

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME YAPILARIN TASARIM VE YAPIM KURALLARI
KAPSAMINDA TÜRK (TS 500 – TS 498) VE RUS (SNİP – GOST)
STANDARTLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hayati KÜÇÜK**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

EYLÜL 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME YAPILARIN TASARIM VE YAPIM KURALLARI
KAPSAMINDA TÜRK (TS 500 – TS 498)VE RUS (SNİP – GOST)
STANDARTLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hayati KÜÇÜK
(501051063)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Eylül 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Turgut Öztürk (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Metin Aydoğan (İTÜ)
Doç. Dr. Necdet Torunbalcı (İTÜ)**

EYLÜL 2009

Eşime ve aileme,

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca bana her konuda yardımcı olan değerli hocam İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Öğretim Görevlisi Doç. Dr. Turgut Öztürk'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans çalışmam boyunca bana her konuda destek olan ve sevgisini esirgemeyen müstakbel eşim Nurçin Uçarkuş'a; eğitim hayatım boyunca her türlü desteklerinden ötürü aileme; çalışmamın tamamlanması için desteğini esirgemeyen Dr. Gökhan Tunç'a; özellikle Rus Standartları'nın analizi konusunda bana destek veren Rinat Balapanov ve Maksat Kalibek'e yardımlarından ötürü teşekkür ederim.

Eylül 2009

Hayati Küçük

(İnşaat Mühendisi – Mimar)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
SEMBOL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. YÖNETMELİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	3
2.1 Hesap Yöntemleri ve Temel İlkeler	3
2.1.1 Taşıma gücü sınır durumu	4
2.1.2 Kullanılabilirlik sınır durumu	5
2.2 Yüklerin Hesap Değerleri ve Yük Kombinezonları	11
2.2.1 Sabit yükler	13
2.2.2 Hareketli yükler	14
2.2.3 Kar yükü	17
2.2.4 Rüzgar yükü	20
2.2.5 Buz yükü	26
2.2.6 Malzeme katsayıları	27
2.2.7 Yük katsayıları ve yük kombinezonları	28
2.3 Betonarme Yapı Malzemeleri	33
2.3.1 Beton	34
2.3.1.1 Beton sınıfları ve betonun basınç dayanımı	37
2.3.1.2 Beton çekme dayanımı	39
2.3.1.3 Betonun elastisite modülü	40
2.3.1.4 Beton poisson oranı	42
2.3.1.5 Beton kayma modülü	42
2.3.1.6 Betonun ısı genleşme katsayısı	42
2.3.1.7 Betonun büzülme şekil değiştirmesi (Rötre)	43
2.3.1.8 Betonun sünme şekil değiştirmesi	44
2.3.2 Donatı çeliği	45
2.3.3 Kalıp	50
2.4 Kesme Kuvveti ve Burulma Etkileri	53
2.4.1 Kesme kuvveti etkisi	53
2.4.1.1 Kesme kuvveti hesabı	53
2.4.1.2 Eğik çatlama dayanımı	54
2.4.1.3 Kesme dayanımı	54
2.4.1.4 Gevrek kırılmanın önlenmesi için min. kesme donatısı	55
2.4.1.5 Gevrek kırılmanın önlenmesi için kesme kuvveti üst sınırı	55
2.4.1.6 Kesme donatısı detayları	56
2.4.1.7 Sürtünme kesmesi	56

2.4.2 Kesme kuvveti ve burulma	58
2.4.2.1 Eğik çatlama sınırı	58
2.4.2.2 Tasarım kuvvetlerinin saptanması	59
2.4.2.3 Dayanım	59
2.4.2.4 Gevrek kırılmanın önlenmesi için min. Donatı	60
2.4.2.5 Gevrek kırılmanın önlenmesi için üst sınır	60
2.4.2.6 Donatı detayları	60
2.4.3 Zımbalama	61
2.4.3.1 Zımbalama dayanımı	61
2.4.3.2 Zımbalama donatısı	65
2.4.4 Kısa konsollar	66
2.5 Donatının Kenetlenmesi ve Düzenlenmesiyle İlgili Kurallar	69
2.5.1 Çekme donatısının kenetlenmesi	70
2.5.1.1 Düz kenetlenme	70
2.5.1.2 Kanca veya fiyongla kenetlenme	71
2.5.1.3 Kaynaklı enine çubukla kenetlenme	72
2.5.1.4 Mekanik kenetlenme	73
2.5.1.5 Demet donatısının kenetlenmesi	74
2.5.2 Basınç donatısının kenetlenmesi	74
2.5.3 Etriyelerin kenetlenmesi	74
2.5.3.1 Kanca ile kenetlenme	74
2.5.3.2 Düz bindirme ile kenetlenme	75
2.5.3.3 Kaynaklı enine donatı ile kenetlenme	75
2.5.4 Çekme donatısının eklenmesi	76
2.5.4.1 Bindirmeli ekler	76
2.5.4.2 Manşonlu ekler	79
2.5.4.3 Kaynaklı ekler	79
2.5.5 Basınç donatısının eklenmesi	79
2.5.5.1 Bindirmeli ekler	79
2.5.5.2 Manşonlu ekler	80
2.5.5.3 Kaynaklı ekler	80
2.5.6 Kolon boyuna donatısı bindirmeli ekleri	80
2.5.7 Standart kanca detayları	81
2.5.7.1 Boyuna donatı kancaları	81
2.5.7.2 Etriye kancaları	82
2.5.7.3 Hasır donatıdan yapılan etriye kancaları	82
2.5.8 Donatı bükülmesi ile ilgili kurallar	82
2.5.9 Donatı yerleştirilmesi ile ilgili kurallar	85
2.5.9.1 Net beton örtüsü	85
2.5.9.2 Donatı aralığı	86
2.5.9.3 Demet donatı	87
2.5.9.4 Donatının yerleştirilmesi	88
2.6 Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları	89
2.6.1 Kolonlar	89
2.6.1.1 Konstrüktif kurallar	89
2.6.1.2 Narinlik	95
2.6.2 Kirişler	96
2.6.3 Perdeler	104
2.6.4 Döşemeler	106
2.6.4.1 Tek doğrultuda çalışan plak döşemeler	109

2.6.4.2 Tek doğrultuda çalışan dişli döşemeler	110
2.6.4.3 İki doğrultuda çalışan plak döşemeler	111
2.6.4.4 İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler	115
2.6.5 Temeller	115
2.6.5.1 Duvar altı temelleri	117
2.6.5.2 Tekil temeller	118
2.6.5.3 Sürekli temeller	121
2.7 Bina Dayanımının Saptanması	123
2.7.1 Analitik değerlendirme	124
2.7.2 Yükleme deneyi	125
3. UYGULAMA ÇALIŞMASI	128
3.1 Betonarme Proje Uygulamaları	128
3.2 Betonarme Proje Detaylarından Örnekler	130
4. GENEL SONUÇLAR	133
4.1 Hesap Yöntemleri ve Temel İlkeler	133
4.2 Yüklerin Hesap Değerleri ve Yük Kombinasyonları	134
4.3 Betonarme Yapı Malzemeleri	134
4.4 Kesme Kuvveti ve Burulma Etkileri	135
4.5 Donatının Kenetlenmesi ve Düzenlenmesiyle İlgili Kurallar	135
4.6 Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları	136
4.7 Bina Dayanımının Saptanması	137
KAYNAKLAR	139
EKLER	141
ÖZGEÇMİŞ	157

KISALTMALAR

TS	: Türk Standardı
RS	: Rus Standardı
MPa	: Mega Pascal
GPa	: Giga Pascal
B	: Basınç mukavemetine göre beton sınıfı (RS)
B_t	: Çekme mukavemetine göre beton sınıfı (RS)
F	: Donmaya karşı dirence göre beton sınıfı (RS)
W	: Su geçirmezliğine göre beton sınıfı (RS)
D	: Yoğunluğuna göre beton sınıfı (RS)
S_p	: Ortalama gerilmesine göre beton sınıfı (RS)

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Beton sınıfına göre k_1 değerleri (TS-500/2000)	5
Çizelge 2.2 : Eğilme elemanlarında sehım hesabı gerektirmeyen Yükseklik/Açıklık) oranları (TS-500/2000)	6
Çizelge 2.3 : Kalıcı yük süre katsayısı (TS-500/2000)	7
Çizelge 2.4 : Sehım sınırları (TS-500/2000)	7
Çizelge 2.5 : Çeşitli durumlarda sehım sınırları (SNIP 2.03.01-84).....	8
Çizelge 2.6 : Çatlak genişliği sınırları (TS-500/2000)	8
Çizelge 2.7 : Yük durumuna göre çatlak sınırları (SNIP 2.03.01-84)	10
Çizelge 2.8 : Donatının korunması için yük durumuna göre çatlak sınırları (SNIP 2.03.01-84)	11
Çizelge 2.9 : Yapı malzemelerinin yoğunluk değerleri (TS ISO 9194-1997 Ek A)	13
Çizelge 2.10: Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri (TS-498/97)	14
Çizelge 2.11: En az üç tam kattan fazla yük taşıyan yapı elemanları için % eksiltme değeri ve azaltma değeri, β (her tam katta aynı hareketli yük olması halinde) (TS-498/97)	15
Çizelge 2.12: Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri (SNİP 2.01.07-85)	16
Çizelge 2.13: Çatı eğimine (α) bağılı olarak azaltma değeri (m) (TS-498/97)	18
Çizelge 2.14: Zati kar yükü (P_{ko}) değerleri kN/m^2 (TS-498/97)	18
Çizelge 2.15: Farklı bölgelere göre (s_0) değerleri kN/m^2 (SNİP 2.01.07-85)	19
Çizelge 2.16: C katsayısı ve rüzgâr yükünün yapının etkilenen yüzeyinin birim alanına göre dağılımı (basınç + emme) (TS-498/97)	22
Çizelge 2.17: Yüksekliğe bağılı olarak rüzgar hızı ve emme (TS-498/97)	23
Çizelge 2.18: SSCB Rüzgar bölgelerine göre rüzgar basıncı değerleri, ω_0 kN/m^2 (SNİP 2.01.07-85)	25
Çizelge 2.19: Z yüksekliğine göre rüzgar basıncının değışmesini hesaba alan katsayı (k) (SNİP 2.01.07-85)	25
Çizelge 2.20: SSCB Buzlanma bölgelerine göre buzlaşmış cidar kalınlığı (SNİP 2.01.07-85)	26
Çizelge 2.21: Çelik için malzeme katsayıları (SNİP 2.03.01-84)	28
Çizelge 2.22: Yük güvenlik katsayıları, γ_f (SNİP 2.01.07-85)	32
Çizelge 2.23: Beton sınıfları ve dayanımları (TS-500/2000)	37
Çizelge 2.24: Beton çekme ve basınç dayanımı çizelgesi (SNİP 2.03.01-84)	40
Çizelge 2.25: Beton sınıflarına göre betonun elastisite modülü değerleri (SNİP 2.03.01-84)	41
Çizelge 2.26: Uzun süre sonunda büzölme birim şekil değıştirmesi, $\epsilon_{cs} \times 10^3$ (TS-500/2000)	43

Çizelge 2.27 : Uzun süre sonunda sünme katsayısı, ϕ_{ce} (TS-500/2000)	44
Çizelge 2.28 : Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri (TS 708)	47
Çizelge 2.29 : Çelik sınıfına göre elastisite modülü değerleri (SNİP 2.03.01-84)	49
Çizelge 2.30 : Değişik durumlar için kesme-sürtünme katsayısı (TS-500/2000)	57
Çizelge 2.31 : Değişik kesitler için yaklaşık burulma dayanım momentleri (TS-500/2000)	58
Çizelge 2.32 : Donatı kenetlenme boyunun katsayılarına göre hesaplama koşulları (SNIP 2.03.01-84)	71
Çizelge 2.33 : Kaynaklanmış enine çubuklar için aranan kenetlenme koşulları (TS-500/2000)	73
Çizelge 2.34 : Nokta kaynaklı hasır donatı için bindirme koşulları (TS-500/2000)	77
Çizelge 2.35 : Donatı bindirme boyunun katsayılarına göre hesaplama koşulları (SNIP 2.03.01-84)	78
Çizelge 2.36 : En dış donatının dış yüzünden ölçülen gerekli beton örtüsü (TS-500/2000)	86
Çizelge 2.37 : Kolonlarda TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler	91
Çizelge 2.38 : Boyuna donatı çapına göre minimum etriye çapı, Φ_h mm (SNİP 2.03.01-84)	93
Çizelge 2.39 : Etriyeler arası mesafe sınırları, (s) mm (SNİP 2.03.01-84)	93
Çizelge 2.40 : Kolonların narin davranış göstermemesi için yapısal sınır değerleri (SNİP 2.03.01-84)	96
Çizelge 2.41 : Kirişlerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler	99
Çizelge 2.42 : Kiriş boyutlarının sınır değerleri (SNİP 2.03.01-84)	99
Çizelge 2.43 : Kiriş boyutlarına göre bir sırada kullanılacak en fazla donatı çapı ve sayısı (SNİP 2.03.01-84)	101
Çizelge 2.44 : Perdelerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler	106
Çizelge 2.45 : Tek doğrultuda çalışan plak döşemelerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler	109
Çizelge 2.46 : Tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler	111
Çizelge 2.47 : Yapı güvenliği hesabında alınacak malzeme katsayıları (SNİP 2.03.01-84)	125
Çizelge A.1 : Betonarme temelerde bağ kirişlerine ilişkin minimum koşullar (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)	146
Çizelge A.2 : Yığma binalarda duvar altı temellerine ilişkin koşullar , (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)	146

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Çatlama bölgesinde donatı çevresi (TS-500/2000)	9
Şekil 2.2 : Kar yağış yüksekliği haritası (TS-498/97)	19
Şekil 2.3 : Kar bölgeleri haritası (SNİP 2.01.07-85)	20
Şekil 2.4 : Planda kare kesitli ve eğik çatılı kapalı yapılarda rüzgar yükünün ana taşıyıcı sistem doğrultusunda dağıtımı (TS-498/97)	21
Şekil 2.5 : Rüzgar bölgeleri haritası (SNİP 2.01.07-85)	26
Şekil 2.6 : Buzlaşma bölgeleri haritası (SNİP 2.01.07-85)	27
Şekil 2.7 : Açıklık ve mesnet momenti için elverişsiz yükleme durumları (Celep Z., Kumbasar N., 2005)	30
Şekil 2.8 : Kesme kuvveti için elverişsiz yükleme durumu (Celep Z., Kumbasar N., 2005)	30
Şekil 2.9 : Betonun yük altında büzülme ve sünmesi (Celep Z., Kumbasar N., 2005)	45
Şekil 2.10 : Genel hasır donatı tipleri (SNIP 2.03.01-84)	46
Şekil 2.11 : Donatı çeliği için gerilme – şekil değiştirme eğrileri (Celep Z., Kumbasar N., 2005)	47
Şekil 2.12 : Değişik mesnetlenme türleri (TS-500/2000)	53
Şekil 2.13 : Kirişte kesme kuvvetinin hesaplanacağı kesit (SNIP 2.03.01-84)	54
Şekil 2.14 : Zımbalama bölgesi özellikleri ve tasarım zımbalama kuvveti (TS-500/2000)	62
Şekil 2.15 : Hesaba katılacak dışmerkezlik (TS-500/2000)	63
Şekil 2.16 : Özel durumlarda zımbalama çevresi (TS-500/2000)	63
Şekil 2.17 : Kritik kesit seçenekleri (TS-500/2000)	64
Şekil 2.18 : Döşeme için zımbalama çevresi (SNIP 2.03.01-84)	65
Şekil 2.19 : Temel için zımbalama çevresi (SNIP 2.03.01-84)	65
Şekil 2.20 : Kısa konsol ile ilgili tanımlar (TS-500/2000)	67
Şekil 2.21 : Kısa konsol boyutlarının sınır değerleri (SNIP 2.03.01-84)	68
Şekil 2.22 : Kısa konsol boyutlarına göre kullanılacak donatı düzeni (SNIP 2.03.01-84)	68
Şekil 2.23 : Kısa konsol donatılarının kenetlenmesi (SNIP 2.03.01-84)	69
Şekil 2.24 : Standard kanca ve fiyonglar (TS-500/2000)	71
Şekil 2.25 : Donatı kancalarının çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)	72
Şekil 2.26 : Donatı kancası için ek donatı detayı (SNIP 2.03.01-84)	72
Şekil 2.27 : Kenetlenme için kullanılan çeşitli ek donatılar (SNIP 2.03.01-84)	73
Şekil 2.28 : Etriyelerde kancalı kenetlenme türleri (TS-500/2000)	75
Şekil 2.29 : Etriyelerde kaynaklı kenetlenme türleri (TS-500/2000)	75
Şekil 2.30 : Donatı bindirme şekilleri (SNIP 2.03.01-84)	77
Şekil 2.31 : Düz hasır donatı için donatı bindirmesi durumu (SNIP 2.03.01-84)	78

Şekil 2.32 : Nervürlü hasır donatı için donatı bindirmesi durumu (SNIP 2.03.01-84)	78
Şekil 2.33 : Aynı çaptaki donatılar için kaynaklı boyuna donatı eki (SNIP 2.03.01-84)	79
Şekil 2.34 : Standart kanca detayı (SNIP 2.03.01-84)	81
Şekil 2.35 : Betonarme demirlerin bükülmesiyle ilgili koşullar (SNIP 2.03.01-84)	83
Şekil 2.36 : Hasır donatı eğilme yerlerinin detayları (SNIP 2.03.01-84)	85
Şekil 2.37 : Demet donatı düzenlemesi (TS-500/2000)	87
Şekil 2.38 : Kesitte kullanılan demet donatı düzenlemesi (SNIP 2.03.01-84)	87
Şekil 2.39 : Demet donatı düzenlemesi (SNIP 2.03.01-84)	88
Şekil 2.40 : Kolon boyuna donatı bindirme detayları (SNIP 2.03.01-84)	92
Şekil 2.41 : Kolon kesitinde etriye çiroz düzenlenmesi (SNIP 2.03.01-84)	94
Şekil 2.42 : Dairesel kesitli kolonlarda spiral etriye kullanılması (SNIP 2.03.01-84)	94
Şekil 2.43 : Yanal yer değiştirmenin önlendiği (1, 2 ve 3) ve önlenmediği (4, 5 ve 6) durumlar için etkili kolon boyu (Celep Z., Kumbasar N., 2005)	96
Şekil 2.44 : Kiriş kesit boyutları (TS-500/2000)	97
Şekil 2.45 : Tablalı kiriş kesit boyutları (TS-500/2000)	99
Şekil 2.46 : Kiriş boyuna donatı düzenleri (SNIP 2.03.01-84)	100
Şekil 2.47 : İki sıra boyuna donatı için kiriş etriye donatısı düzenleri (SNIP 2.03.01-84)	101
Şekil 2.48 : İkiden fazla sıra boyuna donatı için kiriş etriye donatısı düzenleri (SNIP 2.03.01-84)	102
Şekil 2.49 : Kirişte kullanılacak etriye aralıklarının sınır değerleri (SNIP 2.03.01-84)	102
Şekil 2.50 : Kiriş etriye donatısı düzenleri (SNIP 2.03.01-84)	103
Şekil 2.51 : Kiriş ek donatı yerleşimleri (SNIP 2.03.01-84)	104
Şekil 2.52 : Perdelerin güç tükenmesi biçimleri (Celep Z., Kumbasar N., 2005)	105
Şekil 2.53 : Döşeme boşluğu çevresine konulan ek donatı detayı (SNIP 2.03.01-84)	107
Şekil 2.54 : Mesnetlenme durumuna göre döşeme hasır donatı düzeni (SNIP 2.03.01-84)	107
Şekil 2.55 : Mesnetlenme durumuna göre döşeme donatı düzeni (SNIP 2.03.01-84)	108
Şekil 2.56 : Dişli döşeme (TS 500 / 2000)	110
Şekil 2.57 : Kirişsiz döşeme için döşeme şeritleri (TS 500 / 2000)	112
Şekil 2.58 : Kirişli döşeme için döşeme şeritleri (TS 500 / 2000)	112
Şekil 2.59 : Kirişsiz döşemede tabla ve başlık boyutları (TS 500 / 2000)	113
Şekil 2.60 : Kirişsiz döşemede kolon başlığı ve tabla (TS 500 / 2000)	114
Şekil 2.61 : Dört tarafından mesnetli plak döşemede ek hasır donatı (SNIP 2.03.01-84)	115
Şekil 2.62 : Kazıklı ve doğrudan zemine oturan tekil temeller (SNIP 2.02.01-83)	116
Şekil 2.63 : Tekil temel kolon eğimli alt başlığı (SNIP 2.02.01-83)	117

Şekil 2.64 : Duvar altı temeli (TS 500 / 2000)	118
Şekil 2.65 : Prefabrik tekil temel (SNIP 2.02.01-83)	119
Şekil 2.66 : Prefabrik tekil temele oturan kolon çeşitleri (SNIP 2.02.01-83)	119
Şekil 2.67 : Temel düz boyuna donatı ek yerlerinin düzenlenmesi (SNIP 2.02.01-83)	120
Şekil 2.68 : Tekil çelik kolon temelleri (SNIP 2.02.01-83)	121
Şekil 2.69 : Sürekli temel çeşitleri (SNIP 2.02.01-83)	122
Şekil 2.70 : Sürekli temelerde donatı düzeni (SNIP 2.02.01-83)	123
Şekil 3.1 : Tipik betonarme bir projede giriş detayı (TS)	130
Şekil 3.2 : Tipik betonarme bir projede kolon-giriş detayı (RS)	131
Şekil 3.3 : Tipik betonarme bir projede giriş detayı (RS)	131
Şekil A.1 : Deprem bölgelerinde uygulanan betonarme kolon elemanlarının donatı düzenleri (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)	143
Şekil A.2 : Deprem bölgelerinde uygulanan betonarme giriş elemanlarının donatı düzenleri (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)	144
Şekil A.3 : Boyuna donatıların kenetlenmesi ve eklenmesi ile ilgili donatı düzenleri ve sınır değerleri (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)	144
Şekil A.4 : Deprem bölgelerinde uygulanan betonarme perde elemanlarının donatı düzenleri (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)	145
Şekil A.5 : Bükülmüş hasır donatı çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)	147
Şekil A.6 : Hasır donatılardan oluşturulmuş karkasın çapraz birleşim elemanları (SNIP 2.03.01-84)	147
Şekil A.7 : Hasır donatılardan oluşturulmuş karkaslar (SNIP 2.03.01-84)	148
Şekil A.8 : Bükülmüş hasır donatıdan yapılmış karkaslar (SNIP 2.03.01-84)	148
Şekil A.9 : Spiral etriye ile oluşturulmuş karkaslar (SNIP 2.03.01-84)	149
Şekil A.10 : Donatı ek yerleri için bağlantı detayları (SNIP 2.03.01-84)	149
Şekil A.11 : Betonarme elemanların içerisine bırakılan kancalar (SNIP 2.03.01-84)	150
Şekil A.12 : Tekil temel hasır donatı detayı (SNIP 2.03.01-84)	150
Şekil A.13 : Sehpa donatısı örnekleri (SNIP 2.03.01-84)	151
Şekil A.14 : Prefabrik kolon çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)	152
Şekil A.15 : Prefabrik giriş çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)	153
Şekil A.16 : Prefabrik döşeme çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)	154
Şekil B.1 : RS kapsamında projelerde kullanılan tipik bir zemin kesiti örneği	155
Şekil B.2 : RS kapsamında projelerde kullanılan tipik bir zemin kesiti örneği	156

SEMBOL LİSTESİ

A_{st}	: Kısa konsolda, eğilme ve yatay kuvvet için gereken toplam yatay donatı kesit alanı
A_{sv}	: Kısa konsolda, kiriş üst yüzünden 2/3 derinliğe kadar yayılan yatay etriyelerin kesit alanı
A_s	: Eğilme donatısı alanı
A_n	: Kısa konsolda, yatay kuvvet için gereken donatı kesit alanı
A_{wf}	: Kesme-sürtünme donatısı kesit alanı
H_d	: Kısa konsolda, yatay tasarım kuvveti
F_k	: Karakteristik kuvvet
F_d	: Tasarım Kuvveti
R_d	: Tasarım Dayanımı
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk}	: Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı
γ_m	: Malzeme katsayısı
γ_{mc}	: Beton için malzeme katsayısı
γ_{ms}	: Donatı için malzeme katsayısı
G	: Kalıcı yük etkisi
Q	: Hareketli yük etkisi
T	: Sıcaklık değişimi, büzülme, farklı oturma vb nedeniyle oluşan yük etkisi
W	: Rüzgar Etkisi
H	: Yatay kuvvet (örneğin, zemin itkisi) etkisi
ϵ_{cu}	: Beton ezilme birim kısalması
ϵ_{su}	: Donatı kopma uzaması
E_s	: Donatı elastisite modülü ($= 2 \times 10^5$ MPa)
k_1	: Eşdeğer dikdörtgen basınç bloku derinlik katsayısı
C16, ..., C50	: Beton basınç dayanım sınıfları
M_{max}	: Elemandaki en büyük eğilme momenti
M_{cr}	: Elemanın eğilmede çatlama momenti
I_{ef}	: Etkili eylemsizlik momenti
I_c	: Kolon tüm kesit eylemsizlik momenti
y	: En dış çekme lifinin tarafsız eksenenden uzaklığı
δ_t	: Toplam sehim
δ_i	: Ani sehim
δ_{ig}	: Kalıcı yüklerden oluşan ani sehim
λ	: Kalıcı sehim katsayısı
γ_t	: Kalıcı yük süre katsayısı
ρ'	: Kirişte basınç donatısı oranı, $A_s / b_w d$

ℓ_n	: Döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığı, eleman serbest boyu, mesnet yüzünden mesnet yüzüne ölçülen serbest açıklık
ω	: Çatlak genişliği
ω_{max}	: İzin verilen çatlak genişliği sınırı
σ_s	: Donatı gerilmesi
Φ	: Donatı çapı
A_t	: Elemanlarda herbir çekme çubuğuna düşen etkili beton alanı, $A_t = 2ab_w / n$
a	: Eşdeğer dikdörtgen basınç bloku derinliği, $k_1 c$
c	: En dış donatı ağırlık merkezinden ölçülen beton örtüsü Taraflı eksen derinliği
n	: Demet donatıdaki çubuk sayısı, eleman çekme bölgesindeki çubuk sayısı, hasır donatıda enine çubuk sayısı, kesitteki etriye kol sayısı
b_w	: Dışlı döşemede dış genişliği, kiriş gövde genişliği
β	: En az üç tam kattan fazla yük taşıyan yapı elemanları için hareketli yük azaltma değeri
P_k	: Kar yükü hesap değeri
P_{ko}	: Kar yükü
m	: Kar yükü hesap değeri katsayısı
W	: Rüzgar yükü hesap değeri, kN
w	: Rüzgar basıncı, kN/m^2
C_f	: Aerodinamik yük katsayısı
C_p	: Emme katsayısı
q	: Emme (hız basıncı), hız basıncı, kN/m^2
A	: Etkilenen yüzey alanı (Rüzgar yükü hesabında)
ρ	: Hava birim hacim ağırlığı (Rüzgar yükü hesabında)
v	: Rüzgar hızı, m/s
ω_e	: Yapı veya yapı elemanının dış yüzeyine etkiyen rüzgar normal basıncı (RS)
ω_f	: Yapının dış yüzeyini teğet geçen ve onun yatay veya dikey izdüşümü alanına gelen sürtünme yükleri (RS)
ω_i	: İçinden geçilebilen, açılabilen veya sürekli açık boşluklara sahip binaların iç yüzeylerine gelen normal basınç (RS)
ω_0	: Rüzgar basıncı normatif değeri (RS)
γ_f	: Yük sağlamlık katsayısı (RS)

BETONARME YAPILARIN TASARIM VE YAPIM KURALLARI KAPSAMINDA TÜRK (TS 500 – TS 498) VE RUS (SNİP – GOST) STANDARTLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

ÖZET

Betonarme taşıyıcı yapı elemanlarının ve yapıların kullanım amaç ve süresine uygun güvenlikle tasarlanması, hesaplanması, boyutlandırılıp donatılması ve yapımı ile ilgili koşullar, TS-500/2000 (Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları) ile TS-498/97 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) olarak Türk Standartları (TS) ve SNİP 2.01.07–85 (Yük ve Etkiler), SNİP 2.02.01–83 (Betonarme Binaların Temelleri) ve SNİP 2.03.01–84 (Beton ve Betonarme Yapıları) olarak Rus Standartları (RS) açısından farklı ölçütler çerçevesinde düzenlenmektedir. Bu çalışma içeriğinde TS-500/2000 yönetmeliği temel kaynak olarak alınmış olup deprem yükleri altında davranış ve deprem bölgelerindeki yapıların konstrüktif kuralları ile donatı düzenleri bu çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Bölgesel şartlardaki farklılıklar yapı inşaatları açısından farklı metotlar kullanılmasını gerektirmektedir. Soğuk iklim özelliklerine sahip Rusya coğrafyasında özellikle hava şartlarından dolayı yapı malzemelerinin özellikleri ılıman iklim şartlarına sahip coğrafyamızdaki koşullara göre farklılık göstermektedir. Bu ayrımlar aynı zamanda rüzgar, kar ve buz yükü gibi yüklerin yapıya etkiye şekillerini de belirlemektedir. Bu bağlamdaki çalışmada ilgili Türk ve Rus yönetmeliklerinin ortak ve farklı özellikleri açıklanarak irdelenmiştir.

TS-500/2000 yönetmeliği çerçevesinde ana bölümleri oluşturulan bu çalışmada ilgili bölümlerde RS yönetmeliklerinin konuyla ilgili açıklamalarına yer verilmiştir. Bu koşullar için gerekli resimler, şekiller ve çizelgeler, bölüm içerisinde ifade edilen konuya bütünlük sağlaması amacıyla metin içerisine konulmuş olup ayrıca çalışmayla ilgili çeşitli yönetmelikler dahilindeki resimler, şekiller ve çizelgeler çalışmanın eki olarak verilmiştir.

Yönetmeliklerin karşılaştırması açısından ilk olarak betonarme yapıların hesap yöntemleri ve temel ilkeler ele alınmıştır. Bu hesaplarda kullanılacak yüklerin hesap değerleri ve yük kombinezonları ile betonarme yapıyı oluşturan malzemelerin (beton, donatı çeliği, kalıp) teknik özellikleri, malzeme katsayıları, kullanım şekilleri her iki yönetmelik (TS ve RS) kapsamında da incelenmiş olup ortak ve farklı kısımlar açıklamalı olarak listelenmiştir. Hesapta ele alınma şekilleri ve donatı düzenleme ilkeleri açısından kesme ve burulma etkileri incelenmiş, ayrıca zımbalama konusu da belirtilmiştir. Donatıların kenetlenmesi ve düzenlenmesiyle ilgili kurallar tüm donatı çeşitleri için (boyuna donatı, etriye, pilye, çiroz) sınır değerler ölçüsünde ele alınmıştır. Burada TS yönetmelikleri ile RS yönetmelikleri arasında genellikle fark olduğu saptanmıştır. Betonarme taşıyıcı yapı elemanları olan kolonlar konstrüktif kurallar ile narinlik açısından incelenmiş ve ayrıca kirişler, döşemeler, perdeler, temeller ayrı başlıklar altında açıklanmış ve yönetmeliklerin bu maddelerle ilgili bölümleri karşılaştırılmıştır. Mevcut binaların dayanımının saptanması hususunda

yönetmeliklerin belirlediği kurallar anlatılmıştır. Uygulama çalışmasında TS ve RS yönetmelikleri kapsamında hazırlanan statik proje örnekleri verilmiş ve proje üretim çalışmalarındaki koşullar irdelenmiştir.

Çalışma neticesinde elde edilen genel değerlendirme ve sonuçlar olarak, yönetmeliklerdeki ilgili konular için yapılan açıklamalar irdelenerek, ortak ve farklı özellikler konu başlıkları içeriğine göre listelenmiştir. Yönetmeliklerin üstün ve zayıf yönleri ayrıca genel sonuçlar kapsamında belirtilmiştir.

COMPARATIVE STUDY OF TURKISH STANDARDS (TS 500 – TS 498) AND RUSSIAN STANDARDS (SNIP – GOST) FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION REGULATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

SUMMARY

Design and construction of reinforced concrete structures are regulated by Turkish Standards, TS-500/2000 (Design and Construction Specifications of Reinforced Concrete Structures) and TS-498/97 (Minimum Design Loads for Structural Elements), and Russian Standards, SNIP 2.01.07–85 (Loads and Effects), SNIP 2.02.01–83 (Foundations of Reinforced Concrete Structures) and SNIP 2.03.01–84 (Concrete and Reinforced Concrete Structures) based on different criteria. TS-500/2000 forms the scope of this thesis and the seismic analysis and design regulations are not in the scope of this thesis.

The differences due to the regional circumstances necessitate different methods of design and construction. Properties of structural materials in Russian region with cold climate are highly different from that in Turkey with relatively mild climate. These differences also define the shape and value of wind, snow and ice loads acting on structure. In this thesis, the common and different aspects of Turkish and Russian standards are investigated.

Main parts of this thesis are formed based on the topics of TS-500/2000 and the each topic is explained comparatively with the relevant topics in Russian standards. The illustrative pictures, figures and tables are given in the relating parts as well as in the appendices.

In the comparison, firstly, calculation methods of reinforced concrete structures and the basic principles are investigated. The topics such as design load values, load combinations, material (concrete and reinforcement steel) properties, strength coefficients and their usage are comparatively investigated, common and different aspects are listed based on Turkish Standards and Russian Standards. Shear, torsion as well as punching calculation methods and detailing of reinforcements are investigated. Generally, remarkable differences are observed in the rules of bar splicing, anchorage and other details of longitudinal reinforcements, hoops and ties. Columns are studied based on slenderness and constructive requirements. Beams, structural walls, foundations are studied in separate topics. Furthermore, assessment of existing structures is comparatively explained. A design example containing these topics is given for Turkish Standards and Russian Standards separately.

At last, different and common parts of Turkish and Russian Standards are summarized based on the relative topics; superior and weak points of each standard are mentioned generally.

1. GİRİŞ

Betonarme olarak inşa edilmiş pek çok yapı türüne çevremizde rastlamaktayız. Bu yapılar bulundukları bölge şartlarına, kullanım amaçlarına, taşıyacakları yüklere ve mimari tasarımlarına göre farklı niteliklerde inşa edilmektedirler. Binaların inşaat yöntemlerini belirlemek amacıyla çeşitli kanunlar, yönetmelikler ve standartlar ile yapım metotları ve kuralları düzenlenmektedir. Bu yönetmeliklerde, ilgili kurumlar tarafından betonarmeyeyle ilgili günümüze kadar elde edilen tüm çalışmalar toplanmış ve derlenerek resmi belgeler haline getirilmiştir.

Betonarme yapıların düzenlenmesinde sistematik bir yol izlenmelidir. İzlenecek adımlar sırası ile taşıyıcı sistemin belirlenmesi, ilgili standart ve yönetmeliklerde belirtilen koşullara göre çözümleme yöntemlerini kullanarak sistem kesitlerinde meydana gelen etkilerin bulunması, eleman boyutları ile donatı düzenlerinin belirlenmesi ve bu hesaplamalar sonucu projelerin hazırlanmasıdır.

Betonarme yapıların tasarımı, uygulanması ve konstrüktif kuralları ile ilgili gelişmiş ülkelerin çeşitli yönetmelikleri ve standartları bulunmaktadır. Akademik çalışmalarda ve ihtiyaca göre genel uygulama alanlarında bu yönetmeliklere sık sık başvurma gereği duyulmaktadır. Bu yönetmelikler arasında Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayınlanan betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları çerçevesinde hazırlanmış olan TS-500/2000 ve TS-498/97, Alman Betonarme Yönetmeliği DIN 1045-88, Avrupa Beton Komitesi Betonarme Yönetmeliği CEB-90, Amerikan Beton Enstitüsü Betonarme Yönetmeliği ACI 318-02 ve Rusya ve Orta Asya'daki çeşitli ülkelerde geçerli olan betonarme yapılar ile ilgili yönetmelikler SNİP 2.01.07-85, SNİP 2.02.01-83 ve SNİP 2.03.01-84 en önemlilerindendir.

Bu çalışma kapsamında TS-500/2000 ve TS-498/97 ile SNİP 2.01.07-85, SNİP 2.02.01-83 ve SNİP 2.03.01-84 yönetmelikleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Gerekli yerlerde diğer Türk Standartları (TS) ve Rus Standartları (RS) yönetmeliklerine de atıfta bulunulmuştur. Açıklamalar ve metinler TS yönetmelikleri

kapsamında ele alınıp yazılarak ilgili maddelere karşılık gelen RS yönetmeliklerinin bölümleri anlatılmıştır. Bu doğrultuda yönetmeliklerdeki kuralların farkları ve ortak özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sunulan bu çalışmada; hesap yöntemlerinin belirlenmesi ve temel ilkeler açıklanarak, hesap yükleri ve bunların yapıya etki çeşitliliği ile yük birleşimleri incelenmiştir. Betonarme yapı malzemeleri olan beton ve donatı çeliği ile bu imalatın gerçekleştirilmesini sağlayan kalıp malzemelerinin taşınması gereken özellikler açıklanarak, farklar ve ortak özellikler çizelgeler oluşturularak listelenmiştir. Daha sonrasında kesme kuvveti ve burulma yüklerinin hesaplanması, etkiler ve alınacak önlemler açıklanarak, zımbalama durumunda gerekli koşullar yönetmelikler çerçevesinde ele alınmıştır. Betonarme yapı elemanlarının donatılmasıyla ilgili koşullar (donatı eklenmesi, donatı kenetlenmesi, kancalar, bindirme boylarının hesabı ve donatı yerleştirilmesi) yönetmeliklerin farklı ya da ortak hususlarına göre açıklanmıştır. Betonarme yapı elemanları olan kolonlar, kirişler, perdeler, döşemeler ve temellerde donatı düzenleri ve ilgili kontroller karşılaştırılarak, bina dayanımının saptanmasında izlenen yollar belirlenmiştir.

Uygulama çalışmasında betonarme yapıların projelerinde kullanılan çizim teknikleri ve gösterim özellikleri irdelenmiş, verilen örneklerle proje detayları anlatılmıştır. Son bölümde ilgili yönetmelikler çerçevesinde genel değerlendirme ve sonuçlar belirtilerek, yönetmeliklerin birbirlerine oranla üstün ve zayıf yönleri konu başlıkları ile listelenmiştir.

2. YÖNETMELİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

2.1 Hesap Yöntemleri ve Temel İlkeler

Betonarme yapıların yapısal çözümleme ve kesit hesabının amacı, yapının kullanım süresi boyunca kullanım amacına uygun davranmasını sağlamaktır. Yapı ve yapı elemanları, yapım ve kullanım süresi içinde yapıyı etkileyebilecek tüm yük ve şekil değiştirmeler altında belli bir güvenliği sağlayacak ve kullanımı bozmayacak biçimde tasarlanmalıdır.

Betonarme elemanların çeşitli mukavemet durumları etkisindeki davranışları ve hesap kuralları, basit eğilme etkisi, kesme kuvveti etkisi, eksenel kuvvet etkisi, bileşik eğilme etkisi ve burulma etkisi olarak ele alınmaktadır. Bunlara ek olarak kullanılabilirlik, donatıların aderans ve kenetlenmesi, minimum ve maksimum donatı koşulları (konstrüktif kurallar) ve minimum eleman boyutları da çözüm sistemlerinin temelini oluşturmaktadır.

Betonarme yapılar için yapılan hesaplar, ancak öngörülen malzeme dayanımlarının sağlanması ile geçerli olur. Malzeme dayanımlarının öngörülenden değişik olması durumunda, elde edilen sonuçlar geçerliliğini yitirir.

Tasarımda, yapının kullanım süresi boyunca, hem yıkmaya karşı gerekli güvenlik sağlanmalı, hem de çatlama, şekil değiştirme, titreşim gibi olayların yapının kullanımını ve zaman içinde dayanıklılığını etkileyebilecek düzeye ulaşması önlenmelidir. Bunu sağlamak amacıyla, yapı üzerindeki yük etkileri, belli oranlarda büyütülerek, malzeme dayanımları da belli oranlarda küçültülerek tasarımda göz önüne alınmalıdır. Bu oranların belirlenmesinde istatistik veriler esas alınır. Bu değerler yönetmeliklerin ilgili bölümlerinde açıklanmakta ve hesaplarda bu doğrultuda ele alınmaktadır.

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında tanımlanmış olan “Sınır Durumlar Yöntemi”, yapının kullanım süresi boyunca karşılaşılabilecek önemli sınır durumları tarif etmektedir. Bunlar “Taşıma Gücü Sınır Durumu” ve “Kullanılabilirlik Sınır Durumu” olarak iki ana başlık altında sınıflandırılır.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde de sınır durumlar tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, taşıyıcı kapasite (ilk grup sınır halleri) ve normal işletme için işe yararlık (ikinci grup sınır halleri) hesaplarında aranan şartlara betonarme yapıları uygun olmalıdır.

Sınır durumlar, TS ve RS yönetmelikleri açısından sınıflandırma olarak aynı özellikleri içermektedir.

2.1.1 Taşıma gücü sınır durumu

Betonarme yapıların hesabında kullanılan tasarım yüklerinin belirli katsayılarla çarpılarak elde edilen artırılmış yük değerleri, yapı elemanlarının her birinin malzeme dayanımlarının belirli katsayılara bölünerek bulunan azaltılmış dayanımları sonucu elde edilen taşıma gücü değerinden her zaman küçük olmalı ve bu durum Denklem 2.1 ile kanıtlanmalıdır.

$$F_d \leq R_d \quad (2.1)$$

Bir yapının taşıyıcı sisteminin tamamının ya da bir bölümünün aşağıdaki güvenlik özelliklerine sahip olması gerekir:

- Taşıyıcı sistemin ya da bölümlerinin güç tükenmesine karşı güvenliği
- Mesnetlenme güvenliği
- Malzeme yorulmasına ve diğer zamana bağlı olaylara karşı güvenlik

TS–500/2000 yönetmeliği kapsamında taşıma gücüne dayalı kesit hesabında esas alınan temel prensipler aşağıdaki gibidir.

- Betonun çekme dayanımı ihmal edilir.
- Donatı çubuğu ile çevresini saran beton arasında tam aderans bulunduğu düşünülerek, donatı birim şekil değiştirmesi, aynı düzeydeki beton lifi birim şekil değiştirmesine eşit alınır.
- Düzlem kesitler, şekil değiştirmeden sonra düzlem kalır.
- Taşıma gücüne erişildiğinde, tarafsız eksene en uzak beton basınç lifindeki birim kısalma $\epsilon_{cu} = 0.003$ alınır.
- Donatı çeliğinin elasto plastik davrandığı kabul edilir.

Tüm donatı çelikleri için, elastisite modülü $E_s = 2 \times 10^5$ MPa ve kopma birim uzaması $\epsilon_{su} = 0.1$ alınır.

Taşıma gücüne erişildiği sıradaki beton basınç bölgesindeki gerilme dağılımı için, geçerliliği deneysel verilerle kanıtlanmış herhangi bir dağılım kullanılabilir. Ancak, hesaplarda kolaylık sağlamak amacıyla, gerçek basınç gerilmesi dağılımı yerine, aynı değeri sağlayacak olan eşdeğer dikdörtgen basınç bloğu kullanılabilir. Blok genişliği olarak, eşdeğer basınç şiddeti olan $0.85f_{cd}$ alınır. Blok derinliği, tarafsız eksen derinliğinin, k_1 katsayısıyla çarpılmasıyla bulunur, $a = k_1 c$. Bu ifade de kullanılacak olan k_1 değerleri, çeşitli beton sınıfları için Çizelge 2.1 de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Beton sınıfına göre k_1 değerleri (TS-500/2000)

Beton Sınıfı	C16	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
k_1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70

SNİP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında kırıcı, bağlayıcı veya diğer nitelik taşıyan tahrip durumlarından koruma sağlanmalı (tahrip öncesinde gereken durumlarda yapı burulması dikkate alınarak mukavemet hesabı yapılmalıdır), yapı şekli dengede kalmalı veya elemanlardaki şekil değiştirmeler önlenmelidir.

Yorulma yıkılması önlenmeli, dış çevrenin olumsuz etkilerinden dolayı meydana gelebilecek aşırı yüklemeler önlenmelidir. Aşındırıcı çevrenin periyodik veya sürekli etkisi, artarda meydana gelecek donma ve erimenin etkileri, yangın etkisi için gerekli tedbirler alınmalıdır.

SNİP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre çeliğin elastisite modülü çeliğin cinsine göre 1.7×10^5 MPa ile 2.1×10^5 MPa arasında değişen değerler ile ifade edilmektedir.

2.1.2 Kullanılabilirlik sınır durumu

Betonarme yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların her birinde göçmeye karşı güvenliğin sağlanmasının yanı sıra, kullanım yükleri altında oluşacak yer değiştirme, şekil değiştirme ve çatlamların TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında tanımlanmış olan sınır değerlerden küçük olması gerekmektedir. Eğilmeye çalışan elemanların diğer taşıyıcı elemanlara ve altında bulunan taşıyıcı olmayan yapı malzemelerine zarar vermemesi için sehim kontrolleri ile iç kuvvetler ya da çevre koşulları sonucu yapı elemanlarında oluşabilecek çatlakların kontrolleri ilgili standartlarda belirtilen ölçütler çerçevesinde açıklanmaktadır.

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, sıcaklık değişimleri ve büzülme etkileri göz önünde bulundurularak, uzunlukları fazla olan hiperstatik yapılarda, üst yapıda genleşme derzleri düzenlenmelidir. Dış etkilere açık yapılarda, derz aralıkları 40 m yi aşmamalıdır. Sıcaklık değişimlerine karşı korunmuş ve uçlarında rijit perde bulunmayan çerçeve türü yapılarda, derz aralığı 60 m ye kadar artırılabilir. Zamana bağlı davranışı göz önüne alan hesapların yapılması veya büzülmeyi azaltan özel önlemler alınması koşuluyla, bu sınırlar aşılabılır. Simetrik olmayan sistemlerde ve simetrik olmasına rağmen iki yanında yanal ötelenmeleri önleyen rijit düşey elemanlar bulunan sistemlerde, derzler arasında kalan blok boylarının daha küçük tutulmasına özen gösterilmelidir.

Sehim hesaplarının yapılmasıyla ilgili betonarme taşıyıcı yapı elemanları olan kiriş ve özellikle döşemeler sehime duyarlı yapı elemanı taşıımıyorsa eleman yüksekliğinin açıklığa oranı, Çizelge 2.2 de verilen sınır değerler üzerinde kalmak koşulu ile sehim hesabı yapılmayabilir. Aksi takdirde ani sehimlerin ve zamana bağlı sehimlerin hesapları yapılmalı ve betonarme yapıda oluşacak sehimler, yapı ömrü boyunca izin verilen sınır değerler içinde kalması sağlanmalıdır.

Çizelge 2.2 : Eğilme elemanlarında sehim hesabı gerektirmeyen (Yükseklik / Açıklık) oranları (TS-500/2000)

Yapı Elemanı	Basit Mesnet	Kenar Açıklık	İç Açıklık	Konsol
*Tek doğrultuda çalışan döşeme	1/20	1/25	1/30	1/10
*İki doğrultuda çalışan döşeme (kısa kenar açıklığı ile)	1/25	1/30	1/35	-
*Dışli döşeme	1/15	1/18	1/20	1/8
*Kiriş	1/10	1/12	1/15	1/5

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında ani sehimlerin yaklaşık hesabı tanımlanmaktadır. Kalıcı ve hareketli yükler altında betonarme eğilme elemanlarının ani sehimleri, açıklığı boyunca hiçbir kesitinde çatlamayan elemanlarda ($M_{max} \leq M_{cr}$) tüm kesit eylemsizlik momenti kullanılarak, çatlayan elemanlarda ($M_{max} > M_{cr}$) ise, Denklem 2.2 den bulunacak etkili eylemsizlik momenti kullanılarak ve mesnet koşulları göz önünde bulundurularak yapı mekaniği ilkelerine göre hesaplanmalıdır.

$$I_{ef} = (M_{cr} / M_{max})^3 I_c + [1 - (M_{cr} / M_{max})^3] I_{cr} \quad (2.2)$$

$$M_{cr} = 2.5 f_{ctd} (I_c / y) \quad (2.3)$$

Kesitin çatlama momenti, Denklem 2.3 e göre hesaplanır. Sürekli kiriş ve döşemelerde, açıklık ve mesnet kesitleri (iki mesnetin ortalaması) için iki ayrı eylemsizlik momenti, Denklem 2.2 den hesaplanmalı ve iki değerin ortalaması, etkili eylemsizlik momenti olarak kullanılmalıdır. Konsollarda ise, mesnet kesiti eylemsizlik momenti kullanılmalıdır.

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, betonarme yapılarda sünme ve büzülme etkisi ile oluşan zamana bağlı ek sehimler hesabının detayları verilmektedir. Kesin hesaba gerek duyulmayan durumlarda, zamana bağlı sehimleri de içeren toplam sehim, Denklem 2.4 ve Denklem 2.5 den hesaplanmalıdır.

$$\delta_t = \delta_i + \delta_{ig} \lambda \quad (2.4)$$

$$\lambda = [\gamma_t / (1+50\rho')] \quad (2.5)$$

Denklem 2.5 deki γ_t katsayısı, kalıcı yüklerin etkime süresine göre Çizelge 2.3 den alınmalıdır. Denklem 2.5 deki ρ' ifadesi kesitte bulunan basınç donatısı oranıdır.

Çizelge 2.3 : Kalıcı yük süre katsayısı (TS-500/2000)

Yükleme süresi	Süre katsayısı γ_t
5 yıl ve daha fazla	2.0
12 ay	1.4
6 ay	1.2
3 ay	1.0

TS-500/2000 yönetmeliğinde belirtilen koşullara göre, eğilme elemanlarında izin verilebilecek sehim sınırları, serbest açıklığa bağlı olarak Çizelge 2.4 de verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Sehim sınırları (TS-500/2000)

Eğilme elemanı ve yeri	Sehim nedeni	Açıklık / Sehim
Bölme duvarsız çatı elemanları	Hareketli yüklerden oluşan ani sehim	$\ell_n / 180$
Bölme duvarsız normal kat elemanları	Hareketli yüklerden oluşan ani sehim	$\ell_n / 360$
Bölme duvarlı (Bölme duvar bulunan veya büyük sehimden etkilenebilecek elemanlar taşıyan) çatı ve normal kat elemanları	Sürekli yüklerden oluşan toplam sehim ile hareketli yüklerin geri kalan bölümünden oluşan ani sehim toplamı	$\ell_n / 480$
Bölme duvarlı çatı ve normal kat elemanları		$\ell_n / 240$

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğine göre sehîm kontrolleri, konstrüktif, konfor ve estetik açıdan Çizelge 2.5 e göre kontrol edilmesi gerekmekte olup bu değeri aşmamalıdır. Burada $\ell_n=24(12)$ ile ifade edilen değerde, eğer makas yüksekliğı 6 m küçükse parantez içerisindeki değeri, değilse parantez dışındaki değeri kullanılır.

Çizelge 2.5 : Çeşitli durumlarda sehîm sınırları (SNIP 2.03.01-84)

Taşıyıcı yapı elemanı	İstenen şartlar	Maksimum düşey sehîm δ_t	Sehîmin oluşmasına neden olan yükleme
1. Kiriş, makas, döşeme			
a) Kaplama olmayan döşemede, ℓ_n m			
$\ell_n \leq 1$	Estetik	$\ell_n/120$	Sabit ve uzun süreli hareketli yükler
$\ell_n = 3$		$\ell_n/150$	
$\ell_n = 6$		$\ell_n/200$	
$\ell_n = 24 (12)$		$\ell_n/250$	
$\ell_n \geq 36 (24)$		$\ell_n/300$	
b) Döşeme üzerinde kaplama, şap, örtü gibi malzemelerin olması durumunda	Konstrüktif	$\ell_n/150$	Sabit ve uzun süreli hareketli yükler
2. Döşeme ve merdivenin sehîmine başka bir elemanın etki etmediğı durumlarda	Konfor	0,7 mm	1 kN değeriinde tekil yük

Kullanılabilirlik sınır durumu açısından binalardaki çatlakların ilgili yönetmeliklere göre sınırlandırılması ve kontrol edilmesi gerekmektedir.

Yapıların görünüşünü bozacak veya donatının korozyonuna neden olabilecek genişlikte çatlakların oluşmasına izin verilmemelidir. Kesitlerinde, dış yüklerden oluşan eğilme, kesme ve burulma gibi iç kuvvetler yanında, genişleme ve büzülme gibi hacimsel şekil değıştirmelerin kısıtlanması veya mesnet hareketleri ile ortaya çıkan çekme gerilmelerinin belli sınırları aşması ile oluşan çatlakların genişlikleri, elemanların bulundukları ortama göre, Çizelge 2.6 da verilen değeri geçmemelidir.

Çizelge 2.6 : Çatlak genişliğı sınırları (TS–500/2000)

Ortam	w_{max}
Yapı içi normal çevre koşulları	0.4 mm
Yapı içi nemli ve yapı dışı normal çevre koşulları	0.3 mm
Yapı dışı nemli çevre koşulları	0.2 mm
Yapı içi ve dışı agresif çevre koşulları	0.1 mm

Aşağıda belirtilen koşulların tümünün sağlandığı durumlarda, çatlak kontrolü yapılmayabilir.

– Nervürlü donatı kullanılmış olmalıdır;

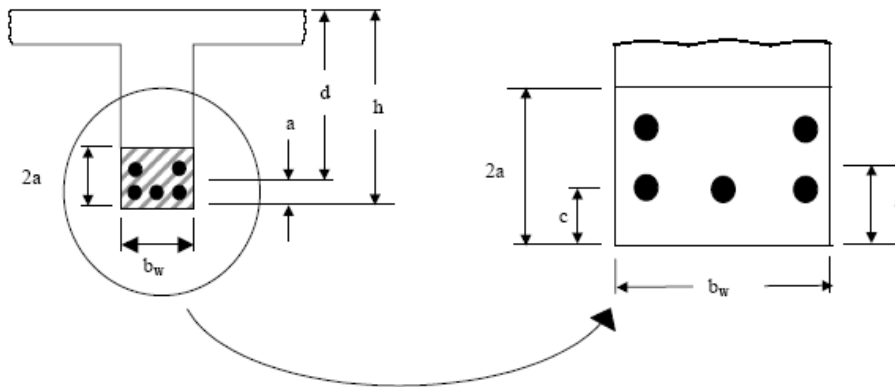
- Betonarme elemanların çekme bölgelerinde, TS–500/2000 de verilen minimum donatı koşulu sağlanmış olmalıdır;
- Zararlı etkili çevre koşulları bulunmamalıdır;
- Donatı aralıkları, 200 mm yi aşmamalıdır.

Çizelge 2.6 da sınırları belirtilen, tasarım çatlak genişliği ($\omega_{\max}$), nervürlü donatı için Denklem 2.6 ile hesaplanır. Düz donatı için bu değer 1.7 ile çarpılarak artırılır. Donatı gerilmesi (σ_s), yük katsayısıyla çarpılmamış yükle hesaplanmalıdır. Ancak, bu değer yaklaşık olarak $0.7f_{yd}$ olarak da kullanılabilir.

$$\omega = 1.3 (A_t c)^{1/3} \sigma_s \times 10^{-5} \quad (2.6)$$

Şekil 2.1 de tanımlanmış olan A_t , elemanlarda her bir çekme çubuğuna düşen etkili beton alanıdır. Donatı çapları farklı olduğunda, toplam donatı alanı, oradaki en büyük çaplı çubuk alanına bölünerek bulunan eşdeğer “n” (çubuk sayısı) değeri kullanılmalıdır.

Elemandaki toplam çekme donatısı, hesapça gerekli olanın 1.2 katından daha fazla ise, çatlak genişliği bu oranda azaltılabilir.



Şekil 2.1 : Çatlama bölgesinde donatı çevresi (TS–500/2000)

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında, çatlak oluşması ve bunların aşırı veya uzun sürede açık bırakılması, eğer işletme koşullarına göre çatlakların oluşması ve yapının taşıyıcı elemanlarının aşırı yer değiştirmesi önlenmelidir.

Çalışılan koşullar ve kullanılan donatı cinsine göre yapı çatlama direnci üç sınıfa ayrılmakta ve RS yönetmeliğine göre aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

—1.sınıf: Çatlak kabul edilemez.

—2.sınıf: Sonradan güvenli sıkıştırılma (kapatma) sağlanmak üzere enine sınırlandırılmış kabul edilebilir değerde olan ve uzun sürmeyen çatlak oluşması kabul edilebilir.

—3.sınıf: Enine doğrultuda sınırlandırılmış kabul edilebilir değerde olan uzun sürmeyen veya uzun süren çatlak oluşması kabul edilebilir.

Bu sınıflamalara göre binada oluşabilecek çatlaklar için sınır değerler Çizelge 2.7 de verilmiştir. Burada $\omega_{\max,1}$ ve $\omega_{\max,2}$ (mm) değerleri uzun süreli ve kısa süreli hareketli yükler için çatlak genişliklerini ifade etmektedir.

Çizelge 2.7 : Yük durumuna göre çatlak sınırları (SNIP 2.03.01-84)

Konstrüksiyonun çalışma durumu	Betonarme yapılarda yüklerin durumuna göre çatlak oluşma sınır değerleri çatlak $\omega_{\max,1}$ ve $\omega_{\max,2}$ (mm)
1. Sıvı veya gaz basıncına maruz kalan yapılar	
Çekmede	1. sınıf
Basınçta	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,3$ (kısa süreli yük etkisi) $\omega_{\max,2} = 0,2$ (uzun süreli yük etkisi)
2. Akıcı malzeme (kum vb) etkisinde kalan yapılar	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,3$ (kısa süreli yük etkisi) $\omega_{\max,2} = 0,2$ (uzun süreli yük etkisi)

Betonarme yapılarda donatıların korozyona uğramaması için yapı elemanlarındaki çatlak sınırları ayrıca sınırlandırılmıştır. Bu değerler Çizelge 2.8 de verilmektedir. Burada sınır değerler donatı sınıfına göre ve yükün uzun ya da kısa süreli oluşuna göre farklılık göstermektedir.

Çizelge 2.8 : Donatının korunması için yük durumuna göre çatlak sınırları (SNIP 2.03.01-84)

Konstrüksiyonun çalışma durumu	Betonarme elemanlarda donatının korunması için örtü betonun izin verilen çatlak limit durumları $\omega_{\max,1}$ ve $\omega_{\max,2}$ (mm)		
	A-I, A-II, A-III, A-IIIb ve A-IV B-I ve Bp-I	A-V ve AVI B-II, Bp-II, K-7 ve K-19 (boyuna donatıların 3.5 mm den az olmadığı durumda)	B-II, Bp-II ve K-7 (boyuna donatıların 3 mm den az olduğu durumda), AT-VII
1. Bina içinde	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,4$ $\omega_{\max,2} = 0,3$	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,3$ $\omega_{\max,2} = 0,2$	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,2$ $\omega_{\max,2} = 0,1$
2. Açık havada ve toprakla temas eden ve yer altı suyu bulunan yerlerde	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,4$ $\omega_{\max,2} = 0,3$	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,2$ $\omega_{\max,2} = 0,1$	2. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,2$
3. Toprak altında ve yer altı su seviyesinin değişken olduğu yerlerde	3. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,3$ $\omega_{\max,2} = 0,2$	2. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,2$	2. sınıf $\omega_{\max,1} = 0,1$

Uzun süreli (sabit) ve kısa süreli yüklerin bir arada etkiyerek çatlak oluşturmaları uzun sürmeyen (devam etmeyen) çatlak oluşması anlamına gelir. Sadece sürekli ve uzun süren yüklerin birlikte çalışması sonucu meydana gelen çatlak uzun süren çatlak (devam eden) oluşması anlamına gelir.

Eğer çatlama dirençlerine 2. ve 3. sınıf şartları uygulanan yapılarda veya bunların parçalarında çeşitli yüklemeler sonucu çatlaklar oluşmazsa, bu takdirde uzun sürmeyen çatlak oluşması ve kapatma (2. Sınıf için) hesabı veya uzun sürmeyen ve uzun süren çatlak oluşması (3. Sınıf için) hesabı yapılmaz.

Betonarme yapılar ile ilgili çatlama direnci için belirtilen şartlar, eleman boyuna aksına göre normal ve eğimli çatlaklara uygulanır.

2.2 Yüklerin Hesap Değerleri ve Yük Kombinezonları

Yapılar, kullanımları sırasında çeşitli yüklere karşı koymak ve bu sırada doğacak iç kuvvetleri karşılamak zorundadırlar.

Betonarme yapıların tasarımında ele alınacak yükler binanın kullanım amacına ve yükün cinsine göre farklılıklar göstermektedir. Yapıya etkiyen yükler genel itibarıyla yapı elemanlarının öz yükleri olan sabit yükler; eşya, insan ve kar yükü olarak hareketli yükler; yatay itki doğuran deprem yükleri, rüzgar yükleri, toprak itkisi, sıvı yükü ve diğer etkiler olarak sıcaklık değişiminden kaynaklanan yükler, büzülme ve

sönmeden kaynaklanan yükler, farklı oturmalar n kaynaklanan yükler olarak sınıflandırılırlar.

TS 498/97 yönetmeliği kapsamında, konutlar, b r lar, resmi daireler, okullar, hastaneler, spor tesisleri, eğlence yerleri, garajlar vb. yapılarıdaki taşıyıcı elemanların (kagir, beton, betonarme, ahşap,  elik vb.) boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değeri açıklanmaktadır. Ayrı olarak sabit yükler, hareketli yükler, kar yükleri, rüzgar yükleri ve buz yükleri hesap değerleri de verilerek anlatılmaktadır.

Betonarme yapıların hesabında kullanılacak yüklerin anlatıldığı SN P 2.01.07–85 yönetmeliği kapsamında, projelendirme içi yapılırken yapı inşaatı ve i letimi, inşaat yapıları üretimi, depolanması ve nakliyesi esnasında meydana gelebilecek yükleri hesaba almak gerekmektedir.

Belli bir yük çeşidi yönetmelikte tarif edilen değerlerle nitelendirilmektedir. İnsan, hayvan ve inşaat ekipmanlarından konut, kamu ve sanayi bina d  emelerine, köprü ve vinçlerden, kar yüklerine ve iklim sıcaklık etkilerine kadar farklı yük etkileri tanımlanmaktadır.

Hesaplanan yükün standart değerinin ilgili sınır haline uygun olan sağlamlık katsayısı ile çarpımını hesaplanan yük değeri olarak kabul etmek gerekmektedir.

Yük katsayıları için, taşıma gücü ve stabilite hesaplanmasında ilgili yönetmelikte belirtilen değerler kullanılır. Kullanılabilirlik sınır durumu hesaplarında 1'e eşit, deformasyon hesaplanmasında eğer yapı ve temel projeleme normlarında diğer değerler kullanılmamaktaysa 1'e eşit kabul edilmektedir. Diğer sınır hal  e itleri hesaplanmasında yapı ve temel projeleme normlarına göre statik bilgiler mevcut olması durumunda önceden verilen açma olasılığına göre hesaplanan yük değerleri direk bulunabilir.

Yapı inşaat şartlarını sağlamak için yapı ve temel hesaplanmasında kullanılacak kar, rüzgar, buz yükleri ve iklim sıcaklık etki değerlerini %20 düşürmek gerekir.

Yangın, patlama ve çarpma gibi durumlarda sağlamlık ve denge hesaplanmasına gerek duyulurken bütün dikkate alınan yükler için y k katsayısının 1'e eşit olduğunu kabul etmek gerekmektedir.

SN P 2.01.07–85 yönetmeliği kapsamında, yükler, y k etki süresine göre sürekli ve geçici (sürekli, kısa süreli, özel) olarak sınıflandırılmaktadır.

2.2.1 Sabit yükler

Yapılarda zamana bağlı olarak değişmeyen, yapının ömrü boyunca yapı elemanlarına etkide bulunacak beton, demir, tuğla, seramik, şap, sıva vb. yapı malzemelerinin yükleridir. Bu malzemelerin yoğunlukları TS ISO 9194–1997 Ek A yönetmeliğinde belirtilmektedir ve bir kısım malzemenin yoğunluk değerleri Çizelge 2.9 da görülmektedir.

Çizelge 2.9 : Yapı malzemelerinin yoğunluk değerleri (TS ISO 9194–1997 Ek A)

Malzeme / Yoğunluk	Yoğunluk	Tasarım Yüğü
	(kg/m ³)	(kN/m ³)
Betonarme betonu	2500	25.0
Tesviye betonu	2200	22.0
Sıva (kireçli çimento harcı)	2000	20.0
Mermer	2700	27.0
Meşe ağacı	690	6.9
Kayın ağacı	680	6.8
Isı yalıtımlı gaz beton	600	6.0
Dolu tuğla duvar	1900	19.0
Boşluklu tuğla duvar	1450	14.5
Gaz beton dolgu duvar	700	7.0
Gaz beton taşıyıcı duvar	1300	13.0
Granit taş duvar	2800	28.0

Betonarme yapıların inşası sırasında yapı elemanlarının kendi ağırlıklarını hangi zaman aralığında taşımaya başlayacağını bilmesi eleman mukavemetinin istenen düzeyde sağlanması ve öngörölmeýen büyük sehimlerin oluşmasını önlemek açısından önemlidir.

Bilgisayar destekli çözüm sistemi ile yapılan hesaplarda bu sabit yükler doğrudan yapı elemanlarının boyut ve özelliklerine bağlı olarak tanımlanabilir ya da elemanlara dış yük olarak aktarılabilir.

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliğine göre sabit yükler sürekli yük olarak tanımlanmaktadır. Sabit yük olarak yapıyı oluşturan taşıyıcı ve taşınan elemanların tümünün kendi ağırlığı ve toprak ağırlığı tanımlanmaktadır. Malzeme ağırlıkları bu standart kapsamında verilmemiştir.

2.2.2 Hareketli yükler

Yapıya etki eden hareketli yükler kullanım amacına göre insan yükleri, makine yükleri, eşya yükleri ve kar yükleri gibi sınıflandırılan yüklerdir. Binaların işlevlerine göre yapının mekanlarında farklı değerler alırlar. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri Çizelge 2.10 da tarif edildiği şekilde kullanılmaktadır.

Çizelge 2.10 : Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri (TS-498/97)

Kullanma Şekli				Hesap Değeri (kN/m ²)
	ÇATILAR Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	
1		Çatı arası odalar		1.5
2	Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m ² 'ye kadar olan dükkanlar, hastane odaları		2.0
	ÇATILAR Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	
3	Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, yatakhaneler, anfiler	Konut Merdivenleri	3.5
4		– Camiler – Tiyatro ve sinemalar, – Spor dans ve sergi salonları, – Tribünler (oturma yeri sabit olan) – Toplantı ve bekleme salonları – Mağazalar, – Lokantalar – Kütüphaneler – Arşivler – Hafif ağırlıklı atölyeler – Büyük mutfaklar, kantinler – Mezbahalar – Fırınlr, – Büyükbaş hayvan ahırları – Balkonlar 10 m²'ye kadar – Büro, hastane okul, tiyatro sinema kütüphane depo vb. genel yapı koridorları	Umuma açık yapılarda büro hastane okul, tiyatro, kütüphane kitaplık vb.	5.0
5		– Tribünler (Oturma yeri sabit olmayan)		7.5
6		– Garajlar (Toplam ağırlığı 2.5 tona kadar olan araçlar için)		5.0

Çizelge 2.10 daki merdiven basamakları için verilen hareketli yük değerlerinin hesaplarda geçerli olabilmesi için, yükün düzgün yayılı şekle dönüşmesini sağlayan bir konstrüksiyon yapılmış olması gerekmektedir. Örneğin her basamağın rıht ile bağlantısı sağlanmalı veya sahanlıkları birleştiren kirişe oturmalı ya da merdiven boşluğu duvarlarına ankastre bağlanmalıdır.

Hareketli yük azaltması, en az üç tam kattan fazla yük taşıyan kolon, bağ kirişi, perde duvarı, temel duvarı ve bunun gibi yapı elemanlarının hesaplanmasında ve buna eşdeğer zemin basıncı belirlenmesinde gerekli olan her kat hareketli yükünün toplanarak sonucun TS-498/97 yönetmeliğine göre uygulanmalıdır. Ağır sanayi atölyeleri, imalâthaneler ve depolarda böyle bir yük azaltmasına müsaade edilmemektedir.

Belirtilen üç kattan en fazla yüklenenindeki hareketli yük hesaba tam olarak alınır. Buna karşılık, belirtilen yapı kısmından diğer katlara kademeli olarak azalan bir şekilde hareketli yükün aktarılmasına müsaade edilir. Bu miktar toplam hareketli yükün belli bir kısmı kadardır ve % eksiltme değeri veya ona bağlı olarak azaltma değeri (β) olarak Çizelge 2.11 de verilmiştir.

TS-498/97 yönetmeliği kapsamında % eksiltme değeri; konutlarda, büro ve iş merkezlerinde %20 den %80'e kadar; hafif çalışma yapılan işyeri, atölye imalathane ve mağazalarda bu miktar %10'dan %40'a kadar olabilir.

Her kattan gelen hareketli yüklerin aynı olması halinde Çizelge 2.11 deki % eksiltme ve toplam hareketli yüke göre azaltma değeri (β) hesapla öngörülen hareketli yükün toplam hareketli yüke oranı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.11 : En az üç tam kattan fazla yük taşıyan yapı elemanları için % eksiltme değeri ve azaltma değeri, β (her tam katta aynı hareketli yük olması halinde) (TS-498/97)

a) Konut vs.													
	Kat sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	% eksiltme değeri	0	0	0	20	40	60	80	80	90	40	40	40
2	Azaltma değeri (β)	1	1	1	0.95	0.88	0.8	0.71	0.65	0.6	0.6	0.6	0.6

Çizelge 2.11 : (devam) En az üç tam kattan fazla yük taşıyan yapı elemanları için % eksiltme değeri ve azaltma değeri, β (her tam katta aynı hareketli yük olması halinde) (TS-498/97)

b) Atölye, işyeri, imalathane vs.													
3	% eksiltme değeri	0	0	0	10	20	30	40	40	40	20	20	20
4	Azaltma değeri (β)	1	1	1	0.98	0.94	0.9	0.86	0.83	0.8	0.8	0.8	0.8

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliğine göre tanımlanan hareketli yükler Çizelge 2.12 de gösterilmektedir. Bu çizelgede ayrıca azaltma değerleri de verilmektedir.

Çizelge 2.12 : Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri (SNİP 2.01.07–85)

Kullanım Şekli	Hesap Değeri (kN/m ²)	
	Tam	Azaltılmış
1. Konut odaları, kreş ve yatılı okul yatak odaları, dinlenme evi ve pansiyon otel, yurt ve otel konut odaları, hastane ve dinlenme evi odaları, teraslar	1.5	0.3
2. Kurum ve kuruluşlarda idare personeli, mühendis ve tekniker, bilim adamlarına ait hizmete mahsus odalar, eğitim kurumları sınıf odaları, sanayi kuruluşları ve kamu bina ve tesislerine ait yardımcı odalar (vestiyer, duş, lavabo ve wc odaları)	2	0.7
3. Sağlık kurumları çalışma odaları ve laboratuvarları, bilim ve eğitim kurumları laboratuvarları, bilgisayar odaları, kamu binaları mutfakları, teknik katlar, bodrum mahalleri	En az 2.0	En az 1.0
4. Salonlar		
a) Okuma	2	0.7
b) Öğlen yemeği (kafe, restaurant ve yemekhanelerde)	3	1
c) Toplantı, bekleme, seyirci, spor	4	1.4
d) Satış, sergi ve fuar	En az 4	En az 1.4
5. Kitap deposu, arşivler	En az 5.0	En az 5.0
6. Seyretme faaliyetleri sahneleri	En az 5.0	En az 1.8
7. Tribünler		
a) Sabit koltuklu	4	1.4
b) Duran seyirciler için	5	1.8
8. Çatı odaları	0.7	-
9. Kısımlardaki örtmeler		
a) Muhtemel kalabalık için (imalathane, salon ve oditoryum için)	4	1.4
b) Dinlenenler için	1.5	0.5
c) Diğer durumlar için	0.5	-
10. Yükler dikkate alınarak balkonlar (kapalı balkonlar)		
a) balkon (kapalı balkon) korkulukarı boyu 0.8 m enli düzgün şerit	4	1.4
b) 10 a konumuna nazaran etkisi daha elverişsiz düzgün balkon (kapalı balkon) alanı	2	0.7
11. İmalathanelerdeki ekipman bakım ve onarım mekanları	En az 1.5	-
12. Aşağıdaki konumlarla bitişik giriş holler, fuaye, koridorlar, merdivenler (bunlara ait koridorlarla birlikte)		
a) 1, 2 ve 3	3	1

Çizelge 2.12 : (devam) Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri
(SNİP 2.01.07–85)

Kullanım Şekli	Hesap Değeri (kN/m ²)	
	Tam	Azaltılmış
b) 4, 5, 6 ve 11	4	1.4
c) 7	5	1.8
13. Tren istasyonu peronları	4	1.4
14. Hayvan mekanları		
Ufak hayvan	En az 2.0	En az 0.7
İri hayvan	En az 5.0	En az 1.8

Döşeme, çatı, merdiven ve balkonların (kapalı balkon) taşıyıcı elemanlarına kenar uzunlukları 10 cm aşmayan kare şeklindeki alanda elverişsiz biçimde tekil dikey yük (diğer geçici yük olmaması kaydıyla) yüklenerken kontrol edilmelidir. Eğer teknik çözümlere dayanılarak tekil yüklerle ilgili daha yüksek karakteristik değerler öngörülmemişse, o zaman bunların aşağıdaki yüklere eşit olduğunu kabul etmek gerekir.

— Döşeme ve merdivenler için 1.5 kN.

— Çatı döşemesi, örtmesi, terası ve balkonları için 1.0 kN

— Sadece servis merdiveni vasıtasıyla üstünde yürünebilen çatılar için 0.5 kN

İnşaat ve işletim esnasında ekipman ve taşıma araçlarından gelebilecek lokal yükler için tasarlanan elemanlara belirtilen tekil yük denetlenmesi uygulanmayabilir.

Merdiven ve balkon yanal yüzlerine gelen yatay yüklerin karakteristik değerleri aşağıdaki gibi kabul etmek gerekir.

— Konut ve kreş binaları, dinlenme tesisleri, dinlenme evleri, hastaneler ve diğer tıbbi müesseseler için 0.3 kN/m

— Tribün ve spor salonları için 1.5 kN/m

— Özel şartlar olmaması kaydıyla diğer bina ve odalar için 0.8 kN/m

2.2.3 Kar yükü

TS–498/97 yönetmeliği kapsamında kar yükü hesap değeri (P_k) için alınacak yük, kar yağışı artış şartlarına göre değişkenlik gösterir. Kar yükü (P_{ko}), hareketli yük sınıfına

girer. Bunun bağılı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik şartlardır. Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.

30° ye kadar eğimli çatılarda kar yükü hesap değeri (P_k), kar yükü (P_{ko}) değerine eşit kabul edilir ve çatı alanının plandaki düzgün yayılı yükü olarak dikkate alınır.

Yatayla α açısı kadar eğim yapan ve kar kaymasının engellenmediği çatılarda kar yükü hesap değeri Denklem 2.7 ve Denklem 2.8 deki gibi hesaplanır.

$$P_k = m P_{ko} \quad (2.7)$$

$$m = 1 - (\alpha - 30^\circ) / 40^\circ \quad (2.8)$$

Denklem 2.7 ve Denklem 2.8 deki m değerleri Çizelge 2.13 den alınır. Formüllerdeki m değerinin geçerlilik sınırı TS-498/97 yönetmeliğine göre $0 \leq m \leq 1$ dir.

Çizelge 2.13 : Çatı eğimine (α) bağılı olarak azaltma değeri (m) (TS-498/97)

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0-30°	1.0									
30°	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77
40°	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.57	0.55	0.52
50°	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.27
60°	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.07	0.05	0.02

Türkiye sınırları içerisindeki bölgeler kapsamında, kar yükü (P_{ko}) değeri, Şekil 2.2 de verilen kar yağış yüksekliğine göre düzenlenmiş haritadaki bölgelerin numarası ile Çizelge 2.14 deki değerler kullanılarak elde edilir.

Çizelge 2.14 : Zati kar yükü (P_{ko}) değerleri kN/m^2 (TS-498/97)

	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤ 200	0.75	0.75	0.75	0.75
2	300	0.75	0.75	0.75	0.80
	400	0.75	0.75	0.75	0.80
	500	0.75	0.75	0.75	0.85
3	600	0.75	0.75	0.80	0.90
	700	0.75	0.75	0.85	0.95
	800	0.80	0.85	1.25	1.40
4	900	0.80	0.95	1.30	1.50
	1000	0.80	1.05	1.35	1.60
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

Tipik olmayan özel yapımlı çatılarda kar yükü hesap değeri (P_k), yapılacak kar yükü dağılımı deneyi sonucunda belirlenmelidir.

TS-498/97 yönetmeliği ile belirlenmiş hususlar dışında kalacak özellikli bölgeler için o yerdeki kar yağma süresi ve yüksekliğe bağlı olarak Çizelge 2.14 de verilen değerler, varsa meteorolojik ölçmelerden de faydalanarak artırılmalıdır.



Şekil 2.2 : Kar yağış yüksekliği haritası (TS-498/97)

SNİP 2.01.07-85 yönetmeliğine göre çatı yatay izdüşümüne gelen kar yükünün karakteristik değerini Denklem 2.9 ile bulunmaktadır.

$$s = s_0 f \quad (2.9)$$

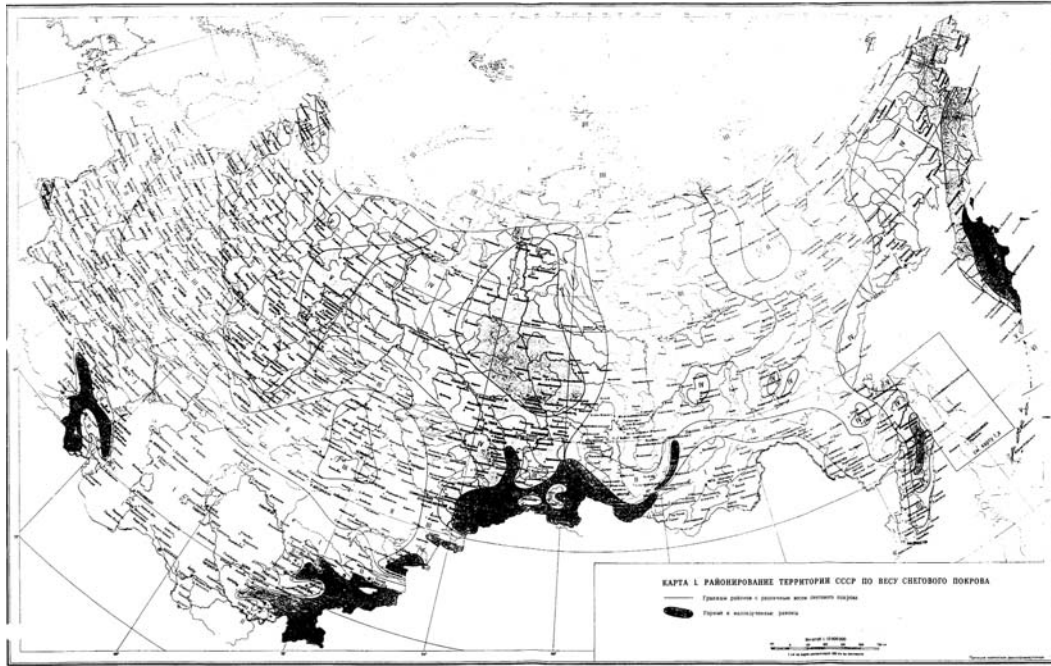
Denklem 2.9 daki s_0 farklı bölgelere göre karakteristik kar yükü değeri, f ise çatı formuna göre değişen yük katsayısını ifade etmektedir. Farklı bölgelere göre değişen s_0 değeri Çizelge 2.15 de gösterilmektedir.

Çizelge 2.15 : Farklı bölgelere göre (s_0) değerleri kN/m^2 (SNİP 2.01.07-85)

Eski SSCB Kar Bölgeleri (Kar bölgeleri haritasına göre)	I	II	III	IV	V	VI
$s_0 \text{ kN/m}^2$	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5

Plak, döşeme, aşık ve belirtilen seçeneklerde kesit ölçüleri belirlenen taşıyıcı yapı elemanları (makas, kiriş, kolon vb.) kaplama hesaplanmasında mecburi nitelikteki arttırılmış kar yük seçeneklerini hesaba almak gerekir. Bina çerçeve ve kolonlar hesaplanmasında, arttırılmış kar yükünün hesaba alınması gereken kaplama yerleri hariç, sadece düzgün yayılı kar yükü hesaba alınabilir.

Kar yükünün hesabı için kullanılan kar bölgeleri haritası Şekil 2.3 de gösterilmektedir.



Şekil 2.3 : Kar bölgeleri haritası (SNİP 2.01.07–85)

Çatı eğimi %3 ün üzerinde olması ve kar sularının gereken şekilde tahliye edilmesinin sağlanması kaydıyla fazla ısıveren atölye yalıtılmamış kaplamalarına gelen kar yükleri belirlenirken katsayı değerlerini %20 düşürmek gerekir.

Kar yükü ile ilgili yük katsayısı 1.4 değerine eşit olarak kabul etmek gerekir. Kaplama yapı elemanı hesaplanmasında hesaba alınan kaplama ağırlığından (sabit donanım ağırlığı dahil) gelen düzgün dağılmış yük karakteristik değeri kar kaplaması ağırlığı karakteristik değeri s_0 , 0.8 den daha düşük oranına sahip elemanlar için yük katsayısını 1.6 ya eşit olarak kabul etmek gerekir.

2.2.4 Rüzgar yükü

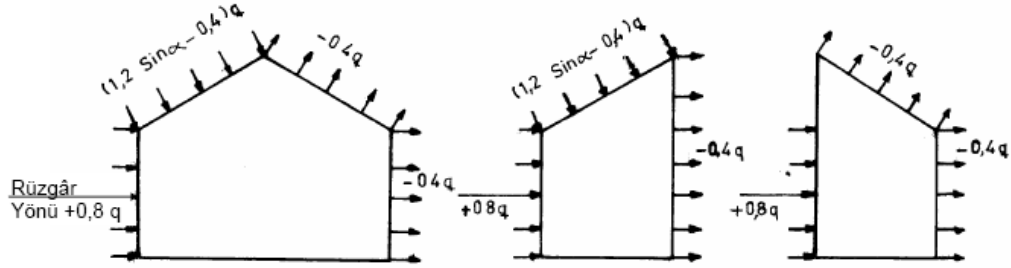
TS-498/97 yönetmeliğine göre rüzgar yükü hesaplarında, rüzgara maruz kalan yapı yüzeyi, yapı çeşidine bağlı aerodinamik yük katsayısı (C_f), yapının zeminden yüksekliğine bağlı rüzgar hızı ve çatı eğimi gibi parametreler hesaba katılan etkilere bağlıdır.

TS-498/97 yönetmeliğinde rüzgâr yükü hesabının, yapının geometrisine bağlı olduğu belirtilmektedir. Bu etkilerin yapı geometrisine göre ele alınış durumu Şekil 2.4 de

gösterilmektedir. Basınç, emme ve sürtünme etkileri birleştirilerek hesaba alınır. Rüzgar yükü değeri Denklem 2.10 ile hesaplanmaktadır.

$$W = C_f q A \quad (\text{kN}) \quad (2.10)$$

Aerodinamik yük katsayısının (C_f) belirlenmesi yapı geometrisine ve rüzgarın esiş yönüne bağlıdır. Rüzgar kanalı deneyinden bu katsayı elde edilir.



Şekil 2.4 : Planda kare kesitli ve eğik çatılı kapalı yapılarda rüzgar yükünün ana taşıyıcı sistem doğrultusunda dağıtımını (TS-498/97)

Rüzgar basıncı TS-498/97 yönetmeliğine göre Denklem 2.11 ile hesaplanmaktadır.

$$w = C_p q \quad (\text{kN/m}^2) \quad (2.11)$$

Denklem 2.11 deki C_p , dikkate alınan yüzey için çeşitli esiş yönüne bağlı olarak belirlenir. Rüzgar basıncı yüzeye dik olarak etki eder.

TS-498/97 yönetmeliği kapsamında emme (hız basıncı, q) Denklem 2.12 ile hesaplanmaktadır.

$$q = (\rho v^2) / 2g \quad (\text{kN/m}^2) \quad (2.12)$$

Yaklaşık olarak hava birim hacim ağırlığını $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ alındığında ve hız (v) da m/s cinsinden yerine konulduğunda Denklem 2.13 elde edilmektedir.

$$q = v^2 / 1600 \quad (\text{kN/m}^2) \quad (2.13)$$

Rüzgar basıncı hesaplarında kullanılan C katsayısı ve rüzgar yükünün yapının birim alanına göre dağılımı değerleri (basınç + emme) Çizelge 2.16 da verilmiştir.

Çizelge 2.16 : C katsayısı ve rüzgâr yükünün yapının etkilenen yüzeyinin birim alanına göre dağılımı (basınç + emme) (TS-498/97)

Yapı Cinsi	Katsayı C	Rüzgâr Yükü W = c.q			
		q=0.5 kN/m ²	q=0.8 kN/m ²	q=1.10 kN/m ²	q=1.30 kN/m ²
1) Düzlemsel yüzeyler ile sınırlandırılmış yapı elemanları (Madde 2 istisna) 1.1)Kapalı Yapı Elemanları 1.1.1)Rüzgar yönüne dikey yüzeylerde a)Genel olarak b)Kule tipi yapılarda 1.1.2)Rüzgar yönüne α açısı yapan eğimli yüzeylerde a)Genel olarak b)Kule tipi yapılarda	1.2 1.6 1.2 Sin α 1.6 Sin α	0.60 0.80 0.60 Sin α 0.80 Sin α	0.96 1.28 0.96 Sin α 1.26 Sin α	1.32 1.76 1.32 Sin α 1.32 Sin α	1.56 2.08 1.56 Sin α 1.56 Sin α
1.2)Kapalı Olmayan Yapı Elemanlarında 1.1.1 ve 1.1.2 deki verilen değerler geçerlidir. Yalnız gayri müsait durumu vermesi halinde bu yükler için ikinci bir hesap daha yapılmalıdır. Bu hesapta rüzgâr yükü çatı iç kısım yüzeyine dik olarak alınır. 1.3) Zemin üzerinde serbest duran duvarlar -Genel olarak yüksekliği, ortalama genişliğin 5 katı olan duvarlar 2)Taşıyıcı sistemler ve taşıyıcı dolu duvarlar	1.2 1.6	0.60 0.80	0.96 1.28	1.32 1.76	1.56 2.00
2.1)Taşıyıcı bir duvar, ardarda sürekli olan taşıyıcı duvarlardan en öndeki ve diğer duvarların etkilenecek kısmı için a)Rüzgar yönüne dikey yüzeylerde b)Rüzgar yönüne α açısı yapan eğimli yüzeylerde	1.6 1.6Sin α	0.80 0.80 Sin α	1.28 1.28 Sin α	1.76 1.76 Sin α	2.08 2.08 Sin α
2.2)Ardarda olan taşıyıcı duvarlarda en öndeki duvar tarafından yüzeyi kapatılan ikinci taşıyıcı duvar ve diğerlerinin rüzgar yönünde rüzgara maruz kalmaları halinde a)taşıyıcı sistemlerdeki aralıkların sistem	0	0	0	0	0

Çizelge 2.16 : (devam) C katsayısı ve rüzgâr yükünün yapının etkilenen yüzeyinin birim alanına göre dağılımı (basınç + emme) (TS–498/97)

Yapı Cinsi	Katsayı C	Rüzgâr Yükü W = c.q			
		q=0.5 kN/m ²	q=0.8 kN/m ²	q=1.10 kN/m ²	q=1.30 kN/m ²
genişliğinden küçük olması ve taşıyıcı dolu duvarların taşıyıcı yüksekliğinden küçük olması halinde					
b)Taşıyıcı aralıkları büyük ise					
I)Rüzgar yönüne dikey yüzeylerde	1.2	0.60	0.96	1.32	1.56
II)Rüzgar yönüne α açısı yapan eğimli	1.2 Sinα	0.60 Sinα	0.96 Sinα	1.32 Sinα	1.56 Sinα

Çizelge 2.16 daki kule tipi yapılar ile ilgili olarak, bir yapının kule tipinde yapı olduğunun kabulü için cephelerin yüksekliği ortalama yapı genişliğinin en az 5 katı olmalıdır. Buna ek olarak Çizelge 2.16 da ifade edilen kapalı olmayan yapı elemanı, bir cephesinden veya bütün cephelerinden açık olan veya açılabilir şekilde olan, ya da bir veya birçok yerinden en az 1/3 oranında açıklıklar olan yapı anlamına gelmektedir.

Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve emme değerleri Çizelge 2.17 de verilmiştir.

Çizelge 2.17 : Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve emme (TS–498/97)

Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı v (m/s)	Emme q (kN/m ²)
0 - 8	28	0.5
9 - 20	36	0.8
21 - 100	42	1.1
> 100	46	1.3

45° ye kadar eğimli çatılarda kar yükü (P_k) ve rüzgâr yükünün (W) aynı anda etkimesi halinde hesap kolaylığı olarak ve yeterli yaklaşımla TS–498/97 yönetmeliğine belirlenen Denklem 2.14 ve Denklem 2.15 den en elverişsiz sonucu veren duruma göre hesap yapılır.

$$P_k = W / 2 \quad (2.14)$$

$$W = P_k / 2 \quad (2.15)$$

TS–498/97 yönetmeliğine göre 45° den fazla eğimli çatılarda ise, aynı anda etkileyen kar ve rüzgarın etkisinin Denklem 2.14 ve Denklem 2.15 ile hesaplanabilmesi için,

kar birikintileri meydana gelen tipteki çatılar (mesela çatı tipi değişik olan fabrika çatılarında vb.) veya yoğun kar yağışlı bölgeler olması gereklidir.

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliğine göre yapıya gelen rüzgar yükünü aşağıdaki unsurların toplamı olarak ele almak gerekir.

- a) Yapı veya yapı elemanının dış yüzeyine yüklenen normal basınç, (ω_e)
- b) Yapının dış yüzeyini teğet geçen ve onun yatay veya dikey izdüşümü alanına gelen sürtünme yükleri, (ω_f)
- c) İçinden geçilebilen, açılabilen veya sürekli açık boşluklara sahip binaların iç yüzeylerine gelen normal basınç, (ω_i)

Bunlara ek olarak x ve y aksları yönünde yapı toplam dayanımından kaynaklanan ve ilgili aksa dikey yöndeki düzlemin bina izdüşümüne fiktif olarak yüklenen rüzgar yükünü normal basınç ω_x ve ω_y olarak almak gerekir.

$h/d > 10$ şartına uygun olan izafi ölçülere sahip yüksek yapılar projelenmesinde ilaveten kontrol amacıyla girdap etkisi (rüzgar rezonansı) hesabını yapmak gerekir. Burada h, yapı yüksekliği, d ise $h.2/3$ seviyesinde bulunan enine kesitin asgari ölçüsünü tanımlamaktadır.

Ortalama ve titreşim bileşenlerinin toplamı olarak rüzgar yükünü bulmak gerekir.

İç basınç ω_i , 40 metre kadar yüksekliğinde çok katlı bina, 36 metre kadar yüksekliğinde yükseklik/açıklık oranı 1.5 ten az olan A ve B tipi bölgelerinde yer alan tek katlı binaların hesaplarında rüzgar yükü titreşim bileşeni hesaba alınmayabilir.

Yer üstünde z yüksekliğindeki rüzgar yükü ortalama bileşeninin normatif değerini Denklem 2.16 daki formülle bulmak gerekir.

$$\omega_m = \omega_0 k c \quad (2.16)$$

Denklem 2.16 da ω_0 , rüzgar basıncı normatif değeri; k, yüksekliğe göre rüzgar basıncının değişmesini hesaba alan katsayı; c, aerodinamik katsayısıdır.

SSCB rüzgar bölgelerine göre rüzgar basıncı karakteristik değerleri Çizelge 2.18 de gösterilmektedir.

Çizelge 2.18 : SSCB Rüzgar bölgelerine göre rüzgar basıncı değerleri, ω_0 kN/m² (SNİP 2.01.07–85)

SSCB Rüzgar Bölgeleri (Rüzgar bölgeleri haritasına göre)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
ω_0 kN/m ²	0.17	0.23	0.3	0.38	0.48	0.6	0.73	0.85

Z yüksekliğine göre rüzgar basıncının değişmesini hesaba alan katsayı (k) Çizelge 2.19 daki gibi bölge tipine göre alınır.

A – Deniz, göl ve suni göl açık sahilleri, çöl, bozkır, bozkır ve ormanlar.

B – Şehir arazileri, geniş orman alanları ve 10 m üzerindeki yüksekliğe sahip düzgün engeller dolu diğer bölgeler.

C – 25 m üzerinde yüksekliğe sahip binalar olan bölgeler.

Çizelge 2.19 : Z yüksekliğine göre rüzgar basıncının değişmesini hesaba alan katsayı (k) (SNİP 2.01.07–85)

Yükseklik z, metre	Bölgeler için k katsayısı		
	A	B	C
≤5	0.75	0.5	0.4
10	1	0.65	0.4
20	1.25	0.85	0.55
40	1.5	1.1	0.8
60	1.7	1.3	1
80	1.85	1.45	1.15
100	2	1.6	1.25
150	2.25	1.9	1.55
200	2.45	2.1	1.8
250	2.65	2.3	2
300	2.75	2.5	2.2
350	2.75	2.75	2.35
≥480	2.75	2.75	2.75

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliğine göre kullanılan rüzgar bölgelerinin tanımlandığı harita Şekil 2.5 de gösterilmektedir.



Şekil 2.5 : Rüzgar bölgeleri haritası (SNİP 2.01.07–85)

2.2.5 Buz yükü

TS–498/97 yönetmeliğine göre genel olarak geçerli bir buz yükü değeri verilememektedir. Çünkü buz oluşumu çok değişkene (rüzgar yönü, yükseklik, nem, hava sıcaklığı, yapı malzemesi cinsi vs. gibi) bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

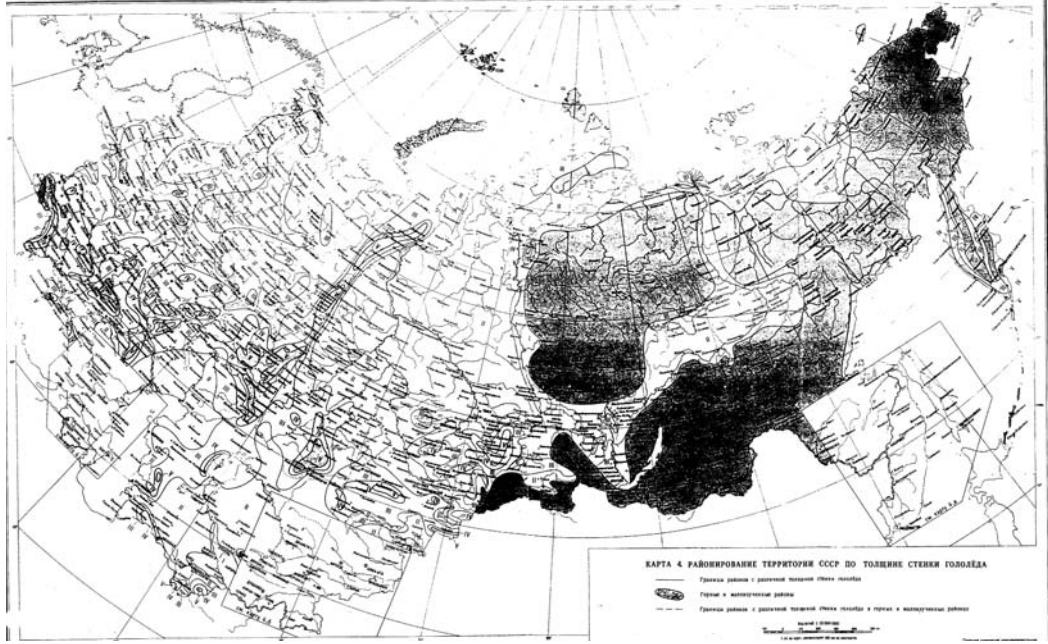
Buz yükü değerinin hesaba katılması gerekiyorsa ve bunun için yeterli veri bulunmuyorsa, buzlanma tehlikesine maruz kalacak bölgelerde deniz seviyesinden 400 m ve daha yüksekteki yerler için buzlanmaya maruz kalacak yapı elemanlarının bütün yüzeylerinin 3 cm kalınlıkta buz ile kaplı olduğu kabul edilir. Buz birim hacim ağırlığı 7 kN/m^3 alınır.

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliği kapsamında buz yükünün bulunması için farklı bölgelere göre çizelgeler verilmiştir. Farklı bölgelere göre hesaba alınması gereken buz cidar kalınlıkları Çizelge 2.20 de verilmektedir.

Çizelge 2.20 : SSCB Buzlanma bölgelerine göre buzlaşmış cidar kalınlığı (SNİP 2.01.07–85)

SSCB Buzlaşma Bölgeleri (Buzlaşma bölgeleri haritasına göre)	I	II	III	IV	V
Buzlaşmış cidar kalınlığı b, mm	En az 3	5	10	15	En az 20

Çizelge 2.20 de ifade edilen bölgeler Şekil 2.6 dan alınmalıdır.



Şekil 2.6 : Buzlaşma bölgeleri haritası (SNİP 2.01.07–85)

Yapı yüksekliğine bağlı olmaksızın buzlaşma durumundaki dağlık bölgelerde farklı kotlara göre hava sıcaklığını yönetmelikte belirtilen değerlere göre kabul etmek gerekmektedir. 2000 m üzerindekiiler için - 15 °C, 1000 ile 2000 m arasındakiler için - 10 °C, SSCB’nin diğer bölgelerinde yapı yüksekliği 100 m ye kadar olanlar için - 5 °C, 100 m üzerindekiiler için -10 °C.

TS yönetmelikleri olarak deprem yüklerinin hesabı için D.B.Y.B.H.Y./2007 yönetmeliği kullanılmaktadır.

RS yönetmelikleri kapsamında deprem yüklerinin hesabı SNİP 2.03-04/2001 (Deprem bölgelerinde inşaat) isimli ayrı bir yönetmelikte verilmektedir.

2.2.6 Malzeme katsayıları

Betonarme yapıların hesabında kullanılacak malzemelerin “tasarım dayanımı” değerleri, karakteristik malzeme dayanımı değerlerinin “malzeme katsayısı” ile bölünmesi sonucu azaltılmaktadır. Bunun amacı imalatla kullanılan malzemelerin çeşitli sebeplerle (İşçilik, nakliye, depolama, üretim teknikleri, çevre şartları) özelliklerinde oluşacak azalmaları istatistik verilere dayanarak hesaplarda ele almaktır. Taşıma gücü sınır durumu için beton malzemesinin hesap dayanımları Denklem 2.17 de ve çelik malzemesinin hesap dayanımı Denklem 2.18 de verilmiştir.

Beton

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_{mc} \quad (\text{Basınç}) \quad f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_{mc} \quad (\text{Çekme}) \quad (2.17)$$

Çelik

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{ms} \quad (\text{Basınç-Çekme}) \quad (2.18)$$

TS-500/2000 de verilen koşullar gereği, yerinde dökülen betonlar için $\gamma_{mc} = 1.5$ alınacaktır. Bu katsayı, ön dökümlü betonlar için 1.4 alınabilir. Donatı çeliğinin tüm sınıfları için $\gamma_{ms}=1.15$ alınacaktır. Kullanılabilirlik sınır durumu için hesap yapılırken, genellikle malzeme katsayıları 1.0 alınmalıdır.

Beton için SNİP 2.01.07-85 yönetmeliğinde basınç için $\gamma_{mc} = 1.5$ olarak, çekme için $\gamma_{mc} = 1.3$ olarak verilmiştir. Bu değer kullanılabilirlik sınır durumunda 1.0 alınmalıdır.

SNİP 2.01.07-85 yönetmeliğinde çelik için γ_{ms} değeri donatının sınıfına ve çapına bağlı olarak Çizelge 2.21 de verilmiştir. Bu değer kullanılabilirlik sınır durumunda 1.0 alınmalıdır.

Çizelge 2.21 : Çelik için malzeme katsayıları (SNİP 2.03.01-84)

Donatı	Limit durumlara göre çelik donatı malzeme katsayıları, γ_{ms}	
	1. Limit durum	2. Limit durum
Donatı sınıfları:		
A-I, A-II	1.05	1.0
A-III çap, mm:		
6 - 8	1.1	1.0
10 - 40	1.07	1.0
A-IV, A-V	1.15	1.0
A-VI, A-VII	1.2	1.0
A-IIIb kontrollü:		
Uzatma ve germe	1.1	1.0
Sadece uzatma	1.2	1.0
Düz donatı:		
Bp-I	1.1	1.0
B-II, Bp-II	1.2	1.0
K-7, K-19	1.2	1.0

2.2.7 Yük katsayıları ve yük kombinezonları

Yapıya etkiyen sabit yükler, hareketli yükler, deprem yükleri, rüzgar yükleri, sıcaklık değişiminden kaynaklanan yükler, toprak itkisi ve akışkan basıncının oluşturduğu

yükler belli yük katsayılarıyla çarpılıp, yükleme durumuna göre farklı kombinezonları oluşturularak F_d tasarım kuvveti bulunur ve betonarme yapıların hesabında bu değer kullanılır. Tasarımda yapıya etkimesi düşünülen tüm yük birleşimleri kullanılmalıdır.

Yalnız düşey yüklerin bulunduğu durumlar için kullanılacak yük birleşimi Denklem 2.19 ve Denklem 2.20 de verilmiştir.

$$F_d = 1.4G + 1.6Q \quad (2.19)$$

$$F_d = 1.4G + 1.6Q + 1.2T \quad (2.20)$$

Denklem 2.20 de verilen T, sıcaklık değişimi, büzülme, farklı oturma gibi şekil değiştirmeler ve yer değiştirmeler nedeniyle oluşan yük etkisidir. Bu yük birleşimi, bu tür etkilerin ihmal edilemeyeceği durumlarda göz önüne alınmalıdır.

Rüzgar yükünün hesaplarda göz önüne alınması gerektiği durumlarda Denklem 2.19 ve Denklem 2.20 ile birlikte Denklem 2.21 ve Denklem 2.22 kullanılmalıdır.

$$F_d = 1.0G + 1.3Q + 1.3W \quad (2.21)$$

$$F_d = 0.9G + 1.3W \quad (2.22)$$

Deprem etkilerinin bulunduğu durumlarda Denklem 2.19 ve Denklem 2.20 ile birlikte Denklem 2.23 ve Denklem 2.24 kullanılmalıdır.

$$F_d = 1.0G + 1.0Q + 1.0E \quad (2.23)$$

$$F_d = 0.9G + 1.0E \quad (2.24)$$

Yanal toprak itkisi yükünün ele alınması gerektiği durumlarda Denklem 2.19 ve Denklem 2.20 ile birlikte Denklem 2.25 ve Denklem 2.26 kullanılmalıdır.

$$F_d = 1.4G + 1.6Q + 1.6H \quad (2.25)$$

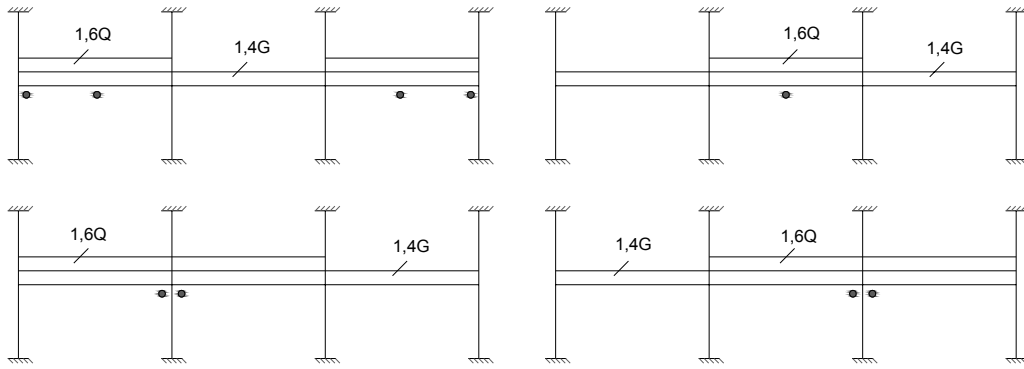
$$F_d = 0.9G + 1.6H \quad (2.26)$$

Akışkan basıncı yükünün tasarımda etkili olduğu durumlarda, bu basınç 1.4 yük katsayısıyla çarpılarak içinde hareketli yük bulunan tüm yük birleşimlerine eklenir.

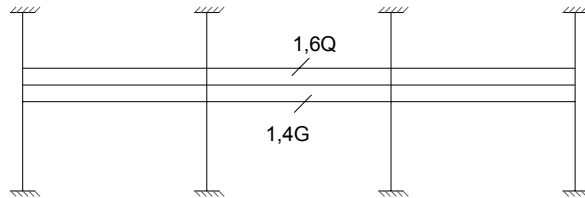
Taşıma gücü sınır durumu için yapılacak olan hesaplarda yukarıda belirtilen yük katsayıları kullanılarak elde edilmiş yük birleşimleri oluşturulur ve hesaplar bu

yükler ele alınarak yapılır. Kullanılabilirlik sınır durumu için tüm yük katsayıları 1.0 alınarak hesap yapılmalıdır.

Çeşitli yük etkilerine göre yük kombinasyonlarında kullanılan yük katsayılarının farklı değerler aldığı görülmektedir. Hareketli yükün tam olarak hesap edilmesi ve değerinin belirlenmesindeki kesinlik sabit yüke göre çok daha az olduğu için yük artırma katsayısı daha büyüktür. Artırılmış bu yükler betonarme bir sistemde farklı yükleme durumları için incelenir ve moment-kesme kuvveti açısından en elverişsiz durum göz önünde bulundurularak sistem çözülür. Sabit ve hareketli yükler için elverişsiz yükleme durumları Şekil 2.7 ve Şekil 2.8 de gösterilmektedir. Burada hangi yükleme durumu için maksimum moment – kesme kuvveti değerlerinin hangi bölgede oluşacağı işaretli olarak belirtilmektedir. Bu bölgelerde oluşan hesap yükleri kullanılarak ilgili yönetmeliklerde belirtilen donatı düzenleme kuralları ile yapı elemanının kesit ölçüleri ve donatı düzeni belirlenir.



Şekil 2.7 : Açıklık ve mesnet momenti için elverişsiz yükleme durumları
(Celep Z., Kumbasar N., 2005)



Şekil 2.8 : Kesme kuvveti için elverişsiz yükleme durumu
(Celep Z., Kumbasar N., 2005)

Sabit yükün bulunmasının yatay yükün taşınmasında faydalı etkisi varsa, sabit yükün belirlenmesinde olabilecek yaklaşıklık düşünülerek yükün azaltılması yoluna gidilmiştir. Buna ek olarak yönetmeliklerde öngörülen deprem ve rüzgar yüklerinin

tam şiddetiyle meydana gelmesi durumunda sabit ve hareketli yük artırılmamış veya sadece %30 arttırılmıştır. Yüklerin artırılmaması durumu deprem etkilerinde, %30 arttırılması durumu rüzgar etkileri ele alındığında kullanılır. Bu durum, arttırılmış yükleme durumlarının ve şiddetli deprem veya rüzgar durumlarının meydana gelme ihtimallerinin küçük olmasına ve bunların beraber meydana gelme olasılıklarının ise çok daha az olmasına bağlanabilir.

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliğine göre sabit yükler için 1.05 güvenlik katsayısı verilmektedir. Fakat sabit yüklerin hesaplanmasında ayrıca her eleman için bir güvenlik katsayısı kullanılmaktadır. Bu katsayı değerleri Çizelge 2.22 de açıklanmıştır. Hareketli yükler (Q) için eğer $Q \geq 200 \text{ kg/m}^2$ ise bu değer 1.2, eğer $Q < 200 \text{ kg/m}^2$ bu değer 1.3 dür. Rüzgar yükü (W) için 1.4, deprem yükü (E) için 1.1, sıcaklık değişimi yükü (T) için 1.1 ve kar yükü için 1.4 değeri kullanılmalıdır. Bununla birlikte hesaplarda alınacak yük birleşimleri için ayrı birer katsayı kullanılmaktadır. Bu değerler aşağıdaki açıklamalarda verilmiştir.

Hesapta alınacak yüklerin kombinasyonları Denklem 2.27 deki gibi kullanılmaktadır. Burada P kar yükünü ifade etmektedir.

$$F_d = 1.05 \times 1.0 G + 1.2 \times 1.0 Q \quad (2.27)$$

$$F_d = 1.05 \times 1.0 G + 1.2 \times 1.0 Q + 1.1 \times 1.0 T$$

$$F_d = 1.05 \times 1.0 G + 1.4 \times 1.0 W$$

$$F_d = 1.05 \times 1.0 G + 1.2 \times 0.9 Q + 1.4 \times 0.9 W + 1.4 \times 0.9 P$$

$$F_d = 1.05 \times 0.9 G + 1.2 \times 0.5 Q + 1.0 \times 1.0 E + 1.4 \times 0.5 P$$

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliği gereğince fabrika üretimli yapı normatif ağırlık değerini, yapı inşaatı ve işletim sırasındaki rutubet oranı dikkate alınarak proje ölçüleri ve malzeme ile zemin izafi ağırlıklarına göre diğer inşaat yapı ve zemin ağırlıklarını bulmak gerekir.

Yapıların öz ağırlıklarının yönetmelikte belirtilen değerlerle çarpılarak artırılması ve dolayısıyla güvenlik elde edilmesi sağlanmış olacaktır.

Çizelge 2.22 de sabit yükler için SNİP 2.01.07–85 yönetmeliğinde tarif edilen yük güvenlik katsayıları gösterilmektedir.

Çizelge 2.22 : Yük güvenlik katsayıları, γ_f (SNİP 2.01.07–85)

Yapılar ve Zemin Çeşitleri	Yük Güvenlik Katsayısı (γ_f)
Yapılar:	
Metal	1.05
Beton (ortalama yoğunluğu 1600 kg/m ³ üzerinde), betonarme, taş, ahşap	1.1
Beton (ortalama yoğunluğu 1600 kg/ m ³ aşağısında), izolasyonlu yapılar, düzeltlen ve ince iş tabakalarından (plaklar, rulo halinde malzemeler, dolgular, şaplar v.s.) yapılar:	
Fabrikada yapılan	1.2
Şantiyede yapılan	1.3
Zeminler:	
Doğal	1.1
Dolgu	1.15

Devirmeye karşı yapı denge denetlenmesi esnasında ve yapı ile zemin ağırlıklarının azalmasından dolayı yapı çalışma koşullarını kötüleştirebilecek diğer durumlarda yapı veya onun parçaları için yük sağlamlık katsayısını $\gamma_f = 0.9$ kabul ederek hesap yapılmalıdır.

Zeminden gelen yük bulunması esnasında depolanan malzeme, ekipman ve taşıma araçlarından zemine gelen yükler hesaba alınmalıdır.

Kendi öz ağırlığından dolayı gerilme değeri %50 oranı üzerindeki metal yapılar için $\gamma_f = 1.1$ kabul etmek gerekir.

SNİP 2.01.07–85 yönetmeliği kapsamında, elverişsiz yük kombinezonları veya bunlara uygun ilgili gerilmeleri dikkate alarak birinci ve ikinci grup sınır halleri ile ilgili yapı ve temel hesabını yapmak gerekmektedir.

Ele alınan yapı veya temel çalışmasına ilişkin aynı zamanda farklı yük etkileri ile ilgili seçenekler analiz edilerek bu birleştirmeler belirlenir.

Dikkate alınan yükler içeriğine göre; sürekli, uzun ve kısa süreli yüklerden oluşan esas yük birleştirmeleri ve sürekli, uzun ve kısa süreli yüklerden oluşan özel yük birleştirmeleri olarak sınıflandırılmaktadır.

Düşürülen normatif değer hesaba alınırken sürekli yükler olarak ve tam normatif değer hesaba alınırken kısa süreli yükler olarak iki adet normatif değere sahip geçici yükler bu birleştirmelere dahil edilir.

Patlama etkileri veya araçların binaya çarpmasından kaynaklanan özel yük birleştirmeleri durumunda bu yükler kısa süreli yük olarak kabul edilmeyebilir.

Sürekli ve en az iki geçici yük içeren birleşimler hesaba alınırken geçici yük hesaplanan değerler veya bunlara uygun olan gerilmeler aşağıdaki katsayılarla çarpılmalıdır.

Esas birleştirmelerde uzun süreli yükler için $\xi_1 = 0.95$, kısa süreli yükler için $\xi_2 = 0.9$, sismik bölgeler hariç, özel birleştirmelerde uzun süreli yükler için $\xi_1 = 0.95$, kısa süreli yükler için $\xi_2 = 0.8$ alınmalıdır..

Sürekli yükler ve tek geçici yük (uzun veya kısa süreli) içeren esas birleştirmeler hesabında ξ_1 ve ξ_2 katsayıları hesaba katılmamalıdır.

Esas birleştirmelerde üç ve üçten fazla kısa süreli yük hesaba alınırken ilk (etkileme derecesine göre) kısa süreli yük için 1.0, ikinci kısa süreli yük için 0.8 ve diğerleri için 0.6 değerinde birleştirme katsayılarıyla çarpılabilir.

Yük kombinezonları hesaba alınırken geçici yük olarak aşağıdakileri kabul etmek gerekmektedir.

a) Bir kaynaktan gelen belirli tür yük (su deposu içinde basınç veya genleşme, kar ve rüzgar yükü, buzlaşma yükü, iklim sıcaklık etkileri, yükleme makinesi, köprü veya asma vinçlerden gelen yükler).

b) Karakteristik ve hesaplanan yük değerlerinde birleştirme dikkate alındıysa, birkaç kaynaktan gelen yük (ekipman, insan ve depolanan malzemeden bir veya birkaç döşemeye gelen yük, köprü ve asma vinçten gelen yük, buzlaşma ve rüzgar yükü).

2.3 Betonarme Yapı Malzemeleri

Betonarme, beton malzemesi ile içerisine yerleştirilen donatı çeliğinin birlikte çalışarak belli yükleri taşımaları amacıyla üretilen bir yapı malzemesi olarak tanımlanabilir. Yapıya etkiyecek kuvvetler olan basınç ve çekme kuvvetlerinin taşınması, betonun yüksek basınç mukavemeti ile donatı çeliğinin yüksek çekme mukavemeti özellikleri kullanılarak sağlanmaktadır. Sistem kesitlerinin oluşturulmasında basınç bölgelerine beton, çekme bölgelerine donatı çelikleri yerleştirilir. Betonun basınç yüklerini taşıma gücünün artırılması için donatı çeliğinin

basınç yükü taşıma mukavemetinden de faydalanılarak yapı elemanının taşıyıcılığının arttırılması sağlanabilir.

Beton ve donatı çeliği kullanılarak oluşturulan betonarme yapı malzemelerinin farklı formlarda inşa edilmesi amacıyla, yapı sisteminin kurulmasında geçici olarak kullanılacak olan kalıp malzemesi kullanılır. Kiriş, döşeme, kolon, perde vb. yapı elemanlarının kesit boyutlarına ve formlarına göre kalıp malzemeleri, donatı yerleştirilirken ve beton dökülürken sehim yapmayacak ve kalıp sökümüne kadar mukavim olacak şekilde kurulmaktadır.

Beton, donatı çeliği ve kalıp malzemelerinin teknik özellikleri, uygulanma şekilleri, deney yöntemleri, dayanım değerleri vb. teknik verileri TS ile RS yönetmeliklerinde açıklamalı olarak verilmektedir.

Betonarme yapıların tasarımı için ilgili yönetmelikler kapsamında kullanılan beton sınıfı, çimento cinsi ve standartları, kullanılan donatı sınıfı, agreganın en büyük dane büyüklüğü, beton kıvamı, kalıp ve kalıp sökümü ile ilgili koşullar belirlenmeli ve bu veriler uygulama için kullanılmalıdır.

2.3.1 Beton

Beton, kendisini oluşturan agrega (kum ve çakıl), çimento, su ve gerekli durumlarda kullanılan kimyasal katkı maddelerinin belirli ölçülerde karıştırılması sonucu elde edilen bir yapı malzemesidir. Kimyasal katkı maddeleri betonun özelliklerini kontrol edilebilir düzeyde ve istenen değerler ölçüsünde değiştirmek için kullanılır. Beton malzemesini oluşturan bileşenlerin mekanik ve kimyasal etkileşimi sonucu ortaya çıkan taze beton, daha önceden içerisine donatıları projesine göre yerleştirilmiş olan kalıbın içerisine dökülür ve betonun kalıp içerisinde homojen bir şekilde dağılmasının sağlanması için vibratör kullanılarak yayılması sağlanır. Betonun kalıba yerleştirilmesinden sonra mukavemet kazanması ve katılaşması için beton kalıp içerisinde bekletilir. Betonun sertleşmesinin %60 ~ 90'lık kısmı genellikle 28 gün içerisinde tamamlanır. Betonun birim hacim ağırlığı karışımına ve yerleşimine bağlı olarak değişmektedir. Uygulamada betonarmenin birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 ve donatısız beton için 24 kN/m^3 alınabilir.

Betonun bileşenlerinden çimento, kalker ve kireç taşları karışımının yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülmesi ile elde edilen bir malzemedir. Su ile etkileşime girdiğinde bağlayıcı özelliğini kazandığından “hidrolik bağlayıcı” olarak

adlandırılır. Su ile karıştırılıp hamur haline getirildikten sonra havada veya su içinde bırakılırsa yavaş yavaş katılaşıp taşlaşmaya başlar. Piriz olarak adlandırılan bu katılaşmanın süresi ortam koşullarına bağlıdır.

TS kapsamında ele alındığında çimentolar üretim biçimlerine ve üretimde kullanılan hammaddelerine göre çeşitli türlerde bulunabilir. Yapılarda en yaygın olarak kullanılan tür portland çimentosudur. Portland çimentoları TS19'a uygun olmak zorundadır. Portland çimentoları TS19'da basınç dayanımlarına göre üç sınıfa ayrılmışlardır. Bu sınıflar PÇ 32.5, PÇ 42.5 ve PÇ 52,5'dir. Adlandırılmada kullanılan sayılar 28 günlük basınç dayanımını, MPa (N/mm²) cinsinden gösterirler. Portland çimentosu karışımının ağırlıkça %20 kadarının yüksek fırın cürufuyla değiştirilmesi ile elde edilen çimento yüksek fırın cüruf çimentosu olarak adlandırılır. Bu tür çimentolar TS20 ile belirlenmiş koşullara uygun olmak zorundadırlar ve yine bu standartta iki ayrı grupta sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflar CÇ 32.5 ve CÇ 42.5'dir. Bu tür çimentolar portland çimentosuna oranla daha yavaş dayanım kazanırlar, ancak geçirimsizlikleri daha azdır.

Geçirimsizliği az olan ve genelde su yapılarında kullanılan traslı çimento, portland çimentosuna üretim sırasında aktif volkanik tüfler ve traslar katılarak elde edilir. Ülkemizde genelde TÇ32.5 adı verilen çimento üretilmektedir. Bu tür çimentoların sahip olması gereken özellikler TS26 ile belirlenmiştir. Özellikleri traslı çimentoya benzemekle beraber, puzolan oranı traslı çimentoya göre daha az olan katkı çimentolar ise TS10156'ya uygun olmak zorundadır. Bunlardan başka; standartları TS640 ile belirlenmiş olan uçucu küllü çimento (UÇK 32.5), TS809 ile belirlenmiş olan süper sülfat çimentosu (SSÇ 32.5), TS10157 ile belirlenmiş olan sülfata dayanıklı çimento (SDÇ 32.5) ve TS3646 ile belirlenen erken dayanımı yüksek çimento (EYÇ 32.5) da üretimi yapılan çimento türlerindendir.

Beton üretiminde kullanılan çimentoların torbalanmış durumda özgül ağırlıkları 15 kN/m³ civarındadır.

Beton yapımında kullanılan kum-çakıl agrega olarak adlandırılır. Bunlar boyutları genellikle 100 mm'yi aşmayan doğal veya yapay malzemelerdir. Çimentonun su ile birlikte meydana getirdiği hamur agregayı birbirine bağlayarak dayanımı yüksek bir malzemenin ortaya çıkmasını sağlar. Betonun dayanımında en önemli etken onun doluluğudur. Bu da agreganın granülometrisinin iyi olmasına bağlıdır. Granülometri,

büzölme (rötre) ve sünmeyi de önemli ölçüde etkiler. Ayrıca, çimento hamuruyla agrega arasında sağlıklı bir bağ kurulabilmesi için agreganın temiz olması ve donatıya zarar verebilecek kimyasal maddeleri içermemesi gerekir.

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, beton üretiminde kullanılan agrega granülometrisinin beton niteliği üzerindeki önemli etkisi nedeniyle, kullanılacak agrega ile önceden yapılacak deneylerle amaca en uygun granülometri belirlenmelidir. Betonda kullanılacak agreganın en büyük dane büyüklüğü, kalıp genişliğinin 1/5 inden, döşeme kalınlığının 1/3 ünden, iki donatı çubuğu arasındaki uzaklığın 3/4 ünden ve beton örtüsünden büyük olamaz.

Betonda kullanılacak su, ilgili standartlara uygun olmalıdır. Normal içme suyu beton yapımında kullanılabilir. Karma suyu asit özelliği taşımamalı ($\text{pH} \geq 7$ olmalı); zararlı etkisi olacak oranda karbonik asit, mangan bileşikleri, amonyum tuzları, serbest klor, madensel yağlar, organik maddeler ve endüstri atıkları içermemelidir. Litresinde en çok çözülmüş olarak 15 g ve yüzer olarak 2 g madeni tuz, en çok 2 g SO_3 bulunabilir. Deniz suyunun karışım suyu olarak kullanılması, donatıda korozyona neden olan tuz içerdiğinden uygun değildir.

İlgili standartlar çerçevesinde, betonun hazırlanmasından önce veya hazırlanması sırasında, betonun özelliklerini arttırmak veya istenilen özelliklere sahip olmasını sağlamak için çeşitli kimyasal katkı malzemeleri eklenebilir.

Temeller ve havuzlar gibi suya maruz yapı sistemlerinde kullanmak üzere, betona katkı maddesi ekleyerek geçirimsiz beton elde etmek olanaklıdır. Bu sayede su yalıtımına ek olarak bir tedbir alınmış olur.

Betonun işlenebilirliğini arttırmak ve kalıba yerleştirilmesini kolaylaştırmak için karışıma, ihtiyaçtan fazla su eklenmesi, betonun öngörülenden daha düşük bir dayanıma sahip olmasına neden olabilir. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için, ilave su yerine bazı katkı maddeleri kullanılarak betonun akışkanlığı artırılabilir.

SNİP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında, beton malzemesinin özellikleri GOST 25192-82'ye uygun olan konstrüktif betonlar için tanımlanmaktadır.

Betonlar RS yönetmeliğine göre ağır (2200 kg/m^3 ile 2500 kg/m^3 yoğunluk değeri arasında), küçük daneli (1800 kg/m^3 ile 2200 kg/m^3 yoğunluk değeri arasında), hafif, yoğun, gözenekli ve özel betonlar olarak sınıflandırılmaktadır.

Proje yükleriyle yapı yükletilmesini gerçekleştirebilecek tarih, imalat şekli, beton sertleşme koşullarından hareket edilerek imalat sırasında çekme ve basınç gerilme mukavemetine göre beton sınıfına uygun beton yaşı belirlenir. Bu bilgilerin mevcut olmaması takdirinde beton sınıfı için 28 günlük beton numunesi kullanılır.

Basınç mukavemetine göre B7.5 den daha düşük beton kullanılmamaktadır.

Dış hava koşulları etken faktör olarak belirleyici olduğu için buna göre binalarda kullanılacak beton malzemesinin sınıfı ve özellikleri belirlenmektedir.

2.3.1.1 Beton sınıfları ve betonun basınç dayanımı

Beton, homojen ve elastik olmayan, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük, gevrek bir yapı malzemesidir. Betonun standart basınç dayanımı, $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki suda bekletilmiş 28 günlük, çapı 150 mm, boyu 300 mm olan silindir numunelerin, eksenel basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanır ve gerilme cinsinden ifade edilir.

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, beton karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , denenecek silindirlerden elde edilecek basınç dayanımlarının bu değerden düşük olma olasılığı belirli bir oran (genellikle %10) olan değerdir. Standart silindir numune yerine zaman zaman boyutları 150 mm veya 200 mm olan küp numuneler de kullanılır. Bu durumda elde edilen basınç dayanımı standart silindir ile elde edilenden farklıdır. Böyle durumlarda, karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , geçerliliği deneylerle kanıtlanmış katsayılarla dönüştürülür. Bu amaçla, boyutları 200 mm olan küp için f_{ck} değerleri, Çizelge 2.23 de verilmiştir. Boyutları 150 mm olan küp için bu değerler yaklaşık olarak %5 artırılır.

Çizelge 2.23 : Beton sınıfları ve dayanımları (TS-500/2000)

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck} MPa	Eşdeğer Küp (200 mm) Basınç Dayanımı MPa	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk} MPa	28 Günlük Elastisite Modülü, E_c GPa
C16	16	20	1.4	27.0
C18	18	22	1.5	27.5
C20	20	25	1.6	28.0
C25	25	30	1.8	30.0
C30	30	37	1.9	32.0
C35	35	45	2.1	33.0
C40	40	50	2.2	34.0
C45	45	55	2.3	36.0
C50	50	60	2.5	37.0

Çizelge 2.23 deki C16-C18-C20 vb. gibi beton sınıfı ifadesinde C harfi “concrete” kelimesinin ilk harfini, 16-18-20 vb. sayıları da 28 günlük karakteristik silindir basınç dayanımını MPa cinsinden ifade etmektedir.

Silindir numunenin dayanımının küp numunenin dayanımına oranı 0.7 ile 1.1 arasında değişmektedir. Ortalama olarak 0.8–0.85 civarında bir değer olduğu düşünülebilir. Bu oranın, pratik amaçlar için, normal dayanımlı betonlarda 0.80, yüksek dayanımlı betonlarda 0.85, çok yüksek dayanımlı betonlarda 0.90 alınması TS kapsamında önerilmektedir.

Beton silindir veya küp numuneler oluşturulan deney düzeneği ile basınç yükü altında kırılarak beton numunelerin basınç dayanımı tespit edilmektedir.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında, çalışma koşullarına göre beton ve betonarme yapılar, projelendirilmesi sırasında beton kalitesini gösteren göstergeleri belirlemek gerekmektedir. Bu değerlerin başlıca göstergeleri aşağıda sıralanmıştır.

a) Basınç mukavemetine göre B sınıfı. Bunlar taşıma güçlerine göre B3.5, B5, B7.5, B10, B12.5, B15, B20, B22.5, B25, B26.5, B30, B35, B40, B45, B50, B55, B60, B65, B70 olarak isimlendirilir. Buradaki B25-B26.5-B30 vb. gibi beton sınıfı ifadesinde B harfi “beton” kelimesinin ilk harfini, 25-30 vb. sayıları da 28 günlük karakteristik küp basınç dayanımını MPa cinsinden ifade etmektedir.

b) Çekme mukavemetine göre B_t sınıfı (bu gösterge yüksek etkiye sahip olması ve imalatla kontrol edilmesi durumlarında kullanılır).

c) Donmaya karşı dirence göre F markası (rutubet halinde olan sırasıyla donma ve erime etkilerine maruz kalan yapılar için kullanılır).

d) Su geçirmezliğine göre W markası (geçirgenlik sınırlandırmaları uygulanan yapılara verilir).

e) Yoğunluğuna göre D markası (konstrüktif şartlar dışında ısı yalıtım şartları da uygulanan yapılara verilir).

f) Ortalama gerilmesine göre S_p markası.

2.3.1.2 Beton çekme dayanımı

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, betonun çekme dayanımı, eksenel çekme deneylerinden elde edilen değerdir. f_{ctm} deneylerden elde edilen ortalama çekme dayanımı, f_{ctk} ise karakteristik çekme dayanımıdır. Betonun karakteristik çekme dayanımı, eksenel çekme elemanı deneylerinden elde edilecek dayanımın, bu değerden az olma olasılığı belirli bir oran olan (genellikle %10) dayanım değeridir.

Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı Denklem 2.28 ile verilen bağıntıdan hesaplanabilir.

$$f_{ctk} = 0.35 (f_{ck})^{1/2} \quad (\text{MPa}) \quad (2.28)$$

Çeşitli beton sınıfları için bu denklemden elde edilen eksenel çekme dayanımı değerleri Çizelge 2.23 de verilmiştir. Betonun çekme dayanımı, eğilme ve silindir yarma deneylerinden de elde edilebilir. Eksenel çekme dayanımı f_{ctk} , silindir yarma deneyinden elde edilen çekme dayanımının 1.50 değeriyle, eğilme deneyinden elde edilen çekme dayanımının da 2.0 değeriyle bölünmesiyle yaklaşık biçimde hesaplanabilir.

SNİP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında, betonun çekme dayanımı Çizelge 2.24 e göre hesaplanmaktadır. Çizelgedeki değerlerden üstte olan değer birimi MPa, altta olan değer birimi kg/cm^2 dir. Boşluklu beton çizelgede %10 nemlilik oranı ile verilmiştir. Keremzitli beton için karakteristik ve tasarım çekme dayanımları çizelgede verilen hafif beton değerlerinin 0.85 katsayısıyla çarpımı sonucu bulunmalıdır. Buhar kürlü beton için karakteristik ve tasarım çekme-basınç dayanımları çizelgede verilen hafif beton değerlerinin 0.70 katsayısıyla çarpımı sonucu bulunmalıdır. Öngerilmeli beton için karakteristik ve tasarım çekme-basınç dayanımları çizelgede verilen hafif beton değerlerinin 0.70 katsayısıyla çarpımı sonucu bulunmalıdır.

Çizelge 2.24 : Beton çekme ve basınç dayanımı çizelgesi (SNİP 2.03.01–84)

Tür	Beton	Basınç yükü altında betonun karakteristik dayanımları (f_{ck} , f_{ctk}) ve ikinci grup limit durumlar için tasarım dayanımları (f_{cd} , f_{ctd})												
		B3.5	B5	B7.5	B10	B12.5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Prizmatik numune basınç dayanımı f_{ck} ve f_{cd}	Ağır ve ince daneli	2.7 27.5	3.6 35.7	5.5 56.1	7.5 76.5	9.5 96.9	1.0 112	5.0 153	18.5 189	22.0 224	25.5 260	29.0 296	32.0 326	36.0 367
	Hafif	2.7 27.5	3.5 35.7	5.5 56.1	7.5 76.5	9.5 96.9	11.0 112	15.0 153	18.5 189	22.0 224	25.5 260	29.0 296	–	–
	Gözenekli	3.3 33.7	4.6 46.9	6.9 70.4	9.0 91.8	10.5 107	11.5 117	–	–	–	–	–	–	–
Prizmatik numune çekme dayanımı, f_{ctk} ve f_{cd}	Ağır	0.39 4.00	0.55 5.61	0.70 7.14	0.85 8.67	1.00 10.2	1.15 11.7	1.40 14.3	1.60 16.3	1.80 18.4	1.95 19.9	2.10 21.4	2.20 22.4	2.30 23.5
	İnce daneli gruplar													
	A	0.39 4.00	0.55 5.61	0.70 7.14	0.85 8.67	1.00 10.2	1.15 11.7	1.40 14.3	1.60 16.3	1.80 18.4	1.95 19.9	2.10 21.4	–	–
	B	0.26 2.65	0.40 4.08	0.60 6.12	0.70 7.14	0.85 8.67	0.95 9.69	1.15 11.7	1.35 13.8	1.50 15.3	–	–	–	–
	B	–	–	–	–	–	1.15 11.7	1.40 14.3	1.60 16.3	1.80 18.4	1.95 19.9	2.10 21.4	2.20 22.4	2.30 23.5
	İnce agregalı hafif beton													
	Yoğun	0.39 4.00	0.55 5.61	0.70 7.14	0.85 8.67	1.00 10.2	1.15 11.7	1.40 14.3	1.60 16.3	1.80 18.4	1.95 19.9	2.10 21.4	–	–
	Geçirgen	0.39 4.00	0.55 5.61	0.70 7.14	0.85 8.67	1.00 10.2	1.10 11.2	1.20 12.2	1.35 13.8	1.50 15.3	1.65 16.8	1.80 18.4	–	–
	Gözenekli	0.41 4.18	0.55 5.61	0.63 6.42	0.89 9.08	1.00 10.2	1.05 10.7	–	–	–	–	–	–	–

2.3.1.3 Betonun elastisite modülü

Normal ağırlıktaki betonlar için “j” günlük betonun elastisite modülü Denklem 2.29 ile hesaplanmaktadır.

$$E_{cj} = 3250 (f_{ckj})^{0.5} + 14000 \quad (\text{MPa}) \quad (2.29)$$

Denklem 2.29 daki f_{ckj} değeri, “j” günlük betonun karakteristik silindir basınç dayanımıdır. Darbe yüklemeleri için Denklem 2.29 dan elde edilen değerler % 10 artırılmalıdır. 28 günlük beton esas alınarak, çeşitli beton sınıfları için hesaplanan E_c değerleri Çizelge 2.23 de verilmiştir.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde de beton elastisite modülü, beton cinsine bağlı olarak Çizelge 2.25 de verilmiştir. Eğer soğuk havalarda beton imalatı yapılacak ise bu değerler %15 azaltılmalıdır. Çizelgedeki değerlerden üstte olan değer birimi MPa, altta olan değer birimi kg/cm² dir.

Çizelge 2.25 : Beton sınıflarına göre betonun elastisite modülü değerleri (SNİP 2.03.01–84)

Beton	Beton sınıflarına göre betonun elastisite modülü $E_c \cdot 10^{-3}$												
Ağır beton	B3.5	B5	B7.5	B10	B12.5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Kendiliğinden priz alan	9.5 96.9	13.0 133	16.0 163	18.0 184	21.0 214	23.0 235	27.0 275	30.0 306	32.5 331	34.5 352	36.0 367	37.5 382	39.0 398
Atmosfer basıncı altında ısıtılarak priz alan	8.5 86.7	11.5 117	14.5 148	16.0 163	19.0 194	20.5 209	24.0 245	27.0 275	29.0 296	31.0 316	32.5 332	34.0 347	35.0 357
Basıncı yolu ile priz alan	7.0 71.4	9.88 99.5	12.0 122	13.5 138	16.0 163	17.0 173	20.0 204	22.5 230	24.5 250	26.0 265	27.0 275	28.0 286	29.0 296
İnce daneli													
A — Kendiliğinden priz alan	7.0 71.4	10.0 102	13.5 138	15.5 158	17.5 178	19.5 199	22.0 224	24.0 245	26.0 265	27.5 280	28.5 291	-	-
Atmosfer basıncı altında ısıtılarak priz alan	6.5 66.3	9.0 91.8	12.5 127	14.0 143	15.5 158	17.0 173	20.0 204	21.5 219	23.0 235	24.0 245	24.5 250	-	-
B — Kendiliğinden priz alan	6.5 66.3	9.0 91.8	12.5 127	14.0 143	15.5 158	17.0 173	20.0 204	21.5 219	23.0 235	-	-	-	-
Atmosfer basıncı altında ısıtılarak priz alan	5.5 56.1	8.0 81.6	11.5 117	13.0 133	14.5 148	15.5 158	17.5 178	19.0 194	20.5 209	-	-	-	-
B — Basıncı yolu ile priz alan	-	-	-	-	-	16.5 168	18.0 184	19.5 199	21.0 214	22.0 224	23.0 235	23.5 240	24.0 245
Hafif ve buhar katkılı beton - Marka D													
800	4.5 45.9	5.0 51.0	5.5 56.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000	5.5 66.1	6.3 64.2	7.2 73.4	8.0 81.6	8.4 85.7	-	-	-	-	-	-	-	-
1200	6.7 68.3	7.6 77.5	8.7 88.7	9.5 96.9	10.0 102	10.5 107	-	-	-	-	-	-	-
1400	7.8 79.5	8.8 89.7	10.0 102	11.0 112	11.7 119	12.5 127	13.5 138	14.5 148	15.5 158	-	-	-	-
1600	9.0 91.8	10.0 102	11.5 117	12.5 127	13.2 135	14.0 143	15.5 158	16.5 168	17.5 178	18.0 184	-	-	-
1800	-	11.2 114	13.0 133	14.0 143	14.7 150	15.5 158	17.0 173	18.5 189	19.5 199	20.5 209	21.0 214	-	-
2000	-	-	14.5 148	16.0 163	17.0 173	18.0 184	19.5 199	21.0 214	22.0 224	23.0 235	23.5 240	-	-

Çizelge 2.25 : (devam) Beton sınıflarına göre betonun elastisite modülü değerleri (SNİP 2.03.01–84)

Beton	Beton sınıflarına göre betonun elastisite modülü $E_c \cdot 10^{-3}$												
Gözenekli ve basınç altında priz alan Marka D													
700	2.9 29.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
800	3.4 34.7	4.0 40.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
900	3.8 38.8	4.5 45.9	5.5 56.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1000	–	5.0 51.0	6.0 61.2	7.0 71.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1100	–	–	6.8 69.3	7.9 80.6	8.3 84.6	8.6 87.7	–	–	–	–	–	–	–
1200	–	–	–	8.4 85.7	8.8 89.7	9.3 94.8	–	–	–	–	–	–	–

2.3.1.4 Beton poisson oranı

TS–500/2000 yönetmeliğinde, beton poisson oranı $\mu_c = 0.20$ olarak alınmaktadır. SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde de beton poisson oranı $\mu_c = 0.20$ olarak alınmaktadır.

2.3.1.5 Beton kayma modülü

TS–500/2000 yönetmeliği kapsamında, beton kayma modülü Denklem 2.30 ile yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$G_{cj} = 0.40 E_{cj} \quad (\text{MPa}) \quad (2.30)$$

Denklem 2.30 daki değer, SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde de aynı değer olarak verilmiştir.

2.3.1.6 Betonun ısı genleşme katsayısı

TS–500/2000 yönetmeliği gereğince, betonarme hesaplarında betonun ısı genleşme katsayısı Denklem 2.31 ile hesaplanmaktadır.

$$\alpha_t = 10^{-5} / ^\circ\text{C} \quad (2.31)$$

Denklem 2.31 daki değer, SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde de aynı değer olarak verilmiştir. Buna ek olarak beton cinsine göre bu değer farklılık göstermektedir. İnce

daneli hafif beton için ısı genleşme katsayısı $0.7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$, gözenekli ve geçirgen beton için ısı genleşme katsayısı $0.8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ alınmalıdır.

2.3.1.7 Betonun büzülme şekil değiştirmesi (Rötre)

Beton priz aldıça ve sertleştikçe bulunduğu ortama bağlı olarak şekil değişikliğine uğrar. Kimyasal olarak bağlı olmayan suyun buharlaşması sonucu büzülme (rötre) meydana gelir. Özellikle döşeme gibi geniş yüzeylere sahip beton kuru havadan daha çabuk etkilenir. Bu sebeple, döşemenin üst tabakasındaki su, alt tabakalarda bulunan ve terlemeyle üste doğru hareket eden sudan çok daha hızlı biçimde buharlaşır ve yüzeyde büzülmeye sebep olur. Bu büzülme sonucu beton yüzeyinde çatlaklar meydana gelir. Beton eleman, bu büzülmeye engel olacak şekilde kenarlarından tutulmuşsa, çekme çatlakları ortaya çıkar. Bu çatlaklar rötre çatlağı olarak isimlendirilir. Ortamın sıcaklığı, nemi ve buharlaşmaya maruz yüzeyin büyüklüğü büzülme etkiler. Olay buharlaşmayla ilgili olduğundan, beton karışımındaki su/çimento oranı da büzülmenin miktarı ve hızında rol oynar.

Rötre tamamıyla geri dönebilen bir olaydır. Kuru ortamda tutularak büzülmesi sağlanmış bir deney elemanı suda bırakılırsa yeniden şişer ve başlangıçtaki durumuna döner.

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, uzun sürede oluşacak büzülme kısılması ϵ_{cs} yapı elemanının kesit alanı ve çevresi kullanılarak hesaplanan Denklem 2.32 deki eşdeğer kalınlığa bağlı olarak verilmiştir.

$$l_e = 2A_c / u \quad (\text{mm}) \quad (2.32)$$

Büzülme birim şekil değiştirme değerleri Çizelge 2.26 da verilmektedir.

Çizelge 2.26 : Uzun süre sonunda büzülme birim şekil değiştirmesi, $\epsilon_{cs} \times 10^3$ (TS-500/2000)

Beton Bakımı	Kuru Ortam (Bağıl Nem %50)		Nemli Ortam (Bağıl Nem %80)	
	Eşdeğer Kalınlık (mm) $l_e = 2A_c / u$			
	150	600	150	600
Yetersiz	0.60	0.50	0.40	0.30
Yeterli	0.40	0.40	0.25	0.25

SNİP 2.03.01-84 yönetmeliğinde rötre yaklaşık hesapla (metre olarak) ortamdaki $^\circ\text{C}$ ısı değişim değerinin 10^{-5} katı olarak alınabilir.

2.3.1.8 Betonun sünme şekil değıştirmesi

Betonarme yapılar da sünme, yük altında betonda kısalmaların zamanla büyümesidir. Sürekli yük etkisi kimyasal bağı olmayan suyun dışarı çıkmasına ve buharlaşmasına dolayısıyla bir hacim küçülmesine sebep olur. Bu suretle sabit yük etkisi altında zamana bağı olarak gerçekleşen kısalma sünmedir.

Betonun sünmesiyle ilgili katsayılar Çizelge 2.27 de gösterilmektedir. TS–500/2000 yönetmeliğı kapsamında belirtilen bu çizelgedeki değ erler, 2–3 yıl gibi uzun bir süre sonunda erişilecek değ erlerdir. Bağı nem, beton yaşı ve eşdeğer kalınlık ara değ erleri için doğrusal oranlama yapılabilir.

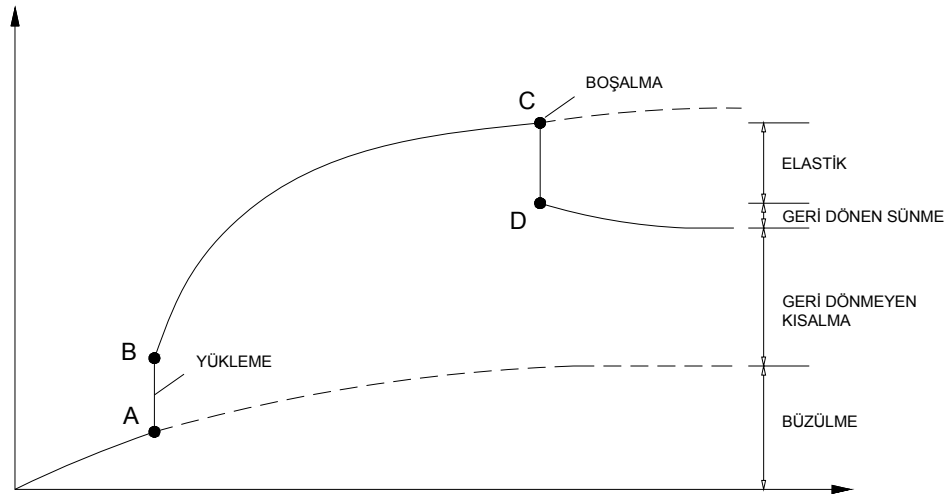
Çizelge 2.27 : Uzun süre sonunda sünme katsayısı, ϕ_{ce} (TS–500/2000)

Yükleme Anında Beton Yaşı	Kuru Ortam (Bağıl Nem %50)			Nemli Ortam (Bağıl Nem %80)		
	Eşdeğer Kalınlık (mm) $l_e = 2A_c / u$					
	50	150	600	50	150	600
1 gün	5.4	4.4	3.6	3.5	3.0	2.6
7 gün	3.9	3.2	2.5	2.5	2.1	1.9
28 gün	3.2	2.5	2.0	1.9	1.7	1.5
90 gün	2.6	2.1	1.6	1.6	1.4	1.2
365 gün	2.0	1.6	1.2	1.2	1.0	1.0

TS–500/2000’de verilen yönteme göre uzun sürede oluşacak sünme kısalması ϵ_{ce} Denklem 2.33 ile verilmiştir.

$$\epsilon_{ce} = (\sigma_c / E_c) \phi_{ce} \quad (2.33)$$

Şekil 2.9 da verilen yükleme durumunda elastik basınç kısalması (A-B arası) meydana gelir. Yükün kaldırılmasıyla elastik kısalmanın bir kısmı ani olarak kaybolurken (C-D arası), bir kısmı da zamanla geri döner. Büzülmede olduğu gibi sünme de tamamen geri dönen bir olay değildir. Kalıcı bir kısalma her zaman meydana gelir.



Şekil 2.9 : Betonun yük altında büzülme ve sünmesi (Celep Z., Kumbasar N., 2005)

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde sünme değerinin hesaplanması Denklem 2.34 ile yapılmaktadır. Burada ϕ plastik deformasyonun elastik deformasyona oranı şeklinde ifade edilmektedir.

$$\epsilon_{ce} = C_b \sigma_c \quad (2.34)$$

$$C_b = \phi E_c$$

2.3.2 Donatı Çeliği

Betonun çekme dayanımı çok düşük olduğu için, çekme bölgesine, çekme gerilmelerini karşılamak üzere çelik, yuvarlak kesitli, uzun çubuklar yerleştirilir ve kısaca donatı olarak adlandırılır.

Donatı çelikleri, mm cinsinden çaplarıyla anılır ve Φ simgesiyle tanımlanırlar. Bina inşaatlarında genellikle $\Phi 8$, $\Phi 10$, $\Phi 12$, $\Phi 14$, $\Phi 16$, $\Phi 18$, $\Phi 20$, $\Phi 22$ ve $\Phi 24$ donatılar kullanılır. Betonarme çubuklar düz yüzeyli veya nervürlü olabilir.

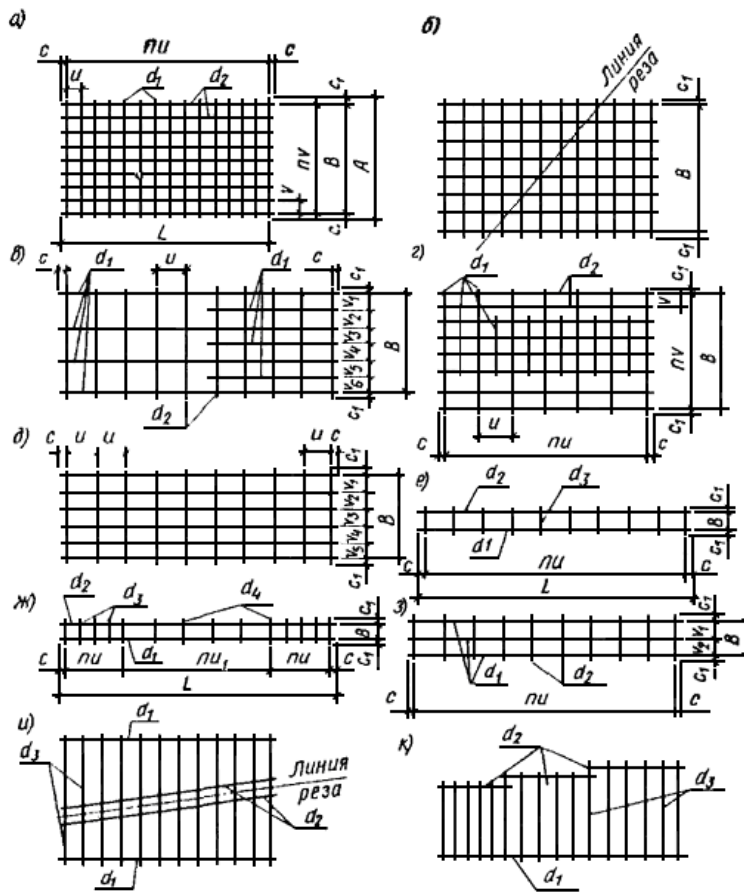
Betonarme donatısı olarak kullanılan çelikler imalat biçimlerine göre iki sınıfa ayrılırlar. Bunlar, doğal sertlikteki çelikler (S220a, S420a, S500a) ve soğukta işlenmiş özel beton çelikleri (S420b, S500b)'dir.

Her iki gruptaki çelikler de sıcakta haddeden geçirilirler. Bunlardan doğrudan kullanılanlar ya da içindeki karbon arttırılarak ya da nikel, silisyum, manganez, krom gibi metallerin eklenmesiyle yüksek dayanımlı çelik haline getirilenler doğal sertlikteki beton çelikleri sınıfına girerler.

Sıcakta çekilen çelik soğukta işlenerek dayanımı artırılabilir. Bunlara özel beton çeliği denir. Soğukta yapılan işlem sırasında çeliğin özellikleri değişir, dayanımı artar ancak şekil değiştirme kapasitesi azalır.

Projelendirmede ihtiyaç görülmesi üzerine hasır donatılar da kullanılmaktadır. Hasır donatılar üç tip olup bunlar; R tipi hasır donatı (15*25 cm*cm dikdörtgen gözenekli), Q tipi hasır donatı (15*15 cm*cm kare gözenekli) ve TR tipi hasır donatı (15*30 cm*cm dikdörtgen gözenekli) olarak isimlendirilirler.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre genel hasır donatı tipleri Şekil 2.10 da gösterilmektedir.



Şekil 2.10 : Genel hasır donatı tipleri (SNIP 2.03.01-84)

Şekil 2.10 daki c ve c₁ ile gösterilen donatı uç bölgeleri 0.5d₁ + d₂ veya 0.5d₂ + d₁ ve 20 mm den az olamaz. İlgili snipe göre hasır donatıların uçlarına kanca yapılamaz. Ayrıca iki donatı arası mesafe 50 mm den az olamaz.

Beton donatısı olarak kullanılacak çelikler TS 708 e uygun olmalıdır. Çeşitli donatı sınıflarının TS 708 de verilen mekanik özelliklerinden bazıları, Çizelge 2.28 de gösterilmiştir.

TS-500/2000 yönetmeliğine göre donatı çeliğinin elastisite modülü 2×10^5 MPa dır.

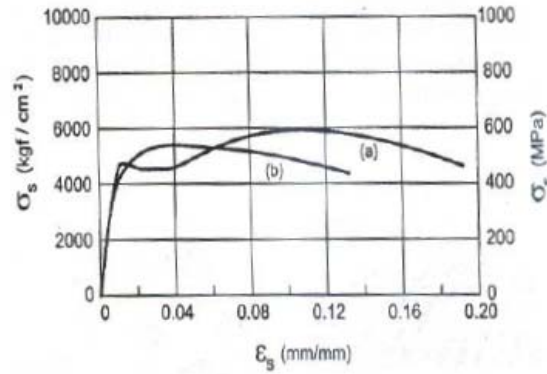
Çizelge 2.28 : Donatı çeliklerinin mekanik özellikleri (TS 708)

Mekanik Özellikler	Donatı Çubukları			Hasır Donatı		
	Doğal Sertlikte			Soğukta İşlem Görmüş		
	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
$\Phi \leq 32$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%)	18	12	12	10	8	5
$32 < \Phi \leq 50$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%)	18	10	10	10	8	5

Soğukta işlem görmüş donatı çeliklerine kaynak yapılamaz. Kaynak yapılacak doğal sertlikteki donatı çeliklerinde ise, TS 708 de tanımlanan karbon eşdeğeri, 0.40 değerini geçmemelidir.

S220a – S420a – S420B gibi donatıların isimlendirilmesinde kullanılan S harfi steel kelimesini, 220 – 420 gibi sayılar çeliğin akma dayanımını MPa olarak, a – b gibi harfler çeliğin imalat biçimini ifade etmektedir.

Donatı çeliğinin gerilme şekil değiştirme diyagramı çekme deneyleriyle elde edilir. Çekme deneylerinde standart boy olarak çubuk çapının 10 katı alınır. Şekil 2.11 de iki ayrı tür çelik için elde edilmiş gerilme-şekil değiştirme eğrileri görülmektedir. Şekilde verilen (a) eğrisi doğal sertlikteki çelik için (b) eğrisi ise soğukta işlem görmüş çelik içindir.



Şekil 2.11 : Donatı çeliği için gerilme – şekil değiştirme eğrileri
(Celep Z., Kumbasar N., 2005)

Doğal sertlikteki çeliklerde belirli bir akma noktası vardır. Bu noktaya kadar gerilme-şekil değiştirme ilişkisi doğrusaldır. Akma sınırından sonra sabit gerilme altında şekil değiştirmeler bir miktar artar. Şekil değiştirme eğrisinin bu yataya yakın bölümüne “akma sahanlığı” denir. Akma sahanlığından sonra gerilme yeniden artmaya başlar. Çeliğin bu davranışına “pekleşme” denir. Kopma şekil değiştirmesine ulaşılan kadar çelik uzamaya devam eder ve kesiti küçülür. Nihayet kopma şekil değiştirmesine ulaşıldığında çelik çubuk kesitinin inceldiği noktadan kopar.

Eğrinin akma sınırına kadar doğrusal olan bölümünün her hangi bir yerinde yük kaldırılacak olursa, eğri çıkışta takip ettiği yolu izleyerek geri döner. Dolayısıyla doğal sertlikteki çeliğin akma sınırına kadar olan davranışı doğrusal elastiktir. Eğrinin doğrusal elastik olan bu bölümünün eğimi çeliğin elastisite modülüdür ve değeri 1.9×10^5 MPa ile 2.1×10^5 MPa arasında değişir.

Soğukta işlem görmüş çeliklerin gerilme-şekil değiştirme eğrileri (Şekil 2.11 deki b eğrisi) doğal sertlikteki çubuklarınkinden daha farklıdır. Belirli bir gerilmeye kadar doğrusal olan eğri, bu noktadan sonra doğrusallığını kaybeder. Doğrusal olan bölümün eğimi, dolayısıyla elastisite modülü, doğal sertlikteki çeliğinkiyle özdeştir. Soğukta işlem görmüş çeliğin gerilme-şekil değiştirme eğrisinin doğal sertlikteki çeliğin gerilme-şekil değiştirme eğrisinden farkı belirli bir akma sahanlığının söz konusu olmamasıdır. Eğri doğrusallık kaybolduktan sonra da eğimi azalarak yükselmeye devam eder ve kopma şekil değiştirmesine ulaşır.

Bu tür çeliklerde akma sınırı gözlemlenmediğinden, akma dayanımı, belirli bir kalıcı uzama esas alınarak tanımlanır. Şekil 2.11 de gösterildiği gibi, 0.002 birim uzamasından eğrinin doğrusal bölümüne paralel olacak şekilde çizilecek bir çizginin, gerilme-şekil değiştirme eğrisini kestiği noktadaki gerilme akma dayanımı olarak kabul edilir. Bu değer SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde de aynıdır.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında, betonarme yapılarda kullanılacak donatıların özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- a) Sıcakta haddelenmiş: A-I sınıflı nervürsüz, A-II ve Ac-II, A-III, A-IV sınıflı nervürlü donatı, A-V, A-VI.
- b) Isı ile ve mekanik şekilde güçlendirilmiş: AT-IIIc, AT-IV, AT-IVc, AT-IVk, AT-V, AT-Vk, AT-Vck, AT-VI, AT-VIk ve AT-VII sınıflı nervürlü donatı.

c) Soğuk çekilmiş donatı:

Normal — Bp-I sınıflı nervürlü.

Yüksek mukavemetli — B-II sınıflı nervürsüz, Bp-II sınıflı nervürlü.

d) Donatı halatları: K-7 sınıflı yedi telli spiral, K-19 sınıflı on dokuz telli.

Sanayisi yapılarının hesabında betonarme yapılar için A-III_B sınıflı çubuk donatı için (çekme ve gerilme kontrolü veya sadece çekme kontrolü yapılarak) güçlendirilmiş çekme yönteminin kullanılması gerekmektedir.

Korozyondan çatlamaya karşı yüksek dayanımlı ısı ve mekanik yöntemleriyle güçlendirilen çubuk donatılar için sınıf işaretlenmesinde K harfi (örneğin, A_T-IVK); kaynak uygulanan çubuk donatı için C harfi (örneğin, A_T-IVC); gerilme altında korozyondan çatlamaya karşı dayanımlı ve kaynak uygulanan çubuk donatı için CK (örneğin, A_T-VCK) eklenir.

Sıcak haddelenmiş çubuk donatı işaretlenmesinde çekme yöntemiyle güçlendirilen çubuk donatı için B harfi (örneğin, A-III_B), özel amaçlı donatı için, c harfi (Ac-II) kullanılır.

Kış dönemi hesaplanan sıcaklık değeri -40 °C altında olan iklim bölgelerinde inşaat ve montaj işleri yapılırken sadece ısıtılan binalar içinde kullanıma uygun olan donatıya sahip yapının inşaat aşamasında düşürücü 0.7 katsayısı ile çarpılarak hesaplanan donatı direncinden ve yük sağlamlık katsayısı 1.0 ile çarpılarak hesaplanan yükten hareket ederek onun taşıyıcı kapasitesi bulunur.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğine göre çelik malzemesinin elastisite modülü çeliğin cinsine göre farklılık göstermektedir. Buna göre Çizelge 2.29 da verilen değerler hesaplarda kullanılmalıdır.

Çizelge 2.29 : Çelik sınıfına göre elastisite modülü değerleri (SNİP 2.03.01–84)

Donatı sınıfı	Çeliğin elastisite modülü $E_s \cdot 10^{-4}$, MPa (kg/cm ²)
A-I, A-II	21 (210)
A-III	20 (200)
A-IV, A-V, A-VI ve A _T -VII	19 (190)
A-III _B	18 (180)
B-II, Bp-II	20 (200)
K-7, K-19	18 (180)
Bp-I	17 (170)

2.3.3 Kalıp

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında bütün kalıp ve iskeleler için yeterli duraylılık (stabilite) ve taşıma güvenliği sağlanmalıdır. Kalıp ve iskele elemanları ilgili standartlara uygun hazırlanmalı, birleştirilmeli, kurulmalı ve fazla şekil değiştirme ve oturma yapmayacak şekilde düzenlenmelidir.

Ahşap kalıplarda, kalıp tahtaları, beton sıkıştırılırken çimento şerbetinin akmasına engel olacak şekilde yapılmalı, vibratör etkilerine karşı yeteri kadar dayanımda olmalıdır.

Kalıplar kullanıldıkları süre içinde etki yapacak bütün kuvvetlerin, güvenilir biçimde aktarılmasını sağlamalıdır. Kat eklenmesi, onarım ve güçlendirmede olduğu gibi, ara döşemeye veya diğer yapı elemanlarına dayanan kalıp ve iskelelere özellikle dikkat edilmelidir.

İskele dikme yüklerinin zemine yayılması tekniğine uygun olmalı, çürük ve donmuş zeminlerde özel önlem alınmalıdır. Yük aktarmasını ve yayılmasını sağlamak için dikmelerin altına sağlam ve yerinden oynamayacak şekilde, düzgün köşeli ahşap takoz konmalıdır (Bu amaçla hiçbir zaman taş parçası veya tuğla kullanılmamalıdır). Bu mesnetlerin tek parça yapılamadığı durumlarda, birkaç kat olarak düzenlenmesi gerekince devrilme güvenliği sağlanmalıdır. Eğik kolonların kaymaya karşı da güvenliği sağlanmalıdır.

Donatı düzenlenmesinde ve beton dökülmesinde kullanılmak üzere iş güvenliği iskelesi yapılmalıdır.

Kalıp ve iskeleler kolayca, sarsıntısız, tehlikesiz ve darbesiz sökülebilecek biçimde düzenlenmelidir. Bunun için de kamalardan, kum kutuları, vidalar, krikolar, veren veya benzeri kalıp sökme düzenlerinden yararlanılmalıdır.

Büyük açıklıklı yapı elemanlarının, kalıp ve iskele söküldükten sonra tasarlanan biçimi almasını sağlamak üzere kalıp ve iskeleye ters sehim verilmelidir.

Beton dökülmeden önce, kalıp içi iyice temizlenmeli, gerektiğinde ıslatılmalıdır. Bu maksatla, kolonlarda dipte, konsollarda çıkışta ve yüksek girişlerin altında temizleme delikleri bırakılmalıdır.

Kalıp ve iskelelerin boyutlandırılması için düşey yük olarak kalıp ve iskelenin kendi ağırlığı, dökülen ve bazı yerlerde yığın durumunda olabilecek taze betonun ağırlığı,

beton taşıma araçlarının ağırlığı, beton dökülürken meydana gelen çarpma etkisi ve işçilerin ağırlıkları göz önüne alınmalıdır.

Yatay yük olarak, rüzgar etkisinden başka, varsa halat çekme etkisi, eğik dikmelerin mesnet reaksiyonlarının yatay bileşenleri vb göz önünde tutulmalıdır.

Özellikle plastik ve akıcı kıvamdaki betonlarda sıkıştırma vibratörle yapıldığı zaman her kıvamdaki taze betonun yan kalıplara aktaracağı ve 25 kN/m^3 özgül ağırlıktan kaynaklanan hidrostatik yanal basınç etkisi göz önünde tutulmalıdır.

Bütün kalıp ve iskeleler yatay kuvvetleri güvenli olarak zemine aktarabilecek şekilde enine ve boyuna desteklenmelidir. İskele destekleri genel olarak üçgen oluşturacak biçimde düzenlenmelidir.

Bunların çubukları, dikmelerde olabildiği kadar eğilme momenti oluşturmayacak biçimde düzenlenmelidir.

Kolon ve mesnete yakın yerlerde, ancak saplama ve benzeri önlemlerle yakın sabit noktalara veya sağlam duvarlara dayatılarak hareket etmesi önlenen dikmelerde üçgen takviyelerden vazgeçilebilir.

Kuruluşları sırasında da kalıp ve iskelelerin yeter rijitlikte olmaları gerekir.

Kalıp dikmeleri ilgili standartlara uygun yapılmalı veya ahşap kullanılıyorsa ikinci ve üçüncü sınıf keresteden seçilmelidir.

Tek katlı yerüstü yapılarında iskele yüksekliği 5 m yi geçmiyorsa ve bütün yükler kesit ölçüleri yeterliği önceden bilinen düşey dikmelerle zemine aktarılmış ise, şüpheli durumlar dışında dikmelerde burkulma kontrolüne gerek yoktur. Diğer durumlarda kalıp ve iskele dayanım hesapları yapılmalıdır.

Beton dökümü işinin bitimi ile kalıp sökme arasında geçecek süre, kullanılacak çimentonun cinsine, betonun dayanım kazanma hızına, su/çimento oranına, yapı yükünün cinsine, etkilerin büyüklüğüne ve hava koşullarına bağlıdır.

Kalıp sökülmesinden hemen sonra, hesaplarda göz önüne alınan yüklere eşit bir yük taşınması düşünülen yapı bölümlerine özellikle dikkat edilmelidir (üstteki katın betonu daha sertleşmeden altındaki döşemenin veya çatısı yapılmaya başlanan yapıda çatı altı döşemelerin durumları gibi).

Sertleşme sırasında donma olursa, kalıp alma süresi en az donma süresi kadar uzatılmalıdır. 24 saat içinde, gölgedeki sıcaklık 0 °C ye düşerse o gün için don olayı var kabul edilmelidir. Don olayı sonrasında, özellikle kalıp almaya devam etmeden betonun prizini yaparak yeter derecede sertleşip setleşmediği veya sert görünüp soğuk etkisi ile donmuş olup olmadığı araştırılmalıdır.

Elverişsiz ve özellikle donma olan havalarda kalıp alma süresi hakkındaki karar, yapının betonu ile aynı koşullar altında sertleşmiş numuneler üzerinde yapılacak basınç deneyi sonuçlarına göre verilmelidir.

Yedek dikmeler kalıp söküldükten sonra çimento türü de göz önünde bulundurularak yeterli bir süre daha yerlerinde bırakılmalıdır. Bu sürelerde sıcaklığın +5 °C den aşağı düştüğü günler hesaba katılmamalıdır.

RS kapsamında betonarme yapıların inşası için kullanılacak kalıpların, yüzeysel kısımları mevcut olan monolit konstrüksiyonların dikilmesi için 3.04.01-87 No'lu "İzolasyon ve ince iş kaplamaları" adlı SNİP'e göre beton üst kısmının alınmasını sağlayan kalıplar kullanılmalıdır. Metal, kontrplak veya plastik esaslı kalıp gövdelerinde derinliği en fazla 2 mm olan çatlak, çapakların olmasına, ahşap kalıplarda ise en fazla 3 mm, her bir 1 m² de üçten fazla çatlak ve çapakların olmasına izin verilmeyecektir.

Büyük ebatlı kalıp konstrüksiyonları (büyük panolu, hacimli devrilebilir, blok kalıpları) düzgün beton yüzeylerini elde etmek için kullanılmaktadır. İki veya ikiden fazla plakadan imal edilmekte olduğu durumda, kalıbın düz uç uça ek yerleri, pano karkasının taşıyıcı konstrüksiyonuna dayandırılmalıdır. Kaynak derzleri olan bölgede kalıbın yüzeyi temizlenmelidir.

Destekleyici ahşap elemanlar için en az II kalite sınıflı iğneyapraklı yuvarlak keresteler, kalıp için ise kalite sınıfı en az II olan iğneyapraklı veya yapraklı keresteler kullanılacaktır. Kalıbın tahtasının genişliği en fazla 150 mm olmalıdır.

Destekleyici elemanlar için kullanılmakta olan kerestenin nemliliği en fazla %22 olmalıdır, kalıp için ise en fazla %18 olmalıdır. Panolar için yonga levhası, odun lifi levhası, FSF markalı kontrplak kullanılmalıdır. FSF markalı levha ve kontrplak su sızdırmaz kaplama ile muhafaza edilmelidir. Metalik olmayan (ahşap, kontrplak) kalıpların yan yüzeyleri, su sızdırmaz malzeme ile kaplanmalıdır.

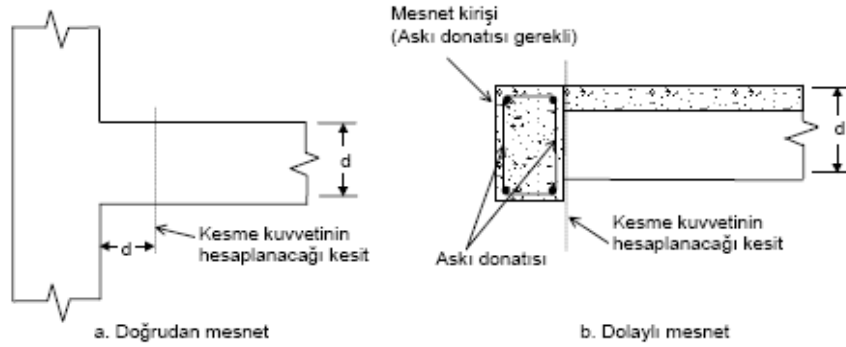
2.4 Kesme Kuvveti ve Burulma Etkileri

2.4.1 Kesme kuvveti etkisi

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, betonarme yapı elemanlarında eğilme momenti ile birlikte etkiyen kesme kuvvetlerinin oluşturduğu asal çekme gerilmeleri, beton ve uygun kesme donatısı ile karşılanması, asal basınç gerilmelerinin de gövdede ezilme oluşturmayacak bir düzeyde tutulmasının sağlanması esas alınmıştır.

2.4.1.1 Kesme kuvveti hesabı

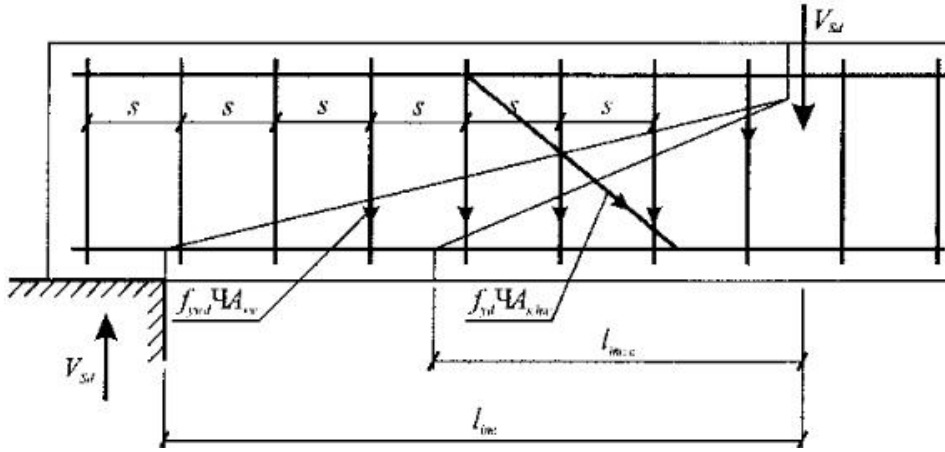
Şekil 2.12 de görüldüğü üzere tasarım kesme kuvveti V_d , mesnet yüzünden “d” uzaklığında hesaplanmalıdır. Ancak, mesnet olarak başka bir eğilme elemanına oturan kirişlerde mesnet yüzündeki kesme kuvveti esas alınmalıdır (dolaylı mesnet).



Şekil 2.12 : Değişik mesnetlenme türleri (TS-500/2000)

Tekil bir yükün mesnet yüzünden “d” veya daha az uzaklıkta etkiye olasılığı bulunan durumlarda da, mesnet yüzünde hesaplanan kesme kuvveti temel alınmalıdır.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kesme kuvvetinin en kritik olduğu bölgedeki değer baz alınarak hesap yapılmalıdır. Burada kesme dayanımı hesapla bulunan en kritik kesitteki yükten daha fazla olmalıdır. TS500/2000 yönetmeliğiyle aynı paralelde olarak kesme kuvvetini beton, etriye ve pilyeler taşımaktadır. Şekil 2.13 de kritik kesme kuvveti kesiti gösterilmiştir.



Şekil 2.13 : Kirişte kesme kuvvetinin hesaplanacağı kesit (SNIP 2.03.01-84)

2.4.1.2 Eğik çatlama dayanımı

Betonarme bir kesitin kesmede çatlama dayanımı, daha kesin hesaba gerek duyulmadığı durumlarda, Denklem 2.35 kullanılarak hesaplanabilir. Bu denklemde N_d çekmede de basınçta da pozitif alınacaktır.

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d (1 + \gamma (N_d / A_c)) \quad (2.35)$$

Denklemde, eksenel basınç durumunda $\gamma=0.07$, eksenel çekme durumunda ise $\gamma = -0.3$ alınacaktır. Güvenilir bir yöntem kullanılarak ve gövde beton kesit alanı temel alınarak hesaplanan eksenel çekme gerilmesi, 0.5 MPa dan küçükse, $\gamma = 0$ alınabilir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre betonun kesme dayanımına katkısı Denklem 2.36 ile verilmiştir. Burada η_{C2} ile gösterilen beton cinsine bağlı olan katsayı ağır betonda 2.0; ince daneli betonda 1.7; hafif betonda 1.9 ve gözenekli betonda 1.75 alınmalıdır. Kiriş gövdesinin kısalmasıyla ilgili katsayı olan η_f I tipi ve T tipi kirişlerde kullanılmalıdır. Bu katsayı 0.5 den büyük olamaz. Normal kuvvete bağlı olan katsayı η_N 0.5 den fazla olamaz.

$$V_{cr} = (\eta_{C2} (1 + \eta_f + \eta_N) f_{ctd} b_w d^2) / l_{inc} \quad (2.36)$$

Hiçbir durumda $(1 + \eta_f + \eta_N)$ katsayısı 1.5 den büyük olamaz.

2.4.1.3 Kesme dayanımı

Kesme güvenliği için Denklem 2.37 deki koşulu sağlanmalıdır.

$$V_r \geq V_d \quad (2.37)$$

Denklem 2.37 de, tasarım kesme kuvveti V_d , Madde 2.4.1.1 e göre hesaplanmalıdır. V_r kesitin kesme dayanımıdır. Kesitin kesme dayanımı Denklem 2.38 deki gibi, beton katkısı (V_c) ve kesme donatısı katkısının (V_w) toplanması ile elde edilir.

$$V_r = V_c + V_w \quad (2.38)$$

Genel olarak, beton katkısı Denklem 2.39 dan hesaplanır.

$$V_c = 0.8 V_{cr} \quad (2.39)$$

Deprem durumunda, eleman uçlarında (sargı bölgelerinde) D.B.Y.B.H.Y. / 2007 de verilen V_c değerleri kullanılmalıdır. Etriye katkısı Denklem 2.40 dan hesaplanır.

$$V_w = (A_{sw} / s) f_{ywd} d \quad (2.40)$$

Tasarım kesme kuvveti eğik çatlama dayanımına eşit veya ondan az ise ($V_d \leq V_{cr}$) kesme donatısı hesabına gerek yoktur. Ancak bu durumda, Madde 2.4.1.4 de verilen minimum etriyenin bulundurulması zorunludur.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre V_{cr} nin hesabında kullanılan katsayılardan sonra V_c yi bulmak için herhangi bir katsayıyla çarpmaya gerek yoktur. Burada kullanılan katsayılar doğrudan V_c yi vermektedir.

2.4.1.4 Gevrek kırılmanın önlenmesi için min. kesme donatısı

Betonarme kirişlerde açıklık boyunca etriye bulundurmak zorunludur. Bu durum Denklem 2.41 daki koşulu sağlamalıdır.

$$(A_{sw} / s) \geq 0.3 (f_{ctd} / f_{ywd}) b_w \quad (2.41)$$

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre minimum etriye düzenlemesi Madde 2.6.2 deki kirişler bölümünde açıklanmıştır.

2.4.1.5 Gevrek kırılmanın önlenmesi için kesme kuvveti üst sınırı

Yüksek asal basınç gerilmeleri nedeni ile gövde betonunun ezilmesini önlemek amacıyla, hesap kesme kuvveti Denklem 2.42 de gösterildiği gibi sınırlanmıştır. Bu koşul sağlanamazsa, kiriş kesit boyutları büyütülmelidir.

$$V_d \leq 0.22 f_{cd} b_w d \quad (2.42)$$

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre maksimum kesme kuvvetinin değeri etriyesiz beton için betonun çekme gerilmesinin bir fonksiyonu olarak tarif edilmiştir. Kesme kuvvetinin maksimum değeri etriyesiz durum için Denklem 2.43 de verilmiştir.

$$V_d \leq 2.5 f_{ctd} b_w d \quad (2.43)$$

Kesme kuvvetinin maksimum değeri etriyeli yapı elemanı için Denklem 2.44 de verilmiştir.

$$V_d \leq 0.27 f_{cd} b_w d \quad (2.44)$$

2.4.1.6 Kesme donatısı detayları

Kesme dayanımını sağlamak için bireysel çubuklar (düşey ve yatay etriye, firkete, çiroz vb) ve hasır donatı kullanılır. Kesme dayanımına pilye katkısı ihmal edilecektir.

Etriye aralığı kiriş faydalı yüksekliğinin yarısından fazla olamaz ($s \leq d/2$). Ayrıca, $V_d > 3V_{cr}$ olan durumlarda, etriye aralığı yukarıda verilen değer yarısını aşamaz ($s \leq d/4$). Çerçeve kirişlerinin uçlarında, kiriş derinliğinin iki katı kadar olan bölgede, etriye aralığı Denklem 2.45, Denklem 2.46 ve Denklem 2.47 deki koşulları sağlamalıdır:

$$s \leq d/4 \quad (2.45)$$

$$s \leq 8 \Phi_f \quad (2.46)$$

$$s \leq 150 \text{ mm} \quad (2.47)$$

Mesnetlenmenin, kiriş alt yüzünden daha yukarıda düzenlendiği durumlarda ve diğer bir kirişe oturan kirişlerde, kesme kuvvetini kiriş üstüne taşıyan askı donatısı düzenlenmelidir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre minimum etriye düzenlemesi Madde 2.6.2 de açıklanmıştır.

2.4.1.7 Sürtünme kesmesi

İki ayrı malzemenin birleştiği düzlemlerde veya ayrı zamanlarda dökülmüş iki beton yüzeyinin birleştiği düzlemlerde, kesme hesabı ve donatı detaylandırması bu bölümdeki kural ve ilkelere göre yapılır. Sürtünme kesmesi için hesap yapılan

düzlemde, önce bir çatlak oluştuğu varsayılır. Sürtünme kesmesi için de $V_r \geq V_d$ koşul sağlanmalıdır. Bu denklemdeki V_r Denklem 2.48 deki gibi hesaplanmalıdır.

$$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu \quad (2.48)$$

Denklemde, kesme-sürtünme donatısı kesit alanı olarak (A_{wf}) yalnızca birleşme düzlemine dik doğrultuda düzenlenmiş donatı çubuklarının toplam alanı kullanılmalıdır. Denklem 2.48 de, μ ile gösterilen kesme sürtünme katsayısının değerleri, çeşitli durumlar için Çizelge 2.30 da verilmiştir.

Çizelge 2.30 : Değişik durumlar için kesme-sürtünme katsayısı (TS-500/2000)

Birdöküm beton (monolitik)	$\mu = 1.4$
Sertleşmiş beton ile yeni betonun birleştiği yüzeylerde pürüzlendirilmiş yüzey ($pürüz \geq 5 \text{ mm}$)	$\mu = 1.0$
pürüzlendirilmemiş yüzey	$\mu = 0.6$
Çelik profil ve betonun birleştiği yüzeylerde	$\mu = 0.7$

Kesme sürtünme donatısının kesme düzlemine eğik olduğu durumlarda, kesme kuvveti donatıda çekme oluşturuyorsa, V_r değeri Denklem 2.49 da verilen denklemden hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{wf} f_{yd} (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f) \quad (2.49)$$

Kesme kuvvetinin donatıda basınç oluşturduğu durumlarda, bu donatı etkili değildir. Deprem durumunda, donatı çatlak düzlemine dik olarak düzenlenmelidir. Denklem 2.49 daki α_f açısı, kesme-sürtünme donatısının kesme düzlemi ile yaptığı dar açıdır.

Sürtünme kesmesinin Denklem 2.50 deki sınırı geçmesine izin verilmez ve bu sınır hesaplanırken beton tasarım basınç dayanımı f_{cd} , 25 MPa dan büyük alınamaz.

$$V_d \leq 0.2 f_{cd} A_c \quad (2.50)$$

Kesme düzlemindeki doğrudan etkili çekme kuvvetleri varsa, her iki yandan yeterince kenetlenmiş ek donatı ile karşılanmalıdır. Bu düzlemde doğrudan etkili olan kalıcı basınç kuvvetinin en düşük değeri göz önüne alınarak kesme-sürtünme donatısı azaltılabilir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre sürtünme kesmesiyle ilgili bir açıklama bulunmamaktadır.

2.4.2 Kesme kuvveti ve burulma

TS–500/2000 yönetmeliğine göre burulma etkisi ele alındığında, kesme ve eğilme altında zorlanan yapı elemanlarında oluşacak asal çekme gerilmelerinin, yeterli donatı ile karşılanması, asal basınç gerilmelerinin ise, gövdede ezilme oluşturmayacak bir düzeyde tutulması şart koşulmaktadır.

Yapı sistemlerinde burulma, denge burulması ve uygunluk burulması olarak iki sınıfa ayrılır.

2.4.2.1 Eğik çatlama sınırı

Kesme kuvvetinin yanı sıra burulma momentinin de bulunduğu durumlarda eğik çatlama sınırı Denklem 2.51 deki bağıntı ile belirlenmelidir. Bu denklem SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre de aynıdır.

$$(V_d / V_{cr})^2 + (T_d / T_{cr})^2 \leq 1 \quad (2.51)$$

V_{cr} , Denklem 2.35 den alınmalıdır, T_{cr} ise Denklem 2.52 deki gibi hesaplanmalıdır.

$$T_{cr} = 1.35 f_{ctd} S \quad (2.52)$$

Denklem 2.52 deki S , burulma dayanım momenti olup, daha kesin hesap yapılmayan durumlarda bu değer Çizelge 2.31 den alınabilir.

Çizelge 2.31 : Değişik kesitler için yaklaşık burulma dayanım momentleri (TS–500/2000)

Dikdörtgen kesit	$S = b_w^2 h / 3$
Tablalı kesit	$S = \sum x^2 y / 3$
Dairesel veya dış bükey çok kenarlı kesit	$S = \pi \Phi^3 / 12$
İnce çeperli ($t_e < 1/5 x$ ise) kutu kesitler	$S = 2A_e t_e$

Çizelge 2.31 de, “x” ve “y”, tablalı kesiti oluşturan dikdörtgenlerin kısa ve uzun kenarlarıdır. Bu hesaplarda, gövde dışına taşan tabla genişliği, tabla kalınlığının üç katından fazla alınmamalıdır.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre dikdörtgen kesit için T_{cr} , Denklem 2.53 deki gibi hesaplanmalıdır. Burada α yükün süresine bağlı bir katsayıdır. Ağır beton için α katsayısı 0.85, kendiliğinden priz alan beton ve dane çapı 2 mm den büyük için 0.80 ve kendiliğinden priz alan beton ve dane çapı 2 mm den küçük beton için 0.75 alınmalıdır.

$$T_{cr} = 0.1 \alpha f_{cd} b^2 h \quad (2.53)$$

2.4.2.2 Tasarım kuvvetlerinin saptanması

Tasarım kesme kuvveti, Madde 2.4.1.1 e göre bulunmalıdır. Tasarım burulma momenti, denge burulması olan durumlarda, elastik yapısal çözümlemeden elde edilen değerdir. Kesit hesabında bu moment azaltılmadan kullanılmalıdır. Uygunluk burulmasında ise, burulma momentinin hesabına gerek yoktur ve bu değer Denklem 2.54 de verildiği üzere çatlama momentine eşit kabul edilebilir. Bu durumda, Denklem 2.60 ile verilen minimum etriyenin sağlanması yeterli olur.

$$T_d = T_{cr} \quad (2.54)$$

$T_d \leq 0.65f_{ctd} S$ olan durumlarda burulma ihmal edilebilir. Bu durumlarda, minimum etriye koşulu yalnızca kesme için, Denklem 2.41 den hesaplanır.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre eğer Denklem 2.55 deki durum sağlanıyorsa kesitte burulma göz önüne alınmayabilir.

$$T_d < 0.5 V_c b_w \quad (2.55)$$

2.4.2.3 Dayanım

Tasarım kesme kuvveti ve tasarım burulma momenti Denklem 2.51 i sağlıyorsa, etriye hesabına gerek yoktur. Ancak Madde 2.4.2.4 deki minimum etriye ve boyuna donatının bulundurulması zorunludur. Denklem 2.51 sağlanmıyorsa, etriye hesabı Denklem 2.56, Denklem 2.57 ve Denklem 2.58 deki gibi yapılır.

$$(A_o / s) = (A_{ov} / s) + (A_{ot} / s) \quad (2.56)$$

$$(A_{ov} / s) = (b_w (V_d - V_c)) / (d n f_{ywd}) \quad (2.57)$$

$$(A_{ot} / s) = T_d / (2 A_d f_{ywd}) \quad (2.58)$$

Çok kollu etriye düzenlendiğinde, iç kollar burulma donatısı olarak göz önüne alınamaz.

Burulmanın bulunduğu durumlarda, A_e alanını çevreleyen etriyenin kesit alanı A_{ot} den az olamaz ve burulma için gerekli etriyeye eşit hacimde boyuna donatı bulundurulması zorunludur. Gerekli boyuna donatı Denklem 2.59 dan hesaplanmalıdır.

$$A_{sr} = (A_{ot} / s) u_e (f_{ywd} / f_{yd}) \quad (2.59)$$

Eğilme ve eksenel kuvvet için gerekli boyuna donatılar ayrıca hesaplanarak, yukarıdaki donatıya eklenir.

Hesaplanan etriye ve boyuna donatı, Madde 2.4.2.4 deki minimum değerlerden az olamaz.

Uygunluk burulması durumunda etriye ve boyuna donatı hesabı yapılmayabilir. Bu durumda, minimum donatı (Madde 2.4.2.4) bulundurulması yeterlidir. Ancak bu donatı basit kesme için gerekli donatıdan az olamaz.

2.4.2.4 Gevrek kırılmanın önlenmesi için minimum donatı

Asal çekme gerilmeleri nedeni ile oluşacak gevrek kırılmanın önlenmesi için, Denklem 2.60 daki minimum etriye ve boyuna donatı zorunludur.

$$(A_o / s) = 0.15 (f_{ctd} / f_{ywd}) (1 + 1.13 (T_d / V_d b_w)) b_w \quad (2.60)$$

Bu bağıntıda, $T_d / V_d b_w \leq 1.0$ alınmalıdır. Uygunluk burulmasında, $T_d = T_{cr}$ alınır. Ayrıca, A_e alanını çevreleyen etriye, Denklem 2.61 deki ikinci terimden (burulma minimum etriyesi) az olmamalıdır.

$$A_{sr} = (T_d u_e / 2 f_{yd} A_e) \quad (2.61)$$

2.4.2.5 Gevrek kırılmanın önlenmesi için üst sınır

Yüksek asal basınç gerilmeleri nedeni ile gövde betonunun ezilmesini önlemek amacıyla, zorlamalar Denklem 2.62 deki biçimde sınırlanmıştır. Bu koşul sağlanamazsa, kiriş kesit boyutları büyütülecektir.

$$(T_d / s + V_d / b_w d) \leq 0.22 f_{cd} \quad (2.62)$$

2.4.2.6 Donatı detayları

Kesme kuvveti ve burulma momenti birlikte etkidikleri durumlarda, etriye ve boyuna donatı için aşağıdaki koşullara uyulmalıdır.

Burulmanın ihmal edilemeyeceği durumlarda etriye uçlarının 90° kancalı ve bindirmeli yapılmasına izin verilmez, 135° kancalı kapalı etriyeler kullanılır ve etriye uçları çekirdek içinde kenetlenir. Etriye aralığı da Denklem 2.63 deki sınırları aşmayacaktır.

$$s \leq d / 2 \quad s \leq u_e / 8 \quad s \leq 300 \text{ mm} \quad (2.63)$$

Burulma için hesaplanan boyuna donatı, kesit çevresine dağıtılarak, her köşede çapı 12 mm den küçük olmayan çubuklar kullanılır. Boyuna çubuklar arasındaki uzaklık 300 mm yi geçemez.

2.4.3 Zımbalama

Kirişsiz döşemelerde, genellikle döşeme kalınlığının hesaplanmasında etkili olan en önemli amaç, döşeme ve düşey taşıyıcı elemanların birleşiminde yükün döşemeden kolona ya da perdeye aktarılmasının sağlanmasıdır. Eğer sistemde çevrede kenar kirişi bulunmuyorsa, bu durum kenar bölgelerde daha da kritik durumlar meydana getirir. Gerekli güvenlik, zımbalama çevresinde zımbalama dayanımının, kolonu zımbalamaya zorlayan kuvvetten daha büyük olması ile sağlanır.

Zımbalama dayanımının hesabı ve taşıyıcı elemanların bu etkileri karşılayabilmesi için ne şekilde donatılması gerektiği TS ve RS kapsamında ele alınmıştır.

2.4.3.1 Zımbalama dayanımı

Sınırlı bir alana yayılmış yükler veya kolonlar tarafından yerel olarak yüklenen plakların zımbalama dayanımı hesaplanarak bunun tasarım zımbalama kuvvetine eşit veya ondan büyük olduğu Denklem 2.64 deki gibi kanıtlanacaktır.

$$V_{pr} \geq V_{pd} \quad (2.64)$$

Şekil 2.14 de görüldüğü üzere zımbalama dayanımının hesabında, yüklenen alana $d/2$ uzaklıkta zımbalama çevresi ile belirlenen kesit alanı göz önüne alınır.

Tasarım zımbalama kuvveti, zımbalama çevresi ile sınırlanan plak bölümüne etkiyen ve plak düzlemine dik kuvvetlerin cebirsel toplamıdır. Şekil 2.14 de gösterilen F_a , zımbalama çevresi içinde kalan plak yüklerinin toplamıdır (döşemeler için döşeme yükü, temeller için zemin gerilmelerinin toplamı).

Zımbalama dayanımı V_{pr} , Denklem 2.65 deki bağıntıdan hesaplanmalıdır.

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} u_p d \quad (2.65)$$

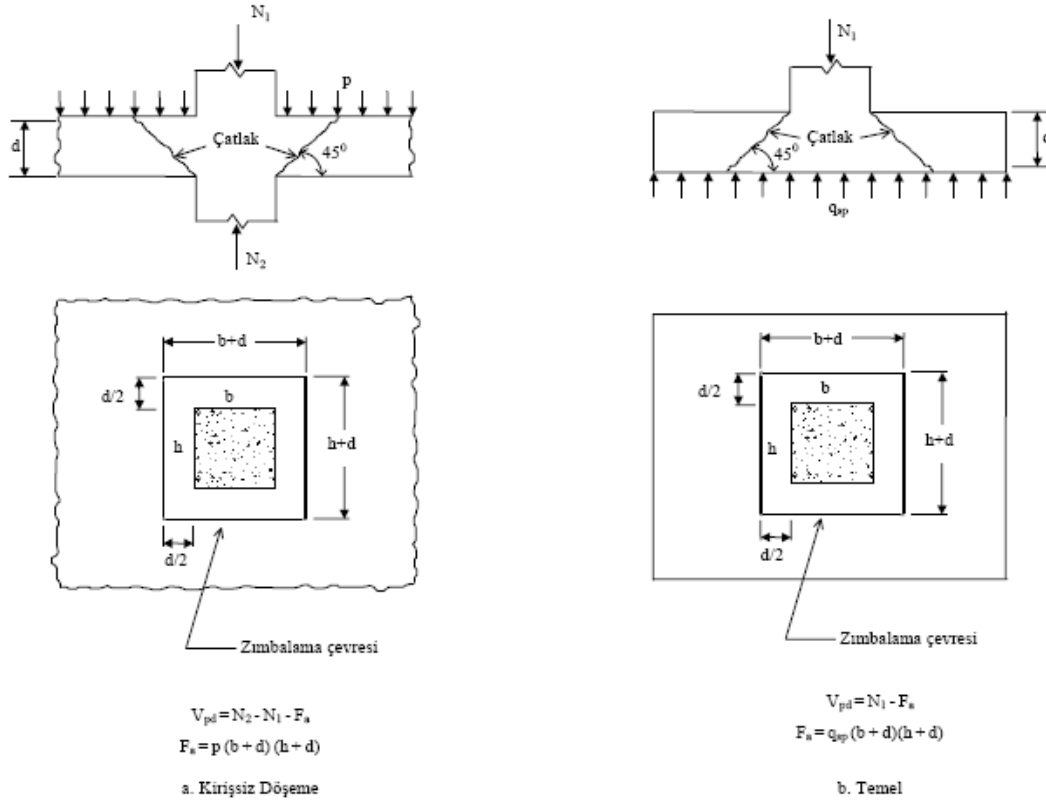
Burada γ , eğilme etkisini yansıtan bir katsayıdır. Plağa aktarılan dengelenmemiş kolon momenti etkisinin daha güvenilir yöntemlerle hesaplanmadığı durumlarda,

eğilme etkisi Denklem 2.66, Denklem 2.67 ve Denklem 2.68 deki γ katsayılarıyla hesaba katılmalıdır.

Eksenel yükleme durumunda, $\gamma = 1.0$ (2.66)

Dışmerkezli yükleme durumunda, $\gamma = 1 / (1 + (\eta (e / W_m) u_p d)))$ (2.67)

$\eta = 1 / (1 + (b_2 / b_1)^{0.5})$ (2.68)



Şekil 2.14 : Zımbalama bölgesi özellikleri ve tasarım zımbalama kuvveti (TS-500/2000)

Denklem 2.68, yalnızca $b_2 \geq 0.7 b_1$ durumu için geçerlidir.

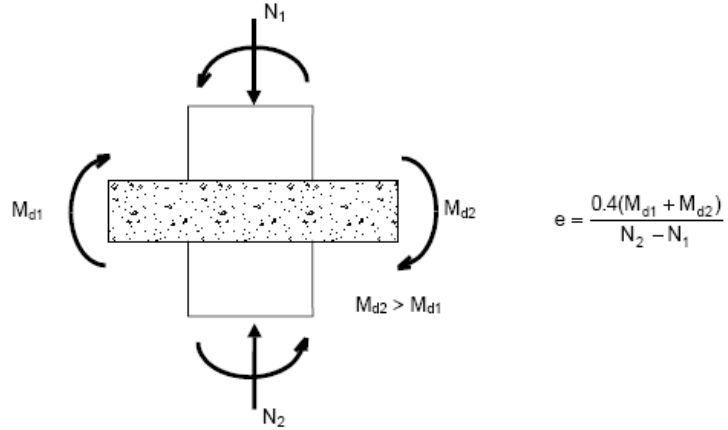
Denklem 2.69 ve Denklem 2.70 de verilen bağıntılar ile plak kenarında veya köşesinde olmayan dikdörtgen veya dairesel yük alanları (veya kolonlar) için daha basit olarak ifade edilebilir.

Dikdörtgen yük alanları veya kolonlar için, $\gamma = 1 / (1 + 1.5 ((e_x + e_y) / (b_x b_y)^{0.5}))$ (2.69)

Dairesel yük alanları veya kolonlar için. $\gamma = 1 / (1 + (2 e / (d + d_o)))$ (2.70)

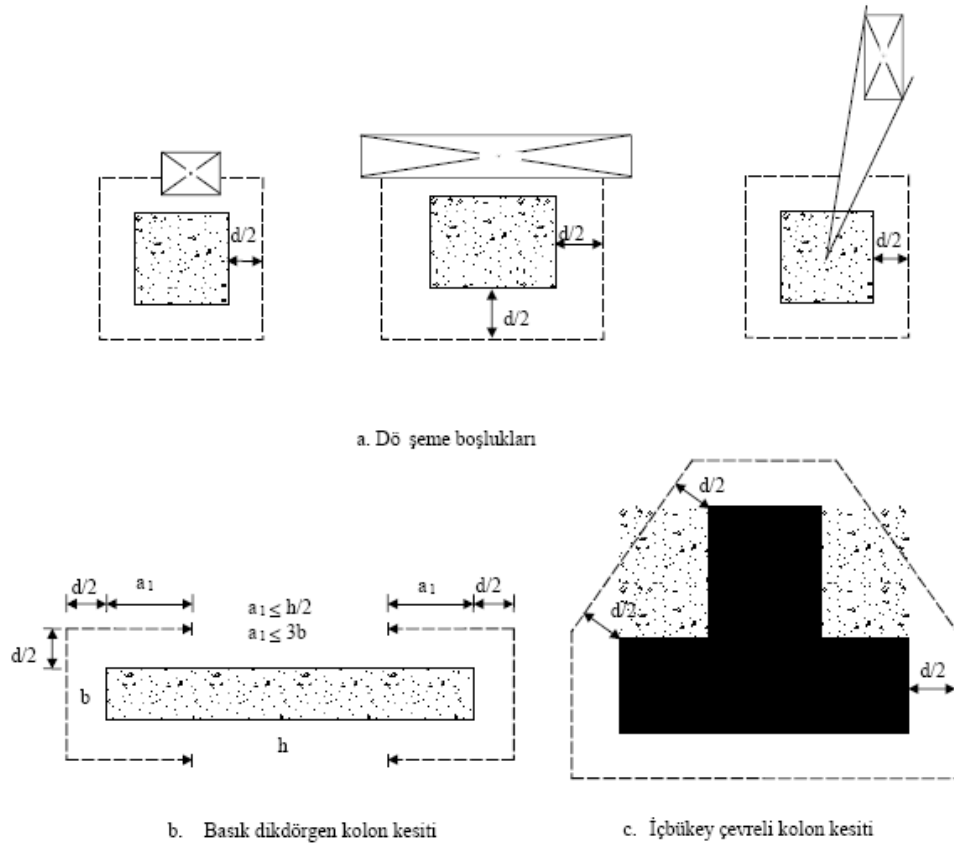
Denklem 2.67, Denklem 2.69 ve Denklem 2.70 deki dışmerkezlilikler hesaplanırken, eğilme düzleminde kolonun iki yanındaki plak momentleri toplamının %40 ı ve alt

ve üst kolonlardaki eksenel yüklerin farkı temel alınmalıdır. Dışmerkezlğin hesabı, Şekil 2.15 de gösterilmiştir.



Şekil 2.15 : Hesaba katılacak dışmerkezlük (TS–500/2000)

Yüklenen alan kenarında “5d” veya daha yakın uzaklıkta olan boşluklar, zımbalama çevresi hesaplanırken dikkate alınır. Boşluklar nedeni ile zımbalama çevresinde (u_p) yapılacak azaltma, yüklenen alan ağırlık merkezinden, döşeme boşluğu kenarlarına teğet çizilecek radyal doğruların içinde kalan çevre uzunluğu dikkate alınmayarak gerçekleştirilmelidir. Bu durum Şekil 2.16a da gösterilmektedir.



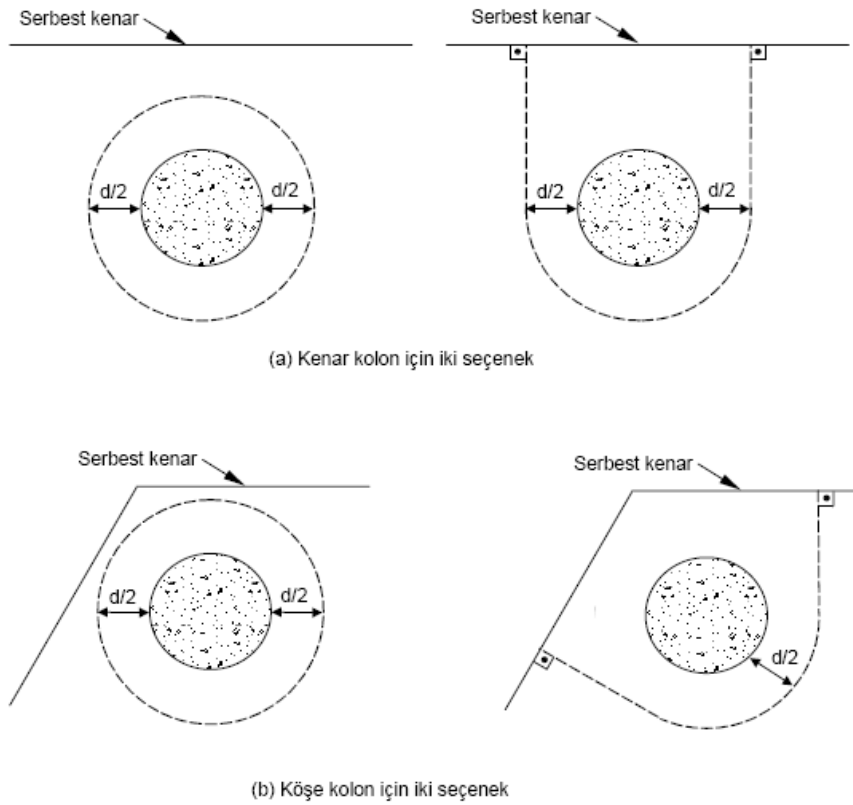
Şekil 2.16 : Özel durumlarda zımbalama çevresi (TS–500/2000)

Yüklenen alan boyutları oranının 3.0 den fazla olduğu durumlarda $h=3b$ varsayımı ile hesaplanacak çevre kullanılmalıdır. Bu durum Şekil 2.16b de gösterilmektedir.

Yükleme alanı çevresinin içbükey olduğu durumlarda, teğet veya teğetlerle içbükeyliğin giderilmesinden sonra elde edilen çevre, hesaplarda zımbalama çevresi olarak kullanılmalıdır. Bu durum Şekil 2.16c de gösterilmektedir.

Plak kenarına yakın kolonlar ve yük alanları için zımbalama çevresi olarak hesaplarda, Şekil 2.17a da gösterilen iki seçenekten küçüğü kullanılmalıdır. Plak köşelerine yakın kolonlar ve yük alanları için ise zımbalama çevresi olarak, Şekil 2.17b de gösterilen iki seçenekten küçüğü alınmalıdır.

Eğer birden fazla kritik kesit söz konusu ise (örneğin, kolon başında tabla bulunuyorsa), her bir kritik kesit ayrı ayrı değerlendirilip en elverişsiz olanı göz önüne alınmalıdır.

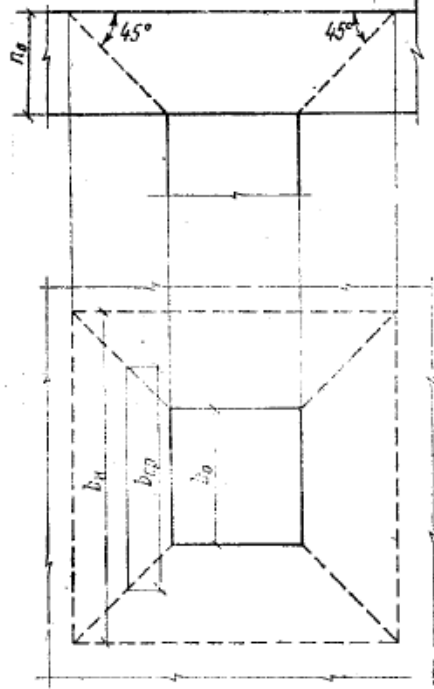


Şekil 2.17 : Kritik kesit seçenekleri (TS-500/2000)

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre zımbalama dayanımı Denklem 2.71 deki gibi hesaplanmalıdır. Burada γ değeri betonun cinsine göre değişmektedir. Ağır beton ise bu değer 1.0, ince daneli beton ise 0.85 ve hafif beton için 0.80 alınmalıdır. Diğer ölçüler TS500/2000 ile aynı özelliklerde kullanılmaktadır.

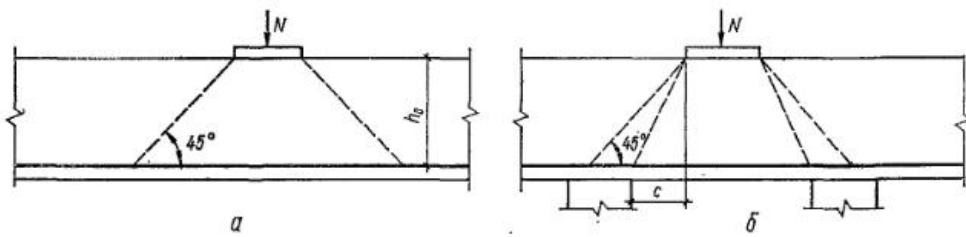
$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} u_p d \quad (2.71)$$

Döşemeler için zımbalama bölgesinin özellikleri kesit ve plan görünümüyle Şekil 2.18 de verilmiştir.



Şekil 2.18 : Döşeme için zımbalama çevresi (SNIP 2.03.01-84)

Temeller için zımbalama durumu Şekil 2.19 da verilmiştir. Burada “a” ile gösterilen şekil doğrudan zemine oturan temeli ve “b” ile gösterilen şekil kazıklı temeli ifade etmektedir.



Şekil 2.19 : Temel için zımbalama çevresi (SNIP 2.03.01-84)

Farklı kolon yerleşim durumları için SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğinde zımbalama durumunu gösteren şekiller verilmemiştir.

2.4.3.2 Zımbalama donatısı

Denklem 2.65 bağıntısı ile belirlenen zımbalama dayanımı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış donatı veya profil düzenlemeleri veya özel çelik elemanlarla artırılabilir.

Ancak, zımbalama donatısının etkili olabilmesi için, plak kalınlığının en az 250 mm olması gerekir. Ayrıca, bu düzenlemelerle arttırılmış dayanım hiçbir zaman Denklem 2.65 ile belirlenen değerin 1.5 katını aşamaz.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre zımbalama donatısı zımbalama dayanımına 0.8P oranında ek katkı sağlamaktadır. Burada P zımbalama donatısının taşıma gücünü ifade etmektedir. Zımbalama donatısının aralığı 1.3d den ve 200 mm den fazla olmamalıdır. Bu donatılara ya kaynak yapılması ya da kanca yapılması gerekmektedir. Ayrıca zımbalama donatısı kolon yüzünden itibaren en az 1.5d uzaklığa kadar konulmalıdır.

2.4.4 Kısa konsollar

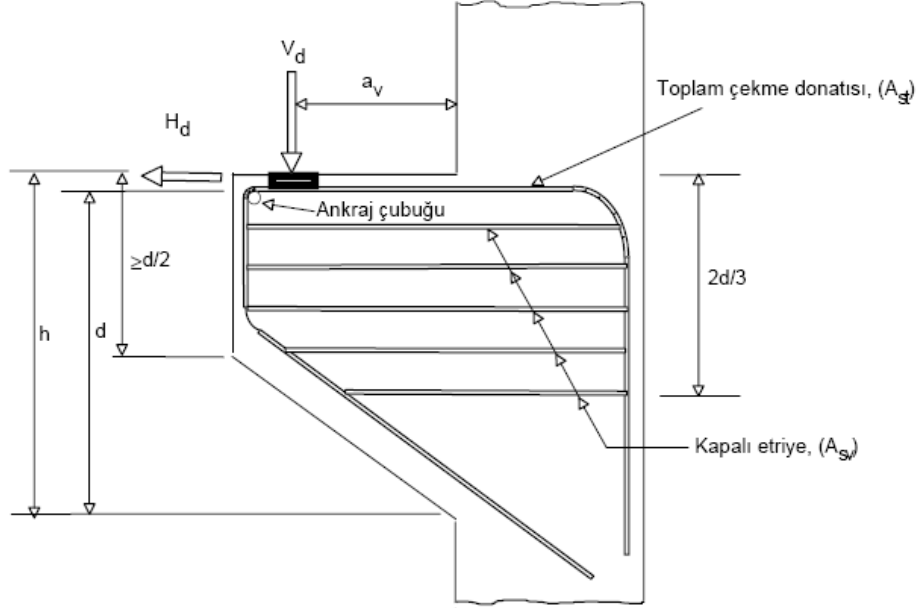
TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, yükleme noktasından mesnet yüzüne olan uzaklığın, mesnetteki faydalı yüksekliğe oranı 1.0 veya daha küçük olan ($a_v \leq d$) konsolların taşıma gücü hesabı ve donatı detaylandırılması kısa konsol hesabı ilkelere göre yapılmalıdır.

Özel önlemler alınmayan durumlarda, konsola oturan kirişlerde sıcaklık değişimi ve büzülme gibi olaylar nedeni ile oluşan kısılma ve uzamalar, konsol üzerinde yatay kuvvetler (H_d) oluştururlar. Bu yatay kuvvet için yük katsayısı 1.6 alınır. Her zaman çekme olarak hesaba katılacak olan bu yatay kuvvet, $0.2V_d$ den küçük seçilemez. Konsolun kesme dayanımı Denklem 2.72 ile belirlenen değeri geçmemelidir.

$$V_d \leq 0.22 f_{cd} b_w d \quad (2.72)$$

Kısa konsollarda, sürtünme kesmesi için hesap yapılmalı ve kesme sürtünme donatısı (A_{wf}) hesaplanmalıdır.

Toplam çekme donatısı (A_{st}), eğilme ve eksenel kuvvet (H_d) için hesaplanan donatıların toplamıdır ve bu durum Şekil 2.20 de gösterilmektedir.



Şekil 2.20 : Kısa konsol ile ilgili tanımlar (TS-500/2000)

Konsolun kirişin üst yüzünden $2d/3$ derinliğine kadar yayılan kapalı veya açık yatay etriyelerin kesit alanı olan A_{sv} , Denklem 2.73 deki formüllere göre hesaplanan değerden az olamaz.

$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n) \quad (2.73)$$

$$A_{st} = (A_s + A_n) \geq (2/3 A_{wf} + A_n) \quad A_{st} \geq 0.05 (f_{cd} / f_{yd}) b_w d$$

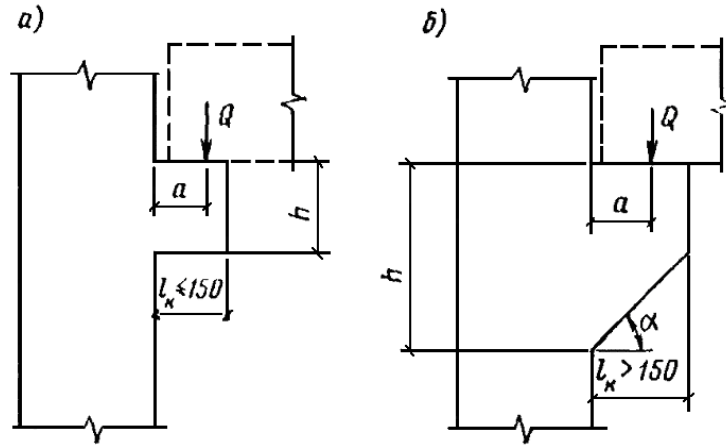
$$A_s = (V_d a_v + H_d(h-d)) / (0.8 f_{yd} d)$$

$$A_n = H_d / f_{yd}$$

Çekme donatısı akmayı sağlamaya yeterli biçimde kenetlenmelidir. Bu amaçla, çekme donatısının, çapı en az çekme donatısının çapına eşit bir ankraj çubuğuna yeterli biçimde kaynaklanması veya çekme donatısının U-biçimli firketelerden oluşturulması gereklidir. Bu ankraj çubuğu veya firketenin taban bölümü (kapalı tarafı), yük alanının ötesine geçmelidir.

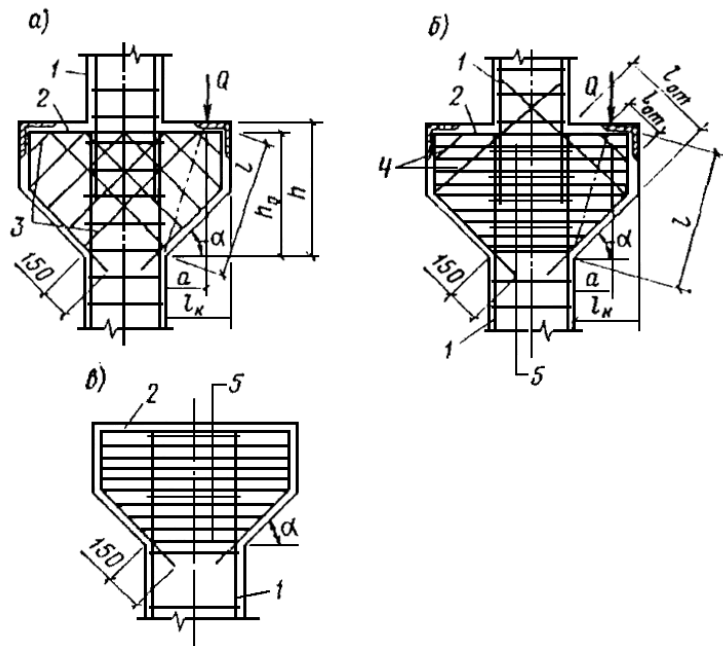
SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kısa konsollar tek taraflı ya da çift taraflı olabilir. Çift taraflı yapılan konsollarda iki yüzdeki konsolun özellikle prefabrik kolonlarda aynı yatay eksende yapılması önerilmektedir.

Konsolun uzunluğu ≤ 150 mm ise konsol Şekil 2.21 de görüldüğü üzere dikdörtgen olarak yapılabilir. Eğer konsol uzunluğu 150 mm den büyük ise guse yapmak gerekmektedir.



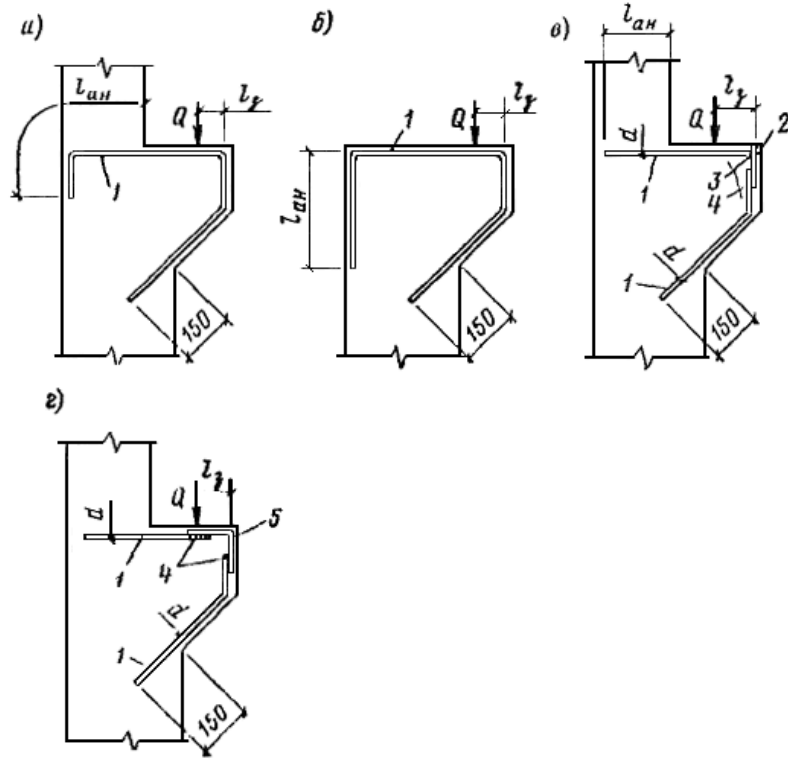
Şekil 2.21 : Kısa konsol boyutlarının sınır değerleri (SNIP 2.03.01-84)

Şekil 2.21 deki konsol yüksekliği $h \leq 2.5a$ ise Şekil 2.22a daki donatı düzeni, $h > 2.5a$ ise Şekil 2.22b deki donatı düzeni ve $h > 3.5a$ ise Şekil 2.22в deki donatı düzeni kullanılmalıdır.



Şekil 2.22 : Kısa konsol boyutlarına göre kullanılacak donatı düzeni (SNIP 2.03.01-84)

Kısa konsollarda kullanılacak donatının kenetlenme boyları ve donatı düzenleri Şekil 2.23 de verilmektedir. Burada “a” ve “б” konsolda ek bir kenetlenme elemanı kullanılmayan durumu, “в” ve “г” konsolda ek kenetlenme elemanı kullanılan durumu göstermektedir.



Şekil 2.23 : Kısa konsol donatılarının kenetlenmesi (SNIP 2.03.01-84)

2.5 Donatının Kenetlenmesi ve Düzenlenmesiyle İlgili Kurallar

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında, betonarme bir yapı elemanının gerektiği gibi davranabilmesi için donatının betona kenetlenmesi zorunludur. Aderansın tam olarak sağlanabilmesi için gerekli kenetlenme boyu, kesitteki donatı çubuklarının betonlama sırasındaki konumuna bağlıdır.

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

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

Herhangi bir betonarme kesitinde, donatının öngörülen çekme veya basınç gerilmesini güvenle taşıyabilmesi için her iki yönde yeterli kenetlenme boyuna sahip olması gereklidir. Kenetlenme, düz kenetlenme ile manşon ve benzeri mekanik bağlantılarla veya kanca ile sağlanabilir.

2.5.1 Çekme donatısının kenetlenmesi

2.5.1.1 Düz kenetlenme

Kenetlenme, donatının gereksinme duyulmayan noktadan düz olarak l_b kadar uzatılması ile sağlanabilir. Kenetlenme boyu olarak tanımlanan bu boy, nervürlü çubuklar için Denklem 2.74 deki denklem kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$l_b = (0.12 (f_{yd} / f_{ctd}) \Phi) \geq 20 \Phi \quad (2.74)$$

Düz yüzeyli çubuklarda, bu değerin iki katı kullanılmalıdır.

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

Denklem 2.74 den hesaplanan kenetlenme boyları, Konum II ye giren çubuklar için 1.0 ile, Konum I e giren çubuklar için ise 1.4 ile çarpılmalıdır.

Kesitteki donatının, hesaplanan gerekli donatıdan fazla olduğu durumlarda, yukarıdaki denklemlerden belirlenen kenetlenme boyları, hesaplanan donatı alanının mevcut donatı alanına oranı ile çarpılarak azaltılabilir. Ancak, bu azaltma ile bulunan kenetlenme boyu, Denklem 2.74 den hesaplanan boyun 1/2 sinden ve 20 Ø den az olamaz. Deprem yönetmeliğinde tanımlanan, deprem dayanımına katkıda bulunan süneklik düzeyi yüksek çerçeve elemanlarında ve perdelerin kritik yükseklikleri içinde bu azaltma yapılamaz.

Beton örtüsünün donatı çapından az olduğu veya aynı sıradaki donatı çubukları arasındaki net uzaklığın donatı çapının bir buçuk katından küçük olduğu durumlarda, Denklem 2.74 den hesaplanan kenetlenme boyları 1.2 ile çarpılarak artırılmalıdır.

Düz kenetlenmeye ancak nervürlü çubuklarda izin verilir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre donatı kenetlenmesi Denklem 2.75 deki formüle göre hesaplanmaktadır. Ayrıca kenetlenmeyle ilgili çekme ve basınç durumlarına göre listelenmiş değerler Çizelge 2.32 deki gibi verilmiştir.

$$l_b = (m_{aH} (f_{yd} / f_{cd}) + \Delta \lambda_{aH}) \Phi \quad (2.75)$$

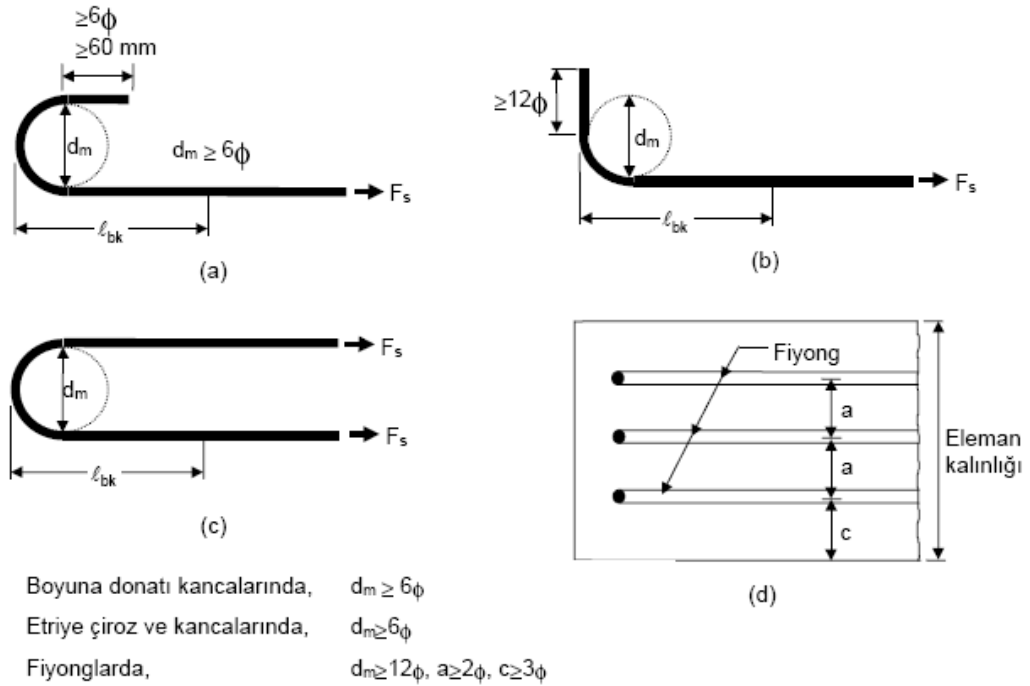
Denklem 2.75 deki m_{ah} ve $\Delta\lambda_{ah}$ çekmedeki ya da basınçtaki beton için kullanılan katsayılardır. Çizelgede nervürlü donatı ve düz donatı için değerler ayrı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.32 : Donatı kenetlenme boyunun katsayılarına göre hesaplama koşulları (SNIP 2.03.01-84)

Donatının Çalışma Durumu	$m_{ah} - \Delta\lambda_{ah} - \lambda_{ah} - \ell_b \text{ min}$							
	Nervürlü Donatı				Düz Donatı			
	m_{ah}	$\Delta\lambda_{ah}$	λ_{ah}	ℓ_b MM	m_{ah}	$\Delta\lambda_{ah}$	λ_{ah}	ℓ_b MM
			Minimum				Minimum	
Çekmedeki Beton	0.7	11	20	250	1.2	11	20	250
Basınçtaki Beton	0.5	8	12	200	0.8	8	15	200

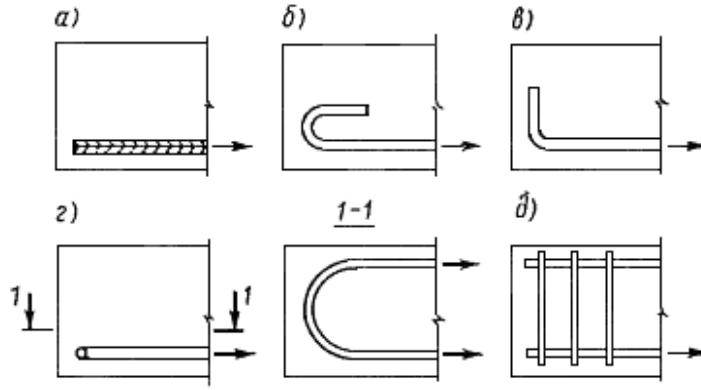
2.5.1.2 Kanca veya fiyongla kenetlenme

Donatının ucu bükülerek kanca veya fiyong yapılıyorsa gerekli kenetlenme boyu azaltılabilir. Şekil 2.24 de gösterilen standart kancaların bulunduğu durumlarda, kenetlenme boyu ℓ_{bk} Denklem 2.74 den bulunacak değerin 3/4 ü kadar alınabilir.



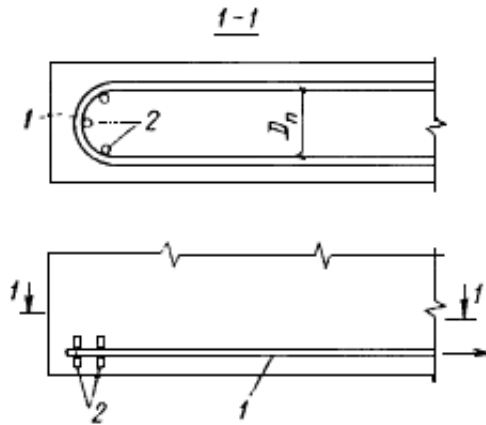
Şekil 2.24 : Standard kanca ve fiyonglar (TS-500/2000)

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kanca ve fiyongla kenetlenme durumları Şekil 2.25 ve Şekil 2.26 da gösterilmektedir.



Şekil 2.25 : Donatı kancalarının çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)

Şekil 2.25 de görülen 1-1 numaralı çizimdeki kancanın yapılması için Şekil 2.26 da görüldüğü gibi ek donatı parçaları kanca ucuna eklenmelidir. Bu ek donatılar en az 2 $\Phi 6$ donatı kullanılmalıdır.



Şekil 2.26 : Donatı kancası için ek donatı detayı (SNIP 2.03.01-84)

2.5.1.3 Kaynaklı enine çubukla kenetlenme

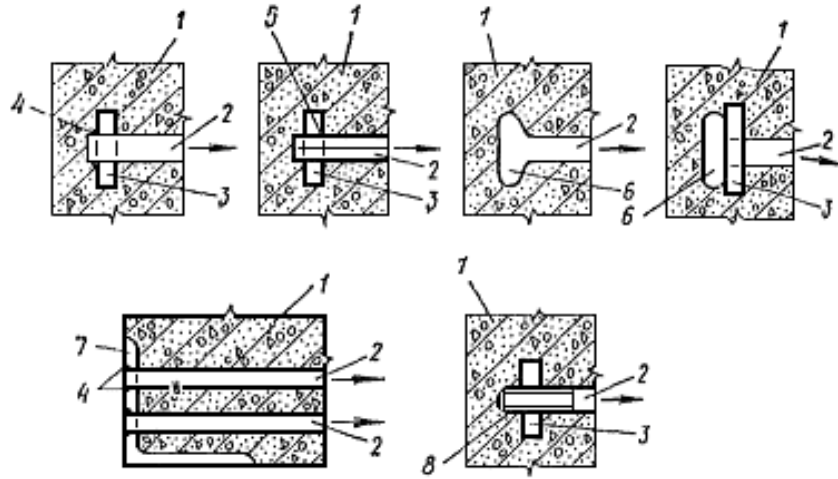
Gerekli kenetlenme boyu çubuğa kaynaklanmış enine çubuklar ile sağlanabilir. Nokta kaynaklı hasır çeliklerde bu tür kenetlenme yaygın olarak kullanılır.

Kenetlenme için gerekli enine çubuk sayısını ve minimum boyutları gösteren Çizelge 2.33, nokta kaynaklı hasır donatı için geçerlidir. Dinamik veya çok değişen yüklerin söz konusu olduğu durumlarda çizelgedeki değerlere bir çubuk ve 100 mm eklenmelidir.

Çizelge 2.33 : Kaynaklanmış enine çubuklar için aranan kenetlenme koşulları (TS-500/2000)

Donatı Yüzeyi	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

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kenetlenme boyunun yetmediği durumlarda kaynaklı enine donatılar kullanılabildiği gibi ek parçalarla da bu kenetlenme sağlanabilir. Kaynaklı ve ek donatı parçalarıyla yapılan kenetlenme durumu Şekil 2.27 de gösterilmektedir.



Şekil 2.27 : Kenetlenme için kullanılan çeşitli ek donatılar (SNIP 2.03.01-84)

2.5.1.4 Mekanik kenetlenme

Özel durumlarda kenetlenme, donatı ucuna kaynaklanan veya vidalanan plakalarla da sağlanabilir. Bu gibi durumlarda, öngörülen düzenleme bir laboratuarda denenmeli ve projede kullanılacak çubuk hesap kuvveti, kırılma yükünün %70 ini geçmemelidir. Bu tür kenetlenmenin kullanılabilmesi için özel izin gereklidir.

Mekanik kenetlenme özel manşonlarla da sağlanabilir. Kullanılacak manşonun yeterliliği bu konuda yapılmış deneylerle kanıtlanmalıdır.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre mekanik kenetlenme kaynaklı kenetlenme ile birlikte açıklanmıştır. Bu bilgiler Madde 2.5.1.3 de bulunmaktadır.

2.5.1.5 Demet donatının kenetlenmesi

Demet donatının kenetlenme boyunun hesabında, Denklem 2.76 ile tanımlanan eşdeğer çap Φ_e kullanılmalıdır. Denklemdaki Φ demet yapılan çubukların çapı, “n” ise demetteki donatı sayısıdır.

$$\Phi_e = 1.2\Phi n^{0.5} \quad (2.76)$$

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre demet donatının kenetlenme boyunun hesabında Madde 2.5.9.3 de açıklanan koşullar kullanılmalıdır.

2.5.2 Basınç donatısının kenetlenmesi

Basınç donatısına kanca yapılamaz. Donatı çubuğu bütün yük düzenlemeleri altında basınca çalışıyorsa, kenetlenme boyu Denklem 2.74 den hesaplanan değerin 3/4 üne kadar azaltılabilir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında basınç donatısına kanca yapılamayacağı açıklanmaktadır. Basınçtaki çubuğun kenetlenme boyu Çizelge 2.5.1.1 de verilen değerlere göre hesaplanır.

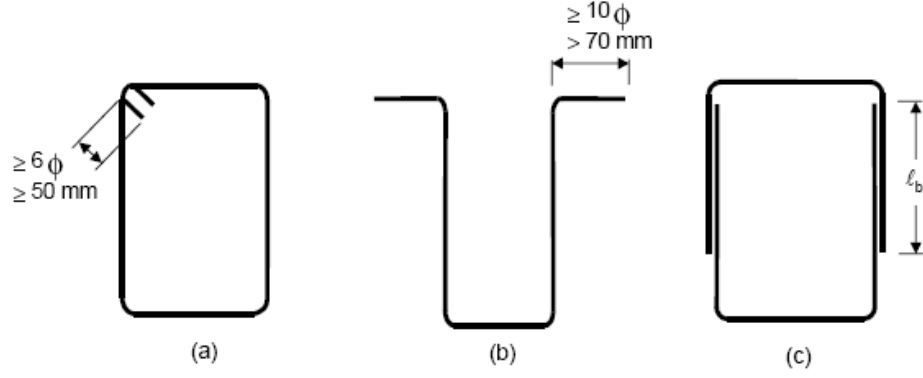
2.5.3 Etriyelerin kenetlenmesi

Etriyelerin kenetlenmesi, kanca, düz bindirme veya enine çubuk kaynaklanarak sağlanabilir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında etriyelerin kenetlenmesiyle ilgili ayrıca bir bölümde açıklama yapılmamıştır. Etriyelerde kullanılan kenetlenme türleri Madde 2.5.8 de açıklanmıştır.

2.5.3.1 Kanca ile kenetlenme

Bu tür kenetlenme, Şekil 2.28 de gösterildiği gibi 135^0 veya 90^0 lik kancalarla sağlanmalıdır. Şekil 2.28a da gösterilen tür, dikdörtgen kesitler, kolonlar ve özellikle burulmaya maruz elemanlar için kullanılmalıdır. Şekil 2.28b de gösterilen tür ise, kanca tabla içinde kalmak koşuluyla, ancak dişli döşeme kirişlerinde kullanılabilir.



Şekil 2.28 : Etriyelerde kancalı kenetlenme türleri (TS-500/2000)

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında etriyelerin kanca ile kenetlenmesi Madde 2.5.8 de açıklanmıştır.

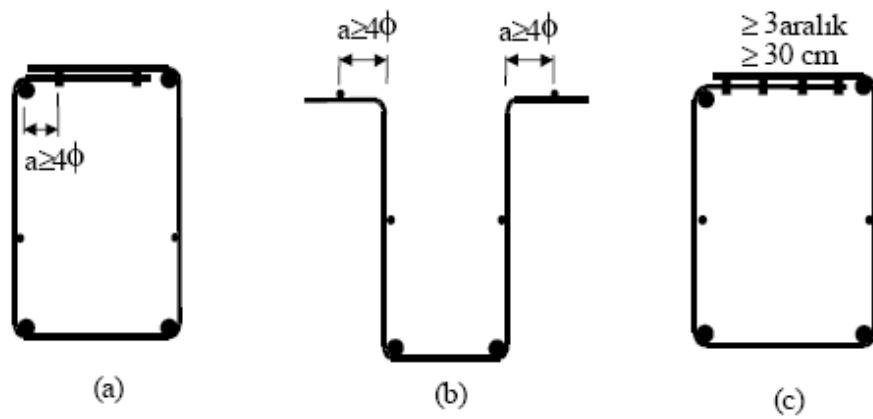
2.5.3.2 Düz bindirme ile kenetlenme

Şekil 2.28c de gösterilen düz bindirme, deprem veya burulma etkisi altındaki yapı elemanlarında kullanılamaz.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında etriyelerin düz bindirme ile kenetlenmesi yerine kanca ile kenetlenmesinin sağlanması açıklanmaktadır.

2.5.3.3 Kaynaklı enine donatı ile kenetlenme

Etriyelerde bu tür kenetlenme ancak hasır donatı ile yapılır. Şekil 2.29 da izin verilen kaynaklı kenetlenme türleri gösterilmiştir.



Şekil 2.29 : Etriyelerde kaynaklı kenetlenme türleri (TS-500/2000)

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında etriyelerin kaynaklı enine donatı ile kenetlenmesinin sağlanmasıyla ilgili bir açıklama bulunmamaktadır.

2.5.4 Çekme donatısının eklenmesi

Çekme donatılarında bindirmeli, manşonlu ve kaynaklı ekleme çeşitleri kullanılmaktadır. Bu eklemelerin sınır durumları TS ve RS kapsamında çeşitli değerlerle ifade edilmektedir.

2.5.4.1 Bindirmeli ekler

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

Bindirmeli eklerde bindirme boyu ℓ_0 , Denklem 2.77 den hesaplanır.

$$\ell_0 = \alpha_1 \ell_b \quad \alpha_1 = 1 + 0.5 r \quad (2.77)$$

Denklem 2.77 de, “r” aynı kesitte eklenen donatının toplam donatıya oranıdır. Bütün kesiti çekme taşıyan elemanlarda, $\alpha_1 = 1.8$ alınır. Konum I’e giren çubuklarda, ℓ_0 , 1.4 çarpanıyla artırılır.

Bindirmeli ek yapılan çubuk uçları kancalı ise, bindirme boyu bu denklemden elde edilen değerin 3/4 üne kadar azaltılabilir.

Bindirmeli eklerde, bindirme boyunca sargı donatısı bulundurulması gereklidir. Sargı donatısının çapı, en az eklenen donatı çapının 1/3 ü veya $\Phi 8$ olmalıdır. Bindirme boyunca en az 6 sargı donatısı bulundurulmalı ve sargı donatısı aralığı eleman yüksekliğinin 1/4 ünden ve 200 mm den fazla olmamalıdır.

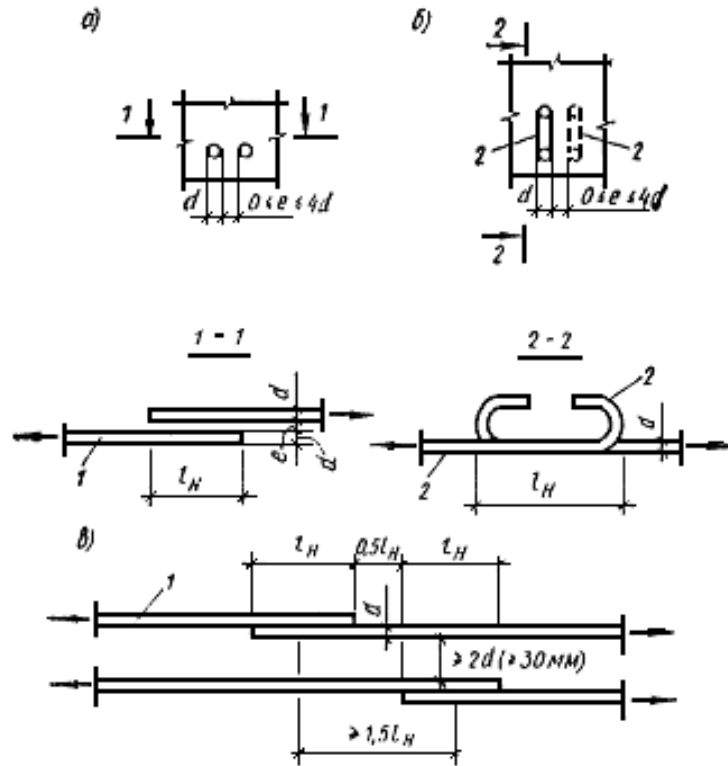
Birden fazla çubuğa ek yapılması gereken durumlarda, ek yerleri şaşırtılmalıdır. İki ekin merkezinden merkezine ölçülen uzaklık en az 1.5 ℓ_0 kadarsa, ekler şaşırtılmış sayılır.

Hasır donatının eklenmesi için önerilen Çizelge 2.34, kesitte bulunan donatının gerekli donatıdan en az %50 fazla olduğu durumlar için geçerlidir. Kesitteki donatı alanının gerekli donatı alanına oranı 1.5 den küçük olduğu durumlarda, Çizelge 2.34 deki bindirme boyları ve enine çubuk sayıları, $(1.5 \times \text{Gerekli donatı kesit alanı} / \text{Kesitte bulunan donatı kesit alanı})$ oranında artırılır.

Çizelge 2.34 : Nokta kaynaklı hasır donatı için bindirme koşulları (TS-500/2000)

Donatı Yüzeyi	Φ (mm)	Konum I		Konum II	
		n	$\angle_0$ (mm)	n	$\angle_0$ (mm)
Düz	$\Phi < 8.5$	4	500	4	400
	$\Phi \geq 8.5$	5	600	5	500
Nervürlü	$\Phi < 8.5$	4	400	4	350
	$\Phi \geq 8.5$	4	450	4	400

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında donatı çapı $\Phi \geq 36$ mm ise donatıda bindirme yapılamaz. Bindirme yapılan donatılarda öncelikli olarak donatıların bitişik durması sağlanmalı, aksi durumda donatılar arasında en çok 4Φ mesafe olması gerekmektedir. Bindirme yapılan iki ayrı eklenmiş donatı için aralarında mesafe 30 mm den ve 2Φ den daha az olamaz. Bu durum Şekil 2.30 da görülmektedir.



Şekil 2.30 : Donatı bindirme şekilleri (SNIP 2.03.01-84)

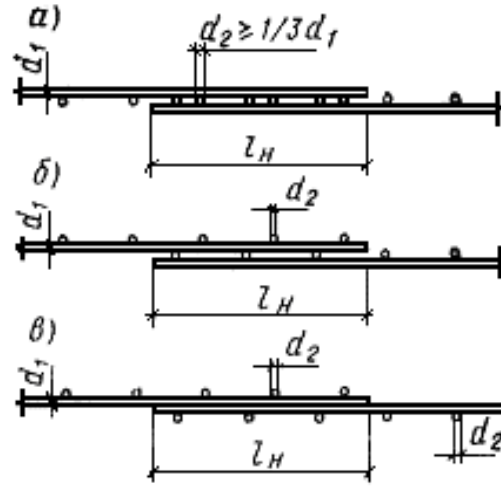
Bindirmeli eklerde bindirme boyu Denklem 2.78 ile hesaplanmalıdır. Bu denklemdaki katsayılar kullanılarak bulunan çekme ve basınçtaki donatı için bindirme boyları Çizelge 2.35 de verilmiştir. Burada σ_a bindirme yerinde donatıya etkiyen gerilmeyi göstermektedir.

$$\angle_0 = (m_H (\sigma_a / f_{cd}) + \Delta \lambda_H) \Phi \quad (2.78)$$

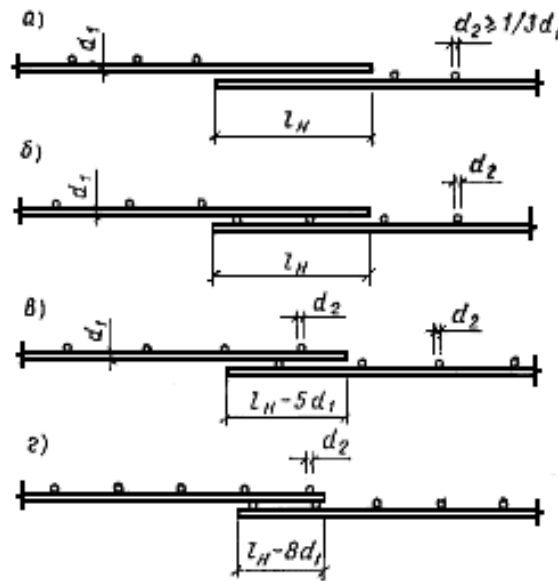
Çizelge 2.35 : Donatı bindirme boyunun katsayılarına göre hesaplama koşulları (SNIP 2.03.01-84)

Donatının Çalışma Durumu	$m_H - \Delta\lambda_H - \lambda_H - \ell_0 \min$							
	Nervürlü Donatı				Düz Donatı			
	m_H	$\Delta\lambda_H$	λ_H	ℓ_0 MM	m_H	$\Delta\lambda_H$	λ_H	ℓ_0 MM
	Minimum				Minimum			
Çekmedeki Beton	0.9	11	20	250	1.55	11	20	250
Basınçtaki Beton	0.65	8	15	200	1	8	15	200

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında hasır donatıların eklenmesi ayrıca açıklanmıştır. Hasır donatı tiplerine göre ekleme durumları, düz donatı için Şekil 2.31 ve nervürlü donatı için Şekil 2.32 de gösterilmiştir. Sınır durumlar şekil üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 2.31 : Düz hasır donatı için donatı bindirmesi durumu (SNIP 2.03.01-84)



Şekil 2.32 : Nervürlü hasır donatı için donatı bindirmesi durumu (SNIP 2.03.01-84)

2.5.4.2 Manşonlu ekler

Betonarme yapı elemanlarında kullanılacak manşonlu eklerin, hem çekme hem de basınç altında, manşonla bağlanan donatı çubuğu için standartlarda öngörülen minimum karakteristik akma dayanımının 1.25 katı dayanıma sahip olduğu deneylerle kanıtlanmalıdır.

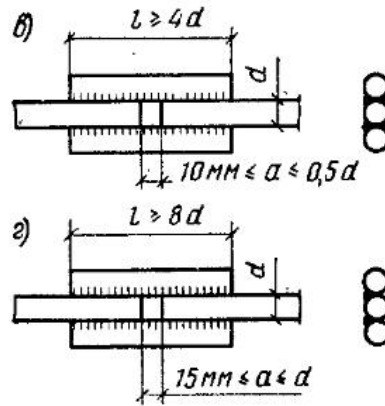
SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre manşonlu ek açıklaması yapılmamıştır.

2.5.4.3 Kaynaklı ekler

Kaynaklı ek yapılacak çubukların metalurjik analizi yapılmalı ve çeliğin özellikle karbon içeriği açısından kaynaklamaya uygun olduğu kanıtlanmalıdır. Kaynaklı ekler TS 708'e uygun olarak yapılmalıdır.

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

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kaynaklı ekler aynı çaptaki donatılar için Şekil 2.33 deki gibi yapılmaktadır.



Şekil 2.33 : Aynı çaptaki donatılar için kaynaklı boyuna donatı eki
(SNIP 2.03.01-84)

2.5.5 Basınç donatısının eklenmesi

2.5.5.1 Bindirmeli ekler

Bindirmeli eklerde bindirme boyu, Madde 2.5.1.1 de belirtilen kenetlenme boyundan ve 300 mm den az olamaz. Basınç donatısındaki bindirmeli eklerde kanca yapılmamalıdır.

Bindirme boyunca, Madde 2.5.4.1 de tanımlanan sargı donatısının aralığı $d/4$ ten az olmalıdır.

Çapı 30 mm den büyük olan donatı çubuklarına bindirmeli ek yapılamaz. Bu çubuklar yeterliliği deneylerle kanıtlanmış özel manşonlarla eklenmelidir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre basınç donatısı ve çekme donatısının eklenmesinin aynı bölümde açıklanmasından dolayı, ilgili bilgiler çekme donatının eklenmesi bölümünde bulunmaktadır.

2.5.5.2 Manşonlu ekler

Betonarme yapı elemanlarında kullanılacak manşonlu eklerin, hem çekme hem de basınç altında, manşonla bağlanan donatı çubuğu için standartlarda öngörülen minimum karakteristik akma dayanımının 1.25 katı dayanıma sahip olduğu deneylerle kanıtlanmalıdır.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre manşonlu ek açıklaması yapılmamıştır.

2.5.5.3 Kaynaklı ekler

Kaynaklı ek yapılacak çubukların metalurjik analizi yapılmalı ve çeliğin özellikle karbon içeriği açısından kaynaklamaya uygun olduğu kanıtlanmalıdır. Kaynaklı ekler TS 708'e uygun olarak yapılmalıdır.

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

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kaynaklı ek açıklaması Madde 2.5.4.3 de bulunmaktadır.

2.5.6 Kolon boyuna donatısı bindirmeli ekleri

a) Kolon boyuna donatısı kolon orta bölgesinde ekleniyorsa, $l_0 \geq l_b$ olmalıdır.

b) Hiçbir yük birleşiminde kolon boyuna donatısında çekme oluşmuyorsa, bindirmeli ekler Madde 2.5.5 e göre yapılabilir.

c) Herhangi bir yük birleşiminde, kolon boyuna donatısında çekme oluşuyorsa, boyuna donatıda kolon alt ucunda yapılacak bindirmeli ekler aşağıdaki koşullara uyacaktır.

Aynı kesitte boyuna donatının yarısı veya daha azı ekleniyorsa, $\angle_0 \geq 1.25 \angle_b$

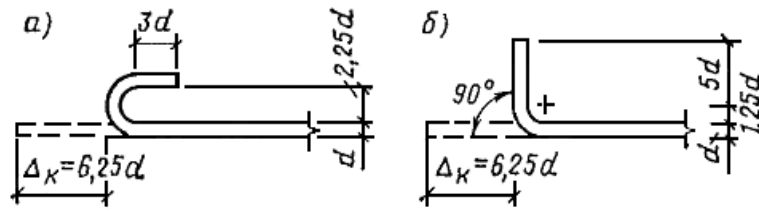
Aynı kesitte boyuna donatının yarısından fazlası ekleniyorsa, $\angle_0 \geq 1.50 \angle_b$

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kolon boyuna donatısı bindirmeli ekleri ayrı bir bölüm altınca incelenmemiştir. Bu yönetmelik kapsamında eklemeler tek bir bölüm olarak ele alınmış olup çekme ve basınç bölgeleri başlığı altında incelenmiştir.

2.5.7 Standart kanca detayları

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında tanımlanan standart kancalar Şekil 2.24 de gösterilmiştir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kanca detayı Şekil 2.34 de verilmiştir. Bu yönetmelikteki kurallara göre düz donatıda kanca yapmak zorunlu olup nervürlü donatıda kanca yapılmasına gerek bulunmamaktadır.



Şekil 2.34 : Standart kanca detayı (SNIP 2.03.01-84)

Rus yönetmeliğinde kancalar boyuna donatı ve etriye için ayrı ayrı ifade edilmemiştir. Tüm donatı çeşitleri için Şekil 2.34 deki kanca detayı uygulanmaktadır.

2.5.7.1 Boyuna donatı kancaları

a) 180° kanca - Şekil 2.24a da gösterildiği gibi, bu tür standart kancanın donatı eksenine ile yaptığı açı 180° dir. Kanca serbest ucunda, uzunluğu 4Φ ve 60 mm den az olmayan düz bir bölüm bulunmalıdır. Kanca iç çapı d_m , 6Φ den az olamaz.

b) 90° kanca - Şekil 2.24b de gösterildiği gibi, bu tür standart kancanın donatı eksenine ile yaptığı açı 90° dir. Kanca serbest ucunda, uzunluğu 12Φ den az olmayan düz bir bölüm bulunmalıdır. Kanca iç çapı d_m , 6Φ den az olamaz.

c) Fiyong - Fiyong Şekil 2.24c de gösterilmiştir. Fiyongların bükülme iç çapı d_m , 12Φ den az olamaz.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kanca detayı Şekil 2.34 de verilmiştir. Boyuna donatı kancası ile ilgili ayrıca açıklanan bir kanca detayı bulunmamaktadır.

2.5.7.2 Etriye kancaları

a) 135° kanca - Bu tür standart etriye kancası Şekil 2.28a da gösterilmiştir.

b) 90° kanca - Bu tür kanca Şekil 2.28b de gösterilmiştir.

c) 90° bindirmeli kanca - Bu tür bindirmeli kanca Şekil 2.28c de gösterilmiştir. Bindirmeli etriyelerde bindirme boyu, Denklem 2.74 e göre hesaplanan kenetlenme boyuna eşit alınmalıdır. Deprem bölgelerinde yapılacak olan yapılarda bu tür etriye kullanılamaz.

Etriye kancalarının iç çapı 4Φ den az olamaz.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kanca detayı Şekil 2.34 de verilmiştir. Etriye kancası ile ilgili bu bilgi haricinde ayrıca açıklanan bir kanca detayı bulunmamaktadır.

2.5.7.3 Hasır donatıdan yapılan etriye kancaları

Hasır donatıdan yapılan etriye kancaları Şekil 2.29a, Şekil 2.29b ve Şekil 2.29c deki gibi yapılabilir.

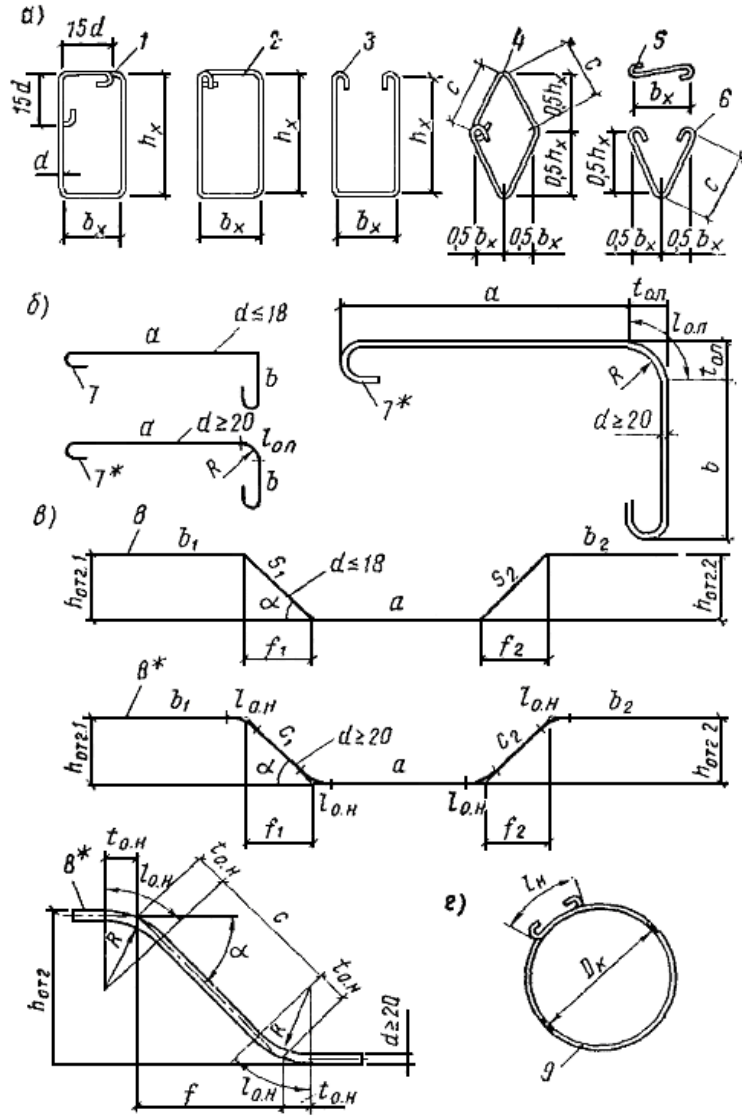
SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kanca detayı Şekil 2.34 de verilmiştir. Hasır donatıdan yapılan etriye kancası ile ilgili bu bilgi haricinde ayrıca açıklanan bir kanca detayı bulunmamaktadır.

2.5.8 Donatı bükülmesi ile ilgili kurallar

Betonarme boyuna donatısı, çapı en az 6Φ 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 6Φ olmak koşuluyla ve yetkili mühendisin onayıyla yapılabilir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre donatı bükülmesiyle ilgili koşullar Şekil 2.35 de görüldüğü gibi düzenlenmektedir.



Şekil 2.35 : Betonarme demirlerin bükülmesiyle ilgili koşullar (SNIP 2.03.01-84)

Şekil 2.35 de Rus harfleriyle ifade edilen donatılar aşağıda açıklanmıştır. Burada d , donatı çapı olarak ifade edilmiştir.

a – etriye ve çirozlar; b – dik bükümlü donatılar; b – açılı bükümlü donatılar; r – yuvarlak donatı; 1 – sarılma bölgesi etriyeleri; 2 – kapalı etriye; 3 – açık etriye; 4 – eşkenar dörtgen etriye; 5, 6 - çirozlar; 7, 8 – donatı çapı $d \leq 18$ mm olan bükülmüş donatı; 7*, 8* - donatı çapı $d \geq 20$ mm olan bükülmüş donatı.

Bükülmüş donatı çeşitlerinden 7* numaralı donatı için geometrik büküm sınırları Denklem 2.79 da verilmektedir.

$$R = 5d \quad l_{o,\Pi} = 8.35d \quad t_{o,\Pi} = 6d \quad (2.79)$$

$$R = 10d \quad l_{o,\Pi} = 16.21d \quad t_{o,\Pi} = 11d$$

$$R = 15d \quad l_{o,\Pi} = 24.10d \quad t_{o,\Pi} = 16d$$

Bükülmüş donatı çeşitlerinden 8* numaralı donatı için geometrik büküm sınırları Denklem 2.80 de verilmektedir.

$$R = 10d \quad a = 30^\circ \quad l_{o,\Pi} = 5.24d \quad t_{o,\Pi} = 2.68d \quad (2.80)$$

$$a = 45^\circ \quad l_{o,\Pi} = 7.85d \quad t_{o,\Pi} = 4.14d$$

$$a = 60^\circ \quad l_{o,\Pi} = 10.47d \quad t_{o,\Pi} = 5.77d$$

$$R = 15d \quad a = 30^\circ \quad l_{o,\Pi} = 7.86d \quad t_{o,\Pi} = 4.02d$$

$$a = 45^\circ \quad l_{o,\Pi} = 11.78d \quad t_{o,\Pi} = 6.21d$$

$$a = 60^\circ \quad l_{o,\Pi} = 15.70d \quad t_{o,\Pi} = 8.65d$$

Donatı çapı $d \leq 18$ mm olan donatıların bükülmesiyle ilgili sınır değerler Denklem 2.81 de açıklanmıştır.

$$\alpha = 30^\circ \quad f = 1.73h_{OTF} \quad s = 2h_{OTF} \quad (2.81)$$

$$\alpha = 45^\circ \quad f = h_{OTF} \quad s = 1.41h_{OTF}$$

$$\alpha = 60^\circ \quad f = 0.58h_{OTF} \quad s = 1.15h_{OTF}$$

Donatı çapı $d \geq 20$ mm olan donatıların bükülmesiyle ilgili sınır değerler Denklem 2.82 de açıklanmıştır.

$$\alpha = 30^\circ \quad f = 1.73 (h_{OTF} - d) \quad c = 2h_{OTF} \quad (2.82)$$

$$\alpha = 45^\circ \quad f = h_{OTF} - d \quad c = 1.41 (h_{OTF} - d) - 2t_{o,\Pi}$$

$$\alpha = 60^\circ \quad f = 0.58 (h_{OTF} - d) \quad s = 1.15 (h_{OTF} - d) - 2t_{o,\Pi}$$

Hasır donatıların bükülmesiyle ilgili koşullar Şekil 2.36 da gösterilmektedir. Burada “a” maddesindeki donatı için büküm açısı Denklem 2.83 deki gibi, “ö” maddesindeki donatı için büküm açısı Denklem 2.84 ve “b” maddesindeki donatı için büküm açısı Denklem 2.85 deki gibi düzenlenmektedir.

$$D \geq 2.5 d \text{ (A-1 ve B-1 çeliği için)} \quad (2.83)$$

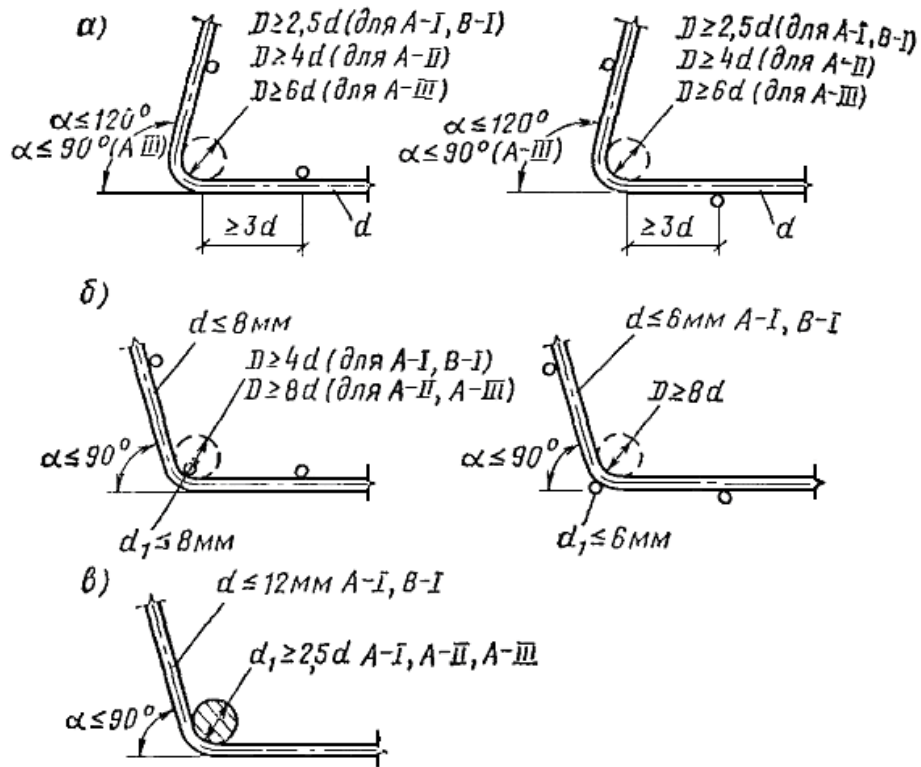
$$D \geq 4 d \text{ (A-2 çeliği için)}$$

$$D \geq 6 d \text{ (A-3 çeliği için)}$$

$$D \geq 4 d \text{ (A-1 ve B-1 çeliği için)} \quad (2.84)$$

$$D \geq 8 d \text{ (A-2 ve A-3 çeliği için)}$$

$$d_1 \geq 2.5 d \text{ (A-1, A-2 ve A-3 çeliği için)} \quad (2.85)$$



Şekil 2.36 : Hasır donatı eğilme yerlerinin detayları (SNIP 2.03.01-84)

2.5.9 Donatı yerleştirilmesi ile ilgili kurallar

2.5.9.1 Net beton örtüsü

Donatıya gerekli aderansı sağlamak ve donatıyı dış etkilere korumak için gerekli net beton örtüsü Çizelge 2.36 da verilmiştir (en dış donatının dış yüzünden ölçülür).

Yangının, paslanmanın ve diğer zararlı dış etkenlerin söz konusu olduğu durumlarda, beton örtüsü gerekli görüldüğü kadar artırılmalıdır.

Çizelge 2.36 : En dış donatının dış yüzünden ölçülen gerekli beton örtüsü (TS-500/2000)

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

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre kolonlarda, kirişlerde, perdelerde ve temellerde farklı ölçülerde beton örtüsü değerleri belirtilmektedir. Kolonlarda ve perdelerde en az beton örtüsü değeri 20 mm ve minimum donatı çapı kadardır. Burada kolonlar iç ve dış olarak ayrılmamaktadır. Kirişlerde en az beton örtüsü değeri 20 mm ve minimum donatı çapı kadardır. Burada kirişler iç ve dış olarak ayrılmamaktadır. Döşemelerde en az beton örtüsü değeri 15 mm ve minimum donatı çapı kadardır. Fakat döşeme kalınlığı 100 mm den az ise bu değer en az 10 mm ve minimum donatı çapı kadar olabilir. Temellerde grobeton var ise en az beton örtüsü değeri 35 mm, eğer grobeton yok ise en az beton örtüsü değeri 70 mm olmalıdır.

2.5.9.2 Donatı aralığı

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

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

Kolonlarda iki boyuna donatı arasındaki net uzaklık çubuk çapının 1.5 katından, en büyük agrega çapının 4/3 ünden ve 40 mm den az olamaz.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre iki donatı arasındaki minimum mesafe prefabrik kolonlarda en az 30 mm ve minimum donatı çapı, yerinde imalatı yapılan kolonlarda en az 50 mm ve minimum donatı çapı kadar olmalıdır. Ayrıca iki donatı arasındaki mesafe 400 mm den fazla olamaz.

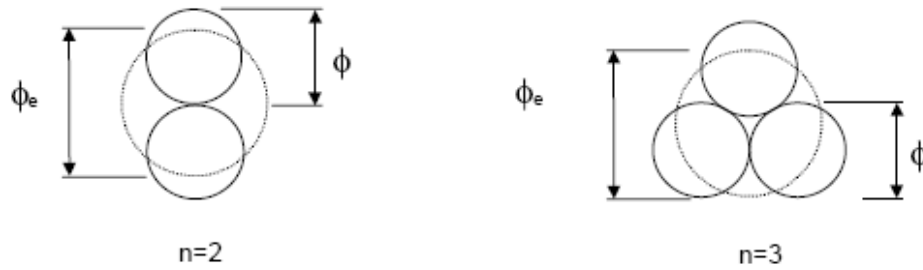
Kirişlerde iki donatı arasındaki minimum mesafe, alt donatı için en az 25 mm ve minimum en büyük donatı çapı, üst donatı için en az 30 mm ve minimum en büyük donatı çapı kadar alınmalıdır.

Döşemelerde, döşeme kalınlığı 150 mm den fazla ise iki donatı arasındaki en fazla mesafe 200 mm alınmalıdır. Döşeme kalınlığı 150 mm den daha az ise iki donatı arasındaki en fazla mesafe $1.5h$ mm alınabilir. Burada h döşeme kalınlığını ifade etmektedir.

2.5.9.3 Demet donatı

Yalnız nervürlü çubukların Şekil 2.37 de gösterildiği gibi demet olarak kullanılmasına izin verilir. Demetteki donatı çubuğu sayısı en çok 3 olabilir.

Demet donatının eşdeğer çapı Φ_e , aşağıda verilmiştir. Denklemdaki Φ demet yapılan çubukların çapı, “n” ise demetteki donatı sayısıdır.

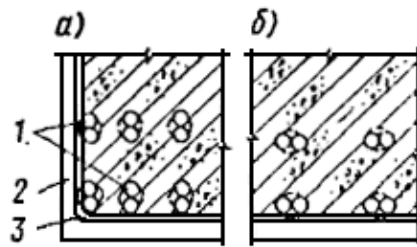


Şekil 2.37 : Demet donatı düzenlemesi (TS-500/2000)

Demet donatı için Madde 2.5.1 ve Madde 2.5.2 deki koşullar aynen geçerlidir, ancak Φ yerine Φ_e kullanılmalıdır. Burada $\Phi_e = 1.2 \Phi n^{0.5}$ formülü ile bulunur.

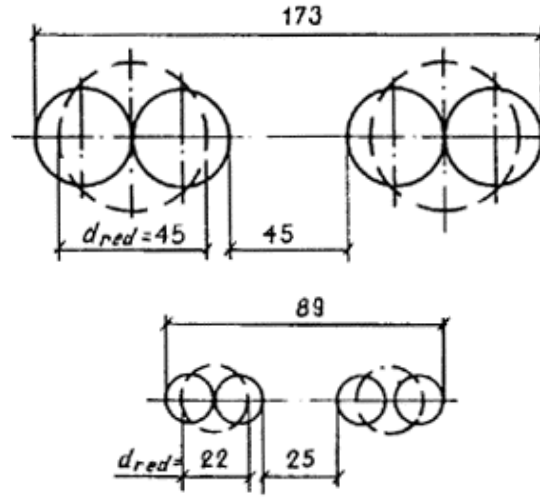
SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre eğer ihtiyaç olursa arada mesafe bırakmadan donatılar ikişer ikişer konulabilir. Demetteki donatı çubuğu sayısı ikinden fazla olamaz. Kesitteki demet donatı görünümü Şekil 2.38 de gösterilmektedir. Farklı ya da aynı çapta iki donatı ile kullanılan demet donatının ortak çapının bulunması Denklem 2.86 ile yapılmalıdır.

$$d_{np} = (d_1^2 + d_2^2)^{0.5} \quad (2.86)$$



Şekil 2.38 : Kesitte kullanılan demet donatı düzenlemesi (SNIP 2.03.01-84)

Demet donatıların ortak çaplarının bulunmasıyla ilgili durum Şekil 2.39 da gösterilmektedir.



Şekil 2.39 : Demet donatı düzenlemesi (SNIP 2.03.01-84)

Şekil 2.39 daki d_{red} ile gösterilen çizim demet donatının ortak çapını göstermektedir.

2.5.9.4 Donatının yerleştirilmesi

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

Beton dökülürken, donatının yerinin değiştirilmemesi gerekir. Çubukların etrafında gerekli beton tabakasının oluşturulabilmesi amacıyla, donatı askıya alınmalı ve kalıpla bunların arasına beton takozlar ve iki sıra donatı arasına çelik çubuk parçaları konmalıdır. Beton takoz ve çelik çubuk parçaları yerine bu amaçla hazırlanmış plastik elemanlar da kullanılabilir. Etriyelerin de yan yüzünden betonla sarılmasına özellikle dikkat edilmelidir. Döşeme ve kirişlerin üst donatılarının aşağıya basılmaması için önlem alınmalıdır.

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 veya benzeri bir yalıtım tabakası ile örtülmelidir.

SNIP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre donatının kullanılmasından önce fiziksel etkilere karşı tedbir alınması gerektiği belirtilmektedir. Kirli ve paslı donatıların

imalatta kullanılmaması gerektiği açıklanarak, soğuk havalarda beton dökülürken ısıtma tedbirlerinin alınması gerektiğine değinilmektedir.

2.6 Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları

Betonarme yapı elemanları olan kolonlar, kiriler, döşemeler, perdeler ve temeller farklı özellikteki yükleri taşımak için çeşitli hesap yöntemleri kullanılarak donatılırlar ve bu çalışmalar ilgili standartlarda belirtilen kurallar çerçevesinde gerçekleştirilirler.

Her bir yapı elemanı taşıyacağı yük kombinezonları hesaba katılarak kesitinde bulunması gereken minimum donatı alanına karşılık gelecek donatı düzenlemesi ile projelendirilirler. Statik hesaplar sonucu çıkan donatı alanlarına karşılık gelecek donatı çapı ve sayısı ilgili standartlarda belirli koşullara bağlanmıştır. Bilimsel verilere dayanarak hesaplanmayan ama minimum değerlerde konulması gereken donatılar da mevcuttur.

TS-500/2000 yönetmeliği kapsamında ve ilgili SNİP'lerde bu hesap ve kontrollere karşılık gelen değerler, formüller ve çizelgeler yer almaktadır. TS ve RS kapsamında kullanılan betonarme yapıların taşıyıcı eleman donatı düzenleri ve boyutlarıyla ilgili çeşitli şekiller, çizelgeler ve açıklamalar EK A da verilmiştir.

2.6.1 Kolonlar

Kolonlar, kirişli sistemlerde kirişlere mesnetli ya da kirişsiz sistemlerde döşemeye mesnetli olarak aldıkları yükleri temeller vasıtasıyla zemine iletirler.

Kolonlarda konstrüktif kuralların en önemlileri kesit geometrisi ve ilgili kesitte bulunan donatı oranı ile ilgilidir.

2.6.1.1 Konstrüktif kurallar

TS-500/2000 yönetmeliğine göre, dikdörtgen kesitli kolonlarda kesit genişliği 250 mm den az olamaz. Ancak, I, T ve L kesitli kolonlarda en küçük kalınlık 200 mm, kutu kesitli kolonlarda ise en küçük et kalınlığı 120 mm olabilir. Daire kesitli kolonlarda, kolon çapı 300 mm den az olamaz. Ayrıca tüm kolonlarda Denklem 2.87 ile gösterilen koşul sağlanmalıdır.

$$N_d \leq 0.9 f_{cd} A_c \quad (2.87)$$

Kolonlarda net beton örtüsü c_c , dıştaki elemanlarda 25 mm den, içteki elemanlarda 20 mm den az olamaz.

Kolonlarda toplam boyuna donatı oranı, Denklem 2.88 deki değerden az olamaz. Ancak gerekli donatının en az 1.3 katının sağlanması koşuluyla, bu sınır 0.005 değerine kadar azaltılabilir. Ayrıca, toplam boyuna donatı oranı Denklem 2.89 ve Denklem 2.90 daki değerlerden fazla olamaz.

$$\rho_t = A_{st} / A_c \geq 0.01 \quad (2.88)$$

$$\text{Bindirme bölgeleri dışında, } \rho_t \leq 0.04 \quad (2.89)$$

$$\text{Bindirmeli ek bölgelerinde, } \rho_t \leq 0.06 \quad (2.90)$$

Etriyeli kolonlarda her dış köşede en az bir boyuna çubuk bulundurulmalıdır. Fretli kolon enkesitinde ise en az 6 boyuna çubuk bulunmalıdır. Kolonlarda, boyuna donatı çubuğu $\Phi 14$ den küçük olamaz.

Kolon boyuna donatısı, kolon yüksekliği boyunca enine donatı ile sarılır. Enine donatı çubuk çapı, en büyük boyuna donatı çapının üçte birinden az olamaz. Enine donatı aralığı da en küçük boyuna çubuk çapının 12 katından ve 200 mm den fazla olamaz. Dikdörtgen kesitli kolonlarda, etriye veya aynı aralıkta çirozla tutulmuş olan boyuna donatı çubukları arasındaki uzaklık 300 mm den fazla olamaz.

Kolonlarda boyuna donatı etriyelerle sarılarak, hem boyuna donatının burkulması önlenmiş ve hem de enine sarılan betonun dayanımı, daha önemli ve etkili sünekliği artırılmış olur. Bunun yanında, etriyeler kolonun boyuna donatılarının kalıp içine yerleşiminde kolaylık sağlar. Etriyelerin sık ve çapının büyük olması ile yanal kuvvetin daha düzgün oluşması ve büyük olması sağlanır. Bu nedenlerle Φ_h etriye çapı ve s aralığı Φ_l boyuna donatı çapına bağlı olarak Denklem 2.91 de verilmiştir.

$$\Phi_h \geq \Phi_l / 3 \quad s \leq 12 \Phi_l \quad s \leq 200 \text{ mm} \quad (2.91)$$

Deprem etkileri ele alındığında bu değerler ilgili yönetmeliklere göre farklılık göstermektedir.

Yapılan basitleştirmeler sonucu hesap edilmeyen ama inşa edilme metotları kapsamında muhtemelen ortaya çıkabilecek eğilme momentlerini hesaba katmak amacıyla normal kuvvet için bir minimum dış merkezlik öngörülmüştür. Bu değer Denklem 2.92 de verilmiştir.

$$e_{\min} = 15 \text{ mm} + 0.03 h \quad (2.92)$$

Hesaplarda genellikle göz önüne alınmayan kirişlerin kolonlara küçük dışmerkezliliklerle mesnetlenmesi veya kolon düşey eksenlerinde küçük sapmalar olması durumları bu koşul gereği ele alınmış olmaktadır.

TS-500/2000 yönetmeliğine göre kolonlarda donatı düzeni olarak sınır değerler Çizelge 2.37 de listelenmiştir.

Çizelge 2.37 : Kolonlarda TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler

	TS 500 / 2000
max N_d	$0.6 f_{ck} A_c$
min (b, h)	250 mm
max a	300 mm
max s_o	200 mm, 12 Φ_h
min Φ_h , min Φ_c	Φ_f
min ρ_{toplam}	0.01
max ρ_{toplam}	0.04
min A_s	4 $\Phi 14$
Nervürlü donatıda bindirme ek boyu min ℓ_b	$\ell_b = 12 f_{yd} / f_{ctd}$; 40 Φ_f
min dışmerkezlilik	15 mm + 0.03 h
Beton örtüsü	20 mm (iç), 25 mm (dış)

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde kolonların en küçük boyutu 200 mm olarak verilmektedir. I, T ve L kesitli kolonlarda en küçük kalınlık olarak ayrıca bir değer verilmemiş olup 200 mm kısıtlaması bu kolonlarda da kullanılmaktadır. Yuvarlak kesitli kolonlar için minimum boyut kısıtlaması ayrıca belirtilmemiştir.

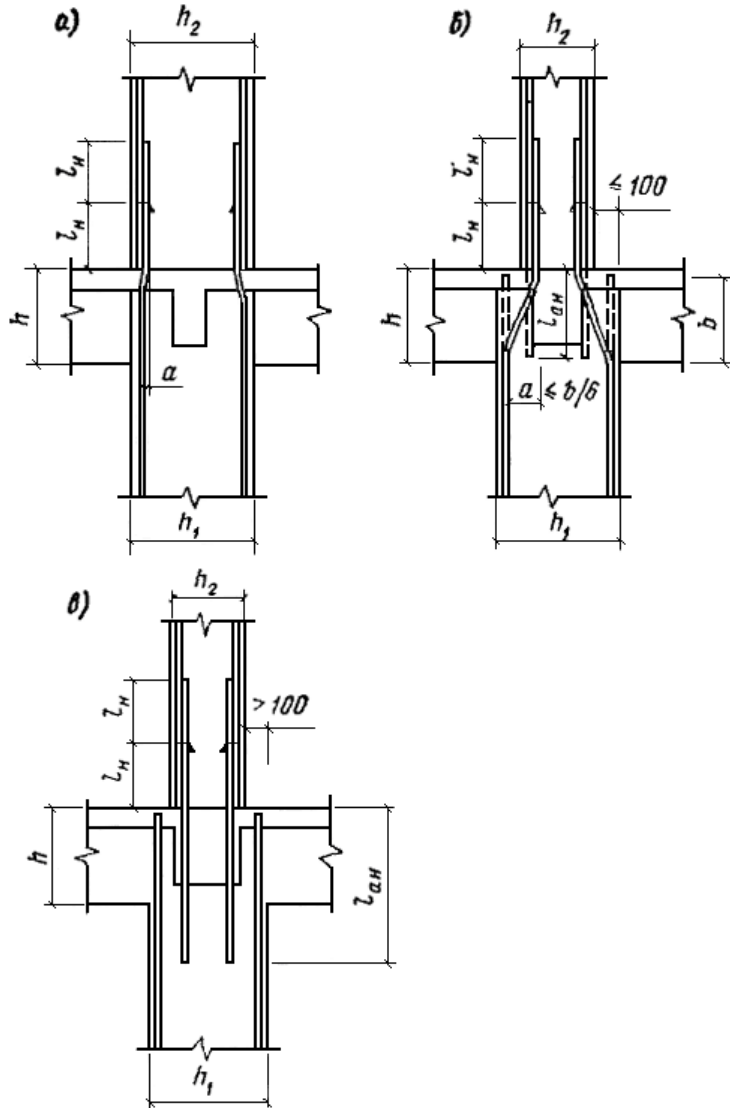
Kolonlarda B15 (M200) den daha alt sınıf beton kullanılamaz.

Betonarme yapı elemanlarındaki beton örtüsü tanımlaması olarak içteki yüz ve dıştaki yüz ayrımı yapılmamaktadır. Beton örtüsü kolon kesitindeki donatı çapından büyük ya da eşit olmalı ve 20 mm den küçük olmamalıdır.

Kolonlarda toplam boyuna donatı oranı %5 den daha büyük olamaz. İlgili yönetmelikte bindirme bölgeleri için ayrı bir değer verilmemiştir.

Kolonlarda minimum boyuna donatı çapı (Φ_I) 12 mm dir. Prefabrik kolonlar için bu değer 16 mm dir.

Betonarme yapının kat yüksekliği 3.6 m den daha az ise ve kolonda kullanılan donatı çapı $d \geq 28$ mm ise donatı bindirmelerinin iki katta bir yapılması tavsiye edilir. Bu bindirmelerin yapılma durumlarını gösteren çizimler Şekil 2.40 da gösterilmektedir. Şekil 2.40 da görülen “a” maddesindeki durumda üst ve alt katlardaki kolon boyutları aynı; “b” maddesindeki durumda alt ve üst kattaki kolon boyutları arasındaki fark her bir boyut için 100 mm den az; “b” maddesindeki durumda alt ve üst kattaki kolon boyutları arasındaki fark her bir boyut için 100 mm den fazladır.



Şekil 2.40 : Kolon boyuna donatı bindirme detayları (SNIP 2.03.01-84)

Etriye boyutları ile ilgili değerler Çizelge 2.38 ve Çizelge 2.39 da verilmektedir.

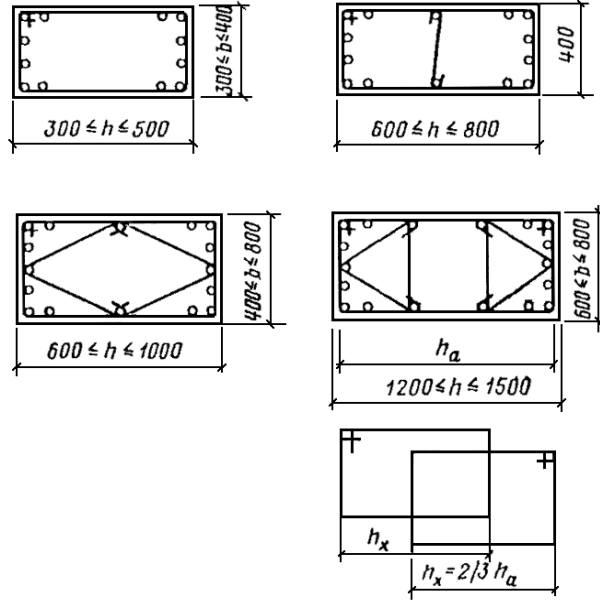
Çizelge 2.38 : Boyuna donatı çapına göre minimum etriye çapı, Φ_h mm (SNİP 2.03.01–84)

	Boyuna donatı çapına göre minimum etriye çapı, Φ_h mm									
	Φ_l mm									
	12	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Kaynakla Bağlantı, Φ_h mm	3	4	5	5	6	8	8	8	10	10
Kancalı Bağlantı, Φ_h mm	5	5	5	5	6	8	8	8	10	10

Çizelge 2.39 : Etriyeler arası mesafe sınırları, (s) mm (SNİP 2.03.01–84)

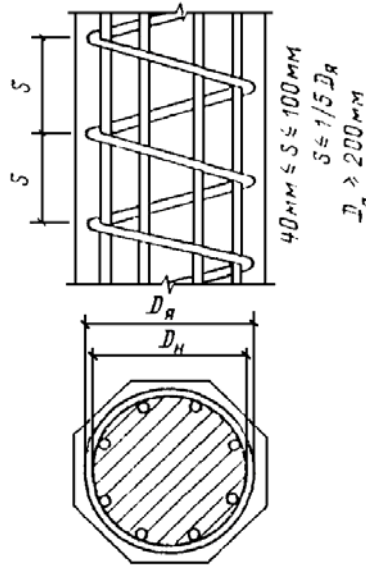
Boyuna donatıların Yükleme durumları	Etriyeler arası mesafe sınırları, s mm									
	Φ_l mm									
	12	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Kaynaklı Bağlantı										
Boyuna donatının çekme gerilmesi hesap değeri $\leq 4000 \text{ kg/m}^2$, s mm	250	300	350	400	450	500	500	500	500	500
Boyuna donatının çekme gerilmesi hesap değeri $\geq 4500 \text{ kg/m}^2$, s mm	150	250	250	300	350	350	400	400	400	400
Kancalı Bağlantı										
Boyuna donatının çekme gerilmesi hesap değeri $\leq 4000 \text{ kg/m}^2$, s mm	150	250	250	300	350	350	400	450	500	500
Boyuna donatının çekme gerilmesi hesap değeri $\geq 4500 \text{ kg/m}^2$, s mm	150	200	200	250	250	300	350	400	400	400
Bindirme bölgesinde kancalı bağlantı için, s mm	100	150	150	200	200	250	250	300	350	-

Kolon en büyük boyutu 500 mm den küçük ve bir yüzdeki donatı sayısı en fazla 4 ise araya çiroz konmayabilir. Diğer durumlarda Şekil 2.41 de görüldüğü gibi kolon kesitinde etriye ve çiroz düzenlemesi yapılmalıdır.



Şekil 2.41 : Kolon kesitinde etriye çiroz düzenlenmesi (SNIP 2.03.01-84)

Yuvarlak veya çokgen kesitli kolonlarda spiral etriye kullanılması durumunda sınır koşullar Şekil 2.42 de görüldüğü gibi verilmektedir.



Şekil 2.42 : Dairesel kesitli kolonlarda spiral etriye kullanılması (SNIP 2.03.01-84)

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde minimum dış merkezlik Denklem 2.93 ile hesaplanmalıdır.

$$e_{\min} \leq b / 30 \quad e_{\min} \leq h / 600 \quad (2.93)$$

Denklemde kolonun plandaki boyutu “b” ile yüksekliği ise “h” ile gösterilmiştir.

2.6.1.2 Narinlik

Yüksek dayanımlı betonların kullanılmasıyla kolon kesitleri küçülmüş ve kesitlerdeki bu küçülme kesitin eğilme rijitliğini azaltmıştır. Bu durum ikinci mertebe etkilerin artmasına sebep olmaktadır. Bazı durumlarda taşıyıcı elemandaki ikinci mertebe etkiler, mevcut eğilme momenti etkisinden daha elverişsiz koşullar doğurmaktadır. İkinci mertebe etkilerin büyük olduğu durumlarda kolon dayanımında azalma meydana gelir. Kolon dayanımındaki azalmanın ihmal edilip edilemeyeceğinin kararlaştırılmasındaki en önemli parametre kolonun narinliğidir. Narinlik, kolonun boyuyla, kolonun iki ucunun mesnetlenme şekliyle ve kesit boyutlarıyla ilgilidir. Bir kolonun mesnetlenme şartları göz önüne alındığında iki ucu mafsallı kolon boyuna eşdeğer bir burkulma boyu Denklem 2.94 deki gibi tarif edilebilir.

$$\ell_k = k \ell \quad (2.94)$$

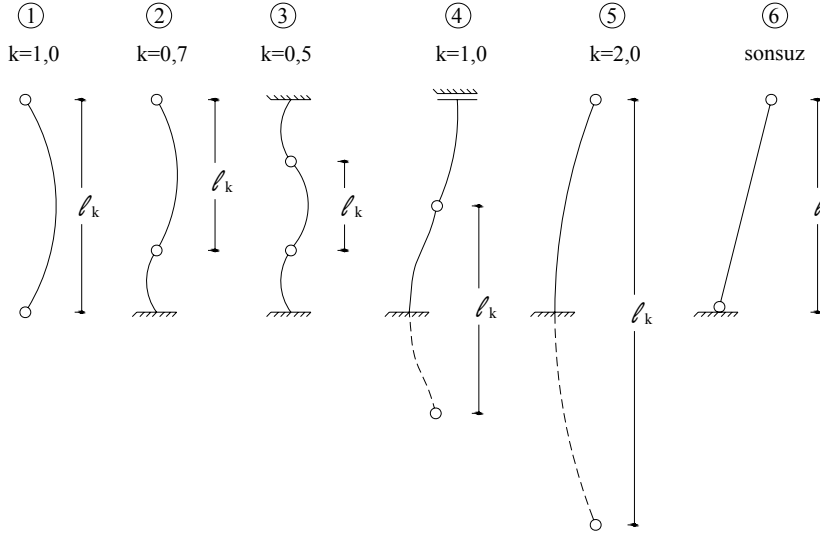
Denklem 2.94 de gösterilen ℓ kolon boyunu ve k ise etkili boy kısalmasını göstermektedir.

Kolonda yanal yer değiştirmenin önlenmesi ve önlenmemesi durumu için k katsayısı farklı değerler alır. Bu durumlar için k katsayı değerlerinin değişim durumu Denklem 2.95 ve Denklem 2.96 da gösterilmektedir.

$$\text{Yanal yer değiştirme önlenmiş} \quad k \leq 1.0 \quad (2.95)$$

$$\text{Yanal yer değiştirme önlenmemiş} \quad k \geq 1.0 \quad (2.96)$$

Narin kolonların hesabı için kullanılan etkili kolon boyu değerlerinin, farklı mesnetlenme durumlarına göre aldığı değerler Şekil 2.43 de gösterilmektedir. Burada 1, 2 ve 3. şekiller yanal yer değiştirmenin önlendiği durumları, 4, 5 ve 6. şekiller yanal yer değiştirmenin önlenmediği durumları göstermektedir.



Şekil 2.43 : Yanal yer değiştirmenin önlenmediği (1, 2 ve 3) ve önlenmediği (4, 5 ve 6) durumlar için etkili kolon boyu (Celep Z., Kumbasar N., 2005)

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde narinlik ile ilgili olarak, kolonların narin davranış göstermemesi için kesit boyutları ve kolon boyu açısından sınırlamalar getirilmiştir. Buna göre kolon hesap boyunun atalet yarıçapına oranının Çizelge 2.40 da verilen değerleri geçmemesi gerekmektedir. Tüm yapı elemanları için minimum eksantrisite alınmıştır. Hesapta alınacak kolon boyu ve katsayıları Şekil 2.43 deki değerlerle aynıdır.

Çizelge 2.40 : Kolonların narin davranış göstermemesi için yapısal sınır değerleri (SNİP 2.03.01–84)

Ağır, hafif ve ince daneli beton malzemeden yapılmış donatılı beton yapı elemanı için	≤ 200
Normal yapı kolonları için (donatılı)	≤ 120
Boşluklu beton için (donatısız)	≤ 90
Gözenekli beton ve donatılı beton için	≤ 70

2.6.2 Kirişler

Kirişler, betonarme taşıyıcı sistemlerde düşey yüklerin taşınmasında döşemelere mesnetlik yaparak, yüklerin kolonlar vasıtası ile temele aktarılmasını sağlarlar. Bunun yanında kolonları birbirine bağlayarak taşıyıcı sistemde çerçeve oluştururlar.

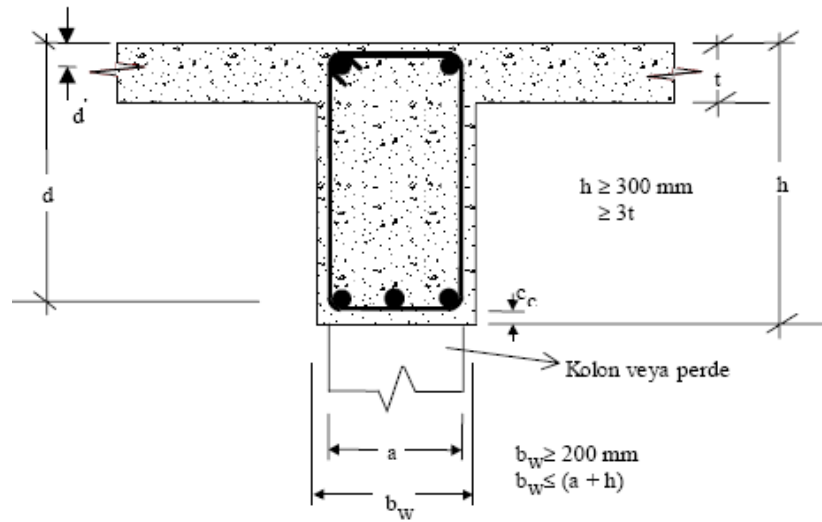
Kirişlerin eksenleri genellikle yatay olmakla beraber, özellikle endüstri yapılarında eğimli çatı kirişleri de kullanılmaktadır. Bazı durumlarda kirişler dikdörtgen, üçgen, yamuk veya değişik kesitlere sahip olmakla beraber, genellikle döşeme ile beraber betonlandıkları için, tablalı kesit kirişler yoğun biçimde kullanılmaktadırlar. Ancak, negatif moment bölgesinde dikdörtgen kesit olarak hesaplanabildikleri gibi, pozitif

moment bölgesinde de basınç bölgesi çoğu zaman tabla bölgesinde kaldığı için dikdörtgen kesit biçiminde ele alınabilirler.

Kirişlerin taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanılması için gerekli konstrüktif kuralları ilgili yönetmelikler çerçevesinde tanımlanmıştır.

TS-500/2000 yönetmeliğinde kiriş toplam yüksekliği, 300 mm den ve döşeme kalınlığının üç katından daha küçük olamaz. Kiriş gövde genişliği 200 mm den az, kiriş toplam yüksekliği ile kolon genişliği toplamından fazla olamaz. Bu durum Şekil 2.44 de görülmektedir.

Kirişlerde net beton örtüsü, özel yapılar dışında, dıştaki elemanlarda 25 mm den, içteki elemanlarda 20 mm den az olmamalıdır.



Şekil 2.44 : Kiriş kesit boyutları (TS-500/2000)

Kirişlerde çekme donatısı oranı ρ , Denklem 2.97 deki değerden az, çekme ve basınç donatı oranları farkı, Denklem 2.98 deki gibi, dengeli donatı oranının 0,85 katından fazla olamaz. Ayrıca, çekme donatısı oranı, Denklem 2.99 daki sınırı geçemez.

$$\rho = A_s / (b_w d) \geq \rho_{\min} = 0.8 (f_{ctd} / f_{yd}) \quad (2.97)$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{\max} = 0.85 \rho_b \quad (2.98)$$

$$\rho \leq 0.02 \quad (2.99)$$

Kirişlerde boyuna donatı olarak 12 mm den küçük çaplı çubuklar kullanılamaz.

Gövde yüksekliği 600 mm den büyük olan kirişlerde, en az Denklem 2.100 ile belirlenen miktar kadar gövde donatısı bulundurulur. Bu donatı, gövdenin iki

yüzünde eşit olarak, en az 10 mm çaplı çubuklardan ve çubuk aralığı 300 mm yi geçmeyecek biçimde düzenlenir.

$$A_{s'} = 0.001 b_w d \quad (2.100)$$

Açıklıktaki çekme donatısının, en az üçte birinin mesnete kadar uzatılıp kenetlenmesi gereklidir.

Net açıklığı, toplam yüksekliğinin 2.5 katından küçük olan sürekli kirişler ve 1.5 katından küçük olan basit kirişler, yüksek kiriş olarak tasarlanıp donatılır. Bu tür kirişlerin tasarımı, doğrusal olmayan birim şekil değiştirme dağılımı ve yanal burkulma göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Yüksek kirişlerde, donatı hesabında göz önüne alınan faydalı yükseklik değeri kullanılarak hesaplanan çekme donatısı oranı ρ , Denklem 2.97 ile verilen koşulu sağlamak zorundadır.

TS-500/2000 yönetmeliğine göre etkili tabla genişliği, tablalı kirişlerin kesit hesabında, yapısal çözümleme ve şekil değiştirme hesapları için gerekli eylemsizlik momentlerinin bulunmasında göz önüne alınarak Denklem 2.101 ve Denklem 2.102 ile hesaplanmalıdır.

$$\text{Simetrik kesitlerde (T-kesiti), } b = b_w + 0.2 \ell_p \quad (2.101)$$

$$\text{Simetrik olmayan kesitlerde (L-kesiti vb), } b = b_1 + 0.1 \ell_p \quad (2.102)$$

Ancak, gövde dışına taşan tabla genişliği, her bir yanda, tabla kalınlığının altı katından ve komşu kiriş gövde yüzüne olan uzaklığın yarısından fazla olamaz. Denklem 2.101 ve Denklem 2.102 de kullanılan ℓ_p , kirişin iki moment sıfır noktası arasındaki uzunluğudur. Kesin hesap yapılmayan durumlarda Denklem 2.103 deki değerler kullanılır. Burada ℓ , kirişin hesap açıklığıdır.

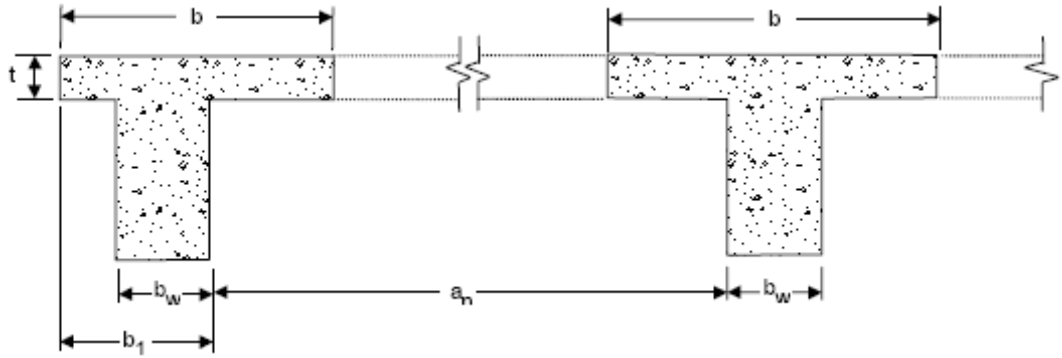
$$\ell_p = 1.0 \ell \text{ (Tek açıklıklı, basit mesnetli kiriş)} \quad (2.103)$$

$$= 0.8 \ell \text{ (Sürekli kiriş kenar açıklığı)}$$

$$= 0.6 \ell \text{ (Sürekli kiriş iç açıklığı)}$$

$$= 1.5 \ell \text{ (Konsol kiriş)}$$

Denklem 2.101, Denklem 2.102 ve Denklem 2.103 deki boyutlar Şekil 2.45 de gösterilmektedir.



Şekil 2.45 : Tablalı kiriş kesit boyutları (TS-500/2000)

TS-500/2000 yönetmeliğine göre kirişlerde donatı düzeni olarak sınır değerler Çizelge 2.41 de listelenmiştir.

Çizelge 2.41 : Kirişlerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler

	TS 500 / 2000
min b_w	200 mm
max b_w	Kolon genişliği + h
min h	300 mm; 3 h_f
max s_c	$d/4$; 8 Φ_r ; 150 mm
min ρ_2	$0.8 f_{ctd} / f_{yd}$
max ρ_1 ; max ρ_2	$0.85 \rho_b$; 0.02
min ρ_1'	$\rho_2 / 3$
min Φ_r	12 mm
Beton örtüsü	20 mm (iç), 25 mm (dış)

SNİP 2.03.01-84 yönetmeliği kapsamında toplam kiriş yüksekliği en az 300 mm olabilir. Kirişin gövde genişliği 150 mm den az olamaz. Çeşitli kiriş boyutlarına göre sınır kiriş boyut değerleri Çizelge 2.42 de verilmiştir.

Çizelge 2.42 : Kiriş boyutlarının sınır değerleri (SNİP 2.03.01-84)

Kiriş gövde genişliği (mm)	Kiriş yüksekliği (mm)								
	300	400	500	600	700	800	1000	1200	+ 300
150	+	+							
200		+	+	+					
300				+	+	+			
400						+	+	+	
500							+	+	
+ 100								+	+

Kirişlerde net beton örtüsü 20 mm den ve minimum boyuna donatı çapından küçük olamaz. Kirişlerdeki pas payı için iç iç ve dış yüz ayrımı yapılmamaktadır.

Kirişlerde çekme (ρ) ve basınç (ρ') donatısı oranı, Denklem 2.104 ve Denklem 2.105 de verilmektedir.

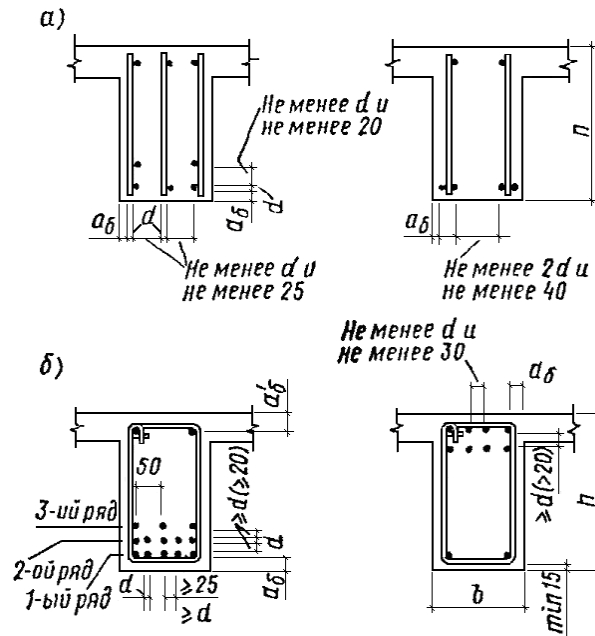
$$\rho \leq 0.05 \quad (2.104)$$

$$\rho' \leq 0.05 \quad (2.105)$$

Kirişlerde boyuna donatı olarak, kiriş yüksekliğinin minimum 400 mm olduğu durumlarda 12 mm den daha küçük çaplı donatı kullanılamaz. Boyuna donatılar kiriş kesitinde 3 sıradan daha fazla kullanılamaz. Ayrıca donatıların eşit aralıklarla yerleştirilmesi gerekmektedir.

Gövde yüksekliği 700 mm den büyük olan kirişlerde, donatı aralığı 400 mm yi geçmeyecek şekilde gövde donatısı kullanılır. Bu donatının da minimum çapı 12 mm olmalıdır.

Kirişlerde boyuna donatı yerleşimi Şekil 2.46 da gösterilmektedir. Burada “a” ile gösterilen şekilde kaynaklı birleşim ve “б” ile gösterilen şekilde bindirmeli – kenetli birleşim detayları verilmiştir.



Şekil 2.46 : Kiriş boyuna donatı düzenleri (SNIP 2.03.01-84)

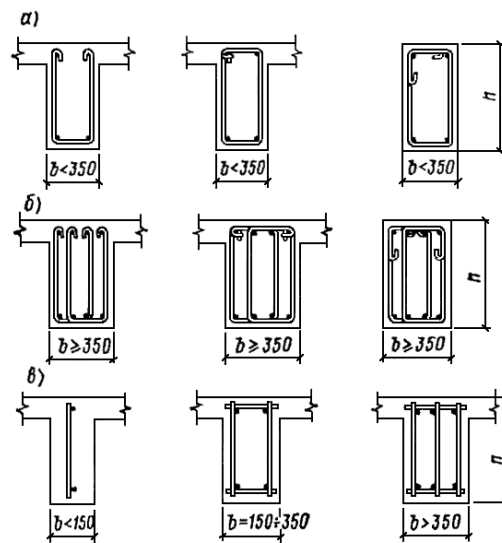
Kiriş kesitinde kullanılacak donatıların sayısı kiriş boyutlarına göre farklılıklar göstermektedir. Aynı sırada kullanılacak donatı sayısı ve çapı kiriş gövde genişliğine bağlı olarak Çizelge 2.43 de verilmiştir.

Çizelge 2.43 : Kiriş boyutlarına göre bir sırada kullanılacak en fazla donatı çapı ve sayısı (SNİP 2.03.01–84)

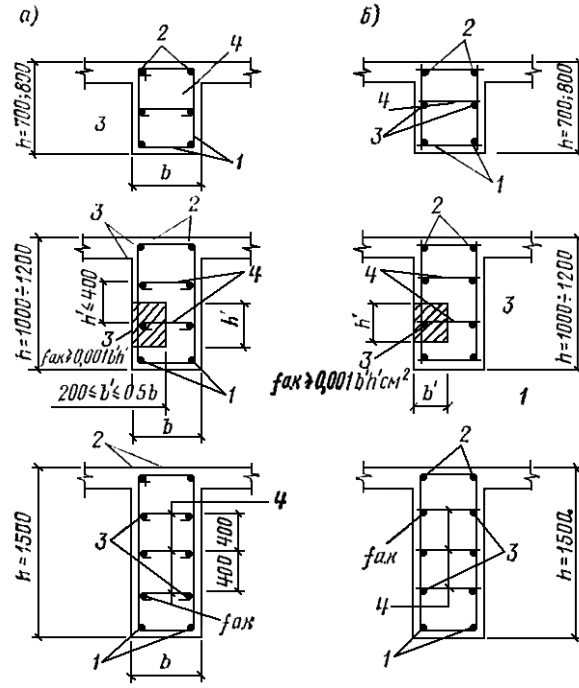
Kiriş gövde genişliği (mm)	Donatının bulunduğu yer (alt/üst)	Donatı çapına göre (mm) bir sırada kullanılacak en fazla donatı sayısı										
		12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
150	üst	3	3	3	2	2	2	2	2	-	-	-
	alt	3	3	3	3	3	2	2	2	-	-	-
200	üst	4	4	4	4	3	3	3	3	2	-	-
	alt	5	4	4	4	4	3	3	3	2	-	-
300	üst	-	-	6	6	5	5	5	4	4	3	3
	alt	-	-	7	6	6	5	5	5	4	3	3
400	üst	-	-	-	-	7	7	6	6	6	5	4
	alt	-	-	-	-	8	8	7	6	6	5	4
500	üst	-	-	-	-	9	9	8	8	7	6	6
	alt	-	-	-	-	10	10	9	8	7	6	6

Kirişlerde etriye donatısının düzeni Şekil 2.47 de gösterildiği gibi yapılmalıdır. Burada tek sıra, çift sıra ve kaynaklı birleşimler verilmiştir. Ayrıca kesit yüksekliği boyunca ikinden fazla sıra donatı kullanılması durumunda Şekil 2.48 deki etriye düzenleri kullanılmalıdır.

Kirişlerde etriye donatısının çapı statik hesaba göre yapılır. Bununla birlikte kiriş yüksekliği ≤ 800 mm ise etriye çapı en az 6 mm, kiriş yüksekliği > 800 mm ise en az 8 mm olmalıdır.

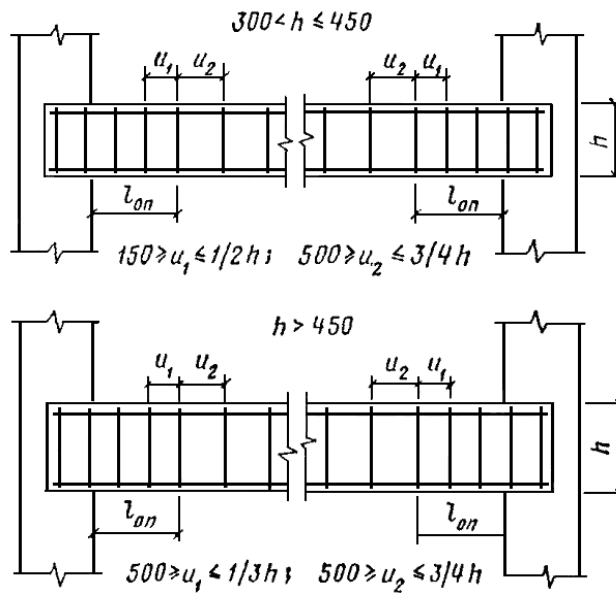


Şekil 2.47 : İki sıra boyuna donatı için kiriş etriye donatısı düzenleri (SNİP 2.03.01-84)



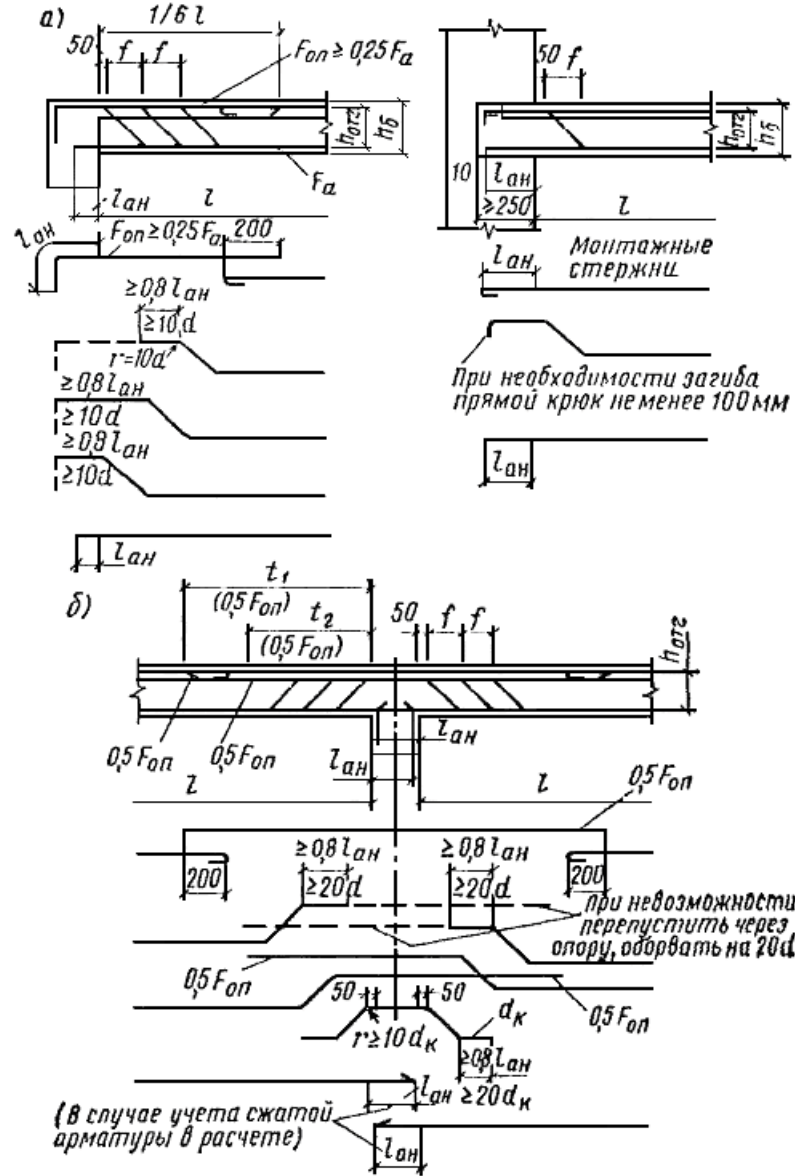
Şekil 2.48 : İki den fazla sıra boyuna donatı için kiriş etriye donatısı düzenleri (SNIP 2.03.01-84)

Kiriş kesitinde kullanılacak etriyelerin aralıkları kiriş boyutlarına göre sınırlandırılmıştır. Şekil 2.49 da gösterildiği gibi, etriye sıkılaştırma bölgesinde kullanılacak donatı aralığı ve kiriş gövde bölgesinde uygulanması gereken etriye aralığı belirtilmiştir. Burada u_1 ve u_2 etriye aralıklarını göstermektedir. Kiriş yüksekliğinin $300 \text{ mm} < h \leq 450 \text{ mm}$ ve $h > 450 \text{ mm}$ durumları için iki ayrı donatı düzeni verilmiştir.



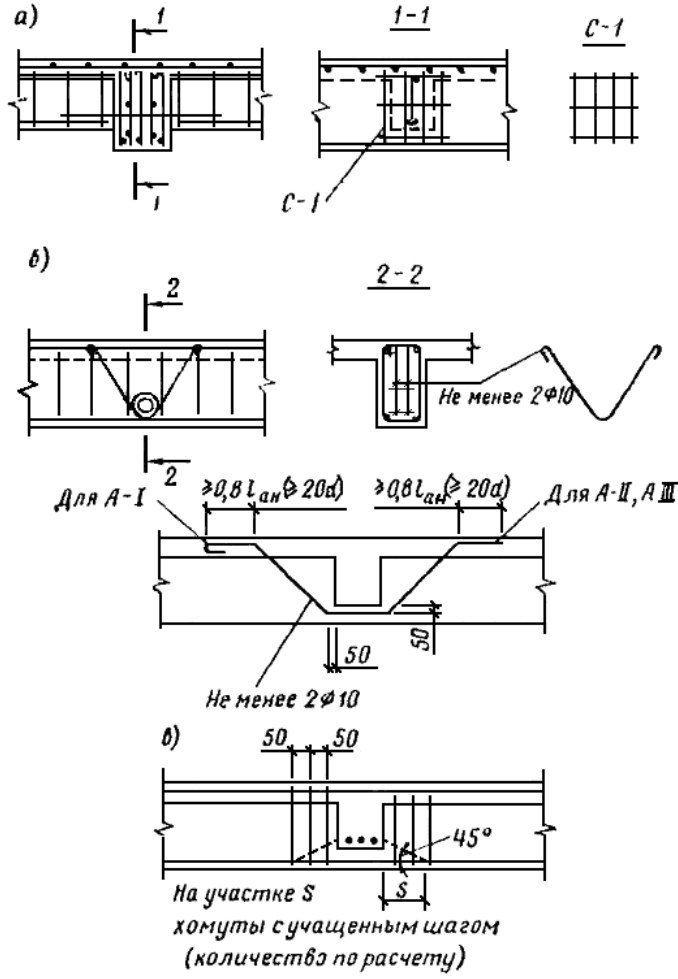
Şekil 2.49 : Kirişte kullanılacak etriye aralıklarının sınır değerleri (SNIP 2.03.01-84)

Kiriş kesitlerinde piliye kullanımı Şekil 2.50 de belirtilmektedir. Burada “a” ile gösterilen şekilde dış kolon-kiriş detayı ve “б” ile gösterilen şekilde orta kolon-kiriş detayı gösterilmektedir. Alt donatıların piliye bölgesinden sonra kenetlenme boyu kadar uzatılması gerekmektedir.



Şekil 2.50 : Kiriş etriye donatısı düzenleri (SNIP 2.03.01-84)

Kirişe kiriş taşıtıldığı durumda ve kirişlere fazla tekil yük geldiği durumlarda iki kirişin birleşim bölgelerinde bazı tedbirler alınması gerekmektedir. Bu durumda kiriş kesitine Şekil 2.51 de görüldüğü üzere ek donatılar konulmalıdır. Burada “a” ile gösterilen şekilde kaynaklı hasır donatı detayları, “б” ile gösterilen şekilde askı donatısı detayı ve “в” ile gösterilen şekilde sık etriye kullanımı detayı gösterilmektedir.



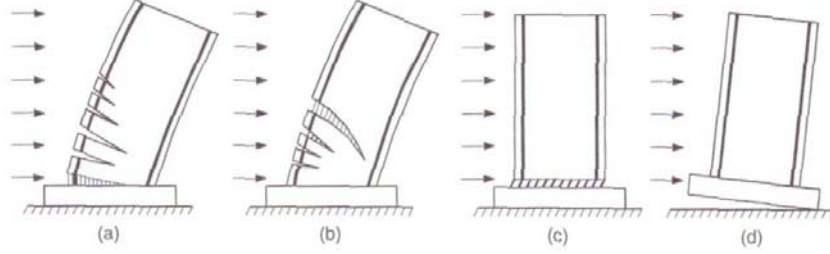
Şekil 2.51 : Kiriş ek donatı yerleşimleri (SNIP 2.03.01-84)

2.6.3 Perdeler

Perdeler, bina tasarımı için yatay yüklerin taşınmasında etkili olarak kullanılmaktadırlar. Bir taşıyıcı sistemde çerçeve sistemi ile beraber kullanılabildiği gibi, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşan sistemler de mevcuttur. Çerçeve ile beraber olduğu durumda da, perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgardan oluşan yatay yüklerin tamamına yakın miktarını karşılarlar.

Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir yapı elemanı olarak kullanılırlar. Yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olmaktadır. Bu durum için gerekli koşullar ilgili yönetmeliklerde belirtilmektedir.

Perdeler yatay yükler altında çeşitli şekillerde göçmeye uğrayabilirler. Şekil 2.52 de gösterilen göçme durumlarında; a) Eğilme güç tükenmesi, b) Kesme kuvveti güç tükenmesi, c) Toptan kayma göçmesi, d) Devrilme göçmesi olarak tarif edilmektedir.



Şekil 2.52 : Perdelerin güç tükenmesi biçimleri (Celep Z., Kumbasar N., 2005)

Göçmeye karşı gerekli tedbirlerin alınarak perdelerin donatılması ilgili yönetmelikler çerçevesinde belirtilen koşullar çerçevesinde tasarlanmalıdır.

Perdeler yatay yüklerin taşınmasında önemli bir yapı elemanı olmaları sebebiyle, perde sistemleriyle ilgili genel koşullar deprem yönetmeliğinde tanımlanmıştır. TS500/2000 yönetmeliği kapsamında perdelerin konstrüktif koşullarına kısaca değinilmiştir. Buna göre, betonarme perdeler, planda uzun kenarın kısa kenara (kalınlığa) oranı en az 7.0 olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Betonarme duvarların kalınlığı 150 mm den az olamaz.

Betonarme duvarların her bir yüzünde yatay ve düşey çubuklardan oluşan donatı ağları düzenlenir. Hesapların daha fazla donatı gerektirmediği durumlarda, betonarme duvara yerleştirilecek olan düşey ve yatay donatılar bu bölümde belirtilen değerlerden daha az olamaz.

Betonarme duvarın iki yüzündeki düşey donatı alanlarının toplamı, duvar tüm kesitinin (A_g) 0.0015 inden az olamaz. Ayrıca, iki yüzdeki yatay donatı alanlarının toplamı da aynı değerden az olamaz.

Düşey ve yatay donatı aralıkları, duvar kalınlığının 1.5 katından ve 300 mm den fazla olamaz.

Betonarme duvarın iki yüzündeki donatı ağları, 1 m² duvar yüzeyinde en az dört tane çiroz ile karşılıklı olarak bağlanmalıdır.

Betonarme duvarlar içinde kapı, pencere veya benzeri boşluklar bırakılması gereken durumlarda, perdede kullanılması gereken minimum donatıya ek olarak, boşluğun

her bir kenarına en az $2\Phi 16$ donatı yerleştirilmelidir. Bu çubukların boşluk kenarından ölçülen kenetlenme boyları 40Φ den az olmamalıdır.

TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında tanımlanmış olan konstrüktif koşullar Çizelge 2.44 de belirtilmiştir.

Çizelge 2.44 : Perdelerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler

	TS 500 / 2000
$\min \ell_w$	$7 b_w$
$\min b_w$	150 mm
$\max s_w ; \max s_h$	300 mm, $1.5 b_w$
$\min \rho_v ; \min \rho_h$	0.0015

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında perdelerde kullanılan donatıların aralıkları en fazla 400 mm olabilir. Perde donatılarından etriyeler A I sınıfı olmalıdır. Kullanılacak en düşük beton sınıfı B20 dir. Perdelerin plandaki en küçük boyutu 18 cm dir.

Perdelerde boyuna donatı oranı 0.05 den az olmalıdır.

Kolonlar için kullanılan sınırlar perdeler için de geçerli olup bu standart değerler perde tasarımında kullanılmaktadır.

Hesaplarda ele alınması gereken değerler ve sınır koşullar depremle ilgili SNİP lere açıklanmaktadır.

2.6.4 Döşemeler

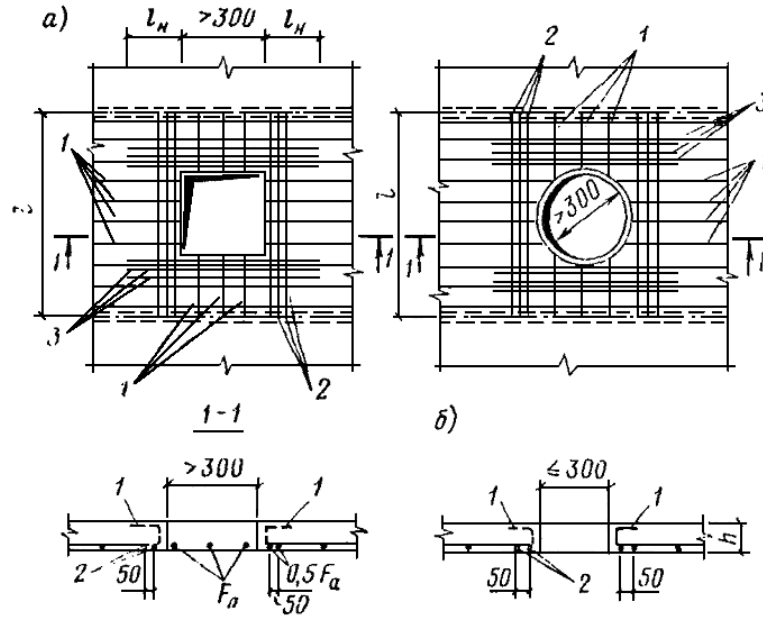
Döşemeler, iki boyutlu taşıyıcı elemanlar olup, taşıdıkları yükleri çevre duvarlarına veya kirişlere iletirler. Doğrudan kolonlara mesnetli döşemelerde yükler döşemeden kolonlara geçer. Genellikle, döşemeler çevrelerindeki kirişlere ve bazen de doğrudan taşıyıcı duvarlara mesnetlenen plaklar türünden taşıyıcı eleman olarak ortaya çıkar.

TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında döşemeler tek doğrultuda ve çift doğrultuda çalışan döşemeler olarak sınıflandırılırlar. SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında döşemeler kirişli ve kirişsiz olarak iki sınıfta kullanılmaktadır. TS kapsamındaki döşemeler TS 500/2000 yönetmeliğine göre sınıflandırılarak açıklanmış ve RS kapsamındaki döşemeler SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğine göre bu bölümde açıklanmıştır. İlgili yerlerde farklar ve ortak özellikler belirtilmiştir.

SNİP 2.03.01-84 yönetmeliğine göre, konut tipi yapılarda minimum döşeme kalınlığı en üst döşeme için 40 mm, diğer katlar için 50 mm ve fabrika tipi yapılar için 60 mm dir.

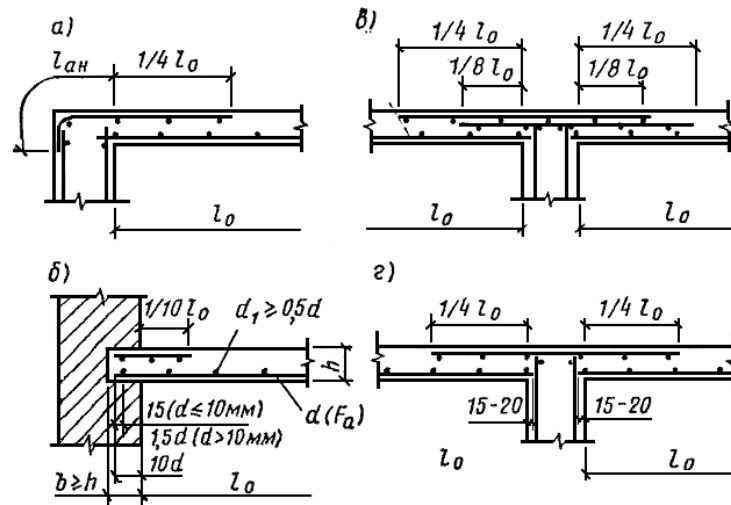
Döşemelerde kullanılacak minimum donatı çapı 6 mm dir.

Döşemede boşluk bırakılması gerektiği durumlarda eğer boşluk 300 mm den büyük ise Şekil 2.53 de gösterilen ek donatılar boşluk çevresine konulmalıdır.



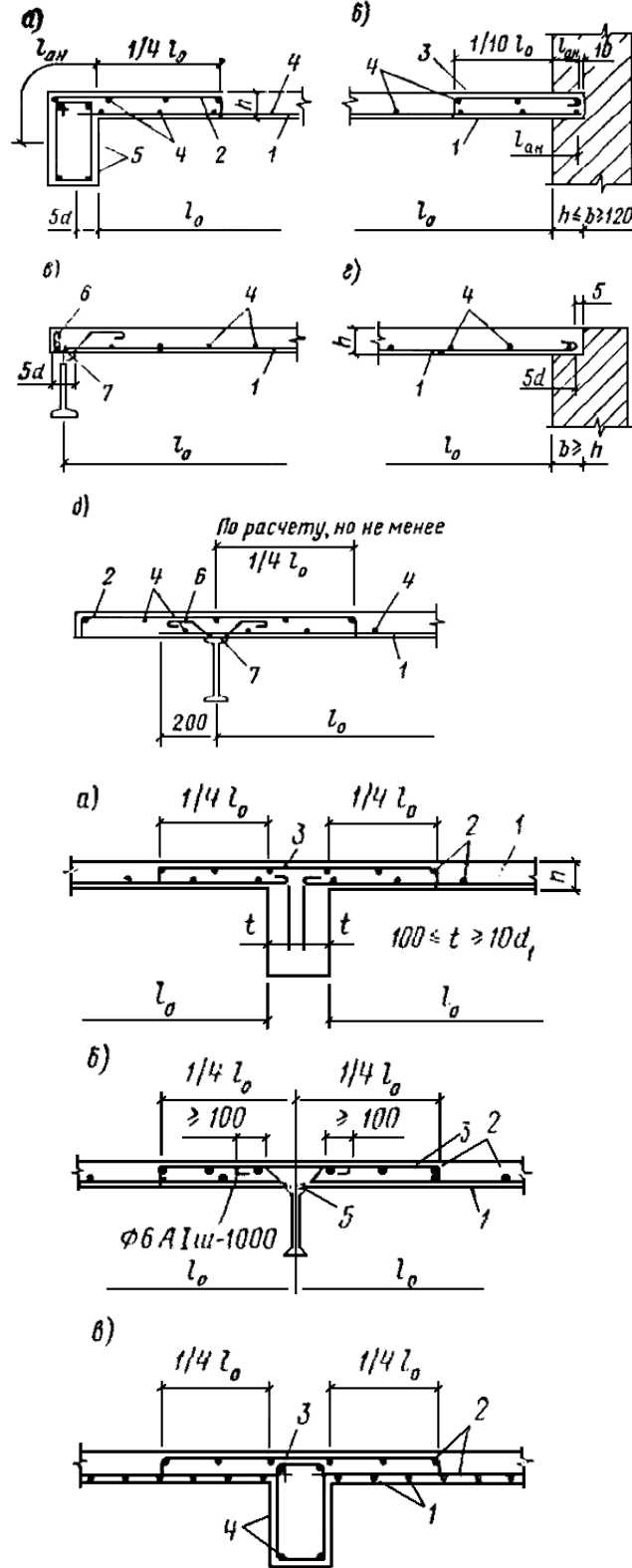
Şekil 2.53 : Döşeme boşluğu çevresine konulan ek donatı detayı (SNIP 2.03.01-84)

Hasır donatı kullanılarak oluşturulan betonarme döşemelerin kirişlere ya da duvarlara mesnetlenme durumuna göre donatı düzenleri Şekil 2.54 deki gibi yapılmalıdır.



Şekil 2.54 : Mesnetlenme durumuna göre döşeme hasır donatı düzeni (SNIP 2.03.01-84)

Döşeme donatıları ayrı ayrı yerleştirilerek oluşturulan sistemlerde döşemenin betonarme kirişe, duvara ya da çelik kirişe mesnetlenme durumuna göre donatı düzenleri Şekil 2.55 de verilmiştir.



Şekil 2.55 : Mesnetlenme durumuna göre döşeme donatı düzeni (SNIP 2.03.01-84)

2.6.4.1 Tek doğrultuda çalışan plak döşemeler

Düzgün yayılı yük taşıyan ve uzun kenarının kısa kenarına oranı 2 den büyük olan ($\ell_l / \ell_s > 2$) betonarme plaklar, bir doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılır.

Bir doğrultuda çalışan plak döşemelerde eğilme donatısı yalnız kısa doğrultuda yerleştirilir, uzun doğrultuda ise dağıtma donatısı bulundurulur.

Tek doğrultuda çalışan plaklarda eğilme donatısı oranı S220 için 0.003, S420 ve S500 için ise 0.002 den az olamaz. Asal donatı aralığı döşeme kalınlığının 1.5 katını ve 200 mm yi geçemez. Açıklıktaki alt donatının, tek açıklıklı plaklarda en az 1/2 si, sürekli plaklarda ise en az 1/3 ü mesnetten mesnete kesilmeden uzatılmalıdır.

Kısa doğrultuya konulan asal donatıdan ayrı olarak, buna dik yönde, plak alt yüzünde, dağıtma donatısı bulundurulmalıdır. Tüm kesit esas alınarak hesaplanacak olan dağıtma donatısı oranı, asal donatının 1/5 inden az olamaz. Dağıtma donatısının aralığı 300 mm den fazla olamaz.

Kısa kenar doğrultusundaki kirişler üstünde, döşeme asal donatısına dik doğrultuda boyuna mesnet donatısı bulundurulması gereklidir. Üste konulacak ve her iki tarafta kısa açıklığın 1/4 ü kadar uzatılacak olan bu donatı, asal donatının %60 ından az olamaz. Ayrıca, S220 için en az $\Phi 8/200$ mm, S420 için en az $\Phi 8/300$ mm, S500 için en az $\Phi 5/150$ mm donatı kullanılmalıdır.

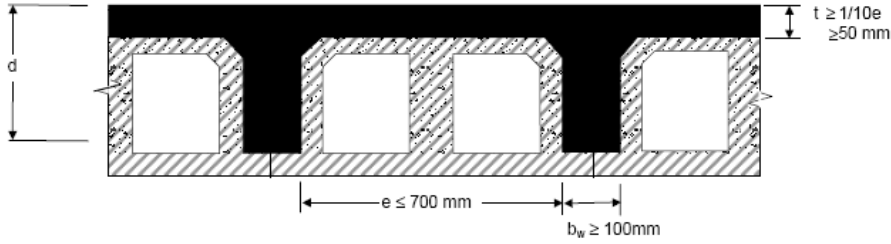
TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında bir doğrultuda çalışan plak döşemelerin konstrüktif koşulları Çizelge 2.45 de gösterilmektedir.

Çizelge 2.45 : Tek doğrultuda çalışan plak döşemelerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler

	TS 500 / 2000
min h_f	$\ell_s / 25$ (basit) ; $\ell_s / 30$ (sürekli) ; $\ell_s / 12$ (konsol) ; 80 mm
Sehim hesabı gerektermeyen min h_f	$\ell_s / 20$ (basit) ; $\ell_s / 25$ (kenar) ; $\ell_s / 30$ (iç) ; $\ell_s / 10$ (konsol)
max s_{kisa}	1.5 h_f ; 200 mm
max s_{uzun}	300 mm
min ρ_{kisa}	0.003 (S220) ; 0.002 (S420, S500)
min $\rho_{dağıtma}$	$\rho_{kisa} / 5$
min kısa mesnet donatısı	0.6 A_s kısa ; $\Phi 8 / 200$ (S220) ; $\Phi 8 / 300$ (S420) ; $\Phi 5 / 150$ (S500)

2.6.4.2 Tek doğrultuda çalışan dişli döşemeler

TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında, serbest aralıkları 700 mm yi geçmeyecek biçimde düzenlenmiş kirişler ve ince bir tabladan oluşan döşemeler dişli döşeme olarak tanımlanır. Bu tür döşemelerde dişlerin arası boş bırakılabileceği gibi, taşıyıcı olmayan dolgu malzemesi ile de doldurulabilir. Dolgu malzemesi olarak boşluklu beton briket, boşluklu pişmiş toprak veya benzeri hafif malzeme kullanılmalıdır. Dişli döşeme örneği Şekil 2.56 da gösterilmektedir.



Şekil 2.56 : Dişli döşeme (TS 500 / 2000)

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde dişler arasındaki serbest aralık 700 mm den fazla olamaz. Tablanın kalınlığı serbest diş aralığının 1/10 undan ve 50 mm den, diş genişliği ise 100 mm den az olamaz. Toplam diş yüksekliğinin (plakla birlikte) serbest açıklığa oranı, basit mesnetli tek açıklıklı döşemelerde 1/20, sürekli döşemelerde 1/25, konsollarda ise 1/10 den az olamaz.

Dişlerde eğilme ve kesme donatısı kirişlerdeki gibi hesaplanır. 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 geçemez.

Dişlerin üstündeki plakta, her iki doğrultuda dağıtma donatısı bulundurulmalıdır. Bu donatı her bir doğrultuda plak tüm kesit alanının 0.0015 den az, donatı aralığı ise 250 mm den fazla olmamalıdır.

TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerin konstrüktif koşulları Çizelge 2.46 da gösterilmektedir.

Çizelge 2.46 : Tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerde TS500 / 2000 yönetmeliğine göre sınır değerler

	TS 500 / 2000
min h	$\ell_n / 20$ (basit) ; $\ell_n / 25$ (sürekli) ; $\ell_n / 10$ (konsol)
Sehim hesabı gerektirmeyen min h	$\ell_n / 15$ (basit) ; $\ell_n / 18$ (kenar) ; $\ell_n / 20$ (iç) ; $\ell_n / 18$ (konsol)
max b_w	100 mm
max h_f	50 mm
min etriye	$\Phi 8 / 250$ mm
min $\rho_{x \text{ plak}}$; min $\rho_{y \text{ plak}}$	0.0015
Dişler arası mesafe max e	700 mm

2.6.4.3 İki doğrultuda çalışan plak döşemeler

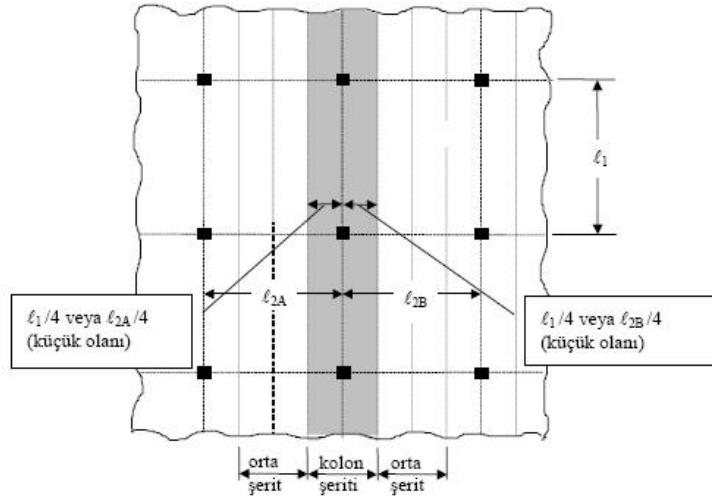
TS 500 / 2000 yönetmeliği kapsamında düzgün yayılı yük taşıyan, dörtkenarı boyunca mesnetlenmiş ve uzun kenarının kısa kenarına oranı 2.0 veya daha küçük olan betonarme plaklar ($\ell_t / \ell_s < 2$) iki doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılır. Ancak, kirişsiz döşemeler, mesnet koşullarına ve bu orana bakılmaksızın, iki doğrultuda çalışan plaklar olarak hesaplanır.

İki doğrultuda çalışan plaklar giriş veya duvarlara oturabileceği gibi, doğrudan kolonlara da oturabilir (kirişsiz döşeme).

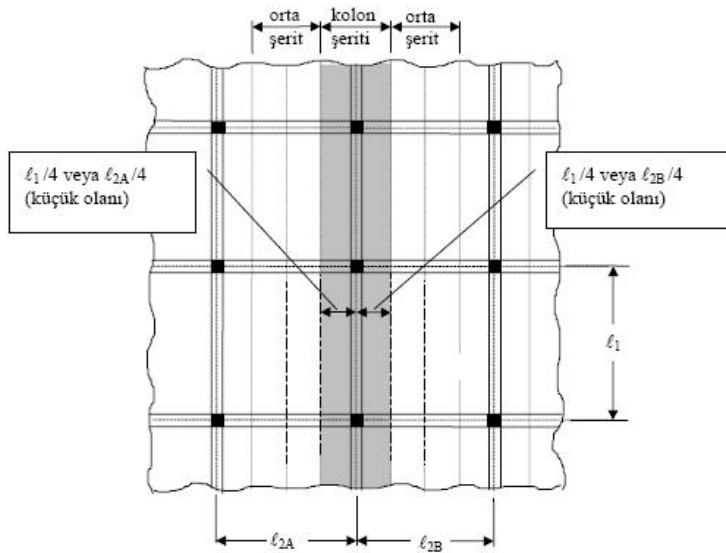
İki doğrultuda çalışan plakların hesabı geçerliliği kanıtlanmış bir yöntemle yapılmalıdır. Bu tür yöntemlerle kritik kesitler için bulunan tasarım zorlamaları dikkate alınarak, taşıma gücü ve kullanılabilirlik sınır durumları kontrol edilmelidir.

Plakların hesabında “Eşdeğer Çerçeve Yöntemi”, “Akma Çizgileri Yöntemi” vb yöntemler kullanılabileceği gibi, iki doğrultuda çalışan kirişli veya kirişsiz, kare veya dikdörtgen plakların hesapları için, açıklıkların biri birinden fazla farklı olmadığı veya daha kesin hesaba gerek duyulmadığı durumlarda, bu bölümde verilen yaklaşık yöntemler de kullanılabilir.

Kirişsiz döşemeler donatı hesabı ve düzenlemesi bakımından kolon şeridi ve orta şerit olarak iki bölgeye ayrılır. Kolon şeridi, kolon veya perde ekseninin her bir yanında ayrı ayrı, $\ell_1/4$ veya $\ell_2/4$ genişlikleri ile tanımlanan şeritlerden dar olanlarının birleştirilmesi ile elde edilir. Bu durum Şekil 2.57 de gösterilmektedir. Kolon şeridi, eğer varsa, moment hesaplanan doğrultudaki kirişleri de kapsar. Bu durum Şekil 2.58 de gösterilmektedir.



Şekil 2.57 : Kirişsiz döşeme için döşeme şeritleri (TS 500 / 2000)



Şekil 2.58 : Kirişli döşeme için döşeme şeritleri (TS 500 / 2000)

Kolon şeritleri arasında kalan döşeme parçası orta şerit olarak tanımlanır. İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin kalınlığı Denklem 2.106 da verilen değerden az olamaz.

$$h \geq [\ell_{sn} / (15 + 20/m)] (1 - \alpha_s / 4) \quad \text{ve} \quad h \geq 80 \text{ mm} \quad (2.106)$$

Bu denklemde, “ α_s ” döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranıdır.

İki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerin kalınlığı, Denklem 2.107 ve Denklem 2.108 de belirtilen değerlerden az olamaz.

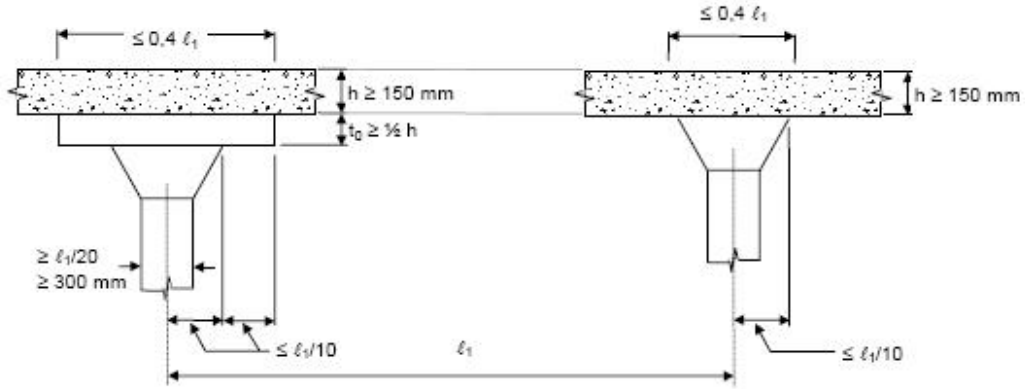
Tablasız kirişsiz döşemelerde, $h \geq \ell_n / 30$ ve $h \geq 180$ mm (2.107)

Tablalı kirişsiz döşemelerde, $h \geq \ell_n / 35$ ve $h \geq 140$ mm (2.108)

Kirişsiz döşeme kalınlığı, olabildiğince zımbalama donatısı gerektirmeyecek biçimde seçilmelidir. Kirişsiz döşemelerde plak ve kolonların moment aktaracak bağlantısını sağlamak için kolon kesitinin açıklık doğrultusundaki genişliği, aynı doğrultudaki eksen açıklığının 1/20'sinden ve 300 mm den az olamaz.

Tabla ve başlık boyutları için uyulması öngörülen koşullar, Şekil 2.59 da gösterilmiştir.

İki doğrultuda çalışan plak döşemelerde, donatıyı koruyan net beton örtüsü en az 15 mm olmalıdır.



Şekil 2.59 : Kirişsiz döşemede tabla ve başlık boyutları (TS 500 / 2000)

Plak döşemelerin kenar mesnetlerindeki açıklık ve mesnet donatıları, bu kenarlardaki kiriş, hatıl, kolon veya betonarme duvarlara TS500/2000 yönetmeliğinin ilgili kurallarına göre kenetlenmelidir. Düz veya kancalı olarak yapılabilecek olan kenetlenmelerde, kenetlenme boyu mesnet yüzünden başlayarak 150 mm den az olamaz.

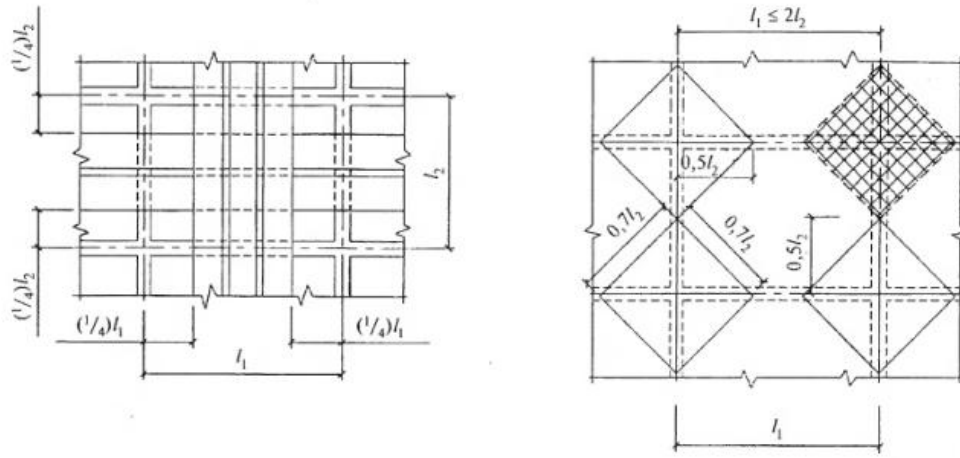
İki doğrultuda çalışan kirişli ve kirişsiz döşemelerde, her bir doğrultuda 0.0015 den az olmamak koşuluyla, iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı, S220 için 0.004, S420 ve S500 için 0.0035 den az olamaz. Donatı aralığı ise, tablasız döşeme kalınlığının 1.5 katından ve kısa doğrultuda 200 mm, uzun doğrultuda 250 mm den fazla olamaz.

TS 500 / 2000 yönetmeliği kapsamında iki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemeler için yaklaşık yöntemler tanımlanmaktadır. Şekil 2.60a, Şekil 2.60b ve Şekil 2.60c de

Döşemede ek donatıların bindirme yerleri döşeme açıklığının $1/4$ ü mesafesinde olmalıdır. Döşeme yüksekliği 150 mm ya da daha fazla ise donatı aralığı 200 mm den fazla olamaz.

Döşemelerde zımbalama donatısı olarak döşeme içerisindeki üst donatı ve alt donatıyı birbirine bağlayan diyagonal ek donatılar kullanılmaktadır. Zımbalama donatılarının plandaki birbirleriyle uzaklığı 200 mm den daha fazla olamaz.

Dört tarafından mesnetli plan döşemelerde Şekil 2.61 deki gibi mesnet ek hasır donatıları kullanılır.



Şekil 2.61 : Dört tarafından mesnetli plak döşemede ek hasır donatı (SNIP 2.03.01-84)

2.6.4.4 İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler

TS 500/2000 ve SNIP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında Madde 2.6.4.2 de verilen genel ilkelere uygun olarak, iki doğrultuda çalışan dişli döşemeler de düzenlenebilir. Bu tür döşemelerin yapısal çözümlerinde yapı mekaniği ilkelerine, boyutlandırma ve donatı düzenlemelerinde ise Madde 2.6.4.2 de verilen donatıyla ilgili kurallara uyulmalıdır.

2.6.5 Temeller

Temeller, düşey taşıyıcı elemanlardan aldıkları yükleri zemine iletirler. TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında, üst yapı yüklerini zemine aktaran, duvar altı temelleri, tekil temeller ve sürekli temellerin tasarımı ve yapımı ile ilgili kuralları açıklanmaktadır.

Temel kotu ve temel tipi, genel olarak yerel koşulların değerlendirilmesinden sonra, zemin mekaniği ilkelerine göre seçilmelidir. Zeminin temel yükleri altında yer

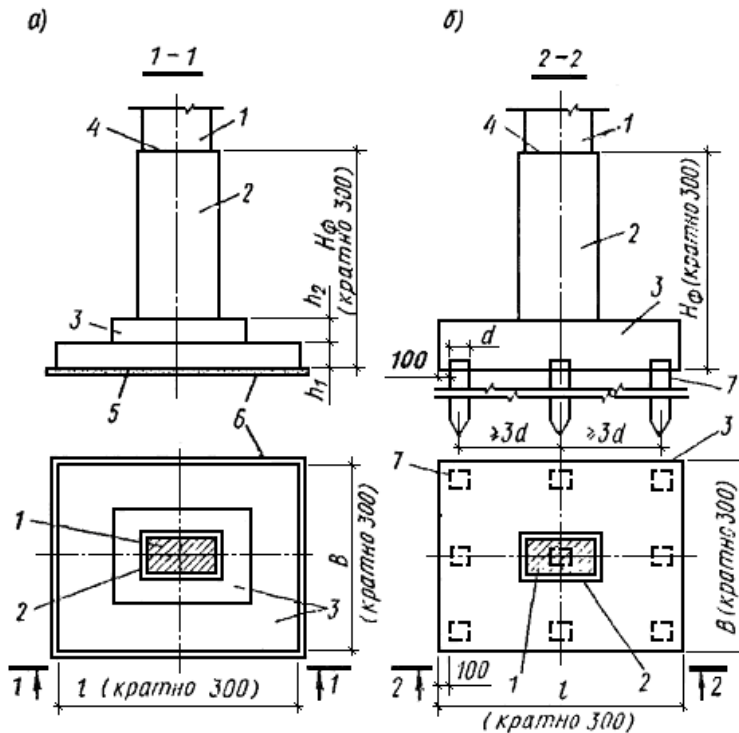
değiştirmesini sınırlayan ve stabilite güvenliği sağlayan temel büyüklüğü hesabında, TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında tanımlanan yük bileşenlerindeki tüm yük katsayıları 1.0 alınacaktır.

Temel elemanlarının kesit boyutlarının kontrolünde ve gerekli donatının belirlenmesinde ise, TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında tanımlanan yük katsayıları ile bulunan tasarım yükleri ve bu yükler etkisiyle temel altında oluşacak taban basınçları esas alınacaktır.

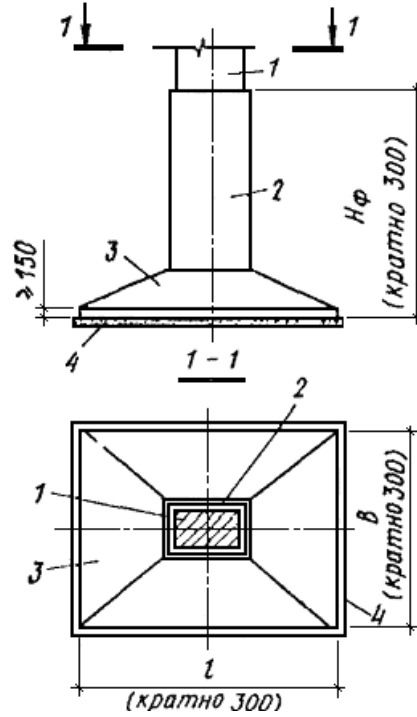
TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında temeller, duvar altı temelleri, tekil temeller ve sürekli temeller olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir.

SNIP 2.02.01-83 yönetmeliğine göre temeller kazıklı ve kazıksız olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Tekil ve başlıklı bir temelin kazıklı ve doğrudan zemine oturan şekillerini gösteren çizimler Şekil 2.62 de bulunmaktadır. Burada “a” ile gösterilen şekilde kademeli olarak yapılan kolon alt başlığı yerine Şekil 2.63 de gösterilen eğimli alt başlık da yapılabilir.



Şekil 2.62 : Kazıklı ve doğrudan zemine oturan tekil temeller (SNIP 2.02.01-83)



Şekil 2.63 : Tekil temel kolon eğimli alt başlığı (SNIP 2.02.01-83)

Tüm toprak çeşitleri için temellerin altına en az 100 mm grobeton yapılması ve plandaki temel boyutlarının 300 er mm artırılarak kullanılması tavsiye edilmektedir.

Temel boyuna donatılarının çapı 10 mm den daha küçük kullanılamaz. Temellerin her kesitindeki minimum boyuna donatı oranı 0.05 olmalıdır.

SNIP 2.02.01–83 yönetmeliğine göre temelde kullanılacak betonun markası en az B20 olmalıdır.

2.6.5.1 Duvar altı temelleri

Duvar altı temelleri, taşıyıcı duvar yükünü, zemine güvenli biçimde aktarmak üzere oluşturulan betonarme elemanlardır.

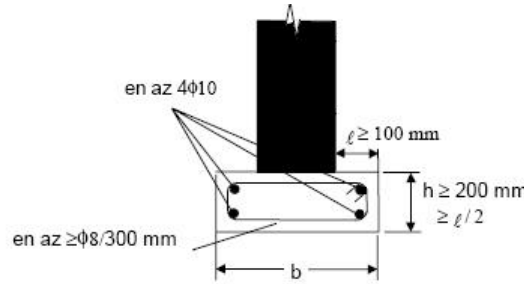
Duvar altı temelleri, donatı gerektirmeyecek biçimde boyutlandırılır.

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.

Temel kalınlığı seçilirken, tasarım momentinin homojen çatlamamış kesit varsayımı ile hesaplanan çatlama momentinden, tasarım kesme kuvvetinin de kesmede çatlama dayanımından küçük olması sağlanmalıdır.

Duvar altı temeli, her bir yanda, üzerindeki duvardan en az 100 mm dışarı taşmalıdır. Duvar altı temeli kalınlığı ise, duvar dışına taşan konsol açıklığının yarısından ve 200 mm den az olamaz.

TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında, duvar boyunca her köşede bir tane olmak üzere en az $4\Phi 10$ boyuna donatı bulundurulmalı ve bunlar, aralığı 300 mm yi geçmeyen, en az 8 mm çapında etriyelerle sarılmalıdır. Bu durum Şekil 2.64 de gösterilmektedir.



Şekil 2.64 : Duvar altı temeli (TS 500 / 2000)

2.6.5.2 Tekil temeller

TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında, daha ayrıntılı hesap gerekmeyen durumlarda, rijit temel varsayımı benimsenerek, bu tür temellerin altındaki zemin basınç dağılımının doğrusal olduğu varsayılabilir.

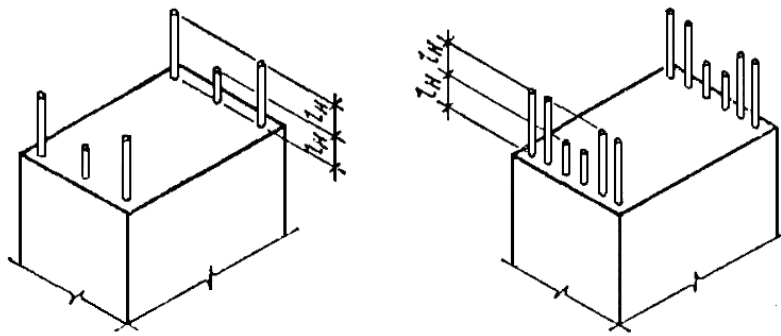
Tekil temeller, her iki yönde bağ kirişleri veya plak ile biri birlerine bağlanacaktır.

Tekil temelleri taban alanı boyutları, zemin dayanımı ve oturmaları dikkate alınarak belirlenir. Temel kesit hesabı yapılırken, yukarıda belirtilen ilkeye göre belirlenen zemin basınç dağılımı göz önüne alınmalıdır.

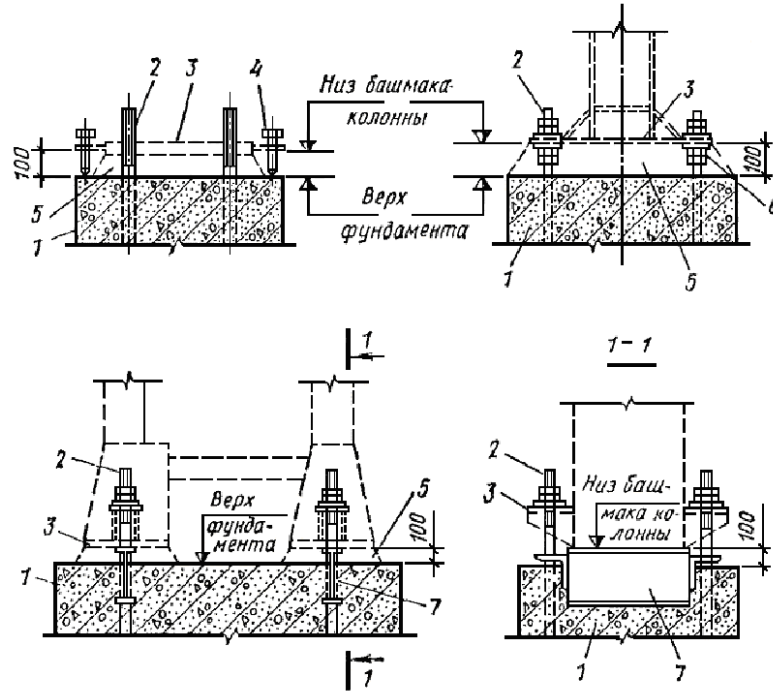
Boyutlandırma ve donatı hesabında, eğilme, kesme kuvveti ve zımbalama için ayrı ayrı hesap yapılmalı ve donatının yeterli kenetlenme boyuna sahip olduğu kanıtlanmalıdır.

Daha kesin hesap gerekmiyorsa, kolon yüzlerinden dışarı taşan temel parçaları ayrı ayrı, tek yönde çalışan birer konsol kiriş gibi hesaplanabilir. Bu durumda, moment ve kesme için kritik kesitin kolon yüzünde, zımbalama çevresinin de kolon yüzünden $d/2$ kadar uzakta olduğu varsayılır.

Tekil temelin planda en küçük boyutu 0.7 m den, alanı 1.0 m² den, kalınlığı ise 250 mm den ve konsol açıklığının 1/4 ünden az olamaz.



120



Şekil 2.68 : Tekil çelik kolon temelleri (SNIP 2.02.01-83)

Şekil 2.68 de gösterilen temeller için eğer hesapta kullanılan sıcaklık değeri -40° den yüksek ise kullanılacak bulon, GOST 380-71* / ВСТ3КП2 standardına uygun olmalıdır. Sıcaklı değeri -40° ile -60° arasında ise kullanılacak bulon GOST 19281-73 / 09Г2С standardına uygun olmalıdır.

2.6.5.3 Sürekli temeller

TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında tanımlanan sürekli temeller, birden fazla kolon, perde, kagir duvar gibi düşey taşıyıcı elemanın yüklerini bir bütün olarak ve yeterli bir rijitlik içinde zemine aktarabilen temellerdir. Bir doğrultuda sıralanmış düşey taşıyıcı elemanlar altında düzenlenen sürekli temeller şerit temel, birden fazla doğrultuda yerleştirilmiş düşey taşıyıcı elemanlar altında düzenlenmiş sürekli temeller ise alan temeli olarak adlandırılır. Şerit temeller ve alan temelleri, kirişli veya kirişsiz plaklar biçiminde düzenlenebilirler

Tasarım yükleri etkisiyle temel altında oluşacak zemin basınçlarının belirlenmesinde, üst yapının, temelin ve yarı 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 edilebilir.

Temel ve zemin rijitlikleri arasındaki oranın belli sınır değerlerin üzerinde olması durumunda, zemin basıncı için doğrusal dağılım kabul edilebilir.

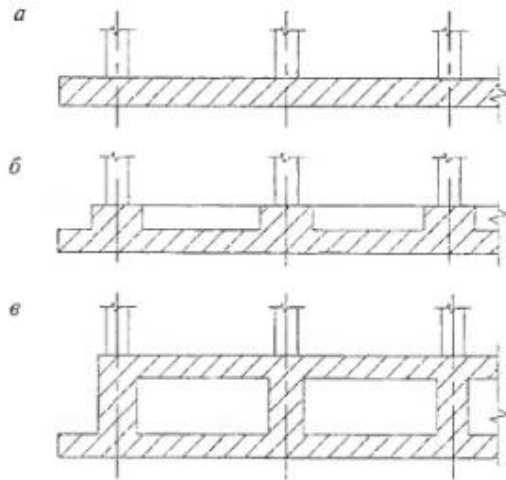
Kirişli olan sürekli temelerde, kiriş yüksekliği plak da içinde olmak üzere, serbest açıklığının 1/10 undan, plak kalınlığı da 200 mm den daha az olamaz.

Kirişsiz plak olarak düzenlenen sürekli temelerde plak kalınlıkları, 300 mm den küçük olamaz.

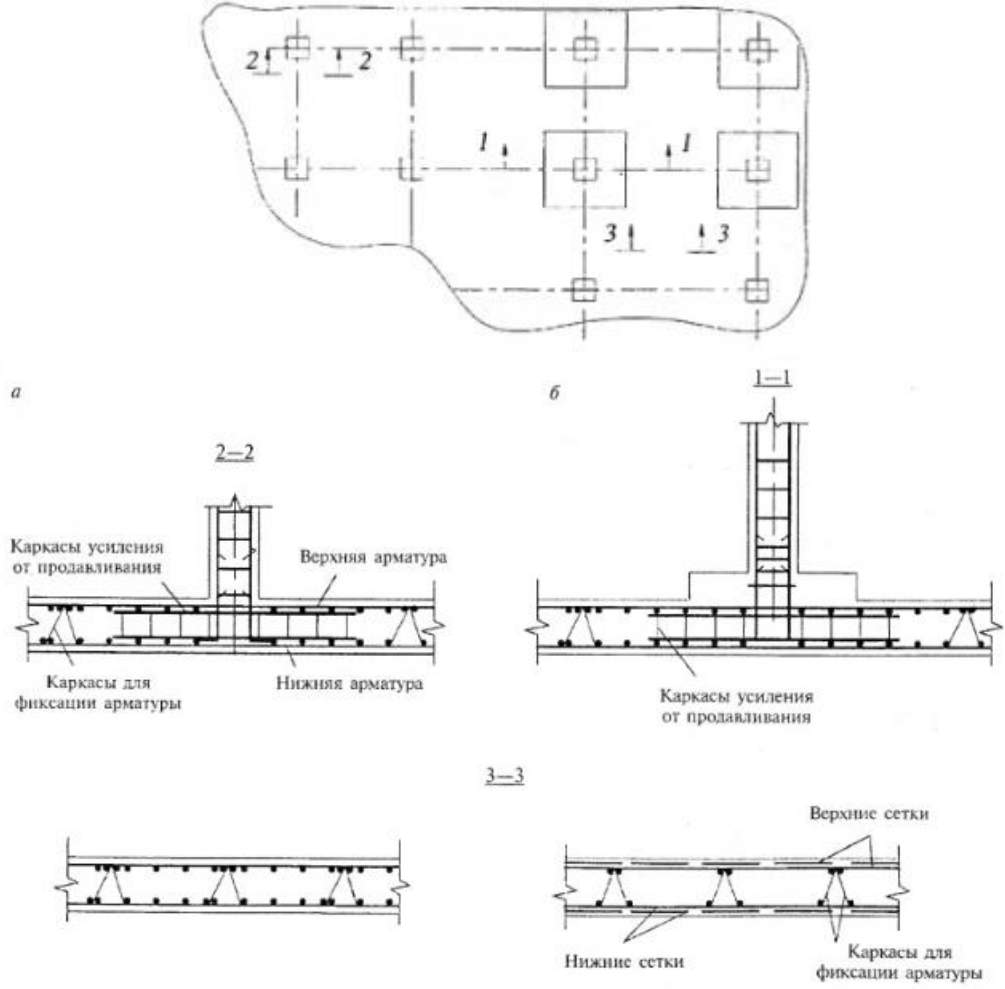
Sürekli temelleri oluşturan bütün elemanlardaki minimum boyuna ve enine donatı oranları, TS500/2000 yönetmeliğindeki kirişler ve plaklar için öngörülen oranlarla tanımlanmıştır. Eğilme etkisindeki bütün kesitlerin basınç bölgesinde, çekme donatısının en az 1/3 ü kadar basınç donatısı bulundurulacaktır.

Kalınlığı nedeniyle farklı zamanlarda beton dökülmesi zorunlu olan yüksek kiriş ve kalın plakların yatay döküm derzlerinde, kullanım sırasında oluşacak tasarım kesme kuvvetlerini karşılayabilecek ve yeterli sürtünme kesmesi dayanımı oluşturabilecek düşey donatı yerleştirilecektir.

SNIP 2.02.01-83 yönetmeliğine göre uygulanabilir sürekli temel çeşitleri Şekil 2.69 da verilmektedir. Burada temeller dolu gövdeli (radye), kirişli radye ve boşluklu radye olarak uygulanabilir. Sürekli temellerin donatı düzenleri kirişli ve plak döşeme tipi temel için Şekil 2.70 de verilmiştir. Sürekli temelerde temel kalınlığı 50 cm den küçük ve 200 cm den büyük olamaz. Beton sınıfı en az B20 olmalı ve ayrıca su geçirimsizliği açısından en az W6 marka beton kullanılmalıdır.. Temelde donatı oranı en az 0.003 olmalıdır.



Şekil 2.69 : Sürekli temel çeşitleri (SNIP 2.02.01-83)



Şekil 2.70 : Sürekli temellerde donatı düzeni (SNIP 2.02.01-83)

2.7 Bina Dayanımının Saptanması

Binanın tümünde veya bir bölümünde, TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında öngörülen yapı güvenliğinin sağlanamadığı kuşkusunu nedeniyle gerçekleştirilen bina dayanımı inceleme ve değerlendirilmesinde ilgili koşullar uygulanır.

Binadaki sorunların yapı güvenliği üzerindeki etkileri tam olarak anlaşılabilmişse ve yapısal çözümleme için gerekli olan eleman boyutları ile malzeme dayanımları saptanabilmişse, yapı güvenliği analitik olarak değerlendirilebilir.

Binadaki sorunların yapı güvenliği üzerindeki etkileri tam olarak anlaşılamamışsa veya eleman boyutları ile malzeme dayanımları saptanamıyorsa, bir yükleme deneyi yapılmalıdır.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında binaların güvenliğinin saptanması yalnızca analitik yöntem ile yapılmaktadır. Deney yapılması durumu yalnızca eleman özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılır.

2.7.1 Analitik değerlendirme

Yapı elemanları kesit boyutlarının, yapı güvenliği açısından en kritik olan bölgelerde saptanması yeterlidir.

Donatı çap ve konumları, yerinde yapılan ölçümlerle saptanmalıdır. Ancak, yapının çeşitli bölümlerinde özenle seçilmiş yeterli sayıda noktada ve değişik türden elemanlar üzerinde yapılan ölçümler projeye uygunsa, binanın tümü için projede gösterilen donatı çap ve konumlarının doğru olduğu varsayılabilir. Yeterli sayı ve ölçüm yerleri, değerlendirme sorumluluğunu üstlenen mühendis tarafından saptanır.

Beton dayanımının saptanması gerekiyorsa, örselemeyen yöntemlerle kapsamlı bir çalışma yapılmalıdır.

Ancak, bu yöntemlerle elde edilen sonuçların, çok daha güvenilir olan karot sonuçları ile ilişkilendirilmesi kesinlikle gereklidir.

Yapı güvenliğini etkilemeyecek konum ve büyüklükteki karotlar, sorumlu mühendisin göstereceği sorunlu yerlerden alınır ve doğal nemini saklayacak biçimde ambalajlanarak taşınır.

Karotlar suda saklanmadan ve başlık yapılarak denenmelidir. Deneyden önce, sorumlu mühendis karotları tek tek incelemeli, her birinin uygun olup olmadığına karar vermeli ve çatlak, boşluk, donatı parçası vb özellikleri not ederek değerlendirmede bunları göz önünde bulundurmalıdır.

Karot deney sonuçları kesinlikle sorumlu mühendisçe değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmede boyut ve şekil etkileri ile örselenmişlik düzeyi ile ilgili düzeltmeler yapılmalıdır.

Gerekli görüldüğünde, donatıdan alınan numuneler denenerek, donatı çeliğinin mekanik özellikleri saptanmalıdır. Özellikle donatı mekanik özelliklerinin yangın nedeniyle değişmiş olabileceğinden kuşku duyulan durumlarda, bu tür deneyler kesinlikle gereklidir.

Taşıyıcı elemanların ve döşeme kaplaması, bölme duvarı gibi taşıyıcı olmayan elemanların boyutları, yeterli sayıda ve güvenilir biçimde ölçülebilmisse, yapı güvenliğinin analitik değerlendirmesinde kullanılacak kalıcı yük katsayısı, 1.4 yerine 1.2 ye kadar azaltılabilir. Malzeme dayanımları güvenilir biçimde saptanabilmişse, çözümlemede kullanılacak malzeme katsayıları da azaltılabilir. Ancak, malzeme katsayıları hiçbir zaman, beton için 1.3 den, donatı çeliği için ise 1.1 den az olamaz.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği gereğince projedeki verilere göre çözülen bina için ayrıca yerinde malzeme dayanımlarının ve eleman boyutlarının da kontrol edilmesiyle yeniden oluşturulan projeye göre de hesap yapılmalıdır.

Binanın inşaatı süresince her çalışma detaylı olarak şantiyede belgelenerek tutulmalıdır. Buna göre mevcut binaların tekrar hesaplanması ve varsa sorunların tespit edilmesi için bu belgelerde verilen bilgiler doğrultusunda hesap yapılmalıdır.

Yerinde yapılan inceleme sonucu elde edilen beton malzeme dayanımı %80 azaltılarak hesap yapılmalıdır. Gözenekli beton için bu değer %70 e kadar azaltılabilir. Çelik için malzeme dayanımları Çizelge 2.47 deki gibi kullanılmalıdır. Kullanılabilirlik sınır durumu hesabında bu değerler 1.0 alınmalıdır.

Çizelge 2.47 : Yapı güvenliği hesabında alınacak malzeme katsayıları
(SNİP 2.03.01–84)

Çelik sınıfı	Malzeme katsayısı
A-I, A-II и A-III	1,15
A-IV, A-V и A-VI	1,25
B-I, B-II, Bp-II, K-7 и K-19	1,25
Bp-I	1,15

2.7.2 Yükleme deneyi

Yükleme deneyi, yalnızca eğilme sorunları ile ilgili durumlarda uygulanır. Yükleme deneyinde, bazı elemanlarda veya binada ani kırılma veya göçme söz konusu ise (örneğin, stabilite, kesme ve özellikle zımbalama gibi), çok tehlikeli olacağından deneye izin verilmez.

Yükleme deneyinde, yüklenecek açıklık ve döşeme gözü (panel) sayısı ile yük düzeni, yapı güvenliği açısından en sorunlu görülen bölgede, en büyük sehime ve en büyük iç kuvvetlere neden olacak biçimde seçilmelidir. Bütün kritik bölgeler için bir tek yükleme düzeni yeterli değilse, birden fazla bölgede yükleme deneyi yapılabilir.

Yükleme deneyinde, belirlenen açıklık veya döşeme gözüne uygulanacak toplam yük, var olan kalıcı yükler de göz önünde tutularak; $0.85(1.4G+1.6Q)$ değerinden az olmamalıdır.

Yükleme deneyinin uygulanacağı kat betonu en az 56 günlük olmalıdır.

Ölçümler, belirlenecek sehim veya çatlağın en kritik olduğu bölgelerde yapılmalıdır. Yüklemeye yapılmadan önce alınacak olan sıfır okumaları, deney başlangıcından en çok bir saat önce alınmalıdır.

Deney yükü, en az dört aşamada uygulanmalı, yük basamakları olabildiğince birbirine eşit olmalıdır.

Yük uygulama amacıyla, çimento torbaları, tuğla, kiremit, kum, su vb kullanılabilir. Yük olabildiğince düzgün yayılı olmalı, yığılan malzemenin kemerlenme ile yükü belirli noktalara aktarması önlenmelidir.

Yüklemekten 24 saat sonra alınan ölçümün ardından uygulanmış olan tüm yük kaldırılmalıdır. Yükün kaldırılmasından 24 saat sonra bir ölçüm daha yapılmalıdır.

Yükleme deneyi uygulanan yapının veya yapı elemanının yeterli sayılabilmesi için aşağıdaki ölçütlerin sağlanması gerekir. Yüklemeye deneyi sonunda yeterli olduğuna karar verilen bir yapının düşey yükler bakımından gerekli yapı güvenliğine sahip olduğu kabul edilir.

Denenen yapı veya yapı elemanında, betonun basınç altında ezilmesi, basınç donatısının burkulması gibi bir aşırı hasar görülmemelidir.

Yüklenen elemanlarda, kesme kırılmasına yol açabilecek nitelikte önemli eğik çatlaklar oluşmamalıdır.

Yüklenen elemanlarda eğilme donatısı boyunca, kenetlenme çözülmesi belirtisi sayılabilecek çatlaklar oluşmamalıdır.

Yük altında ölçülen en büyük sehim, Δ_{m1} ve yük kaldırıldıktan sonra ölçülen en büyük kalıcı sehim, Δ_{mp1} Denklem 2.109 ve Denklem 2.110 da verilen değerleri geçmemelidir.

$$\Delta_{m1} / \ell_t \leq 0.00005 \ell_t / 5 \quad (2.109)$$

$$\Delta_{mp1} \leq 0.25 \Delta_{m1} \quad (2.110)$$

Denklem 2.109 ve Denklem 2.110 daki koşullar sağlanmazsa, yükleme deneyinin tekrarlanmasına izin verilebilir.

İkinci deney, yükün boşaltılmasından en az 72 saat sonra yapılmalıdır. İkinci deneyde Denklem 2.111 deki koşul sağlanırsa, yükleme deneyi uygulanan yapı veya eleman düşey yükler altında yeterli sayılır.

$$\Delta_{mp2} \leq 0.2 \Delta_{m2} \quad (2.111)$$

Denklem 2.111 deki koşul sağlanamazsa deney tekrarlanamaz.

SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında yükleme deneyi açıklanmamıştır. Bunun yerine yerinde yapılacak incelemeler neticesinde elde edilen malzeme dayanımlarına göre hesap yapılması öngörülmüştür.

3. UYGULAMA ÇALIŞMASI

3.1 Betonarme Proje Uygulamaları

Çeşitli hesap yöntemleri ve programları kullanılarak hesaplanan yapı sistemlerinden elde edilen verilerin kullanılmasıyla oluşturulan projeler, ilgili yönetmelikler ve idareler tarafından istenen formatta düzenlenmektedir.

Projelerde, bina hesabında ele alınan temel bilgiler, taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları, donatı özellikleri, kesitler, planlar, detaylar ve miktarlar belirtilmektedir. Bu gösterim tekniklerinde pafta boyutları, planların düzenlenme sırası ve birbirleri arasındaki ilişkiler ve gösterimler çeşitli şekillerde gösterilmektedir.

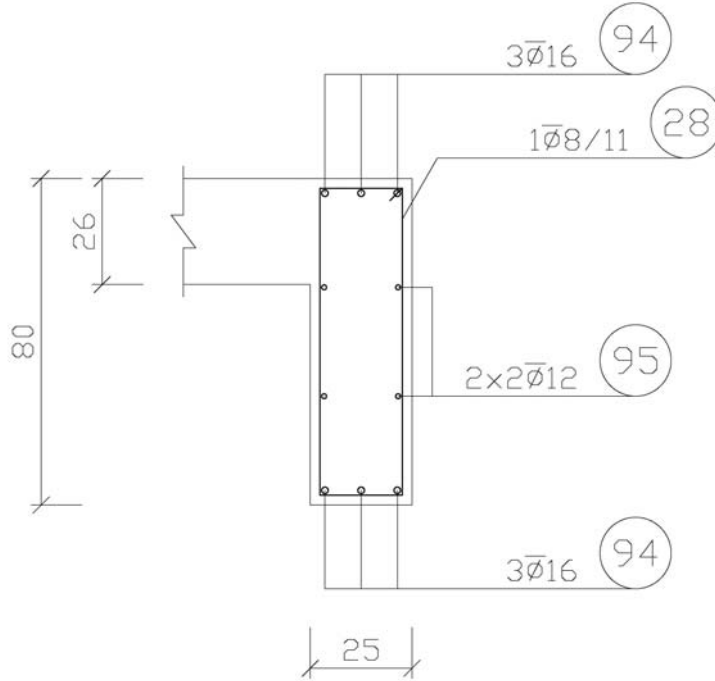
TS kapsamında, proje paftalarında donatı açılımları ayrıca verilerek, kullanılan miktarlar detay çizimi içerisinde belirtilmektedir. Kolon, kiriş, döşeme, temel ve perde elemanlarının donatı düzenleri, ilgili yönetmelikler doğrultusunda bindirme boyları da hesaplanarak adet, donatı çapı, donatı aralığı vb. bilgileri ihtiva edecek şekilde hazırlanıp pafta içerisine yerleştirilmektedir. Bu uygulamada toplam miktarlar pafta içerisinde ayrıca metraj dökümü olarak listelenmektedir. Buna karşın, RS kapsamında hazırlanan projelerde pafta içerisinde ayrıca metraj çizelgeleri ve malzemenin tip, marka, spesifikasyon özellikleri de belirtilmektedir.

TS ve RS kapsamında hazırlanan projelerin hesapları için kullanılan bilgisayar programlarında ilgili yönetmeliklerin sınır değerleri program içerisinde kullanılmaktadır. Bu programlarda yönetmeliklerin sınır koşulları ve hesap yüklerinin kombinezonlarına göre veri girişi yapıp sistem çözümü yapılmaktadır.

RS kapsamında SNİP ve GOST'lara göre hazırlanan projelerde ilk paftada projeyi tanıtıcı bilgiler verilmekte, yapım metotları anlatılmakta, ilgili SNİP ve GOST'lara atıfta bulunmaktadır. Buna ek olarak projeye, binanın oturacağı zeminin jeoloji raporuna göre hazırlanmış olan tipik bir zemin kesiti konularak ilgili parametreler belirtilmektedir. Projede verilen tipik bir zemin kesit örneği EK B de gösterilmektedir.

3.2 Betonarme Proje Detaylarından Örnekler

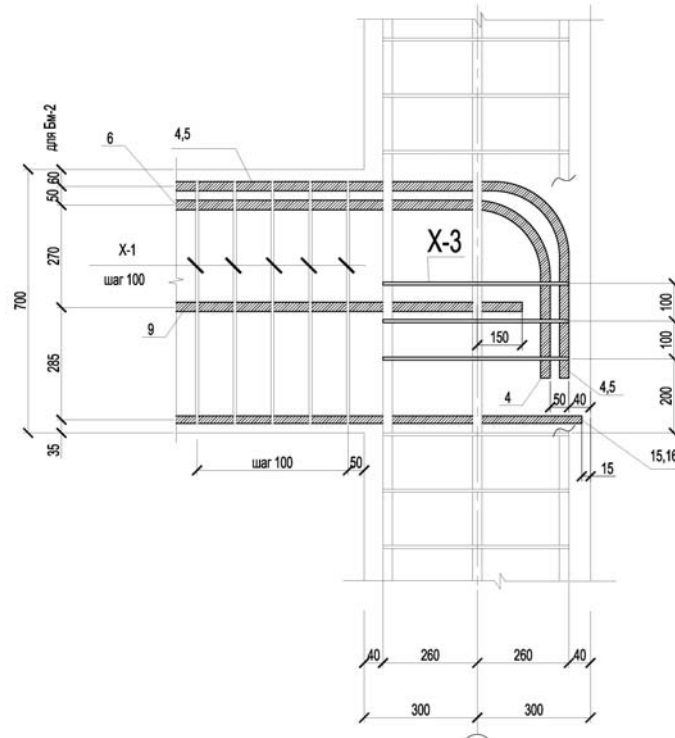
TS kapsamında hazırlanan, TS500/2000 yönetmeliğindeki koşullar çerçevesinde projelerde donatılar çeşitli çizim tekniklerine göre projelendirilmektedir. Çizimlerde donatılar kalınlıkları ile çizilmemektedir. Detayda belirtilen donatı düzeninde kesite giren donatı çapı çizilerek, özellikle etriyeler tek çizgi ile belirtilmektedir. Taşıyıcı sistem elemanları genel ölçüleriyle belirtilerek, poz numaraları verilmiş olan donatıların eleman içerisindeki düzenleri çizilmektedir. Poz numaralarının detay açılımı olarak bu donatılar ayrı bir yerde adet olarak belirtilmektedir. Bu durum Şekil 3.1 de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 : Tipik betonarme bir projede kiriş detayı (TS)

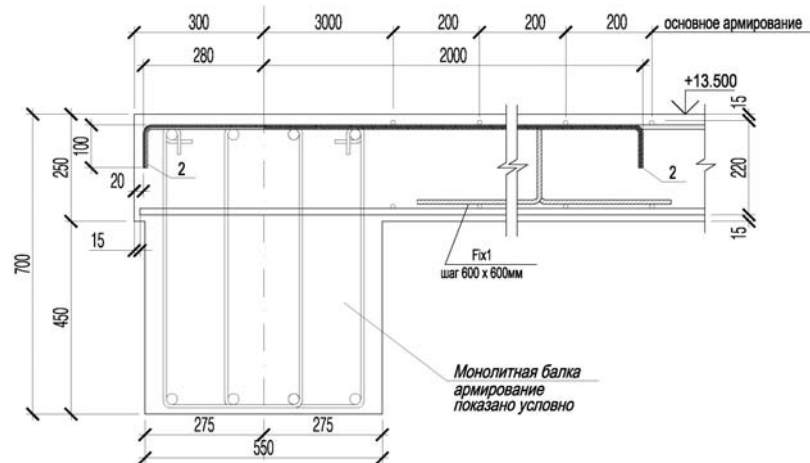
RS kapsamında hazırlanan projelerde tüm donatılar kalınlığıyla çizilerek, aralarındaki mesafeler ayrı ayrı ölçülendirilerek verilmektedir. Proje çizim tekniği olarak, planda ve kesitte kesilen ve görülen donatıların gösterim şekli farklı olduğundan ilgili detayda gösterilmek istenen donatı kalın çizgilerle gösterilip gerektiği durumlarda donatı içi boyanmak suretiyle detay ifade edilmektedir. Donatı düzeni kesit boyutlarına göre ilgili SNİP ten sınır değerleri ve özellikleri alınarak projede kullanılmaktadır. Donatı ek yerleri belirtilerek ek yerlerinin de ölçüleri ayrıca belirtilmekte, kaynaklı ya da manşonlu ek olması durumu detay üzerine

yazılarak ifade edilmektedir. Her donatıya verilen kod numarası ayrıca albüm içerisinde belirtilerek detay açılımı ve metrajı da verilmektedir. Bu durum Şekil 3.2 de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Tipik betonarme bir projede kolon-kiriş detayı (RS)

SNİP ve GOST koşullarına göre kiriş ve kolondaki pay paylarının eşit olması gerektiğinden dolayı kiriş dış yüzü kolon dış yüzünden iki donatı arasındaki fark kadar içeridedir. Burada oluşturulan girinti, kirişin boyuna donatısını örten beton tabakası ile kolonun boyuna donatısını dıştan örten beton tabakasının eşit miktarda olması gerektiğindendir. Bu durum Şekil 3.3 de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 : Tipik betonarme bir projede kiriş detayı (RS)

4. GENEL SONUÇLAR

TS 500/2000 ve TS 498/97 yönetmelikleri ile betonarme hesaplarda kullanılan hesap yüklerinin anlatıldığı SNİP 2.01.07–85, betonarme bina temellerinin özelliklerinin açıklandığı SNİP 2.02.01–83 ve betonarme yapıların ve malzemelerinin tarif edildiği SNİP 2.03.01–84 yönetmeliklerinin karşılaştırılması sonucu aşağıda sıralanan sonuçlar elde edilmiştir. Bu değerlendirmede farklı özellikler ve benzer sınır koşullar belirtilmiştir.

4.1 Hesap Yöntemleri ve Temel İlkeler

— Betonarme yapıların hesap yöntemleri açısından TS ve RS yönetmelikleri genel itibariyle aynı özelliklere sahiptir. Sınır durumlar açısından kullanılan iki tür koşul (taşıma gücü ve kullanılabilirlik sınır durumları), TS ve RS yönetmelikleri kapsamında belirtilmiş ve sınır koşullara göre hesapların yapılması ile yapı elemanlarının statik açıdan kontrol edilmesinin koşulları açıklanmıştır.

— TS 500/2000 yönetmeliğine sehim sınırları elemanın bulunduğu yere ve yükün cinsine göre tarif edilmiştir. SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında ise sehim sınırları estetik, konstrüktif ve konfor koşullarına göre sıralanmış ve elemanın boyutuna, bulunduğu yere ve yükün cinsine göre tanımlanmıştır.

— TS 500/2000 yönetmeliğine göre kullanılabilirlik sınır koşullarından çatlak genişliği sınırları, yapının bulunduğu çevre şartlarına göre tarif edilmiş ve ilgili çizelge ile belirtilmiştir. SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında ise çatlak genişliği sınırları yükün durumuna göre belirtilmiş ve ayrıca donatıda korozyonun önlenmesi amacıyla da ayrı bir çizelge ile donatı sınıflarına göre çatlak sınır koşulları anlatılmıştır.

— SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğine göre çeliğin elastisite modülü çeliğin cinsine göre 1.7×10^5 MPa ile 2.1×10^5 MPa arasında değişen değerler ile ifade edilmektedir. Buna karşın TS 500/2000 yönetmeliğine göre tüm donatı çelikleri için, elastisite modülü $E_s = 2 \times 10^5$ MPa

4.2 Yüklerin Hesap Değerleri ve Yük Kombinezonları

— TS 498/97 yönetmeliğinde buz yükü için yeterli bir tanımlama yapılmamıştır. Buna karşın SNİP 2.01.07–85 yönetmeliğinde farklı bölgelere göre buzlanma yükleri tanımlanmış ve çizelgeler halinde sunulmuştur.

— TS kapsamında yapıya etkiyen yükler yükün cinsine göre (sabit ve hareketli) sınıflandırılırken RS yönetmelikleri kapsamında bu sınıflandırmaya ek olarak yükler yükün süresine göre (sürekli, geçici, uzun süreli, kısa süreli) de sınıflandırılmaktadır.

— TS 500/2000 yönetmeliğine göre hesapta kullanılacak tüm sabit yükler için 1.4 katsayısı kullanılırken SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğine göre bu değer malzemeye göre (beton, tuğla, şap vb.) farklılık göstermektedir. Buna göre hesaplarda alınacak tasarım yükü değeri için her malzeme yönetmelikte verilen ayrı değerleri ile çarpılıp hepsi toplanarak tasarım için artırılmış sabit yük değeri bulunur.

— Malzeme katsayısı olarak beton için TS 500/2000 yönetmeliğinde $\gamma_{mc} = 1.5$ verilmiştir. Buna karşılık SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde bu değer basınç durumu için $\gamma_{mc} = 1.5$ ve çekme durumu için $\gamma_{mc} = 1.3$ verilmiştir.

— elik için malzeme katsayısı olarak TS 500/2000 yönetmeliğinde $\gamma_{ms} = 1.15$ verilmiştir. Buna karşılık SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde bu değer çeliğin cinsine ve çapına bağlı olarak farklı değerlerde izelge oluşturularak ilgili yönetmelikte belirtilmiştir.

4.3 Betonarme Yapı Malzemeleri

— Betonarme yapı malzemelerinin teknik özellikleri bakımından bilimsel verilere dayanan değerler aynı olmakla birlikte, soğuk hava şartlarının hakim olması sebebiyle RS kapsamında özellikle betonun inşaatta kullanılması açısından dikkat edilmesi gereken hususlar detaylı olarak belirtilmiştir. TS 500/2000 yönetmeliğindeki soğuk hava şartlarında beton imalatı ile ilgili veriler ilgili SNİP’lerdeki değerler ile artırılabilir. Bu durum özellikle soğuk iklim şartlarına sahip bölgelerimizdeki betonarme yapı hesaplamalarında kullanılacak verilerin daha detaylı olarak sunulmasını sağlayabilir.

— Beton malzemesinin karakteristik basınç dayanımını belirlemek için TS 500/2000 yönetmeliğine göre silindir numune kullanılırken SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğine göre 150*150 mm küp numune kullanılmaktadır.

4.4 Kesme Kuvveti ve Burulma Etkileri

— TS 500/2000 yönetmeliğinde sürtünme kesmesi ile ilgili detaylı açıklama bulunuyor olmasına karşın SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde bu konuyla ilgili bir açıklama mevcut değildir.

— SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında kısa konsollarla ilgili detaylı bilgi ve açıklama bulunmaktadır. Donatı düzenleri, farklı konsol boyutlarına göre oluşturulmuş, donatının kenetlenmesiyle ilgili ek parçaların kullanılması açıklanmış ve hangi durumlarda kısa konsolda guse yapılmayabileceği şekillerle de desteklenerek belirtilmiştir. Buna karşın TS 500/2000 yönetmeliğinde daha az bilgi yer almaktadır.

— TS 500/2000 yönetmeliğine göre burulma etkisi betonun çekme gerilmesine bağlı olarak ifade edilmektedir. Buna karşın SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında bu hesap betonun basınç dayanımının bir formülü olarak ifade edilmiştir.

— TS 500/2000 yönetmeliğinde zımbalama dayanımı formülündeki yükleme durumuna bağlı olarak değişen katsayı γ , SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında betonun cinsine bağlı olarak tanımlanmıştır.

4.5 Donatının Kenetlenmesi ve Düzenlenmesiyle İlgili Kurallar

— TS 500/2000 yönetmeliğine göre her bir betonarme taşıyıcı sistem elemanında (özellikle kolon ve kiriş) beton örtü kalınlığının aynı olması gibi bir durum şartı yoktur. RS kapsamındaki ilgili SNİP’lerde beton örtü kalınlıklarının aynı olması için yapı elemanının birleşim bölgelerinde dış ve iç yüzde beton yüzeyinde donatı kalınlıkları kadar fark olmaktadır. Bu durumun hesaplamalar ve teorik olarak avantajları bulunsa da uygulamada zorluk açısından dezavantajları bulunmaktadır.

— SNİP 2.03.01–84 yönetmeliği kapsamında demet donatılar için 2 adet donatı kullanılmasıyla ilgili bilgiler verilmiş olup bu durum TS 500/2000 yönetmeliğinde en fazla üç donatı ile yapılan demet donatı için açıklanmıştır.

— Donatıların bükülmesiyle ilgili SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde verilen bilgiler TS 500/2000 yönetmeliğinde verilen bilgilere oranla daha fazladır. İlgili SNİP’de bu açıklamalar her boyuna donatı, etriye ve çiroz için ayrı ayrı şekillerle anlatılmıştır.

— Donatı eklenmesiyle ilgili olarak TS 500/2000 yönetmeliğinde verilen manşonlu ek bilgilerine göre SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde manşonlu ek bilgisi bulunmamaktadır.

— TS 500/2000 ve SNİP 2.03.01–84 yönetmeliklerinin her ikisinde de basınç donatısına kanca yapılamayacağı belirtilmektedir.

— TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında boyuna donatı kancaları, etriye kancaları ve hasır donatıdan yapılmış etriye kancaları ile ilgili ayrı başlıklar altında bilgiler verilmektedir. Buna karşın SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde kanca detayları tek başlık altında incelenmiş olup bu detaylar ilgili bölümlerde açıklanmaktadır.

— TS 500/2000 yönetmeliği kapsamında net beton örtüsü değeri kolon ve kirişler için dış hava koşullarına maruz kalmasına ve iç ortamda bulunmasına göre değişmektedir. SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde bu ayrım gözetilmeksizin kolon ve kirişler için tek bir minimum beton örtü kalınlığı değeri verilmiştir.

— TS 500/2000 yönetmeliğine göre betonarme yapı elemanlarında kullanılan donatılardan iki donatı arasındaki mesafenin sınırlandırılması, donatı çapı ve belirli değerlerin yanı sıra betonda kullanılan agreganın çapına bağlı olarak ifade edilmektedir. Fakat SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde bu değer agreganın çapına bağlı olarak ifade edilmemiştir.

4.6 Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanları

— TS 500/2000 de betonarme yapılar ve kolon, kiriş, döşeme, perde ve temel gibi taşıyıcı yapı elemanları aynı standartta ele alınmış olup, RS yönetmeliklerinde betonarme yapı elemanlarının ve malzemelerinin tarif edildiği SNİP 2.03.01–84 ile betonarme binaların temel özelliklerinin açıklandığı SNİP 2.02.01–83 olarak iki ayrı yönetmelik kullanılmaktadır.

— SNİP 2.02.01–83 yönetmeliği kapsamında betonarme bina temelleri doğrudan toprağın üzerine oturan yükünü zemine aktaran temeller ve kazıklar üzerine oturan temeller olarak iki ana başlık altında temeller açıklanmaktadır. Temel altında

kullanılacak olan kazıkların detaylı açıklaması ilgili SNİP te bulunmaktadır. Buna karşın TS500/2000 yönetmeliğinde temellere detaylı olarak değinilmemiştir. Zemin durumuna göre karar verilmesi gereken yüzeysel ve kazıklı temel seçimi teknik verileriyle birlikte ilgili SNİP lerden alınıp TS 500/2000 kapsamında kullanılabilir.

— TS 500/2000 yönetmeliğine göre kolon toplam boyuna donatı, bindirme bölgeleri dışında $\rho_t \leq 0.04$, bindirmeli ek bölgelerinde, $\rho_t \leq 0.06$ olmalıdır. Buna karşın SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde bu değer 0.05 ile tek bir değer olarak verilmiş ve bindirme bölgelerinde ayrıca bir açıklama yapılmamıştır.

— RS yönetmelikleri kapsamında büyük ölçüde prefabrik fabrika üretimi yapı elemanlarının özellikleri anlatılmış ve hazır üretim elemanların sınır değerleri açıklanmıştır. Bu durum yönetmeliklerin geçerli olduğu coğrafyalardaki şartlara göre şekillenmiştir. TS kapsamındaki yönetmeliklerde yerinde üretim betonarme yapı elemanlarının özellikleri, prefabrik elemanlara göre önemli ölçüde detay bilgisine sahiptir.

4.7 Bina Dayanımının Saptanması

— TS 500/2000 yönetmeliğine göre bina dayanımının saptanmasında analitik ve deneysel yöntem kullanılırken, SNİP 2.03.01–84 yönetmeliğinde yalnızca analitik yöntemlerden bahsedilmiştir. Deneysel yöntemler için yalnızca mevcut binadaki yapı malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesi öngörülmüştür.

— TS 500/2000 ve SNİP 2.03.01–84 yönetmeliklerinin her ikisinde de bina dayanımının saptanması için analitik yöntemde kullanılan malzeme katsayıları değiştirilmektedir. Ayrıca hesapta kullanılan yük kombinezonları da farklılık göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Arslan G., Aydemir C.**, 2008, Betonarme yapı tasarımı (kolon ön boyutlandırılması), *YTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü-Sunum*, İstanbul
- Arslan M.**, 2001, Beton - dökümü, kalıpları, kusurları, dayanıklılığı, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul
- Balık F.S., Kamanlı M.**, 2003, Beton teknolojisi, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul
- Celep Z., Kumbasar N.**, 2005, Betonarme yapılar, Beta Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul
- Doran B.**, 2004, Perdeli sistemler: statik ve betonarme kesit hesapları, *YTÜ Yapı Mühendisliği Ders Notları*, İstanbul
- Ersoy U., Özcebe G.**, 2007, Betonarme - temel ilkeler TS500/2000 ve Türk Deprem Yönetmeliği 98'e göre hesap, Evrim Yayınevi, İstanbul
- Hanmehmet E.T., Hanmehmet Z.**, 2002, Betonarme yapıların hesap ve tasarım esasları, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Kırçıl M.S.**, 2008, Kolon betonarme hesabı, güçlü kolon-zayıf kiriş prensibi, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği, *YTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü-Sunum*, İstanbul
- Özışık G.**, 2000, Beton - ilgili mevzuat ve "yeni afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik" ilavesi ile, Birsel Yayınevi, İstanbul
- SNİP 2.01.07**, 1985. Yük ve etkiler, *SSCB Gosstroy Çelik Yapılar Kuçerenko Bilim Ve Araştırma Enstitüsü ve SSCB Yüksek Eğitim Bakanlığı V.V. Kuybişev Moskova Mühendislik ve İnşaat Enstitüsü*, Moskova
- SNİP 2.02.01**, 1983. Betonarme binaların temelleri, *SSCB Gosstroy Çelik Yapılar Kuçerenko Bilim Ve Araştırma Enstitüsü ve SSCB Yüksek Eğitim Bakanlığı V.V. Kuybişev Moskova Mühendislik ve İnşaat Enstitüsü*, Moskova
- SNİP 2.03.01**, 1984. Beton ve betonarme yapıları, *SSCB Gosstroy Çelik Yapılar Kuçerenko Bilim Ve Araştırma Enstitüsü ve SSCB Yüksek Eğitim Bakanlığı V.V. Kuybişev Moskova Mühendislik ve İnşaat Enstitüsü*, Moskova
- Şimşek O.**, 2007, Beton bileşenleri ve beton deneyleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara
- Topçu A.**, 2008, Betonarme 1, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü- Sunu*, Eskişehir
- TS ISO 9194/Kasım**, 1997, Yapıların projelendirilme esasları – taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar – depolanmış malzemeler – yoğunluk, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara

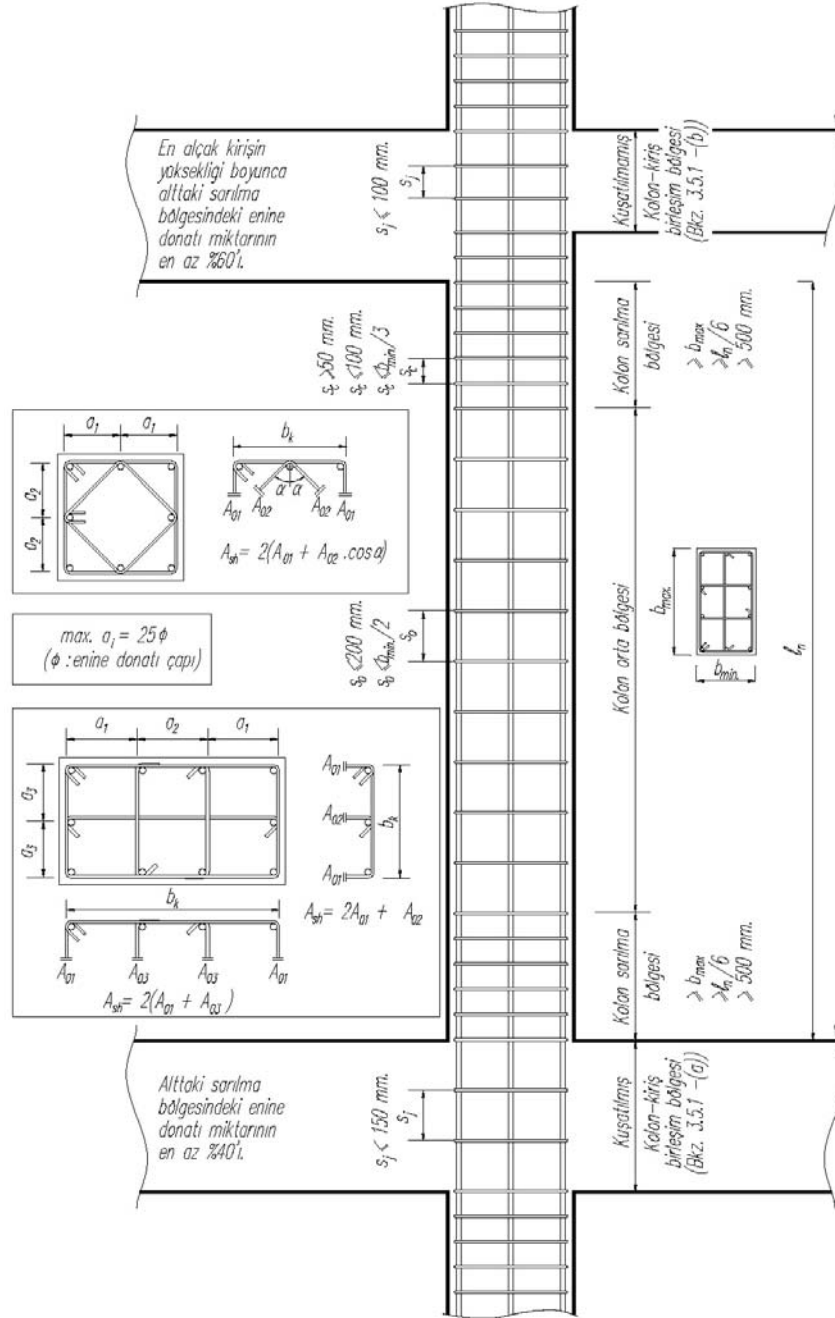
- TS 500**, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- TS 498**, 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- Tunç G.**, 2009, TS 498: Rüzgar, kar ve buz yüklerinin yeniden tanımlanması, *İnşaat Mühendisleri Odası-Seminer*, Ankara
- Yılmaz R.H.**, 2004, Temel inşaatı, Birsan Yayınevi, İstanbul

EKLER

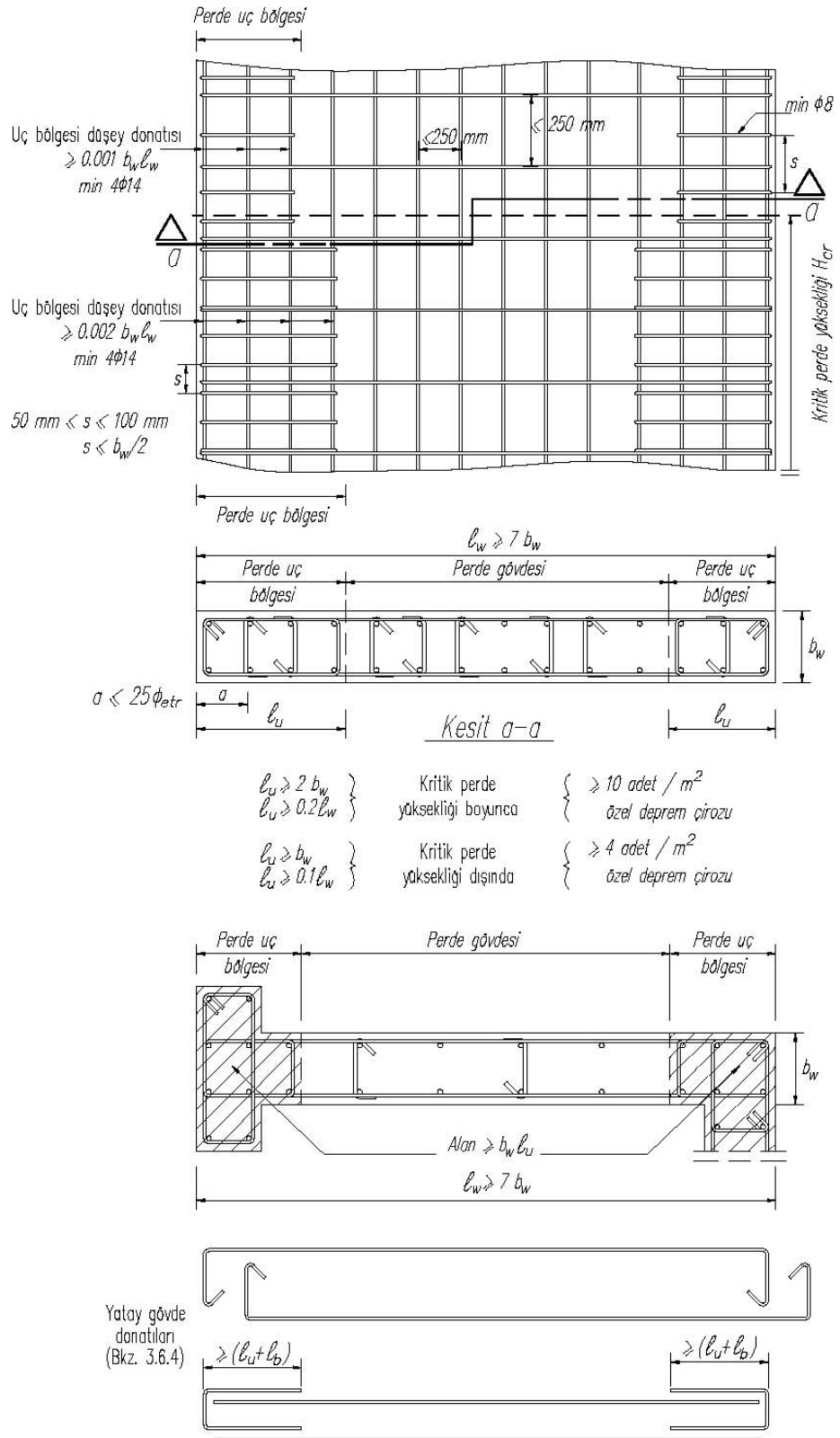
EK A : Betonarme Elemanlarda Donatı Düzenleme İlkelerine Örnekler

EK B : RS Kapsamında Projelerde Kullanılan Tipik Zemin Kesitleri

EK A



Şekil A.1 : Deprem bölgelerinde uygulanan betonarme kolon elemanlarının donatı düzenleri (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)



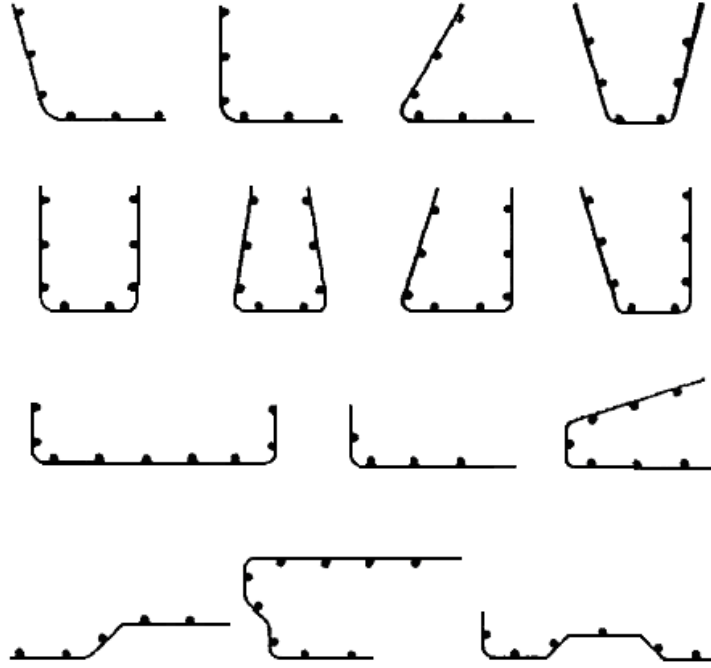
Şekil A.4 : Deprem bölgelerinde uygulanan betonarme perde elemanlarının donatı düzenleri (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)

Çizelge A.1 : Betonarme temelerde bağ kirişlerine ilişkin minimum koşullar (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)

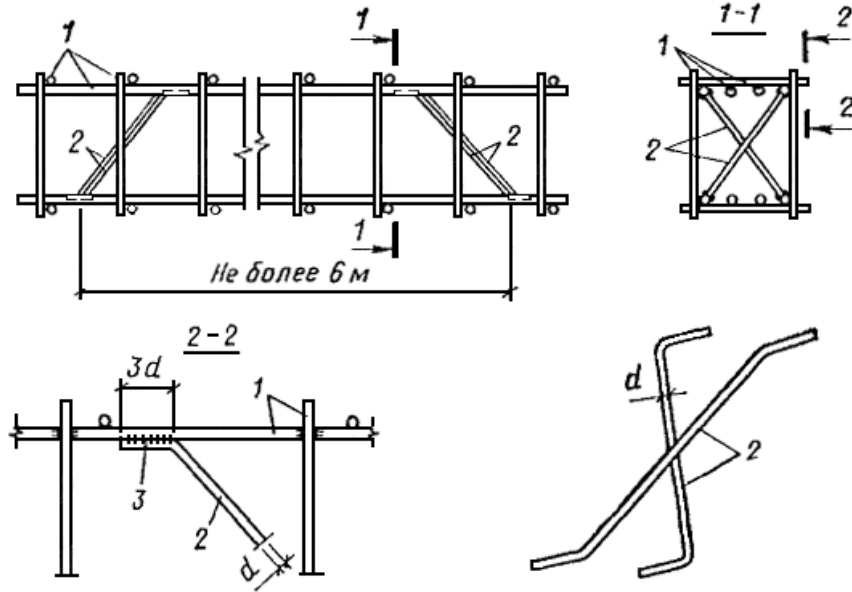
KOŞULUN TANIMI	Deprem Bölgesi	Zemin Grubu (A)	Zemin Grubu (B)	Zemin Grubu (C)	Zemin Grubu (D)
1. Bağ kirişinin minimum eksenel kuvveti (Bağ kirişinin bağlandığı kolon veya perdelerdeki en büyük eksenel kuvvetin yüzdesi olarak)	1, 2 3, 4	%6 %4	%8 %6	%10 %8	%12 %10
2. Minimum enkesit boyutu (mm) (Minimum enkesit boyutu, bağ kirişinin serbest açıklığının 1/30'undan az olamaz.)	1, 2 3, 4	250 250	250 250	300 250	300 250
3. Minimum enkesit alanı (mm ²)	1, 2 3, 4	62500 62500	75000 62500	90000 75000	90000 75000
4. Minimum boyuna donatı	1, 2 3, 4	4Φ14 4Φ14	4Φ16 4Φ14	4Φ16 4Φ16	4Φ18 4Φ16

Çizelge A.2 : Yığma binalarda duvar altı temellerine ilişkin koşullar (D.B.Y.B.H.Y. / 2007)

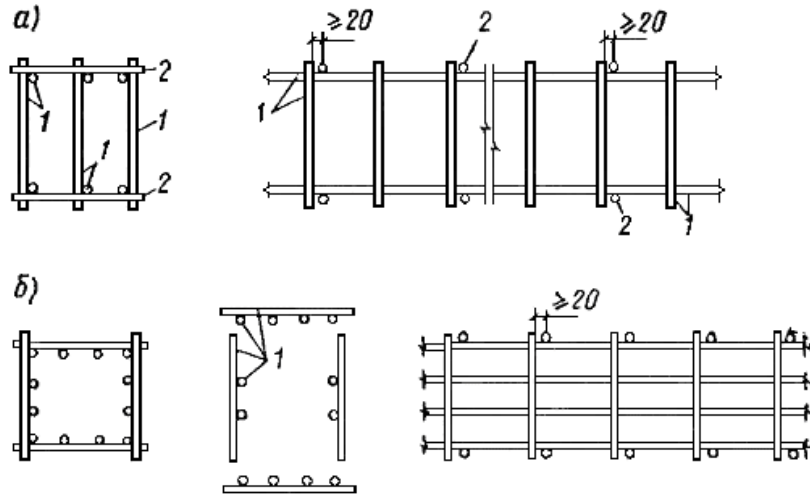
KOŞULUN TANIMI	Zemin Grubu (A),(B)	Zemin Grubu (C)	Zemin Grubu (D)
Minimum temel genişliği (mm)	500	600	700
Duvar kalınlığına ek (iki yandan) pabuç genişliği(mm)	2×150	2×200	2×250
Minimum temel yüksekliği (mm)	300	400	400
Altta ve üstte minimum temel boyuna donatısı	3Φ12	3Φ14	4Φ14
Temelde minimum etriye	Φ8/30	Φ8/30	Φ8/30
Minimum basamak yatay aralığı (mm)	1000	1500	-
Minimum basamak bindirme uzunluğu (mm)	300	400	-
Maksimum basamak yüksekliği (mm)	300	300	-



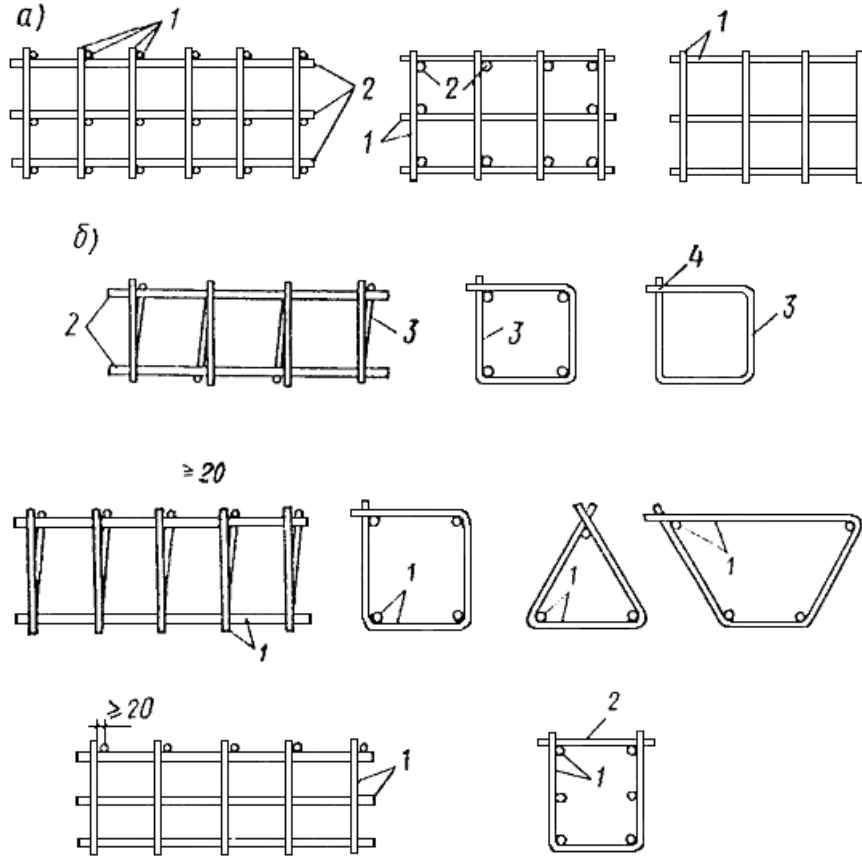
Şekil A.5 : Bükülmüş hasır donatı çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)



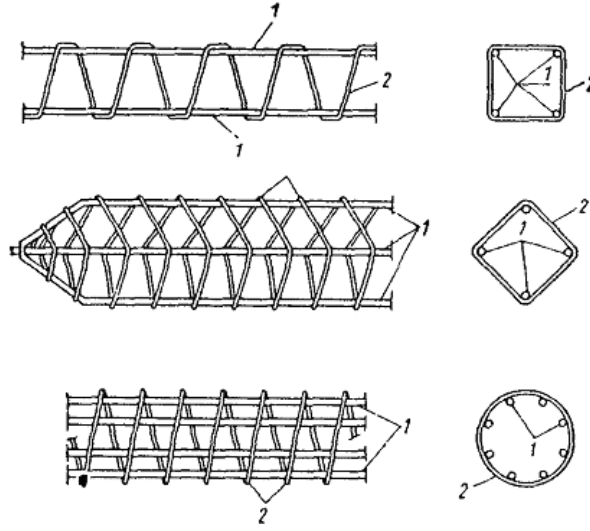
Şekil A.6 : Hasır donatılardan oluşturulmuş karkasın çapraz birleşim elemanları (SNIP 2.03.01-84)



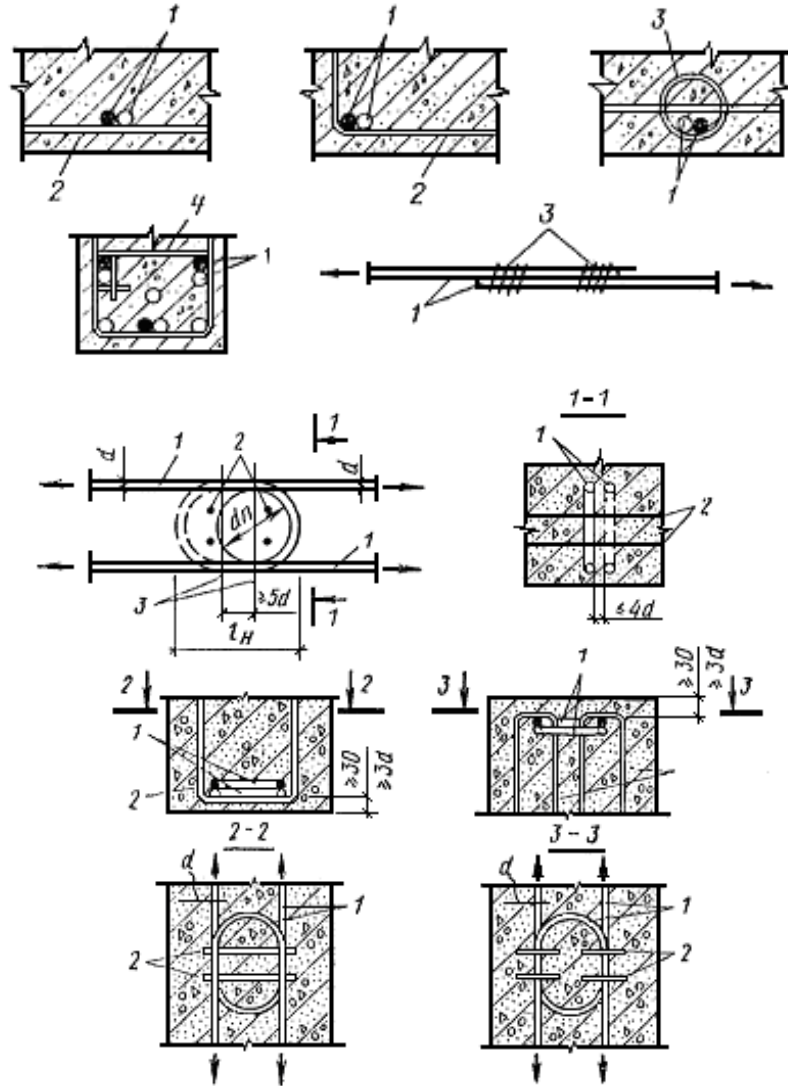
Şekil A.7 : Hasır donatılardan oluşturulmuş karkaslar (SNIP 2.03.01-84)



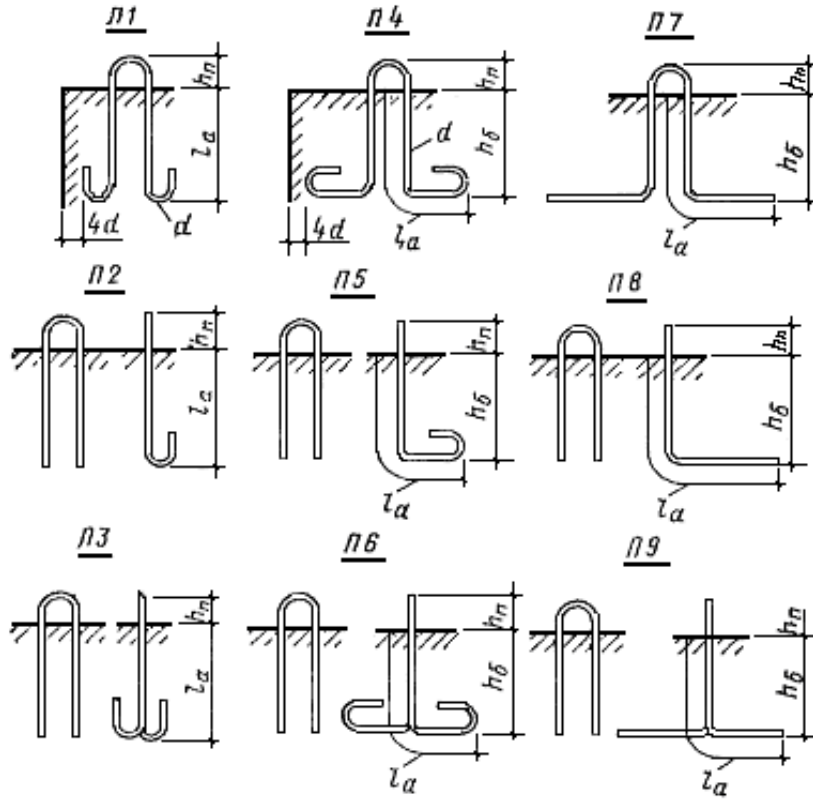
Şekil A.8 : Bükülmüş hasır donatıdan yapılmış karkaslar (SNIP 2.03.01-84)



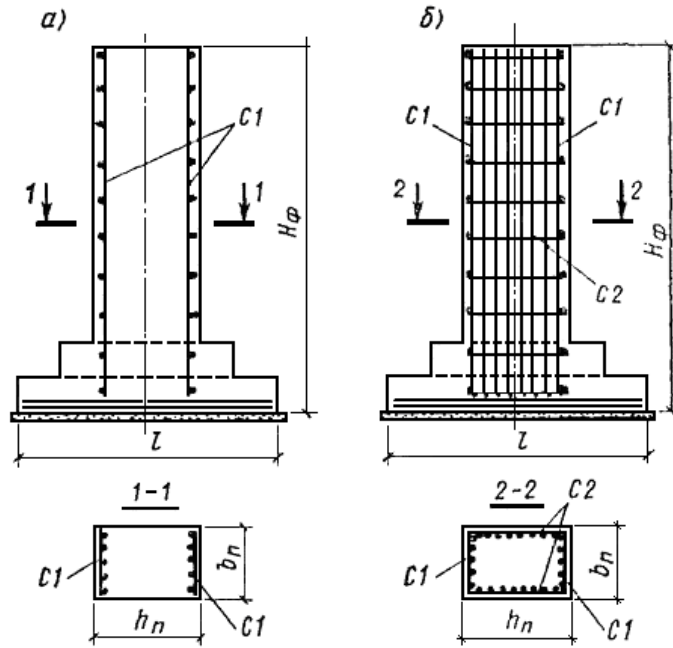
Şekil A.9 : Spiral etriye ile oluşturulmuş karkaslar (SNIP 2.03.01-84)



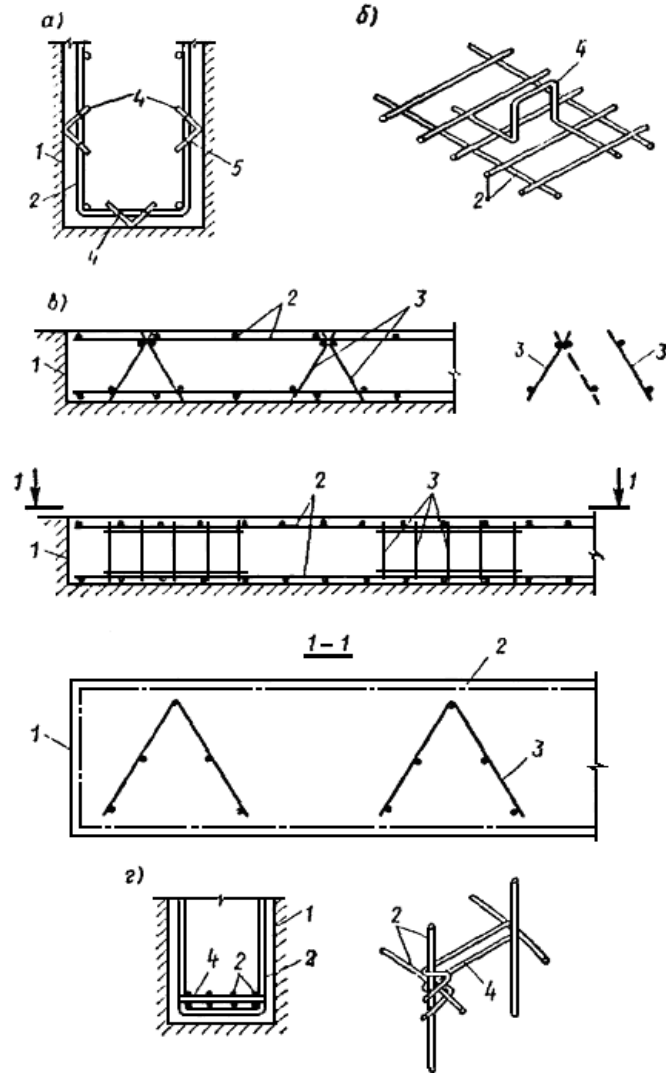
Şekil A.10 : Donatı ek yerleri için bağlantı detayları (SNIP 2.03.01-84)



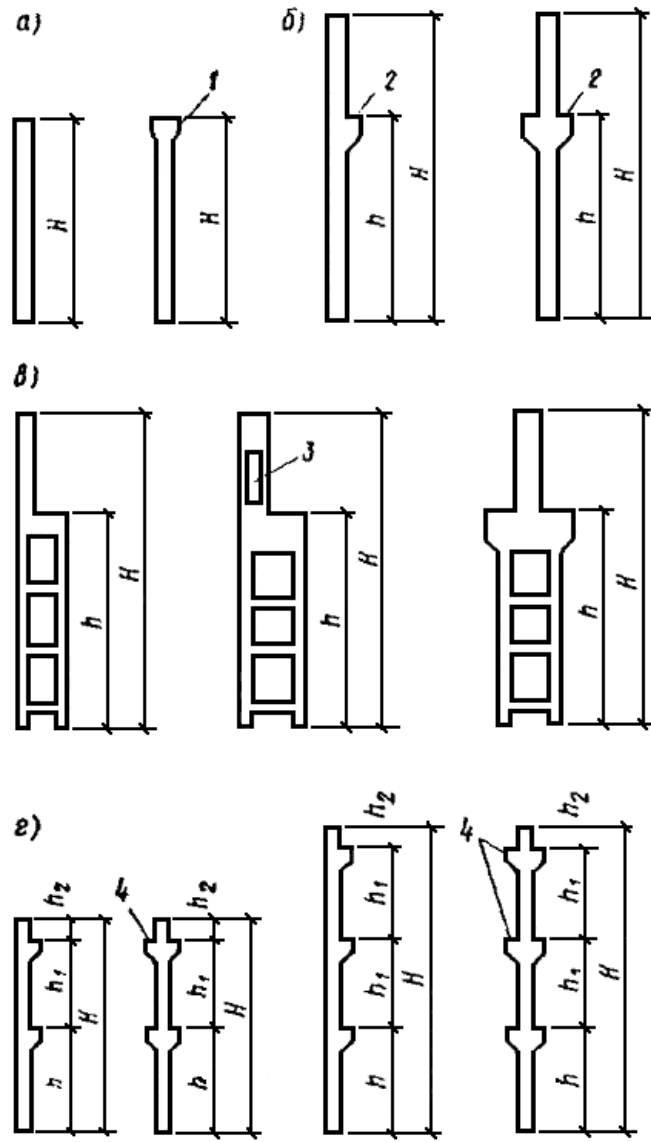
Şekil A.11 : Betonarme elemanların içerisine bırakılan kancalar (SNIP 2.03.01-84)



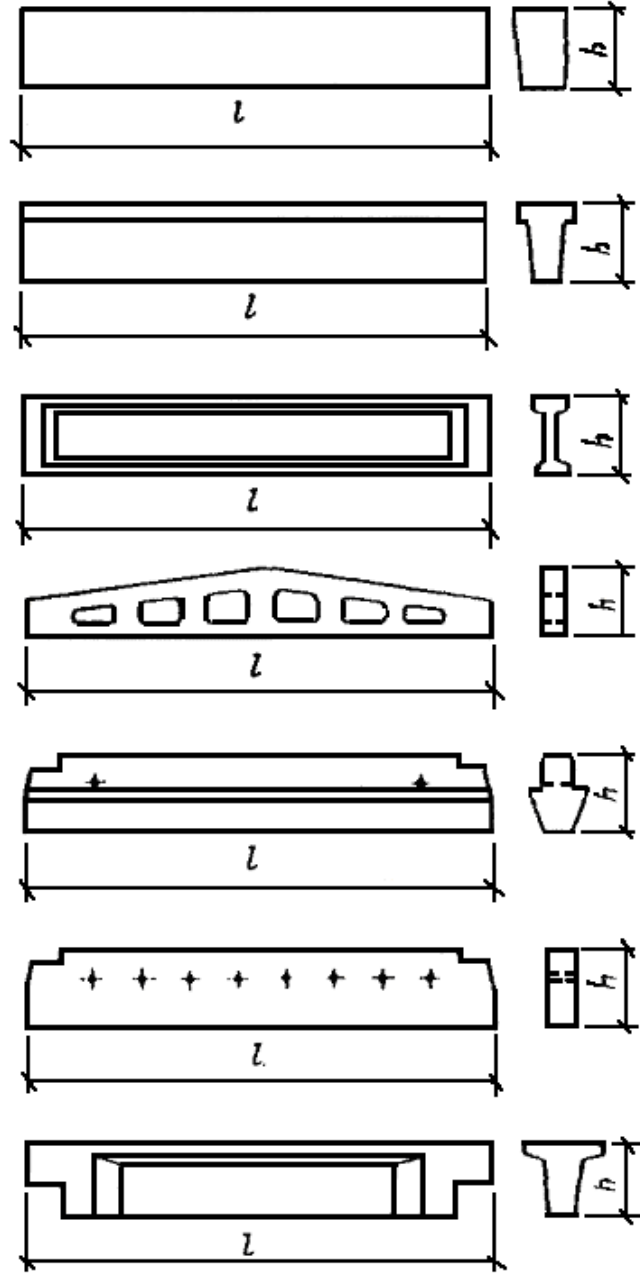
Şekil A.12 : Tekil temel hasır donatı detayı (SNIP 2.03.01-84)



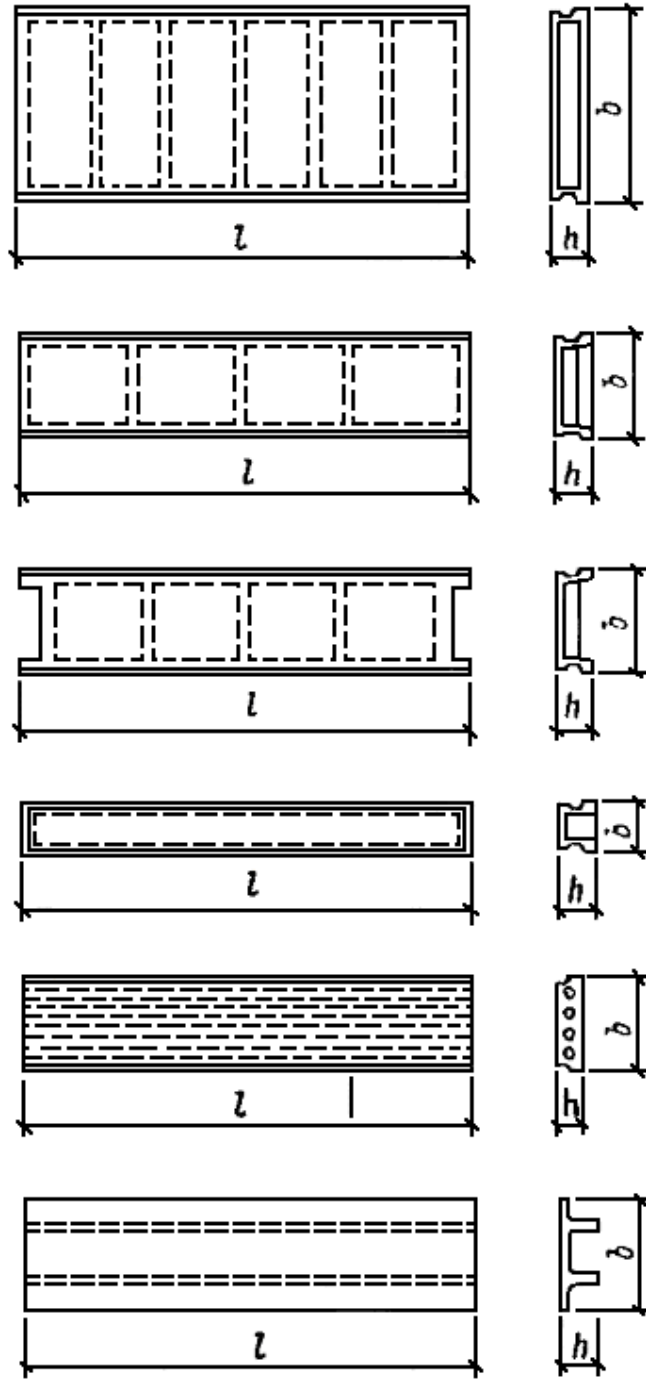
Şekil A.13 : Sehpa donatısı örnekleri (SNIP 2.03.01-84)



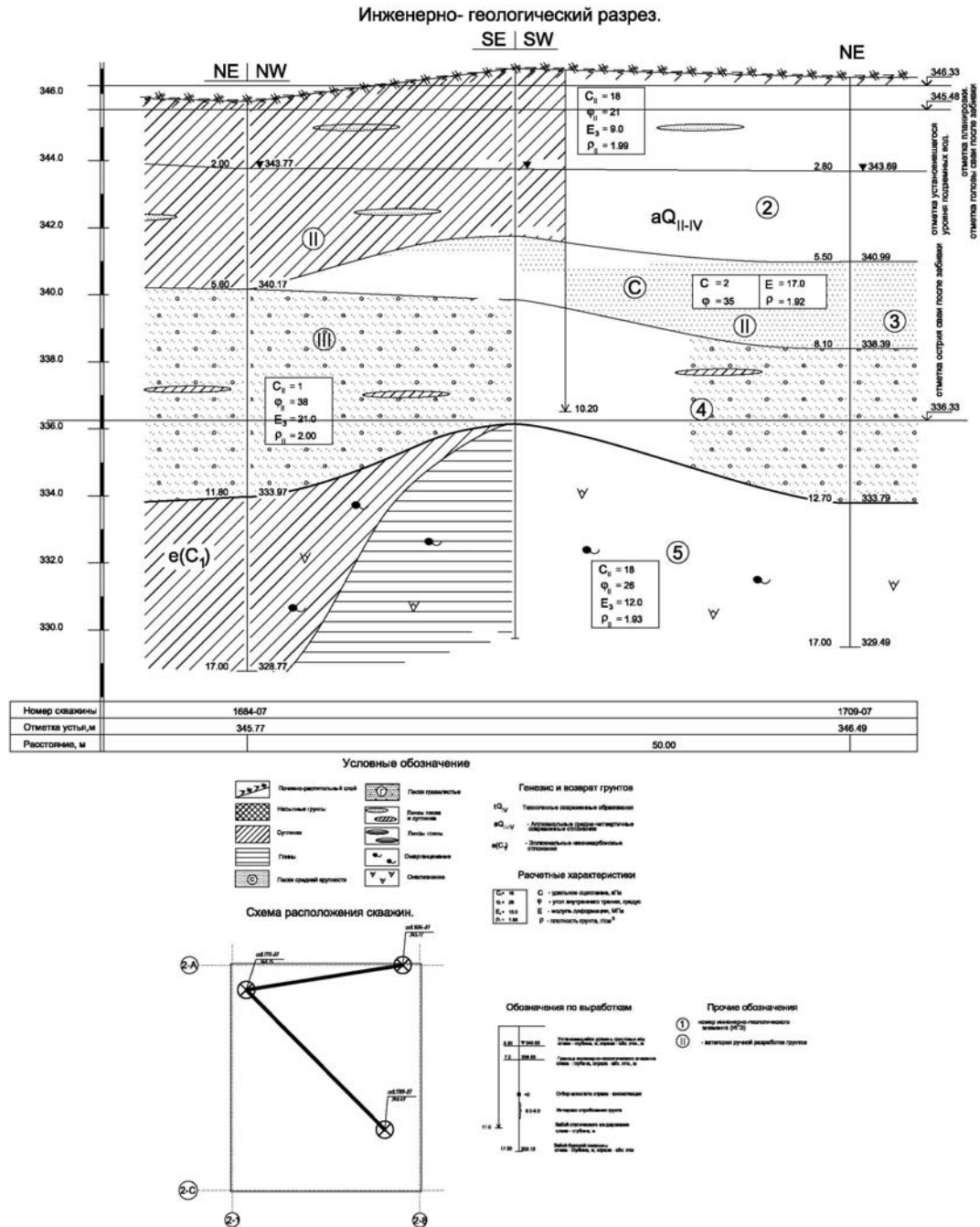
Şekil A.14 : Prefabrik kolon çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)



Şekil A.15 : Prefabrik kiriş çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)

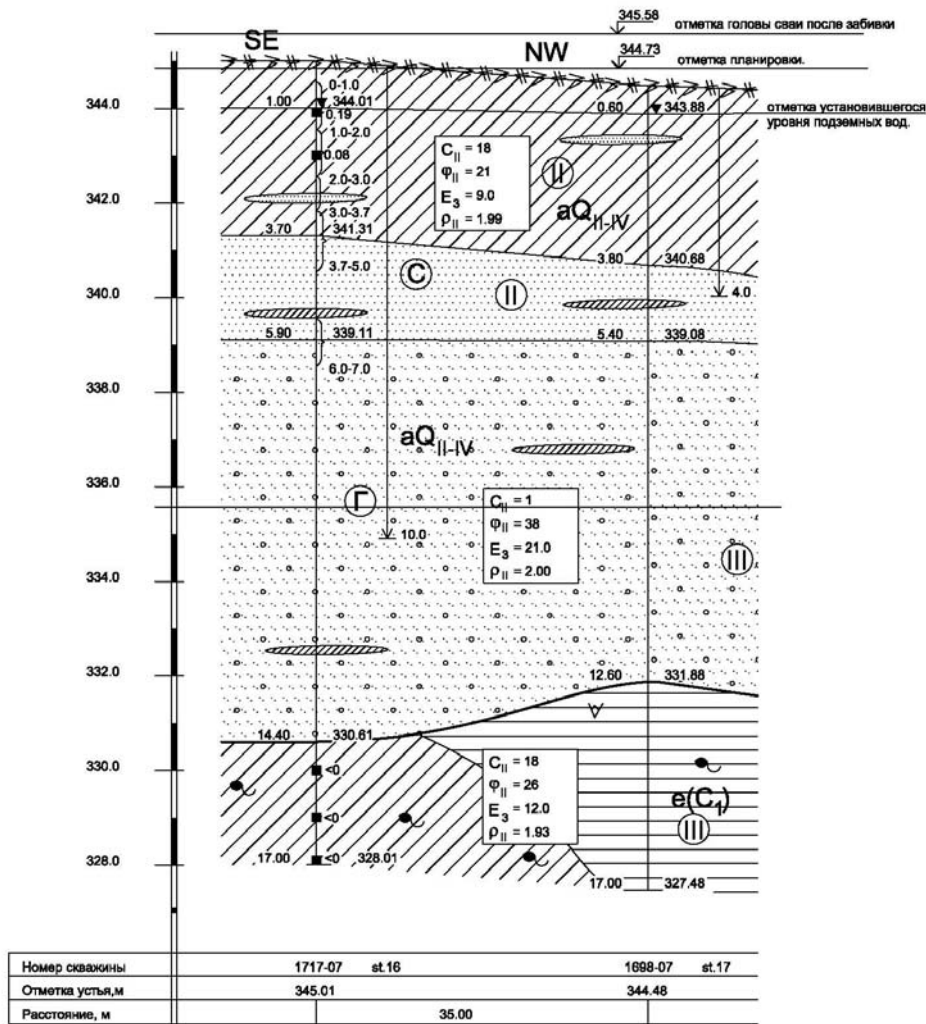


Şekil A.16 : Prefabrik döşeme çeşitleri (SNIP 2.03.01-84)

EK B

Şekil B.1 : RS kapsamında projelerde kullanılan tipik bir zemin kesiti örneği

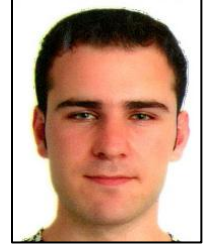
1 - 1



Şekil B.2 : RS kapsamında projelerde kullanılan tipik bir zemin kesiti örneği

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyadı: Hayati Küçük



Doğum Yeri ve Tarihi: Yalova – 10.06.1983

Adres: İsmet Acar Cad. Akın Apt. C Blok No:10/5 Merkez/Yalova

Lisans Üniversitesi: İnşaat Mühendisliği (Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005)

Mimarlık (Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007)