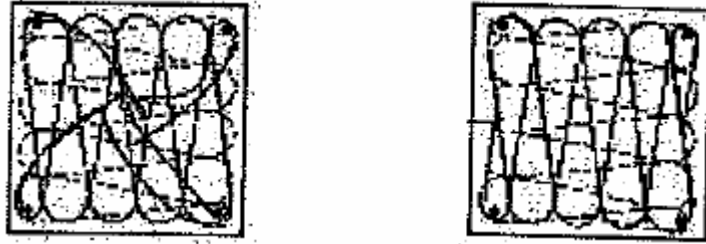
Eğer etriyeler kapalı çerçeve ve kesitte daire şeklinde ise bu kolonlar fretli kolon olarak isimlendirilirler. Bu kolonların enine donatısı ufak adımlı bir spiral ve küçük aralıklarla konulmaktadır. Deneyler fret donatısının uygun seçilmiş olması halinde, basınç elemanlarının taşıma gücünün bir hayli arttığını göstermiştir. Yük arttıkça betonun enine deformasyonu sebebiyle fretler açılmaya zorlanmakta ve onlar da betona yanal bir basınç gerilmesi tatbik etmektedir. Fretli kolonların en kesitleri şekil 6.3'deki gibi olabilmektedir.



Şekil 6.3: Fretli kolonların enkesit çeşitleri.

Bileşik kolonlar beton içine gömülü bir çelik kolon ile ayrıca boyuna ve enine donatılardan meydana gelmektedir.

Firkete donatıların bukleleri birbirine dik, üst üste konmuş iki tabakadan meydana gelir. Bunlar beton iç bölgesine iyi ankre edilmeli ve kendi üzerine kaynak yapılmalıdır. Şekil 6.4'de firkete uygulamaları gösterilmektedir (Özden, 1978).



Şekil 6.4: Firkete uygulaması.

Firkete kolonları, dayanım açısından basit etriyeli kolonlara göre çok daha üstün özelliğe sahip olduğu unutulmamalıdır. Fretli kolonlarda yanal destek bulunmaktadır. Ancak basit etriyeli kolonlarda ise aralıklı yanal destek söz konusu olmaktadır.

Dikdörtgen ya da kare kesitli kolonların maliyeti dairesel kesitli kolonlara göre çok daha fazla ekonomik olduğu için dikdörtgen ya da kare kesitli kolonların uygulamada çok daha fazla görülmesi doğaldır (Özkaynak, 2002).

Yönetmelik ve standartlar, hesap esaslarının yanında minimum donatılarda birtakım kısıtlamalar getirmektedir. Kolon enkesit boyutu yatay yükler altında, minimum bir rijitlik elde etmek, beton ve donatı yerleştirilmesinde kolaylık sağlanması amacıyla belirli değerlerden daha küçük yapılamamaktadır.

6.1 Enkesit Koşulları

Dökülen betonun iyi işlenebilmesi, beton ve donatı yerleştirilmesinde kolaylıklar sağlamak en önemlisi istenilen rijitlik ve sünekliği sağlamak için kolonların boyutunun belirli bir değerden az olmaması gerekmektedir.

D.B.Y.B.H.Y’ de kolonlar süneklik düzeyi yüksek olan kolonlar ve süneklik düzeyi normal olan kolonlar olarak tanımlanmıştır. Her iki durumda kolon kesme dayanımının hesabı farklı olup konstrüktif kurallar ve minimum değerler aşağıda açıklanmıştır.

Yük taşımakta olan tüm dikdörtgen kolonların en kesitlerindeki en küçük boyut 250 mm’ den ve en kesit alanı 75.000 mm²’den daha az olmaması gerekmektedir. Dairesel kesitli kolonlarda kolon en kesit çapının 300 mm’ den daha küçük olmaması gerekmektedir. Kolonların brüt en kesit alanı da aşağıdaki denklem koşulunu sağlaması gerekmektedir.

$$A_c \geq N_{dmax} / (0,50 f_{ck}) \quad (6.1)$$

Burada;

A_c , kolonun kesit alanını,

N_{dmax} , yük katsayıları kullanılarak, sadece düşey yüklere göre veya düşey yükler ve deprem yüklerine göre hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin büyüğü,

f_{ck} , betonun karakteristik basınç dayanımıdır.

TS 500’de belirtilen değerler aşağıda açıklanmıştır.

Dikdörtgen kesitli kolonlarda en küçük kesit genişliği 250mm' den, I, T ve L kesitli kolonlarda en küçük kalınlık 200 mm olmasına izin verilmektedir. Kutu kesitli kolonlarda minimum kolon kalınlığı 12 cm olabilmektedir.

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

Süneklik düzeyi yüksek olan kolonların en kesit alanı için uygulaması gereken koşulların kuvvetli kolon-zayıf kiriş şartının ve binaya yeterli ötelenme rijitliğinin sağlanmasının önemli olduğu da dikkate alınmalıdır. Bunlara ek olarak küçük kesitli kolonların, betonlama işleminin ne kadar zor olduğu da önemsenmelidir. İyi betonlanmamış bir kolonun depremde ne kadar tehlike oluşturacağı açıktır (Atımtay, 2001).

6.2 Boyuna Donatı Koşulları

Toplam boyuna donatı, kesit etkilerine göre çekmeye ve basınca çalışan, boyuna donatıların hepsini kapsamaktadır.

Boyuna donatıların ekleri genellikle kat seviyelerinde yapılmaktadır. Bunun mecburiyeti ilk olarak kolonların dökülmesi ve sonradan döşemeye geçilmek olduğu durumunda kalınması şeklinde açıklanabilmektedir.

Toplam boyuna donatı oranı olan ρ_t ; kolona yerleştirilen toplam boyuna donatıların alanının, A_c olarak gösterilen kolon en kesit alanına oranı olarak ifade edilmektedir.

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_c} \quad (6.2)$$

Deprem bölgelerinde ilgili yönetmelikçe boyuna donatı eklerinin kolon orta bölgesinde yapılması gerektiği belirtilmiştir. Bu durumda bindirmeli ek boyu, TS500 de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu olan l_b ' ye eşit olması gerekmektedir.

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

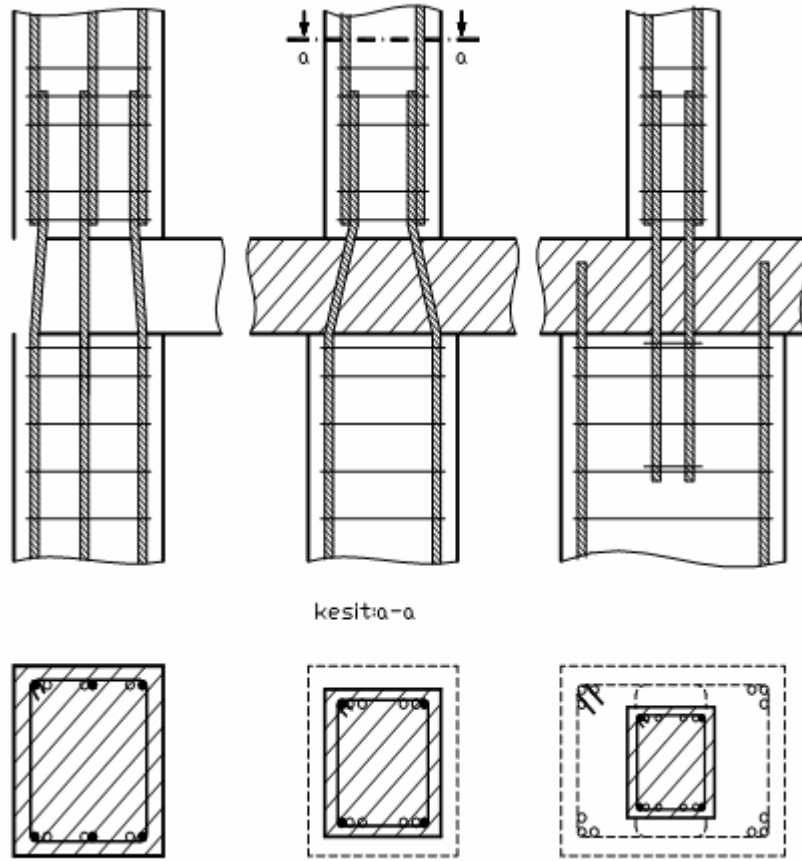
- a. Boyuna donatıların, % 50' sinin veya daha azının kolon alt ucunda eklenmesi durumunda bindirmeli ek boyu, l_b ' nin en az 1.25 katı olması gerekmektedir.
- b. Boyuna donatıların %50' den fazlasının kolon alt ucunda eklenmesi durumunda bindirmeli ek boyu, l_b ' nin en az 1.5 katı olacaktır. Temelden çıkan kolon filizlerinde de bu koşullara uyulması gerekmektedir.
- c. Yukarıdaki her iki durumda da, bindirmeli ek boyunca, D.B.Y.B.H.Y.'in 3.3.4.1. numaralı maddesinde tanımlanan minimum enine donatı kullanılması gerekmektedir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

Minimum boyuna donatıya kısıt getirilmesinin amacı yatay yüklemelerde ve beklenmedik eksantrisitenin 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 daha iyi eğilme rijitliğine sahip olması için küçültmemektir. Yönetmeliklerde kolonlardaki boyuna donatının, minimum yüzdesi yanında minimum donatı çapında kısıtlama gelmiştir. Yönetmeliklerde minimum donatı çapına getirilmiş olan kısıtlama amacı ise boyuna donatının burkulmasını sınırlamaktır (Özkaynak, 2002).

Kolonlarda bindirmeli ek bölgeleri (Şekil 6.5) haricinde, boyuna donatının brüt alanı kesitin %1' den az ve %4' ünden fazla olamamalıdır. Bindirmeli ek yapılan kesitlerde, boyuna donatı oranı % 6 sınırına kadar getirilebilir.

Dikdörtgen kesitli kolonlarda en az 4Ø16 veya 6Ø14, dairesel kolonlarda ise en az 6Ø14 boyuna donatı kullanılmalıdır. Ayrıca bindirmeli ek yapılan kesitlerde boyuna donatı oranı %6'yı geçmemelidir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).



Şekil 6.5: Kolonlarda bindirme ekleri.

TS 500' de donatı oranları aşağıdaki gibidir.

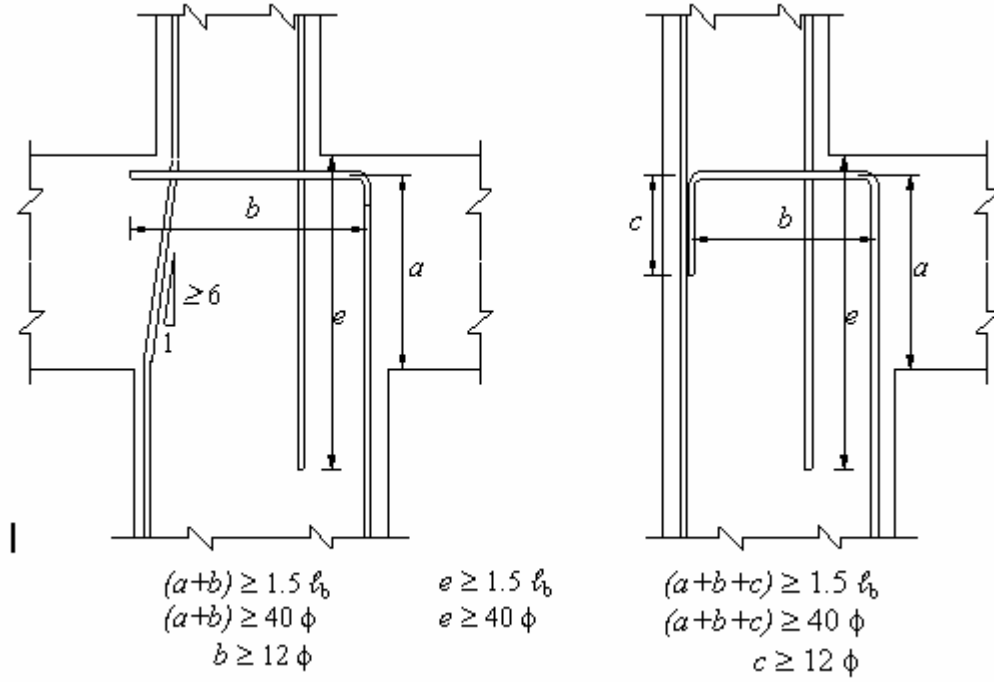
Kolonlarda toplam boyuna donatı belirtilen değerden daha az olmamalıdır.

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_c} \geq 0.1 \quad (6.3)$$

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

Donatı yüzdesinin çok yüksek olması da istenmemektedir. Donatı yüzdesinin fazla olması, kolon kesit alanından çok küçük kesildiğinin de bir kanıtıdır. Donatı yüzdesinin çok yüksek olması boyuna çubuk sayısının artmasına neden olur. Bu özellikle bindirmeli ek yapılan bölgelerde kendini belli eder ve donatı yüzdesi iki katına çıkar ve çubuk sayısı iki kez çoğalır. Böylece donatı çubuğu sayısı çok yoğun

bir bölgede oluşur ve daha evvel de belirtildiği gibi betonlama işlemi burada çok zor olacaktır (Atımtay, 2001).



Şekil 6.6: Katlar arası boyuna donatı detayı.

Depreme maruz kolonlar için TS 500 (2000)' de aşağıda belirtilen donatı oranları geçerlidir. Kolonlarda toplam boyuna donatı oranı aşağıda belirtilen değerlerden daha fazla olmaması gerekmektedir.

Bindirme bölgeleri dışında,

$$\rho_t \leq 0.04 \quad (6.4)$$

Bindirmeli ek bölgelerinde,

$$\rho_t \leq 0.06 \quad (6.5)$$

Donatı oranlarının yukarıdaki değerlerden daha fazla olmaması gerekmektedir.

Kolonların üst kattaki boyutları özel durumlar haricinde alt kattakilere göre daha küçük olmalıdır. Bu nedenle, boyuna çubukların montaj öncesinde bükülmesi tavsiye edilmektedir. Bu şekilde doğacak yatay kuvvet etkilerine de karşı koyabilmesi amacıyla ek etriyeler ile sarılması da büyük fayda sağlayacaktır.

Eğer alt kattan üst katta geçilirken, kolon boyutlarındaki 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 kolondan gelen boyuna donatıların kiriş içine uzatılır ise kolonun boyuna donatıları mesnetteki negatif momenti de almış olacaktır (Aka ve diğ, 1999).

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

D.B.Y.B.H.Y (2007)' de katlar arası boyuna geçişi ile ilgili aşağıdaki kısıtlamalar belirtilmektedir.

Katlar arasında kolon kesitinin değişmesi durumunda, boyuna donatısının kolon-kiriş birleşim bölgesi için düşeye göre eğimi $1/6$ ' dan daha fazla olmaması gerekmektedir. Şekil 6.6' da bu durum görülebilmektedir. Kesit değişimin 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 ' in 1.5 katından ve $40\emptyset$ ' 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 $12\emptyset$ olması gerekmektedir. Yan yana boyuna donatılarda yapılan manşonlu veya kaynaklı eklerin arasındaki boyuna uzaklık 600 mm'den az olmaması gerekmektedir.

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 $\emptyset 14$ ' den daha küçük olmaması gerekmektedir.

Aynı zamanda yönetmelikçe belirtilmemiş olmasına rağmen 26 mm' den daha kalın boyuna donatı çubuğunun kullanılması uygun görülmemektedir.

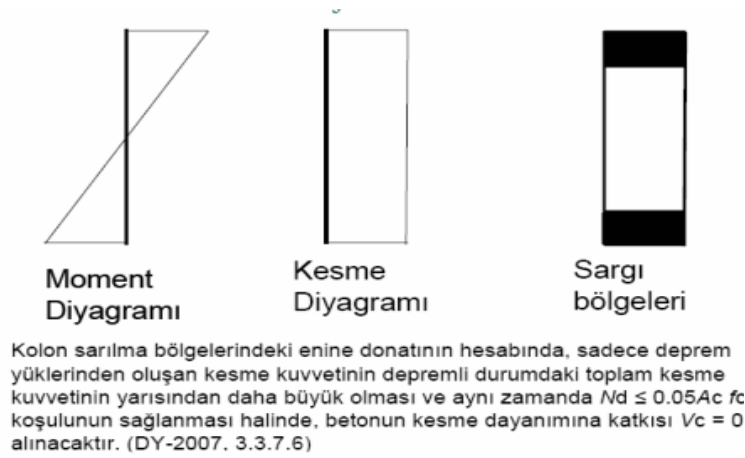
6.3 Enine Donatı Koşulları

Enine donatıların boyuna donatıları burkulmaya karşı koruyabilmesi için, bunun etrafında sarılarak bir köşe teşkil edilmesi uygundur. Genel olarak bakılırsa,

etrijelerin kolonda yerleştirilme aralığı ne kadar sık ve enine donatının çapı ne kadar kalın olursa enine donatılar görevlerinin o kadar mükemmel ölçüde yerine getirebilmektedir.

D.B.Y.B.H.Y’ de enine donatılar için aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir.

D.B.Y.B.H.Y’in 3.3.7.6. 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 etrijeleri ve çirozları kullanılacaktır.



Şekil 6.7: Kolonlarda kesit tesirlerine göre sargılama bölgeleri.

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 kesitin büyük boyutundan (dairesel kesitlerde kolon çapından), kolon serbest yüksekliğinin 1/6’sından ve 500mm’ den daha az olmaması gerekmektedir.

Sarılma bölgelerinde kullanılacak enine donatıya ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir. Bu donatılar belirtildiği gibi düzenlenmelidir.

1. Sarılma bölgelerinde Ø8’den küçük çaplı enine donatı kullanılmaması gerekmektedir.

Kolon boyunca etriye ve çiroz aralığı en küçük kesit boyutunun 1/3’ünden ve 100 mm’den daha fazla, 50mm’ den daha az olmaması gerekmektedir. Etriye kollarının

ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık “a” etriye çapının 25 katından fazla olmamalıdır. Sürekli dairesel spirallerin adımı, göbek çapının 1/5’ inden ve 80 mm’ den fazla olmayacaktır.

2. Etriyeli kolonlarda $N_d \geq 0.20 \cdot A_c \cdot f_{ck}$ olması durumunda kolon sarılma bölgelerindeki minimum toplam enine donatı alanı denklem 6.6’da verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanması gerekir.

3. Bu hesapta, kolonun çekirdek boyutunun b_k her iki doğrultu için ayrı ayrı göz önüne alınmalıdır.

$$A_{sh} \geq 0,3 \cdot b_k \cdot \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (6.6a)$$

$$A_{sh} \geq 0,075 \cdot s \cdot b_k \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (6.6b)$$

3. Spiral donatılı kolonlarda, $N_d \geq 0.20 \cdot A_c \cdot f_{ck}$ olması durumunda, sarılma bölgelerindeki enine donatının minimum hacimsel oranı denklem 6.7’ deki koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanmalıdır.

$$A_{sh} \geq 0,45 \cdot \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (6.7a)$$

$$\rho_s \geq 0,12 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \right) \quad (6.7b)$$

$N_d \leq 0.20 \cdot A_c \cdot f_{ck}$ olması durumunda kolon sarılma bölgelerinde denklem 6.6 ve denklem 6.7’ den verilen enine donatıların en az 2/3’ü minimum enine donatı olarak kullanılmalıdır.

Şekil 6.8’de kolonlar için sağlanması gereken tüm enine donatı koşulları gösterilmiştir.

Süneklik düzeyi yüksek kolonlar için düzenlenecek minimum koşulları aşağıda özetlenmiştir.

a. Kolon boyuna donatısında yapılacak ekler, oldukça kolon orta bölgesinde yapılmalıdır. Donatı çapı 26 mm veya daha küçükse, ekler bindirmeli olarak yapılabilmektedir.

b. Bindirmeli ekler kat yüzeyinde 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 $1/3$ ' den ve 100 mm' den fazla olmamalıdır.

c. Boyuna donatının tamamı kat yüzeyinde bindirilerek ekleniyorsa bindirme boyu en az $1.5 l_b$ olmalı ve ek boyunca sargı donatısı bulundurulmalıdır.

d. Kolon boyuna donatısındaki bindirmeli ekler katı 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.

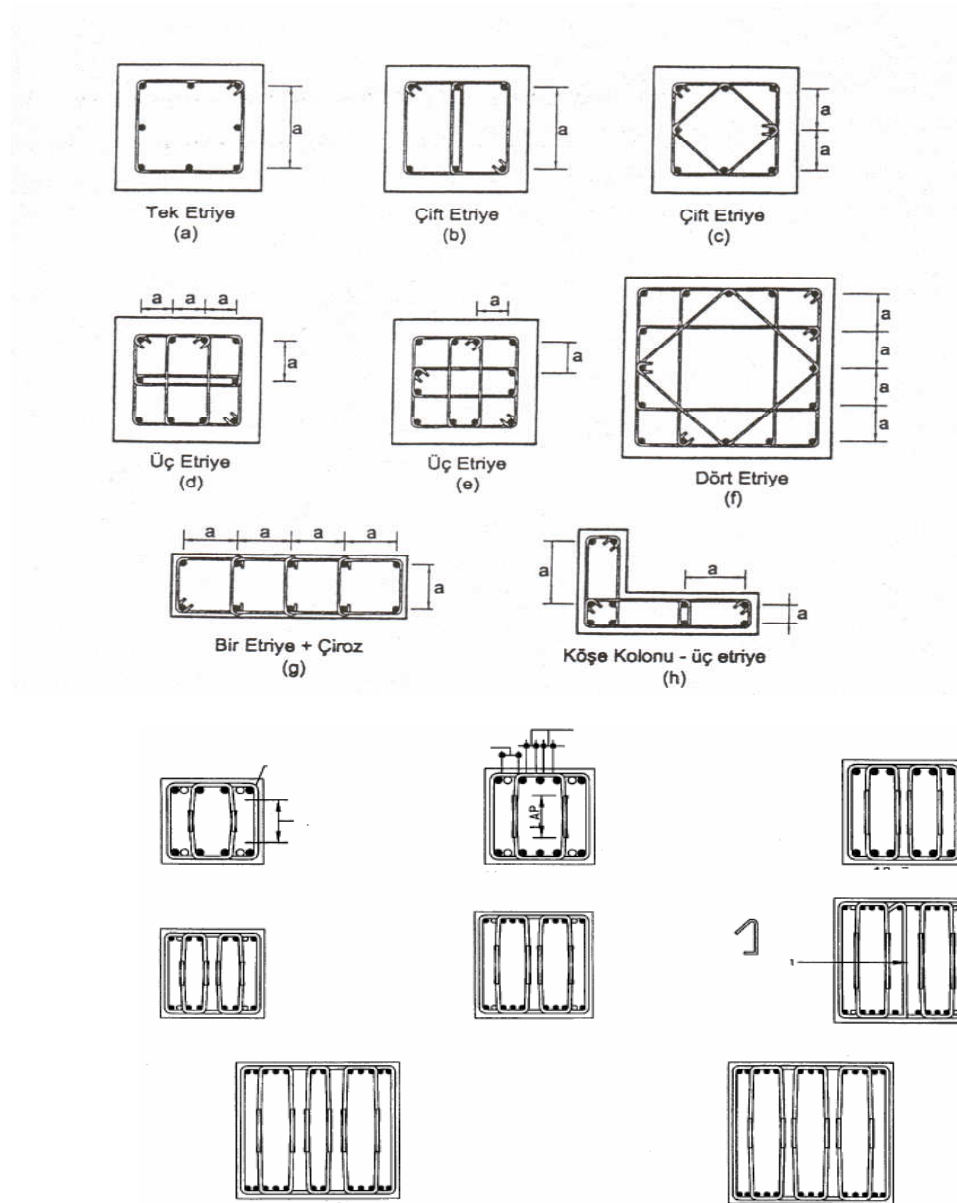
f. Katlar arası kolon kesitinin değişmesi durumunda, boyuna donatının kolon- kiriş birleşim bölgesi içinde düşeye göre eğimi, $1/6$ ' den fazla olmamalıdır. Aksi durum için çözümler yukarıda belirtilmiştir.

g. Kolon sarılma bölgesindeki boyuna donatılar, özel etriye ve çirozlarla sarılmalıdır.

h. Özel deprem etriye ve çirozları kullanılmalarına dikkat edilmelidir.

Süneklik düzeyi normal kolonlar içinse, en kesit boyutlarına ve boyuna donatıyı ilişkin koşullar, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir. Boyuna donatının düzenlenmesine ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için belirtilen koşullar süneklik düzeyi normal olanlar içinde geçerlidir. Ancak boyuna donatıların bindirmeli eklerinin kolon alt ucunda yapılması halinde, süneklik 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 süneklik düzeyi normal kolonlarda sarılma bölgesi için tanımlanan minimum enine donatı kullanılması gerekmektedir. 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. Süneklik düzeyi yüksek kolonlar için tanımlanan sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, süneklik düzeyi normal olan kolonlar da geçerlidir. (D.B.Y.B.H.Y, 2007) Şekil 6.9'da kolonlara ait enine donatı düzenlemeleri gösterilmektedir (Bangash, 2004).



Şekil 6.9: Kolonlarda enine donatı düzenleme örnekleri.

7. KİRİŞLER

Kirişler, betonarme taşıyıcı elemanda yatay ve düşey yükler nedeniyle eğilme momentine maruz kalan ve aynı zamanda kesme kuvveti etkisindeki yatay taşıyıcı elemanlardır. Düşey yüklerin dışında deprem ve rüzgar yüklerini alarak, mesnetlik görevi yaparak, yüklerin kolonlar yolu ile temele oradan da zemine aktarmayı sağlarlar. Ayrıca daha önceden de bahsettiğimiz gibi kolonlarla beraber çalışarak önemli bir taşıyıcı sistem olan çerçeveleri oluştururlar.

Kirişlerde mesnetlenme ve yüklenme biçimlerine bağlı olarak, eğilme momenti, kesme kuvveti, burulma momenti ve normal kuvvet meydana gelebilir. Ancak yapısal elemanın TS 500 gereği kiriş olarak boyutlandırılıp, donatılandırılması için hesap eksenel kuvvetinin $N_d \leq 0,1 \cdot A_c \cdot f_{ck}$ koşulunu sağlaması gerekir. Eğer bu koşul sağlamıyorsa, kirişlerin betonarme hesaplarında dikkate alınan basit eğilme etkisi artık geçerli olmaz. Bu durumda söz konusu elemanlar için kolonlarda olduğu gibi normal kuvvet ve eğilme momentinin birlikte dikkate alınması gerekmektedir. Yani bu elemanlar kolon olarak boyutlandırılıp, donatılandırılacaktır.

Donatıların uygun olarak yerleştirilmesi, donatı krokilerinin açık ve hesaplarda yapılmış olan kabulleri gerçekleştirecek durumda çizilmesi gerekmektedir. Donatı kalıp içinde tamamlandığına göre, donatı öngörülen konumunu beton dökülürken de 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 uyularak mümkün 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 çatlakların sınırlandırılmasını ve kirişin her kesitinde, bir minimum pozitif ve negatif moment kapasitesinin sağlanması için

donatı oranları üzerinde konulan sınırlar da yukarıda söz edilen konstrüktif kurallara uyularak mümkün olmaktadır. Bazı durumlarda mesnetlik yapan kirişte büyük yükten oluşan eğilme momenti, donatı arttırılarak karşılanır. Donatının arttırılması kesit atalet momentin az miktarda değiştirdiğinden mesnetlenmenin oluşmasını sağlayamaz. Mesnetlenmenin beklendiği yerde mesnet teşkil edilecek kirişin mesnetlenmeden önemli ölçüde az yer değiştirme yapması sağlanmalıdır. Bu nedenle diğerine göre kesiti ve donatısı daha büyük olacaktır. Genellikle diğer kirişlere mesnetlik yapan ve kolonları birleştiren kirişler ana kirişler olarak adlandırılır (Celep ve Kumbasar, 2001).

7.1 Enkesit Koşulları

TS 500' de ve D.B.Y.B.H.Y(2007)' de kiriş enkesit durumlarına ilişkin aşağıda verilen koşullar belirtilmektedir.

1. Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm' den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmaması gerekmektedir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).
2. Kiriş gövde genişliğinin en az 250 mm olması gerekmektedir. Bu değer TS 500' e göre 200mm' dir. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kiriş dik genişliğinin toplamını geçmemesi gerekmektedir. D.B.Y.B.H.Y(2007)' de “a” mesnet genişliğini, “h” kiriş yüksekliğini, “b_w”, kiriş gövde genişliği olmak üzere,

$$b_w \leq a + h_c \quad (7.1)$$

3. Kiriş yüksekliği serbest açıklığının 1/4 'ünden daha fazla olmaması gerekmektedir. Aksi durumlarda kiriş gövdesinin her iki yüzüne, kiriş yüksekliği boyunca gövde donatısı konulması gerekir.
4. Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm' den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır.
5. 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.

Şekil 7.1: Kiriş kesit boyutları.

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

7.2 Donatı Yerleştirme Koşulları

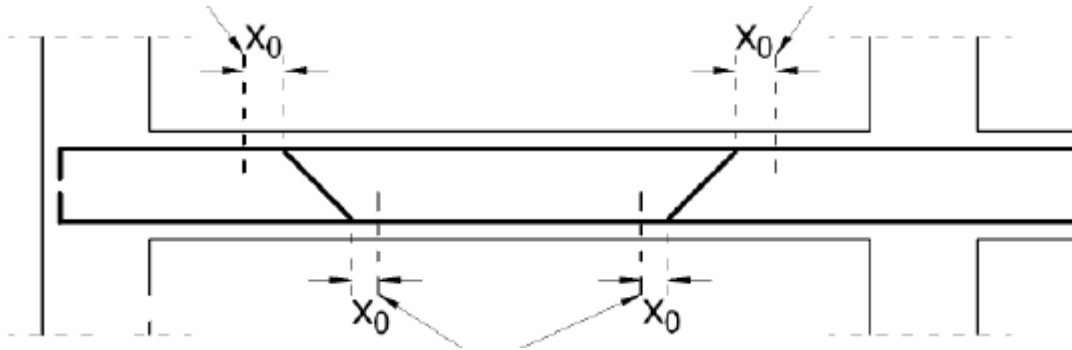
Kirişlerde kullanılan başlıca donatılar, eğilme, kayma ve etriyelerin tutunabilmesi için gerekli olan montaj donatıları olarak bilinmektedir. Kirişlerde donatı oranının çok küçük olması, donatısız kiriş gibi çok gevrek olmasına neden olmakta ve buna karşılık, donatı oranının aşırı derecede fazla olması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

Şekil 7.2’ de donatının aniden kesilmesi (sonlandırılması) veya bükülmesi sebebiyle bu noktalarda gerilme yığılmaları oluşur. Bu nedenler donatı ihtiyaç duyulmayan bölgeden sonra, x_0 kadar uzatılır.

$$\text{Pilye: } x_0 \geq d / 3 \text{ ve } 8 \varnothing \quad (7.2)$$

$$\text{Kesme: } x_0 \geq d \text{ ve } 20\varnothing \text{ (nervürlü) ve } 40\varnothing \text{ (düz)} \quad (7.3)$$



Şekil 7.2: Donatının aniden kesilmesi.

7.3 Eğilme ve Basınç Donatı Koşulları

TS 500’de kirişlerde kullanılacak olan donatı aralıkları ile ilgili olarak bazı 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 olarak $\varnothing$ esas alınmalıdır. Birden fazla sıra oluşturulduğunda, üst üste çubuklar aynı hizaya gelmelidir. Özellikle mesnetlerin üst kısmında betonun dökülmesi ve de vibratör sokularak betonun sıkıştırılabilmesi için vibratör çapından, 1.5- 2.0 cm daha büyük aralık bırakılması tavsiye edilmektedir. Bunun için bir kısım donatı yukarıda da bahis edildiği gibi ikinci sıraya alındıktan sonra da döşeme plağıyla beraber dökülen,

kirişlerin mesnetleri için gerekli ek donatı bu plak içine de yerleştirilmelidir (Aka ve diğ, 1999).

Kiriş mesnetlerinde üstteki çekme donatısının minimum oranı için denklem 7.4 verilen koşula uyulması gerekmektedir.

$$\rho_{\bar{u}} \geq \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \quad (7.4)$$

Kirişlerde çekme donatısı oranı için, denklem 7.5 verilen koşulun sağlanması gerekmektedir.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \geq \rho_{\min} = 0,8 \cdot (f_{ctd} \cdot f_{yd}) \quad (7.5)$$

Kirişlerde çekme ve basınç donatı oranları farkı, dengeli donatı oranının 0.85 katından fazla olmaması gerekmektedir.

$$\rho - \rho' \leq \rho_{\max} = 0,85 \cdot \rho_b \quad (7.6)$$

Burada,

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

f_{ctd} , betonun tasarım eksenel çekme dayanımını,

f_{yd} , boyuna donatı tasarım akma dayanımını,

ρ , girişte basınç donatısı oranı,

ρ' , girişte basınç donatısı oranı,

ρ_b , girişte dengeli donatısı oranını göstermektedir.

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 giriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunması gerekmektedir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

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

Gövde yüksekliği fazla olan kirişlerde basınç ve çekme bölgeleri arasında düz donatı çubukları yerleştirilmektedir. Gövde donatıları, rötire çatlaklarına karşı önlem olarak, alındığı için bunlara rötire donatısı adı da verilmektedir. Gövde donatısı rötreden başka eğilme çatlaklarını da, çekme donatısı üzerinde birleşerek genişliklerinin kısıtlanmasını sağlamaktadır. Toplam gövde alanı, sağ veya sol mesnet kesitlerinde üst ve alt boyuna donatı alanlarının toplamını en büyüğünün % 30'dan az olmamalıdır. Gövde donatısı çapı, 12 mm'den az aralığı ise 300 mm'den fazla olmamalıdır (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

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

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

7.4 Boyuna Donatıların Düzenlenmesi İle İlgili Kurallar

Deprem esnasından, oluşacak momentlerin yönü değişebilmektedir. Arzu edilen tasarım şekli, taşıyıcı sistemin deprem etkisi altında, toplam göçme olmadan, büyük şekil değiştirme yapabilme kapasitesine sahip olmasıdır. Sonuç olarak, donatı düzenleme kurallarına kesinlikle uyulması gerekmektedir. Aşağıda bu doğrultuda bazı kurallar sıralanmıştır.

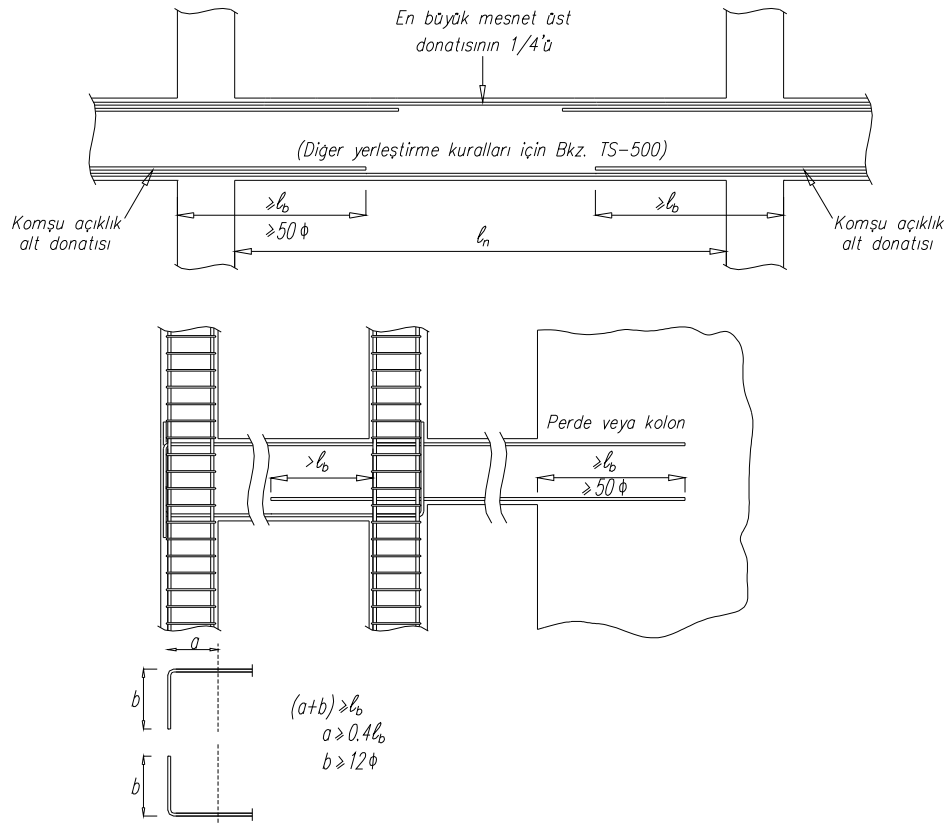
a. Kirişin iki ucundaki mesnet üst donatılarının büyük olanının en az 1/4' ü tüm kiriş boyunca, sürekli olarak devam ettirilmesi gerekmektedir. Mesnet üst donatısının geri kalan kısmı, TS 500' e göre düzenlenmelidir.

b. Kolona birleşen kirişlerin kolonların 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 donatıların kolon içinde kalan yatay kısmı ile 90 derece kıvrılan düşey kısmının toplam uzunluğu, TS 500' de öngörülen düz kenetlenme boyu olan

l_b ' den daha az olmamalıdır. 90 derecelik kancanın yatay kısmı $0.4l_b$ ' den, düşey kısmı ise 12ϕ den az olmaması gerekmektedir.

c. Her iki taraftan kirişlerin, kolonlara birleşmesi durumunda, kiriş alt donatıları, kolon yüzünde 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, 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 daha az olmaması gerekmektedir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).



Şekil 7.3: Kirişlerde boyuna donatılar için kısaltmalar.

7.4.1 Boyuna donatıların eklenmesi ile ilgili koşullar

Kirişlerin, çekme gerilmelerinin yoğun olduğu bölgelerde ve yönleri değişebilen tersinir momentlerin etkidiği yerlerde donatılara ek yapılmadan 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. Açıklılardaki 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 daha önceki konularda değinilmiş kurallara uyulması gerekmektedir. Montaj donatıların ekleri, mesnet bölgesinde yapılmamalıdır. Yukarıda anlatıldığı gibi mesnet bölgelerinde zaten çok fazla olan donatı miktarı daha fazla da artırılmış olacaktır.

Aşağıda D.B.Y.B.H.Y.' ine paralel olarak boyuna donatıların eklenmesine ilişkin kurlar sıralanmaktadır.

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

b. Daha önceki bölümlerde açıklanmış olan manşonlu ekler veya bindirme kaynak ek ekleri, bir kesitte ancak birer donatı atlayarak uygulanması ve birbirine komşu iki ekin merkezleri arasındaki boyuna uzaklık 600 mm'den daha az olmaması gerekmektedir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

teorik olarak kirişin tam orta noktasında kesme donatısına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle, mesnetlere yakın bölgelerde etriyelerin sıklaştırılması gerekmektedir (Barker, 1967).

7.5.1 Enine donatı aralığı

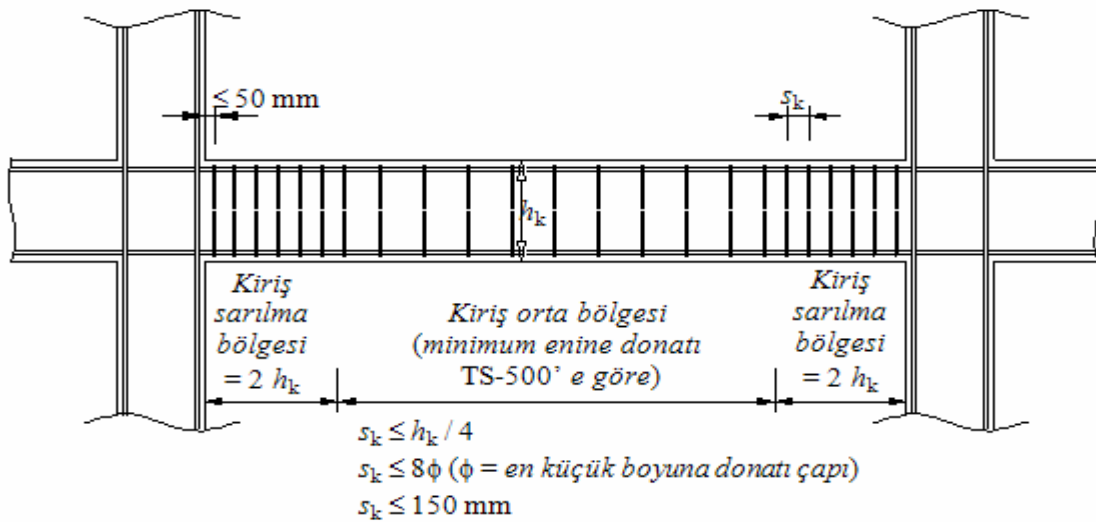
Aralığı kiriş faydalı yüksekliğinin yarısından fazla olmaması gerekmektedir. Ayrıca, özel olarak, V_d ; tasarım kesme kuvveti ve V_{cr} ; kesitin kesmede çatlama dayanımı olmak üzere; $V_d \geq 3 \cdot V_{cr}$ olan durumlarda, etriye aralığı yukarıda belirtilen, değerin yarısını aşmaması gerekmektedir. Bu durumda, denklem 7.7 eşitsizliği geçerli olmaktadır. Çerçeve kirişlerinin uçlarında kiriş derinliğinin iki katı kadar olan bölgede; etriye aralığı aşağıdaki koşulları sağlamalıdır (TS500, 2000).

$$s \leq d/4 \quad (7.7a)$$

$$s \leq 8 \cdot \emptyset \quad (7.7b)$$

$$s \leq 150 \text{ mm} \quad (7.7c)$$

Denklem 7.7’de, s: Etriye aralığını, d: Kirişin faydalı yüksekliğini, $\emptyset$: Kirişin en küçük boyuna donatı çapını göstermektedir.



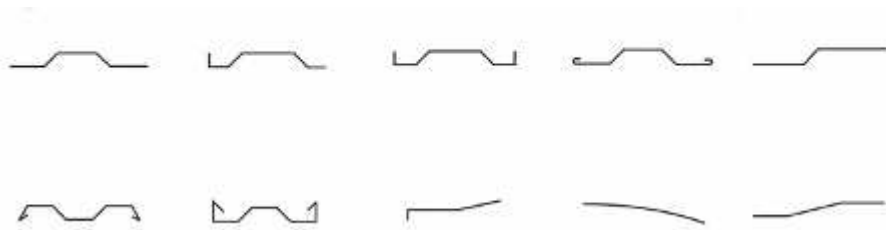
Şekil 7.5: Kirişlerde enine donatılar için kısıtlamalar (D.B.Y.B.H.Y, 2007)

Kiriş mesnetlerinde, kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar olan bölgeye “sarılma bölgesi” denilmektedir. Bu bölgede daha önce tanımı yapılmış olan özel deprem etriyeleri kullanılması zorunludur. Sarılma bölgelerinde, ilk etriyenin kolon yüzüne olan uzaklığı en çok 50 mm olması gerekmektedir. Daha elverişsiz durumlar elde edilmedikçe, etriye aralıkları TS500’de belirtildiği üzere, kiriş yüksekliğinin 1/4’ ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 150 mm’ yi aşmaması gerekmektedir. Sarılma bölgesi dışında, TS500’de verilen minimum enine donatı koşullarına uyulması gerekmektedir. Şekil 7.5’de kirişlerin enine donatılarına ilişkin kurallar özetlenmiştir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

Kiriş etriyelerinin uçları her zaman basınç bölgesine ankre edilmelidir. Bu bölgede hem kayma gerilmesi daha küçüktür, hem de basınç gerilmelerinin ankraja yardımı söz konusudur. Etriye uçlarının çekme bölgesinde ankre edilmesi uygun değildir.. Kiriş genişliğinin 40 cm’yi aşması durumunda, kirişin iç kısmındaki eğik çekme gerilmelerini karşılamak için, daha iyi bir dağılma sağlayan çift etriye ve köşeler için ilave montaj donatısı kullanmak gerekir. Mesnetlerde üst kısımda, beton dökülebilmesi ve vibratör sokularak sıkıştırabilmesi için vibratör çapından 1.5-2.0 cm daha büyük bir aralık bırakılmalıdır. Bunun için donatının bir kısmı ikinci sıraya alındıktan başka, döşeme plağı ile birlikte betonlanan kirişlerin mesnetleri için gerekli ek donatı bu plak içine de konabilir. Böylece donatının yerleştirileceği genişlik arttırılmış olmaktadır.

7.5.2 Pilyelerin düzenlenmesi

Pilye, açıklıkta çekme donatısı olarak görev yapan donatı çubuğunun, mesnet bölgesine yaklaşılnca bükülüp mesnetteki negatif momente karşılık çekmeye çalıştırılmasıyla elde edilen donatı türüdür (Şekil 7.6)(Bangash, 2003).



Şekil 7.6: Çeşitli pilye düzenleri.

Kirişlerde gereksinim duyulmayan kesimlerde, donatının basınç bölgesine bükülüp, kenetlendiği durumlarda, aşağıdaki faydalar sağlanmış olacaktır.

1. Donatıya daha fazla kenetlenme boyu sağlanmış olması,
2. Kenetlenmenin, basınç bölgesinde yapılması,
3. Pilye yapılan donatının tarafsız eksene ulaşınca kadar etkili olması nedeniyle, gerilme yığılmalarının azalması.

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 diyagramı çizilmelidir. Kirişte sadece bir adet pilye varsa, kiriş üzerindeki yeri “Hm” alanın ağırlık merkezi olmaktadır. Pilyelerin sayıları fazla ise, Hm alanları açıklık 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 moment diyagramı açısından da uygun olmak durumundadır. 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 (Aka ve diğ. 2001).

Etriye ve pilyelerin kesitte enine doğrultuda simetrik olması tavsiye edilmektedir. Aksi taktirde, yüklü olan kirişte birtakım burulma etkileri kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle pilyeler bir kesitte ya da 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, her çubuğun ucundan aderans boyu kadar uzakta tam çalışmaya başlayabileceği dikkate alınarak hesaplanması tavsiye edilmektedir. TS 500’ de 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 40 katından az olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

7.5.3 Askı donatılarının düzenlenmesi

Yapı sistemlerinde askı donatısı için TS 500(2000)’ de 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.

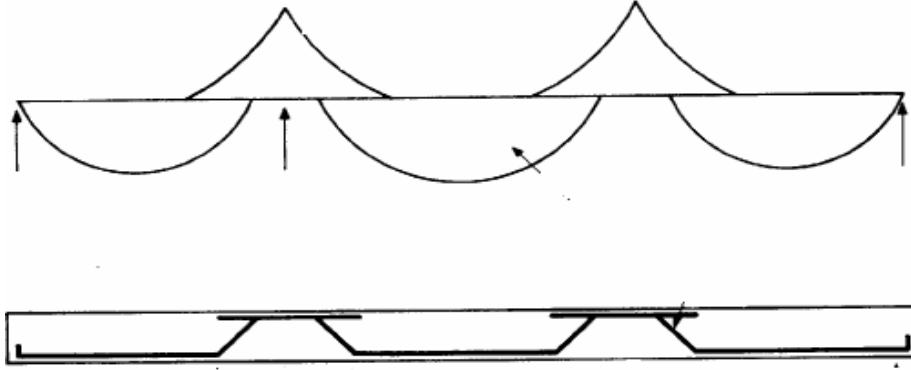
7.6 Sürekli Kirişler

Kirişlerin devam etmesi durumunda yani ikiden daha fazla sayıda noktaya noktaya mesnetlenen kirişlere sürekli kiriş denilmektedir. Burada önemli olan çekme donatısının yerleşimidir. Çekme donatısının diğer kirişlerde farklı olarak sadece açıklıklarda değil, mesnette de kirişin üst liflerinde yerleştirilmesidir.

Sürekli kirişlerde pilyeler kullanılabilir. Mesnetlerde ihtiyaç duyulmayan çekme donatısı mesnedin öbür tarafına bükülerek, momentin işaret değiştirmesi ile yeniden kullanıma girer. Yalnız kullanılan pilyelerin kesme kuvvetine katkısı kalmaz (Ersoy, 1987). Pilyelerin uçları ya 90 derecelik açıyla bükülecek ya da komşu açıklığa doğru uzatılarak kenetlenmelidir.

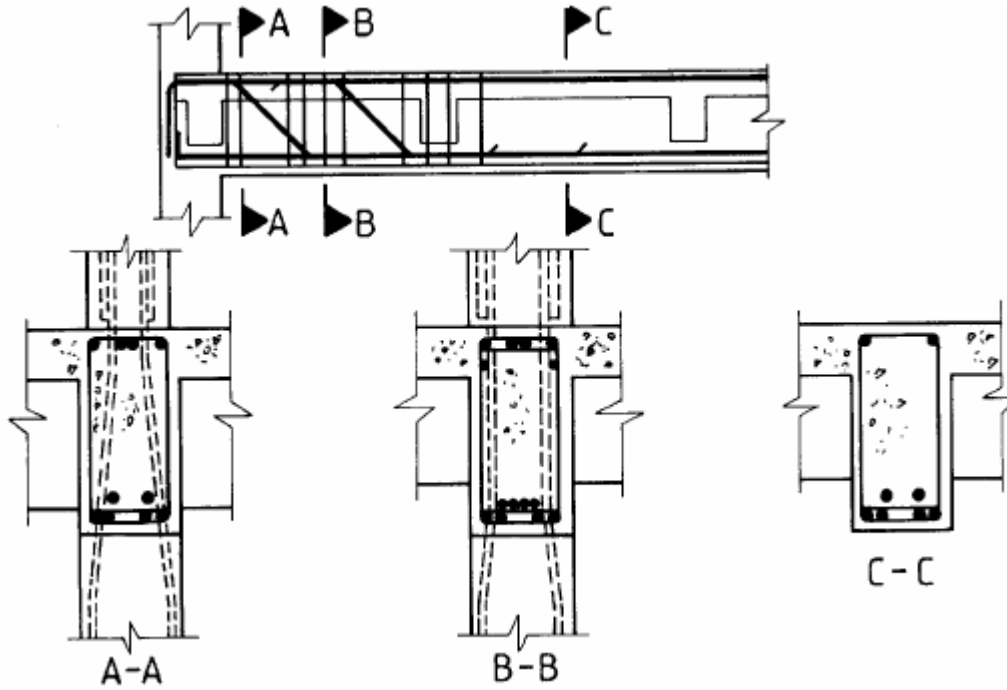
Şekil 7.7’ de eğilme momenti diyagramı göz önüne alınarak (Açıklıklarının bir kısmında pozitif moment oluşmayabilir. Pozitif momentin meydana gelmediği durumlarda çekme donatısı hesaplara göre hem mesnette hem de açıklıkta kiriş üst

kısmına yerleştirilmelidir) sürekli kirişlerde genel donatı düzeni gösterilmektedir (Bangash, 2003).



Şekil 7.7: Sürekli kirişlerde uygulamadaki genel donatı düzeni.

Şekil 7.8' de çerçeve sisteminde sürekli kirişlere ait donatı düzeni ve kesitleri gösterilmektedir (Bangash, 2003).



Şekil 7.8: Çerçeve sistemindeki sürekli kirişlerde genel donatı düzeni.

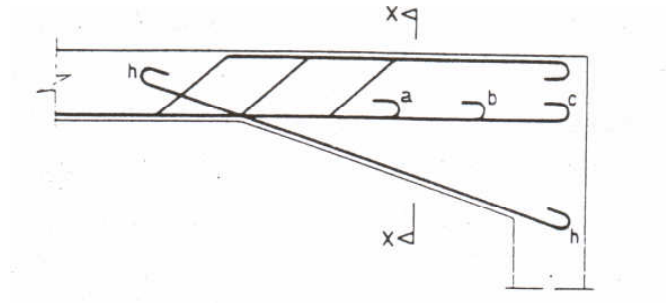
7.7 Guseli Kirişler

Mesnet bölgelerinde kesme kuvveti ve eğilme momentinin yüksek olduğu durumlarda, mesnet bölgelerinde kritik kesme kuvvetlerinin daha güvenli olarak karşılanması için önerilebilecek en iyi çözüm guseli kirişler olmaktadır. (Şekil 7.9)



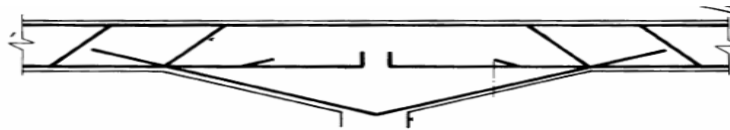
Şekil 7.9: Guseli kiriş düzenlenmiş bir yapı.

Şekil 7.10’ da görüldüğü gibi, sanki kirişte guse yokmuş gibi ana donatılar guse boyunca uzatılmış ve eğilme momenti diyagramı yardımıyla belirli noktalarda bükümleri yapılmıştır (Özkaynak, 2002).



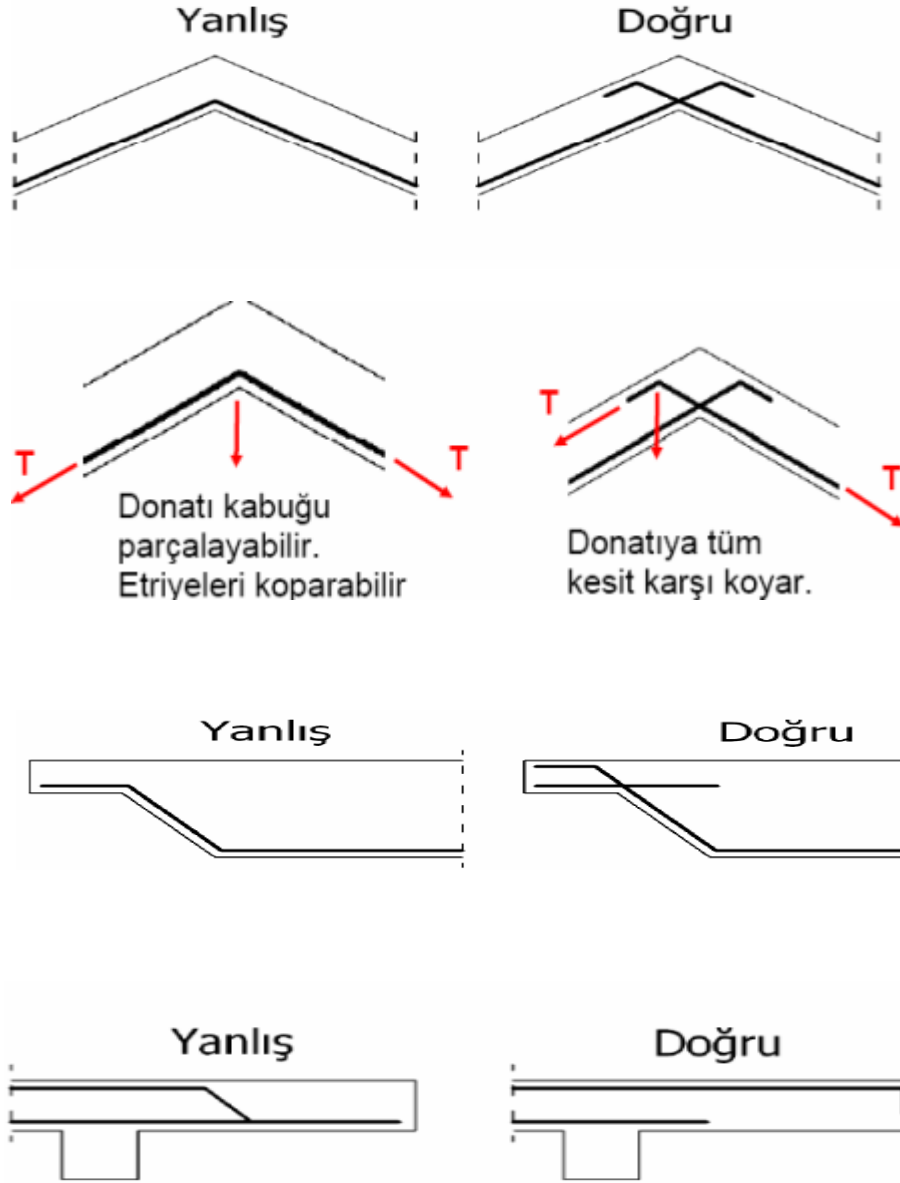
Şekil 7.10: Guseli kirişlerde donatı düzenlenmesi.

İç akslarda ise, guse aksınca donatı düzenlenmiş olup, donatıların şekil 7.11’ de görüldüğü gibi düzenlenmesi uygun olmaktadır (Bangash, 2003).



Şekil 7.11: Guseli kirişlerde etriye düzenlenmesi.

Şekil 7.12’ de uygulamada kirişlerde yapılan hatalar ve uygulanması gereken donatı düzeni gösterilmektedir (Özmen, 2008).



Şekil 7.12: Uygulamada yapılan hatalar ve yapılması gereken donatı düzeni.

7.8 Saplama Kirişler

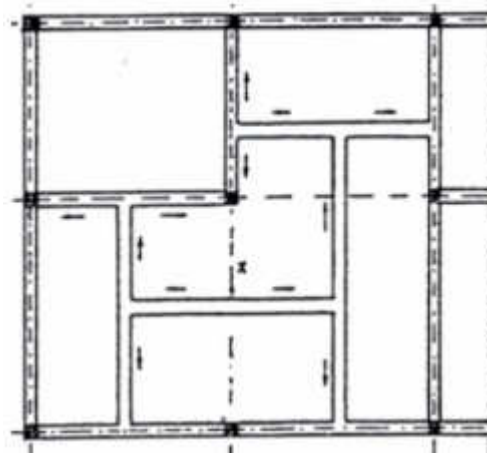
Kirişlerin doğrudan doğruya kolonların yerine kirişlere mesnetlendiği kiriş tipi saplama kiriş olarak isimlendirilir. Saplama kirişlerde kiriş taşıdığı toplam yükün yarısının bir ucundan mesnetlendiği ana kirişe tekil yük olarak aktarmaktadır. Bu

durumda da ana kiriş taşıdığı yüklere ilave olarak bir de tekil yük taşımaktadır.(Şekil 7.13)



Şekil 7.13: Saplama kiriş örnekleri.

Bir kiriş eğer kolona değil başka bir kirişe mesnetleniyorsa, yük getiren kirişin mesnet kuvveti kafes sistem benzeşiminde meydana gelen basınç çubuğu, diğer kirişe geçer. (Şekil 7.14) Bu tür dolaylı mesnetlenmede, birinci kirişin mesnedinde oluşan kuvvetin diğer kirişin gövdesine iletilmesi için askı donatısına ihtiyaç duyulur. Kafes sistem benzeşimi ile mesnette oluşan basınç çubuğunun düşey çekme çubuğu ile dengelenmesi gerekir (Altan ve Güler, 2008).



Şekil 7.14: Saplama kirişlerin uygulandığı yapı planı.

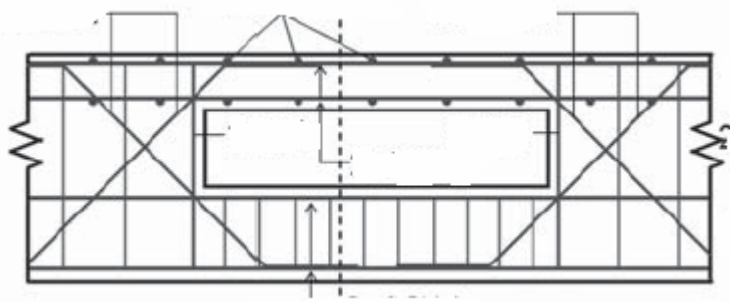
7.9 Boşluklu Kirişler

Sıhhi tesisat, pis su tesisatı, elektrik ve telefon kabloları vb. tesisatların tavandan geçirilişi sırasında kiriş gövdelerinde boşluk bırakılması ihtiyacından dolayı boşluklu kirişler düzenlenebilmektedir.

Kiriş gövdelerinde bırakılan boşluklar boyutlarına göre, küçük ve büyük boşluklar olmak üzere başlıca iki grupta incelenebilmektedir. Eğer boşluğun en büyük boyutu, kiriş toplam yüksekliğinin yarısından daha büyük değilse, bu tür boşluklara küçük boşluklar; yarısından daha fazla ise bu tür boşluklara büyük boşluklar denilmektedir. Gövdelerinde küçük boşluklar bulunan betonarme kirişlerin analitik çözümüne ait çalışmalar sonucu, bu tür betonarme kirişin dizaynında önemli bir problemle karşılaşmadığı görülmüştür. Boşluk çevresinde yerleştirilecek donatı miktarının, boşluklu kesitteki basınç ve çekme donatısının fazla olanına eşit olması gerekmektedir. Böylece ilk olarak çekme ve basınç donatısının akar, boşluk civarındaki donatının akması ise daha sonra olur (Elçi, 2005).

Ayrıca boşlukların kesme bölgesinde bırakılması ve yeterli beton basınç çubukları düzenlenmelidir.

Çekme bölgesi çatlayacağından, basınç bölgesi altındaki üst başlık kesme kuvvetinin büyük bir bölümünü alır. Buna göre kesme kuvvetlerine uygun etriyeler düzenlenmelidir. Ayrıca, boşluk yanında askı donatısı düzenlenmeli ve mesnet tarafına 3 tane etriye konulmalıdır. Büyük kirişlerin boşluk köşelerinde Şekil 7.15’ de gösterildiği gibi eğik donatı ek olarak konulmalıdır (Aka ve Diğ, 2001).



Şekil 7.15: Boşluklu kirişlerde donatı düzeni.

8. DÖŞEMELER

İnsanlar yaşadıkları çalıştıkları yerlerde düzlem alanlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bundan dolayı binalarda, iki boyutlu düzlemsel yapı elemanları olan döşemeler yer almaktadır. Döşemelerin görevleri, belirli bir alanı kapatmanın yanı sıra, üzerlerine etkiyen yükleri çevre duvarlarına, kirişlere, perdeler ya da kolonlara aktarmak, deprem sırasında üstlendikleri en önemli görev de yatay deprem yüklerini düşey elemanlara aktarmaktır. Döşemeler, üzerine etkiyen yükleri doğrudan doğruya taşıyan plakları çizgisel olarak ya da noktalarda mesnetlendirebilirler. Çizgisel mesnetler plağın kenarlarındaki kirişler, nokta mesnetler ise kolonlardır. Döşemeler, kirişlerle beraber betonlandıkları için kiriş kesitlerinin tablalı olarak meydana gelmesini sağlamaktadırlar. Taşıdıkları faydalı yükler yanında, kendi ağırlıkları, kaplama sıva gibi sabit yükleri de taşımak zorundadırlar. Bu tür yüklerin etkime şekilleri çok farklı olabildikleri için yükleri yayılı olarak, döşemelere etkidikleri kabul edilmektedir.

Betonarme döşemelerin yangına dayanıklı hatta önleyici olmaları zararlı böcek ve bitkilerin barınmasına olanak vermemeleri ve ekonomik olmaları gibi üstünlükleri vardır. Ancak bu yararları yanında ağır olmaları, sulu inşa edilmeleri, dayanım kazanmaları için kalıp sökme süresi nedeniyle bekleme zorunluluğu, inşaatın mevsim ve hava durumuna bağlı oluşu gibi sakıncalar da taşırlar (Aka ve diğ, 2001).

Kat döşemeleri yalnız yükleri taşımakla kalmayıp bir levha (diyafram) etkisi ile yapının stabilitesini, rijitliğini de sağlarlar. Döşemelerin maliyeti toplam maliyet içinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle taşıyıcı sistemde uygulanabilecek çeşitli döşeme biçimleri göz önünde bulundurularak en uygun çözümün elde edilmesine çalışılmalıdır (Aka ve Altan, 1992).

Döşemelerle ilgili olarak, D.B.Y.B.H.Y (2007) 'de aşağıdaki kısıtlamalar bulunmaktadır.

1. Döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde, rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir.

2. Bütün deprem bölgelerinde, dolgulu ya da dolgusuz yerinde dökme veya prefabrike dişli döşemeli sistemlerde plak kalınlığı 50 mm' den az olmayacaktır. 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 kalınlıkları için TS500' de verilen koşullar geçerlidir.

3. Bütün döşeme sistemlerinin kesme dayanımlarına ilişkin olarak, süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesme dayanımı için verilen koşullara ($V_e \leq V_r$ ve $V_e \leq 0.22 \cdot A_{ch} \cdot f_{cd}$ hariç olmak üzere) aynen uyulmalıdır.

Döşeme kalınlıkları ise, döşemenin mesnetlenme şekline, açıklığa ve üzerine etkiyen yüklere bağlı olarak farklı değerler alabilmektedir. Döşemeler için minimum kalınlığı, yangın etkisinden korumak için gerekli olan pas payı mesafesi de etkimektedir. 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 tavsiye edilmektedir. Mesnetlenme durumlarına bağlı olarak yükünü bir ya da iki doğrultuda ileten bu döşemelere kirişli plak döşemeler denilmektedir. Ana kirişlere mesnetli sık paralel kirişler sistemi olarak bilinen sistem ise dişli döşeme türüdür. Dişli döşemelerde yükler, diş doğrultusunda ana mesnetlere aktarılmaktadır. Diğer bir döşeme türü ise herhangi bir kiriş olmadan yükün doğrudan doğruya aktarıldığı kirişsiz döşemedir.

Döşeme tiplerinin seçiminde yapı ve kat yüksekliği, düşey ve yatay yükler, tesisat elemanları, kalıp sistemi, inşaat süresi ve biçimi etkili olmaktadır. Döşeme sistemleri, mesnet koşullarına ve çalışma biçimlerine göre üç türde toplanabilmektedir.

1. Kirişli Döşeme

2. Dişli Döşeme

3. Kirişsiz Döşeme

Genellikle döşemelerin davranışı daha çok denge altı donatılı kirişlerin davranışına benzemektedir. Ancak döşemelerdeki donatı oranı genellikle kirişe oranla daha küçük olduğundan ve komşu şeritlere aktarım uyum sebebiyle yapıldığından, döşemelerin deformasyon kapasiteleri daha fazladır.

Döşemeler ilk çatlak oluşuncaya kadar doğrusal elastik bir davranış sergileyecektir. İlk çatlama momentin maksimum olduğu yerde başlayacaktır. Çatlakların oluştuğu bölgede döşemenin eğilme rijitliği azaldığından, moment dağılımı elastisite teorisinden saptamaya başlayacak ve yükün artması ile bu çatlaklar ilerleyecektir. Yük belirli bir düzeye geldiğinde momentin en büyük olduğu yerde donatı akmaya başlar. Donatı akması çapraz çatlaklar bölgesinde oluşacaktır. Yük arttıkça donatıdaki akma döşeme kenarlarına doğru ilerleyecektir. Akma çizgileri döşeme kenarlarına ulaştığında, döşeme artık mekanizmaya dönüştüğünden, daha fazla yük alamayacaktır. Akma çizgilerinin kullanılması ile geometrisi dikdörtgenden değişik ve sınır koşulları karmaşık plakların hesapları için de oldukça kolaylık sağlanır (Ersoy, 1995).

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

8.1 Kirişli Döşemeler

Döşemenin mesnedi kiriş olan kirişli döşemeler uygulamada en çok rastlanan döşeme türüdür. Plaklar yüzeysel taşıyıcı olmalarına karşın, küçük boyutları olan kalınlıklarını etkileyen momentler dolayısıyla büyük açıklıklı yapılmadıklarından kirişlerle bölmek daha uygun olmaktadır. Böylece elde edilen kirişli döşemelerde

dikdörtgen biçimi plaklar kalıp, donatı yerleştirme ve davranış bakımından sorunsuz olduklarından tercih edilmelidir (Aka ve Altan, 1992). 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.

Kolonlar arasındaki kirişler iyi bir bağlantı sağlarlar ve döşemeden kolona yük aktarmada iyi bir eleman oluştururlar. 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, yani tek parça olması gerekmektedir. Bunun yanında döşemeden gelen yüklerin kolonlara daha geniş en kesitleri olan kirişlerle aktarılması kolon çevresinde “zımbalama” kırılmasının meydana gelmesini önlemektir. İşte bu kurallara uyulduğu sürece yerinde dökme kirişli döşemeler, deprem açısından en uygun döşeme sistemidir (Özkaynak, 2002).

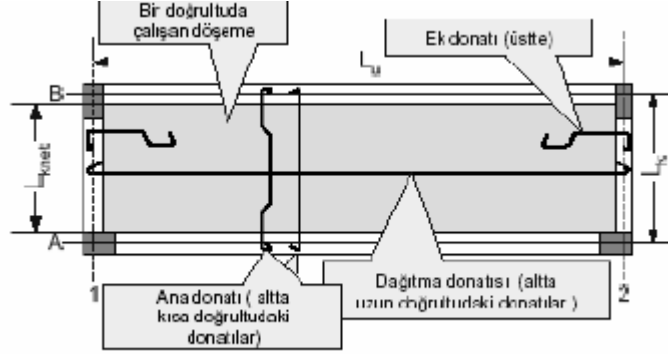
Plak kirişli döşemelerin deprem açısından en uygun tasarım sistemidir. Tasarımdaki en önemli ve tek öneri donatıların komşu döşeme ve kirişlerde yeterli ankraj boyunda uzatılmış olmalıdır.

8.1.1 Tek doğrultuda çalışan döşemeler

Düzgün yayılı yük taşıyan ve uzun kenarının kısa kenara oranı 2’den büyük olan betonarme plaklar tek doğrultuda çalışan döşemeler olarak adlandırılmaktadır.

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

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



Şekil 8.1: Tek doğrultuda çalışan döşemeler için donatı yerleştirilmesi.

Bu tür döşeme sistemlerinde döşemeye gelen yükler, kolonlara kısa doğrultuda uzun kirişler aracılığı ile iletilmektedir. 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 yapılmaktadır.

Tek doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için döşeme kalınlıkları TS500 (2000)' e göre aşağıdaki gibidir.

1. En küçük döşeme kalınlığı 80mm' 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.

2. 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.

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

Ayrıca, döşeme kalınlığı kayma donatısına ihtiyaç göstermeyecek şekilde, dolayısıyla aşağıdaki koşulu sağlayacak şekilde seçilmesi uygun olmaktadır. Kayma donatısına ihtiyaç duyulmaması için denklem 8.1 'in sağlanması gerekmektedir. Yani

$$V_d \leq 0.5 \cdot V_{cr} = 0.5 \cdot 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \quad (8.3)$$

Burada,

V_d , Tasarım kesme kuvvetini,

V_{cr} , Kesitin kesmede çatlama dayanımı,

f_{ctd} , Beton eksenel çekme dayanımını,

b , Kiriş tabla genişliğini,

d , Faydalı yüksekliği göstermektedir.

Bu denklemde, kesme kuvvetinin genellikle kritik olmayacağını buna rağmen, döşemenin kesme dayanımı için kesme donatısı ihtiyacının kontrol edilmesinin gerekli olduğu belirtilmektedir. Bunun için tasarım kesme kuvvetinin kesitin kesme çatlama dayanımından küçük olması gerekir. Döşemelerde faydalı yüksekliğin dolayısıyla da döşeme kalınlığının büyük seçilmesi, kesme dayanımının beton tarafından karşılanmasını kolaylaştıracak ve çoğu zaman da kesme donatısına gerek kalmayacak şekilde, tasarım yapılması imkânını sağlayacaktır.

Donatı ile ilgili dikkat edilmesi gereken noktalar ve kısıtlamalar ise aşağıdaki gibidir.

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

Daha öncede bahsedildiği gibi küçük açıklığın büyük açıklığa komşu olduğu döşemelerde ve hareketli yükün farklı durumlarında, küçük açıklıkta negatif moment oluşturulabilmektedir. Bu gibi hallerde açıklıkta negatif moment için üst donatı konulması gerekir. Çözümlemede kullanılan idealizasyona göre, mesnetler moment almamaktadır. Buna karşın gerçek hayatta kirişlerdeki dönme, kirişlerin burulma rijitliği sayesinde önleendiğinden 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 kenarlardaki kiriş, hatıl, kolon veya betonarme duvarlara kenetlenme ilkeleri aderans ve kenetlenme ile ilgili bölümdeki kısıtlamalar kadar olmalıdır.

Tek doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı oranı, S220 için 0.003, S420 ve S500 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 ve açıklık arasındaki eğilme momentlerinin karşılanamayacağı ihtimali göz önünde bulundurularak, bu duruma izin verilmemektedir. Genelde açıklık donatısının yarısı düz, yarısı pilye olarak kullanılmasına izin verilmektedir.

TS 500' de bazı 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.

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde, etkili açıklık kısa olan açıklıktır. Donatılarında kısa kenara paralel olarak yerleştiğinden bahsetmiştik. Bu nedenle her iki doğrultudaki mesnet donatılarının kesilmesinde ya da açıklık donatılarının pilye yapılmasında seçilecek yerler, yaklaşık olarak mesnetten kısa açıklığın 1/4' ü ya da 1/5' i mesafede bulunan kısımlarıdır. Büküm noktasının önemli olduğu hallerde moment kapama diyagramından hareket edilerek pilye kıvrım yerleri belirlenmelidir (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 taktirde kalınlığı arttırmak gibi çözüm yoluna gidilmektedir. Ayrıca beton basınç gerilmesi aşılsa, basınç donatısı koymak da çözüm değildir. Yüksekliğin azlığı nedeniyle donatı gerilmesi küçük olacak, ayrıca basınç donatısı etriye ile burkulmaya karşı korumak mümkün olamayacaktır.

TS 500' de asal donatı ile ilgili olarak, aşağıdaki bilgiler yer almaktadır.

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

Bir doğrultuda çalışan döşemelerde kısa kenara yaklaştıkça, 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 karşılanmasında, dağıtma donatısının büyük önemi vardır. Kısa kenar içinse, mesnet donatısının kullanılması gerekmektedir. İki

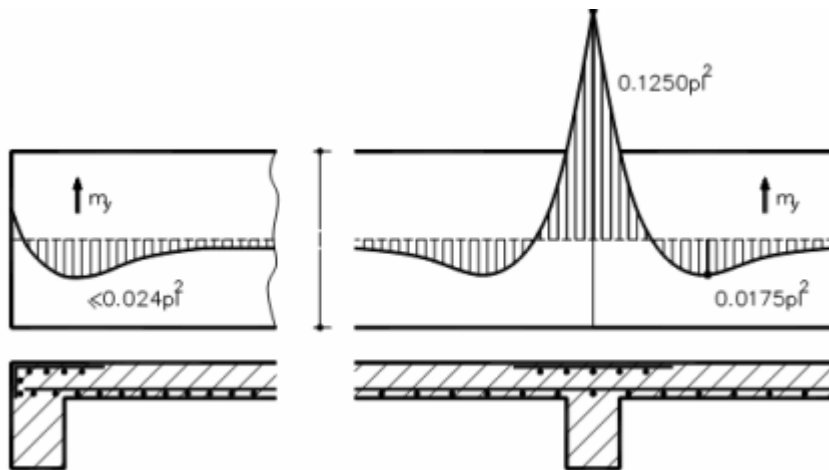
komşu açıklıktan bükülerek mesnede gelen donatı çubuklar, mesnet momentine göre hesaplanan donatı en kesit alanı için yeterli değilse, aradaki fark mesnede konacak ek donatı ile karşılanması gerekmektedir.

TS 500’ de mesnet donatısı ile ilgili aşağıdaki kısıtlamalar bulunmaktadır.

Kısa kenar doğrultusundaki kirişler üstünde, döşeme asal donatısına dik doğrultuda boyuna mesnet donatısı bulundurulması gerekmektedir. Üste konacak 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 $\varnothing 8/200$ mm, S 420 için en az $\varnothing 8/300$ mm, S 500 için $\varnothing 8/150$ 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 aralığının 300 mm’den fazla olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde, kısa kenar momenti ve donatısı yerleşiminde, iç mesnetlerde eğilme momenti, açıklık momenti düzeyinde olabilmektedir. (Şekil 8.2’ de uzun kenarlar basit mesnetlidir) Döşemelerde, dağıtma donatısı, ana donatının bulunduğu tarafta olmalı, gerçekte bu donatının işlevi dağıtma değil, eğilme momenti taşımadır (Şekil 8.2)(Celep ve Kumbasar, 1998).

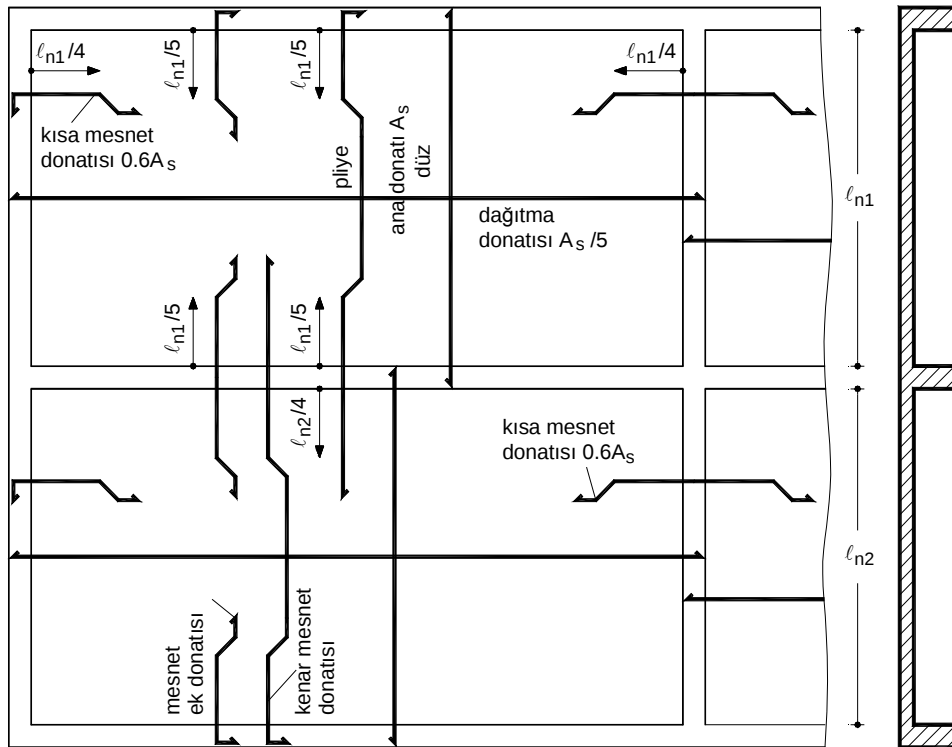


Şekil 8.2: Kısa kenar mesnet momenti ve donatısı.

Dağıtma donatısının 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.

Bir doğrultuda çalışan döşemelerin kenar mesnedinde hesaplamalarında 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.

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

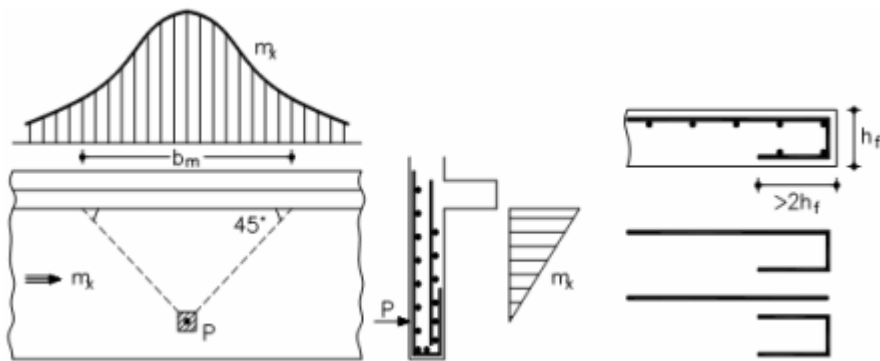


Şekil 8.3: Tek doğrultuda çalışan döşemeler için genel donatı yerleştirilmesi.

Döşemelerde istenen standarttaki donatı düzeni hazır, çelik hasırlar ile de sağlanabilmektedir. Hazırlanan kenar kısımlarda, donatının üst üste gelerek, kenetlenmesinin sağlanması önemlidir. Bu durumda, hiç eğik donatı koymadan açıklık ve mesnet için gerekli donatı ayrı ayrı hesaplanarak yerlerine konulmaktadır. Bunlardan üst hasırların boyları negatif moment bölgesine göre saptanır. Eşit açıklıklarda mesnet donatısı komşu açıklıklara $1/4$ ve $1/5$ kadar uzatılabilir. Her iki donatı hasırı da kademeli yapılarak çelikten ekonomi sağlanabilir. Mesnette kenetlenme için çelik hasırın ana çubukları kiriş kenarından itibaren, en az çapının 10 katı, 10 cm ve beton kalitesine göre verilen kenetlenme boyunun $1/3$ ' ü kadar içeriye girmelidir (Aka ve diğ, 2001).

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 oluşacak, moment yoğunlaşmasının karşılanabilmesi için donatıların bu bölgede sıklaştırılması tavsiye edilmektedir.

Tekil yük etkisinin baskın olduğu durumlarda, kesme kuvvetinin karşılanması için ek pilyeler yerleştirilmelidir. Konsol plak tekil yük etkisinde ise, ana donatı yanında, buna dik doğrultudaki eğilme etkisi de göz önünde bulundurulmalı, serbest plak kenarlarında, donatı $2h$ kadar alta bükülmelidir. Bu durum şekil 8.4'de verilmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 8.4: Konsol plakta tekil yük ve donatı düzeni.

8.1.2 İki doğrultuda çalışan döşemeler

Düzgün yayılı yük taşıyan ve uzun kenarının kısa kenara oranı 2’den küçük olan betonarme plaklar iki doğrultuda çalışan döşemeler olarak adlandırılmaktadır. Burada önemli olan nokta açıklıkta momentin büyük olduğu doğrultuda donatı alt yüze, diğer doğrultudaki donatı ise bu donatının üst yüzüne yerleştirilir.

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 kenarın kısa kenara oranı 2.0 veya daha küçük olan betonarme plaklar, iki doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılmaktadır. Ancak kirişsiz döşemler, 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 kiri, hatıl, kolon veya betonarme duvarlara aderans, kenetlenmede uyulması gereken kısıtlamalara göre düzenlenmelidir (TS 500, 2000).

Bu döşeme türünde de tıpkı tek doğrultuda çalışan kirişli döşemede olduğu gibi döşeme sisteminin hesabına döşeme kalınlığı belirlenerek başlanılmalıdır. Plak kalınlığı seçilirken, döşemedeki donatı oranı ne minimum donatının altında kalmalı, ne de maksimum donatı oranının üstüne çıkmalıdır.

Döşeme kalınlığı, döşemenin kayma donatısına ihtiyaç göstermeyecek şekilde belirlenmelidir. Denklem 8.2’ nin sağlanması durumunda kayma donatısına ihtiyaç duyulmamaktadır.

$$V_d \leq 0.5 \cdot V_{cr} = 0.5 \cdot 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \quad (8.4)$$

Kalınlıkla ilgili Denklem 8.3’ de bulunan değerden az olmaması gerekmektedir. (TS500, 2000).

$$h \geq \left[l_{sn} \cdot (1 - \alpha_s / 4) \right] / [15 + 20 / m] \quad (8.3)$$

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 kenara oranıdır.

Donatı yerleştirilmesinde en önemli noktanın açıklıkta momentin büyük olduğu doğrultuda yerleştirilmesi gereken donatının alt kısma, diğer doğrultuda yerleştirilmesi gereken donatının ise, bu donatının üstüne yerleştirilmesi gerektiğinden bahsetmiştik. Büyük momentin bulunduğu doğrultuda alt tarafa konarak, daha fazla faydalı yükseklik elde edilmiş olacaktır. İkinci doğrultuda faydalı yükseklik, birinci doğrultudakinden çelik çubukların çaplarının ortalaması kadar küçük olacaktır. Mesnetlerde tek doğrultuda donatı konacağından, h faydalı yüksekliği olarak her iki doğrultu için de aynı ve büyük olan değerin kullanılması gerekmektedir.

TS 500' de iki doğrultuda çalışan döşemelerin plaklarının donatı oranları ve aralıkları için aşağıdaki kısıtlamalar getirilmiştir.

$$\rho_x \text{ veya } \rho_y \geq 0.0015 \text{ olmak üzere,} \quad (8.4a)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0.004, \text{ S220} \quad (8.4b)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0.0035, \text{ S420, S500} \quad (8.4c)$$

Burada,

ρ_x , x doğrultusundaki donatı oranı,

ρ_y , y doğrultusundaki donatı oranını göstermektedir.

Donatı aralıkları için;

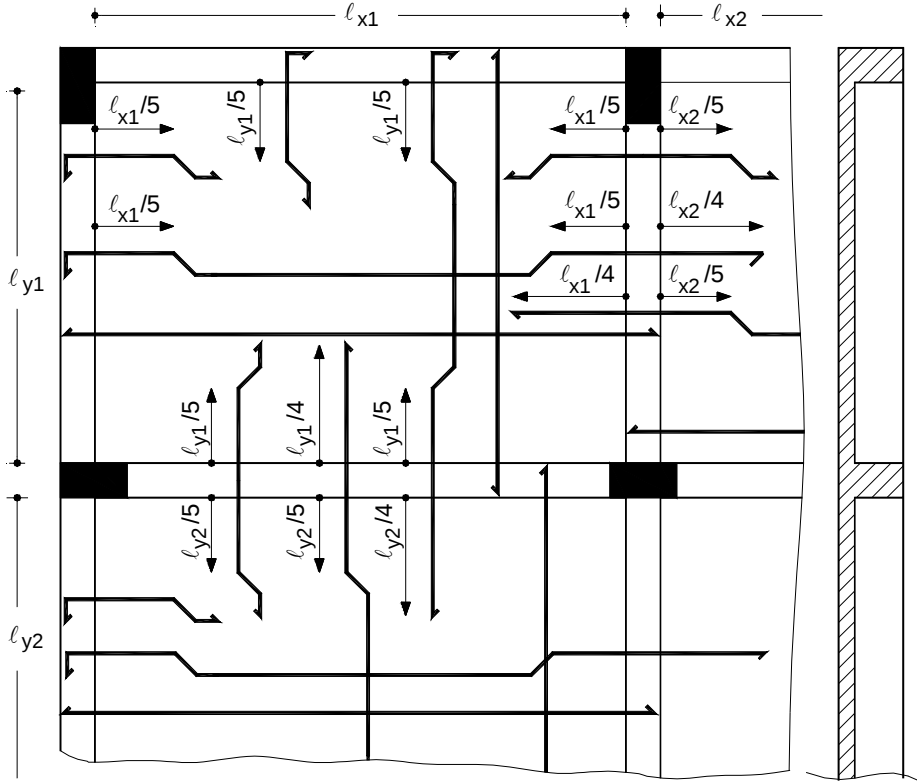
$$t \leq 1.5.h \quad (8.5a)$$

$t \leq 200 \text{ mm}$ (kısa doğrultuda) (8.5b)

$t \leq 250 \text{ mm}$ (uzun doğrultuda) (8.5c)

Burada,

t , donatılar arasındaki mesafedir (TS500, 2000).

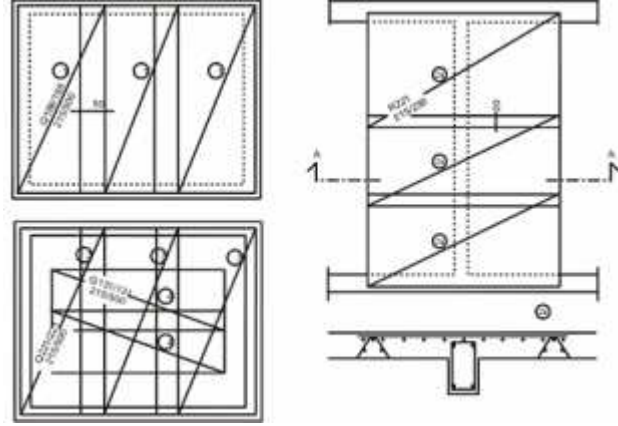


Şekil 8.5: Çift doğrultuda çalışan döşemelerde genel donatı düzeni.

İki doğrultuda çalışan döşemelerde hasır donatı kullanılırsa, bu döşemelerin açıklığı için iki doğrultudaki donatısı birbirine yalın olan Q hasırları kullanılmalıdır. Açıklığı büyük olan, döşemelerde iki kat hasır da kullanılabilir. Bunun yanında, ana doğrultuya dik yerleştirilen iki R hasırı da iki doğrultuda çalışan döşemelere uygundur. Döşemelerin mesnet bölgeleri tek doğrultuda donatı gerektiren bölgeler olduğu için R hasırların kullanımı yerinde olur. İkinci doğrultudaki donatı da mesnet dağıtma donatısı olarak iş görür. R hasırlarının ana doğrultusu boyuna olduğu için bunları boyuna doğrultuda mesnet boyunca yerleştirmek yanlış olur. Bu tip hasırların

boyuna doğrultusu mesnet kiriş eksenine dik gelecek şekilde konması gerekir (Celep ve Kumbasar, 2001).

Şekil 8.6’ da döşemelere çelik hasırın donatı yerleşimi ve mesnetlerdeki donatı yerleşiminin kesiti gösterilmektedir .



Şekil 8.6: Döşemelerde hasır donatı düzeni.

8.2 Kirişsiz Döşeme

Arada kirişler olmadan doğrudan doğruya kolonlara oturan ve bunlarla eğilmeye dayanıklı olarak bağlı bulunan çift doğrultuda çalışan ve çift doğrultuda donatılan betonarme plaklarıdır.

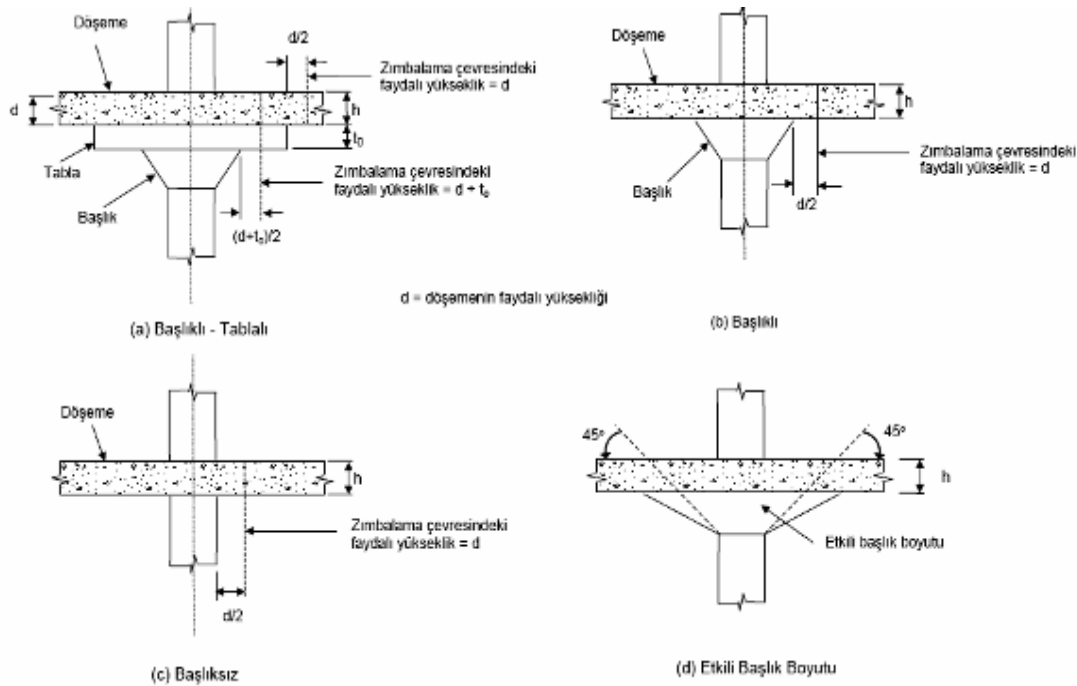
Genellikle açıklık ve yüklerin büyük olmadığı, yapı yüksekliğinin az tutulması gereken yerlerde, düz tavan istenildiği durumlarda, tavanda süreklilik düzgün olmadığı depolarda kullanılmaları uygun olur.

Kalıp, donatı yerleştirme ve beton işçiliklerinin daha az olmasına karşılık, küçük yüksekliği dolayısı ile kirişsiz döşemelerde donatı miktarları fazla olmaktadır.

Bu tür döşemelerde dikkat edilmesi gereken nokta, gerek hesap ve gerekse inşaatlarının basit ve kolay olması özel problemlerin çıkmaması için düzgün sıralanmış, birbirlerine dik eksenler üzerindeki kolonlara oturtulmalıdır. Bu döşeme türünde de döşeme sisteminin hesabına döşeme kalınlığı belirlenerek başlanılmalıdır. TS 500’ de döşeme kalınlıkları ile aşağıdaki hususlar belirtilmektedir.

Kolon ve döşeme arasında tabla oluşturulması durumunda, tabla kalınlığı t_0 , döşeme kalınlığının yarısından az, tabla kolonun her bir tarafındaki uzunluğu, o doğrultudaki döşeme açıklığının 1/6'sından ve tabla kalınlığının 4 katından az olmaması gerekmektedir.

Kirişsiz döşemeler düz plaklar olarak düzenlenebileceği gibi, başlıklı ya da tablalı olarak da yapılabilmektedir. Şekil 8.7.a, 8.7.b ve 8.7.c'de bu durum görülebilmektedir. Başlık eğimi 45 dereceden az ise, hesapta başlık olarak kolon yüzünden başlayan ve 45 derece eğimle tanımlanan bölüm dikkate alınmalıdır. (Şekil 8.7.d)



Şekil 8.7: Kirişsiz döşemede kolon başlığı ve tabla.

TS500' de tabla ve başlıklar için aşağıdaki bilgiler yer almaktadır.

TS500' döşeme kalınlıkları için aşağıdaki bilgiler yer almaktadır.

Kirişsiz döşemeler iki doğrultuda çalışan döşemeler olduklarından, donatıyı koruyan net beton örtüsü en az 15 mm olması gerekmektedir.

İki doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlığı aşağıdaki değerlerden az olmaması gerekmektedir.

Tablasız kirişsiz döşemelerde denklem (8.6a)' ya göre tablalı kirişsiz döşemelerde denklem (8.6b)' ye ve kirişsiz döşeme tasarımı TS 500' de belirtildiği gibi yaklaşık yöntemle yapılıyorsa, denklem (8.6c)' ye uyulması gerekmektedir.

$$h \geq l_n / 30 \text{ ve } h \geq 180 \text{ mm} \quad (8.6a)$$

$$h \geq l_n / 35 \text{ ve } h \geq 140 \text{ mm} \quad (8.6b)$$

$$h \geq l_n / 30 \text{ ve } h \geq 200 \text{ mm} \quad (8.6c)$$

Burada,

h , Döşeme kalınlığı,

l_n , Döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığıdır.

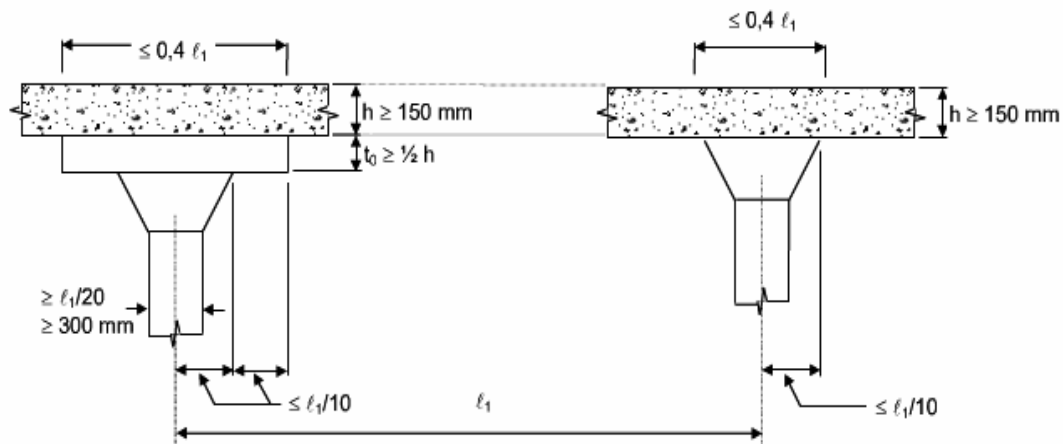
Kirişsiz döşeme kalınlıklarının, zımbalama donatısı gerekmeyecek şekilde seçilmesi gerekmektedir. Kirişsiz döşemelerde, plak ve kolonların moment aktaracak bağlantısını sağlamak için kolon kesitinin açıklık doğrultusundaki genişliği aynı eksen açıklığının 1/20'sinden ve 300 mm' den az olmaması gerekmektedir (TS 500, 2000).

Tabla ve başlık boyutları ile ilgili kısıtlamalar ise Şekil 8.8' de gösterilmektedir (TS 500,2000).

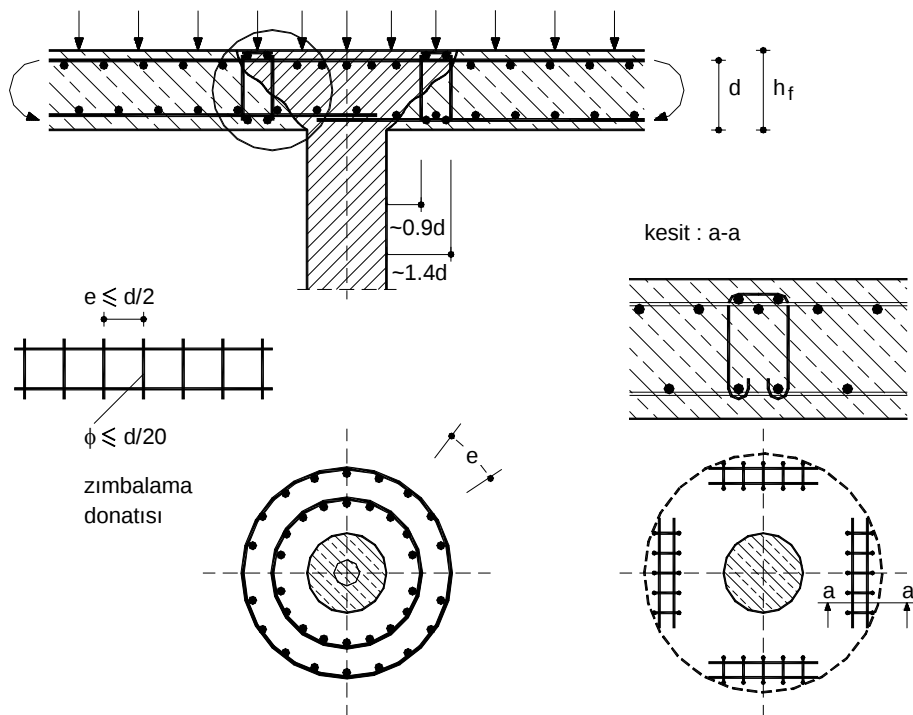
Zımbalama dayanımının artırılması için, donatı kullanılması durumunda plağın en az 250 mm kalınlıkta olması gerekir. Bu suretle elde edilecek dayanımdaki artış, %50'yi aşmamalıdır. Kolonun başlığına yakın plak bölgesinde, iki doğrultuda geçen altta ve üstte bulunan döşeme donatıları ve kolon donatıları sebebiyle ilave zımbalama donatısı ile oluşan yoğun donatı bölgesinde beton yerleşimi güç olabilir. Betonun gerektiği şekilde yerleştirilememesi ve aderans oluşmaması, bu bölgenin zayıflamasına neden olacağından zımbalama dayanımını arttırmak için donatı kullanılmasına gidilmeyip, kolon başlığı yapılması veya döşeme kalınlığı artırılması daha uygun olacaktır (Doğangün, 2002).

Özetleyecek olursak, zımbalama kontrolünün donatısız sağlanması tercih edilmelidir. Zımbalama dayanımı için plak kalınlığı en az 250 mm olmalıdır. Donatı ile sağlanan

dayanım artımı % 50’i aşmamalıdır. Kirişsiz döşemelere ait zımbalama donatısı örnekleri Şekil 8.9’ da gösterilmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 8.8: Kirişsiz döşemelerde tabla ve başlık boyutları.



Şekil 8.9: Kirişsiz döşemelerde zımbalama donatısı örnekleri.

Kirişsiz döşemelerin donatıları ise mesnet koşullarına ya da uzun kenar oranına bakılmaksızın iki doğrultuda çalışan plaklar olarak hesaplanması gerekmektedir.

Kirişsiz döşemelerin donatı hesapları ve düzenlenmeleri ile ilgili TS 500 (2000)' de aşağıdaki bilgiler yer almaktadır.

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.

Donatı oranları ve aralıkları ile ilgili olarak;

$$\rho_x \text{ veya } \rho_y \geq 0.0015 \text{ olmak üzere,} \quad (8.7a)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0.004, \text{ S220} \quad (8.7b)$$

$$\rho_x + \rho_y \geq 0.0035, \text{ S420, S500} \quad (8.7c)$$

Burada,

ρ_x , x doğrultusundaki donatı oranı,

ρ_y , y doğrultusundaki donatı oranını göstermektedir.

Donatı aralıkları ise aşağıda belirtilen denklem 8.8' e uygun olarak düzenlenmelidir.

$$t \leq 1.5 h \text{ (h= tablasız döşeme kalınlığı)} \quad (8.8a)$$

$$t \leq 200 \text{ mm (kısa doğrultuda)} \quad (8.8b)$$

$$t \leq 1.5 h \text{ (uzun doğrultuda)} \quad (8.8c)$$

8.3 Dişli Döşemeler

Kirişli döşemelerde açıklık büyüyünce kalınlaşan plak ağırlığını azaltmak amacıyla serbest aralıkları 70 cm' yi aşmayan sık kirişler kullanıldığında, dişli döşemeler elde edilmektedir (Aka ve Altan, 1992).

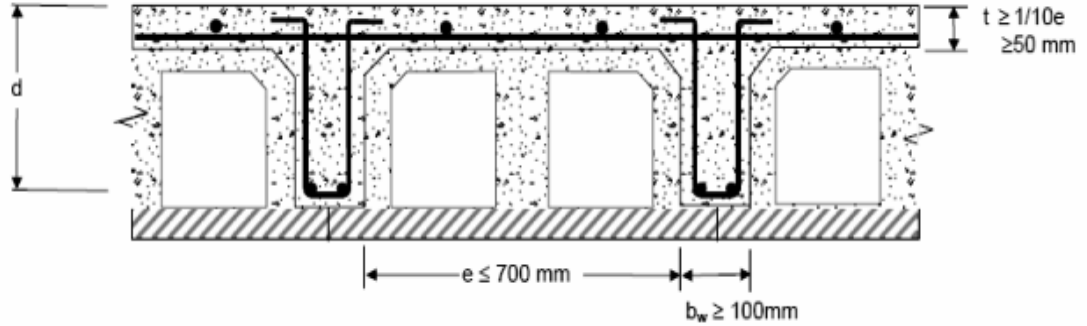
Dişli döşemelerde, döşeme yükünün açıklığı küçük olan kirişlere iletilmesi, dişlerin uzun doğrultuda yerleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu durum, dişlerin hangi doğrultuya paralel olması hakkında bilgi vermesine rağmen, sadece bu kıstas yeterli olmamaktadır. Çünkü dişlerin doğrultusunu döşeme gözünden gözüne değiştirmek, hem dişli döşemelerde sürekliliği sağlayamayacağından hem de gereksiz burulma momenti ortaya çıkaracağından uygun bir yöntem olmaktan sapacaktır. Dolayısı ile diş doğrultusuna karar vermek için, birçok parametreye bakılmalıdır. Bu döşeme sisteminin seçimindeki ana neden ise, 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 kesiti sağlanmış olur, hem de dişler arası boş bırakıldığı için önemli ölçüde ağırlık azaltılmış olur. Bu husus, dişli döşemede tercih sebebidir (Celep ve Kumbasar, 1998).

Dişlerin arası boş bırakılabileceği gibi, düzgün bir tavan elde edilmek için araya dolgu malzemesi de yerleştirilebilir. Asmolen döşeme olarak isimlendirdiğimiz bu döşemelerde, dolgu malzemesi olarak, statik bakımından etkili olmayan, boşluklu, hafif bloklar (beton briket, boşluklu pişmiş toprak vb) konarak düz bir tavan elde edilebilir. Yalnız dolgulu durumda, kalıp maliyeti azalmasına karşın, yapının ağırlığı artacaktır. Özellikle yüksek önemli olan ağırlık artışı dolayısıyla, her katta aynı tip döşeme düzenlenerek kalıpta maliyeti düşürmek amacıyla aynı kalıp kullanılabilir. Bu durumlarda düz tavan istenirse, asma tavan yapmak gereklidir.

Asmolen döşemenin en büyük avantajı, düz bir tavan sağlaması ve kalıp maliyetini azaltmasıdır. Dolgu malzemesinin ağırlığı arttırması ise bir dezavantajdır. Ülkemizde mimari nedenlerle dişleri taşıyan kirişler de asmolen döşeme derinliğinde tutulmaktadır. Mimari açıdan avantajı olan bu sistemlerde özel önlem alınmadığı takdirde, rijitliği az olan bu kirişler depremde katlar arası yanal ötelenme çok büyümekte ve kolonlara çok büyük ikinci mertebe momentleri aktarılmaktadır (Ersoy, 1995).

Dişlerin uzun kenara paralel olarak yerleştirilmesi gerektiği unutulmamalı ve TS500’de tek doğrultuda çalışan dişli döşemeler ile ilgili olarak aşağıdaki kısıtlamalar yer almaktadır.(Şekil 8.10)

Dişli döşemeler kare veya kareye yakın büyük açıklıklı alanlarda, köşelerde birbirine dik iki doğrultuda da düzenlenebilir. Bu durumda donatının yerleştirilmesinin güçleşeceği unutulmamalıdır (Aka ve Altan, 1992).



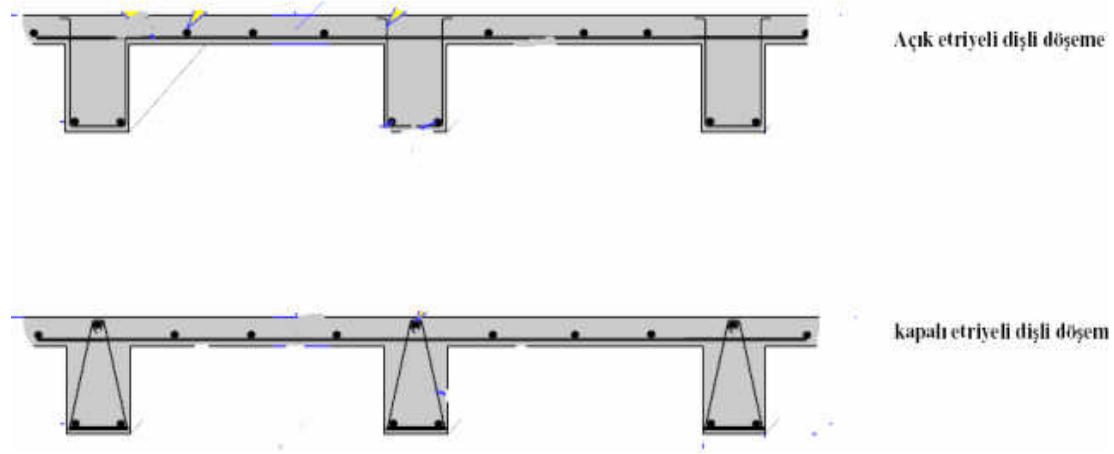
Şekil 8.10: Dişli döşeme boyutları.

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. Yanal burkulmayı önlemek için bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerin açıklığı 4m' 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 dişlerin açıklığı olabildiğince eşit olarak bölünmelidir. Diğer adı berkitme elemanı olan bu enine dişler, diğer dişler ile aynı kesit ve donatıya sahiptirler. Amaçları dişlerin beraberce çalışmalarını sağlamaktır (TS500, 2000).

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 geçmemelidir.

Dişli döşemelerde eğilme yanında kesme kuvveti de çok önemli bir etki olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple kesme kuvvetinin karşılandığının gösterilmesi ve minimumu bir etriyenin bulunması gerekmektedir. Dişlerin üstündeki plakta, her iki doğrultuda

dağıtma donatısı bulunmaktadır. Bu donatı her bir doğrultuda plak tüm kesit alanının 0.0015' den 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). Açıklıkların büyük, yüklerin ağır olduğu ve mimari açıdan hoş bir görünüm istenmesi durumlarında genellikle iki doğrultuda çalışan dişli döşemeler tercih edilmektedir. Yani çift doğrultuda çalışan kirişli döşeme ya da aralıklar 70 cm' den azsa çift doğrultuda çalışan dişli döşemeler kaset döşeme olarak adlandırılmaktadırlar. Kaset döşemelerin tek yönde çalışan dişli döşemelerden tek farkları, kısa doğrultudaki nervürlerde bulunan alt donatıların uzun doğrultudaki nervürlerde bulunan alt donatıların altından geçmesi gerektiğidir (Şekil 8.12) (Altan ve Güler, 2008).



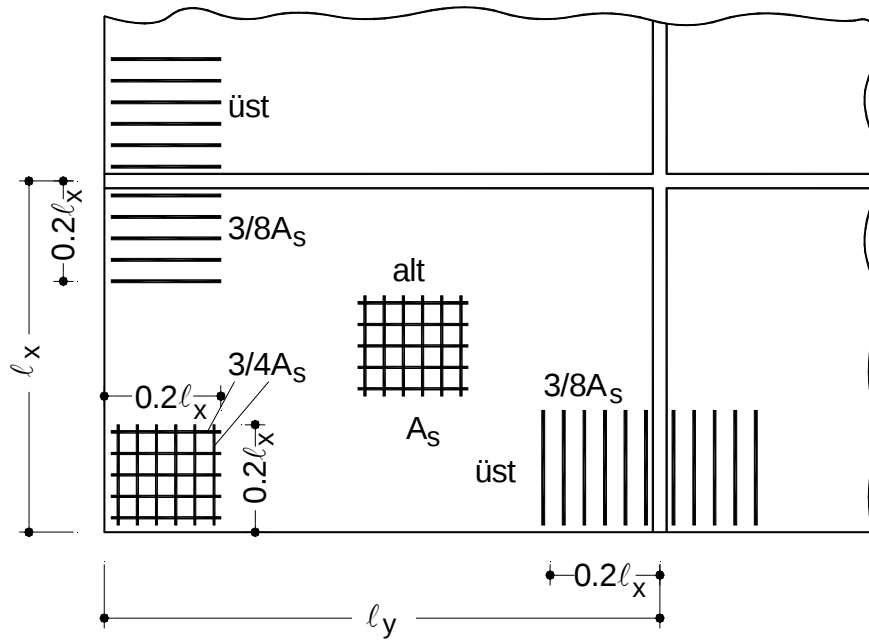
Şekil 8.11: Dişli döşemeye ait donatı düzeni.



Şekil 8.12: Uygulamada kaset döşemeye ait donatı düzeni.

Sürekli döşemelerde, köşe donatılarının yerleştirilmesinde, köşe donatısı, serbest köşede burulma momentini karşılamak için konur.

Yüzeysel taşıyıcı elemanlarda, burulma momenti çubuk sistemlerinkinden farklı donatı düzeni gerektirmektedir. Bir doğrultuda sürekli köşede burulma momentini serbest köşenin yarısı kadardır, gerekirse donatı azaltılır, altta ana donatının yarısı var olduğundan ek donatıya gerek olmayabilir (Şekil 8.13) (Celep ve Kumbasar, 1998).

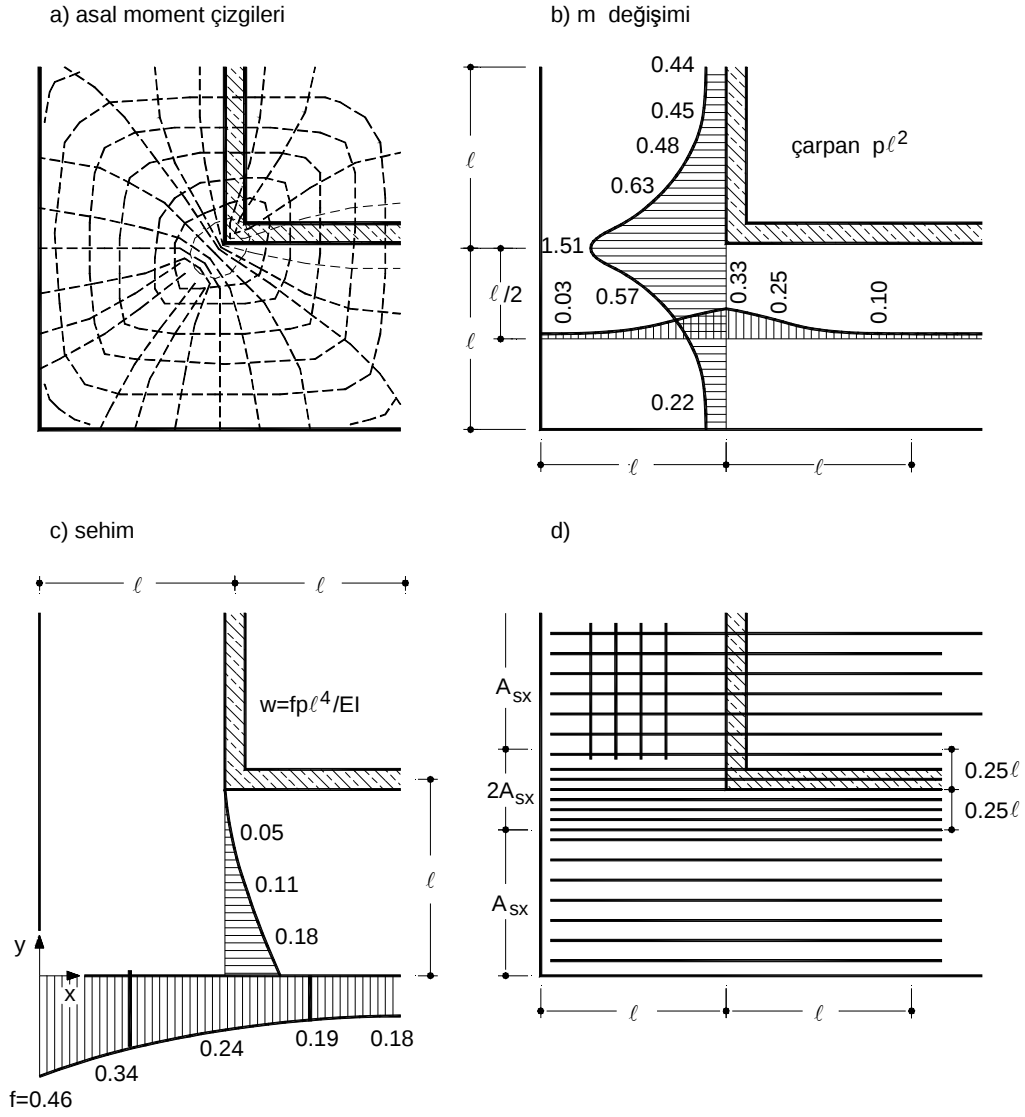


Şekil 8.13: Sürekli döşemede köşe donatısı.

Betonarme kiriş veya perde üzerinde uzanarak bir köşede birleşen plaklarda, her iki asal moment negatif olup, üst donatıya ihtiyaç duyarlar.

Bu tip durumlarda tam köşede dar genişlikte eğilme momenti yerel olarak arttığında, genelde 0.51 genişliğindeki bölgede donatıyı iki katına çıkarmak uygun olmaktadır.

Şekil 8.14'de saçak döşemesi donatısı ile ilgili; 8.13a asal moment yörüngelerini, 8.14b M_x değişimini, 8.14c sehimini, 8.14d ise x doğrultusu için donatıyı göstermektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 8.14: Saçak döşemesi donatısı.

Konsol plaklar, dairesel döşemelerde donatı düzeni ve döşemelerde boşlukların olması gibi döşemelerde özel durumlardaki donatı düzenleri ilerideki bölümlerde incelenecektir.

9. BETONARME TEMELLER

Üst yapıdan, kolon, duvar, perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara gelen yükleri zemine aktaran yapı elemanlarına temel denilmektedir. Betonarme yapılar betonarme temellere oturtuldukları gibi ahşap, ve çelik yapıların temelleri de yine betonarme olarak yapılmaktadır.

Temeller değişik şekillerde yapılabilmektedir. Üst yapıdan gelen tesirleri temel zeminine iletmek gibi çok önemli bir fonksiyonu üstlenmiş olan temellerde yapılacak ihmal ve yanlışlıkların sonradan düzeltilmesi çok zor ve bazen de imkânsız olabilmektedir. Bu nedenle özellikle temeli şeklini belirleyen etkenlerden en önemlisi zeminin taşıma gücü olduğu unutulmamalıdır. Temellerin tasarımı özel önlem ve dikkat gerektirmelidir. Temel imalatlarına 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. Temellerin bir tanesi diğerine göre daha yüksek yapılırsa, yüksekte olan temelin altındaki zeminin iyi sıkıştırılması, zamanla gevşememesi için özel önlemlerin alınması gerekmektedir.

Temeller doğrudan toprak ile temas halinde oldukları için temellerde paspayı miktarının diğer yapı elemanlarına göre daha çok olması gerekmektedir. Paspayının 7 cm ile 8 cm arasında yapılması tavsiye edilmektedir.

Temeller çok farklı geometrik şekillere ve yapısal davranışlara sahip olmalarına rağmen, genellikle yükü yüzeye yakın yerlerde zemine aktaran, sağlam zeminin yüzeye yakın olması, yüklerin çok fazla olmaması hallerinde ve ekonomik olmaları nedeniyle kullanılan yüzeysel temeller ve üst zeminin sağlam olmaması hallerinde, yükleri daha derinde bulunan sağlam zemine aktaran, derin temeller olarak ikiye ayrılırlar.

Temeller aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadırlar.

A. Yüzeysel (Sığ) Temeller

1. Duvaraltı Temeli
2. Tekil (Münferit) Temeller
 - Simetrik tekil temeller
 - Asimetrik tekil temeller
3. Sürekli Temeller
 - Tek doğrultuda sürekli temeller
 - İki doğrultuda sürekli temeller
4. Radye Temelleri
 - Kirişsiz temeller
 - Düz kirişli temeller
 - Ters kirişli temeller
 - Düz ve ters mantar temeller
5. Birleşik temeller
 - Dikdörtgen kesitli temeller
 - Yamuk kesitli temeller

B. Derin Temeller

1. Kuyu Temeller

2. Keson Temeller

3. Kazık Temeller

- Uç kazığı temeleri
- Sürtünme kazığı temelleri

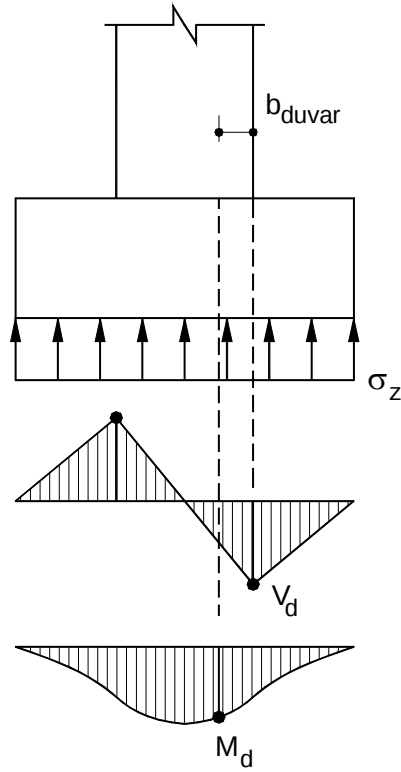
TS 500 (2000) ' de temeller ile ilgili genel olarak aşağıdaki bilgiler yer almaktadır.

1. Temel kotu ve temel tipi genel olarak yerel koşulların değerlendirilmesinden sonra zemin mekaniği ilkelerine göre seçilmesi gerekir.
2. Temel elemanlarının kesit boyutlarının kontrolünde ve gerekli donatının belirlenmesinde yük katsayıları ile bulunan tasarım yükleri ve bu yükler etkisiyle temel altında oluşacak taban basınçları esas alınacaktır.
3. Temeller için temel donatısının zemin ve yeraltı suyundan etkilenmemesi düşüncesiyle daha beton örtünün 50 mm' den daha az olmaması gerektiği belirtilmektedir.

9.1 Duvar Altı Temelleri

Taşıyıcı duvar veya betonarme perdelerin yüklerini zemine güvenli bir şekilde aktaran betonarme elemanlar duvar altı temelleri olarak adlandırılmaktadır.

Duvar altı temellerde, uzun doğrultuda eğilme oluşmadığı varsayımı ile, betonarme hesabın kısa doğrultuda 1m 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).

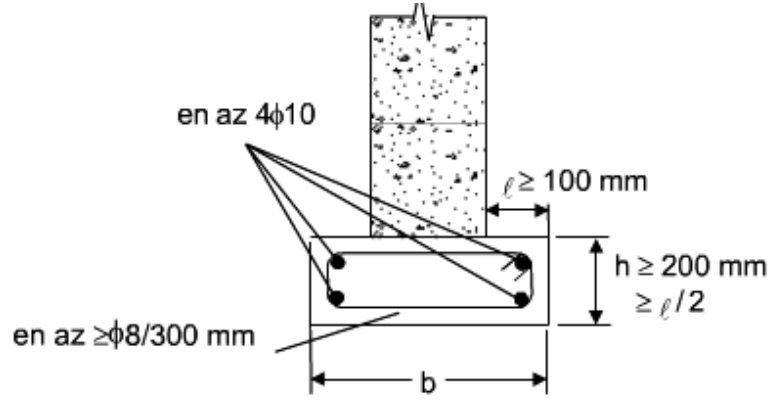


Şekil 9.1: Duvar altı temelinde moment kesme davranışı.

Duvar altı temellerde de tek doğrultuda yük aktarıp, tek doğrultuda çalışan döşemelerde uyulması gereken konstrüktif kurallara uyulması gerekmektedir.

Duvar altı temelleri ile ilgili TS 500 (2000)' de aşağıdaki bilgiler yer almaktadır.

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 temellerinin genişliği, zemin dayanımı dikkate alınarak belirlenir. Kesit hesabında göz önünde bulundurulacak kesme kuvveti duvar yüzünde, moment ise duvar yüzünden duvar kalınlığının 1/4' ü kadar içerde hesaplanır. Duvar altı temeli, her bir yanda, üzerindeki duvardan en az 100 mm dışarı taşmalıdır. Duvar altı temeli kalınlığı da, duvar dışına kolon açıklığının yarısından ve 200 mm' den az olmaması gerekmektedir. Duvar altı temellerinin donatıları ile ilgili ise duvar boyunca her köşede tane olmak üzere en az 4Ø10 boyuna donatı bulundurulmalı ve bunlar aralığı 300 mm'yi geçmeyen, en az 8 mm çapındaki etriyelerle sarılmalıdır (TS 500, 2000).



Şekil 9.2: Duvar altı temeline ait donatı düzeni.

D.B.Y.B.H.Y (2007)' de ise duvar altı temellerinin beton kalitesi en az C16 olacaktır. Zemin gruplarına göre, duvar altı temellerinin boyutlarına ve donatılarına ilişkin koşullar Çizelge 9.1' de verilmektedir.

Çizelge 9.1: Duvar altı temellerine ilişkin kurallar.

KOŞULUN TANIMI	Zemin Grubu (A), (B)	Zemin Grubu (C)	Zemin Grubu (D)
Minimum Temel Genişliği (cm)	500	600	700
Duvar kalınlığına ek (iki yandan) pabuç genişliği	2x150	2x200	2x250
Minimum Temel Yüksekliği (cm)	300	400	400
Altta ve üstte minimum temel boyuna donatısı	3Ø12	3Ø14	3Ø14
Temelde minimum etriye	Ø8/30	Ø8/30	Ø8/30
Minimum basamak yatay aralığı (cm)	1000	1500	-
Minimum basamak bindirme uzunluğu(cm)	300	400	-
Minimum basamak yüksekliği (cm)	300	300	-

Duvar altı temellerinde konulacak boyuna donatıların hem üstte ve hem altta yatay aralıkları 0.30 m'yi geçmeyecek; köşelerde, kesişme noktalarında ve basamaklı temel durumlarında sürekliliği sağlayacak biçimde bindirme yapılmalıdır. Zemin

gruplarına göre değişik zeminlerin bulunduğu eğimli arazide temeller basamaklı yapılabilir. D.B.Y.B.H.Y (2007)

9.2 Tekil Temeller

Her bir kolon yükünü zeminde daha geniş bir elemana yaymak amacıyla, tek bir kolon için düzenlenen kolon türüdür. Münferit, ayırık, tekli temel olarak da adlandırılan tekin temellerin plandaki görünimleri kare, dikdörtgen ya da daire şeklinde olabilmektedir.

Tekil temellerin boyutlandırma ile ilgili TS500 (2000)' de aşığıdaki bilgiler yer almaktadır.

1. Tekil temelleri taban alanı, zemin dayanımı ve oturmaları dikkate alınarak belirlenir. Temel kesit hesabı yapılırken, zemin basınç dağılımı dikkate alınmalıdır. Boyutlandırma ve donatı hesabında, eğilme, kesme kuvveti ve zımbalama için ayrıca hesap yapılmalı ve donatının yeterli kenetlenme boyuna sahip olduğu kanıtlanmalıdır.
2. Daha kesin hesap gerekmiyorsa, kolon yüzünden dışarı çıkan, temel parçaları ayrı ayrı, yek 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.
3. Tekil temelin plandaki en küçük boyutu 0.7 m' den, alanı 1.0 m^2 'den, kalınlığı ise, 250 mm' den ve konsol açıklığının $1/4$ 'ünden az olmaması gerekmektedir. Böylece belirli oranda zemin belirsizliklerinden kaçınılmış, rijit temel sağlanmış ve donatı yeraltı suyunun zararlı etkisinden korunmuş olacaktır (TS 500,2000).

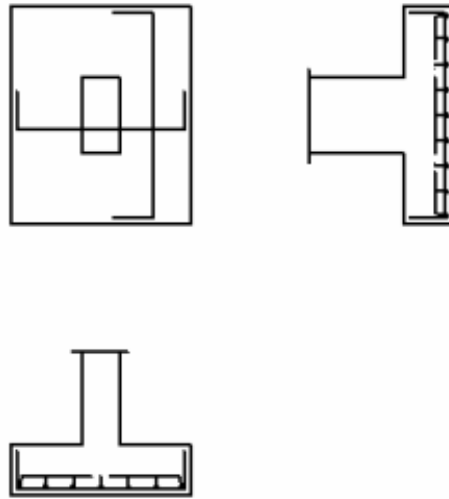
Donatı yerleşimi ile ilgili olarak, hespla bulunan boyuna ve enine doğrultulardaki donatılar temel tabanda bir ızgara oluşacak şekilde yerleştirirler. Genelde bu tip temellerde bu donatı ızgarasının momentin taban ortasında toplanması göz önüne alınarak orta bölgede sıklaştırılması şart koşulmaktadır.

Günümüzde taşıma gücü yönünden temelin kırılmaya yakın çalışma durumunda, dağılımın ne şekilde olursa olsun donatının eşite yakın yüklendiği bilinmektedir. Bu

bakımdan uygulamada büyük kolaylık sağlayan ve öteden beri yapıya gelen eşit aralıklı donatı dağılımının büyük sakıncası olmadığı söylenebilir. Tekil temellerde donatı ızgarasının taban ortasında kabaca sıklaştırılması yeterlidir.

Temelin kırılmaya yakın çalışma durumunun her iki doğrultuda gergili kemer şeklinde olduğu söylenebilir. Bu nedenle tabandaki boyuna ve enine donatıların temelin bir ucundan diğerine kesilmeden ve azaltılmadan uzatılması ve beton basınç bölgesine kenetlenmesinin sağlanması bakımından uçlarının yukarıya kıvrılması gerekir. Ayrıca tüm temel tabanının çevresine kubbelenmeden doğan çekme kuvvetini karşılamak amacıyla boyuna ve enine donatıdan daha büyük çapta yapımsal bir çember donatı konulması çok yararlıdır (Aka ve diğ., 2001).

Tekil temellerin donatı düzeninde, kolonlara ait filiz donatıları da bulunması gerekmektedir. Kolonlar için başlangıç filiz donatıları da bulunması gerekmektedir. Kolonlar için başlangıç filizlerinin kenetlenme boyu aynı bir kattan diğer kat döşemesine geçilirken bırakılan donatı filiz boyu kadar olmaktadır. Bırakılması gereken filiz boyunun daha önce tanımlanmış olan kenetlenme boyu kadar olmasında bir sakınca yoktur.



Şekil 9.3: Tekil temel genel donatı düzeni.

TS 500 (2000)' de tekil temellerde uyulması gereken kurallar aşağıda belirtilmektedir.

1. Her iki doğrultu için hesaplara bulunan donatılar, temel tabanında bir ızgara oluşturacak şekilde ve donatı çubukları eşit aralıklı olacak şekilde yerleştirilmelidir.

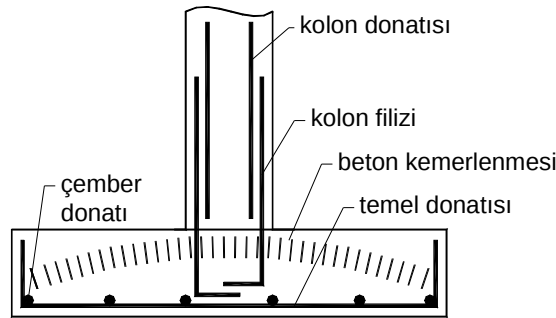
2. Temelde çekme donatısı oranı, her bir doğrultuda, hesapta göz önüne alınan kesite göre 0.002'den az ve donatı aralığı 250 mm' den fazla olmaması gerekmektedir (TS500, 2000).

Tekil temellerde, kemer davranışına uygun olan donatı, çekme donatısı ve çember donatısıdır.

Tekil temelin dış kenarına konulacak bir çember donatısı, gergi çubuğu gibi çalışarak, temelin güç tükenmesine yakın durumdaki davranışını olumlu yönde etkileyecektir.

Şekil 9.4' de çember donatısı ve kenetlenme etkisi gösterilmektedir.

Çember donatısının gönye ile yukarı doğru bükülmesi, donatının işlevini daha iyi yerine getirilmesini sağlamaktadır.

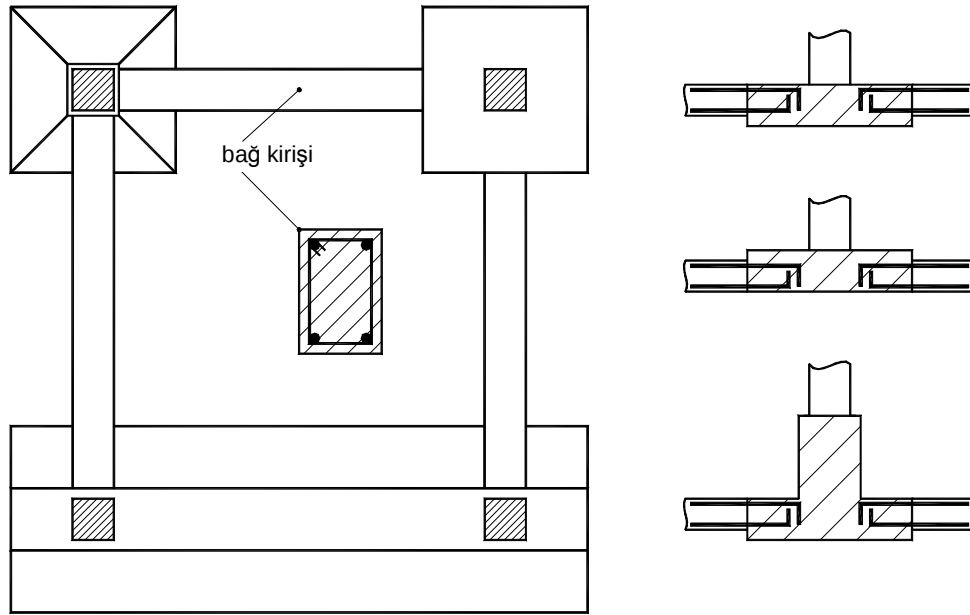


Şekil 9.4: Tekil temelde çember donatısı.

9.2.1 Bağ Kirişleri

Tekil temellerin yatay yer değiştirmesi önlemek için birbirlerine, her iki yönde bağlanan bağ kirişleriyle bağlanmaktadır.

Yapılacak bu bağ. D.B.Y.B.H.Y.(2007)' e uygun olarak yapılmalıdır (TS 500, 2000).



Şekil 9.5: Bağ kirişleri ve donatı düzeni.

1. Bağ kirişleri betonarme binalarda, tekil temelleri her iki doğrultuda, sürekli temelleri ise kolon veya perde hizasında birbirlerine bağlamaktadır. Temel zemini (A) grubuna göre zeminlerde bağ kirişleri yapılmayabilir.

2. Bağ kirişleri, temel kazısına uygun olarak, temel altından kolon tabanına kadar olan yükseklikteki herhangi bir seviyede yapılabilmektedir.

3. Kesit hesabında bağ kirişlerinin hem basınç, hem de çekme kuvvetlerine çalışacağı göz önünde tutulacaktır. Zemin ya da taban betonu tarafından sarılan bağ kirişlerinin basınca 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.

4. Bağ kirişleri yerine betonarme döşemeler de kullanılabilir. Bu durumda döşeme kalınlığı 150 mm'den az olmamalıdır.

5. Binanın bulunduğu deprem bölgesine ve zemin gruplarına bağlı olarak, bağ kirişlerinin sağlaması gereken minimum koşullar Çizelge 9.2' de belirtilmektedir.

Çizelge 9.2: Bağ kirişlerine ilişkin minimum koşullar.

KOŞULUN TANIMI	Deprem	Zemin	Zemin	Zemin	Zemin
	Bölgesi	Grubu	Grubu	Grubu	Grubu
		(A)	(B)	(C)	(D)
1. Bağ kirişinin minimum	1.2	% 6	% 8	% 10	%12
eksenel kuvveti (*)	3.4	% 4	% 6	% 8	% 10
2. Minimum en kesit	1.2	250	250	300	300
boyutu (mm) (**)	3.4	250	250	250	250
3. Minimum en kesit	1.2	62500	75000	90000	90000
alanı (mm ²)	3.4	62500	62500	75000	75000
4. Minimum	1.2	4Ø14	4Ø16	4Ø16	4Ø18
boyuna donatı	3.4	4Ø14	4Ø14	4Ø16	4Ø16

9.3 Birleşik Temeller

Bazı durumlarda, dış kolon arsa sınırına çok yakın olduğunda, temeli o yönde çok kısa yapmak dolayısıyla kolona göre simetrik olmayan bir temel oluşturmak gerekebilir. İki kolon birbirine yakın ve yüklerinin büyük olduğu durumlarda bu iki kolonun temelleri de çakışabilir. Bu gibi durumlarda, sürekli temelin yapılamadığı durumlarda iki kolon birleştirilerek birleşik temel yapılması daha sağlıklı bir çözüm olacaktır (Doğangün, 2002).

Birleşik temellerin yapının güvenliği için yapılması gereken denetimleri tekil temellerdekinin aynı olup, sadece donatının belirlenmesi farklıdır. Tekil temellerde donatının belirlenmesinde konsol kiriş dikkate alınırken, birleşik temellerde boyuna doğrultudaki davranış çukmal kirişlerin davranışına benzemektedir.

Enine doğrultuda kolonların altında birer kiriş varmış gibi hesap yapılarak, donatı bulunur. Gizli kirişin genişliği kolonun o yönündeki boyutuna her bir yönde temel

kalınlığı eklenerek bulunur. Bileşik temeller bağ kirişleriyle de oluşturulabilirler. Bu temeller geneller geniş olduklarından dolayı çok kollu etriye tercih edilmelidir.

9.4 Sürekli Temeller

Kolon yüklerinin çok büyük olduğu durumlarda tekil temel yapımı elverişsiz olmaktadır. Bu yüzden kolon yükünün fazla, zeminin taşıma gücünün zayıf olduğu durumlarda, tekil temeller birbirleriyle birleştirilerek sürekli temeller teşkil edilmektedir. Zeminin de homojen olmadığı durumlarda yani temellerde farklı oturmalar olduğu zaman, üst yapıda büyük zorlanmaların ve hasarın oluşmaması için tekil temellerin birbirleriyle birleştirilmeleri uygun bir çözüm olacaktır.

TS 500 (2000)' de sürekli temeller ile ilgili aşağıdaki tanımlar yer almaktadır.

Sürekli temeller, birden fazla kolon, perde kargir gibi düşey taşıyıcı elemanın yüklerini bir bütün olarak ve yeterli bir rijitlik içinde zemine aktarabilen temellerdir. Bir doğrultuda sıralanmış düşey taşıyıcı elemanlar altında düzenlenmiş 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).

TS 500(2000)' de sürekli temellerin zemin gerilme dağılımı ile ilgili aşağıdaki ifadeler yer almaktadır.

Tasarım yükleri etkisiyle, temel altında oluşacak zemin basınçlarının belirlenmesinde, üst yapının 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 değerleri üzerinde olması durumunda tekil temellerde olduğu gibi, zemin basıncı için doğrusal dağılım kabul edilebilir (TS 500, 2000).

Bileşke momentin sıfır olduğu yer bulunup, rijit temel kirişi de bu noktaya göre simetrik olarak düzenlenirse, zemin gerilmelerinin düzgün yayılı ortaya çıkacağı kabul edilebilir ve temel kirişinin kesme kuvveti ve moment diyagramı çizilerek sürekli kirişlerdeki gibi donatı hesabı yapılabilir.

Sürekli temellerin çeşitleri için ise TS 500 (2000)' de aşağıdaki koşullar yer almaktadır.

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.

Sürekli temellerin donatı düzenlenmeleri için ise TS 500 (2000)' de aşağıdaki koşullar yer almaktadır.

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 tarsım kesme kuvvetlerini karşılayabilecek ve yeterli sürtünme kesmesi dayanımı oluşturabilecek düşey donatının yerleştirilmesi gerekmektedir (TS 500, 2000).

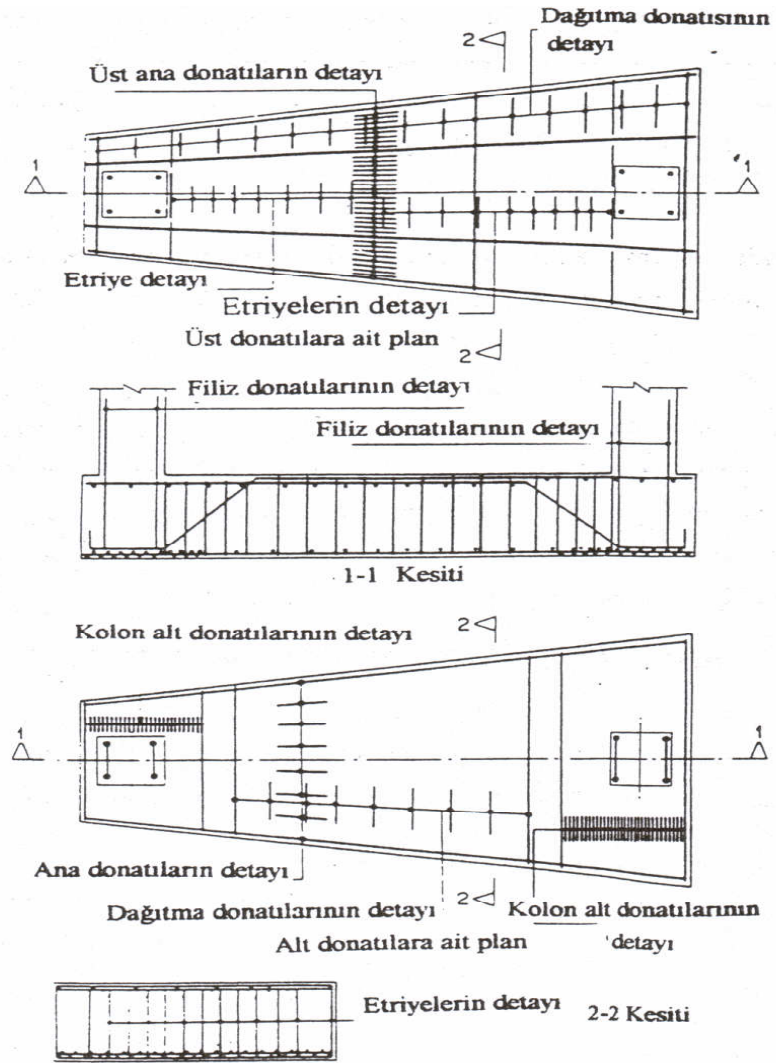
Kesme kuvvetinin karşılanmasında sürekli kirişlerde olduğu gibi etriye yanında pilyelerin katkısından da faydalanılabilir. Ancak temel kirişlerinin yükseklikleri nedeniyle 45 derece eğimle pilye kıvrılması durumunda donatı kolona yakın veya açıklık ortasına yakın kıvrılacağı için bu donatının hem kayma hem de eğilme donatısı olarak kullanılması zordur.

Temel kirişinin boyuna doğrultuda hesabı yanında enine iki tarafta çıkan konsolların da eğilmeye karşı donatılandırılması gerekmektedir.

Kalınlığı nedeniyle farklı zamanlarda beton dökülmesi zorunlu olan yüksek kiriş ve kalan plakların yatay döküm derzlerinde, kullanım sırasında oluşacak tasarım kesme

kuvvetlerini karşılayabilecek ve yeterli sürtünme kesmesi dayanımı oluşturabilecek düşey donatı yerleştirilmelidir.

Tek doğrultuda çalışan sürekli temellerde dikkat edilmesi gereken nokta, kolon yüklerinin bileşkesi ile temel alanının ağırlık merkezi ile çakışmalı, bu durumun düzgün yayılı gerilme oluşturmak açısından önemli olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca tekil temeller ve sürekli kirişler için öngörülen konstrüktif kuralların tek doğrultuda çalışan sürekli temeller için de geçerli olduğu unutulmamalı, bu durumlarda sürekli olarak uzanan temel kirişleri, kolona birleştiği kısımlarda, ikinci doğrultuda bağ kirişleriyle birbirlerine bağlanmaktadır.



Şekil 9.6: Sürekli temellerde donatı düzeni.

Izgara temeller olarak adlandırılan iki doğrultuda çalışan sürekli temellerde kolonlar yüklerini paylaşmakta ve bir doğrultuda eğilme momenti, bir doğrultuda ise burulma momenti ortaya çıkmaktadır. Bu tür temellerde farklı oturmaların da önleendiği unutulmamalıdır.

Burulma etkisinden dolayı temelde çatlama oluşabileceği, betonarme kirişin de burulma rijitliği çok azalacaktır. Bu durumda ise iki doğrultuda sürekli temellerde donat düzeni önem kazanır ve özellikle kesişme bölgesinde boyuna donatıların düzenine ve etriyelerin sürekliliğine gereken özen gösterilmelidir.

Tüm yararlı kullanımlarına rağmen, yapım ve kalıp işçiliğinden dolayı bu tür temellerin kullanım alanları kısıtlıdır.

9.5 Radye Temeller

Bu temeller, dolma zeminlerde ya da emniyet gerilmesinin çok düşük olduğu ve temel zemininin fazlaca sıkışabilme özelliği gösterdiği veya temel duvarı ve kolonlarının birbirine çok yakın olması durumlarında uygulanırlar. Burada bina, zemini tamamen örten ve tersine çalışan bir döşeme üzerine oturtulur. Bu tür temellerde yapı bütünlüğü diğer temeller göre çok daha fazladır. Radye temel, bazı durumlarda yapıyı yeraltı suyunu karşı yalıtım için tercih edilmektedir.

Radye temeller zeminin yapısına, bina yüküne ve temel duvarı ya da kolonların açıklıklarına göre aşağıdaki şekillerde inşa edilirler.

Alttan kirişli radye temel, hem bodrum döşemesinin düz olması istendiğinde hem de temelin, zemin üzerinde kaymasına engel olmak için kirişler, radyenin altında düzenlenirler. Üstten kirişli radye temel, radye temelin üzerine oturtulurlar, ancak, bodrum döşemesinin düz olması istendiğinde; kiriş aralıkları, kiriş yüksekliğince cüruf, perlit vb. ile doldurularak üzerine düz döşeme yapılır. Mantar şeklinde radye temel kolon yüklerini, daha geniş bir alana yayarak radye temele aktarmak için yapılır. Ters kemer şeklinde radye temel, zeminden gelen su basıncının ya da bina yükünün fazla olması durumunda temel, ters kemer şeklinde düzenlenir.

Radye temeller kirişli olabildikleri gibi kirişsiz de olabilmektedir. Bu durumlara göre, radye temeller kirişli ya da kirişsiz döşemelere benzetilmektedir. Kolon

yüklerinin zemine iletilmesinde, plak gözlerinin simetri eksenleri çizilerek, kolon yüklerinin eski alanları sürekli temellerdekine benzer şekilde belirlenebilir.

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 zordur. Radye temelin üstü aynı zamanda bodrum kat döşemesi olarak kullanıldığından kirişli radye temellerde bodrum katı döşemesi düztaban yüzeyi olmaktan çıkmaktadır.

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 edilmektedir. Radye temellerinin 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. 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 şevkle 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 9.7’de radye temellere ait uygulamadaki donatı düzenlenmesi gösterilmektedir (Url-1).



Şekil 9.7: Uygulamada düzenlenmiş olan bir radye temel.

9.6 Kazıklı Temeller

Yapı yükleri, taşıma gücünün yetersizliği yanında çoğu kez oturma şartlarının sağlanamamasından dolayı, derin temel sistemi kullanılarak zemine aktarılmaktadır. Böylece yüzeydeki zayıf tabakalar geçilerek, derindeki taşıyıcı tabakalara ulaşılmakta ve bu anlamda kullanılan yapı elemanları kazık olarak nitelendirilmektedir.

Kazıklı temeller düşey doğrultuda yükler ile rüzgar, deprem ve benzeri üst yapıya etkileyen yanal yüklerin temel zeminine aktarılmasında kullanılmaktadır. Genel anlamda, yanal yüklenmiş kazıklı temellerin davranışları, aksenal yüklenmiş kazıklı temellerin davranışlarından farklıdır. Zemin davranışının doğrusal olmaması sonucu kazıklarda büyük deformasyonlar oluşmaktadır. Bu davranışların değerlendirilmesinde, çok daha karmaşık zemin-yapı etkileşimi analizlerine ihtiyaç gösteren yanal deplasmanların ince duyarlılıkla tahmin edilmesi yoluna gidilmektedir.

Betonarme kazıklar, çakma kazıklar ve betonarme yerinde dökme kazıklar olarak ikiye ayrılabilirler. Yerinde dökme betonarme kazıkların donatısı önceden hazırlanan donatı kafesinin genellikle önce kazık çukuruna yerleştirilmesi sonra yerinde beton dökümü ile gerçekleştirilir. Betonarme çakma kazıklar ise, kazık dökülmesine

elverişli bir yerde hazırlanmakta sonra çakılacakları yere nakledilmektedirler. Betonarme çakma kazıklar oldukça büyük yükleri yumuşak veya gevşek zemin tabakaları altında sağlam tabakaya taşımakta son derece kullanışlıdır.

Genellikle kare, daire veya sekizgen kesitli olarak imal edilirler. Kazık boyu ve çapı imal ve çakım olanaklarına bağlı olarak seçilmektedir.

Betonarme çakma kazıkların kesitlerinin ve konulacak donatının miktarının hesaplanmasında kazığın istiflenme ve taşınması sırasında maruz kalacağı gerilmeler rol oynar. Kaldırma sırasında hasıl olacak eğilme momentini karşılayabilecek donatı bulundurulmalıdır.

TS 3168 (2001)'de yerinde dökme betonarme kazıklarda donatılarla ilgili koşullar aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

Boyuna donatı en az 4 adet 12 mm çaplı demir olmalı ve boyuna demir çubuklarının aralığı uygun beton akımına yer vermek için mümkün olduğunca büyük seçilmelidir. Ancak bu aralık 400 mm' den büyük olmamalıdır.

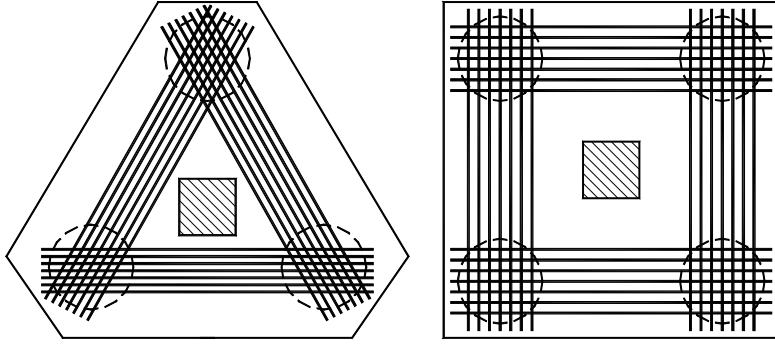
Boyuna çubuk veya çubuk demetleri arasındaki uzaklık 100 mm' den küçük olmamalıdır.

Boyuna donatı Çizelge 9.3' de verilen koşulları sağlamalıdır.

Çizelge 9.3: Yerinde dökme betonarme kazıklarda minimum donatı.

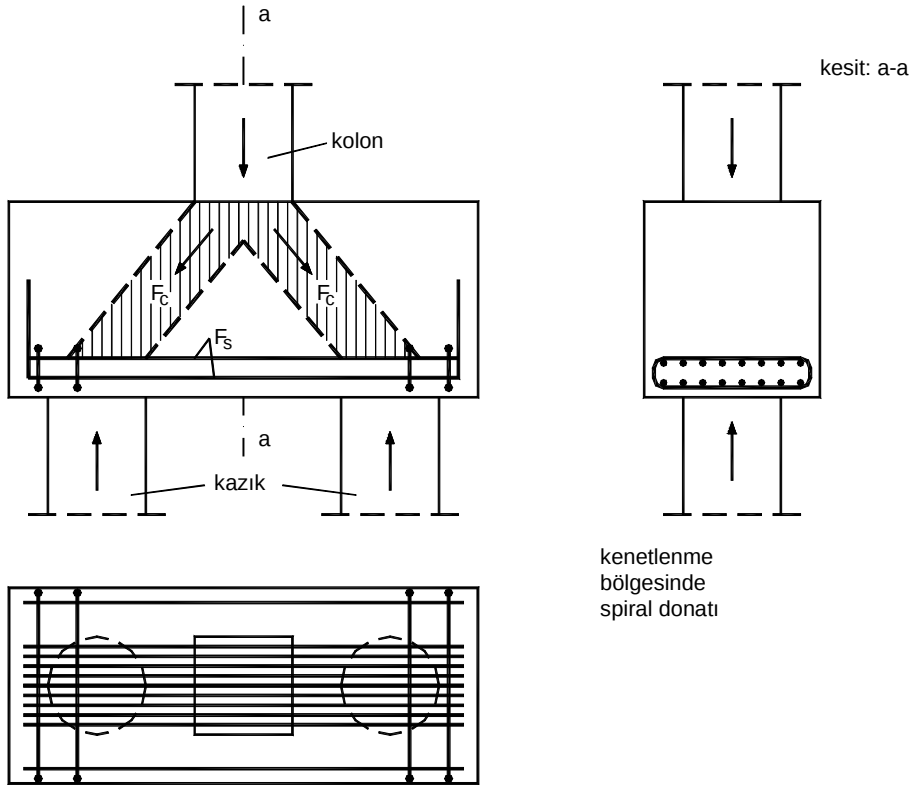
Kazık Kesit Alanı A	Boyuna Donatı Alanı A_s
$A_C \leq 0.5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0.5 \% A_C \text{ m}^2$
$0.5 \text{ m}^2 \leq A_C \leq 1 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0.0025 \text{ m}^2$
$A_C \geq 1 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0.25\% A_C$

Üç ve dört kazıkta çekme şeritleri ve donatı planı ise Şekil 9.8' de görüldüğü gibi olmaktadır.



Şekil 9.8: Kazıklı temelde çekme şeritleri.

Kazık başlarında, beton basınç çubukları ve donatı çekme çubuğunun oluşturduğu kafes sistem, $PL/4$ le hesaplanacak kuvvete eşdeğer bir sonuç vermekte ve basınç çubuklarının kazık başında verdiği yatay bileşenden dolayı donatıda gönye yapılması gerekmektedir (Şekil 9.9) (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 9.9: Kazıklı temelde gönye uygulaması.

D.B.Y.B.H.Y.(2007)' de kazıklı temeller için aşağıdaki verilen koşullar belirtilmiştir.

1. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, düşeye göre eğimleri $1/6$ ' dan daha fazla olan eğik kazıklar kullanılamaz.
2. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kılıflı ya da kılıfsız yerinde dökme fore kazıklarda, kazık başlarının altındaki kazık boyunun üstten $1/3$ 'ünde boyuna donatı oranı 0.008'den az olamaz. Bu bölgeye konulacak spiral donatı çapı 8 mm'den az ve spiral asımı 200 mm'den fazla olmayacak, ayrıca üstten en az iki kazık çapı kadar yükseklikte spiral donatı adımı 100 mm'ye indirilecektir.
3. Betonarme prefabrike çakma kazıklarda boyuna donatı oranı 0.01'den az olamaz. Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde, kazık başlığının altındaki kazık boyunun üstten $1/3$ 'ünde enine donatının çapı 8 mm' den az olmayacaktır. Bu bölgede, etriye aralığı veya spiral donatı adımı 200 mm'den fazla olmayacak, ayrıca üstten en az iki kazık çapı (dikdörtgen kesitli kazıklarda en büyük boyutun iki katı) kadar yükseklikte etriye aralığı ya da spiral donatı adımı 100 mm'ye indirilecektir. Enine donatı koşulları, önerilmeli prefabrike çakma kazıklarda da aynen uygulanacaktır.

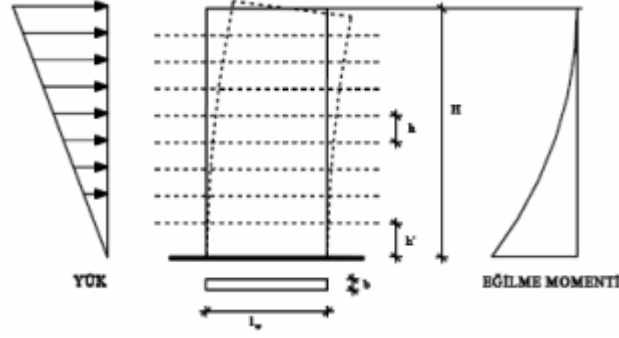
10. PERDELER

Perdeler, planda uzun kenarının l_w , kalınlığına oranı b_w en az 7 olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Perdeler yatay yükleri altında meydana gelecek momentleri, eksenel kuvvetleri ve kesme kuvvetlerini taşıyabilecek şekilde ölçülendirilirler. Bir binanın deprem güvenliğine en büyük katkıyı yapan taşıyıcı elemanlar perde duvarlar, yapılarda yatay ötelenmeyi kısıtlama açısından etkileri çok büyüktür.

Bir yapıda tek başına olabilen perdeler, çerçeve sistemleriyle birlikte kullanıldığında, rijitlikleri fazla olduğundan deprem veya rüzgârdan oluşan yatay yüklerin tamamına yakınına karşılar.

Yüksek yapılarda, yatay yükler altında kat yer değiştirmelerin sınırlandırılması açısından, perdelerin kullanılması gerekmektedir. Döşemeler düzlemlerinde çok rijit olduklarından perdelerin rölatif hareketlerini engeller. Perdelerin, yapının güvenliğini sağlaması ve kat yer değiştirmeleri sınırlandıracak yapısal hasarları önlemeleri açısından etkili davrandıkları belirlenmiştir. (Öztürk, 2003)

Perdeler yatay yükler altında konsol kiriş gibi davranırlar. (Şekil 10.1) Perdeler, kat seviyesinde döşemelerle rijit olarak bağlandığından, ince kesitlere rağmen yanıl burkulma tehlikesi minimum seviyededir. Betonarme perde duvarlar küçük ve orta şiddetli depremlerde yapıların yatay ötelenmelerini kısıtlayarak yapı içindeki eşyalarını korur ve bölme duvarlardaki mimari hasarları önler. Şiddetli depremlerde (önem katsayısı $I=1$ olan binalar için 50 yılda aşılma olasılığı %10, dönüş periyodu 475 yıl olan deprem) 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 yatay ötelenmesini geri dönölmez boyutlara ulaşmasını önlemektir (Bayülke, 2001).



Şekil 10.1: Konsol perde.

TS 500 (2000)' de perdeler için aşağıdaki kısıtlamalar yapılmıştır.

Deprem perdeleri, silo, rezervuar ve diğer özel yapı 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 şekilde boyutlandırılıp donatılandırılmalıdır (TS 500 ,2000).

Perdeler plandaki yerleri ve geometrileri genellikle mimari fonksiyonlar ve deprem doğrultularında etkili çalışmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.(Şekil 10.2)



Şekil 10.2: Perde kesitleri.

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 denilen yapılar oluşmakta ve bu yapılar da depremde büyük hasarlar görmektedirler.

Değişik kesitlere sahip perdelerin her biri için betonarme davranışları ve çözümleri farklı olduğundan her biri için ayrı ayrı hesap yapılması çok zor olabilir. Bu nedenle uygulamada genelde hesap yapılmadan yönetmeliklerde verilen minimum donatılar

perdelere yerleştirilmektedirler. Uygulama projelerinde de perdeler için minimum donatılar yeterli olmaktadır. Ancak eğilme momentlerinin aşırı büyük olduğu durumlarda veya çok yüksek yapılarda yönetmeliklerdeki minimum donatılar yetersiz kalabilmektedir (Doğangün, 2002).

Hasarlar momentin ve kesme kuvvetinin maksimum olduğu perde ve temel birleşim düzeyinin hemen üstünde oluşur. Genelde perde ve temel birleşiminde yeterli filiz donatısı bulunmadığı zaman bu birleşimde kayma gözlenir. Bu nedenle filiz donatısı miktarı artırılmalı ve perde tabanına düzgünce dağıtılmalıdır.

10.1 Enkesit Koşulları

Süneklik düzeyi yüksek perdelerle ilgili D.B.Y.B.H.Y (2007)' de enkesit koşulları ile ilgili aşağıdaki kısıtlamalar verilmiştir.

1. Perde kalınlığı, her kat yüksekliğinin 1/20' sinden ve 200 mm' den az olmayacaktır

$$H_w / l_w \geq 2.0 \quad (10.1)$$

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 tanımlandığından bahsetmiştik. Betonarme duvarların kalınlığı, 150 mm' den daha az olmaması gerekmektedir.

Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca, sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda, Denk. 10.1 ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den daha az olmaması gerekmektedir.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \quad (10.2a)$$

$$V_T / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad (10.2b)$$

Burada,

$\sum A_g$, 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.

Denk. 10.2 ile bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır (D.B.Y.B.H.Y. 2007).

2. Kat yüksekliği 6m’ den daha büyük olan e kat yüksekliğinin en az 1/5’ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulan perdelerde, gövde bölgesindeki perde kalınlığı yanal doğrultuda tutulduğu noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20’sine eşit olabilir. Ancak bu kalınlık 300 mm’ den az olamaz.

$H_w / l_w \geq 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulması gerekmektedir. (Deprem yükleri tersinir yükler olduğundan, önceden çekmeye maruz kalan ve betonu çatlayan kısım, basınca maruz kalacaktır ve betonda çatladığı için donatının burkulmasını kolaylaştıracaktır. Perde düşey donatılarının burkulma tehlikesinin olduğu bu bölge yönetmelikte “kritik perde yüksekliği” olarak tanımlanmaktadır)

Aşağıda tanımlanacak binalar dışında, perde uç bölgelerindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15’inden ve 200 mm’ den az olmayacaktır. Perde uç bölgelerinin, kat yüksekliğinin en az 1/5’ ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulduğu durumlarda, uç bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulan noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20’ sine eşit olabilir. Ancak, bu kalınlık kat yüksekliğinin 1/20’sinden veya 300 mm’ den az olamaz. Perde uç bölgeleri, perde uç bölgesinin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde de düzenlenebilir.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20' den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği $2l_w$ değerini aşmamak üzere, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

$$H_{cr} \geq l_w \quad (10.3a)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \quad (10.3b)$$

H_{cr} ; Kritik perde yüksekliği,

l_w ; Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğunu,

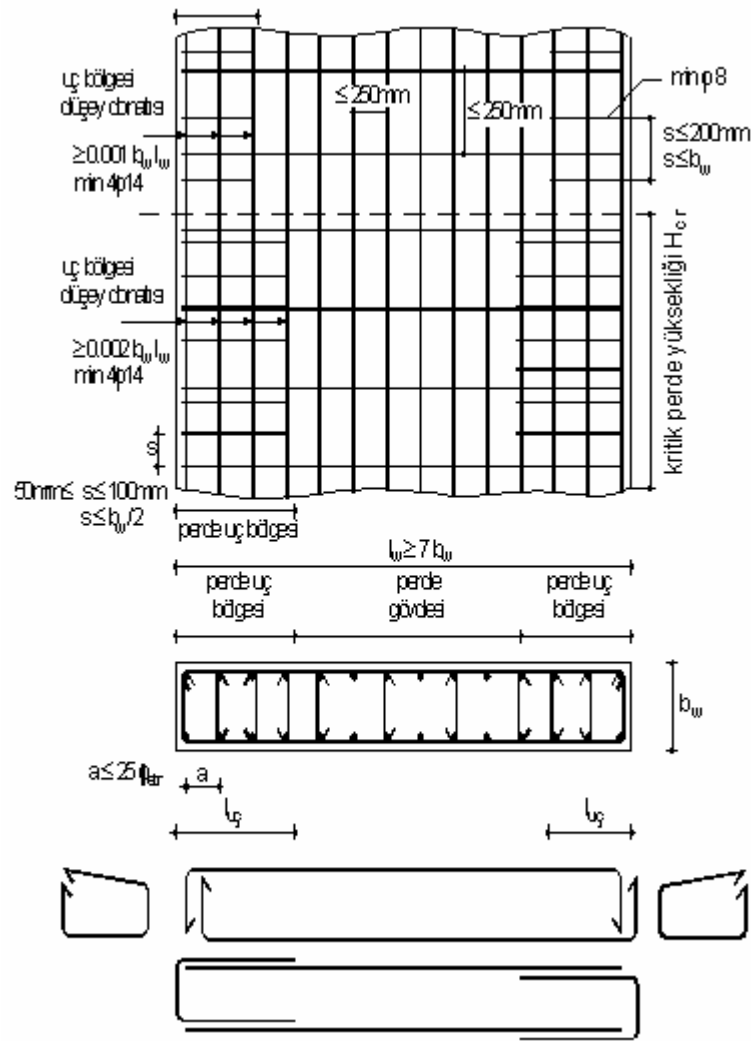
H_w ; Temel üst kotundan veya perdenin plandaki uzunluğunun %20' den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren toplam perde yüksekliğidir.

Bodrum katlarında, rijitliği üst yapılara göre çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum perde kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda " H_w " ve " H_{cr} " büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru göz önüne alınacaktır.

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 olmayacaktır. 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 olmayacaktır.(Şekil 10.3)

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumuna; her bir perde uç bölgesinin en kesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için yukarıda tanımlanan alana eşit olmalıdır (D.B.Y.B.H.Y. 2007).

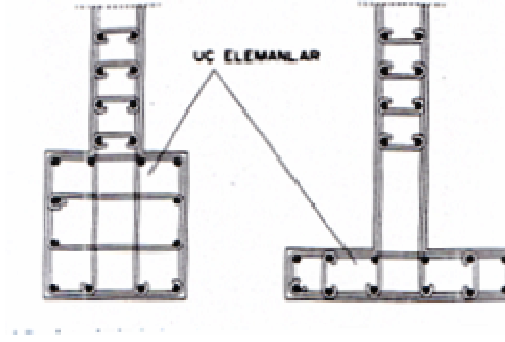


Şekil 10.3: Perde duvarlara ait minimum donatı ve boyutlar.

10.2 Donatı İle İlgili Kurallar

Perde duvarların moment taşıma güçlerinin arttırmak 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 düzenlemek gereklidir (Şekil 10.4) (Özkaynak, 2002).

I ve H kesitli perdelerin yararları, eğilme momenti etkisiyle perde uçlarında oluşan büyük basınç etkileri altında, perdenin yanal burkulmasını engellemektir. Uç elemanlı perdeler, uç elemansızlara göre, daha sünek olmakta daha büyük kesme kuvveti taşımakta ve daha fazla deprem enerjisini yutmaktadırlar.



Şekil 10.4: Perde uç bölgelerine ait enine donatı düzeni.

Orta yükseklikteki perdelerde genellikle çok büyük kesit etkileri meydana gelmez. Bu nedenle donatısı çevreye düzgün bir biçimde dağıtılır. Ancak büyük mesnet momenti durumunda donatı uçlarda toplanarak, güç tükenmesi momenti ve eğriliği arttırılabilir. Bu suretle eğilmeden oluşan basınç kuvvetinin önemli bir kısmı da donatı tarafından karşılanmaktadır.

Perde eğilme momenti yanında düşey yüklerden oluşan önemli bir normal kuvvet taşıdığına perde kesitinin başlarında sık etriye kullanmak tavsiye edilmektedir. Uç bölgesi ise kolonlardaki gibi düzenlenmelidir. Düşey donatıların burkulmasını önlemek için kolonlardan daha sık etriye düzenlemek gerekebilir.

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 belirlenecek minimum donatıya ek olarak, boşluğun her bir kenarına en az 2Ø16 donatı yerleştirilmelidir. Bu çubukların boşluk kenarından ölçülen kenetlenme boyları da 40Ø den az olmamalıdır.

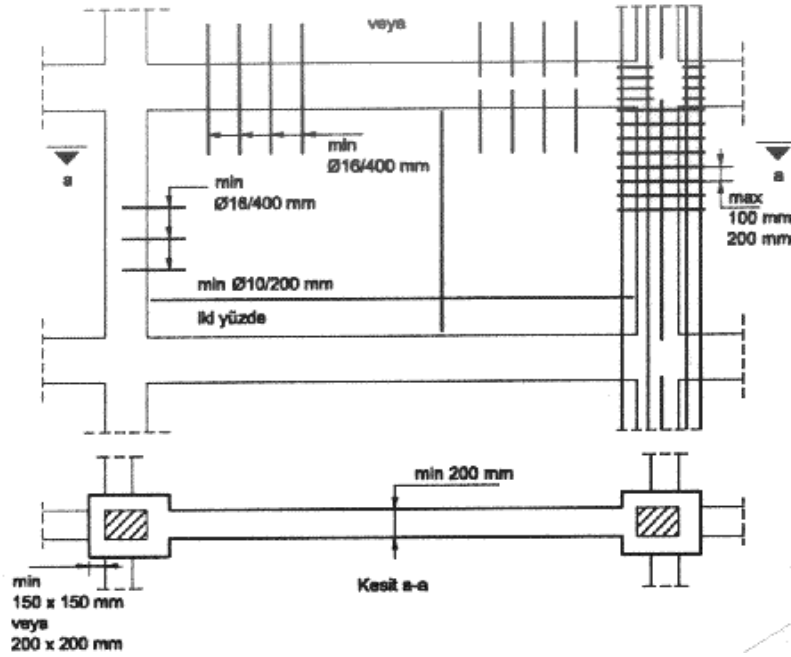
Ayrıntılı çözümlemesi yapılmayan durumlarda, her bir tekil yük için kesit hesabında yapılacak olan duvar etkili boyu, tekil yüklerin eksenleri arasında kalan uzaklıktan daha fazla olmaması gerekmektedir. Ayrıca, tekil yük altında kalan bölgelerde oluşacak çekme gerilmelerine karşı yük eksenine dik doğrultuda asal çekme donatısı bulundurulmalıdır.

Betonarme duvarların her iki yüzünde yatay ve düşey çubuklardan oluşan donatı ağırları düzenlenmelidir. Hesapların daha fazla donatı gerektirmediği durumlarda,

betonarme duvara yerleştirilecek olan yatay ve düşey donatılar aşağıda belirlenecek olan değerlerden daha az olmamaları gerekmektedir (Şekil 10.5) (Celep ve Kumbasar, 1998).

Betonarme duvarın her iki yüzündeki düşey donatı alanlarının toplamı, duvar tüm kesitinin (A_g) 0.0015 inden daha az olmaması gerekmektedir. Ayrıca, iki yüzdeki yatay donatı alanları toplamı ya da aynı değerden az olmaması gerekmektedir.

Düşey ve yatay donatı aralıkları, duvar kalınlığının 1.5 katından ve 300mm' den fazla olmaması gerekmektedir. Betonarme duvarın iki yüzündeki donatı ağırları, 1 m² duvar yüzeyinde en az dört tane çiroz ile karşılıklı olarak bağlanmalıdır (TS 500, 2000).



Şekil 10.5: Eksenel perde durumunda donatı düzeni.

10.2.1 Gövde donatısı koşulları

Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır. (Şekil 10.3)

Denk. (10.2) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının herbiri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmeyecektir.

Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır (D.B.Y.B.H.Y, 2007).



Şekil 10.6: Perdelerde düzenlenen donatı düzenine bir örnek.

10.2.2 Gövde donatılarının düzenlenmesi

Perdelerin yatay gövde donatıları, Şekil 10.3 belirtildiği şekilde düzenlenebilir. 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 bağlanacaktır.

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 yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından

itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır. Ancak, gövde donatısının kenetlenme boyunun perde uç bölgesi uzunluğundan daha küçük veya eşit olması durumunda $\supset$ biçimindeki donatılar konmayabilir. Bu durumda perde uç bölgelerindeki enine donatının birim boydaki toplam alanı, perde gövdesindeki yatay donatının birim boydaki toplam alanından az olmayacaktır.

10.2.3 Perde uç bölgelerinde donatı koşulları

Perde uç bölgelerinde düzenlenecek donatılarla ilgili, D.B.Y.B.H.Y.(2007)'de aşağıdaki koşullar verilmektedir.

1. Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt en kesit alanına oranı 0.001' den az olmayacaktır. Ancak, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılabilmektedir. Perde, uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14' den az olmayacaktır.(Şekil 10.3)

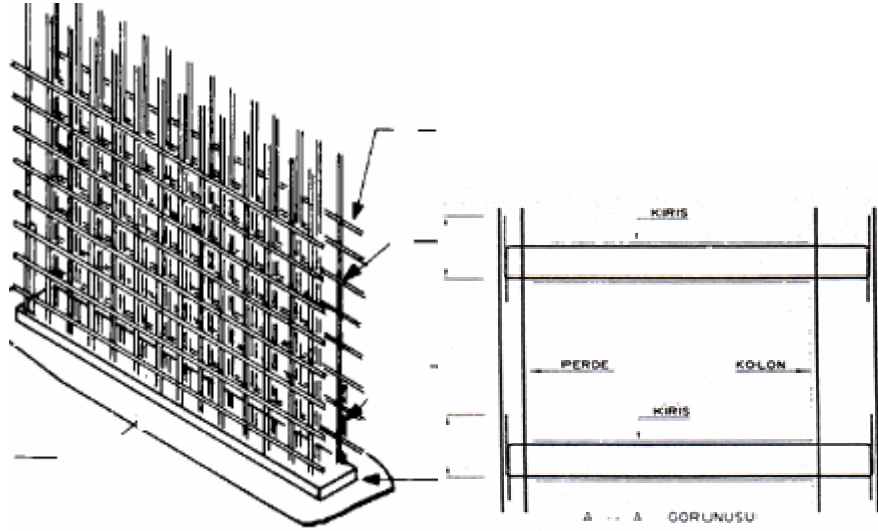
2. Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

a. Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

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 olmayacaktır. Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilmelidirler.

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 (D.B.Y.B.H.Y, 2007).

Şekil 10.7' de boyuna donatılarının ankrajı gösterilmektedir (Bangash, 2003).

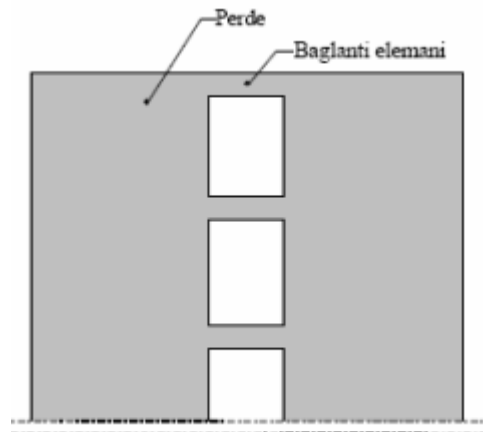


Şekil 10.7: Perdelerin ötesine geçmeyen boyuna donatısının ankrajı.

10.2.4 Bağ kirişli (boşluklu) perdeler

Yatay yüklerin karşılanmasında etkili olan perdeler, çerçeve ile birlikte veya iki perdenin bağ kirişleri ile birleşen perde grupları halinde de kullanılabilir. Perdede bırakılan boşluklardan veya iki perdenin bağ kirişleri ile birleşmesinden dolayı beraber çalışan perde duvarları meydana gelir.

Perdeli sistemlerde, kapı, pencere boşlukları bırakılması nedeniyle perde elemanlarda düşeyde bir süreksizlik meydana gelecektir. Perdeli sistemlerin özel bir hali olarak düşünülebilecek bu tür sistemlere “boşluklu perdeler” denilmektedir. (Şekil 10.8)



Şekil 10.8: Boşluklu perde.

Perde ile bağ kiriş rijitliklerinin birbirinden çok farklı olması normal çerçeve düzenlenmesinde gözönüne alınmayan etkilerin hesaba katılmasını gerektirir. Bağ kirişleri ile birleştirilmiş iki perdeli bir sistemde dış kuvvetlerin mesnette oluşturduğu devirme momenti, perdelerden oluşan eğilme momenti ile meydana gelen normal kuvvet çifti tarafından beraber karşılanır. Normal kuvvet bağ kirişlerinin perdeye göre rölatif rijitliklerine bağlıdır. Bağ kirişlerinin rijitliğinin artırılmasıyla bağ kirişlerinde eğilme momentleri büyürken, perdeler arası etkileşim artar ve normal kuvvetle daha büyük moment taşınması mümkün olur. Bağ kirişleri kısa ve yükseğe büyük eğilme momentine karşı koyarlar. Bunun sonucu olarak kesme kuvveti büyük değerler alır (Celep ve Kumbasar, 2004).

Daha önceden verilen tüm kural ve kurallar, bağ kirişli perdeleri için de geçerlidir.

D.B.Y.B.H.Y (2007)'de bağ kirişlerinin kesme donatısına ait aşağıdaki kurallar verilmiştir.

Aşağıdaki koşulların herhangi birinin sağlanması durumunda, bağ kirişlerinin kesme donatısı hesabı, süneklik düzeyi yüksek kirişlerin donatısı gibi yapılması gerekmektedir.

$$\ell_n > 3 h_k \quad (10.4a)$$

$$V_d \leq 1.5 b_w d f_{ctd} \quad (10.4b)$$

Burada,

ℓ_n , kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı,

h_k , kiriş yüksekliği,

V_d , Deprem yüklerinin otak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti,

b_w , Perde gövde kalınlığı,

d , Faydalı kiriş yüksekliği,

f_{ctd} , Betonun tasarım çekme dayanımı

Denk. (10.4)'ün ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanamaması durumunda, bağ kirişine konulacak özel kesme donatısı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış yöntemlerle belirlenecek veya bağ kirişindeki kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak üzere çapraz donatılar kullanılması gerekmektedir. Bu donatı yerleştirme biçimi Şekil 10.9' da gösterilmektedir. Her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı. Denk. (10.5) ile belirlenmesi gerekmektedir.

$$A_{sd} = V_d / (2 f_{yd} \sin \gamma_b) \quad (10.5)$$

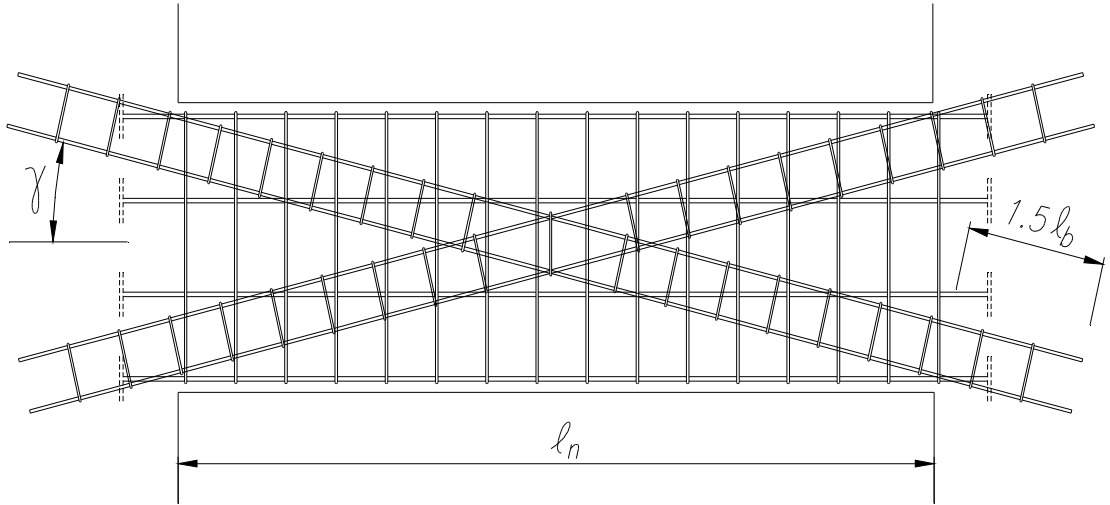
Burada,

A_{sd} , Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı,

γ_b , Bağ kirişlerinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açı,

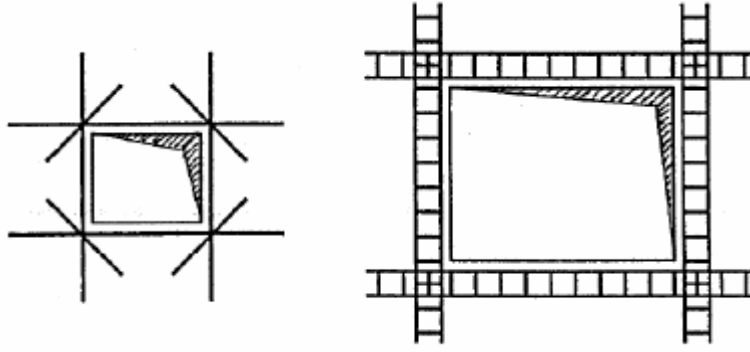
V_d , Deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti,

f_{yd} , Boyuna donatının tasarım akma dayanımıdır.



Şekil 10.9: Perde bağ kirişlerinde donatı yerleşimi.

Çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az $1.5\ell_b$ 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 donatı konulması gerekmektedir.



Şekil 10.10: Perdelerde boşluk düzenlenmesi.

Perdelerde bırakılan boşluklar için TS 500’ de aşağıda belirtilen kurallara uyulması gerekmektedir.

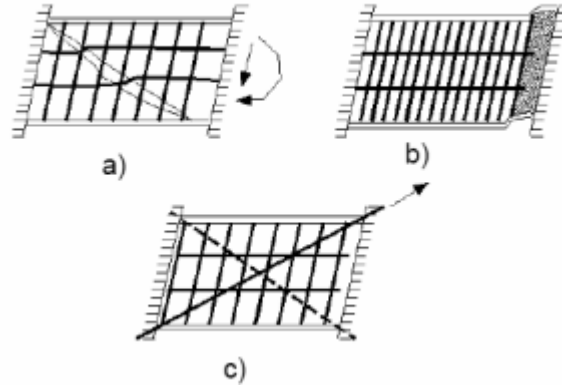
Perdeler içinde kapı pencere veya benzeri boşluklar bırakılması gereken durumlarda aşağıda belirlenecek minimum donatıya ek olarak, boşluğun her bir kenarına en az 2Ø16 donatı yerleştirilmelidir. Bu çubukların boşluk kenarından ölçülen kenetlenme boyları 40Ø’ den az olmaması gerekmektedir.

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 (TS 500, 2000).



Şekil 10.11: Perdedeki boşluklarda uygulanan donatı düzeni örneği.

Şekil 10.12 (a)' da klasik donatıyla düzenlenmiş olan bir bağ kirişi görülmektedir. Burda kesme kuvveti etkisi ile gevrek kırılma oluşabilmekte, (b)'de sık etriye düzenlenmiş bir bağ kirişi görülmekte mesnetlerde eğilme göçmesi tek yönlü etkide iyi olsa da iki yönlü etkide eğilme çatlaklarının birleşmesi sonucu kesme kırılması oluşabilmekte, (c)'de bağ kirişinde düzenleniş olan köşegen donatı görülmekte ve iki yönlü etki altında çekme kuvvetleri taşıyabileceği bu da (a) ve (b) durumlarına göre daha güçlü olduğunu göstermektedir.



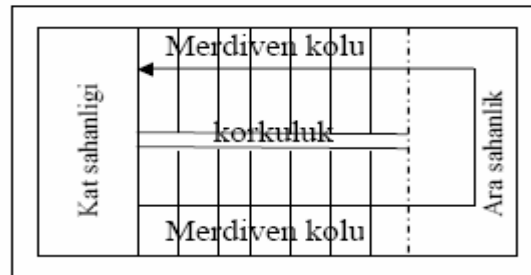
Şekil 10.12: Bağ kirişlerinde örnek donatı düzenleri.

11. MERDİVENLER

Bir yapıda, birbirinden farklı iki seviye arasında muntazam aralıklı yatay ve düşey yüzlerden meydana getirilen ve düşey sirkülasyon vasıtası olarak kullanılan yapı elemanlarıdır. Binalarda düşey sirkülasyonu sağlayabilmek için asansör ya da yürüyen merdivenler kullanılır. Bu elemanlar mekanik olarak çalıştırdıklarından arıza yapabilir, bozulabilir ve fonksiyonlarını sürekli olarak yerine getiremezler. Bu bakımdan çok katlı binalarda asansör ve yürüyen merdiven olsa da yine normal merdiven yapılması zorunludur. Merdivenler genellikle betonarme olarak tasarlanmaktadır. Bu tasarlanan merdivenlerin taşıyıcı sistemlerin oluşturulması ve bunun boyutlandırılması hem merdivenin hem de düşey taşıyıcı sistemin güvenliği açısından önemlidir. Merdivenler binalarda yapıldıkları yerlere göre,

1. Dış-Harici-Merdiven: Binaların dışında veya açıklıkta yapılan merdivenlerdir. Üstleri açık olduğundan dış etkilere dayanıklı malzemelerle inşa edilir ve kaplanırlar.
2. İç-Dahil-Merdivenler: Binaların içinde veya üstleri örtülü olarak yapılan merdivenlerdir.

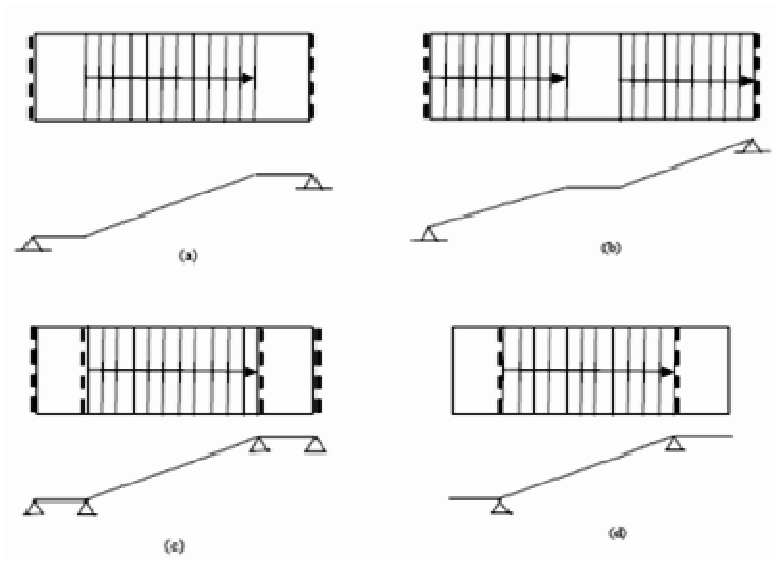
olarak gruplandırılabilirler. Merdiven yapısı ise, üzerinde basamakların bulunduğu eğimli merdiven kolu, merdiven kolları arasında bulunan yatay merdiven sahanlığı ve merdiven inip-çıkma güvenliğini sağlayan merdiven korkuluğu olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır.(Şekil 11.1)



Şekil 11.1: Sahanlıklı, düz kollu, kıvrımlı merdiven sistemi.

Merdivenler genellikle kullanım yerlerine, kullanılan malzeme türlerine, geometrilerine ve taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırılırlar; Yukarıda bahsedildiği gibi, iç merdivenler-dış merdivenler, taş merdivenler-betonarme merdivenler, sahanlıklı-sahanlıksız-düz kollu-dönel kollu merdivenler, taşıyıcı basamaklı-kıvrımlı sistem-çevresel mesnetli helisel merdivenler gibi (Doran, 2002).

Yönetmelikler, merdiven kullanışlık koşulu olarak bir koldaki basama sayısını sınırlı tutmaktadır. Bu yüzden yüksekliği belirli bir değeri aşan merdivenlerde merdiven kolları sahanlık adı verilen plak taşıyıcılara mesnetlendirilir. Merdiven kol veya kollarının eğimli sahanlık plaklarının ise yatay olduğu dikkate alınırsa birleşim yerinde bir kıvrım olacağı aşikârdır. Akla ilk gelen çözüm kıvrım kenarı boyunca bir sahanlık kirişi düzenlemektir. Bu durumda statik sistem basitleştirilerek sürekli plak şeklinde ele alınabilir. Ancak sahanlık kirişi, merdiven plağı altında sarkarak görünümü bozduğu için istenmemektedir. Plakların mesnetlenme şekli bu tip merdivenlerin taşıyıcı sistemlerinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Şekil 11.2(a) ve (b)' de merdivenler, iki ucundan duvar veya taşıyıcı bir elemana mesnetlendirilmiştir. Merdiven kolu ve sahanlık yan yüzleri tamamen boştaadır. Hali ile bu elemanlar tümüyle boyuna doğrultuda çalışırlar. Şekil 11.2(c) ve (d)' de ise merdivenler, iki ucundan duvara veya taşıyıcı elemanlara, kıvrım bölgelerinde ise bir sahanlık kirişine mesnetlidirler. Bu durumda yine merdiven kolları ve sahanlık plakları sadece düşey doğrultuda çalışan bir sürekli kiriş şeklinde ele alınabilir.



Şekil 11.2: Kıvrımlı plak merdiven taşıyıcı sistemleri.

Merdiven taşıyıcı sistemleri mesnetlenme durumuna göre belirlenmektedir. Taşıyıcı sistem, konsol davranışı gösteren taşıyıcı basamaklı veya eğimli bir plak şeklinde oluşturulabilir. Uygulamalarda, merdiven kolu sadece bir kenardan sahanlık plağına ve diğer kenardan da ara sahanlık plağına mesnetlenen plak taşıyıcı sisteme sahip merdivenlere sık sık rastlanmaktadır. Ancak kat sahanlığı yerine bu kenarda bulunan bir kenar kirişe mesnetli şekilde düzenlenen taşıyıcı sistemler de mevcuttur. Her farklı taşıyıcı sistem için yük düzenlemelerinin de farklı olması gerektiği unutulmamalıdır. Mimari açıda merdiven taşıyıcı sistem elemanlarının

b: Merdiven genişliği,

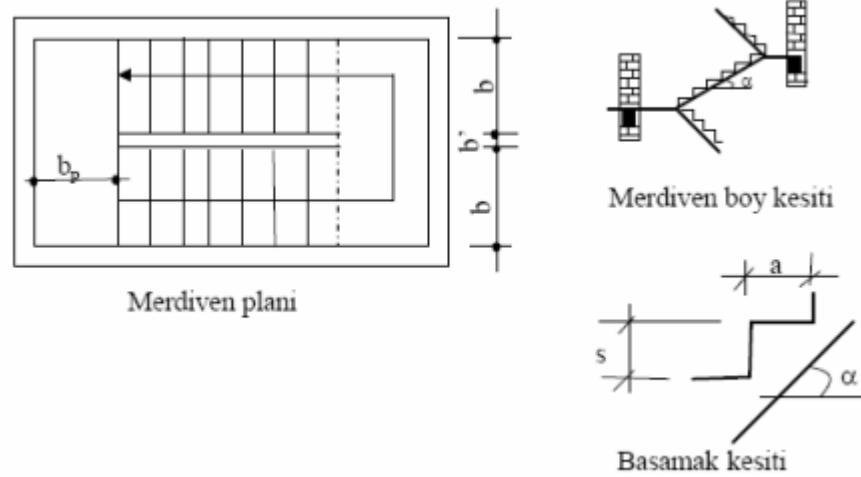
a: Basamak genişliği,

s: Basamak yüksekliği,

b_p :Sahanlık Genişliği,

b' : Merdiven kovası genişliği,

ve merdiven eğiminin, mimari fonksiyonları yerine getirilebilmesi için belirli sınırlar içerisinde seçilmesi gereklidir.



Şekil 11.3: Merdiven elemanları.

Merdiven eğimi profile basamak tepe noktalarını birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açı olarak tanımlanabilir. Merdiven eğimi çoğunlukla bu açının tanjantı ile gösterilmektedir. Dönel merdivenlerde, merdiven eğimi denilince çıkış çizgisi

üzerindeki eğim akla gelmelidir. Çıkış çizgisinden içe doğru gidildikçe eğimin dikleşeceği, dışa doğru gidildikçe eğimin yatıklaşacağı kolayca anlaşılmalıdır.

Merdiven eğimlerinde,

En fazla 3 katlı olan küçük yapıların merdivenlerinde $\tan \alpha \leq 4/5$

Diğer yapılarda, $\tan \alpha \leq 2/3$ olmalıdır.

Uygun eğim oranları için, basamak yüksekliği ile basamak genişliği arasındaki Denk. (11.1)' in sağlanması gerekmektedir.

$$2s + a = 63 \text{ cm} \quad (11.5)$$

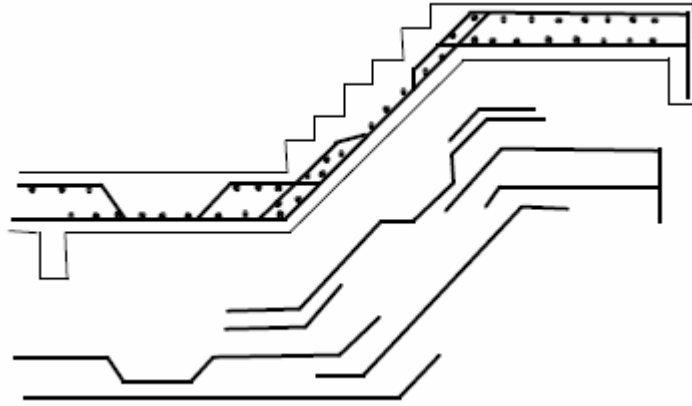
Bu bağıntıda denklemin sağ tarafındaki rakam, normal eğimli ($\alpha = 30$) merdivenlerde 63 cm, dik merdivenlerde 64 cm, yatık merdivenlerde ise 62 cm olarak alınmalıdır.

Kat yüksekliği belli olduğuna göre basamak sayısı $2.n=2$. h_1/s olarak bulunur. Ancak çoğunlukla kat yüksekliği basamak yüksekliğine tam bölünemediğinden bu sayı en yakın tamsayıya yuvarlatılarak, gerçek basamak yüksekliği hesaplanabilir. Ayrıca iki merdiven kolu arasındaki boşluğun (merdiven kovası) yaklaşık olarak 200-250 mm olması önerilmektedir. Çıkış sırasında merdiven kolunda ve kolun sahanlığa birleştiği yerde 2-2.2 m arasında bir bas yüksekliğinin sağlanması istenmektedir.

11.1 Donatı Düzenleme İlkeleri

Kat sahanlığı ile merdiven kolunun birleştiği yerde kiriş bulunan bir merdiven sistemi için donatı detayı Şekil 11.4'de gösterilmiştir. Kat sahanlığında ve merdiven kolunda çalışma doğrultusundaki pilye ve bazı donatılar düz donatı olarak düzenlenmiştir. Burada sistem üç boyutlu olarak davrandığı için, 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 değiştirmelerin sınırlandırılmış ve sahanlık plaklarındaki normal kuvvetlerin karşılanmış olması gerekmektedir. Betonarme hesapta katlanmış plak olarak irdelenmenin yapılması çoğu

zaman gerekmemektedir. Ancak betonarme hesap sonucu elde edilen donatıların yerleştirilmesi için sistemin gerçek davranışı göz önüne alınmalıdır.



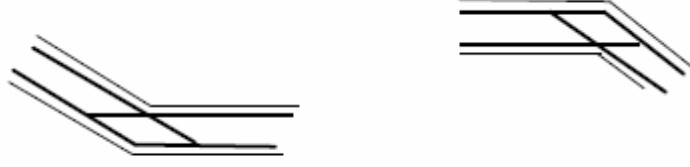
Şekil 11.4: Merdivenlerde donatı düzeni.

Merdivenlerde kıvrımlı sistem etkisinden yararlanması hem donatı miktarı açısından hem de işçilik açısından önemli bir fayda sağlamaktadır. Şekil 11.5’de merdiven kolu ile sahanlığın birleştiği yerde kiriş olmaması durumunda donatı düzeni gösterilmektedir.

Kirişin olmayışı, kıvrım çizgisinde bir mesnetlenme olmasını gündeme getirmektedir. Burada önemli olan nokta, donatının takip ettiği doğrultunun iyi belirlenmesidir.

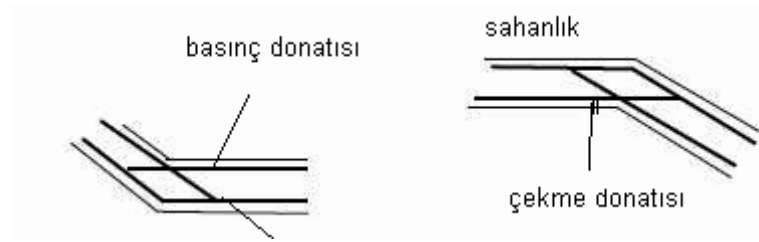
Donatı, yüzeyi izleyerek hemen kıvrılmamakta, plak kalınlığı içinde devam ettikten sonra karşı yüzde kıvrılmaktadır. Bu donatı düzenine titizlikle uyulması gerekmektedir. Aksi halde içeride çekme kuvveti alan donatı beton örtüsünü dökerek çatlamaya veya daha kötüsü hasara neden olmaktadır. Bu donatı 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).



Şekil 11.5: Merdivenlerde donatı düzeni.

Kıvrım çizgisinde 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 11.6’ da görülen donatının şekli de negatif eğilme momenti ile zorlanan dip kıvrım kesitleri içindir. Şekil 11.6 aşırı zorlanan kesitler için elverişli olmaktadır. Şekil 11.6 taşıma gücü açısından elverişli bir donatım şekli olmasına karşın, uygulama açısından çok elverişli değildir. Bu donatım şekli tekil çubuklarla gerçekleştirilebilir.



Şekil 11.6: Merdiven kıvrımlı sistemlerinde pozitif moment için donatı düzeni.

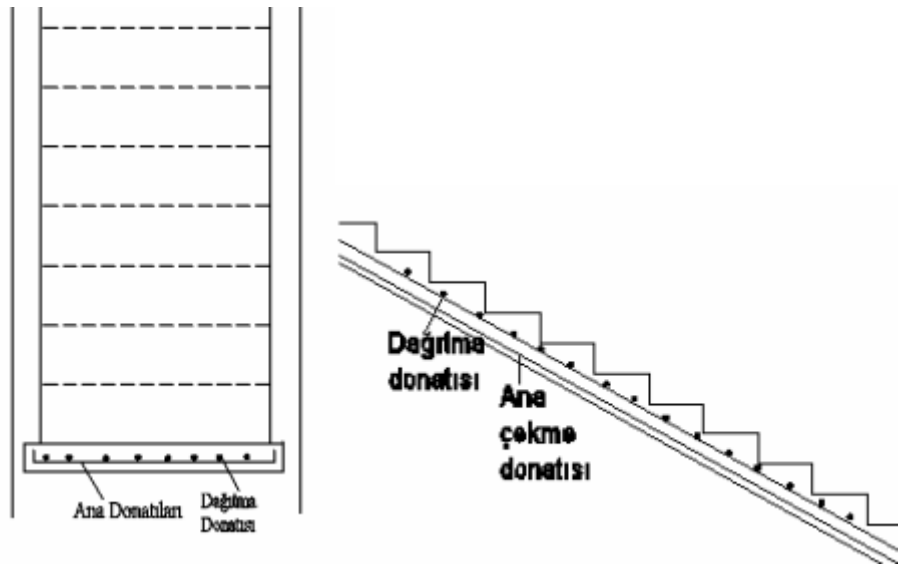
Kıvrımlı sistem etkisinin bulunmadığı ya da sistemin gerçek davranışlı nedeniyle bu etkinin ihmal edildiği merdivenlerde, kıvrım çizgileri boyunca rijit bir mesnetlenme söz konusu olmaktadır. Böylece kıvrım kesitlerinde, pozitif moment ortaya çıkmaktadır. Pozitif moment için donatı düzenleme biçimi. Şekil 11.7’de gösterilmektedir (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).

11.1.1 Çeşitli donatı düzenleme şekilleri

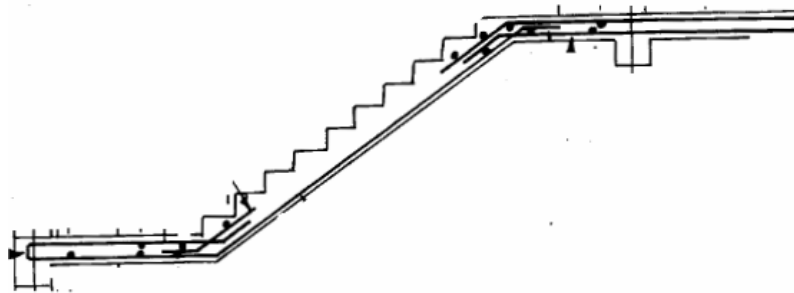
Merdivenlere ait farklı durumlar için farklı donatı düzenleme şekilleri aşağıda sıralanmıştır.

a. Merdivenlere ait en basit ve en genel donatı düzeni şekil 11.7’de görülebilmektedir. Ana donatılar, uzun doğrultuya paralel olarak yerleştirilmiştir. Kısa doğrultuya paralel olarak da dağıtma donatıları uygun aralıklarda yerleştirilmiştir. Bu şekilde kullanılan donatı düz donatıdır. Dağıtma donatısında kanca yapılması tercih edilmiştir. Şekil 11.7’ de ilk şekil yanlardan mesnetlenmiş olan merdiven düzenini, ikinci şekil ise çift taraflı mesnetlendirilen merdiven düzenini göstermektedir.



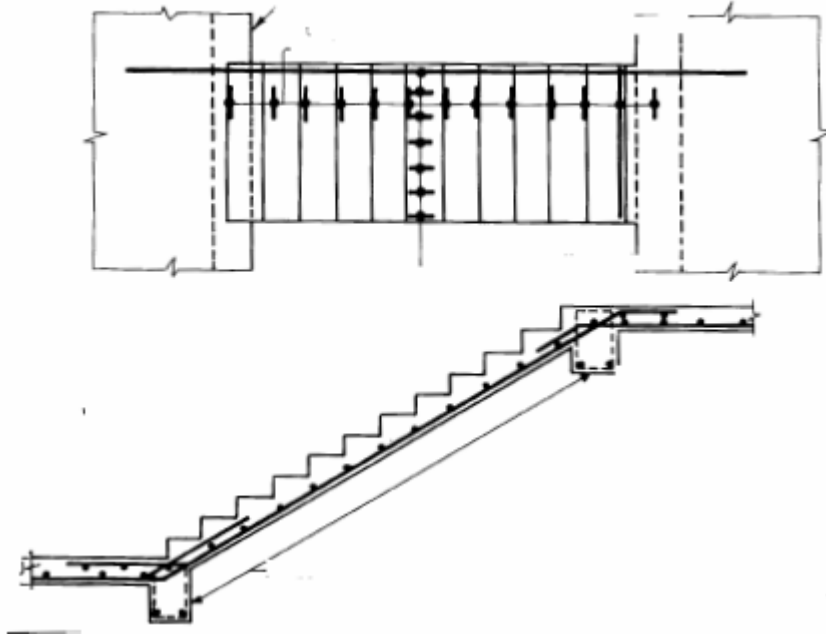
Şekil 11.7: Merdiven kollarında en basit donatı düzeni.

b. Kirişlerle kenarlarından mesnetlendirilmiş merdivenlerdeki donatı düzeni, Şekil 11.8’de görülmektedir (Bangash, 2003).



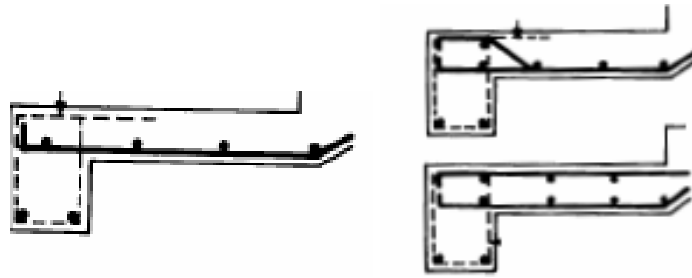
Şekil 11.8: Kenarlardan mesnetlendirilmiş merdiven plaklarında donatı düzeni.

c. Şekil 11.9’da düz plak merdivenlerde, tercih edilen donatı düzeni göstermektedir. 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 (Bangash, 2003).



Şekil 11.9: Düz plak merdivenlerde donatı düzeni.

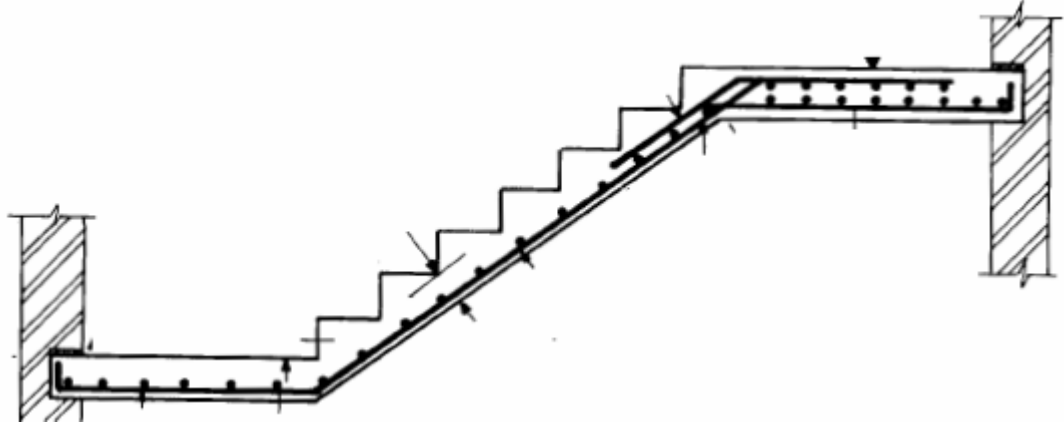
d. Merdivenlerde plak uzunluğunun artması durumunda ekstra donatılar da yerleştirilmektedir. Bu durum Şekil 11.10’ da gösterilmektedir (Bangash, 2003).



Şekil 11.10: Kullanılan özel ekstra donatı düzeni.

e. Yığma duvarlara mesnetlendirilmiş düz plak merdivenlerde donatı düzeni Şekil 11.11’de gösterilmektedir. Burada merdiven plağını taşıyan rijit bir kiriş bulunmamakta, tüm merdiven plağı yığma duvarlar tarafından taşınmaktadır. Merdiven plağının yük altında deformasyona uğrayacağı göz önüne alınarak, plağın

yığma duvara girdiği yerdeki kesitin üst tarafında 1-2 cm kalınlığında elastik bir malzeme yerleştirmek gerekmektedir (Bangash, 2003).



Şekil 11.11: Yığma duvarlara mesnetlendirilen merdivenlere ait donatı düzeni.

11.2 Helisel Merdivenler

Bu merdivenler kabuk taşıyıcılar olup, planda daire halkası şeklinde de görülebilir. Bu merdivenlerde yükün büyük bir kısmı membran kuvvetler tarafından karşılanır. Dış çevreden veya iç çevreden mesnetli helisel merdivenler olduğu gibi yalnız uçlarından mesnetlenmiş uzay taşıyıcı sistemli helisel merdivenler de uygulamalarda yapılmaktadır (Doğangün, 2002).

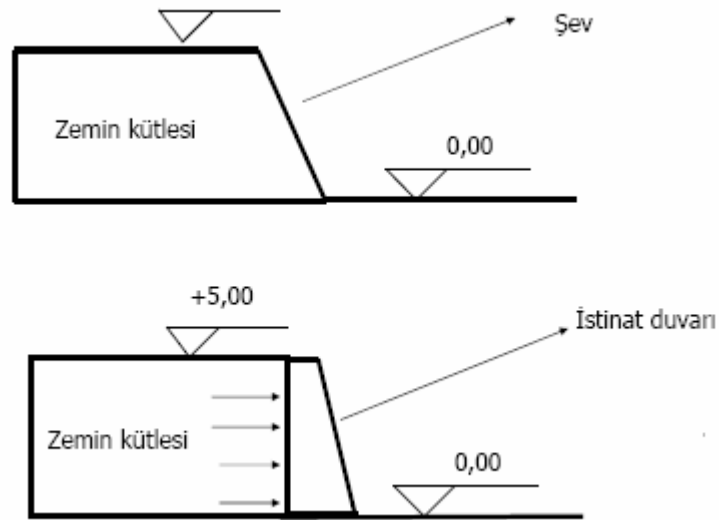
Uzay taşıyıcı merdiven sisteminin donatı düzenleme ilkeleri ile ilgili olarak aşağıdaki koşullar önerilmektedir.

1. Kesit köşelerinde en az birer adet 12Ø çapında donatı bulundurulmalıdır.
2. Kesit genişliğince üniform yayılı gövde donatısı en az 10Ø olmalı ve bu donatıların aralığı, merdiven kalınlığının 1.5 katı ve 25 cm'den büyük olmamalıdır. Zorlanmanın küçük olduğu kesitlerde bu maksimum aralık 30 cm'ye çıkabilir.
3. Merdiven kesitleri kesme kuvvetleri ile birlikte burulma momenti etkisinde bulunduğu kayma donatısı kapalı etriyeler olarak düzenlenmeli ve gerektiğinde çiroz ile yeterli sayıda kol eklenmelidir.

12. İSTİNAT DUVARLARI ve DEPOLAR

Yol kenarlarında, dere kenarlarında ve meyilli arazide toprağın kaymasını veya suyun zemini

aşındırmasını önlemek amacıyla yapılan duvarlara istinat veya dayanak duvarları denilmektedir. Yapılış amaçları olarak, tabi zeminler ile toprak, kum, çakıl gibi malzemelerden oluşan dolgu zeminler, eğer kottaki iki düzey arasında düşey bir düzlem halinde ise dengede duramaz ve göçerler. Göçmeyi önlemek için ya şev ya da bir istinat duvarı adı verilen bu yapılar yanal itki kuvvetlerini kendi ağırlıklarıyla taşırlar. (Şekil 12.1)



Şekil 12.1: İstinat duvarı.

İstinat duvarlar 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.

İstinat duvar tipi, yüksekliğe bağlı olarak ekonomik mukayese ile seçilir. Genel olarak 3.5-4 m yüksekliğe kadar kargir veya beton, daha fazla yükseklikler için betonarme istinat duvarları yapılmaktadır. Ayrıca istinat duvarının, tekil temellere ve benzer temeli ve buna ankastre konsol olan bir gövdesi vardır. Bu tip istinat duvarları yaklaşık 8m yüksekliğe kadar yapılabilir.

12.1 İstinat Duvarlarına Ait Konstrüktif Kurallar

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).

12.1.1 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).

12.1.2 Donatı ile ilgili 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. Düşey ve 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, Denk.(12.1)'i sağlaması gerekmektedir.

$$p \geq p_{\min}=0.003 \text{ (S 220) ve } 0.002 \text{ (S 420; S 500)} \quad (12.1a)$$

$$s \leq s_{\max}=1.5.h_f \quad (12.1b)$$

$$s \leq s_{\max}=0.2m \quad (12.1c)$$

Burada ;

s, Etriye aralığı, $P_{\min}$, minimum donatı oranı, h_f , duvar kalınlığıdır.

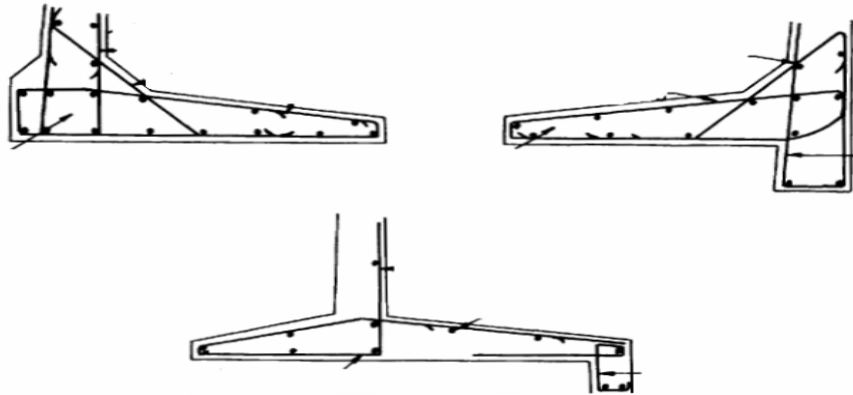
Konsol istinat duvarlarında, bir doğrultuda çalışan döşemelerde olduğu gibi, benzer şekilde ana donatıya dik dağıtma donatısı yerleştirilmeli ve Denk.(12.2)'yi sağlamaları gerekmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).

$$A_{s \text{ dağıtma}} \geq A_s / 5 \quad (12.2a)$$

$$s \leq s_{\max}=2.h_f \quad (12.2b)$$

$$s \leq s_{\max}=0.25 \text{ m (S 220)} \quad (12.2c)$$

Şekil 12.2' de istinat duvarlarına ait donatı düzeni gösterilmektedir (Bangash, 2003).



Şekil 12.2: İstinat duvarlarına ait donatı düzeni.

12.2 Depolar

İnsanların ihtiyacı olan suyu depolamak, yangın anında gerekli olan su ihtiyacını karşılamak, şebekedeki su basıncını belirli sınırlar içinde kalmasını sağlamak, sanayi ve enerji için gerekli sıvıları depolamak, atık suları arıtılmasını biriktirmek için sıvı depoları inşa edilmektedir.

Sıvı depoları, kullanım amaçlarına göre; su depoları, akaryakıt ve gaz depoları ve atık su depoları olarak gruplandırılabilirler. Sıvı depolarında suların depo edilmesinin yanında sudan başka sıvıların da depo edilmesi söz konusu olabilir. Temiz su depoları amaçlarına göre gömme, kısmen gömme, zemin üstü ve ayaklı depolar olarak teşkil edilebilmektedir. Pis su boruları ise genelde ağzı açık ve havuz şeklinde yapılmaktadır. Yüzme havuzları da bu anlamda bu depolara girmektedir (Demir ve Diğ, 1988).

Projelendirilmesinde göz önüne alınan yükler, depo ve depo ekipmanının öz ağırlığı, depolanan sıvının yükü, işletme yükleri, sıcaklık değişimi, rötre etkisi, kar rüzgâr yükleri, deprem etkisi ve toprak, su itkisi olarak kabul edilmektedir (Altan ve Güler, 2008).

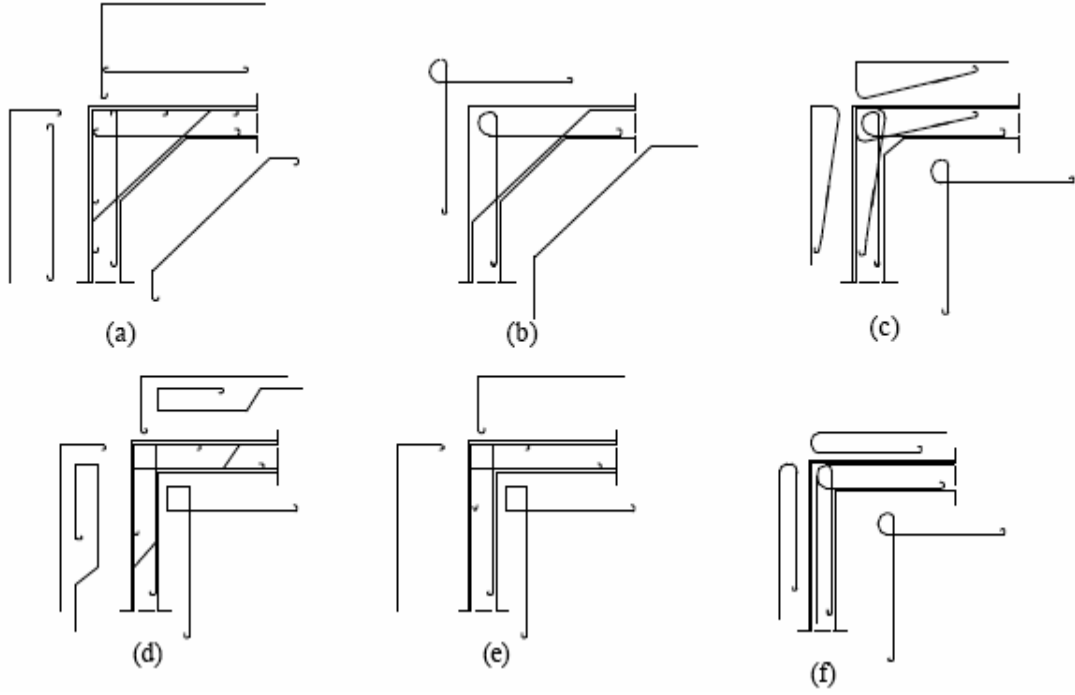
12.2.1 Donatı ile ilgili kurallar

Depolarda donatı düzenlemeleri belirlemek için, öncelikle, depoyu oluşturan elemanların çalışma biçimleri belirlenmelidir. Dikdörtgen depoları meydana getiren elemanların (döşeme tabanı, yan duvarlar, tavan) çalışma biçimleri ve donatı düzenleri aşağıdaki gibidir.

Döşeme tabanlı plak döşeme, büyük açıklıklarda ise kirişli döşeme veya kirişsiz döşeme olarak düzenlenebilmektedir. Bu durumda içinde kolonlar düzenlenmelidir. Yan duvarlar da plak, kirişli döşeme, nervürlü döşeme bazen de silindirik olarak teşkil edilebilmektedir.

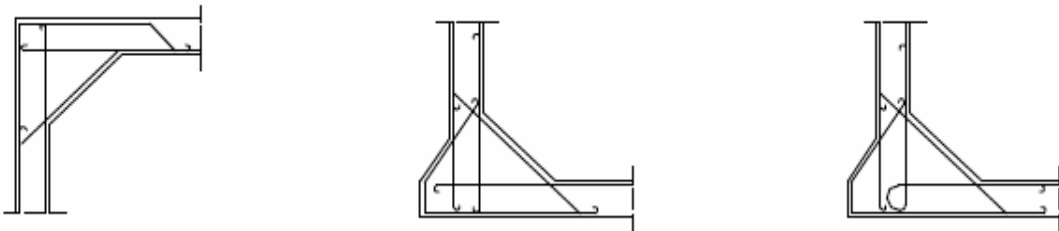
Kesit boyutlarına ve depo yüksekliklerine bağlı olarak yan duvarlar konsol plak (büyük boyutlu alçak açık yapılar), üç taraftan mesnetli bir tarafı boşta kalan plak (üstü açık küçük yapılar) ve dört tarafından mesnetli yapılar(kapalı depolar ve üst kenarından bir rijit kirişle donatılmış üstü açık depolar) olarak çalışabilirler. Yan

duvarlar ve düşey ve yatay kirişlerle bir ve iki doğrultuda çalışan sürekli plaklar halinde de teşkil edilebilirler. Plaklar yatay doğrultularında ekzantirik basınç kuvvetine göre hesaplanıp, donatılmalıdır. Depo duvarlarında uygulanan donatı düzenlemeleri Şekil 12.3’ de gösterilmektedir (Altan ve Güler, 2008).



Şekil 12.3: Dikdörtgen kesitli depolarda duvar donatı detayları.

Depo ister alttan ankastre ister alttan ve üstten basit mesnetli olsun duvarlara sadece düşey doğrultuda ana donatı yatay doğrultuda ise ısı ve rötire donatısı yerleştirilir. Şekil 12.4’de dikdörtgen kesitli depolarda uygulanan donatı detaylarının düşey kesitleri gösterilmektedir (Altan ve Güler, 2008).



Şekil 12.4: Dikdörtgen kesitli depolarda duvar donatılarının düşey kesitleri.

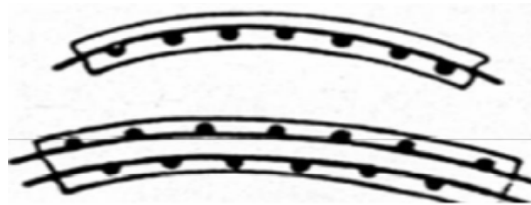
Dairesel tipli depolarda da dikdörtgen kesitli depolarda oldu gibi uygun donatı düzenini sağlamak için, öncelikle davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Başlıca

tavan, depo duvarı ve depo tabanı olmak üzere üç ana elemandan oluşmaktadırlar (Demir ve Diğ, 1988).

Depo tavanı, depo yan duvarları ile monolitik olarak teşkil edilmişse, birleşim kesitinde ortaya çıkacak kesit zorlarının donatı hesabında dikkate alınması gerekir.

İnce duvarlarda çember ve düşey donatı yerleştirildiği halde 15 cm' den daha kalın duvarlarda iki katlı donatının kullanılması daha uygun olmaktadır. Bu tip depolarda donatı düzenlerine ilişkin aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

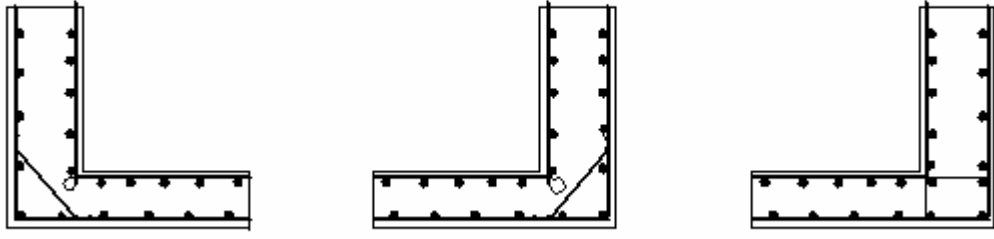
1. Yükseklik arttıkça ana donatıların çapları küçülmektedir. Donatı çaplarının küçülmesinin sebebi, su basıncının yükseklik arttıkça azalmasıdır.
2. Donatı aralıklarına karar verilirken döşemeler konusunda anlatılmış olan donatı düzenlemelerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Duvar kalınlıkları ile döşeme kalınlıkları yaklaşık aynı değerlerde olabilirler. Donatıların bindirme boylarının donatı çapının 40 katı olması tavsiye edilmektedir.
3. Taban plağı ile duvar arasındaki geçişe özellikle dikkat edilmelidir. Bu geçişin güvenli olması için diyagonal çelik çubuğu ile sağlanması tavsiye edilmektedir (Şekil 12.5).



Şekil 12.5: Dairesel kesitli depolarda örnek donatı detayları.

12.2.2 Menfezler

Silindir ya da prefabrik şekilde olabilen menfezlerin içinden endüstri atıklarının geçtiği düşünülerek paspayının diğer yapılara göre daha fazla olması gerekmektedir. Genel olarak menfezlerde dikkat edilmesi gereken nokta, köşelerde donatı bükümünün nasıl olması gerektiğidir. Aşağıdaki şekillerde menfezlerdeki donatı düzeninin nasıl olması gerektiği gösterilmektedir.



Şekil 12.6: Menfezlerde köşe donatılarına ait örnekler.



Şekil 12.7: Uygulamada kutu menfezlere ait donatı düzeni.

13. DONATI DÜZENİNDE ÖZEL DURUMLAR

13.1 Birleşim Bölgeleri

Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların tek başlarına maruz kaldıkları etkilere karşı koyabilmeleri yapının bütün olarak güvenliğinin sağlandığı anlamına gelmemektedir. Yapının taşıyıcı elemanlarının dışında bulunan birleştikleri birleşim bölgelerinin de mutlak yeterli dayanım ve sünekliğe sahip olması gereklidir (Celep ve Kumbasar, 2004).

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 özen gösterilmesi gereklidir. Bunların yanında, birleşim bölgelerinde donatı yoğunluğunun beton dökümünü ve betonun iyi yerleşmesini engellememesi için de mutlaka vibratör kullanılması, dikkat edilmesi gereken hususlardandır.

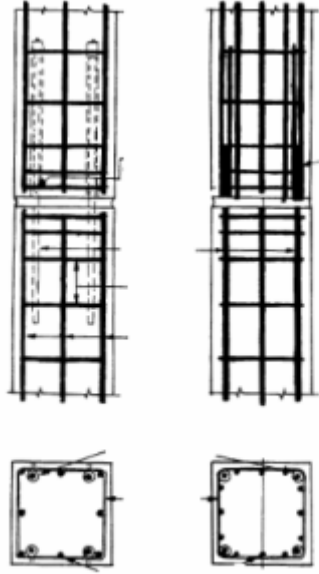
Birleşim bölgelerinde gösterilecek olan özen taşıyıcı sistemin tümünün güvenliği için gereklidir.

13.2 Kolonların Üst Kat Kolonları ile Birleşimi

Kolonların üst kat kolonları ile birleşimleri genellikle yeni kat döşemesi üstünde alt kat kolonu donatısının eklenip betonlanması şeklinde yapılmaktadır. Deprem bölgelerinde ise, boyuna donatı eklerinin öncelikle kolon orta bölgesinde yapılması ve çekmeye çalışan kolon boyuna donatılarının mümkün olduğu kadar aynı kesitte eklenmemesi tavsiye edilmektedir.

Kolonların eklenmesi daha çok bindirme eki ile olmaktadır. Filizlerin eğilip bükülmelerine engel olabilmek için, alt kat kolonu betonlanmadan önce seyrek etriyelerle bağlanması uygun olmaktadır.

Şekil 13.1’de kolonların üst kolanlarla birleşimlerine ait donatı düzeni gösterilmektedir (Bangash, 2003).

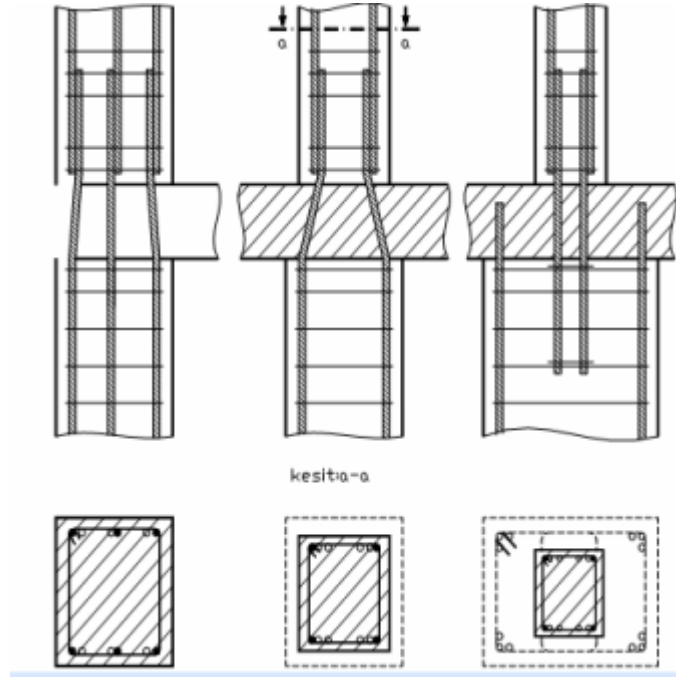


Şekil 13.1: Kolonların üst kat kolonlarıyla birleşimlerinde donatı düzeni.

Kolonların kolonlarla birleşiminde esas problem, üst kat boyut ve donatısının değişmesinden kaynaklanmaktadır. Kolonların boyutları genellikle alt katta daha büyük olduğundan dolayı, 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 ortaya çıkabilecek yatay kuvvetleri karşılayabilmek için kırık yerlere fazladan etriye konulması gerekmektedir (Barker, 1967).

Üst kat kolonunun boyut küçülmesi fazla ise, çubukların bükülerek üst katın filiz görevini yapmaması mümkün olmayabilir. Bu durumda alt kat kolon donatısı döşeme sütuna 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 13.2(c)’ de bu durum görülebilmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).



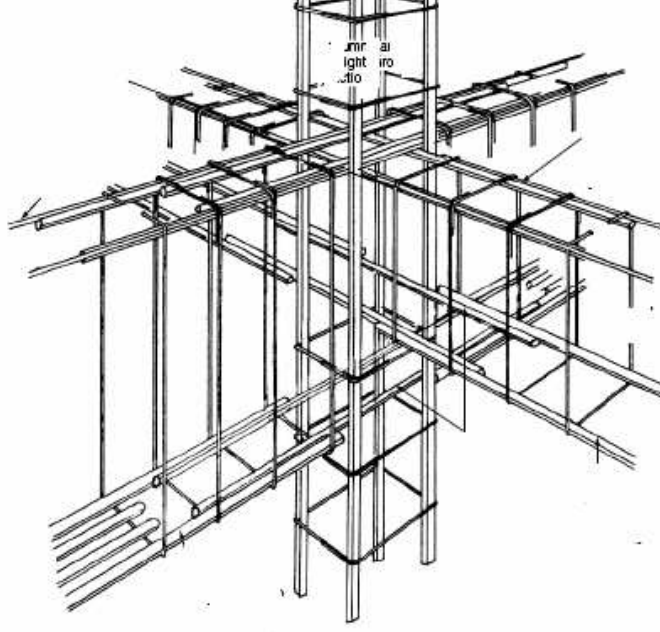
Şekil 13.2: Kolonların üst kat kolonlarıyla birleşim detayları.

13.3 Kolon Kiriş Birleşimi

Düğüm noktası olarak tanımlanan kolon kiriş birleşim bölgeleri, betonarme çerçeve sistemlerde kritik bölgelerdir. Özellikle deprem bölgelerinde bu noktalarda büyük kesme kuvveti oluşmaktadır. Düğüm noktaları plastik deformasyonla deprem enerjisini, tüketmesi gerekmektedir. Bunun için düğüm noktalarının sünek olması gerekmektedir. Süneklik için de etriye sıklaştırılması ve kenetlenme hususlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Böylece kolon-kiriş birleşim bölgelerinin eğilme momenti taşıma gücüne ulaşması sağlanmalıdır. Yeterli rijitlikte olduğu varsayılan birleşim bölgelerinde yüksek kesme kuvvetleri meydana geldiğinden bahsetmiştik. Kesme kırılması, gevrek kırılmaya neden olacağından birleşim bölgelerinin imalatı itina gerektirmektedir.

Kolonların dışta veya içte olması, kolona bağlanan kirişlerin sayısı ve yeri, birleşim bölgesine etkiyen momentin pozitif veya negatif olması ya da her iki durumun birlikte olması gibi birtakım koşullara bağlı olarak özellik arz ederler.

Şekil 13.3’de kolon-kiriş birleşimlerine ait genel bir donatı düzeni gösterilmektedir (Bangash, 2003).



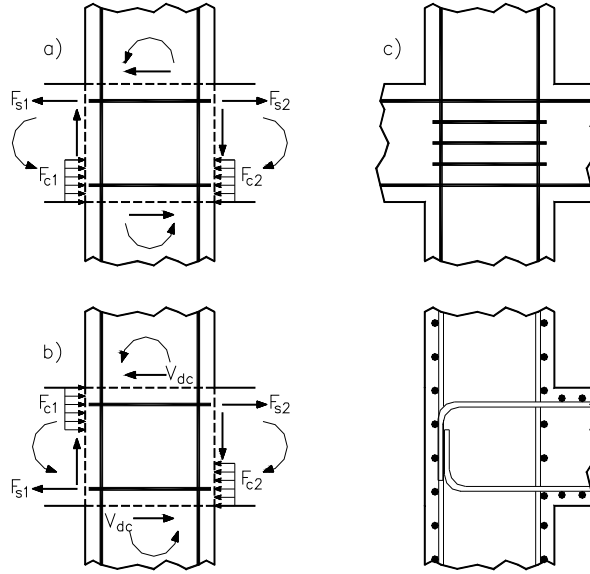
Şekil 13.3: Kolon kiriş birleşimine ait donatı düzeni.

Kolonların dışta veya içte olması, kolona bağlanan kirişlerin sayısı ve yeri, birleşim bölgesine etkiyen momentin pozitif veya negatif olması ya da her iki durumun birlikte olması gibi birtakım koşullara bağlı olarak özellik arz ederler.

Birleşim bölgesinde donatı yoğunluğu bulunduğu için donatıların bu bölgede eklenmesinden kaçınılmalıdır.

Yük altında düz çubuklarla ederans kayması oluşmasıyla yanal yük rijitliğinde önemli azalma olmaktadır. Bu nedenle birleşim bölgesinde sona eren donatı çubuklarının kenetlenme boylarının arttırılması veya döşeme içine giren kanca ile bitirilmesi uygundur. Ayrıca, bu bölgede beton örtüsünün arttırılması tavsiye edilmektedir (Özkaynak, 2002).

Kolon kiriş birleşim bölgesinde düşey yüklerden meydana gelen kuvvetler, kiriş uçlarından gelen çekme ve basınç gerilmeleri ile kolondan gelen eksenel yük olarak birleşim bölgesine geçiş yaparken, deprem yüklemesi sonucunda diyagonal çekme ve basınç gerilmeleri meydana gelir. Şekil 13.4 (a,b)' de birleşim bölgelerinde oluşabilecek kuvvetler gösterilmektedir.



Şekil 13.4: Kolon-Kiriş birleşiminde oluşan kuvvetler ve donatı düzeni.

Kolonlara birleşen kirişlerin kolonu kuşatmaları, iki dik doğrultudaki kirişlerin oluşturduğu birleşim bölgesinde kirişten gelen etkilerin meydana getirdiği yanal şekil değiştirme diğer kirişler tarafından engellenecektir. Bu durumun tam olarak oluşmaması için kolona birleşen kirişlerin kolonu kuşatması gerekmektedir. Kuşatılmış ya da kuşatılmamış birleşim D.B.Y.B.H.Y.(2007)' de aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

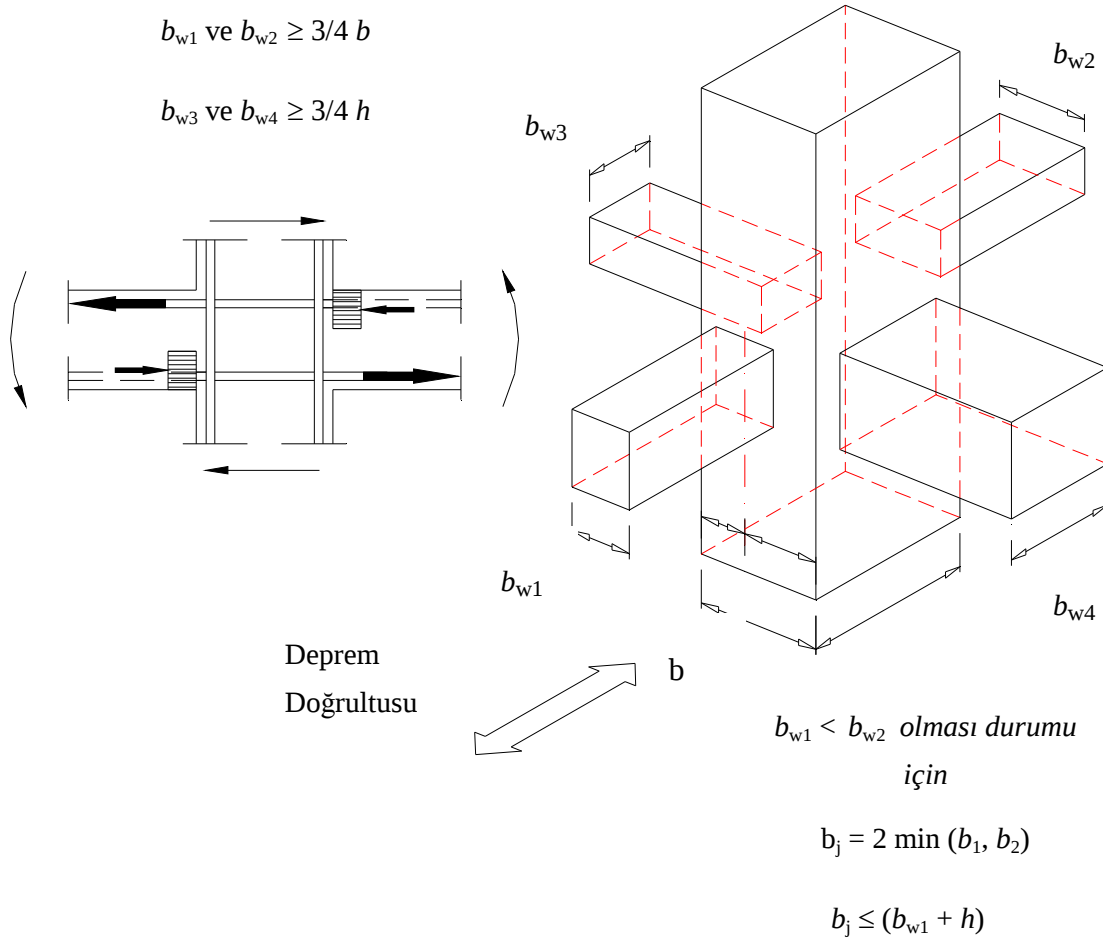
a. Kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin $3/4$ 'ünden daha az olmaması durumunda, kolon-kiriş birleşimi kuşatılmış birleşim olarak tanımlanacaktır.

b. Yukarıdaki koşulları sağlamayan tüm birleşimler, kuşatılmamış birleşim olarak tanımlanacaktır.

Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki minimum enine donatı koşulları bakımından aşağıda koşullar sağlanmalıdır.

a. Kuşatılmış birleşimlerde, alttaki kolonun sarılma bölgesi için bulunan enine donatı miktarının en az %40'ı, birleşim bölgesi boyunca kullanılacaktır. Ancak, enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacak ve aralığı 150 mm'yi aşmamalıdır.

b. Kuşatılmamış birleşimlerde, alttaki kolonun sarılma bölgesi için bulunan enine donatı miktarının en az %60'ı, birleşim bölgesi boyunca kullanılacaktır. Ancak bu durumda, enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacak ve aralığı 100 mm'yi geçmemelidir (D.B.Y.B.H.Y, 2007).



Şekil 13.5: Kuşatılmış birleşim bölgeleri.

Donatı detaylandırılması için, yatay donatı bulunması ve kolonlardaki etriye sürekliliğinin sağlanması uygun olacaktır. Ayrıca kenar kolonlarda kirişten gelen donatıların eğilme momentinin işaret değiştirebileceği düşünülerek, kiriş alt ve üst donatıları kolon içine kıvrılarak kenetlenmeli ve açılmayı önlemek için etriye içinde bırakılmalıdır.

Depremlerde hasar gören veya yıkılan binalarda göze çarpan konulardan biri kolon-kiriş birleşim yerlerinde yapılan donatı hatalarından kaynaklanan hasarlardır. Kolon-kiriş birleşim yerlerinde büyük gerilmelerin olması bu kısımların deprem süresinde

binanın en zayıf yerleri olduğunu göstermektedir. Kolon-kiriş birleşimlerinin düzeni aşağıda verilen talepler çerçevesinde yapılmalıdır (Url-2).

1. Kolon-kiriş birleşimi etken iç kuvvetleri çok katlı betonarme taşıyıcı sistemi elemanlarının birbirinden diğerine aktarabilmelidir.
2. Kolonların donatılarının yerleştirilmesi ve beton mekanik özellikleri kolon-kiriş birleşim yerinde de sürekliliğini sağlayabilmelidir.
3. Kolon-kiriş birleşim yerinin donatılarının yerleştirilmesi bu bölgenin emniyetli olarak betonlanabilmesi temin edilecek şekilde yapılmalıdır.
4. Kolon-kiriş birleşim yeri ve kolonların ve kirişlerin uç bölgelerinde boyuna donatıların kenetlenmesi donatı bindirme boyunun göz önüne alınması ile değil boyuna donatıların birbirine kaynak bileşimi ile birleştirilmesi ile gerçekleştirmelidir.
5. Kolonların ve kolon-kiriş birleşim yerlerinin konstrüktif düzenleri etken kullanım yüklerinin etkisinde elastik sınırdaki çalışmasını emin edecek nitelikte yapılmalıdır. Her türlü plastik mafsalları oluşturacak şekil değiştirmelerin gelişmesinin kiriş en kesitlerinde oluşabilmesi temin edilmelidir.

Birleşim bölgelerindeki etriyeler kesme kuvveti almaktadırlar. Aynı zamanda bu bölgeye süneklik kazandırır. Süneklik özelliğinin sağlanmasıyla beton dış kabuğu döküldükten sonra da yük taşıyabilme kabiliyeti kazandırmaktadırlar.

Bu bölgedeki etriyeler aynı zamanda boyuna donatıların aderansını arttırmaktadırlar. Fakat büyük kesme kuvvetlerini karşılamak üzere çok fazla etriye kullanmak çok doğru değildir. Bunun nedeni, yoğun etriye olan birleşim bölgesinde beton yerleştirilmesinin zor olmasıdır. Ayrıca betonda oluşan eğik basınç kuvvetleri kapasitenin sınırlandırılmasında etkili olmaktadır. Çünkü kesme kuvveti taşınırken, betonda çatlakların oluşması sistemin monolitikliğine tehlikeye sokmaktadır. Bu tür nedenlerle, süneklik düzeyi yüksek sistemlerde kolon kesitleri büyütülerek, birleşim bölgesi kesme kuvveti kapasitesi Denklem 13.1 ile sınırlandırılmaktadır.

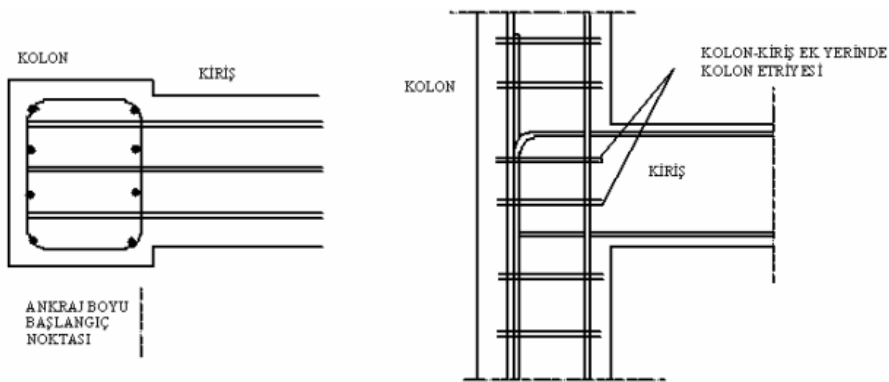
$$\text{Kuşatılmış birleşimlerde: } V_e \leq 0.60 b_j h f_{cd} \quad (13.1.a)$$

$$\text{Kuşatılmamış birleşimlerde: } V_e \leq 0.45 b_j h f_{cd} \quad (13.1.b)$$

Burada, V_e , Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti, f_{cd} , Betonun basınç tasarım 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 , Kolonun göz önüne alınan deprem doğrultusundaki en kesit boyutudur.

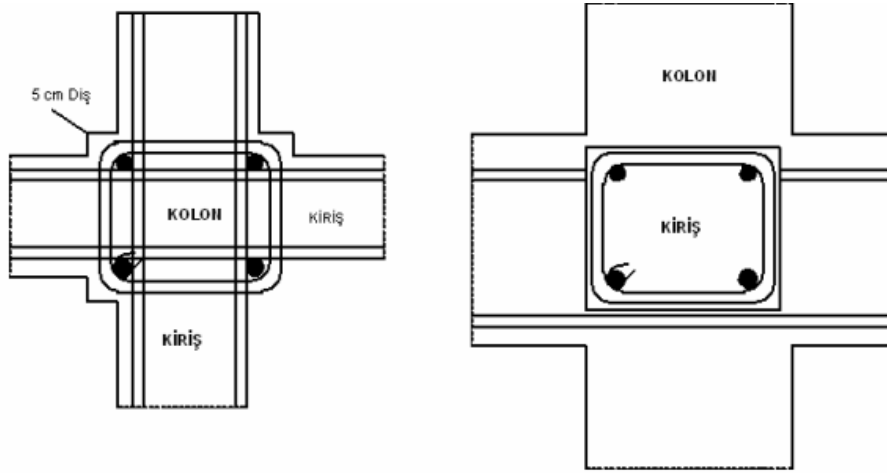
Genel olarak kolon ve kirişlerin birleşim bölgelerinde aşağıdaki kurallara dikkat edilmesi gerekmektedir.

1. Birleşim bölgesinde öngörülen donatı düzeninin beton dökülmesinde güçlük çıkarmayacak şekilde olması gerekir (Celep ve Kumbasar, 2004).
2. İç, dış ve köşe akslarda, kolon-kiriş birleşim yerlerinde kolonların etriyeleri ek yerlerinde devam ettirilmelidir. Bu bölgedeki, beton kısıtlanmakta, boyuna donatıların burukulması önlenmektedir. Ancak kirişlerin etriyelerinin devam edip, kolonların etriyesinin devam etmemesi gibi bir durum söz konusu olamaz. Kolon etriyeleri alt kattan üst kata doğru devam ederken, kiriş etriyeleri devam etmeyebilir (Bayülke, 2001).
3. Kolon-kiriş ek yerlerinde donatı sıkışıklığının engellemesi için, kolonlar kirişlerden daha geniş yapılabilir. Böylece kiriş donatılarının kolon donatıları ile çakışması önlenabilmektedir (Şekil 13.6) (Özkaynak, 2002).



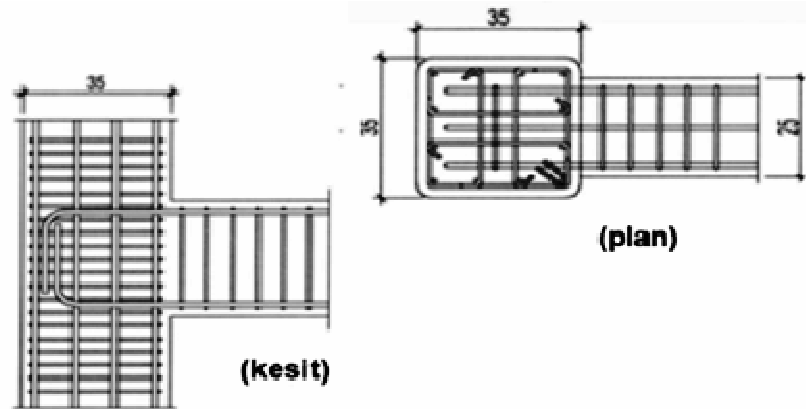
Şekil 13.6: Kolon Kiriş ek yerlerinde ilave etriye konulması.

4. Kolona birbirine dik iki yönde saplanan kirişlerin alt donatılarının sıkışmaması için dik yöndeki kirişlerden daha büyük açıklıklı olanı daha derin yapılmalıdır. Şekil 13.7' de bu durum görülebilmektedir (Bayülke, 2001).



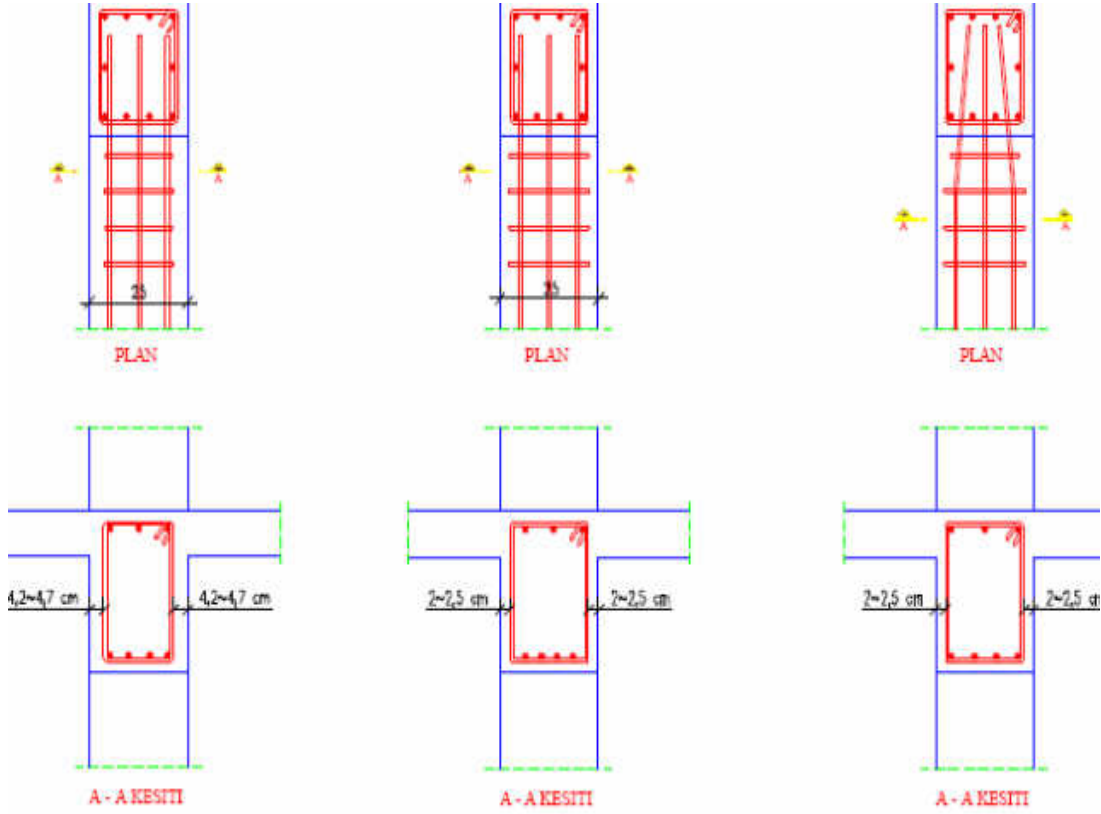
Şekil 13.7: Kolon kiriş ek yerlerinde donatı sıkışıklığı.

5. Genişliği az olan dış aks kolonlarına bağlanan kirişlerin boyuna donatılarının ankraj boyu yeterli olmayabilir. Kiriş boyuna donatılarının ankraji için dışlar yapılması tavsiye edilmektedir. Kirişlerin kolonlardan dar olması durumundaki donatı düzeni Şekil 13.8’ de gösterilmektedir (Altan ve Güler, 2008).



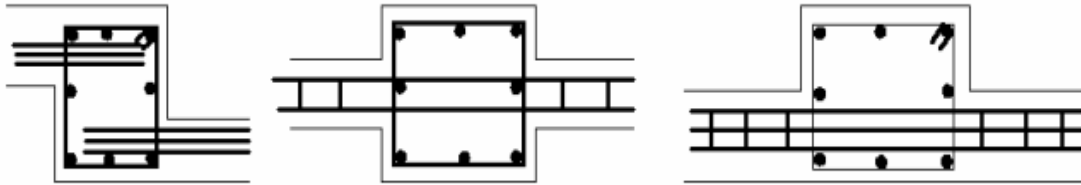
Şekil 13.8: Kirişlerin kolonlardan dar olması durumundaki donatı düzeni.

6. Birleşim bölgelerinin dayanımı birleşen elemanların dayanımından daha zayıf olmamalıdır. Böylece taşıyıcı sistem rijitliğini ve dayanımı önemli şekilde azaltan birleşim bölgesinin güç tükenmesi ile oluşacak mekanizma durumu önlenmiş olur. (Celep ve Kumbasar, 2004) Şekil 13.9’ da aynı genişlikteki kolon kirişlerin birleşimine ait donatı düzeni gösterilmektedir.



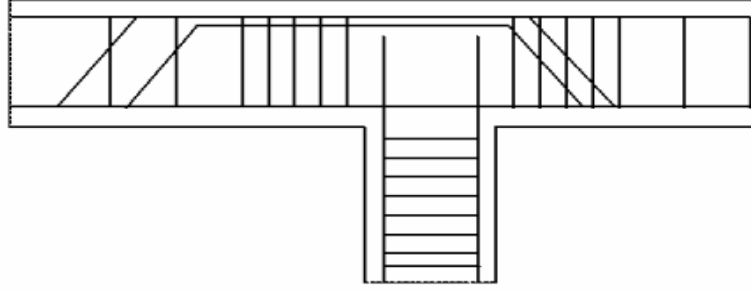
Şekil 13.9: Aynı genişlikteki kolon- kiriş birleşimine ait donatı düzeni.

Bazı durumlarda kirişleri kolonlarla birleştirmek mümkün olmamaktadır. Bu durumda, kolonlarda ek burulma momentleri ortaya çıkar ve kirişin sürekli biçimde çerçeve oluşturmasını engeller. Bu tür birleşim bölgelerinde söz konusu olabilecek bazı değişik düzenlemeleri Şekil 13.10' da gösterilmektedir (Altan ve Güler, 2004).



Şekil 13.10: Kolon- Kiriş birleşiminde çeşitli düzenlerine örnekler.

Kolon donatısının devam etmediği kolon ve kiriş birleşim yerlerinde, genellikle yapıların son katlarında rastlanmaktadır. Kolona etkiyen eğilme momentinin küçük olması halinde Şekil 13.11' deki donatı düzeni uygun olmaktadır.

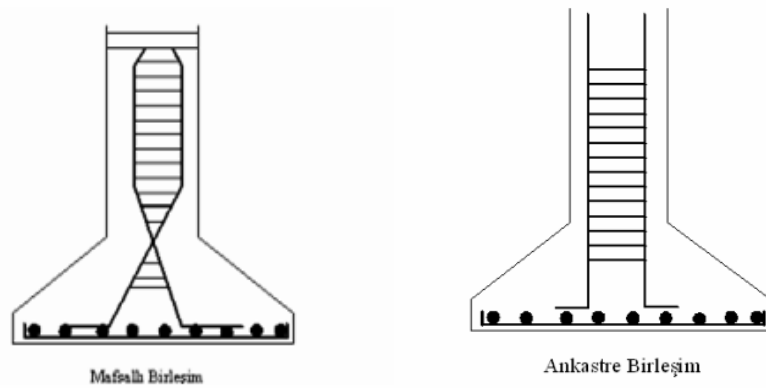


Şekil 13.11: Kolon donatısının devam etmediği kolon kiriş birleşimi.

13.4 Kolonların Temelle Birleşimi

Kolonların temelle birleşim bölgelerinde genellikle temel betonu dökülüp, daha sonra kolon kalıpları, prizini almış temel betonu üzerinde monte edilebilmektedir. Dolayısıyla kolon boyuna donatısının temelle birleşimini sağlamak için, kolon ve temel betonları farklı zamanlarda döküldüğünden kolon boyuna donatılarının temelle birleşimi filiz donatıları ile sağlanmaktadır.

Kolon-temel birleşim bölgelerine yerleştirilmesi gereken boyuna donatılar Şekil 13.12’ de gösterilmiştir. Buradan da anlaşıldığı gibi mafsallı ve ankastre olarak davrandığı kabul edilen kolon-temel birleşimlerinin donatı düzeni birbirinden farklı olmaktadır (Doğangün, 2002).

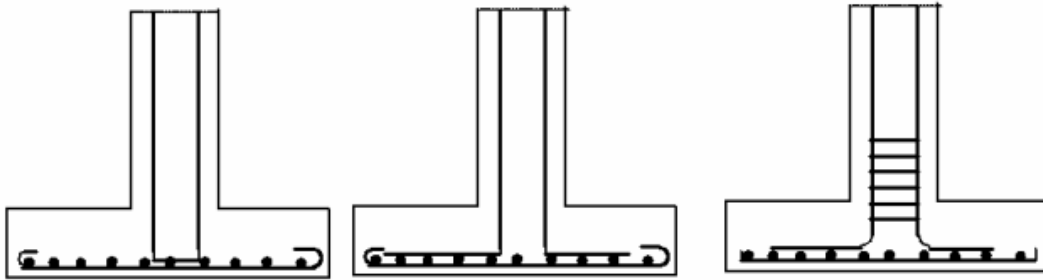


Şekil 13.12: Mafsallı ve ankastre kolon- temel birleşim detayı.

Kolonların temelle birleşiminde çeşitli problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu problemlerden ilki, kolonla temelin ek yerinde, yeterli güvenliği temin etmektedir. Bu problem birleşim yerinde temel yüzeyinin kolon kesitinden daha büyük

yapılmasıyla ortadan kalkabilmektedir. Diğer problem ise, temeldeki filiz donatısının, kolon boyuna donatısının taşıdığı yükü, temele güvenli olarak aktarabilmesidir. Bu problemin çözümü de ya temel üzerinde bir başlık yapmak, ya da filiz donatısı çapı, kolon boyuna donatısı çapından daha küçük seçilerek, ankraj boyu küçültülüp, donatı adedini arttırmaktır. Bunun yanında, enine donatının temel betonu içinde de devam etmesi gerektiği unutulmamalıdır (Özkaynak, 2002).

Temel filizlerinin kancalı yapılması kenarlara düşmesini engellemektedir. Kancalı, yapılmasının dışında U şeklinde donatılarda kullanılmaktadır. Bu küçük kolonlarda zımbalama açısından iyi direnim sağlandığından, tercih edilmektedir. Dairesel kolonlarda da tercih edilebilir ama U dairesellik açısından da uygun olmadığından kullanılmamaktadır. Temel derin olduğunda kanca veya etriye kullanılması temelde kullanılacak donatıları uygun pozisyonda tutmayı sağlamaktadır. Enine donatılar temel betonu içinde de devam etmesi tavsiye edilmektedir. Şekil 13.13’ de çeşitli temel- kolon birleşim donatı birleşimlerine ait donatı düzenlemeleri gösterilmektedir (Barker, 1967).

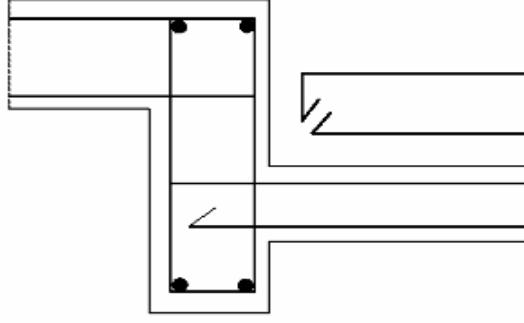


Şekil 13.13: Kolon- temel birleşim detayı.

13.5 Döşemeler İçin Özel Durumlar

13.5.1 Döşemelerde boşluklar

Döşeme donatı yerleşiminde, normal döşeme donatılarından farklı olarak, bu noktalarda gerilme yığılmaları arttırmaktadır. Yapının kullanım amacına göre, çeşitli tesisat elemanlarının yerleştirilmesi baca boşluğu gibi nedenlerle döşeme plaklarında delik açılmaktadır.

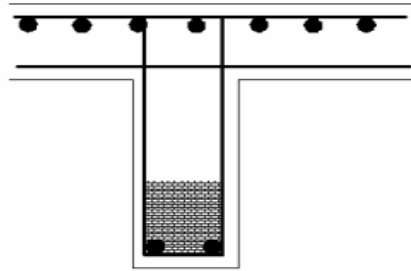


Şekil 13.15: Düşük döşemelerde donatı düzeni.

13.5.3 Döşeme kiriş birleşimi

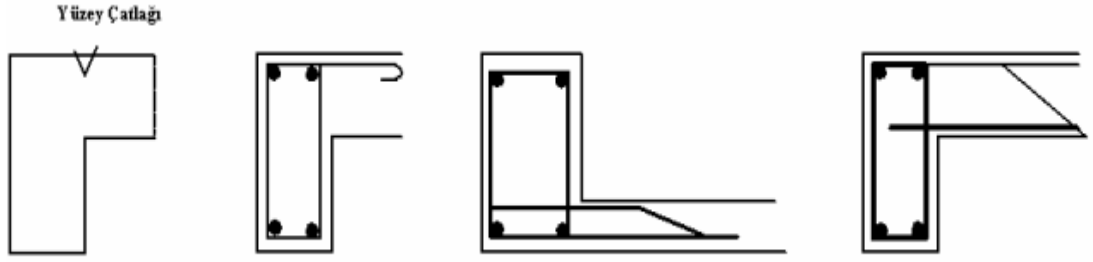
Kirişler döşeme ile beraber betonlandıklarından beraber çalışmaya zorlanırlar. Farklı rijitlikte olan bu elemanlar arasında bu zorlama sonucunda karşılıklı etkileşim gerilmeleri ortaya çıkar. Arakesitin kayma gerilmeleri ile zorlanması sonucunda kirişle döşeme arasındaki etkileşim kuvvetleri de büyük değerlere ulaşmaktadır.

Genellikle kirişe dik döşeme donatısının kiriş üzerinden devam ettirilmesi ve bunlara dik dağıtma donatısının bulunması eğik oluşacak basınç kuvvetlerinin karşılanması için yeterli olur. Kiriş çekme bölgesinin üst kısmında bulunduğu mesnet kesitlerinde, mesnet donatısının bir kısmını Şekil 13.16’ da gösterildiği gibi kirişin iki tarafındaki döşeme bölümlerine de yerleştirmek uygun olmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2001).



Şekil 13.16: Tabla genişliğine yayılan donatı düzeni.

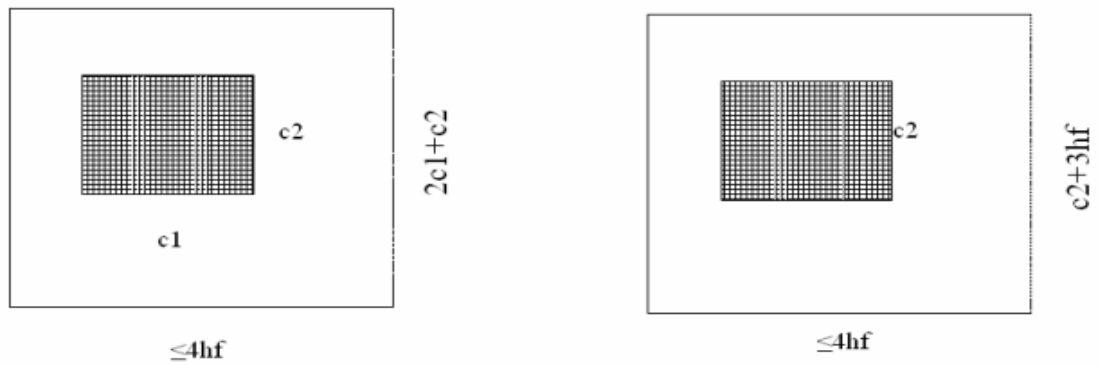
Döşeme ile kiriş birleşimlerinde ve özellikle kenar kirişlerinin döşeme birleşimlerinde yüzey çatlakları şeklinde çatlaklar oluşacağından, uygun donatı biçimi kullanılarak bu tip çatlaklar önemlidir. Kiriş etriyesi döşeme içine uzatılabilirken, döşeme içindeki pilyelerle de bu etkinin karşılanması gerçekleştirilebilir. Şekil 13.17’de yüzey çatlak biçimi ve bu çatlak için düşünebilecek donatı düzenlemeleri gösterilmektedir.



Şekil 13.17: Tabla genişliğine yayılan donatı düzeni.

13.5.4 Döşeme kolon birleşimi

Döşeme kolon birleşimi genellikle kirişsiz döşemelerde ortaya çıkmaktadır. Birleşim bölgesinin serbest döşeme kenarına yakın olması veya birleşim bölgesine yakın döşemelerde boşlukların olması gerilme yoğunluğunun arttırmaktadır. Bu tür birleşim bölgeleri dış birleşim ismini alırken, diğer durumlar iç birleşim bölgesi ismini almaktadır. Birleşim bölgesinin iki tarafındaki kesitlerde dengelenmemiş eğilme etkisiyle karşılanacak kısma denk gelen donatının iç birleşim bölgelerinde $c_2+3.h_f$ kolonu da içine alan genişlik kadar, dış birleşim bölgesi durumunda ise $2.c_1+c_2$ genişlik kadar konulması uygun olmaktadır. Şekil 13.18’ de bu donatıların yerleştirilecek genişlikleri gösterilmektedir. Burada, c_1 ve c_2 , Kolon boyutları ve h_f , döşeme kalınlığını göstermektedir (Yılmaz, 2006).



Şekil 13.18: Kolon ve döşeme dış ve iç birleşim donatı yerleşim bölgeleri.

Dış kenarda döşeme içinde döşeme kalınlığında bir kiriş oluşturularak kolon kenarında ortaya çıkacak burulma momentlerinin karşılanması tavsiye edilir. Birleşim bölgesindeki kolon kesitinde donatının kenarlara bir kenarda en az dört tane

olmak üzere, düzgün dağıtılması ve aralığının 200mm' yi geçmemesi, döşeme ile kolonun bütünleşmesi bakımından uygun olmaktadır.

Taşıyıcı sistemin bütünlüğünün korunması açısından her iki ana doğrultuda Denklem 13.1' de hesaplanacak donatı en az iki döşeme donatısının kolon içinden geçmesi tavsiye edilmektedir. Bu donatıların beklenen fonksiyonu yapabilmeleri için kenetlenmelerinin sağlanması önemlidir.

$$A_{sm} \leq 0.5 \cdot p \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot / f_{yd} \quad (13.1)$$

14. YÜKSEK KİRİŞLER

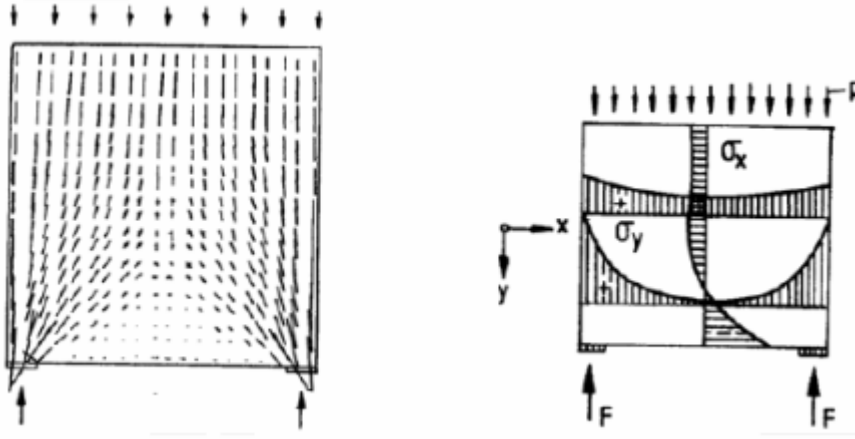
Net açıklığı toplam yüksekliğinin 2.5 katından küçük olan sürekli kirişlere ve 1.5 katından küçük olan basit kirişler yüksek kiriş olarak tanımlanmaktadır (Altan ve Taşkın, 2003). TS 500' ün taşıma gücüne dayalı kesit hesabında esas alınacak varsayımlar arasında "Düzlem kesit, şekil değiştirmeden sonra düzlem kalır" ilkesi bulunmaktadır. Bu varsayımın sonucu olarak kiriş gövdesinde deformasyonlar doğrusal olarak değişmektedir. Ancak yüksekliğin açıklığa göre oranının artmasıyla, basınç gerilmelerinin yayılımı doğrusal olmaktan çıkmaktadır. Dolayısıyla yüksek kirişlerin hesap yöntemi klasik hesap yöntemlerinden ayrılmaktadır. Bu şekilde yüksekliğin, açıklığa oranı çok büyük olan kirişlere "yüksek kiriş" denilmektedir.

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.

14.1 Yüksek Kirişlerin Yük Altındaki Davranışı

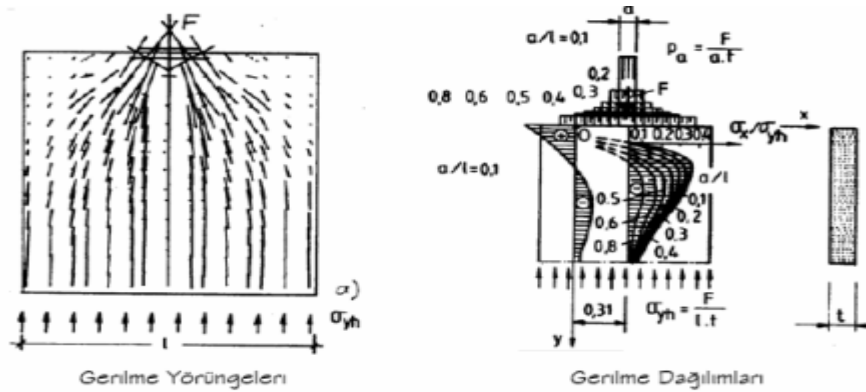
Yüksek kirişlerde, diğer kirişlerden farklı olarak, kayma deformasyonları ihmal edilemeyecek kadar önemlidir. Ayrıca, açıklık/yükseklik oranının küçülmesiyle, gerilme yayılımı doğrusal değişimden uzaklaşmakta, eğilme önemini kaybetmekte ve kiriş davranışına kemerlenme etkisi hakim olmaktadır. Kemerlenme etkisi, kenetlenmenin yüksek kirişlerde önemini artırmaktadır (Ersoy ve Özcebe 2001).

Şekil 14.1'de l açıklığında, üniform yüklü ve F reaksiyon kuvvetlerine sahip basit mesnetli bir yapıda gerilme yörüngeleri ve gerilme dağılımları 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 (Altan ve Taşkın, 2003).



Şekil 14.1: Tek açıklıklı yüksek kirişlerde asal gerilme yörüngeleri.

Şekil 14.2' de ise l açıklığında, üst kenarının ortasında F tekil yükü etkileyen ve alt kenarı boyunca üniform gerilme (sürekli mesnet) gerilme yörüngeleri ve gerilme dağılımları gösterilmektedir (Altan ve Taşkın, 2003).



Şekil 14.2: Dolaylı mesnetlenme durumunda asal gerilme yörüngeleri.

Yüksek kirişlerde meydana gelen kemerlenme etkisi, donatı ihtiyacını azaltmaktadır. Bu nedenle yaklaşık hesaplar sonucu donatı hesabı yapılabilmektedir. Yüksek kirişte oluşan kemerlenme etkisi farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır.

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 ile ortadan kaldırılmaktadır (Celep ve Kumbasar, 1998).

14.2 Donatı ile İlgili Koşullar

Yüksek kirişlerde, asal çekme gerilmelerinin yönü, kiriş eksenini doğrultusuna yakın olduğundan düşey etriyeler $1/h$ oranı büyük kirişlerdeki kadar etkili değildir. Kiriş eksenini doğrultusunda yerleştirilen çubuklar, kesme donatısı olarak (asal çekme gerilmeleri 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 $0.15.1_n$ kadar, tekil yüklü kirişlerde ise $0.5a$ kadar uzaklıkta hesaplanır, ancak hiçbir zaman bu uzaklık kiriş faydalı yüksekliğini geçmez. Burada ‘a’ tekil yükün mesnet yüzünden uzaklığıdır.

Betonun kesme dayanımına katkısı Denk.(14.1) ile belirlenmesi gerekmektedir.

$$V_{cr}=0.65.f_{ctd}.b_w.d.(1+y.N_d/A_c) \quad (14.1a)$$

$$V_c=0.8.V_{cr} \quad (14.1b)$$

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,

y_s , Çatlama dayanımına eksenel etkisini yansıtan katsayı

N_d , Tasarım eksenel kuvveti,

A_c , Gövde kesiti beton alanıdır.

Yukarıda tanımlandığı biçimde hesaplanan tasarım kuvveti Denk.(14.2) ile verilen sınırları aşmaması gerekmektedir. Bu koşul sağlanmazsa kesit boyutları büyütülmelidir.

$$P_n/d < 2 \text{ ise } V_r \leq 0.2.f_{cd}.b_w.d \quad (14.2a)$$

$$2 \leq (1_n/d) \leq 5 \text{ ise } V_d \leq 0.017.f_{cd}.b_w.d.(10+1_n/d) \quad (14.2b)$$

Burada;

P_n , Mesnet yüzünden mesnet yüzüne ölçülen net uzaklık,

V_r , Kesme dayanımı,

F_{cd} , Beton tasarım basınç dayanımıdır.

Tasarım kesme kuvvetinin Denk.(14.3) ile tanımlanan çatlama dayanımından büyük olduğu durumlarda, kiriş eksenine dik ve paralel olarak yerleştirilecek kesme donatısı, Denk.(16.1)'i sağlaması gerekmektedir. Beton katkısı V_c , Denk.(14.3) kullanarak hesaplanmalıdır.

$$V_w = (d/12). [(1+1_h/d).(A_v.f_{ywd}/s) + (A_{vh}.f_{yd}/s_h).(11-1_n/d)] \quad (14.3a)$$

$$V_c = 0.8.V_{cr} \quad (14.3b)$$

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 eksene paralel, derinlik boyunca "s_n" aralığı ile yerleştirilen boyuna kesme donatısı alanıdır.

Hesaplanan kesme donatısı Denk. (14.4)'de verilen değerlerden az olmaması gerekmektedir;

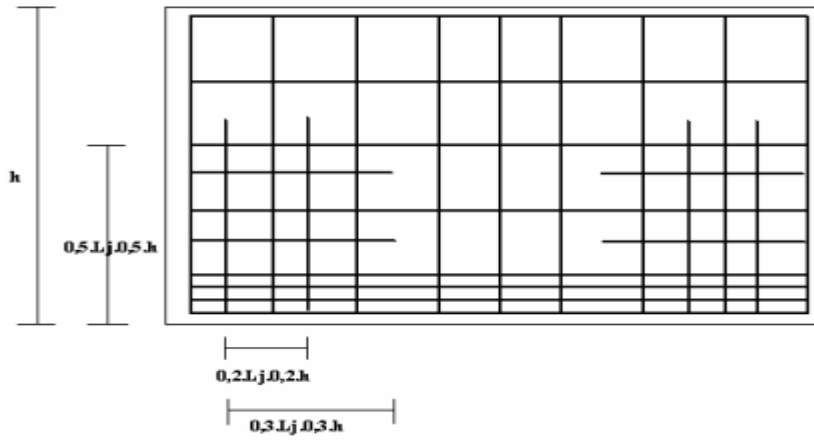
$$A_v/s \geq 0.8. (f_{ctd}/f_{ywd}).b_w \quad (14.4a)$$

$$A_{sh}/s_n \geq 0.8.(f_{ctd}/f_{ywd}).b_w \quad (14.4b)$$

Kiriş eksenine dik ve paralel kesme donatılarının aralığı, $d/5$ ve 400' mm den fazla olmaması gerekmektedir (TS500, 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 14.3'de gösterildiği gibi, $0.05.h.(5-1/h)$ derinliğine yayılması gerekmektedir. Mesnet mesafeleri küçük olduğu için kenetlenme, mesnette yatay firkete veya mekanik kenetlenme parçaları kullanılarak yapılabilmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).

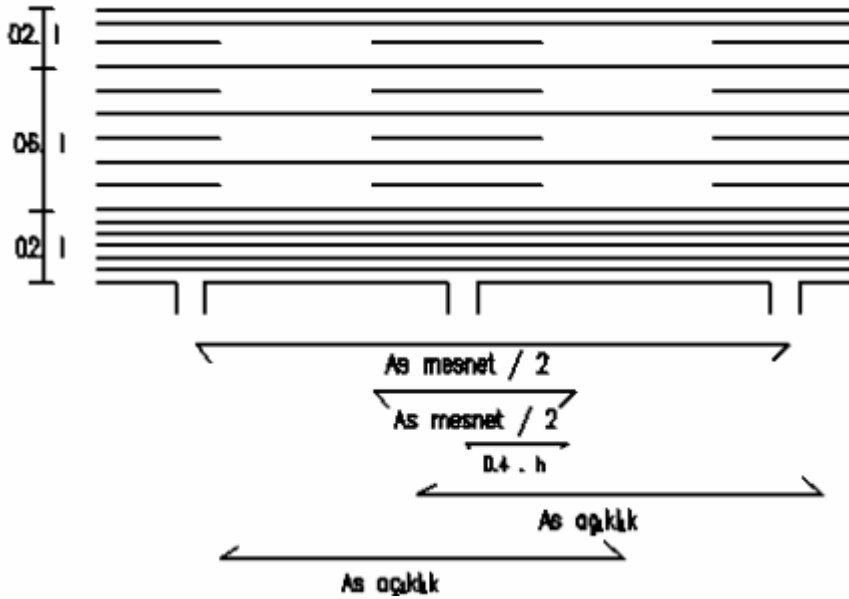


Şekil 14.3: Yüksek kirişte mesnet bölgesi donatısı.

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.(14.5)'de belirtilen değerden az olmaması gerekmektedir.

$$\text{Mesnet donatısı} \geq 0.5.A_s.(1/h-1) \quad (14.5)$$

Sürekli yüksek kirişlerde, mesnetteki çekme donatısının %50'si, kesme donatısı hesabında dikkate alınmalıdır. Şekil 14.4' de mesnet donatısı görülmektedir (Celep ve Kumbasar, 1998).



Şekil 14.4: Mesnet bölgesi donatısı düzeni.

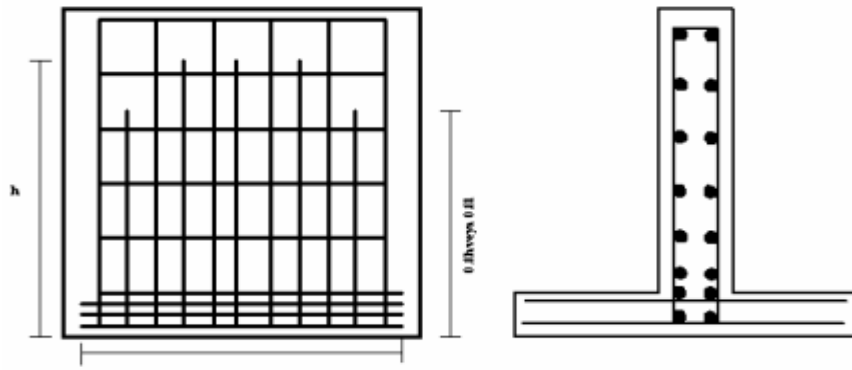
Yüksek kirişlerde boyuna donatıların yanısıra enine donatılarda büyük önem taşımaktadır. Enine donatılar kayma donatıları olup kesme etkilerine karşı direnç göstermektedir.

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 0,2.1 olması tavsiye edilmektedir. Bu durum şekil 14.5'de görülebilmektedir.

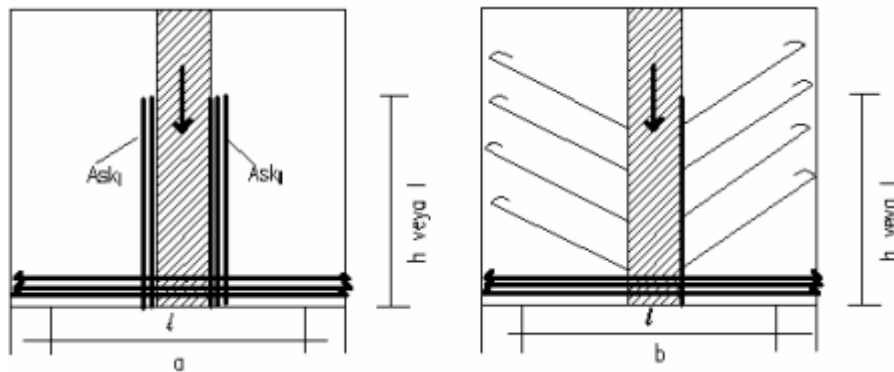
14.2.1 Kiriş alttan yük uygulanması durumu

Yüksek kirişlerde yükün kiriş 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 14.5’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).



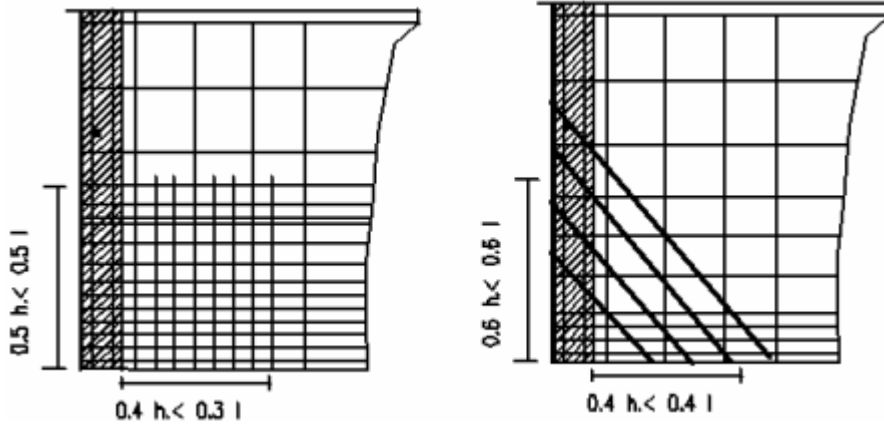
Şekil 14.5: Alt yüze etkiyen yükün basınç bölgesine aktarılması.

Yükün, söz konusu kirişe saplanan diğer bir kirişle aktarıldığı durumlarda, yükün basınç bölgesine aktarılması, birleşim bölgesinde düzenlenecek askı donatısı ile sağlanması gerekmektedir. Şekil 14.6(a)’ da bu durum görülebilmektedir. Aktarılacak yükün çok büyük olduğu durumlarda, yükün %60’ının Şekil 14.7(b)’ de gösterilen türde eğik çubuklarla aktarılmasına izin verilmektedir.



Şekil 14.6: 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 14.8(a)'da gösterildiği şekilde karesel bir ağ olabileceği gibi, çubuklardan da oluşturulabilmektedir. Bu durum Şekil 14.8(b)'de bu donatı görülmektedir (Ersoy ve Özcebe,2001).



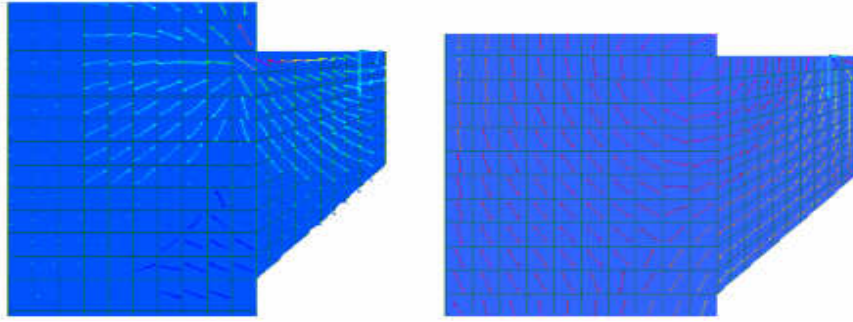
Şekil 14.7: Mesnedi perde olan yüksek kirişlerde mesnet donatısı.

Yüksek kirişlerde daha önce davranış bölümünde de belirtildiği gibi üst kısma etkiyen yük dağılarak aşağıya iner ve mesnet bölgelerinde toplanır. Bu dağılma ve tekrar toplanma bölgelerinde meydana gelebilecek yatay çekme gerilmelerinin alınması için her bir bölgede kuvvetin dörtte birini esas alarak donatı yerleştirilmesi gerekmektedir.

15. KISA KONSOLLAR

Konsol kirişlerinin boyu, derinliklerine eşit ya da daha az olduğunda, bunlar “kısa konsol” olarak adlandırılmaktadır. Ya da yükleme noktasından mesnet yüzüne olan uzaklığın kesit faydalı yüksekliğine oranı $(\alpha_v / d) \leq 1$ olan konsollar “kısa konsol” olarak adlandırılmaktadır. Endüstri yapılarında ve köprülerde çokça rastlanan kısa konsolla rastlanmaktadır.

Şekil 15.1’de sabit ve değişken yükseklikli iki kısa konsolda asal gerilme yörüngeleri ve oluşan kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 15.1: Kısa konsolda gerilme yörüngeleri.

Kısa konsoldaki asal gerilme yörüngelerinden aşağıda belirtilen sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

- Yükleme noktası ile kolonun kenarı arasındaki çekme gerilmesi ve bunların bileşkesi hemen hemen sabit bir değişim göstermektedir.
- Konsolun alt ucunda eğimli olarak kafes sistemi benzeşimine uygun olarak oluşan basınç kuvveti sabit kabul edilmektedir.
- Basınç kuvvetinin doğrultu değiştirmesinden oluşan çekme gerilmeleri oldukça küçüktür.
- Kısa konsolun dikdörtgen şeklinde olması halinde de gerilme durumunda hemen hemen hiç değişiklik olmaz. Dikdörtgen kesit durumunda kısa konsolun dış alt

kısımında çok küçük gerilmeler meydana gelmektedir. Bu sebeple uygulamalarda daha çok yamuk şeklinde konsollar yapılmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2001).

15.1 Kısa Konsollarda Donatı ile İlgili Kurallar

Kısa konsolun davranışı, çatlama durumundan hareketle basit bir donatı düzeni oluşturulmaktadır. Buna göre üstte 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 kat sayısı 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.(15.1)’de verilen koşulu sağlaması gerekmektedir.

$$V_d < 0,22 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \quad (15.1)$$

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 (15.2)’den hesaplanabilmektedir.

$$A_{wf} = V_d / f_{yd} \cdot \mu \quad (15.2)$$

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.(15.3) ile hesaplanabilmektedir.

$$A_{st} = (A_s + A_n) \geq (2/3 \cdot A_{wf} + A_n) \geq 0,05 \cdot (f_{cd} / f_{yd}) \cdot b_w \cdot d \quad (15.3a)$$

$$A_s = (V_{d.av} + H_d \cdot (h - d)) / 0,8 \cdot f_{yd} \quad (15.3b)$$

$$A_n = H_d / f_{yd} \quad (15.3c)$$

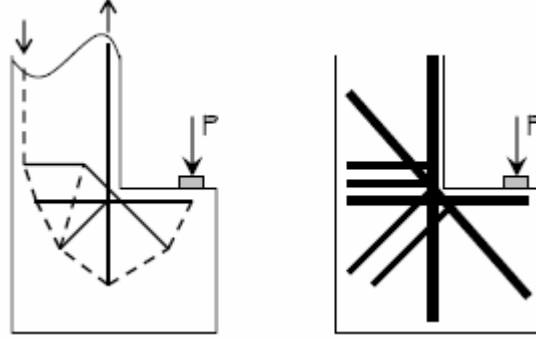
Burada; A_{st} , kısa konsolda eğilme ve yatay kuvvet için gereken toplam yatay donatı kesit alanı, A_s , Eğilme donatısı alanı, A_n , Kısa konsolda yatay kuvvet için gereken donatı kesit alanı, A_{wf} , Kesme sürtünme donatısı kesit alanıdır.

Konsolun kirişin üst yüzünden $2d/3$ derinliğine kadar yayılan kapalı veya açık yatay etriyelerin kesit alanı olan A_{sv} Denk.(15.4)’ü sağlaması gerekmektedir.

$$A_{sv} \geq 0,5 \cdot (A_{st} - A_n) \quad (15.4)$$

Burada; A_{sv} Kısa konsolda, kiriş üst yüzünden $2/3$ derinliğine kadar yayılan yatay etriyelerin kesit alanıdır.

Kaynak yapılacak çubuğun çapı, en az çekme donatısı çapına eşit olmalıdır. Şekil 15.6’da alttan konsol durumundaki kısa konsollardaki donatı düzeni görülmektedir (Altan ve Taşkın, 2003).



Şekil 15.6: Kısa konsollarda donatı düzeni.

16. DEPREMDE HASAR GÖREN YAPILARIN İNCELENMESİ

Günümüzde özellikle son yıllarda meydana gelen depremlerden ve ülkemizin bir deprem bölgesi olmasından dolayı, yeni yapılan binaların depreme dayanıklı olarak tasarlanmaya başlanmıştır. Bilindiği gibi yapıların tamamen göçmesi ve ağır hasar gören yapılar genellikle birbirlerine benzer hatalardan dolayı kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu bölümde depremde hasar gören binaların nedenleri ve donatı düzeninin hasar gören yapılardaki etkisi araştırılacaktır.

Yeni binaların depreme dayanıklı olarak tasarımının ana ilkesi,

- a. Hafif şiddetteki depremlerde hasarın sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalması,
- b. Orta şiddetteki depremlerde hasarın sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalması,
- c. Şiddetli depremlerde (Önem katsayısı $I=1$ olan binalar için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) can güvenliğinin sağlanabilmesi amacıyla kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır (Özer, 2008).

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapı ömrü boyunca şiddetli depremin enerjisini kalıcı deformasyonlar yaparak plastik bir biçimde tüketmelidir. 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 boyuna donatı yüzdeleri, kolon ve kiriş boyuna donatılarının betondan sıyrılmaması için yeterli ankraj boylarında yerleştirilmesi, beton ve donatı arasındaki aderansın yitirilmemesi için betonun sık aralıklı etriyeler ile kuşatılmış olması, sünek davranışın sağlanabilmesi için en iyi yöntemlerdendir.

Genel olarak beton dayanımının düşük oluşu, kolonların zayıf oluşu, etriye sıklaştırılmasının yetersizliği, donatı kenetlenme boyunun yetersizliği, sargı olarak yerleştirilen etriye uçlarının 135 derece olarak kıvrılmayışı, süneklik ve yatay yüke dayanma güçlerinin düşük olması depremde hasar gören yapıların başlıca nedenleri

arasında yer almaktadır. Özetle, bir kısım yapılarda bu düğüm noktalarının, yeterli rijitlikte olmaması yüzünden zayıf kolon ve güçlü kiriş etkisi oluştuğu, bu noktalarda göçme meydana gelerek tüm katların üst üste yığıldığı gözlemlenmiştir. Bu da önemli miktarda can ve mal kaybına sebep olmuştur. Düğüm noktalarında usulüne uygun donatı yerleştirilmesi ve etriye sıklaştırılmasının yapılması son derece önemlidir.

Betonun basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise düşük bir malzeme olduğundan daha önce bahsedilmişti. Bu nedenle, beton çekme gerilmeleri donatı tarafından 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. Donatının olabildiğince asal çekme doğrultusuna paralel olarak yerleştirilmesi gerekmektedir.

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 donatılar daha kolay burkulur. Sık yerleştirilmiş etriye burkulmayı geciktirmektedir. Betonun çatlaması ve bu çatlağın kılcal düzeyde kalmasında yapının güvenliği açısından herhangi bir problem yaratmaz. Deprem etkisi altında meydana gelen çatlamaların 0.2-0.3 mm'yi geçmesi durumunda tehlike söz konusu olabilmektedir.

Isı farklarından ve büzülmeden dolayı oluşan eksenel çekme çatlaklarının kabul edilebilir sınırları aşması (bu sınır genelde 0.3 mm dir) boyuna donatının 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.

Perdelerde beton ezilmeye başlamış donatı burkulmuş ise yapıda ağır hasar var demektir. Perde taşıyıcı duvarda eğik kesme çatlakları kılcal düzeyde kalırsa durum tehlikeli değildir. Geniş eğik çatlaklar ağır hasar olarak kabul edilmektedir.

Kolon ve kirişlerde, elemanın eksenine yaklaşık olarak 45 derecelik açı yapmaktadırlar. Kesme çatlağının genişliğinin fazla olması kesme donatısının yetersiz olduğunu göstermektedir. Kesme çatlağı gevrek ve tehlikelidir. Kolon kiriş taşıyıcı elemenda çatlak genişliğinin 1-2 mm'yi aşması donatının akmış olduğunu göstermektedir. Bu tür çatlakların olduğu yapılar perdelerde olduğu gibi ağır hasarlı olarak kabul edilmektedir. Kolonlarda beton ezilmiş ve boyuna donatı burkulmuş ise bu yapı ağır hasarlı olarak kabul edilmektedir (Bayülke, 2001).

16.1 Hasar Gören Yapılar ve Nedenleri

Betonarme yapılarda sünek davranış için kolon-kiriş birleşim bölgesinin donatı detayları önemlidir. Yapı kararlılığının korunması ve yapının göçmemesi için plastik mafsalların kolonlardan önce kiriş uçlarında oluşması deprem yönetmeliklerinde yer alan temel hususlardan biridir. Ama uygulamalarda kirişlerin kolonlardan daha kuvvetli yapıldıklarından dolayı yapılarda önemli hasarlar meydana gelmektedir. Şekil 16.1' de çerçeve taşıyıcı sistemi olan bir yapıda düğüm noktalarının tamamen tahrib olması, kolon ve kiriş uçlarında mafsal oluşması ve yetersiz aderans nedeniyle donatıların sıyrılması görülmektedir (Altan ve Güler, 2008).



Şekil 16.1: Çerçeve sistemlerde düğüm noktaları hasarı.

Kolon ve kiriş ek yerlerinde etriye kullanılmaması veya aralıklarının çok fazla olmasından dolayı depremlerde yapılar çok ciddi hasarlara uğramaktadırlar. Şekil 16.2' de kolon ve kirişlerde fark edilen donatı eksikliği yanında filiz boylarının da çok yetersiz olduğu açıkça görülmektedir. Kolon betonu ile döşeme kalıbının farklı

zamanlarda ayrı ayrı dökülmesi ve kolon uçlarının iyi temizlenmemesi yüzünden kolon ve kiriş birleşim yerlerinde ayrılmalar meydana gelmiştir.



Şekil 16.2: Birleşim bölgelerinde donatı yetersizliğinden kaynaklanan hasar.

Kolon ve kiriş birleşim bölgelerinde etriye kullanılmamasının önemi Şekil 16.3' de görülebilmektedir. Arka köşede, kolon-kiriş birleşme noktasındaki sarmal bölgede etriye sıklaştırması yapılmadığından, kolon düşeyden saparak ayrılmıştır. Diğer kolon-kiriş birleşme noktalarında kısmen daha az hasar mevcuttur. (Url-4).



Şekil 16.3: Birleşim bölgelerinde etriye yetersizliğinden kaynaklanan hasar.

Kirişsiz balkon döşemeler, betonarme yapıların en riskli bölgesidir. Sadece bir kenarından yapıya bağlıdırlar. Uygulamada en çok karşılaşılan sorun üstte konulması gereken donatının bilinçsiz ustalar tarafından ortaya veya alta konulmasıdır. Sehpa donatı kullanılmadığı takdirde de beton dökümü sırasında donatı alta kayar, Kalıp

alınır alınmaz veya zaman içinde aşırı yük, donma-çözülme ve paslanma sonucu göçerler. (Şekil 16.4)



Şekil 16.4: Kirişsiz balkon döşemeleri ve saçaklardaki hasarlar.

Şekil 16.5’ de birleşim bölgelerinde etriyenin kullanmanın önemi karşımıza çıkmaktadır. Deprem bölgelerinde kolon-kiriş birleşim bölgelerinde donatı yetersizliği nedeni ile kiriş koparak ayrılabilir. Kolonların üst bölgesinde betonun da ezilmesiyle etriyeler de amaçlarına uygun olarak çalışmamaktadırlar. Etriye ne sık aralıklarla yapılırsa yapının enerji yutma kapasitesi o kadar yüksek olmaktadır. Çerçeve türü elemanlarda kolon-kiriş birleşim bölgelerinde donatı düzenine çok fazla önem ve özen gösterilmelidir. Çerçeve yapıların deprem enerjisini yutmaya çalışan bölgeler, kolon kiriş düğüm noktalarıdır. Şekil 18.5’ de etriye aralıkları çok fazla yapılmış ve etriyeler açılarak dağılmıştır (Url-4).



Şekil 16.5: Birleşim bölgelerinde etriye aralıklarının fazlalığından dolayı hasar.

Bu binada ise, kolon-kiriş birleşme noktalarında kiriş donatısı kenetlenme boyu yetersizdir. Kolon ve kiriş birleşme noktasında yeterli kenetlenme boyu

olmadığından ayrılma ve kopma meydana gelmiştir. Beton kalitesi yetersiz, etriye sıklaştırması yoktur; vibratörsüz beton kullanılmış olabilir. Betonda boşluklar görülmektedir. Bu noktada göçme kaçınılmaz olmaktadır (Şekil 16.6) (Url-4).



Şekil 16.6: Birleşim bölgelerinde kenetlenme boyunun yetersizliği hasarı.

Zemin kat bina yüksekliğinin arttırılması 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 (Şekil 16.7) (Url-4).



Şekil 16.7: Birleşim bölgelerine ait hasar çeşidi.

Şekil 16.8’ de ise zemin katın kat yüksekliğinin fazla olması nedeniyle kolon üst ucunda beton ezilmiş ve düşey donatılar, etriye sıklaştırmasının da yapılmaması sonucu donatı akmıştır. Ayrıca kolondaki sargı donatıları da yetersizdir. Kolonlar

deprem yanal yükleri altında büyük kesme kuvveti alırlar. Kolonların kesme kuvvetinden dolayı kırılmasının önlenmesi için kolon düğüm noktalarında mutlaka etriye sıklaştırılması yapılmalıdır. Kolonlarda etriyenin etkili olabilmesi için etriye uçlarının 135 derece kıvrılması gerekir. Etriye uçlarının kolon içine doğru kıvrılmaması halinde basınç altında etriye uçları açılacak ve kolonda hasar meydana gelecektir.



Şekil 16.8: Kolonlarda sargı donatıları eksikliğinden kaynaklanan hasar.

Bu binada ise etriyelerin usulüne uygun olmadığı -açıldığı- görülmektedir. Ayrıca beton kalitesinin yetersiz olduğu betonun dağılmasından anlaşılmaktadır. Sarmal bölgede yeterli etriye sıklaştırılması yapılmadığı da açıkça ortadadır. Kolon kesitleri yetersizdir. (Şekil 16.9)



Şekil 16.9: Deprem etriyelerinin uygun olarak düzenlenmemişi.

Zemin kat kolonu üst ucunda, kolon etriyelerinin gevşek bağlanmadan dolayı sıyrılarak üst üste yığıldığı görülmektedir. Pompayla hazır beton dökülme esnasında

pompadan hızla çıkan beton bu etriyeleri üst üste yığabilir, etriyelerin yeteri kadar sıklıkta bağlanması şarttır. (Şekil 16.10)



Şekil 16.10: Kolonlarda etriyelerin uygun düzenlenmeyişinden kaynaklanan hasar.

Betonun ezilmesi sonucu kolonun taşıma gücüne, basınç bölgesinde ulaşan deprem kuvvetleri, tüm basıncı karşılamak zorunda kalan boyuna donatının burkulmasına sebep olmuştur. 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 alır. Kolonların sarmal bölgesinde kullanılacak etriyelerin uçları, 135 derece betonun içerisine girecek şekilde kıvrılmalıdır. Şekilde görülen etriyelerin usulüne uygun kıvrılmadığı için açıldığı görülmektedir. (Şekil 16.11)



Şekil 16.11: Yetersiz etriye sonucunda oluşan hasar.

Şekil 16.12' de binada, perde kolonlar düğüm noktalarından kırılarak kopmuştur. Perde uç donatıları ve çiroz etriyeler kullanılmamıştır. Yapının taşıyıcı sistemindeki

perde kolonlar tek yönde kullanıldığından zayıf yöne doğru göçme meydana gelmiştir.



Şekil 16.12: Perdelerde donatı eksikliğinden kaynaklanan hasar.

Bu binada, perde kolonlar düğüm noktalarından kırılarak kopmuştur. Perde uç donatıları ve çiroz etriyeler kullanılmamıştır. Perde düşey donatılarında meydana gelen akma, etriye aralığının fazlalığı, etriye uçlarının açık olarak dışarıda kalması ve kolon içerisine doğru 135 derece kıvrılmamış olmasından dolayı yapıda göçme meydana gelmiştir. Ayrıca, zemin katı asma katlı işyeri olan bu yapılarda bu katlar kat yüksekliklerinin fazlalığı nedeni ile daha fazla etkilenecek zayıf katlar olarak yıkılmaktadır. Bu durumu önlemek için, perde kolonlar her iki yönde yerleştirilmelidir (Şekil 16.13) (Url-4).



Şekil 16.13: Perde düğüm noktalarında donatı düzenleme hatası.

Şekil 16.14’de ise perdelerde donatı akması görülmektedir. Perde kolonda donatının akmasına neden olan, perde uç bölgelerinin kolon şeklinde

oluşturulmaması, buraya konulacak uç donatılarının uç bölgesi etriyeleri ile çevrilmemesi ve kullanılan etriyelerin usulüne aykırı olarak yerleştirilmesidir. Şekil 16.14’ de kolon gereken etriye sıklaştırmasının yapılmadığı görülmektedir. Mevcut bu hatalara rağmen yapıda onarılabilir hasar meydana gelmiştir. Ağır hasar yoktur.



Şekil 16.14: Perde uç bölgelerinde noktalarında donatı düzenleme hatası.

Şekil 16.15’ de ise merdiven usulüne ve konstrüktif kurallara uygun olarak yapılmamasından dolayı ağır şekilde hasar görmüştür.



Şekil 16.15: Merdivenler gözlenen hasar.

Yapılarda korozyon, özellikle izolasyon yapılmamış olan yapılarda daha fazla karşımıza çıkmaktadır. Yapılara yeraltı suyu ve bodrum katlardaki rutubet, kolon paspayının dökülmesine ve kolon içerisindeki çeliğin paslanmasıyla oluşan kesit kaybına neden olmaktadır. Bu da yapıda çekme kuvvetlerini karşılayan çeliğin görevi yapmamasına neden olmaktadır. Sonuç olarak da yapıda hasar kaçınılmaz

olmaktadır. Bu gibi nedenlerle çeliğin beton içerisindeki paslanmasını önlemek için gerekli olan pas payları mutlaka bırakılmalıdır.

Su veya atık su tesisatları usulüne uygun olarak yapılmadığından, tesisatlarda su kaçaqları meydana gelmekte, bu su kaçağı da özellikle kolon, kiriş ve döşemelerde korozyona meydan vermektedir. Paslanan kolon ve paslanan kiriş donatı elemanları kesit kaybına uğramakta ve yapının taşıyıcılığını kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenle yapılarda usulüne uygun su izolasyonu yapılması zorunludur. Yapının ömrünü arttırmak, yapının sudan korunması ile mümkün olmaktadır.

Çeliğin korozyonun önlenmesini sağlamak için çeliğin yüzeyi pas ve korozyona karşı koruyucu bir tabaka ile kaplanmalıdır. Şekil 16.16’ da görülen perde ve kolonda pas payları rutubet etkisiyle dökülerek boyuna donatıların paslandığı görülmektedir. Bu durumda, demirin çekme mukavemetinde aşırı derecede bir azalma söz konusu olmaktadır. Yapı deprem yüklerine maruz kalmasa dahi yapıda ciddi bir tehlike görülmektedir.



Şekil 16.16: Yapılarda korozyondan dolayı kolonda oluşan hasarlar.

Şekil 16.17’ de döşeme demirlerinin kiriş içerisine yeteri kadar sokulmadığı ve döşemeler bu yüzden kiriş birleşme yerlerinden ayrılmıştır (Url-4).



Şekil 16.17: Döşemelerde donatı düzenlemeden kaynaklanan hasar.

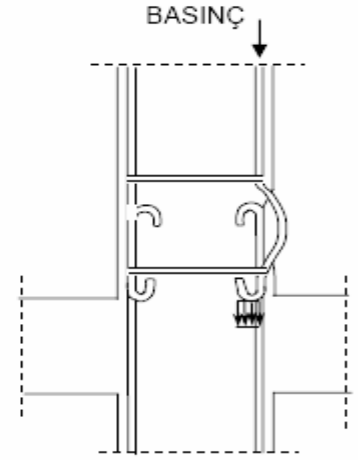
Konsol ve balkon donatılarını ele alacak olursak, donatılar projeye uygun olarak yerleştirilmediği takdirde öngörülen mukavemetleri gösteremeyeceklerdir. Örneğin konsolda çekme donatısı gerektiği gibi üste düzgün olarak yerleştirilmeyip düzensiz yerleştirilirse çekmeye karşı mukavemeti betonarme donatısı göre düşük olan beton, çekme donatısının görevini yapmaya çalışacak ve konsolda çatlaklar oluşacaktır.(Şekil 16.18) Deprem etkisinden dolayı konsolda tersinmeler meydana geleceği ve bundan dolayı da konsolun alt yüzeyinde çekme gerilmeleri oluşabileceği unutulmamalı ve yeterli alt donatı bulundurulmalıdır. (Kaçın ve Bikçe, 2003)



Şekil 16.18: Yanlış donatı yerleştirilmesi nedeniyle balkon hasarı.

Kolonlarda basınca çalışan çubuklarda kanca yapılması kabuk betonunda büyük zararlara yol açtığından kanca yapılmasından kesinlikle kaçınılmalıdır. Kolona kanca

yapılarak yerleştirilmiş donatı, kabuk betonunu ezerek çatlamasına neden olacaktır.
(Şekil 16.19)



Şekil 16.19: Kolon uçlarına kanca yapılmasından dolayı beton parçalanması.

17. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir betonarme yapının tasarımında en önemli unsurlar, yapının güvenli, ekonomik ve kullanışlı olmasıdır. Yapının yeterli güvenlikte olması da taşıyıcı yapı elemanlarının işletme ömrü süresince, yapıya yük altında göçmeden ayakta durabilmesi ve dolayısıyla can kaybının olmamasıdır.

Deprem etkisi altında hasar gören yapılar incelendiğinde, donatının yetersiz ve hatalı olarak düzenlenişi donatı düzenlemenin ne kadar önemli olduğunu bize göstermektedir. Donatıların yerleştirme biçimleri, elemanların davranışlarını etkilemektedir.

Yapılan bu tez çalışmasında, betonarme elemanlarda donatı düzenlemeleri yönetmelikler çerçevesinde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. Yapılar tasarlandıkları gibi değil, uygulandıkları gibi davranmaktadırlar. Bu nedenle tasarım aşamasındaki özen yapım aşamasında da gösterilmelidir.
2. Donatı detaylandırılırken, gerilmelerin kesintisiz akışı sağlanmalıdır. Gerilmeler keskin köşelerden hoşlanmadığından, donatı bükülürken bu noktalara dikkat edilmelidir.
3. Deprem etkilerini azaltıcı, yapının sünekliğini artırıcı ve uygulanabilir donatı düzeni tasarlanmalı ve bu şekilde tasarlanmış donatı düzeninin doğru uygulandığı denetlenmelidir.
4. Donatılarda kenetlenme ve bindirme boyları yeterli olmalıdır. Bindirme aynı kesitte yapıldığında ise büyük çaplı donatılarda ($\varnothing > 32$ mm) manşon gibi özel mekanik bağlantılar da yapılabilmektedir.
5. Betonarme elemanlarda deprem etkileri düşünülerek, özel deprem etriye ve çirozları kullanılmalıdır.

6. Konstrüktif esaslar, boyut ve donatılar ile ilgili koşulları belirtmektedir. Her koşulda bu kurallara uyulmalıdır.
7. Hesaplanması karışık olan problemlerin çözümünde konstrüktif çözümlere başvurulmalıdır.
8. Donatı yerleşiminde hasır donatı gibi uygulaması kolay olan donatı seçenekleri de kullanılabilir.
9. Beton dökümü öncesi kalıplardaki temizlik aşamalarına dikkat edilmelidir. İş derzlerinde, kolon beton döküm öncesi kolon alt ucunda, vb. donatılar bağlandıktan sonra kalıplar kapatılmadan önce donatılar ve kalıplar, basınçlı hava ya da basınçlı su ile temizlenmelidir.
10. Yapılardaki örtü beton kalınlıkları konstrüktif kurallarda belirtilen değerlere uyulmalı ve gereken paspayı elemanları gereken yerlerde kullanılmalıdır.
11. Betonarme elemanların plastik şekil değiştirme yapabilmeleri için enine donatı kullanımı ile yanıl basınçları artırılarak, yeterli dayanım ve sünekliğe ulaşmaları sağlanmalıdır.
12. Ülkemizde görülen, depremlerde genellikle birleşim bölgelerinde ciddi hasarların meydana geldiği görülmektedir. Bu noktaların donatı yerleşimine özellikle özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

A.C.I. 315-99, 2004. Details and detailng of concrete reinforcement, American Concrete Institute, Detroit.

Aka ve Arda , 1985., Betonarme yapı elemanları Birsen Yayınevi, İstanbul.

Aka, İ. ve Altan, M., 1992. Betonarme taşıyıcı sistemler, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.

Aka, İ., Keskinel F., Çılı F. Ve Çelik, O.C., 2001. Betonarme, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Altan M., 2001. Betonarme elemanlarda donatı düzenleme ilkeleri, T.M.M.O.B İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Sonbahar- Kış Dönemi Meslek İçi Eğitim Seminerleri, T.M.M.O.B. İstanbul Şubesi .

Altan M. ve Güler, K., 2001. Betonarme yapılarda taşıyıcı sistem düzenlenmesi, T.M.M.O.B. İnşaat mühendisleri odası İstanbul Şubesi sonbahar-kış dönemi meslek içi eğitim seminerleri, T.M.M.O.B. İstanbul Şubesi .

Altan M. ve Güler, K., 2004 İnşaat mühendisleri odası İstanbul şubesi sonbahar-kış dönemi meslek içi eğitim seminerleri, T.M.M.O.B. İstanbul Şubesi .

Altan M. ve Güler, K., 2008. Betonarme yapılarda taşıyıcı sistem düzenlenmesi ders notları.

Altan M. ve Taşkın, B., 2003. Betonarme davranış modelleri sunum.

Altıneller M., 2008. Betonarme yapı elemanlarında donatı düzenleme ilkeleri, İMO, Sonbahar-Kış dönemi meslek içi eğitim kursları

Arda T.S., 1968. Enine donatıların aderansa etkisi, Doktora tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Atımtay, E., 2001. Çerçevesi ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, METU Press, Ankara

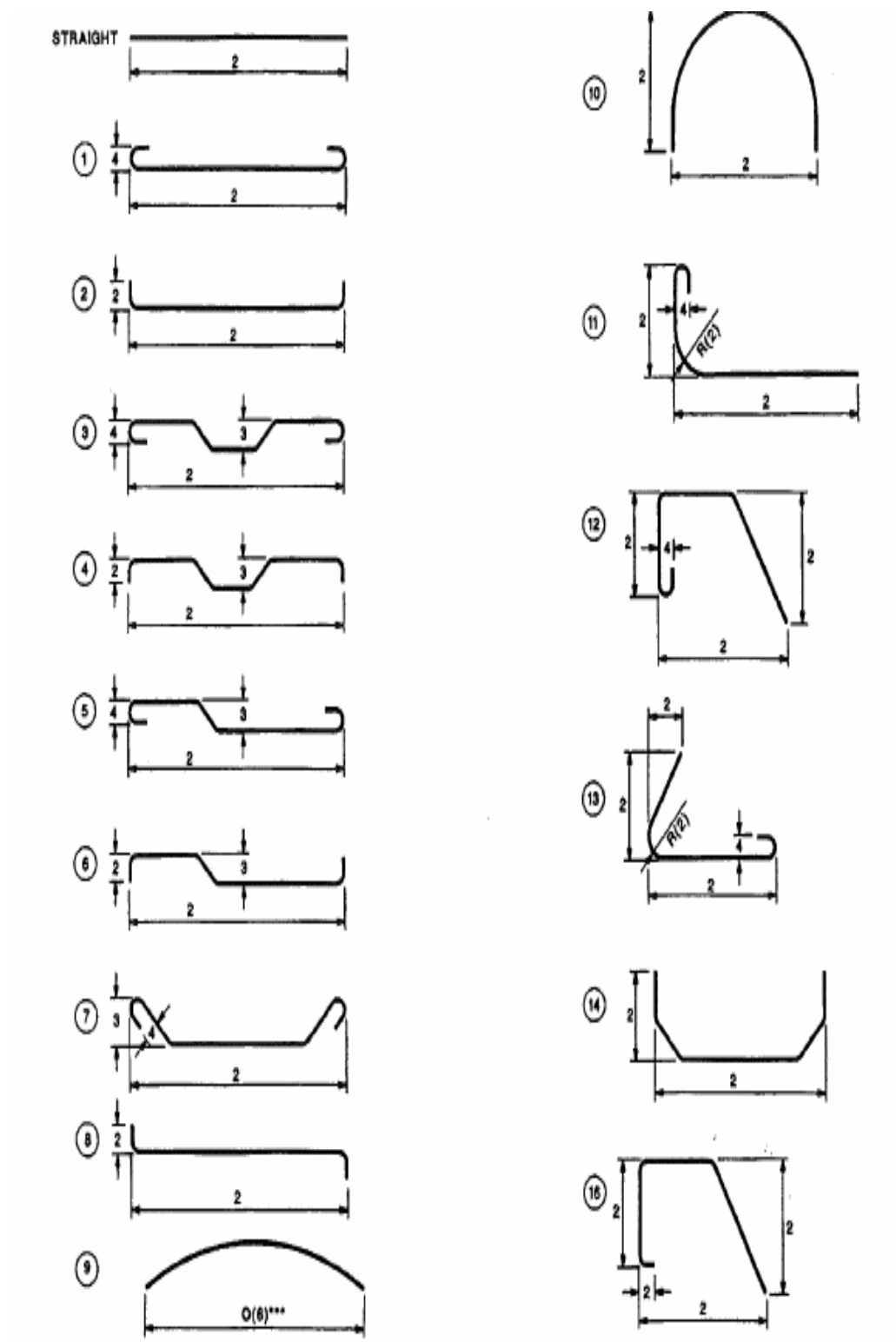
- Bangash, M Y H.,** 2003. Structural Detaing in concrete, MPG Books, Bodmin
- Barker, J.,** 1967. Reinforced Concrete Detailng, Oxford University Press, New York.
- Bayülke, N.,** 2001. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No: 39, İzmir.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2001. Betonarme Yapılar, Rehber Matbaacılık, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,** 2007, İstanbul
- Demir, H., Altan, M. ve Güler, K.,** 1988. Betonarme depolar., İ.T.Ü . İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Doğangün.,** 2002. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı Birsen Yayınevi İstanbul
- Doran B.,** 2002. Yapı mühendisliği ders notları
- Elçi,** 2005., Büyük boşluklu betonarme kirişlerin statik- betonarme analizi, TMH Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 437
- Ersoy, U.,** 1987. Betonarme temel ilkeler ve taşıma gücü, Evrim Yayınevi, İstanbul
- Ersoy ve Özcebe, G.,** 2001, Betonarme, Evrim Yayınevi ve Bilgisayar San. Tic. Ltd. Şti, İstanbul
- Kaçın ve Bıkçe,** 2003, Beşinci ulusal deprem mühendisliği konferansı, Türkiye’de son depremlerde sıkça görülen donatı yerleştirme hataları
- Karabacak, E.,** 1994, Betonarme konstrüktif esaslar, detaylandırma ve donatım sanatı yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Köseoğlu.,** 1992. Merdiven statiği ve konstrüksiyonu, matbaa teknisyenleri basımevi, İstanbul.
- Leonhardt, F.,** 1975. Vorlesung über massivbau, dritter teil, Springer Verlag

- Mc Cormac, J.C and Nelson, J.K.**, 2005. Design of reinforced concrete New York
- Özden, K.**, 1978. Betonarme, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- Özer, E.** 2008. İleri yapı statiği ders notları
- Özkaynak H.**, 2002. Deprem bölgelerinde betonarme yapılarda donatı düzenleme ilkeleri, yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Öztürk, T.**, 2003. Betonarme yapılarda deprem kuvvetlerinin yerleşimi ve tasarımı, İmo İstanbul Şubesi 2005 ilkbahar- yaz dönemi meslek içi eğitim kursları
- Özmen.,** 2008. Betonarme yapı elemanlarında donatı düzenleme ilkeleri sunumu Araş Gör. İnş. Yük. Müh. Hayri Baytan Özmen
- TS 500,** 2000. Betonarme Yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Url-1** <<http://www.cesurinsaat.com>>, alındığı tarih 25.12.2008.
- Url-2** <<http://www.e-kutuphane.imo.org.tr>>, alındığı tarih 18.12.2008.
- Url-3** <<http://www.halfen.it>>, alındığı tarih 22.11.2008.
- Url-3** <<http://www.kiptas.com>>, alındığı tarih 05.12.2008.
- Yılmaz T.**, 2006. Betonarme yapılarda taşıyıcı sistem ve donatı düzenleme ilkeleri, yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.

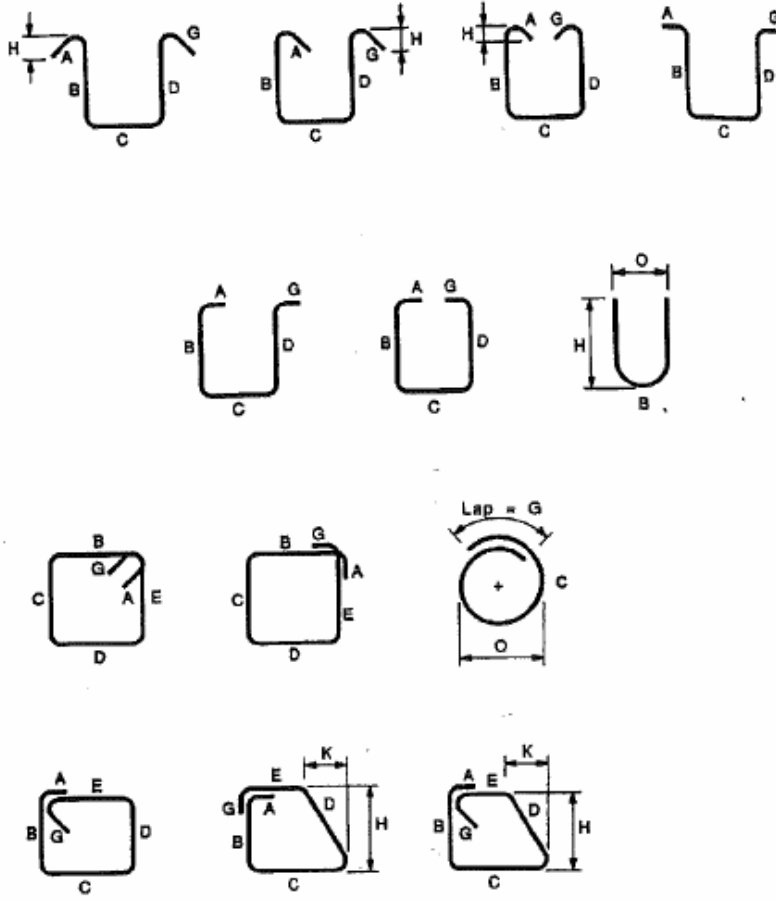
EKLER

- EK A** : Donatılarda Kanca Şekilleri
- EK B** : Enine Donatı Düzenleme Şekilleri
- EK C** : Döşemelerde Donatı Düzenleme Şekilleri
- EK D** : Merdivenlerde Donatı Düzenleme Şekilleri
- EK E** : Temellerde Donatı Düzenleme Şekilleri
- EK F** : İstinat Duvarlarında Donatı Düzenleme Şekilleri

EK A

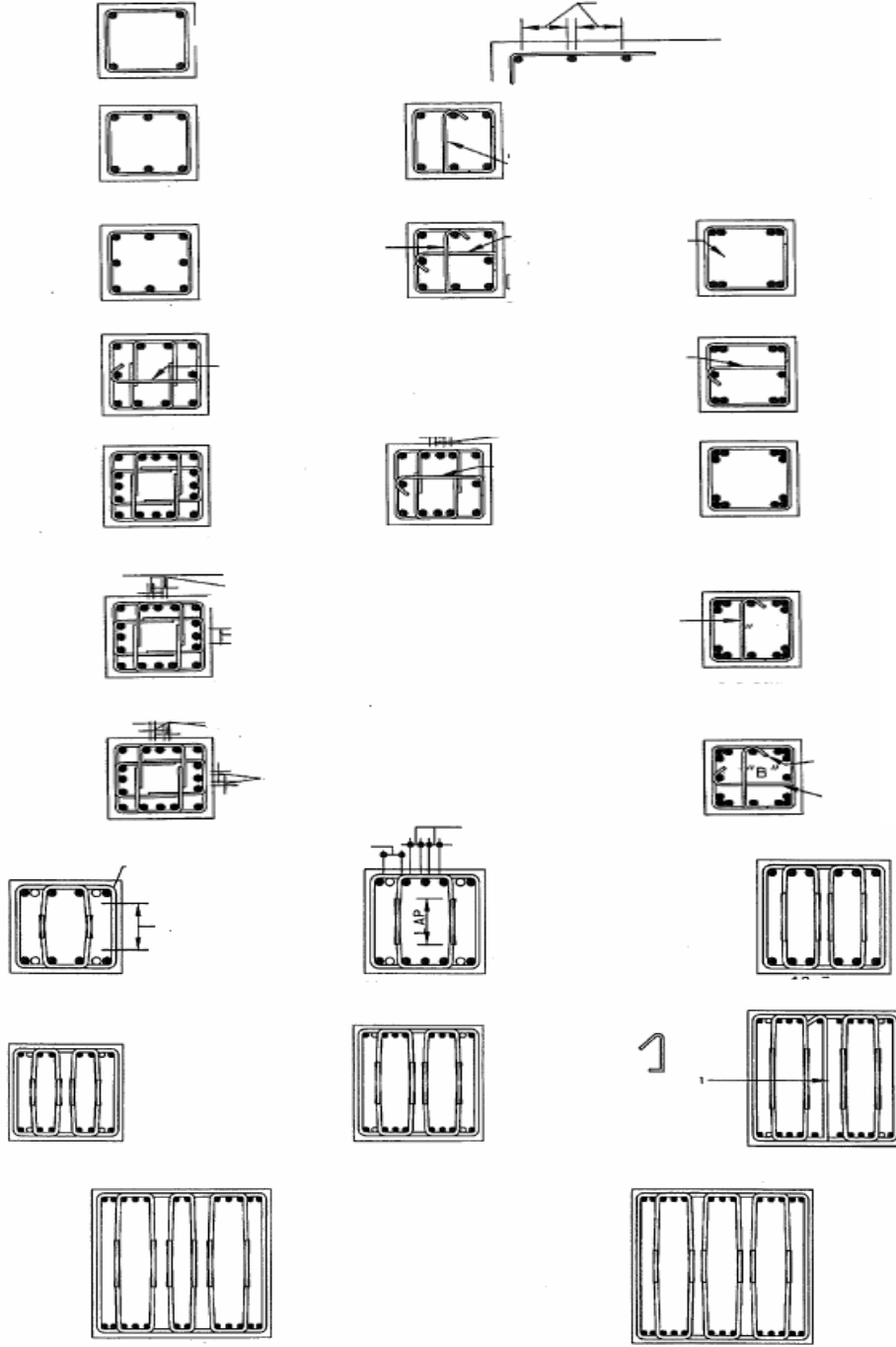


Şekil A.1: Boyuna donatılarda kanca şekilleri



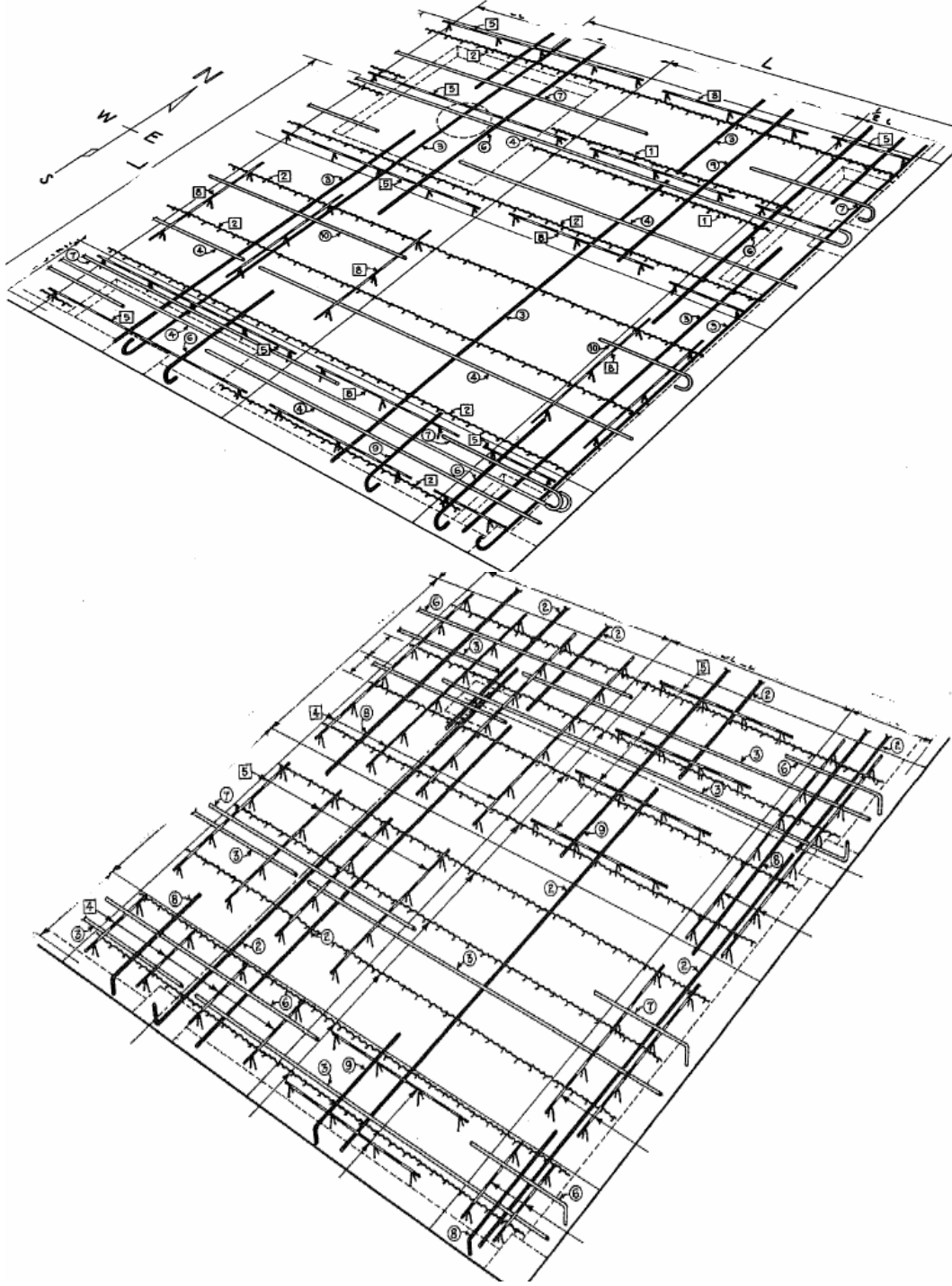
Şekil A.2: Enine donatılarda kanca şekilleri

EK B



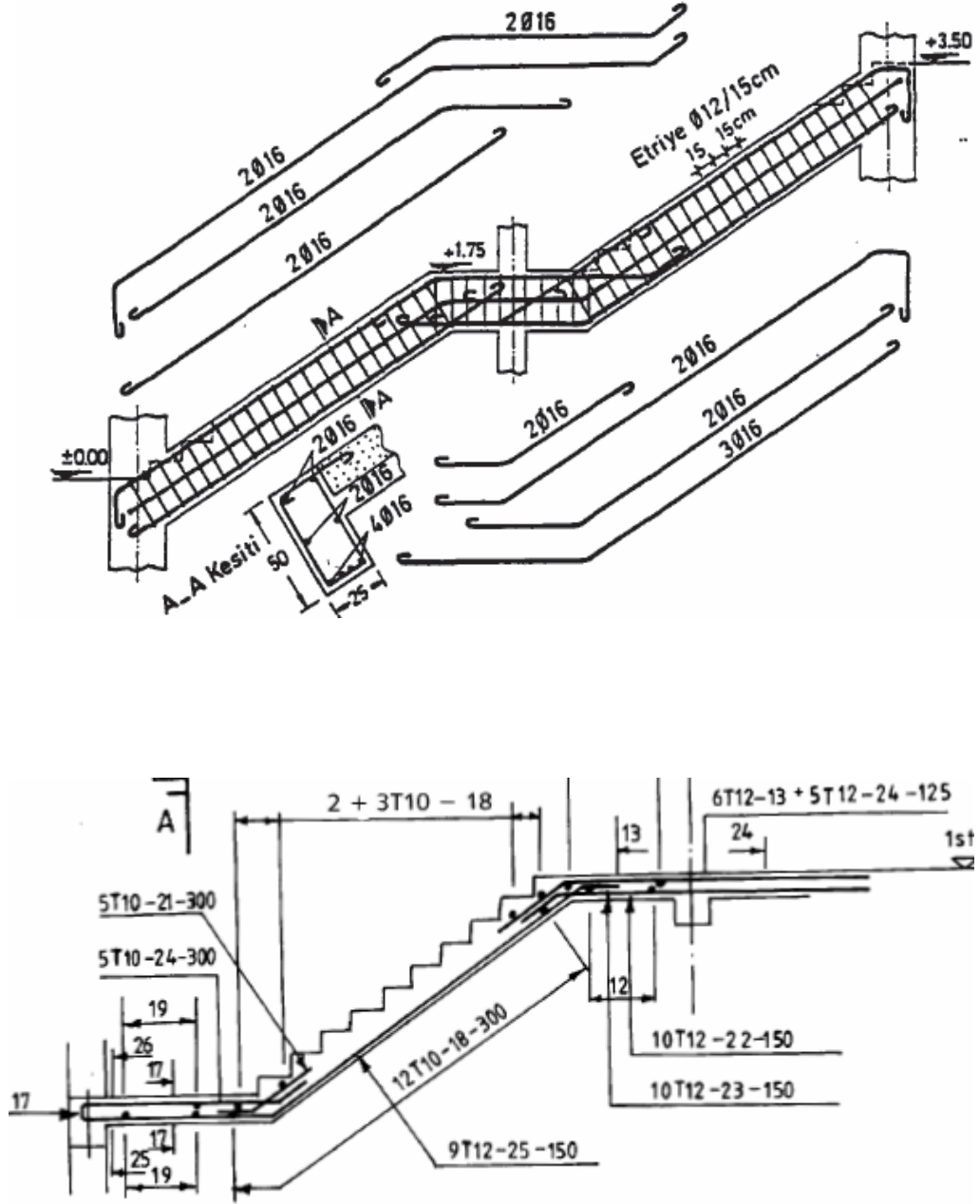
Şekil B.1: Enine donatı düzenleme şekilleri

EK C



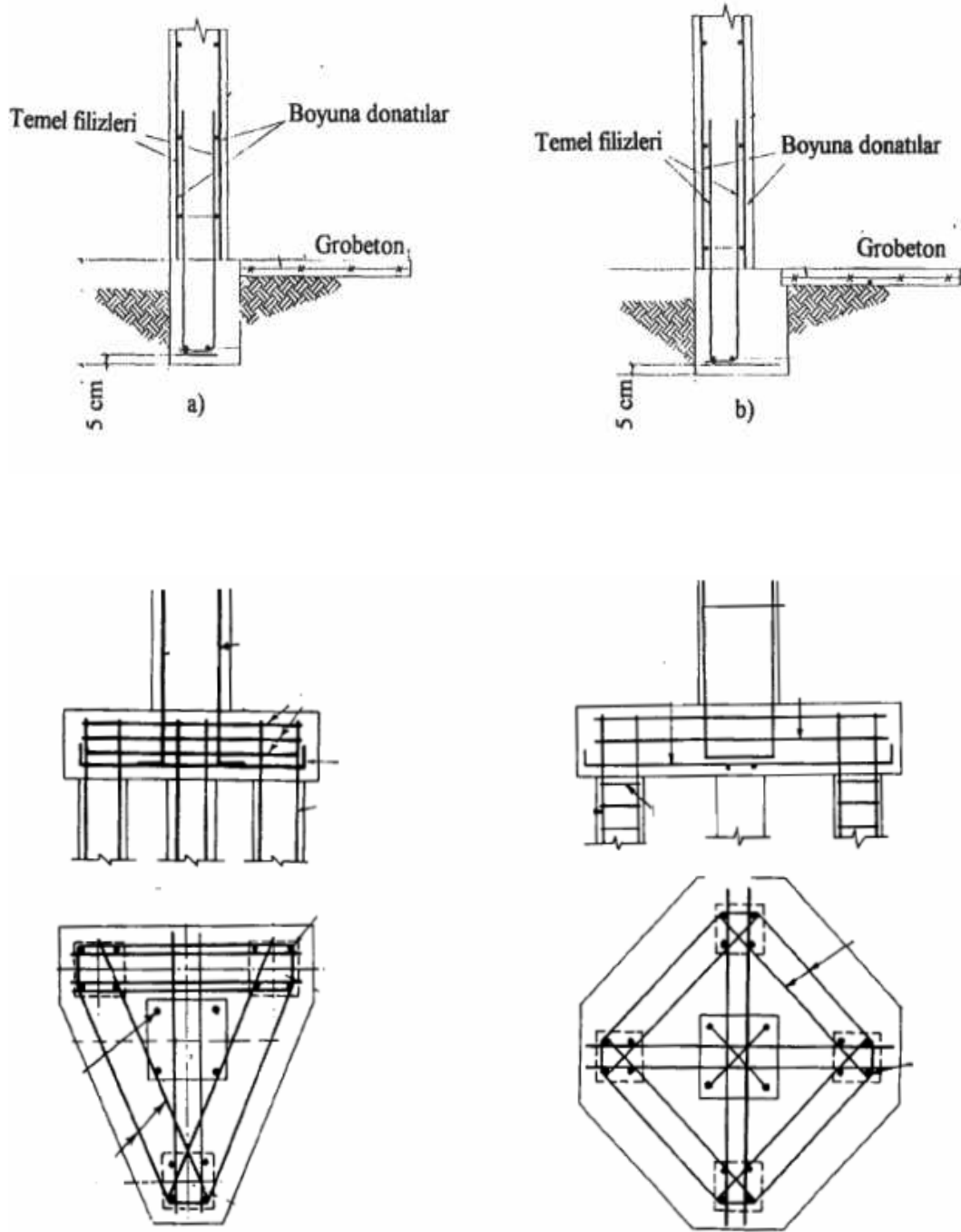
Şekil C.1: Kirişsiz döşemelerde donatı düzenleme şekilleri

EK D



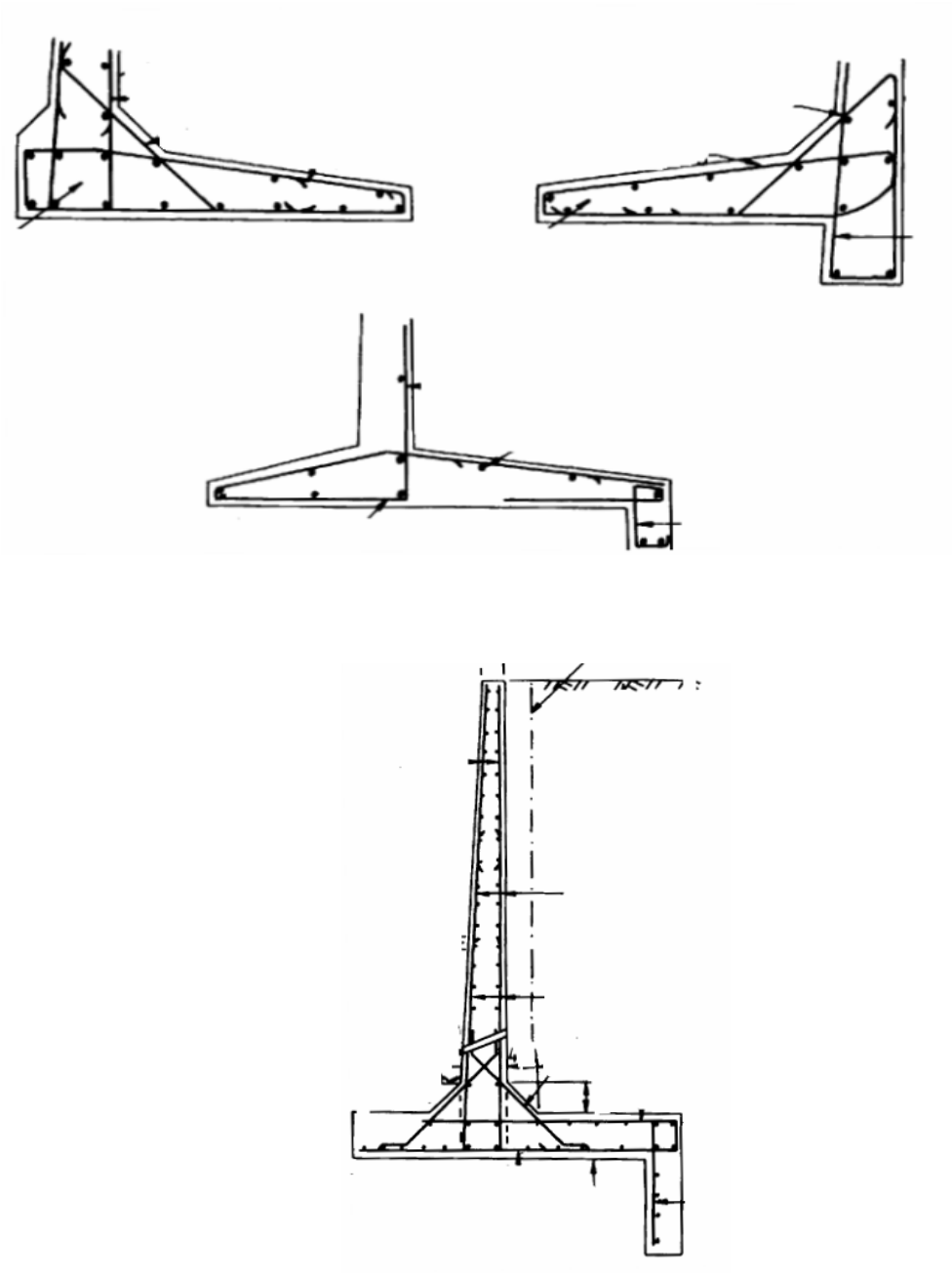
Şekil D.1: Merdivenlerde donatı düzenleme şekilleri

EK E



Şekil E.1: Temelerde donatı düzenleme şekilleri

EK F



Şekil F.1: İstinat duvarlarına ait donatı düzeni

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gözde SÜMER

Doğum Yeri ve Tarihi: ADANA 23.07.1983

Lisans Üniversitesi: Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği