

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME TÜP SİSTEM YAPI TASARIMI
VE
SÜNME ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İlke BACALAN**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI (DEPREM) MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2005

**BETONARME TÜP SİSTEM YAPI TASARIMI
VE
SÜNME ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İlke BACALAN
(501001154)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Ocak 2005**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Kadir GÜLER
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Melike ALTAN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)**

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Çalışmalarımın her aşamasında benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Kadir GÜLER'e, araştırma görevlilerinden sayın Dr. Kutlu DARILMAZ'a ve hayatım boyunca bana maddi ve manevi destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2005

İlke BACALAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. YÜKSEK BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEMLER	3
2.1. Taşıyıcı sistem tasarımında yapı formları	3
2.2. Taşıyıcı sistem tasarımına etki eden parametreler	9
2.3. Taşıyıcı sistem sınıflandırılması	11
2.4. Çelik taşıyıcı sistemler	12
2.4.1. Çerçeve tüp sistemler	13
2.4.2. Çerçeve tüp sistemlerin yatay yüklere karşı davranışı	13
2.4.3. Kafesli tüp sistemler	15
2.4.4. Modüler (demet) tüp sistemler	16
2.5. Betonarme taşıyıcı sistemler	19
2.5.1. Geniş açıklıklı çerçeve tüp	20
2.5.2. Çerçeve tüp sistemler	20
2.5.3. Kafesli tüp	22
2.5.4. Demet (modüler) tüp sistemler	22
2.5.5. Çerçeve tüp ve çekirdek sistemler	23
2.5.6. Diğer betonarme taşıyıcı sistemler	23
3. SAP 2000 YAPI ANALİZİ PROGRAMI İLE STATİK VE DİNAMİK ANALİZ	25
3.1. Giriş	25
3.2. Analiz halleri	26
3.3. Statik analiz	26
3.4. Atalet (eylemsizlik) yükleri	27
3.5. Eigen-vektör analizi	27
3.6. Modal analizin sonuçları	28
3.6.1. Periyotlar ve frekanslar	29
3.6.2. Katılım Faktörleri	29
3.6.3. Kütle katılım oranları	29
3.6.4. Toplam tutulmuş kütle ve kütlelerin konumu	30

3.7. Response spektrum analizi	30
4. BETONARME TÜP SİSTEM BİR YAPININ TASARIMI	32
4.1. Yapı karakteristik özellikleri	32
4.2. Taşıyıcı sistem boyutlarının tayini	34
4.2.1. Dışli döşeme boyutlarının seçimi	34
4.2.2. Dışli döşemede yük analizi	36
4.2.3. Kiriş boyutlarının seçimi	37
4.2.4. Düşey yük analizinde kirişlere gelen yükler	39
4.2.5. Düşey yük analizinde kirişlere döşemeden gelen yükler	39
4.2.6. Düşey yük analizinde kirişlere duvarlardan gelen yükler	41
4.2.7. Düşey yük analizinde kirişlere gelen toplam yükler	41
4.3. Kolonların düşey yüklere göre önboyutlandırılması	42
5. YATAY YÜKLERE GÖRE HESAP	48
5.1. Mod Birleştirme Yöntemi	49
5.2. SAP 2000 Yapı analiz programı ile modal analiz	50
5.2.1. Modal analiz sonuçları	57
5.2.2. Modal analiz yönteminin eşdeğer deprem yükü ile karşılaştırılması	65
5.2.3. Artırılmış modal analiz sonuçları	67
5.2.4. Göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkilerinin kontrolü	67
6. KİRİŞSİZ RADYE PLAK TEMEL HESABI	74
6.1. Zemin gerilmesi kontrolü	74
6.2. Kirişsiz radye temelin statik ve betonarme hesabı	74
6.2.1. Analiz sonrası zemin emniyet gerilmesi kontrolü	75
6.2.2. Radye temel betonarme hesabı	75
6.2.3. Ek donatı hesabı	76
7. YÜKSEK YAPILARDA SÜNME ETKİLERİ	88
7.1. Sünme	89
7.1.1. Kolonlarda sünmenin neden olduğu sorunlar	90
7.1.2. Sünmeyi etkileyen faktörler	93
7.1.2.1 Uygulanan gerilme	93
7.1.2.2 Yükleme yaşı	94
7.1.2.3 Yapı elemanının boyutu	94
7.1.2.4 Ortamın bağıl nemi	94
7.1.2.5 Sıcaklık	95
7.1.2.6 Su-Çimento oranı	95
7.1.2.7 İnce agrega (kum) yüzdesi	95
7.1.2.8 Betondaki boşluk oranı	96
7.1.2.9 Katkı maddeleri	96
7.1.3. Farklı yönetmelikler kullanılarak sünme katsayısının hesaplanması	97

7.1.3.1 TS 500'e göre sünme katsayısının belirlenmesi	97
7.1.3.2 BS 8110'a göre sünme katsayısının belirlenmesi	98
7.1.3.3 ACI Comitte 209'a göre sünme katsayısının belirlenmesi	99
7.2. Tasarımı yapılan yapıda sünme deformasyonunun hesaplanması	100
7.3. Alt katlarda yüksek dayanımlı beton kullanılmasının tasarıma ve sünmeye etkisi	123
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	136
8.1. Yapıda kullanılacak olan farklı beton sınıflarının etkileri	136
8.1.1. Binada sadece BS 40 beton sınıfı kullanılması	136
8.1.2. Alt katlarda BS 60 üst katlarda BS 40 beton sınıfı kullanılması	137
8.1.3. Alt katlarda BS 80 üst katlarda BS 60 beton sınıfı kullanılması	137
8.2. Tüp sistemlerin karakteristik özelliklerinden olan çevre giriş boyutlarının yapı davranışına etkileri	138
8.3. Yapının yapılacağı yerin zemin durumunun üst yapıya etkileri	139
8.4. Yapı-temel etkileşimli çözümün yapı üzerindeki etkileri	139
8.5. Sünme etkilerinin yapı üzerindeki etkileri	139
KAYNAKLAR	141
EKLER	142
ÖZGEÇMİŞ	182

KISALTMALAR

ABYYHY-98	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü
TS 498	: Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü
BS 8110	: Structural Use of Concrete, British Standards
ACI 209	: Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures, American Concrete Institute

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 :Betonarme Binalar İçin Taşıyıcı Sistemler.....	18
Tablo 4.1 :Birim Ağırlıklar.....	36
Tablo 4.2 :Döşeme İçin Alınan Hareketli Yük Değerleri.....	37
Tablo 4.3 :Kiriş Yük Analizi	39
Tablo 4.4 :Döşemelerin Toplam Yükleri (Normal Döşemeler).....	40
Tablo 4.5 :Döşemelerin Toplam Yükleri (Çatı Katı).....	40
Tablo 4.6 :Düşey Yük Analizi İçin Döşemeden Kirişlere Gelen Yayılı Yük Değerleri (Normal Katlar).....	40
Tablo 4.7 :Düşey Yük Analizi İçin Döşemeden Kirişlere Gelen Yayılı Yük Değerleri (Çatı Katı).....	40
Tablo 4.8 :Kirişlere Gelen Toplam Yayılı Yük Değerleri (Kendi Ağırlık Hariç).....	42
Tablo 4.9 :Beton Sınıfı BS 40 Olan Yapının Kolon Boyutları.....	45
Tablo 4.10 :1-12. Katları Arası Beton Sınıfı BS 60, Üst katlarda BS 40 Olan Yapının Kolon Boyutları.....	46
Tablo 4.11 :1-12. Katları Arası Beton Sınıfı BS 80, Üst katlarda BS 60 Olan Yapının Kolon Boyutları.....	47
Tablo 5.1 :Eşdeğer Deprem Yükünün Uygulanabileceği Yapılar.....	48
Tablo 5.2 :Yapı Ağırlığı ve Kat Kütleleri.....	51
Tablo 5.3 :I. Derece Deprem Bölgesi ve Z4 Zemin Sınıfı İçin Spektrum Değerleri	52
Tablo 5.4 :I. Derece Deprem Bölgesi ve Z3 Zemin Sınıfı İçin Spektrum değerleri.....	53
Tablo 5.5 :X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Tesirleri	57
Tablo 5.6 :Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Tesirleri	59
Tablo 5.7 :Modlara Ait Kütle Katılım Oranları	63
Tablo 5.8 :X Doğrultusunda Artırılmış Tepki Spektrumu Taban Tesirleri ..	68
Tablo 5.9 :Y Doğrultusunda Artırılmış Tepki Spektrumu Taban Tesirleri...	70
Tablo 5.10 :X Yönü Yer Değiştirme ve Kat Ötelemeleri	72
Tablo 5.11 :Y Yönü Yer Değiştirme ve Kat Ötelemeleri	73
Tablo 6.1 :Yapı Elemanlarına Gelen Normal Kuvvet Değerleri.....	77
Tablo 7.1 :Sünme Katsayısı Φ_{ce} (Uzun Süre Sonunda).....	98
Tablo 7.2 :S1 Kolonuna Yük Uygulandığında Oluşan Gerilme, Birim Şekil Değiştirme ve Çökme Değerleri.....	102
Tablo 7.3 :S5 Kolonuna Yük Uygulandığında Oluşan Gerilme, Birim Şekil Değiştirme ve Çökme Değerleri.....	104

Tablo 7.4	:S12 Kolonuna Yük Uygulandığında Oluşan Gerilme, Birim Şekil Değişirme ve Çökme Değerleri.....	106
Tablo 7.5	:S1 Kolonunda Azaltılmış Elastite Modülü ile Hesaplanan Birim Şekil Değişirme ve Çökme Değerleri (Ani Yükleme+Sünme).....	113
Tablo 7.6	:S5 Kolonunda Azaltılmış Elastite Modülü ile Hesaplanan Birim Şekil Değişirme ve Çökme Değerleri (Ani Yükleme+Sünme).....	115
Tablo 7.7	:S12 Kolonunda Azaltılmış Elastite Modülü ile Hesaplanan Birim Şekil Değişirme ve Çökme Değerleri (Ani Yükleme+Sünme).....	117
Tablo 7.8	:S12 Kolonuna Yük Uygulandığı Anda Oluşan Gerilme, Birim Şekil Değişirme ve Çökme Değerleri (Alt katlar C60, Üst Katlar C40).....	125
Tablo 7.9	:S12 Kolonunda Azaltılmış Elastite Modülü ile Hesaplanan Birim Şekil Değişirme ve Çökme Değerleri (Ani Yükleme+Sünme) (Alt Katlar C60, Üst Katlar C40)	130
Tablo A.1	:K1 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	140
Tablo A.2	:K2 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	141
Tablo A.3	:K3 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	142
Tablo A.4	:K4 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	143
Tablo A.5	:K5 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	144
Tablo A.6	:K6 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	145
Tablo A.7	:K7 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	146
Tablo A.8	:K8 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	147
Tablo A.9	:K9 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	148
Tablo A.10	:K10 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	149
Tablo A.11	:K11 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	150
Tablo A.12	:K12 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	151
Tablo A.13	:K13 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	152
Tablo A.14	:K14 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	153
Tablo A.15	:K15 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	154
Tablo A.16	:K16 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	155
Tablo A.17	:K17 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	156
Tablo A.18	:K18 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	157
Tablo A.19	:K19 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	158
Tablo A.20	:K20 Kirişi Betonarme Hesap Sonuçları.....	159
Tablo B.1	:S1 Kolonu Tasarımı.....	161
Tablo B.2	:S2 Kolonu Tasarımı.....	162
Tablo B.3	:S3 Kolonu Tasarımı.....	163
Tablo B.4	:S4 Kolonu Tasarımı.....	164
Tablo B.5	:S5 Kolonu Tasarımı.....	165
Tablo B.6	:S6 Kolonu Tasarımı.....	166
Tablo B.7	:S7 Kolonu Tasarımı.....	167
Tablo B.8	:S8 Kolonu Tasarımı.....	168
Tablo B.9	:S9 Kolonu Tasarımı.....	169
Tablo B.10	:S10 Kolonu Tasarımı.....	170

Tablo B.11	:S11 Kolonu Tasarımı.....	171
Tablo B.12	:S12 Kolonu Tasarımı.....	172
Tablo B.13	:S13 Kolonu Tasarımı.....	173
Tablo B.14	:S14 Kolonu Tasarımı.....	174
Tablo B.15	:S15 Kolonu Tasarımı.....	175
Tablo B.16	:S16 Kolonu Tasarımı.....	176
Tablo B.17	:S17 Kolonu Tasarımı.....	177

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 :Yüksek bir binanın yapısal kavramı	4
Şekil 2.2 :Binanın kesmeye karşı dayanımı	4
Şekil 2.3 :Binanın eğilme dayanımı	5
Şekil 2.4 :Bina plan şekli (a) üniform olarak düzenlenmiş kolonlar (b) kenarlara toplanmış kolonlar	7
Şekil 2.5 :Kolon düzenine bağlı farklı uygulamalar	7
Şekil 2.6 :Yüksek binalarda kayma dayanımı yüksek olan sistemler. (a) perde duvar, (b) diyagonal çerçeve sistemleri, (c) yatay ve diyagonal çerçeve sistemler	8
Şekil 2.7 :Citicorp Tower Binası	9
Şekil 2.8 :Tüp Sistem Yapı	14
Şekil 2.9 :First International Plaza	16
Şekil 2.10 :Sears Tower	17
Şekil 2.11 :Four Allen Center binasının planı	17
Şekil 2.12 :Geniş açıklıklı çerçeve tüp sistem planı	19
Şekil 2.13 :Modüler tüp sistem bir yapının görünüşü	23
Şekil 2.14 :İç içe Tüp Sistem (Çekirdek)	23
Şekil 4.1 :Planda dişli döşeme düzenlemesi	38
Şekil 4.2 :Planda giriş ve kolon numaraları	38
Şekil 4.3 :Kolon ve giriş yerleşim planı	44
Şekil 5.1 :Z4 Zemin sınıfına Ait Spektrum Eğrisi	55
Şekil 5.2 :Z3 Zemin sınıfına Ait Spektrum Eğrisi	56
Şekil 5.3 :Yapı Birinci Mod Şekli	61
Şekil 5.4 :Yapı İkinci Mod Şekli	62
Şekil 6.1 :Zımbalama Bölgesi Özellikleri ve Tasarım Zımbalama Kuvveti	76
Şekil 6.2 :Radye Temel Plağı M_{11} Moment Dağılımı	80
Şekil 6.3 :Radye Temel Plağı M_{22} Moment Dağılımı	81
Şekil 6.4 : M_{11} Momenti İçin 2172kNm'yi Aşan Bölgeler (Altta Çekme)	83
Şekil 6.5 : M_{11} Momenti İçin -2172kNm'yi Aşan Bölgeler (Üstte Çekme)	84
Şekil 6.6 : M_{22} Momenti İçin 2172kNm'yi Aşan Bölgeler (Altta Çekme)	85
Şekil 6.7 : M_{22} Momenti İçin -2172kNm'yi Aşan Bölgeler (Üstte Çekme)	86
Şekil 7.1 :Yük Boşaltıldığında Oluşan Tipik Sünme Eğrisi	89

Şekil 7.2	:Eş Zamanlı Yükleme ve Kuruma Halinde Sünme	90
Şekil 7.3	:Yük Uygulandığı Anda Yapı Elemanlarında Oluşan Her Kattaki Birim Boydaki Şekil Değişiklikler	108
Şekil 7.4	:Yük Uygulandığı Anda Yapı Elemanlarında Oluşan Her Kattaki Çökme Değerleri	109
Şekil 7.5	:Yük Uygulandığı Anda Yapı Elemanlarında Oluşan Her Kattaki Toplam Çökme Değerleri	110
Şekil 7.6	:Yapı Elemanlarında Azaltılmış Elastite Modülü ile Hesaplanan Birim Şekil Değişiklik Değerleri (Ani Yükleme+Sünme)	119
Şekil 7.7	:Yapı Elemanlarında Azaltılmış Elastite Modülü ile Hesaplanan Çökme Değerleri (Ani Yükleme+Sünme)	120
Şekil 7.8	:Yapı Elemanlarında Azaltılmış Elastite Modülü ile Hesaplanan Toplam Çökme Değerleri (Ani Yükleme+Sünme)	121
Şekil 7.9	:S12 Kolonunda Farklı Beton Sınıfları ve Kesit Boyutları İçin (İlk 12 Kat) Yük Uygulandığı Anda Oluşan Gerilmelerin Karşılaştırılması	127
Şekil 7.10	:S12 Kolonunda Farklı Beton Sınıfları ve Kesit Boyutları İçin (İlk 12 Kat) Yük Uygulandığı Anda Oluşan Birim Şekil Değişiklikler	128
Şekil 7.11	:S12 Kolonunda Farklı Beton Sınıfları ve Kesit Boyutları İçin (İlk 12 Kat) Yük Uygulandığı Anda Oluşan Toplam Çökme Değerleri	129
Şekil 7.12	: S1 Kolonu Başlangıç Gerilme Değerleri ile Sünme Sonrası Oluşan Kalıcı Gerilme Kıyaslaması	133
Şekil 7.13	: S5 Kolonu Başlangıç Gerilme Değerleri ile Sünme Sonrası Oluşan Kalıcı Gerilme Kıyaslaması	134
Şekil 7.14	: S5 Kolonu Başlangıç Gerilme Değerleri ile Sünme Sonrası Oluşan Kalıcı Gerilme Kıyaslaması	135

BETONARME TÜP SİSTEM YAPI TASARIMI VE SÜNME ETKİLERİ

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, 35 katlı betonarme tüp sistem bir yapının yatay ve düşey yükler altında çözümlemesi yapılarak taşıyıcı sistem elemanları boyutlandırılmıştır. Çok katlı binalarda yapı ağırlığından dolayı özellikle alt katlardaki düşey taşıyıcı elemanlarda ani şekil değiştirmelerin yanında zamana bağlı önemli şekil değiştirmeler (sünme ve büzülme şekil değiştirmeleri gibi) meydana gelmektedir. Bunlar tamamen geriye dönmeyen, kalıcı şekil değiştirmeler olup tasarım aşamasında göz önüne alınması gerekmektedir.

Bu çalışma dahilinde incelenen yapı, 1. derece deprem bölgesinde bulunan 3 bodrum kat, 1 zemin kat ve 31 normal kattan oluşan 35 katlı bir iş merkezi binasıdır. Planda kare şeklinde bir alana oturan yapının her iki yöndeki açıklığı 31.6 m'dir. Kat yükseklikleri tüm katlarda aynı olup, kat başına 3.5 m olarak alınmıştır. Farklı beton sınıfları kullanılması yoluyla malzeme kalitesinin yapı davranışına etkileri incelenmiştir. Beton sınıfı için BS 40, BS 60 ve BS 80 malzemelerinin kullanılması, donatı için ise S420 malzemesinin kullanılması öngörülmüştür.

Taşıyıcı sistem elemanlarının ön boyutlandırılmasında yürürlükte olan TS 498 ve TS 500 standartları ile yürürlükteki ABYYHY-98 deprem yönetmeliği kullanılmıştır. Yapının yatay ve düşey yükler altında çözümünde, taşıyıcı sistem 3 boyutlu olarak modellenmiş ve SAP 2000 yapı analiz programı kullanılmıştır. Yatay yük hesapları elastik tasarım ivme spektrumu (spektral analiz) kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan düşey yük ve yatay yük hesapları neticesinde, incelenen yapının düşey taşıyıcı elemanlarından oluşan iç kuvvetlerin belirlenmesi sonrasında, betonda zamana bağlı şekil değiştirmelerden sünme etkisi göz önüne alınmıştır.

REINFORCE CONCRETE TUBE SYSTEM DESIGN AND CREEP EFFECTS

SUMMARY

In this study, the elements of structural system of 35-storey reinforced concrete tube structure is designed and analysed under lateral and vertical loads. In the multi-storey reinforced structures since the axial load level of the bottom columns of the structure is high so there exists essential time dependent deformations like creep and shrinkage together with instantaneous deformations in the vertical structural elements of bottom storeys. These are usually residual deformations and must be considered in design.

In this study, the building under consideration is located first degree seismic zone which consists of 3 basement storeys, ground floor and 31 office storeys. It is designed as a business centre and office building. The structure has a square plan and the dimension of this square is 31.6 m in both directions. The structural system consists of the tube system and formed by columns, beams, and slabs for lateral and vertical loads. Three different concrete classes were used of the all elements. These classes are C 40, C60 and C80 and for the reinforcement S420 was used.

Under the effects of self weight and live loads given in TS (Turkish Standards) 498, preliminary dimensions are designed to the structural elements according to the criteria mentioned in TS 500 and Turkish Earthquake Resistant Code 1998. While the structure is analysed for the lateral and vertical loads, the structural system is modelled as three dimensional model by using SAP 2000 structural analysis program package. The system under the lateral load is analysed by using Spectral Analysis Method.

After the usual design procedure of the structural system, the creep effect of the columns studied is observed as a time dependent deformation of the concrete.

1.GİRİŞ

Eski Çağlardan beri insanoğlu yüksek binalar yapma konusunda büyük bir arzu içindedir. Tarihte yer alan medeniyetler tarafından yapılan Mısır da bulunan Giza piramidi, Meksika da Maya tapınakları, Hindistan'daki Kutap Minar günümüze kadar gelen yüksek binalara örnek verilebilir.

Eski çağlarda yapılan bu yapılar yığma olarak yapılmış ve kullanım alanlarına ihtiyaç olmaktan çok anıt özelliğindeki yapılardır. Bununla beraber günümüzde yapılan yüksek binalar, hızlı bir şekilde gelişen şehirleşmeye ve nüfus artışına cevap verecek şekilde gelişse de anıt özelliklerini taşıması arzulanarak tasarlanmaktadır. Bu duruma örnek olarak en yüksek bina olma yarışında Petronas ikiz kulelerinin en yüksek bina olma özelliğini kazanmak için bina çatısının buna göre tasarlanmasıdır. Böylece dünyanın en yüksek binası olma özelliğini kazanmıştır.

Tarihte yapılan binalarla çağdaş binalar arasındaki kullanım şeklinin farklı olmasına rağmen yine dayanım ve stabilite aynı sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyada yüksek binaların gelişimi 19. yüzyılın sonlarında çeliğin kullanılmasındaki yaygınlığın artması ile hız kazanmıştır. Sanayi devriminin etkisiyle şehir nüfusları hızla artmıştır. Konut ve işyeri gereksinimleri, yer darlığı arsa fiyatlarının artması gibi sebeplerden dolayı binaların çok katlı yapma ihtiyacı doğmuştur. Böylece kullanım ihtiyaçlarından dolayı yüksek binaların gereksinim olduğu döneme girilmiştir.

20. yüzyılın ilk yarısında ofis binaları olarak göze çarpan yüksek binalar, özellikle 2. Dünya Savaşından sonra 20. yüzyılın ikinci yarısında konut gereksinimlerini de karşılayan yüksek binalar yapılmaya başlamıştır. Son yıllarda yapılan yüksek binaların genel özelliklerinden biri de, hem ofis hem de konut ihtiyaçlarını karşılayan kullanım açısından karma yapılar olmasıdır.

Yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerindeki gelişmeler sadece çeliğin gelişimi ile sınırlı kalmamıştır. İlk başlarda yüksek binalar için alternatifi olmayan çelik yapılara son yıllardaki beton basınç dayanımlarındaki büyük gelişmelerden sonra betonarme ve kompozit yapılar alternatif olmaktadır. İkinci dünya savaşından sonra karakteristik basınç dayanımları 15 MPa - 20 MPa olan beton yaygın olarak kullanılmaktaydı. Son yıllarda karakteristik basınç dayanımı 75 Mpa – 80 MPa Dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Özel katkılarla hazırlanan numunelerin beton basınç dayanımları 200 MPa ve üzerine çıkmaktadır.

Yapısal hafif betonun kullanılması ve geliştirilmesi betonarme binalardaki bazı olumsuzlukları gidermekte, tasarım zorluklarını ortadan kaldırmaktadır. Bu da betonarme yüksek binaların gelişimine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, 35 katlı betonarme tüp sistem bir yapının yatay ve düşey yükler altında çözümlemesi yapılmış ve taşıyıcı sistem elemanları ABYYHY-98 [11] ve TS-500'de [12] öngörülen kurallar çerçevesinde boyutlandırılmıştır. Çok katlı betonarme binalarda yapı ağırlığının fazla olması nedeniyle, özellikle alt katlardaki düşey taşıyıcı elemanlarda ani şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Bunlar genellikle geriye dönmeyen, kalıcı şekil değiştirmelerdir. İncelenen yapının taşıyıcı sisteminin çözümlenmesi ve boyutlandırılması yapıldıktan sonra, yapının düşey taşıyıcı elemanlarında sünme etkisiyle meydana gelen kısalmalara etki eden faktörler ve bu kısalmaların yapı tasarımına etkileri irdelenmiştir [1-7, 9, 11-15].

2. YÜKSEK BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEMLER

Genel olarak, yapı taşıyıcı sistemi seçilirken ve bu taşıyıcı sistem boyutlandırılırken yapı mühendisinin öncelikle düşündüğü, düşey yükler için yeterli güvenliğin sağlanmasıdır. Çünkü, yapı ömrü boyunca daima düşey yükler etkisinde kalacak zaman zaman da yatay yükleri taşıyacaktır.

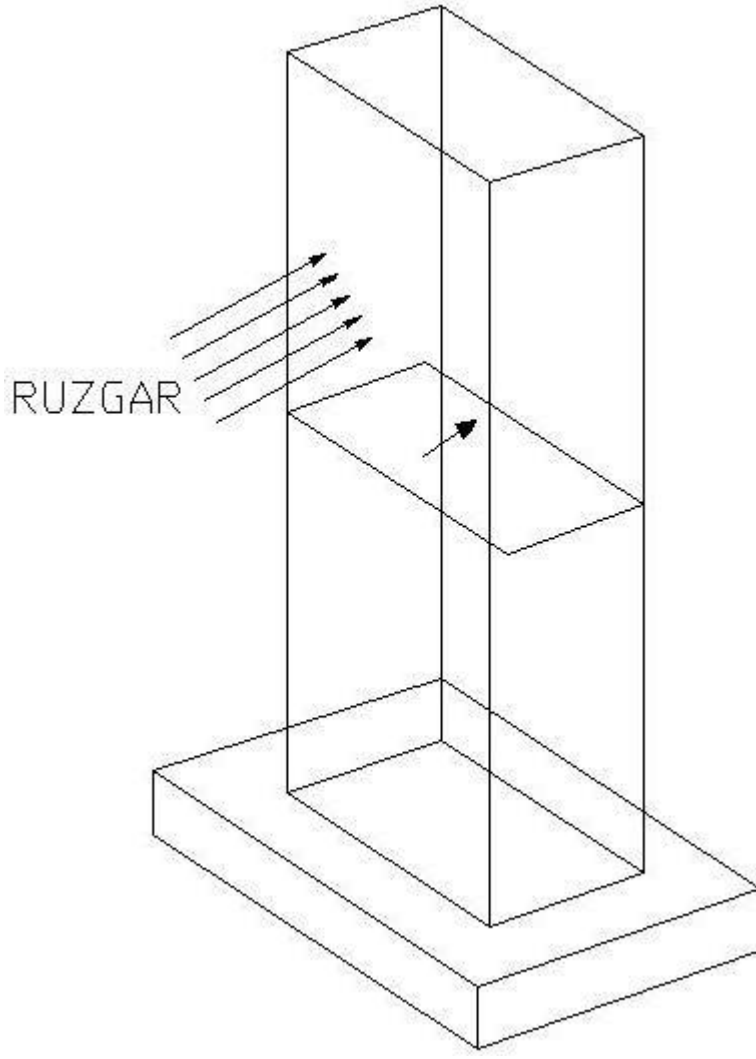
Yüksek binaların tasarımının başarılı olması için dışarıdan ve içeriden gelen etkilere karşı dayanımının yeterli olması yanında ekonomik olması da gerekmektedir. Tasarım yapılırken aynı zaman da mekanik, sıhhi tesisat, elektrik, havalandırma ve aydınlatma gibi tamamlayıcı sistemlerinde düşünülmesi gerekmektedir.

2.1 Taşıyıcı Sistem Tasarımında Yapı Formları

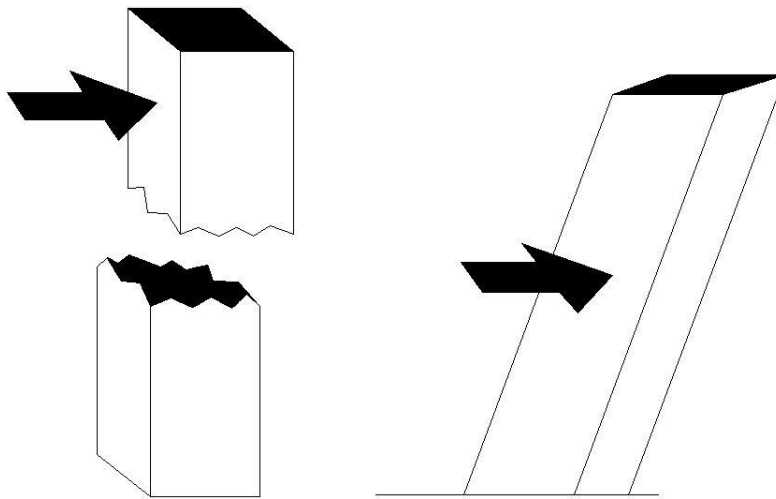
Yüksek binalarda taşıyıcı sistem tasarımındaki ana fikir, zemine konsol bağlanmış yüksek dar yapı olarak düşünülmesi uygun görülür (Şekil 2.1). Rüzgar ve deprem etkisinden kaynaklanan yatay yüklerin oluşturduğu kuvvetler yapıyı eğilmeye ve kesmeye zorlar. Bundan dolayı yapının kesmeye ve eğilmeye karşı yeterli seviyede mukavemet göstermesi gerekir. Yapının kesmeye karşı dayanımı, binanın kırılmasına ya da arzu edilenden çok deformasyonuna izin vermeyecek şekilde tasarımı olabilir. (Şekil 2.2).

Yapının eğilmeye karşı dayanımı ise, binanın devrilmesine, kolonların basınçtan veya gerilmeden meydana gelen hasarlara ve arzu edilenden çok deformasyona izin vermeyecek şekilde olmalıdır (Şekil 2.3).

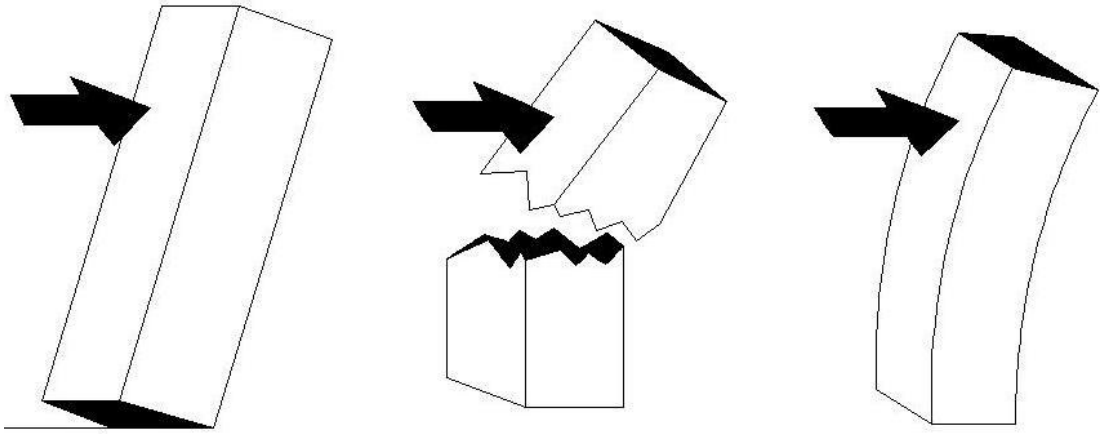
Yapının eğilmeye ve kesmeye karşı dayanımı yeterli olsa bile yüksek binalarda meydana gelen titreşimler insanlarda deniz tutması etkisi yapar. Ayrıca, binanın fazla sallanması taşıyıcı olmayan elemanlarda hasara sebep olabilir. Bu da ciddi yaralanmalarla sonuçlanan kazaları beraberinde getirir. Binadaki insanların ve yayaların konforunu bozan bir sebep olarak bunun da çözülmesi gerekir. Bu da mühendislik açısından üçüncü sorun olarak ortaya çıkar.



Şekil 2.1 Yüksek bir binanın yapısal kavramı



Şekil 2.2 Binanın kesmeye karşı dayanımı



Şekil 2.3 Binanın eğilme dayanımı

Eğilme etkisine, kayma etkisine ve aşırı titreşimlere karşı en ideal sistem düşey yönde sürekliliğe sahip, özellikle geometrik merkezden mümkün olduğunca uzağa yerleşmiş elemanlardan oluşan sistemdir.

Zeminden konsol çıkan bina şartlarına göre tasarlanan yapılarda kolonların planda dışa yerleştirilmesi gerekir (Şekil 2.4). Bununla beraber bu kolon düzenlenmesinin uygulanabilmesi genellikle mümkün değildir. Burada dikkat çekilmek istenen husus nasıl bir düzenleme yapılırsa eğilmeye karşı en iyi dayanım elde edileceğini göstermektedir. Yapı sistemlerinin yanal kuvvetlere karşı etkilenmesinde iki parametre kullanılır. Birincisi, ‘Eğilme Rijitlik İndeksi’ BRI (Bending Rigidity Index), ikincisi ‘Kesme Rijitlik İndeksi’ SRI (Shear Rigidity Index).

Eğilmeye karşı en etkili sistem kolonların plan üzerinde dört köşede toplanmasıyla elde edilir (Şekil 2.5a). Bu şekilde düzenlenen kolonların eğilmeye karşı maksimum etkisi $BRI=100$ olarak tayin edilir. BRI merkezden geçen eksene göre kolonların atalet momentlerinin toplamının tüm sistemin atalet momenti olarak belirlenmesidir.

Geçmişteki geleneksel yüksek binalarda kolonların her biri yatay kuvvete göre bir bütünlük sağlamadan yük taşıyacak şekilde tasarlandı, New York’taki Empire State Binasında olduğu gibi. Bu binanın BRI si 33’tür (Şekil 2.5b).

1980 ve 1990’ların binaları sık yerleştirilmiş dış kolonlar ve bina içinde büyük iç açıklıkları olan binalar olarak tasarlanmaktadır. Bu sisteme ‘Tüp Sistem’ denmektedir. Tüp sistemlerde yatay yükler yalnızca dış kolonlar tarafından taşıyacak şekilde tasarlanmaktadır. İç kolonların yanal yükleri taşımasındaki etkileri önemsenmektedir. Yatay yükleri sadece dış kolonların taşıdığı düşünülen sistemlerin

BRI si 33 tür. Buna örnek olarak 11 eylül 2001 tarihinde yıkılan Dünya Ticaret Merkezi gösterilebilir (Şekil 2.5c).

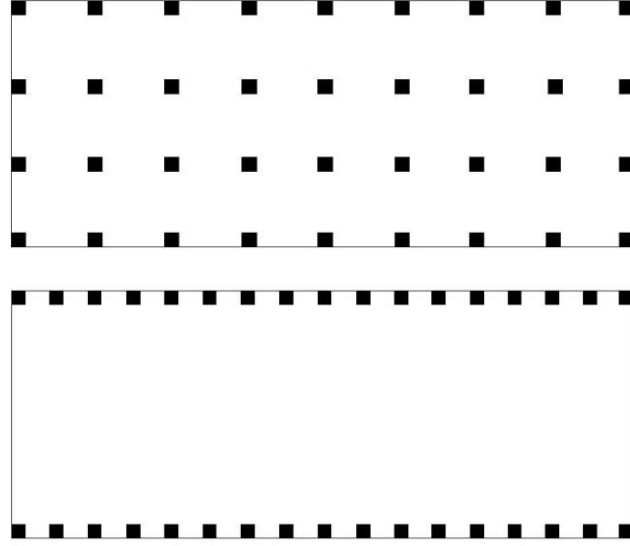
Chicago’da bulunan demet tüp sistemi olarak tasarlanan Sears Tower da kolonlar demet tüp sistem olarak dağılmıştır. Bu binanın da BRI si 33 tür (Şekil 2.5d).

Citicorp Tower (Şekil 2.5e) günümüzün modern binalarındandır. Ancak kolonlar köşelerde olmadığı için BRI si ancak 31 olmuştur. Eğer kolonlar köşelere yerleştirilseydi BRI si 56 ya kadar çıkacaktı (Şekil 2.5f). Bu bina son zamanlarda yapılan modern binalardan biridir. Geleneksel binalara göre iki kat daha hafif malzemeden yapılmıştır. Kolonların bu şekilde BRI si düşük olması binanın yapılacağı yerde köşe kolonlarının altında tarihi bir kilise bulunmasından dolayı bu kolonlar temele kadar ulaşamamaktadır.

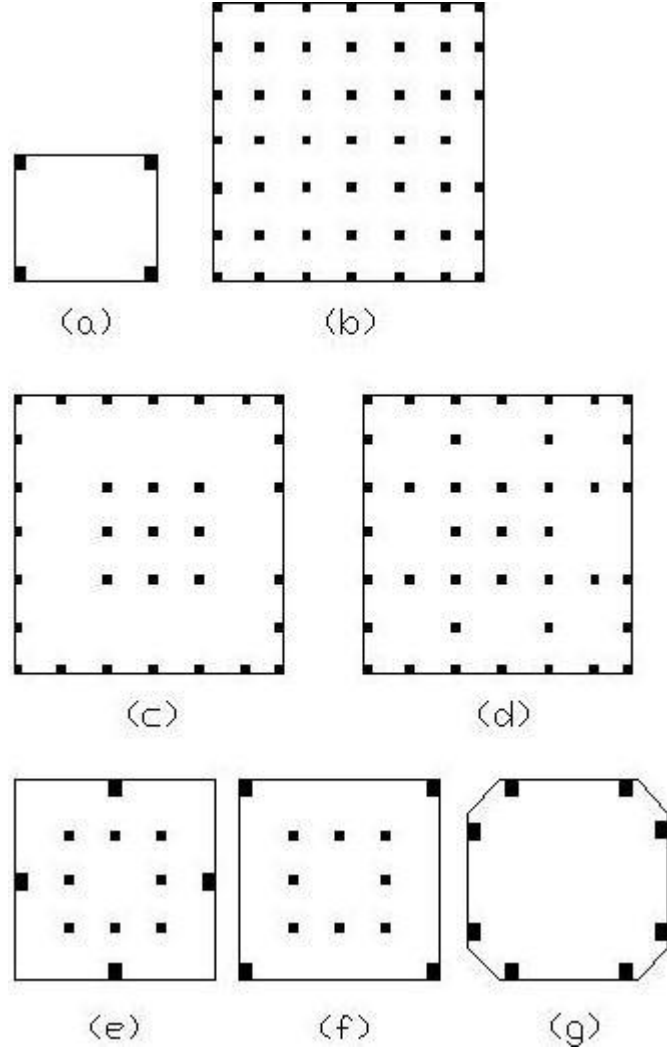
Mühendislik olarak başka bir çözüm bulunmuş, planda dış kolonlar, kenarların orta noktalarına gelecek şekilde dört tane süper kolon kullanılmıştır. Yatay yük analizinde binanın her iki cephesinden gelecek yatay yüklere (rüzgar yüklerine) göre hesaplanmış ve bina inşaatı tamamlanmıştır. Fakat bina tamamlandıktan sonra proje müdürüne bir öğrencinin köşelerden gelen rüzgar yüklerine göre de hesap yapıp yapılmadığı sorusu üzerine binanın köşelerinden gelecek rüzgar yüklerine göre hesaplama yapılmıştır. Binanın diyagonal kirişlerinin güvenlik sınır değerlerini karşılamadığı görülmüştür. Bina tadilata alınmış ve diyagonal kirişler güçlendirilmiş ve olası bir felaketin önüne geçilmiştir.

Yeni yapı şekilleri uygulanırken tasarım sırasında yapının her yönü ile incelenmesi gerekir. Bazı önemsiz gibi görünen ayrıntılar veya geleneksel binalardan farklı olmaları bu yeni yapı sistemlerinde dikkat edilecek hususlardır. Bunun başka bir örneği de, tüp sistemlerin yatay yük analizlerinde, sistemin iki boyutlu çerçeve olarak çözülmesinde ki yanlışlıklar olarak verilebilir. Tüp sistemlerin yatay yük analizlerinde üç boyutlu olarak çözülmeleri gereklidir.

Houston Teksas ta bulunan Southwest Bank Tower eğilmeye karşı ideal bir tasarımı vardır. BRI si 63’tür (Şekil 2.5g). Kolonlar süper kolon olarak tasarlanmıştır. Bu da tüp sistemlerde görülen sık kolonların yerini alan başka bir uygulamadır. Kolonların bu şekilde yerleştirilmesi iç alanda geniş kullanım açıklıkları meydana getirmiştir.

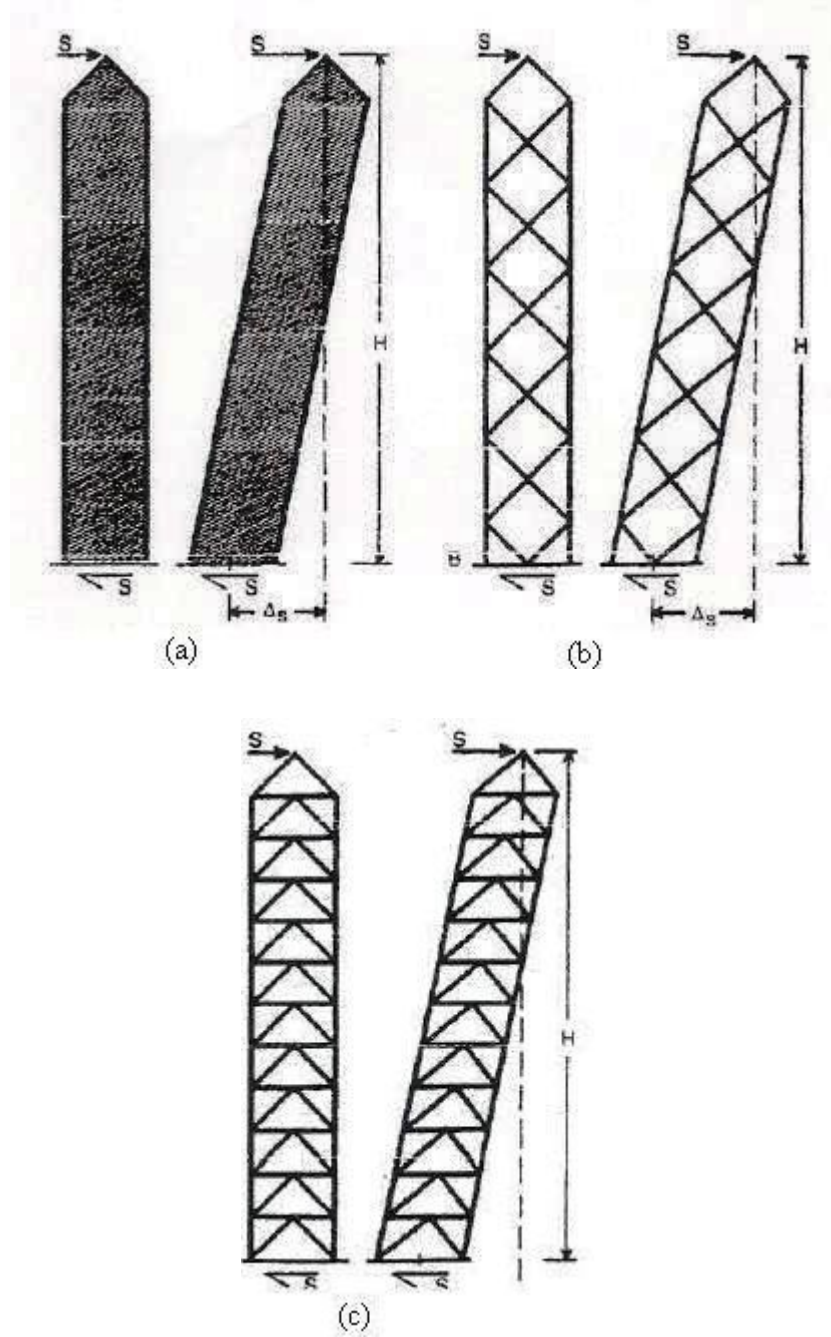


Şekil 2.4 Bina plan şekli. Üniorm olarak düzenlenmiş kolonlar ile kenarlara toplanmış kolonlar.



Şekil 2.5 Kolon düzenine bağlı farklı uygulamalar

Yapılarda kesme rijitlik endeksi yapının yatay kuvvetler altındaki rijitliği ile doğru orantılıdır. Yapı ne kadar rijit olursa kesme etkilerine dayanımı o kadar fazla etkili olmaktadır. Bu sistemler de perde duvarlar ve diyagonallerden oluşmuş kafes sistemleridir (Şekil 2.6).

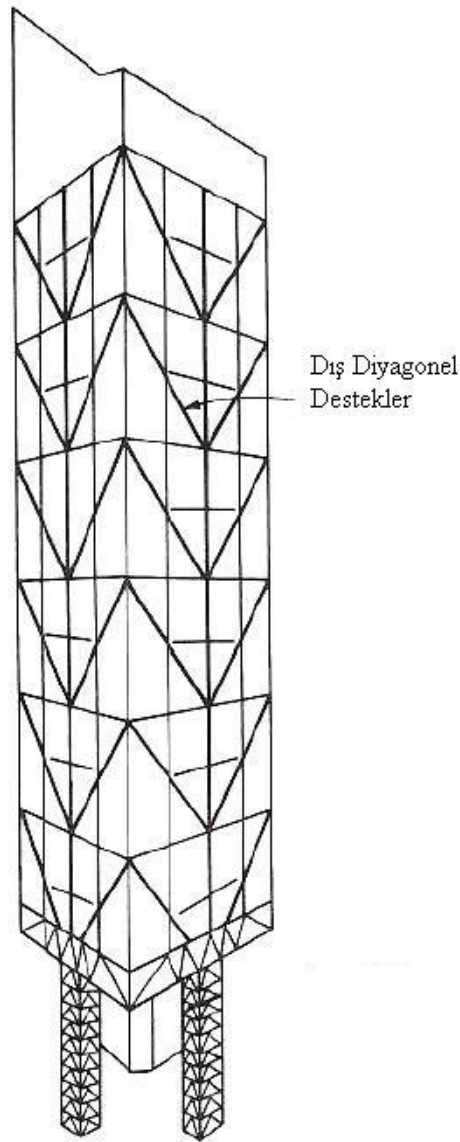


Şekil 2.6 Yüksek binalarda kayma dayanımı yüksek olan sistemler (a) perde duvar, (b) diyagonal çerçeve sistemleri, (c) yatay ve diyagonal çerçeve sistemler.

2.2 Taşıyıcı Sistem Tasarımına Etki Eden Parametreler

Taşıyıcı sistemin seçilmesinde bir çok etken vardır. Bu etkenler incelenerek yapının istenilen şartları sağlayan en uygun sistem seçilir. Taşıyıcı sistem seçilirken mimari ve mühendislik olarak yapının ihtiyaçlarını karşılaması gerekir. Bunların yanında seçilen taşıyıcı sistemin ekonomik olması da gerekir.

Bazı durumlarda bina sahibinin özel istekleri olabilir ve bunların da karşılanması gerekir. Bina sahibi Petronas kulelerinin dünyanın en yüksek binası olmasını istediği için çatısı bu şekilde tasarlanmış iki kuleyi birbirine bağlayan bir hava geçidi istediği için binalar birbirine tüp geçitle bağlanmışlardır.



Şekil 2.7 Citicorp Tower Binası

Bazı özel durumlar da mümkündür. Citicorp Tower binası yapılacağı yerde tarihi bir kilise bulunmaktaydı. Bu kilisenin yıkılması istenmediğinden dolayı Citicorp Tower binası bu kilise yıkılmadan yapılmıştır (Şekil 2.7). Planda kilise Citicorp Tower binasının düşey ekseninde köşesinden içeri girmekte adeta üst üste yapılmıştır. Bu yüzden binanın köşelerinde temele bağlanan kolonları yoktur. Mühendislik olarak başka bir çözüm bulunup süper kolonlar kullanılarak yapı yapılmıştır. Yeni yapılan her binanın her ne kadar başka binalara benzese de kendine özgü sorunları ve bunun çözümü için başkalarına benzemeyen çözüm yolları olabilmekte, farklı sistemlerde yapılar meydana gelmektedir. Bununla beraber yapı sistemi seçiminde bazı ana kriterler de belirleyici rol oynamaktadır bunların bazılarını şöyle sıralayabiliriz;

- Yapının kullanım amacı
- Yapının yüksekliği
- Yapı narinliği (narinlik oranı; yapı yüksekliği / yapı kısa kenar uzunluğu)
- Yatay yüklerin büyüklüklerinin nitelikleri ve büyüklükleri
- Yatay rijitlik kriterleri
- Zemin durumu
- Yapıda kullanılacak temel yapı malzemelerinin mevcudiyeti ve maliyeti
- Kalifiye işçilik ihtiyacı ve maliyeti
- İnşaat tekniklerindeki gelişmişlik durumu
- Yapım süresi

2.3 Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Yüksek binalarda uygulanan taşıyıcı sistemler, genel olarak yapıda kullanılan malzemelere göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırma;

- Çelik taşıyıcı sistemler
- Betonarme taşıyıcı sistemler
- Kompozit (çelik ve betonarme elemanların birlikte kullanıldığı) taşıyıcı sistemler

Bu sınıflandırmadan sonra her bir sınıflandırma için de yatay yük taşıyıcı elemanlara göre kendi içlerinde sınıflandırılırlar.

Ayrıca Fazlun Khan taşıyıcı sistemlerin yatay yüklere dayanımı açısından etkinlikleri doğrultusunda sınıflandırılabilceğini öne sürmüştür[1]. Buna göre, 20 - 30 kat yüksekliğine kadar etkili olan, çelik yapılarda rijit çerçeveler, betonarme yapılarda perde duvarlar, diğer taraftan da zemine bağlı konsol gibi çalışan tüp sistemler bulunmaktadır. Diğer sınıflandırma da binanın kat adedine, mimarı planlamasına veya kullanma amacına göre yapılabilir.

2.4 Çelik Taşıyıcı Sistemler

Yapı sistemlerinde çeliğin kullanılması her ne kadar 1856'da Bessemer'in çelik yapım sürecini keşfetmesine dayansa da, çelik profillerin yapımı ancak 1885'te mümkün olabilmıştır. Bu profil yapı elemanlarının yapılarda ilk uygulamasına ise 1889'da 300 metre yüksekliğindeki Eiffel Kulesi'nin yapımında rastlanmıştır. 20. yüzyılın başlamasıyla birçok yüksek bina yapılmaya başlamıştır. Bunların bazıları 87 metre yüksekliğindeki 1902 de yapılan Flatiron binası, 319 metre yüksekliğindeki 1929 da yapılan Chrysler binası. Dünyada en yüksek bina rekorunu 1931 yılında kıran 381 metre yüksekliğindeki Ampire State binası, daha sonraları 412 metre yüksekliğindeki 1972 yılında yapılan 11 eylül 2001 yılında terörist saldırılar sonucu yıkılan Dünya Ticaret Merkezi (World Trade Center) ve 1974 yılında yapılan 442 metre yüksekliğindeki Sears Towers çelik yapılarından bazılarıdır.

Yüksek binaların ilk örneklerinde düşey yükleri taşımak üzere tasarlanan çelik elemanlardan oluşan yapılar, daha sonraları rüzgar ve deprem kuvvetlerine karşı basit portal çerçeveler üretilmiştir. Yatay kafes kirişli sistemler, mega çerçeveler, içte süper diyagonal çaprazlı çerçeveler ve benzerlerinin geliştirilmesiyle daha etkin ve yüksek yapılar yapılmaya başlamıştır.

Günümüzde sayılamayacak kadar çok çelik yapı sistemleri kullanılmaktadır. Bununla beraber bu yapı sistemlerini yatay yüklere karşı etkinliklerine göre şu şekilde gruplandırabiliriz.

- Yarı rijit bağlantılı çerçeveler
- Rijit çerçeveler

- Çapraz çerçeveler
- Şaşırtmalı kafes sistemler
- Dış merkezli çaprazlı sistemler
- Büyük ölçekli çaprazlı sistemlerle rijit çerçevelerin beraber kullanıldığı sistemler
- Yatay kafes kirişli ve kuşaklı sistemler
- Çerçeveli tüp sistemler
- Kafesli tüp sistemler
- Demet tüp sistemler

2.4.1 Çerçeveli Tüp Sistemler

Tüp sistem basitçe yatay yüklere karşı yapının tamamının üç boyutlu olarak karşı koyduğu sistem olarak tanımlanabilir. Cephede sık aralıklarla düzenlenmiş kolonlar ve yüksek dış kirişlerle düzenlenmiş yerden konsol çıkan boru şeklinde üç boyutlu olarak projelendirilirler. Yatay yüke karşı düşey bir konsol gibi davranan bu sistem yüksek binalar için oldukça etkili bir sistemdir.

Dünyanın en yüksek beş binasından dördü tüp sistem olarak yapılmıştır. Bunlar Chicago’da bulunan 110 katlı Sears Tower, 100 katlı John Hancock binası, 83 katlı Standard Oil binası ve 11 Eylül saldırılarında yıkılan New York’taki Dünya Ticaret Merkezi. Bu binaların hepsi tüp sistem olarak yapılmıştır.

Tüp sistemlerin ilk uygulaması Dr. Fazlur Khan ve Skidmore, Owings & Meril Mühendislik Mimarlık firması tarafından 43 katlı konut binası olarak Chicago’da yapılmıştır.

Genel olarak çerçeveli tüp sistemler yapının en iyi çözümünü elde edebilmek için çeşitli kolon aralıklarında ve kolon özelliklerinde uygulanmaktadır. Uygulamalarda çerçeveli tüp sistemlerde tüp davranışı 1,5 m den 6 m ye kadar değişen kolon aralıklarında ve 0,60 cm ile 1,5 m yüksekliğine kadar değişen çevre kiriş yüksekliklerinde elde edilebilmektedir.

Tüp sistemler betonarme yapı sistemi, yapısal çelik kullanarak veya bu iki yapı elamanı beraber kompozit olarak kullanılarak yapılmaktadır.

2.4.2 Çerçeveseli Tüp Sistemlerin Yatay Yüklere Karşı Davranış

Yapılan bir araştırmaya göre tüp sistemlerin yatay yüklere karşı davranışını daha iyi anlayabilmek için kare şeklindeki 50 katlı bir tüp sistem yapı ele alınmıştır. Bu binanın dış kolonları sık bir şekilde yerleştirilmiş ve yüksek kirişlerle birbirine bağlanmıştır. Binanın içindeki kolonlar sadece düşey yüklere göre boyutlandırıldığı ve yatay yüklere karşı etkilerinin ihmal edilecek düzeyde olduğu kabul edilir. Kat döşemelerinin yatay yükler etkisi altında rijit diyafram olarak davrandığı kabul edilir. Tüp sistemlerde yatay yükleri sık kolonlardan ve yüksek kirişlerden oluşan sistem karşılar. Kat adedi arttıkça yatay yükler arttığı için, içteki çekirdekten veya iç tüplerden yararlanabilir.

Çevre kirişler, sık kolonlar her kat döşeme hizasında rijit olarak bağlıdır. Böylece binanın yatay yüklerden eğilme etkilerine karşı güçlü bir şekilde karşı koyar.

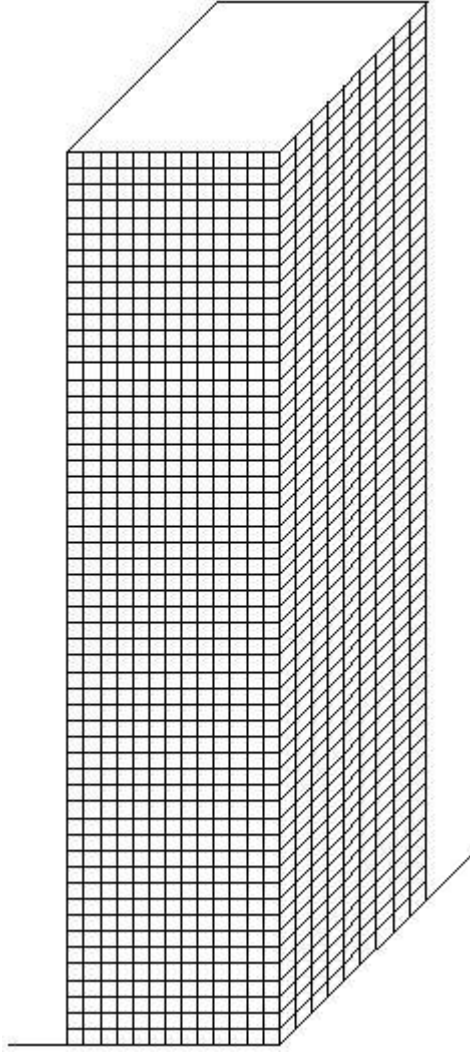
Tüp sistem yapılar yatay yüklere karşı, normal çerçevelerden oluşan sistemlerden farklı bir şekilde karşı koyar. Tüp sistem yapılarda yatay yüklerin meydana getirdiği eğilmeye karşı, yalnız binanın yatay yüke dik yöndeki yüzü doğrultusunda bulunan bütün kolonlar en çok yükü taşıyan kısımlardır. Normal çerçevelerden oluşan sistemlerde ise her bir kolon tek başına rijitliği kadar yük taşır. Tüp sistemlerde yatay yükün taşıma kapasitesi yapanın planda kesit alanının en uç kesimlerinde en fazladır. Bundan dolayı binanın dış yüzündeki kolonlardan oluşan dış tüp bütün yatay yükleri karşılaması için tasarlanır.

Yatay yüklere paralel olan çerçeve, delikli tüpün gövdesi (web), dik yöndeki kolonlardan oluşan çerçevelerde başlıkları (flanges) olarak adlandırılabilir. Düşey yükler kısmen dış tüpler tarafından kısmen de içteki kolonlar ya da çekirdek tarafından karşılanır.

Tüp sistemin yatay yüklerden kaynaklanan eğilmeye karşı zemine bağlanmış bir konsol kiriş gibi davranması beklenir. Bu yüklemde tarafsız eksenin karşılıklı taraflarındaki kolonların bir kısmında basınç bir kısmında çekme meydana gelir.

Buna ilave olarak yatay yüke paralel olan çerçevelerde, normal çerçeveler gibi eğilme kesme gerilmeleri beraber olarak görülür.

Tüp sistem bir yapıya model oluştururken ana fikir, ayrı ayrı parçalardan meydana gelen kolonlar ve kirişler, eşdeğer üç boyutlu boşluksuz perde olarak tasarlanabilir. Tüp sistem bu modelde zemine bağlanmış konsol kiriş gibi davranır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Tüp sistem yapı

2.4.3 Kafesli Tüp Sistemler

Kafesli tüp sistemler, yüksek binalar için klasik çözüm olmuş çerçeveli tüp sistemlerin etkinliklerini arttırmak için uygulanan sistemlerdir. Bu sistemlerde çerçeveli tüp sistemlerde ulaşılan bina yüksekliklerini daha da arttırmakta, kolon açıklıklarının mümkün olduğu kadar büyümesi sağlanmaktadır. Tüp sistemlerin bina yüzlerine diyagonal olarak yerleştirilen çaprazlamalar sayesinde binanın web ve flange denilen her iki yüzlerinde de meydana gelen shear lag etkilerini hemen hemen yok etmektedir (Şekil 2.9).

Çerçeveli tüp sistemlerde yatay yüklerden meydana gelen kayma gerilmeleri yapının yeterince rijit davranmamasından dolayı köşe kolonlarından toplanmakta ve bu yükleri başka yerlere aktaramamaktadır. Yapının bu yatay yüklere karşı maksimum etkili olabilmesi için binanın yüzlerindeki kolonlardan meydana gelen çekme ve

basınç gerilmelerinin üniform olarak yayılmasını sağlamak gerekir. Kafesli tüp sistemler yapıyı daha rijit hale getirerek bu yüklerin daha üniform olarak dağılmalarını sağlar ve kayma gecikmesi etkilerini neredeyse yok eder. Normal çerçeveli tüp sistemlerde 50 - 60 kata kadar bina yüksekliğine ulaşır. Bu durumdan istisna olarak, Dünya Ticaret Merkezindeki gibi sık yerleştirilmiş kolonlar (1.0 m) durumunda bina yüksekliği 109 kata kadar çıkmıştır [1].

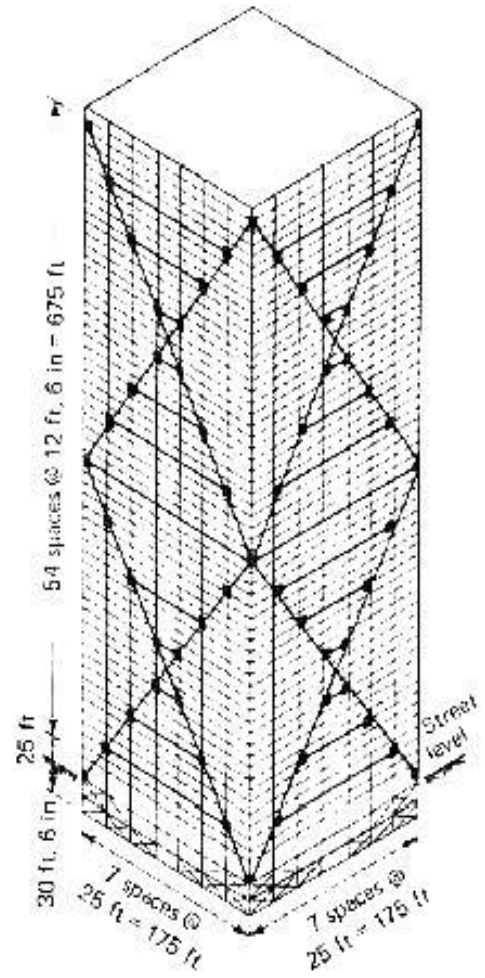
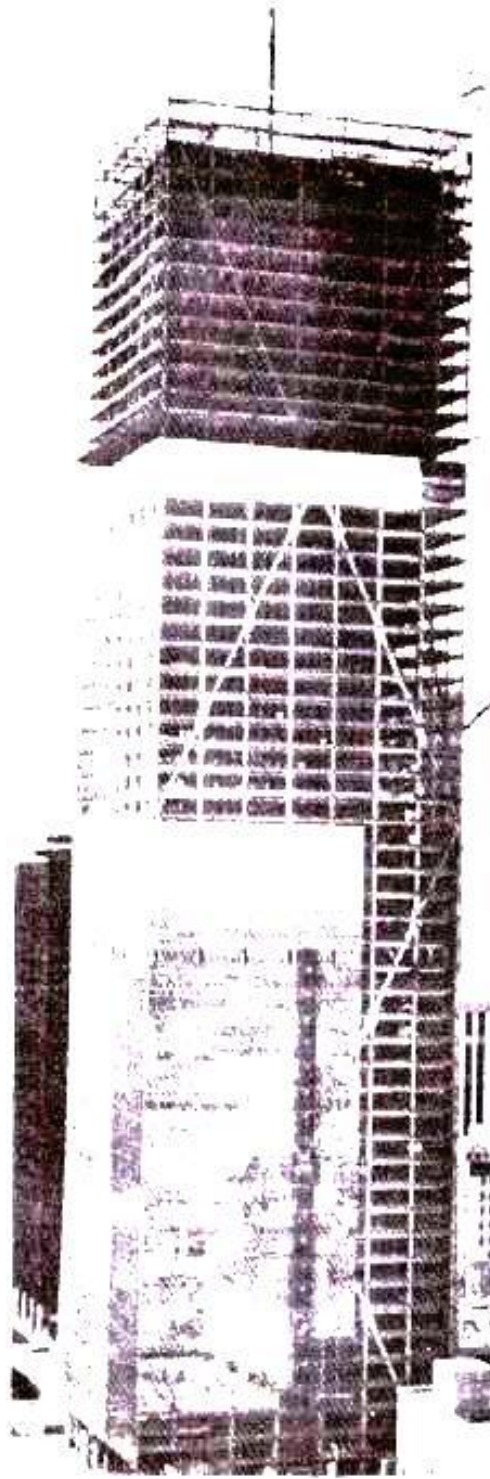
Yüksek binalar için kolon açıklığı genel olarak 3.0 m ile 4.5 m arasında uygulanmaktadır. Yatay yüke paralel olan yapı yüzündeki çerçeveler boşluklu tam rijit gibi davranır. Bunun sonucunda kolon ve kirişler tasarım aşamasında genellikle aksenal gerilmelerden çok eğilme etkilerine göre boyutlandırılırlar. Bunun sonucunda, istenmeyen büyük kesitler meydana çıkar. Oysa normal çerçeveli tüp sistemlerde kolonların boyutlandırmaları genellikle aksenal gerilmelere göre olmaktadır.

Kafesli tüp sistemlerde en etkili sistem düşey kolonlara şaşırtmalı olarak sık yerleştirilmiş çaprazlamalarla elde edilir. Fakat bu sistem elemanların birleşim noktalarındaki detaylar ve pencere boşluklarından dolayı pek kullanılan bir sistem değildir.

Diyagonal çaprazlama ile şekil çerçeveli tüp sistemlerin etkinliğini arttıran en yaygın kullanılan kafesli tüp sistemlerdir. Bu sistemde mümkün olduğu kadar az diyagonal çaprazlamalar kullanılmıştır. Burada şu görülmüştür ki en mükemmel çözüm binanın her yüzeyindeki minimum sayıdaki çaprazların kolon üzerinde aynı noktalarda kesişmeleri gereklidir. Böylece tüp sistem ile bina yüzündeki kafes etkileşmekte üç boyutlu davranış göstermektedir.

2.4.4 Modüler (Demet) Tüp Sistemler

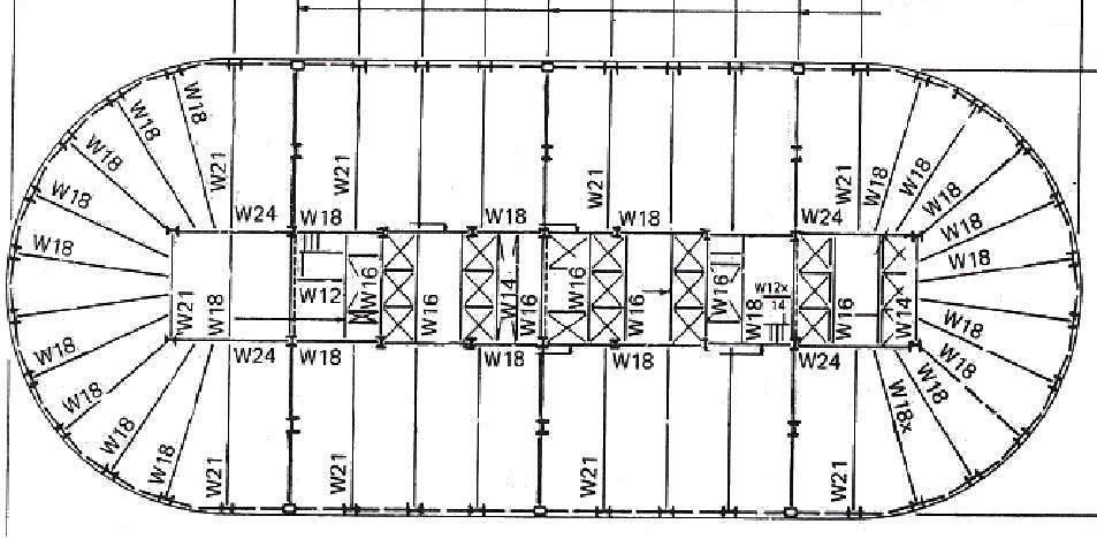
Genel olarak tüp sistemler planda, üçgen, dörtgen, beşgen, dairesel veya kapalı tüp kesitler halinde kullanılmaktadır. Tüp sistemlerde planda en etkili kare formdur. En nadir görünen ise planda üçgen formdur. Dış tüp sistemin simetrik olmaması burulma rijitliği karakteristiği bakımından avantaj sağlamaktadır. Fakat tüp sistemdeki bu süreksizlik tüp sistemin etkinliğini ciddi şekilde azaltmaktadır. Modüler tüp sistem birkaç kapalı tüp sistemin birleşmesiyle meydana gelir. Böylece planda istenilen şekillerde yapı yapılırken tüp sistemlerin etkinliğinden de bir şey kaybedilmemiş olur (Şekil 2.10), (Şekil 2.11).



Şekil 2.9 First International Plaza



Şekil 2.10 Sears Tower (Chicago, USA)



Şekil 2.11 Four Allen Center binasının planı.

Bu şekilde oluşturulan demet tüp sistemler ile geniş kolon açıklıkları elde etmek mümkün olur. Sears Tower binası modüler tüp sistemine uygun şekilde yapılmıştır.

2.5 Betonarme Taşıyıcı Sistemler

Betonarme taşıyıcı sistemler betonun form esnekliğinden dolayı çok çeşitli taşıyıcılar olarak tasarlanabilmektedir. Betonarme taşıyıcı sistemlerin kendi ağırlıklarından dolayı yapı ağırlığını fazladan arttırmaktadır bu da yüksek binalar için sorun teşkil eden bir husustur. Ancak son yıllarda beton basınç dayanımının çok fazla artması, çeliğin basınç dayanımına yaklaşması hafif agrega kullanımı gibi gelişmelerden dolayı bu olumsuzluğunu azaltmıştır. Ayrıca yüksek mukavemetli beton kullanımı kalıp alma süresini azaltmış inşaat hızını arttırmıştır. Betonarme bu özelliklerden dolayı çeliğe karşı dezavantajlarını azaltmıştır. Tablo 2.1 de betonarme taşıyıcı sistemlerin bina kat adedine göre dağılımı verilmiştir.

Betonarme taşıyıcı sistemin modüler tüp olarak seçilmesi durumunda bina yüksekliği 120 kata kadar çıkmaktadır. Bu gösterge de betonarme yüksek binaların çelikte yarışır duruma geldiğinin göstergesidir.

Betonarme tüp sistemlerle, çelik tüp sistemler yapı sistemi olarak aynı özelliktedirler. Sadece kullanılan malzemelerden doğan farklılıklar mevcuttur. Buradaki betonarme sistemlerden, sadece tüp sistem olanlar incelenmiştir.

Tablo 2.1 Betonarme binalar için taşıyıcı sistemler.

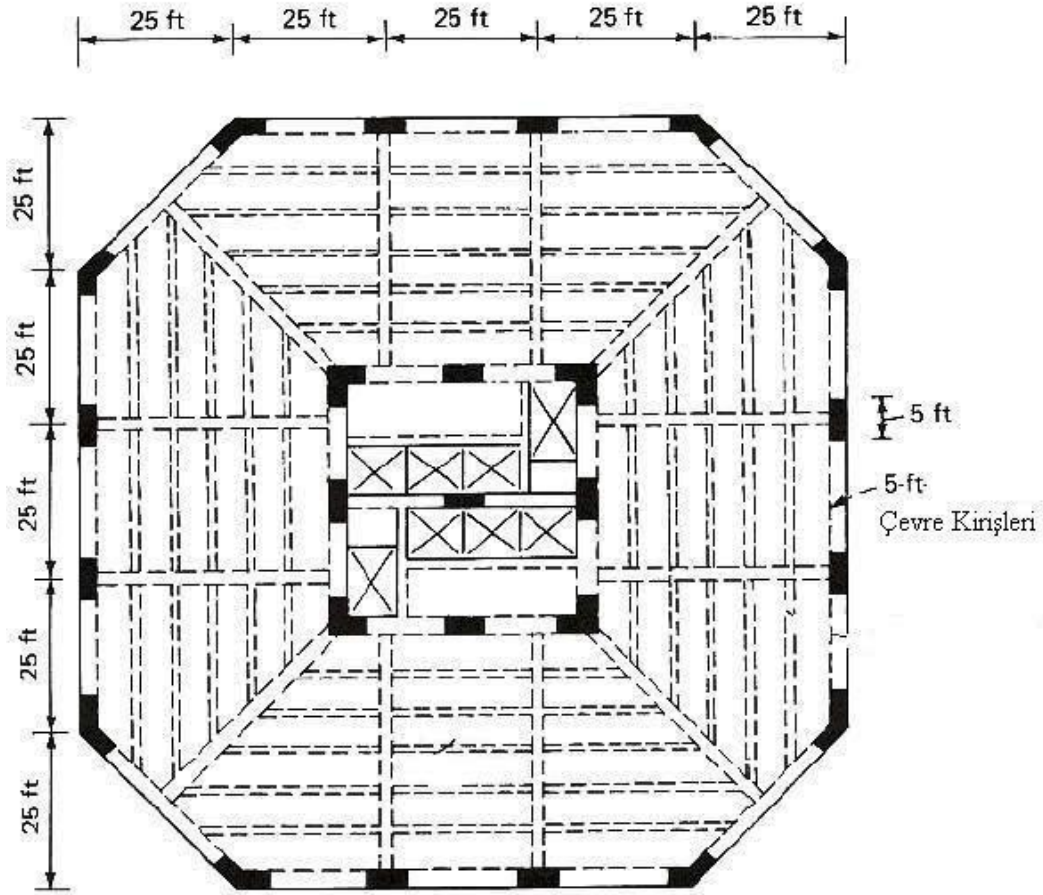
BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER													
SİSTEM	KAT ADEDİ												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
İki yönlü döşeme ve kolonlar													
Perde ve mantar döşeme													
Perde kolon ve mantar döşeme													
İkiz perde duvarları													
Rijit çerçeve													
Geniş açıklıklı çerçeveli tüp													
Guseli kirişli rijit çerçeve													
Çekirdek sistemler													
Perde duvarı ve çerçeve													
Perde ve guseli kirişli çerçeve													
Sık yerleştirilmiş çerçeveli tüp													
Çerçeveli tüp ve çekirdek													
Kafes tüp													
Modüler tüp													

2.5.1 Geniş Açıklıklı Çerçeveli Tüp

Tüp sistem; belirtildiği gibi cephede sık aralıklarla yerleştirilmiş (2.5 m – 4.5 m) kolonlar ve yüksek çevre kirişlerinden oluşan bir yapı sistemi olarak tanımlanmaktadır. Sık aralıklı dış kolonlardan ve yüksek çevre kirişlerden oluşan yapı, yatay yüklere karşı oldukça etkili bir sistem teşkil etmektedir. Bununla beraber yüksek çevre kirişlerinin etkileriyle uygun yapı formunda kolon açıklıkları geniş tutulabilir. Şekil 2.12’de bu anlayışla tasarlanmış olan 28 katlı betonarme binaya ilişkin döşeme planı verilmiştir. Bu binada yatay yüklere karşı dayanım, eksen aralıkları 7.62 m olan, 1.5 m genişliğine sahip kolonlardan ve bu kolonları bağlayan 1.53 m yüksekliğindeki çevre kirişlerden oluşan çerçeveler ile sağlanmaktadır.

2.5.2 Çerçeveli Tüp Sistemler

Tüp sistemler, daha önce de söz edildiği gibi yüksek-narin binalar için oldukça etkin yapı sistemleridir. Bu sistem için ekonomik olabilecek kat adedi, kolonlar arasındaki açıklık, kolon boyutları, çevre kirişlerinin yüksekliği ve plan boyutları gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle 40 kattan yüksek binaların tasarımında bu sistem mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2.12 Geniş açıklıklı çerçeve tüp sistem planı

Yatay yükler etkisiyle oluşan eğilme momenti, büyük ölçüde binanın yatay yüke dik yüzündeki kolonlar tarafından eksenel kuvvetler olarak karşılanır. Bu arada çerçeve başlarında oluşan eksenel kuvvetler, bu kolonları bağlayan kirişlerin yeterince rijit olmamalarından dolayı kolonlara üniform olarak dağılmamakta ve köşe kolonlarındaki gerilmeler daha fazla olmaktadır. Bu duruma yukarıda da açıklandığı gibi kayma gecikmeleri (Shear lag) etkileri denmektedir.

Yapının kesme etkilerine karşı web denilen yatay yüklere paralel yöndeki çerçevelerde eğilme etkileri kayma etkileri olarak karşılanır.

Bu tüp sistemlerin yatay yükler etkisinde yönetmeliklerdeki yer değiştirme sınır koşulları sağlayacak kadar rijit olmayabilir. Yapının tasarımı sırasında kolonların boyutlandırılmaları bu kriterlere göre yapılabilir. Ayrıca yapının plandaki dar kenarın geniş kenarına oranı 1/1.5 den büyükse, yatay yüklerden meydana gelen basınç altında kalan kolonlardaki şekil değiştirmelerin kontrol edilmesi gerekir.

Planda birbirine yakın yerleştirilmiş kolonlar, giriş katında genel amaçlı kullanım alanlarına giriş çıkışı ve bu alanların kullanımını zorlaştırdıklarından, fonksiyonel olarak istenmezler. Bu yüzden düşey yükleri, sık yerleştirilmiş kolonlardan almak ve bu yükleri zemin kat seviyesine geniş aralıklarla yerleştirilmiş daha az sayıda kolona yaymak için transfer kirişi kullanılır. Böylece giriş katı seviyesinde her türlü kullanım rahatlığı sağlayacak geniş açıklıklı kolonlar düzenlenebilir. Zeminde transfer kirişi düzenlenmesi gösterilmiştir. Bu forma alternatif olarak kolon yükleri, cephede eğik kolonlar düzenlenerek de toplanabilir.

Tüp sistemin de dağılmış iç kolonlar ve perdeler, kısa açıklıklı döşemeler ile yerleşim binalarına uygun olurken, bir merkezi çekirdekli tüp yapıda (iç içe tüp), tüpten çekirdeğe geniş açıklıklı döşemeler, ofis-büro binaları için uygun olmaktadır.

Betonarme çerçeveli tüp sistemlere ilişkin ilk örneklerden biri De Witt Chestnut Binası'dır. 1963'te Chicago'da yapılan bu binanın zemin katında bir aktarma yapı sistemi kullanılmıştır. Düşey yük aktarımı cephede zemine yaklaştıkça kalınlaşan kolonlardan açıkça belli olmaktadır. Aynı şekilde kiriş yükseklikleri de zemine doğru azalmaktadır.

2.5.3 Kafesli Tüp Sistemler

Çelik bir bina John Hancock Center'da uygulanan kafesli tüp kavramı, betonarme yapılar için de uygulanabilmektedir. Tüp sistemlerin öncüsü Fazlur Khan tarafından ortaya atılan bu sistemde pencere boşlukları diyagonal düzende bloklanmaktadır. Cephedeki bu yapı düzeni, kesme kuvvetlerini karşılamakta kolon ve çevre kirişlerindeki eğilme etkisini ortadan kaldırmaktadır. Günümüzde bu yaklaşımın betonarme yapılarda uygulandığı iki yüksek bina bulunmaktadır. Bunlar New York'ta 50 katlı bir ofis binası olan 780 Third Avenue (Wang) Binası ve Chicago'da 58 katlı, karma kullanımlı Onteire Center'dır.

58 katlı Onteire Center'da yatay yükler cephede sık aralıklı kolonlar ve yüksek çevre kirişleri ile kafesin oluşturduğu tüp tarafından taşınmaktadır. Zemin katı ticari amaçlı, bodrum ve zeminin üzerindeki dört kat otopark olarak kullanılmaktadır. 6. ve 10. katlar arası ofislere ayrılmıştır. 11. katın üzerinde ise konut birimleri bulunmaktadır. İçteki kolonlar ise yalnızca düşey yükleri karşılamaktadır. Yatay yüklere dayanım için içte perde duvarlarına gerek olmaması, planda esneklik sağlamaktadır. 171 m yüksekliğindeki binanın dış kolon aralıkları 1.68 m olup,

boyutları 480 mm x 510 mm'dir. Betonarme döşemelerin kalınlığı konut katlarında 216 mm'dir. Binanın narınlık oranı 7:1'dir.

2.5.4 Demet (Modüler) Tüp Sistemler

Betonarme demet (modüler) tüp kavramı, çelik taşıyıcı sistemler bölümünde de söz edildiği gibi, birden fazla çerçevesiz tüpün, binanın yükselmesine ve yatay yüklere dayanıklılığın artırılmasına yönelik olarak bir araya getirilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Modülleri oluşturan tüplerden her biri, çerçevesiz tüp veya kafesli tüp olarak tasarlanabilmekte, farklı plan şemalarına sahip olabilmektedir. Bu sistemin sağladığı en önemli avantaj, bina kütlelerinin tasarımında serbestlik tanınmasıdır. Çeşitli modüler tüp düzenlemeleri (Şekil 2.13) görülmektedir.

1984 yılında Chicago'da yapılmış olan One Magnificent Mile Binası betonarme modüler tüp sistemleri için iyi bir örnek oluşturmaktadır. Skidmore, Owings ve Merrill tarafından tasarlanmış olan bu karma kullanımlı bina 22, 49 ve 57 katlı üç adet tüpten oluşmaktadır. Tüplerin altıgen plan formuna sahip olması, yatay yüke dayanım açısından büyük avantaj sağlamaktadır. İlk 20 katı büro ve ticari amaca yönelik olarak düzenlenen binanın 21. katı tesisat sistemlerine ayrılmış ve bu katların üzeri de konut olarak düzenlenmiştir. Binanın döşeme sistemi 20 cm kalınlığında betonarme mantar döşemedir. Ticaret ve büro katlarındaki kolonlar konut katlarına oranla daha fazla yük taşıdığı için başlıklı olarak düzenlenmiştir.

2.5.5 Çerçevesiz Tüp ve Çekirdek Sistemler

Bu sistem betonarme tüp sistem yapılarda çerçevesiz tüp sistemlerin yatay kuvvetlere karşı daha etkin olmalarını sağlamaktadır. Özellikle çerçevesiz tüp sistemlerin kesme etkilerine karşı yetersiz kaldığı durumlarda yapının planda iç kısmına perdelerden oluşan çekirdek kısmı yükü taşımaktadır (Şekil 2.14)

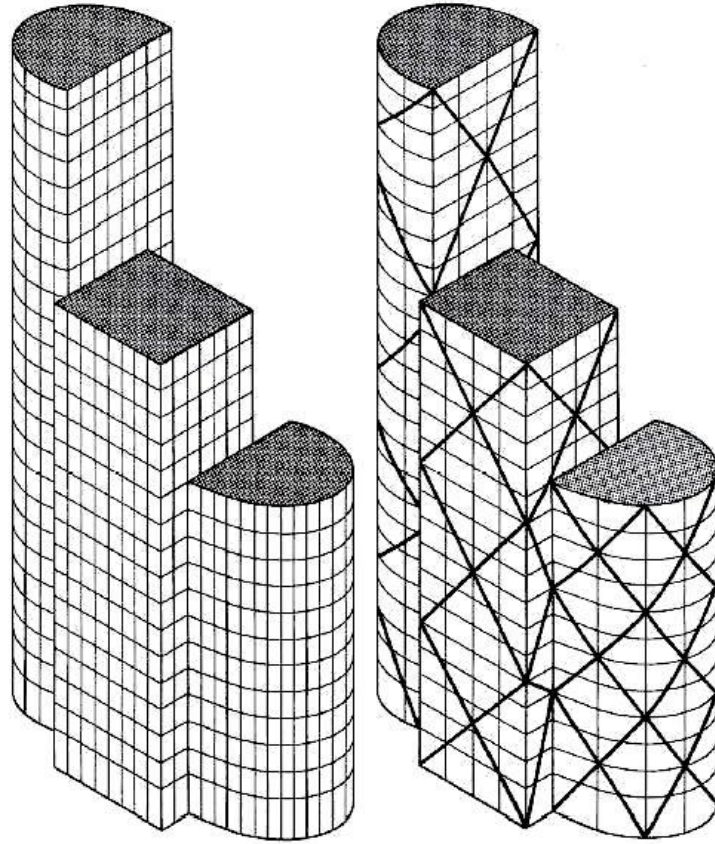
Çerçevesiz tüp sistemlerde yatay rijitlikler her zaman yeterli olmamaktadır. Bina kat adedi arttıkça bu durum daha fazla belirginlik kazanır. Bunun için çözüm yapı kat adedi arttıkça yapının orta kısmında çekirdek oluşturmaya gidilmektedir. Ya da binanın dış yüzündeki çevre kolonları daha sık yerleştirilerek çözüme ulaşılabilir. Bu durum istenen bir durum olmayabilir.

Dünyanın en yüksek binaları olan Petronas İkiz Kuleleri (450 m) bu sistemle yapılmış binalardır. Sears Tower'dan sadece 7 metre fazla yükseklikte olmasıyla dünyanın en yüksek binası olma rekorunu kırmıştır.

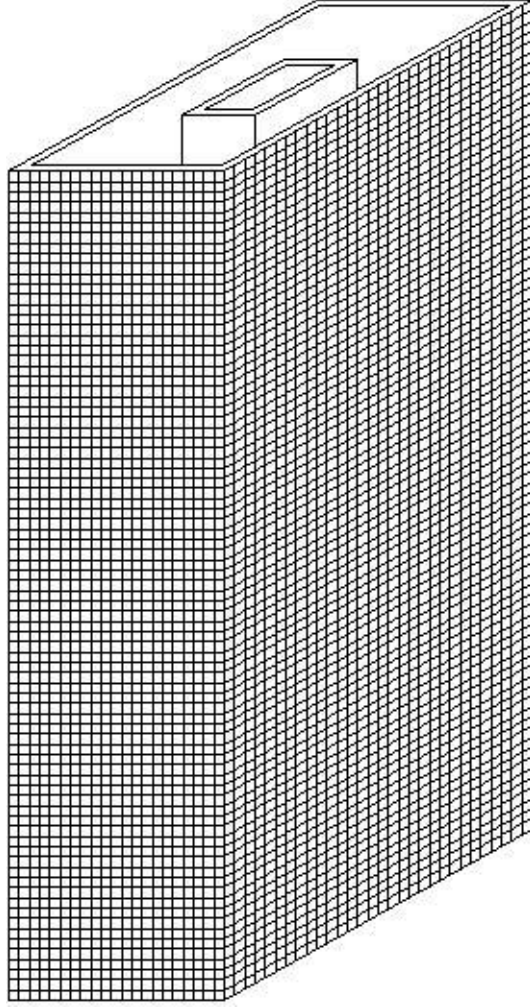
Yapı sahibinin binanın dış yüzünde sık kolonlar istememesi, geniş açıklıklar istemesinden dolayı, mühendislik olarak yapının ortasına çekirdek yerleştirilerek tüp sistem yapının etkinliğinin azalmasından kaynaklanan dezavantajları giderilmiştir.

2.5.6 Diğer Betonarme Taşıyıcı Sistemler

Betonarme yüksek binalarda uygulanan taşıyıcı sistemler yukarıda anlatılanlar ile sınırlı kalmamaktadır. Günümüzde birçok taşıyıcı sistem belirli bir sınıfa dahil edilebileceği gibi, hiçbir sınıfa dahil edilemeyen, tek bir binaya özgü olarak tasarlanmış taşıyıcı sistemler de bulunmaktadır. Bunlara en güzel örnekler; çekirdek ve kafes giriş kuşaklı-başlıklı sistemler, virendel kirişli çerçeveler ayrıca süper yüksek binalar için uygun olabilecek, binanın köşelerine yerleştirilmiş servis çekirdekleri ve bu çekirdekleri birbirine bağlayan kafes sisteminden meydana gelen sistemlerdir.



Şekil 2.13 Modüler tüp sistem bir yapının görünüşü



Şekil 2.14 İç içe tüp sistem (Çekirdek)

3. SAP 2000 YAPI ANALİZİ PROGRAMI İLE STATİK VE DİNAMİK ANALİZ

SAP 2000 yapı analizi programı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırması için kullanılır. Genel amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler *özel grafik kullanıcı ara yüzü (graghical user interface - GUI)* yardımı ile SAP 2000 ekranı üzerinde gerçekleşmektedir [10].

Statik ve dinamik analizler, yapının değişik tip yüklemeler altında vereceği tepkileri tespit etmek, yapı elemanlarında meydana gelen çeşitli iç kuvvetleri belirlemek için kullanılır.

Bölüm 4 de tasarlanan yapı sistemin SAP 2000 yardımıyla boyutlandırılırken şu şekilde yol izlenmiştir;

İlk olarak dişli döşeme düzeni belirlenen sistemde, kolonlardan ve kirişlerden oluşan bir çerçeve sistemi oluşturulmuştur. İkinci olarak sistem tamamlandıktan sonra bina da kullanılacak olan beton sınıflarının (BS 40, BS 60, BS 80) malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Üçüncü olarak elemanların kesit özellikleri tanımlanmıştır. Dördüncü olarak sabit ve hareketli yükler atanmıştır. Dinamik analiz yapmak için gerekli veriler girilmiştir. Son olarak ta analiz (çözüm) yapılmıştır. Bu ilk analizde elde edilen sonuçlar incelenmiş ve yönetmelik sınırlarında olmayan sonuçlar elde edilince bu sonuçların sağlanması için eleman boyutları değiştirilmiştir. Bu yapılan analizler, hem yönetmelik değerlerini sağlayan hem de ekonomik olan sonuçlar elde edilene kadar devam etmiştir.

3.1 Giriş

Sap 2000 yapı analizi programı kullanılarak bir çok değişik analiz yapmak mümkündür. Bunların bazıları şunlardır;

- Statik analiz.

- Eigenvektörler ya da Ritz vektörleri kullanarak titreşim modları için modal analiz
Sismik response için Response - spektrum analiz
- Zaman tanım alanında çözüm (time - history) için deprem kaydı uygulanması

Bu farklı tipteki analizler, bir uygulama içinde aynı anda yaptırılabilir ve sonuçlar bazı özel durumlar haricinde kombine edilebilir.

3.2 Analiz Halleri

Uygulanan her ayrı analiz, farklı bir analiz hali olarak adlandırılır. Her bir analiz hali için analizi tanımlayan bir isim verilir. Bu isimler yardımıyla ek kombinasyonlar oluşturulabilir ve çıktılar yardımıyla her analiz sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

- Yük hali ya da kısaca yük; yüklemenin temel olarak uzaysal dağılımı ve buna karşılık gelen statik analiz sonucu.
- Mod; bir eigen vektör ya da Ritz vektörü ve titreşim mod analizi sonucunda karşılık gelen frekans değerleri

Spec; bir response spektrum analizi ana sonucu

Programın bir yapı sisteminin analizi aşamasında değişik tipteki analiz hallerinde çeşitli sayıda analiz tanımlanabilir.

SAP 2000 grafik arabirim kullanarak çeşitli analiz hallerinde lineer kombinasyonlarının zarfları bulanabilir.

3.3 Statik Analiz

Bir yapının statik analizi aşağıda tanımlanan lineer denklem takımının çözümü içerir (matris deplasman yöntemi);

$$K.u = r \quad (3.1)$$

Burada **K** rijitlik matrisi, **r** uygulanan yük vektörü ve **u** da sonuç deplasman değerleridir.

Tanımlanan her yük hali için program otomatik olarak yük vektörü, r 'yi oluşturur ve statik deplasman değerleri, u için çözümü yapar. Her yük hali aşağıdaki yüklerden oluşabilir.

Çerçeve ve/veya kabuk elemanlar üzerindeki ölü yükler.

Çerçeve elemanları üzerindeki tekil veya yayılı yükler.

Shell elemanları üzerindeki üniform yükler.

Düğüm noktalarındaki kuvvet ve/veya zemin deplasman yükleri.

3.4 Atalet (Eylemsizlik) Yükleri

SAP 2000 yapı analizi programı her üç global eksen yönündeki birim yanal atalet için yapıya etkiyecek atalet yüklerini otomatik olarak hesaplar. Bu değerler d'Alembert ilkelerine göre hesaplanır ve m_x , m_y ve m_z ile gösterilir. Bu yükler zemin ivme değerlerinin response-spektrum analizine uygulanması için ayrıca Ritz-vektör analizinde başlangıç yük vektörleri olarak kullanılır.

Bu yükler her bir düğüm noktası ve eleman için hesaplanıp tüm sistem üzerinde birleştirilirler.

Düğüm noktaları için atalet yükleri, basitçe düğüm noktası lokal ekseninde düğüm noktası yanal kütle değerinin negatifine eşittir. Bu yükler daha sonra global koordinat eksenine dönüştürülür.

Elemanlar için ise atalet yükleri her yön için aynıdır ve eleman kütle değerlerinin negatifine eşittir. Koordinat eksen dönüşümüne gerek duyulmaz.

İvmelenme yükleri herhangi bir koordinat eksenine dönüştürülebilir. Global koordinat sisteminde pozitif X, Y ve Z eksenlerindeki atalet yükleri sırasıyla U_x , U_y ve U_z olarak adlandırılır. Response-spektrum analizi için tanımlanmış bir lokal koordinat sisteminde ise atalet yükler pozitif 1, 2 ve 3 eksenlerinde sırasıyla U_1 , U_2 ve U_3 olarak adlandırılır.

3.5 Eigen-vektör Analizi

Eigen-vektör analizi ile sistemin sönümsüz serbest titreşim mod şekilleri ve frekansları tespit edilir. Bu doğal modlar yapının davranışı hakkında doğru karar

verebilmek için imkan sağlar. Her ne kadar Ritz vektörlerinin kullanılması önerilse de bu modlar response-spektrum analizi için temel bilgiler olarak alınırlar.

Eigen vektör analizi genelleştirilmiş bir eigen değer probleminin çözümünü içerir;

$$[K - \Omega^2 \cdot M] \cdot \Phi = 0 \quad (3.2)$$

Burada **K** rijitlik matrisini, **M** diyagonal kütle matrisini, Ω^2 diyagonal eigen değer matrisini ve Φ ise eigen vektörlere karşılık gelen matrisi (mod şekillerini) temsil eder.

Her bir eigen değer – eigen vektör çifti yapının doğal titreşim modu olarak adlandırılır.

Bir eigen değer o mod için açısal frekans ω 'nın karesidir. Bir moda ait periyodik frekans f, periyot T ve ω ile aşağıdaki şekilde ilişkilidir.

$$T = 1 / f \quad f = \omega / 2\pi \quad (3.3)$$

Hesaplanacak mod sayısı n, kullanıcı tarafından tanımlanabilir. Bu durumda program n adet en düşük frekans (en büyük periyot) değeri bulmaya çalışacaktır.

Bulunabilecek mod sayısı n, aşağıdaki koşullarla sınırlıdır.

- İstenilen mod sayısı
- Modeldeki kütle serbestlik derecesi sayısı
- Bir kütle serbestlik derecesi yanal kütleli veya dönmeye karşı kütle atalet momentini temsil eden herhangi aktif bir serbestlik derecesidir. Kütle direkt olarak düğüm noktasında tanımlandığı gibi o düğüm noktasına bağlı elemanlardan da gelebilir.

Yapılacak herhangi bir response spektrum analizinde sadece daha önceden bulunmuş olan modlar kullanılabilir.

3.6. Modal Analizin Sonuçları

Sap 2000 yapı analizi programı grafik ara biriminde titreşim modlarına ait çok çeşitli özellikler görüntülenebilir. Bu bilgiler eigenvektör ya da Ritz vektörleri kullanması durumları için aynıdır ve şu alt başlıklarla tanımlanabilir.

3.6.1 Periyotlar ve Frekanslar

Her bir mod için aşağıdaki zaman özellikleri verilir;

Periyot, T; zaman birimindedir (s).

Frekans, f; birim zamanda atılan tur sayısı. Periyot T'nin tersi

Açısal frekans, birim zamandaki radyan; $\omega = 2\pi f$

Eigen değeri, ω^2 / T^2 radyan bölü zaman kare birimindedir.

3.6.2 Katılım Faktörleri

Modal katılım faktörleri üç atalet yükünün mod şekilleri ile skaler çarpımına eşittir. Global X, Y ve Z yönlerindeki atalet yüklerine karşılık gelen n. Mod katılım faktörleri aşağıdaki şekilde gösterilebilir;

$$f_{xn} = \varphi_n^T \cdot m_x \quad (3.4)$$

$$f_{yn} = \varphi_n^T \cdot m_y \quad (3.5)$$

$$f_{zn} = \varphi_n^T \cdot m_z \quad (3.6)$$

Burada mod şekilleri ve m_x , m_y ve m_z birim atalet yükleridir. Bu faktörler, her bir atalet yükünden dolayı o moda etkiyen genelleştirilmiş yük değerleridir. Global koordinat eksenine göre tanımlanırlar.

Bu değerler “faktör” olarak adlandırılırlar çünkü mod şekilleri ve birim ivmeye bağlıdırlar. Mod şekilleri kütle matrisine göre aşağıdaki gibi normalize edilirler ya da ölçeklendirilirler;

$$\varphi_n^T \cdot M \cdot \varphi_n = 1 \quad (3.7)$$

Katılım faktörlerinin gerçek büyüklükleri ve işaretleri önemli değildir. Asıl önemli olan bir mod için bulunan görevli üç faktör değeridir.

3.6.3 Kütle Katılım Oranları

bir mod için kütle katılım oranı, o modun, global ekseninin her bir yönünde etkiyen atalet yükleri için hesaplanacak response'daki öneminin anlaşılmasını sağlar. Bu şekilde response-spektrum analizinin doğruluğu saptanabilir.

Herhangi bir n. Mod için X, Y ve Z yönlerindeki atalet yüklerine karşılık gelen kütle katılım oranları aşağıdaki gibi hesaplanabilirler.

$$P_{xn} = (f_{xn})^2 / M_x \quad (3.8)$$

$$P_{yn} = (f_{yn})^2 / M_y \quad (3.9)$$

$$P_{zn} = (f_{zn})^2 / M_z \quad (3.10)$$

Burada f_{xn} , f_{yn} ve f_{zn} bir önceki alt başlıkta tanımlanan katılım faktörleridir. M_x , M_y ve M_z ise X, Y ve Z yönünde etkiyen toplam tutulmamış kütlelerdir. Kütle katılım oranları yüzde cinsinden ifade edilir.

Bütün modlar için kütle katılım oranlarının kümülatif toplamaları, her bir modun kütle katılım oranları ile birlikte verilir. Bu şekilde yer hareketinin temsili için yeterli olabilecek mod sayısının görülmesi sağlanır.

Eğer yapının bütün eigen modları mevcut ise her üç yöndeki atalet yükleri için kütle katılım oranları %100 olacaktır. Fakat bu durum bazı tip bağlanmalarının bulunması durumunda simetri koşullarının, kütlenin yanal ataletlerden etkilenmesini önlenmesinden dolayı her zaman geçerli değildir.

3.6.4. Toplam Tutulmamış Kütle ve Kütlenin Konumu

Global X, Y ve Z yönünde etkiyen toplam tutulmamış kütleler, M_x , M_y ve M_z olarak verilir.

Bu kütleler düğüm noktalarındaki yanal kütleler eşit olarak yerleştirilmiş olsa bile farklı olabilir. Çünkü bir düğüm noktasındaki yanal serbestlik dereceleri aynı olmak zorunda değildir.

M_x , M_y ve M_z için kütle ağırlık merkezlerinin yerleri global orijine göre tanımlanır.

Bunlar, kütle değerleri ile birlikte kullanılarak atalet yüklerinden oluşacak momentler hesaplanır.

3.7. Response-spektrum Analizi

Zemin hareketine binanın vereceği tepkiyi ifade eden dinamik denge denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{u}(t) + \mathbf{C} \cdot \dot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{M} \cdot \ddot{\mathbf{u}}(t) = m_x \cdot \ddot{u}_{gx}(t) + m_y \cdot \ddot{u}_{gy}(t) + m_z \cdot \ddot{u}_{gz}(t) \quad (3.11)$$

Burada $\mathbf{K}$ rijitlik matrisi, $\mathbf{C}$; orantılı sönüm matrisi, $\mathbf{M}$; diyagonal kütle matrisi, u , $\dot{u}$ ve $\ddot{u}$ yere göre rölatif deplasmanlar hızlar ve ivmeler; m_x , m_y ve m_z birim atalet yükleri ve $\ddot{u}_{gx}$, $\ddot{u}_{gy}$ ve $\ddot{u}_{gz}$ üniform yer ivmesi bileşenleridir.

Response-spektrum analizi ile zaman tanım alanındaki tüm değerler yerine denklem takımına maksimuma yakın tepkiyi veren değer bulunmaya çalışır. Her yöndeki deprem yer ivmesi, suni spektral ivme değerleri ile yapı periyot değerlerine bağlı response-spektrum eğrileri olarak verilir.

Her ne kadar ivmeler her üç yön için de tanımlansa bile, her tepki değeri tek ve pozitif bir sonuç bulunur. Bu tepki değerleri deplasmanlar, kuvvetler ve gerilmeler olabilir. Hesaplanmış her sonuç tepki değerlerinin maksimuma yakın büyüklükleri istatistiksel bir değeri belirtir. Gerçek tepki kendi pozitif değeri ile negatif değeri arasında değişen bir değer olabilir.

Farklı iki tepki değeri arasında karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Sismik yükleme anında herhangi bir tepki değeri için ne zaman oluştuğuna dair bir bilgi almak ya da diğer tepki değerlerinin o andaki değerlerinin ne olduğunu bulmak mümkün değildir.

Response-spektrum analizi mod süperpozisyon yöntemi kullanılarak yapılır. Modlar eigen vektörler ya da Ritz-vektörlerinden herhangi biri kullanılarak hesaplanabilir. Aynı sayıda mod için Ritz-vektörlerinin daha iyi sonuçlar verdiği göz önüne alınarak bu yöntemin kullanılması önerilir.

Programın bir uygulamasında farklı sayıda response-spektrum analizi gerçekleştirilebilir. Her bir analiz *spec* olarak adlandırılır [10].

4. BETONARME TÜP SİSTEM BİR YAPININ TASARIMI

Bu bölümde birinci derece deprem bölgesinde bulunan, geometrisi bakımından simetrik 35 katlı betonarme tüp sistem bir yapının tasarımı yapılarak seçilen iki katta taşıyıcı elemanların TS500 [12] ve ABYYHY-98 [11] yönetmelikleri kriterlerine göre detaylı olarak boyutlandırılması amaçlanmıştır. Bu bölümde ayrıca, betonarme tüp sistem yapı tasarımını etkileyecek bazı faktörler incelenmiştir. Bu faktörler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Yapıda kullanılacak farklı beton sınıflarının yapı davranışına etkileri
- Tüp sistemlerin karakteristik özelliklerinden olan çevre kiriş derinliklerinin yapı davranışına etkileri
- Yapının yapılacağı zemin durumunun yapı davranışına etkileri

4.1 Yapı Karakteristik Özellikleri

İncelenen yapının karakteristik özellikleri;

- Yapı 3 bodrum kat, zemin kat ve 31 normal kattan oluşan 35 katlı betonarme bir yapıdır. Toplam yapı yüksekliği 122.5 m'dir.
- Yapının tüm kat yükseklikleri 3.5 m'dir.
- Yapı için üç değişik beton sınıfı ile hesap yapılmıştır.
 1. Tüm yapı için BS 40
 2. Yapının ilk 12 katında BS 60, üst katlarda BS 40
 3. Yapının ilk 12 katında BS 80, üst katlarda BS 60
- Donatı çeliği olarak tüm yapı elemanlarında S420 (BÇIIIa)
- Yapı kat alanı 998.56 m²'dir.
- Yapı I. Derece Deprem Bölgesindedir. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) = 0.40 alınmıştır.

- Yapı, zemin sınıfı Z3 ve Z4 olması hallerine göre irdelenmiştir. Zemin karakteristik periyotları aşağıda verildiği gibidir.

Z3 Zemin Sınıfı halinde $T_A = 0.15$ sn ve $T_B = 0.60$ sn olarak alınmıştır.

Z4 Zemin Sınıfı halinde $T_A = 0.20$ sn ve $T_B = 0.90$ sn olarak alınmıştır.

- Yapı büro + işyeri olarak kullanılacağı için hareketli yük katılım katsayısı (hareketli yük azaltma katsayısı) $n = 0.30$ ve yapı önem katsayısı $I = 1.0$ olarak alınmıştır.

Bu tez çalışmasında kullanılan yapı malzemelerinin karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Beton Sınıfı $\rightarrow$ C40 $\rightarrow f_{ck} = 40$ Mpa = 40000 kN/m²

$$f_{cd} = 27 \text{ Mpa} = 27000 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{ctd} = 1.45 \text{ Mpa} = 1450 \text{ kN/m}^2$$

$$E_c = 34000 \text{ Mpa} = 34000000 \text{ kN/m}^2$$

Beton Sınıfı $\rightarrow$ C60 $\rightarrow f_{ck} = 60$ Mpa = 60000 kN/m²

$$f_{cd} = 40 \text{ Mpa} = 40000 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{ctd} = 1.80 \text{ Mpa} = 1800 \text{ kN/m}^2$$

$$E_c = 39000 \text{ Mpa} = 39000000 \text{ kN/m}^2$$

Beton Sınıfı $\rightarrow$ C80 $\rightarrow f_{ck} = 80$ Mpa = 80000 kN/m²

$$f_{cd} = 53 \text{ Mpa} = 53000 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{ctd} = 2.10 \text{ Mpa} = 2100 \text{ kN/m}^2$$

$$E_c = 43000 \text{ Mpa} = 43000000 \text{ kN/m}^2$$

Çelik Sınıfı $\rightarrow$ S420 $\rightarrow f_{yk} = 420$ Mpa = 420000 kN/m²

$$f_{yd} = 365 \text{ Mpa} = 365000 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} = 200000000 \text{ kN/m}^2$$

Yapı kolon düzeni olarak dış kolonlar 2.6 m aralıklarla sık bir şekilde düzenlenerek tüp sistem özelliklerine uygun bir taşıyıcı sistem düzeni oluşturulmuştur. İç kolonlar düşey yükleri taşıyacak şekilde bir çekirdek oluşturulmuştur. Yapıda perde kullanılmamıştır.

Yapının döşeme sistemi, dünyada yüksek yapılarda en çok tercih edilen tek doğrultuda çalışan dişli döşeme olarak tasarlanmıştır.

Yapının yatay yükler altındaki hesabı (deprem hesabı) Sap 2000 v.7.12 yapı analizi programı ile ABYYHY-98 kriterlerine uygun olacak şekilde üç boyutlu analiz yapılmıştır. Bu çalışmada yapılan karşılaştırmalar genel olarak yatay ötelenme değerleri kullanılarak yapılmıştır.

Binanın yapı analizi yapılırken iki boyutlu sistem kullanılarak çözülmesi bu tür sistemler için doğru bir yaklaşım değildir. Tüp sistem özelliği taşıyan binalar yatay yük etkisine karşı bir çerçeve gibi davranmayıp üç boyutlu sistem olarak karşı koyar. Bu nedenle çözümde kullanılacak analiz üç boyutlu olmak zorundadır.

4.2 Taşıyıcı Sistem Boyutlarının Tayini

4.2.1 Dişli Döşeme Boyutlarının Seçimi

Dünyadaki yüksek yapı uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan döşeme sistemi dişli döşemedir. Ofis binalarında büyük kullanım açıklıklarına ihtiyaç duyulması, büyük açıklıkların rahatça geçilebilmesi imkanı veren dişli döşeme sistemini çok kullanılır hale getirmiştir.

Dişli döşeme sisteminde, dünyada yüksek yapılarda kullanılan dişli döşeme sistemlerinin özellikleri ve TS500 [12] Türk Standardı dikkate alınarak seçilmiştir. Dünyadaki uygulamalarında şimdiye kadar en yaygın olarak diş yüksekliği tabla hariç 30, 35, 40 ve 50 cm olarak kullanılmıştır. Diş aralıkları ise genelde 50 cm ile 75 cm arasındadır. Yüksek binalarda diş açıklığı genellikle 9 m civarında kullanılmaktadır. Bu açıklık betonarme dişli döşemedeki optimum ekonomik çözüm olarak belirlenmiştir. Dişli döşeme kullanılarak 13-14 metrelik açıklıklar geçilebilmektedir.

TS500'e göre bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde dişler arasındaki serbest aralık 700 mm'den fazla olamaz. Tabla kalınlığı serbest diş mesafesinin 1/10'undan ve 50 mm'den, diş genişliği ise 100 mm'den az olamaz. Plakla birlikte toplam diş yüksekliğinin serbest açıklığa oranı, basit mesnetli tek açıklıklı döşemelerde 1/20, sürekli döşemelerde 1/25, konsollarda ise 1/10'dan az olamaz.

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerin açıklığı 4 m'den fazla ise, taşıyıcı dişlere dik yönde en az aynı boyutlarda enine dişler düzenlenmesi gereklidir. Dişli döşemelerde açıklığın 4 m ile 7 m arasında olduğu durumlarda bir, 7 m'den büyük olduğu durumlarda ise iki enine diş düzenlenmelidir. Enine dişler açıklığı olabildiğince eşit bölmelidir.

Tasarlanan binada dişli döşeme de dişlerin düzeni işçilik maliyetleri, hesap kolaylığı sağlayacak şekilde en uygun çözüm olmasına dikkat edilmiştir. Dişli döşemede, diş düzeni Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu sistemde tabla kalınlığı 10 cm, tabla kalınlığı ile birlikte diş yüksekliği 50 cm seçilmiştir. Diş genişliği 20 cm, diş aralıkları ise 60 cm olarak seçilmiştir. Bu boyutlar, dünyadaki yüksek binalarda uygulanan dişli döşeme sistemleri ve TS500'de yer alan sınırlamalar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Ayrıca, konstrüktif olarak düzenlenen enine dişler, açıklığın 7 m'den fazla olması nedeni ile iki adet yerleştirilmiştir. Enine dişlerin normal dişlerden daha fazla yük taşıdığı görülebilir. Ancak, alışlagelen döşeme sistemlerinde bu farkın göz önüne alınmasına gerek yoktur. Bu dişler normal dişler gibi hesaplanabilir.

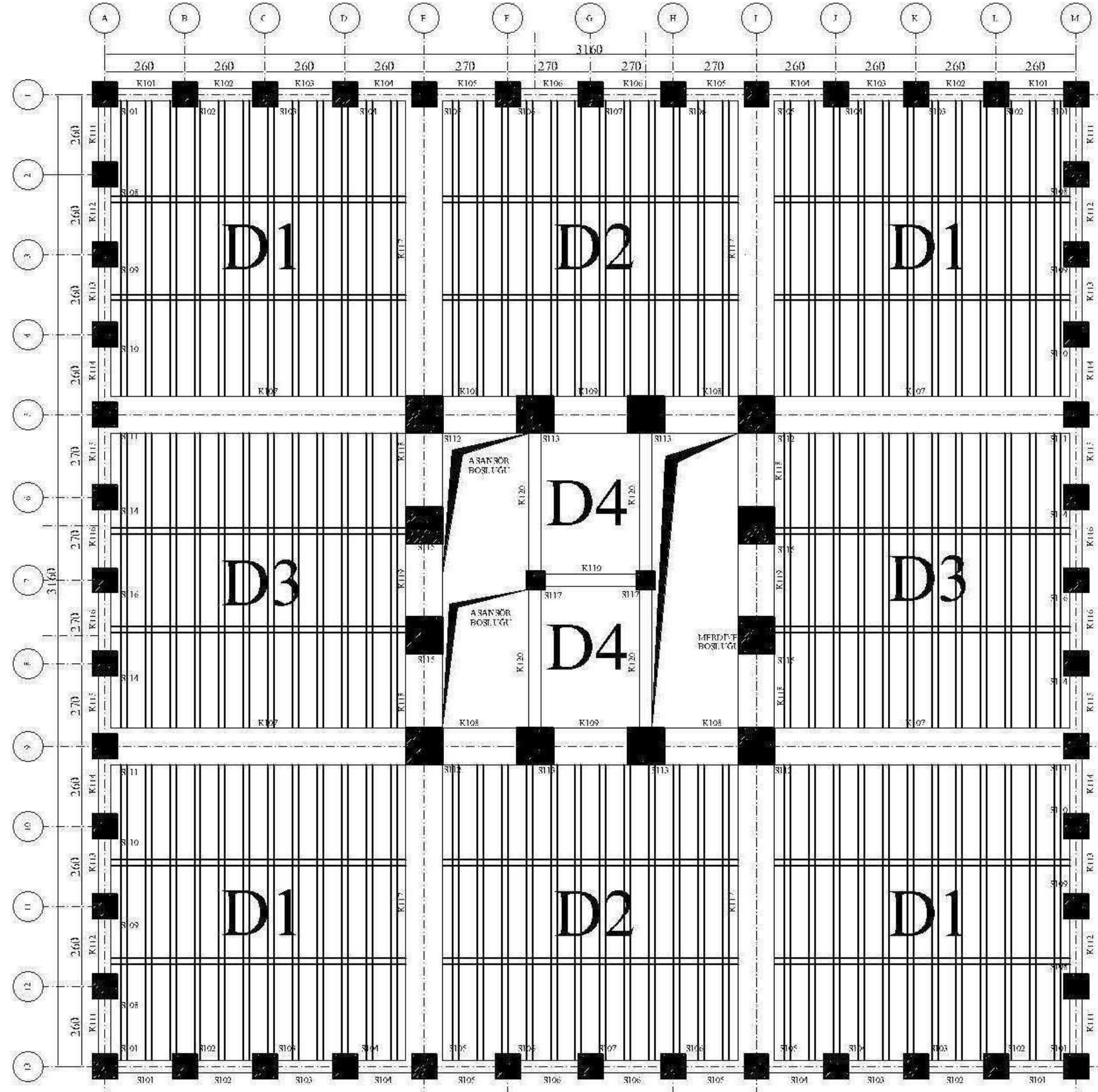
4.2.2 Dişli Döşeme Yük Analizi

Dişli döşeme yük analizinde, hareketli yükler normal ofis döşemesi ve sık kullanılan döşemelerde iki ayrı yük alınarak hesap yapılmıştır. Yapıda kullanılan beton, duvar ve dış cephe kaplaması gibi malzemelerin birim ağırlıkları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Birim ağırlıklar

Malzeme	Birim Ağırlık	Birim Ağırlık
	(kN/m ³)	(kN/m ²)
Beton	25	-
Duvar	-	2
Dış Cephe Kaplaması	25	-

Dişli döşemeye gelen hareketli yük değerleri TS498 [13] (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) yönetmeliği uyarınca belirlenmiştir. TS498'de kat adedi 12 ve daha fazla olan binalarda konut ve büro tipi olan yapılarda hareketli yük değerinin azaltılabileceği bildirilmiştir. Ancak, bu çalışma dahilinde söz konusu olan azaltma dikkate alınmamıştır.



Şekil 4.1 Planda dışı döşeme düzenlemesi

Normal büro olarak kullanılan döşemeler D1, D2, D3 ve sık kullanılan döşeme ise D4 numaralı döşemelerdir.

Dişli döşeme yük analizinde bir diş gelen yük değerleri aşağıda detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca, döşemeler için alınan hareketli yük değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Dişli Döşeme Yük Analizi

Plak ağırlığı.....	$0.8*0.10*25 = 2 \text{ kN/m}$
Bir diş ağırlığı.....	$0.20*0.40*25 = 2 \text{ kN/m}$
Sıva + Kaplama ağırlığı.....	$0.8*1.2 = 0.96 \text{ kN/m}$
Toplam sabit yük	$g_1 = 4.96 \text{ kN/m}$
Hareketli yük (q_1).....	$q_1 = 0.8*2.0 = 1.6 \text{ kN/m}$
Hareketli yük (q_2).....	$q_2 = 0.8*1.5 = 1.2 \text{ kN/m}$

Normal Döşeme Yük Analizi

Sıva + Kaplama ağırlığı.....	0.95 kN/m^2
Harç + Şap ağırlığı.....	0.86 kN/m^2
Plak ağırlığı.....	$0.12*25 = 3.0 \text{ kN/m}^2$
Toplam sabit yük.....	$g_2 = 4.81 \text{ kN/m}^2$
Hareketli yük (q_3).....	$q_3 = 3.5 \text{ kN/m}^2$

Tablo 4.2 Döşeme için alınan hareketli yük değerleri

Hareketli Yük No	Yük Şiddeti
	(kN/m^2)
q_1 (Normal Döşemeler)	2
q_2 (Çatı Döşemesi)	1.5
q_3 (Koridor Döşemeleri)	3.5

4.2.3 Kiriş Boyutlarının Seçilmesi

Kirişler, iç kirişler ve dış kirişler olmak üzere iki ayrı grupta toplanmıştır. Dış kirişler tüp sistemlerde çevre kirişi olarak adlandırılmaktadır. Çevre kirişler tüp sistemin karakteristik özelliklerindendir. Bu nedenle çevre kirişleri boyutları (derinlikleri)

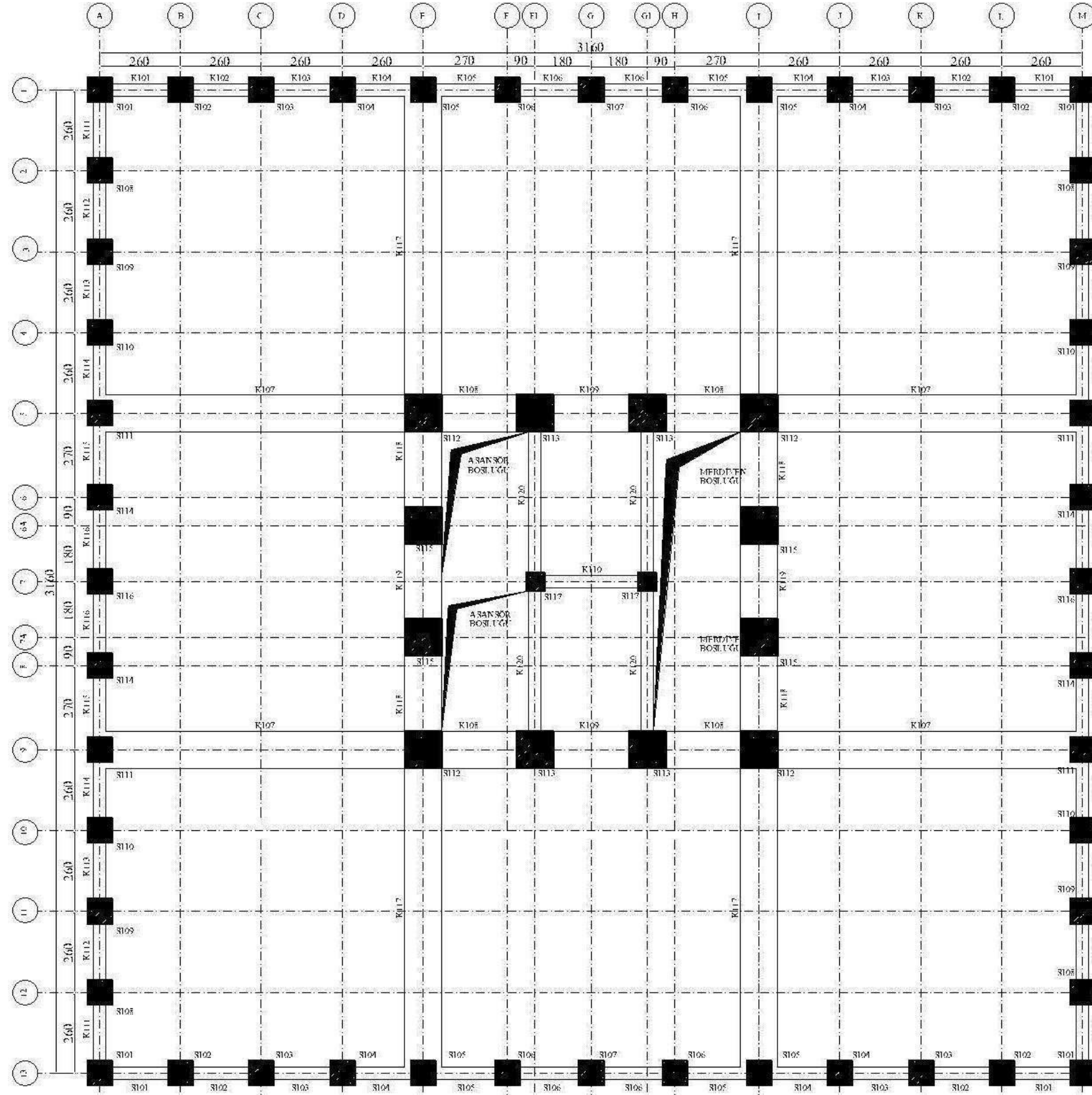
değiştirilerek bir çok defa analiz yapılmıştır. Kirişler simetri eksenine göre adlandırılmışlardır. (Şekil 4.2)

Kirişlerin ön boyutlandırılması sırasında TS500 ve ABYYHY-98 yönetmelikleri dikkate alınmıştır. Ayrıca, dış kirişlerin boyutlarının ön boyutlandırılmasında dünyada yapılmış mevcut tüp sistemli yüksek binaların dış kirişleri incelenmiş ve bu bilgiler ışığı altında kirişlerin ön boyutlandırılması yapılmıştır.

TDY-98'e göre kiriş gövde genişliği minimum 250 mm olacaktır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin saplandığı kolonun kirişe dik genişliğinin toplamından daha fazla olamaz ($b_{\text{gövde}} \leq h_{\text{kiriş}} + b_{\text{kolon}}$).

Ayrıca kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den az olmayacak ve kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır. Deprem bölgelerindeki yapılarda kirişlerin 25 cm x 30 cm'den az olmasına izin verilmez.

ABYYHY-98 ve TS500 sınırlamaları dikkate alınarak ekonomik çözümler araştırılmıştır. İşçilik maliyetleri, bir yapının toplam maliyetinin yarısı kadardır. Bu maliyetler doğrultusunda büyük zorunluklar olmadığı sürece kiriş yükseklikleri dışlı döşeme yüksekliğinden farklı seçilmemektedir. Bu nedenle, iç kiriş derinlikleri, ekonomik döşeme sistemlerinin öngördüğü gibi değiştirilmeyecek, döşeme yüksekliği ile aynı tutulacaktır.



Şekil 4.2 Planda kiriş ve kolon numaraları

Çevre kiriş yüksekliklerinin yatay yük sistemindeki etkileri inceleneceğinden çevre kiriş boyutları, 40x50, 40x60, 40x80, 40x100, 40x120 boyutlarında ayrı ayrı incelenecektir.

4.2.4 Düşey Yük Analizinden Kirişlere Gelen Yükler

Kirişlere gelen yükler, döşemeden, duvardan, dış cephe kaplamasından gelen yükler ile hareketli yüklerden oluşmaktadır. SAP 2000 yapı analizi programında yapı elemanlarının kendi ağırlıklarını programın kendisi tarafından sisteme uygulanabildiği için kirişlerin kendi ağırlıklarından oluşan yüklerin hesaplanmasına gerek yoktur. Fakat kiriş ağırlıklarının ne mertebede olduğunu görmek ve karşılaştırmak için söz konusu ağırlıklar tablolar halinde verilmiştir. (Tablo 4.3). Bu değerler, SAP 2000 programında dikkate alınmayacaktır.

Yüksek binalarda kullanılan tüp sistemlerin genel özelliği sık aralıklarla yerleştirilmiş dış kolonlar ve yüksek dış kirişlerdir. Bu özelliklerin binaya olan etkilerinin ne mertebelerde olduğunu anlamak amacıyla kolon aralıklarının ve dış kiriş yüksekliklerinin değiştirilerek yatay yüklere karşı yapı sisteminde meydana getirdiği etkileri incelemek gerekir. Bu tez çalışması dahilinde, dış kiriş yüksekliklerinin değiştirilmesiyle yapıda meydana gelen değişimler incelenmiştir.

Yapıda kiriş yüksekliğinin artması ile yatay rijitliğin artması beklenmektedir. Diğer bir etki de kiriş yüksekliklerinin artması düşey yüklerin artması anlamına gelir. Bu noktada optimum çözümü elde ederken bu parametrelerin değişimine dikkat edilecek ve etkileri incelenecektir.

Tablo 4.3 Kiriş Yük Analizi

Kiriş Numaraları	Derinlik	Genişlik	Birim Ağırlık
	(m)	(m)	(kN/m)
Çevre Kirişleri (40x50)	0.50	0.40	5.00
Çevre Kirişleri (40x60)	0.60	0.40	6.00
Çevre Kirişleri (40x80)	0.80	0.40	8.00
Çevre Kirişleri (40x100)	1.00	0.40	10.00
Çevre Kirişleri (40x120)	1.20	0.40	12.00
K 07-K 08-K 09-K 17-K 18-K 19	0.50	1.20	15.00
K 10-K 20	0.50	0.40	5.00

4.2.5 Düşey Yük Analizinden Kirişlere Döşemeden Gelen Yükler

Dişli döşemeden kirişlere gelen yükler yukarıdaki hesaplamalarda bir birim diş boyutuna gelen sabit yük ve hareketli yük ayrı ayrı bir döşemeye gelen toplam yük bulunur (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5). Toplam yük dişli döşemenin yük aktarımı yönündeki kirişlere yayılı yük olarak iletildiği kabulü ile dişli döşemedeki yükler yayılı yük haline çevrilir ve kirişlere aktarılır (Tablo 4.6 ve Tablo 4.7).

Tablo 4.4 Döşemelerin toplam yükleri (Normal Katlar)

Döşeme Numarası	Diş Açıklığı	Diş Sayısı	Sabit Yük (g)	Hareketli Yük (q)
	(m)		(kN)	(kN)
D ₁	10.4	12	619.01	199.68
D ₂	10.4	12	619.01	199.68
D ₃	10.8	12	642.82	207.36
D ₄	-	-	93.51	68.04

Tablo 4.5 Döşemelerin toplam yükleri (Çatı Katı)

Döşeme Numarası	Diş Açıklığı	Diş Sayısı	Sabit Yük (g)	Hareketli Yük (q)
	(m)		(kN)	(kN)
D ₁	10.4	12	619.01	149.76
D ₂	10.4	12	619.01	149.76
D ₃	10.8	12	642.82	155.52
D ₄	-	-	93.51	29.16

Tablo 4.6 Düşey yük analizi için döşemeden kirişlere gelen yayılı yük değerleri (Normal Katlar)

Döşeme Numarası	Sabit Yük (g)	Hareketli Yük (q)
	(kN/m)	(kN/m)
D ₁	29.76	9.60
D ₂	28.66	9.24
D ₃	30.90	9.97

Tablo 4.7 Düşey yük analizi için döşemeden kirişlere gelen yayılı yük değerleri (Çatı Katı)

Döşeme Numarası	Sabit Yük (g)	Hareketli Yük (q)
	(kN/m)	(kN/m)
D ₁	29.76	7.20
D ₂	28.66	6.93
D ₃	30.90	7.48

4.2.6 Düşey Yük Analizinde Kirişlere Duvarlardan Gelen Yükler

Tasarlanan yapıda dış duvar yoktur. Dış cephelerde birim hacim ağırlığı 25 kN/m³ olan 20 mm kalınlığında cam kaplama malzemesi kullanılacağı öngörülmüştür. Yapı iç kısmında asansör ve merdiven kovası çevresinde 2 kN/m² olan yayılı yük etkidiği kabul edilmiştir. Bu değerler sıva + kaplama dahil olan tuğla değerleridir.

4.2.7 Düşey Yük Analizinde Kirişlere Gelen Toplam Yükler

Kirişlere kendi ağırlıklarından, döşemeden, duvardan, dış cephe kaplamasından gelen sabit yükler ile hareketli yükler etki eder. SAP 2000 programında elemanların kendi ağırlıkları program tarafından hesaplanabildiği için kiriş ve kolonların kendi ağırlıkları nedeni ile oluşacak düşey yükler dikkate alınmamıştır.

Tasarımda yapıya etkimesi olasılığı bulunan tüm yük kombinasyonları dikkate alınmalıdır. Yapıya etki eden yük birleştirme katsayıları TS500'de verilmiştir. TS500'de yalnız düşey yükler için yapılan hesaplamalarda tasarım yük katsayıları 1.4G + 1.6Q olarak verilmiştir.

Tasarlanan yapıda kirişlere gelen sabit ve hareketli yük değerleri bu katsayılarla çarpılmamıştır. SAP 2000 programı bu katsayıları girmeye imkan sağlamaktadır. (Tablo 4.8)

Bu değerler SAP 2000 yapı analizi programında yapının bütün kirişlerine etki ettirilmiştir. Kolonların ön boyutlandırılmasında bu değerlerden faydalanarak yaklaşık bir sonuç elde edilebilir. Fakat sistem hiperstatik olduğu için özellikle dış kolonların planda sık yerleştirilmelerinden dolayı kolonlar arasındaki yardımlaşmanın da büyük olacağı dikkate alınmalıdır.

Tablo 4.8 Kirişlere gelen toplam yayılı yük değerleri (Kendi ağırlıkları hariç)

Kiriş Numaraları	Duvardan	Döşemeden	Camdan	Sabit	Hareketli
	g_{du} (kN/m)	$g_{dö}$ (kN/m)	g_c (kN/m)	g_t (kN/m)	q_t (kN/m)
K 01-K 02-K 03-K 04	0.00	29.76	1.50	<u>31.26</u>	<u>9.60</u>
K 05-K 06	0.00	28.66	1.50	<u>30.16</u>	<u>9.24</u>
K 07	0.00	60.66	0.00	<u>60.66</u>	<u>19.57</u>
K 08	6.00	28.66	0.00	<u>34.66</u>	<u>9.24</u>
K 09	0.00	32.00	0.00	<u>32.00</u>	<u>11.61</u>
K 10	0.00	6.68	0.00	<u>6.68</u>	<u>4.73</u>
K 11-K 12-K 13-K 14	0.00	0.00	1.50	<u>1.50</u>	<u>0.00</u>
K 15-K 16	0.00	0.00	1.50	<u>1.50</u>	<u>0.00</u>
K 17	0.00	0.00	0.00	<u>0.00</u>	<u>0.00</u>
K 18-K 19	6.00	0.00	0.00	<u>6.00</u>	<u>0.00</u>
K 20	0.00	6.68	0.00	<u>6.68</u>	<u>4.73</u>

4.3 Kolonların Düşey Yüklere Göre Ön Boyutlandırılması

Kolonların ön boyutlandırılması, TS500 ve ABYYHY-98 yönetmeliklerinin kriterlerine göre yapılmıştır.

TS500'e göre dikdörtgen kesitli kolonların kesit genişliği 250 mm'den küçük olamaz. Ancak, I, T, 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.

Kolonlardaki net beton örtüsü dıştaki elemanlarda 25 mm'den içteki elemanlarda 20 mm'den az olamaz.

TDY-98'e göre dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve en kesit alanı 75000 mm²'den daha az olamaz.

Kolonun brüt en kesit alanı, A_c ;

$$A_c \geq \frac{N_{d \max}}{0.5f_{ck}} \text{ koşulunu sağlamalıdır.} \quad (4.1)$$

Kolonların ön boyutlandırılması yapılırken kirişlere gelen yükler basit mesnet kabulü ile mesnet tepkileri bulunabilir. Bulunan bu mesnet tepkileri kendisi ile ilgili olan kolonlara etkililerek her kattaki kolonlara gelen yükler hesap edilir. Bu işlem bütün katlar için yapılarak sonunda kolonlara gelen toplam yükler bulunur. Bu aşamadan sonra $A_c \geq N_{d \max} / 0.5f_{ck}$ formülünden yararlanılarak kolonlar yaklaşık olarak boyutlandırılır. Kolonların boyutlandırılmaları yapılırken bulunan boyutlar eğilme etkisinin de varlığı göz önünde tutularak biraz daha büyük seçilir.

Kolonların yerleştirilme şekli tüp sistemlere uygun olarak yapılmış ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Ön boyutlandırma yapılırken yapı tüp sistem olduğu için her kattaki dış kolonların kesitlerinin aynı olmasına dikkat edilmiştir. Dünyadaki uygulamalara bakıldığında, en ekonomik ve en sık rastlanan durum her kattaki dış kolonların kesitlerinin aynı tutulmasıdır. Bu nedenle, dış kolonlardan en çok zorlanan kolonların kesitleri diğer kolon kesitleri ile aynı boyutlu alınmıştır.

Sonuç olarak, üç sistem için üç ayrı kolon boyutları elde edilmiştir. Bu sistemler yapıda beton kalitesinin yapıya etkilerini incelemek için üç ayrı boyutlu taşıyıcı sistemde üç ayrı beton sınıfı yalnız ve birlikte kullanılmıştır.

Birinci sistemde beton sınıfı düşük tutularak yalnız BS 40 beton sınıfı kullanılarak kolon boyutları belirlenmiştir (Tablo 4.9).

İkinci sistemde karma beton sınıfı kullanılmıştır. Bu sistemde, yapının ilk 12 katı için BS 60, üst katlarda ise BS 40 beton sınıfları kullanılmıştır (Tablo 4.10).

Üçüncü sistemde de karma beton sınıfı kullanılmıştır. Bu sistemde ise, yapının ilk 12 katı için BS 80, üst katlarda ise BS 60 beton sınıfları kullanılmıştır (Tablo 4.11).

Bu kolon kesitlerinin ön boyutlandırılması yapıldıktan sonra SAP 2000 yapı analizi programı ile çözüm yapılmıştır

Tablo 4.9 Beton sınıfı BS 40 olan yapının kolon boyutları

Kolon No	Kat No			
	1-2-3-4	5-6-7-8	9-10-11-12	13-14-15-16
	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti
	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)
S01	90x90	90x90	80x80	80x80
S02	90x90	90x90	80x80	80x80
S03	90x90	90x90	80x80	80x80
S04	90x90	90x90	80x80	80x80
S05	90x90	90x90	80x80	80x80
S06	90x90	90x90	80x80	80x80
S07	90x90	90x90	80x80	80x80
S08	90x90	90x90	80x80	80x80
S09	90x90	90x90	80x80	80x80
S10	90x90	90x90	80x80	80x80
S11	90x90	90x90	80x80	80x80
S12	120x120	110x110	100x100	90x90
S13	120x120	110x110	100x100	90x90
S14	90x90	90x90	80x80	80x80
S15	120x120	110x110	100x100	90x90
S16	90x90	90x90	80x80	80x80
S17	90x90	90x90	80x80	80x80
Kolon No	Kat No			
	17-18-19-20	21-22-23-24-25	26-27-28-29-30-31-32-33-34-35	
	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	
	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)	
S01	70x70	70x70	60x60	
S02	70x70	70x70	60x60	
S03	70x70	70x70	60x60	
S04	70x70	70x70	60x60	
S05	70x70	70x70	60x60	
S06	70x70	70x70	60x60	
S07	70x70	70x70	60x60	
S08	70x70	70x70	60x60	
S09	70x70	70x70	60x60	
S10	70x70	70x70	60x60	
S11	70x70	70x70	60x60	
S12	80x80	70x70	60x60	
S13	80x80	70x70	60x60	
S14	70x70	70x70	60x60	
S15	80x80	70x70	60x60	
S16	70x70	70x70	60x60	
S17	70x70	70x70	60x60	

Tablo 4.10 1-12. Katlar arası beton sınıfı BS 60, üst katlarda BS 40 olan yapının kolon boyutları

Kolon No	Kat No			
	1-2-3-4	5-6-7-8	9-10-11-12	13-14-15-16
	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti
	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)
S01	75x75	70x70	60x60	60x60
S02	75x75	70x70	60x60	60x60
S03	75x75	70x70	60x60	60x60
S04	75x75	70x70	60x60	60x60
S05	75x75	70x70	60x60	60x60
S06	75x75	70x70	60x60	60x60
S07	75x75	70x70	60x60	60x60
S08	75x75	70x70	60x60	60x60
S09	75x75	70x70	60x60	60x60
S10	75x75	70x70	60x60	60x60
S11	75x75	70x70	60x60	60x60
S12	100x100	90x90	80x80	70x70
S13	100x100	90x90	80x80	70x70
S14	75x75	70x70	60x60	60x60
S15	100x100	90x90	80x80	70x70
S16	75x75	70x70	60x60	60x60
S17	75x75	70x70	60x60	60x60
Kolon No	Kat No			
	17-18-19-20	21-22-23-24-25	26-27-28-29-30-31-32-33-34-35	
	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	
	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)	
S01	60x60	60x60	60x60	
S02	60x60	60x60	60x60	
S03	60x60	60x60	60x60	
S04	60x60	60x60	60x60	
S05	60x60	60x60	60x60	
S06	60x60	60x60	60x60	
S07	60x60	60x60	60x60	
S08	60x60	60x60	60x60	
S09	60x60	60x60	60x60	
S10	60x60	60x60	60x60	
S11	60x60	60x60	60x60	
S12	60x60	60x60	60x60	
S13	60x60	60x60	60x60	
S14	60x60	60x60	60x60	
S15	60x60	60x60	60x60	
S16	60x60	60x60	60x60	
S17	60x60	60x60	60x60	

Tablo 4.11 1-12. Katlar arası beton sınıfı BS 80, üst katlarda BS 60 olan yapının kolon boyutları

Kolon No	Kat No			
	1-2-3-4	5-6-7-8	9-10-11-12	13-14-15-16
	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti
	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)
S01	70x70	60x60	60x60	60x60
S02	70x70	60x60	60x60	60x60
S03	70x70	60x60	60x60	60x60
S04	70x70	60x60	60x60	60x60
S05	70x70	60x60	60x60	60x60
S06	70x70	60x60	60x60	60x60
S07	70x70	60x60	60x60	60x60
S08	70x70	60x60	60x60	60x60
S09	70x70	60x60	60x60	60x60
S10	70x70	60x60	60x60	60x60
S11	70x70	60x60	60x60	60x60
S12	80x80	70x70	60x60	60x60
S13	80x80	70x70	60x60	60x60
S14	70x70	60x60	60x60	60x60
S15	80x80	70x70	60x60	60x60
S16	70x70	60x60	60x60	60x60
S17	70x70	60x60	60x60	60x60
Kolon No	Kat No			
	17-18-19-20	21-22-23-24-25	26-27-28-29-30-31-32-33-34-35	
	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	Kolon Kesiti	
	(cm x cm)	(cm x cm)	(cm x cm)	
S01	50x50	50x50	50x50	
S02	50x50	50x50	50x50	
S03	50x50	50x50	50x50	
S04	50x50	50x50	50x50	
S05	50x50	50x50	50x50	
S06	50x50	50x50	50x50	
S07	50x50	50x50	50x50	
S08	50x50	50x50	50x50	
S09	50x50	50x50	50x50	
S10	50x50	50x50	50x50	
S11	50x50	50x50	50x50	
S12	50x50	50x50	50x50	
S13	50x50	50x50	50x50	
S14	50x50	50x50	50x50	
S15	50x50	50x50	50x50	
S16	50x50	50x50	50x50	
S17	50x50	50x50	50x50	

5. YATAY YÜKLERE GÖRE HESAP

Bu çalışmada incelen yapı 3 bodrum kat, 1 zemin kat ve 31 normal kattan oluşan 35 katlı betonarme tüp sistem bir yapıdır. Tüm yapı boyunca kat yüksekliği 3.5 m'dir. Yapının kat alanı 998.56 m²'dir. Yapının yatay yük hesapları tamamen ABYYHY-98 kriterlerine göre yapılmıştır. Yapının yatay yük analizi ile ilgili tüm parametreler bu yönetmelik ışığı altında değerlendirilerek uygun değerler kullanılmıştır.

Bina ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleridir. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi tüm bina ve bina tipi yapıların deprem hesaplarında kullanılabilir [8, 11].

Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabileceği yapılar aşağıdaki Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Yapılar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} < 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N < 25 \text{ m}$
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} < 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N < 60 \text{ m}$
3, 4	Tüm Binalar	$H_N < 75 \text{ m}$

Bu çalışmada incelenen yapı, I. Derece deprem bölgesinde yer aldığından ve yapı yüksekliğinin 122.5 m olmasından dolayı Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılamaz. Yapı üç boyutlu olarak modellenmiş olup yatay yük analizinde spektrum eğrisi uygulanarak, Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır.

5.1 Mod Birleştirme Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olduğu kabul edilir.

Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntemde yapının birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak kabul edilir.

Mod Birleştirme Yönteminde ise toplam deprem kuvvetlerinin bulunmasında diğer titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba katılır ve bu toplam kuvvetlerin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir [8].

Deprem etkilerinin yön değiştirilebilen özelliğinden dolayı spektrum eğrilerinin hazırlanmasında ilgili parametrelerin işaretleri göz önüne alınmaz. Ayrıca, her titreşim mod şekli için bulunan değer denklemin belirli bir zamanında olduğu için, elde edilen maksimum değerlerin üst üste toplanması uygun bir sonuç olmaz. Bunun yerine, binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvvetleri, iç kuvvetler, yer değiştirme ve rölatif kat yer değiştirmesi gibi her mod için elde edilen büyüklüklerin birleştirilmesi, T_i ve T_j gibi herhangi iki mod periyodunun ($T_i < T_j$) olmak üzere birbirinden $T_i / T_j < 0.80$ koşulunu sağlayacak kadar ayırık olması durumunda, “Karelerin Toplamının Karekökü Kuralı” kullanılarak yapılabilir.

Mod periyotlarının yeterli ayırık olmaması durumunda yukarıdaki yaklaşım yerine “Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı” uygulanarak modal etkiler birleştirilir.

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı Y , göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90’ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

Ayrıca, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlesinin %5’inden büyük olan bütün titreşim modları göz önüne alınacaktır.

Matematiksel bakış açısıyla Mod Birleştirme Yöntemi, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre daha kesin bir hesap yöntemi olarak görülür. Ancak, taşıyıcı sistem

elemanlarının atalet momentlerinde, davranışlarındaki belirsizlikler yanında hesapta depremi temsil eden spektrum eğrisindeki kabuller bu yönteminde önemli bir yaklaşıklık içerdiğini gösterir. Elastik deprem yükünün azaltılması, kesit hesaplarının daha sonra doğrusal olmayan kabullere dayanan taşıma gücü yöntemine göre yapılması da bu yöntemin yaklaşımlar içerdiğine işaret eder. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kabullerinin daha az sayıda olması pek çok durumda bu yöneme olan güveni artırır. Bu nedenle, ABYYHY-98 Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen sonuçların Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmasını öngörmektedir [11].

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen bin toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Modal Birleştirme Yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, aşağıdaki denkleme göre büyütülecektir.

$$B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B \quad (5.1)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin yapılarda bulunması durumunda $\beta = 1.00$, bu düzensizliklerden hiç birinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.90$ olarak alınacaktır.

5.2 SAP 2000 Yapı Analiz Programı ile Modal Analiz

ABYYHY-98 yönetmeliğinde yer alan spektrum eğrisinin programa giriş yapılmıştır. Spektrum eğrisinin oluşturulmasında yapının özelliklerine bağlı olarak aşağıda açıklanan kabuller yapılmıştır.

- Yapı I. Derece deprem bölgesinde olup etkin yer ivmesi katsayısı $A_0 = 0.40$ alınmıştır.
- Yapı işyeri ve büro amaçlı kullanacağı için yapı önem katsayısı $I = 1.00$ alınmıştır.
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (deprem yükü azaltma katsayısı) $R = 8$ alınmıştır.

- Yapı Z4 ve Z3 zemin sınıflarına göre analiz edileceğinden, karakteristik periyotları Z4 zemin sınıfı için $T_A = 0.20$ sn ve $T_B = 0.90$ sn, Z3 zemin sınıfı için ise $T_A = 0.15$ sn ve $T_B = 0.60$ sn olarak alınmıştır.
- Yapının deprem hesabında etkili olacak ağırlığı hesaplanarak aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5.2).

Tablo 5.2 Yapı Ağırlığı ve Kat Kütleleri

Katlar	W (kN)	m (kNs ² /m)	Kat Dönme Atalet Kütlesi
1. - 4.	13610.21	1387.38	230990
5. - 8.	13368.71	1362.76	226892
9. - 12.	12404.46	1264.47	210534
13. - 16.	12204.96	1244.13	207149
17. - 20.	11370.21	1159.04	192988
21. - 25.	11212.71	1142.99	190316
26. - 35.	10507.46	1071.10	178351
Toplam Yapı Ağırlığı	412972.49		

Yapıya uygulanacak spektrum eğrisinin değerleri aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$S(T) = 2.5 \times \left(\frac{T_B}{T_k} \right)^{0.8} \quad (5.2)$$

Spektrum eğrisinin değerleri ve bu değerlerden elde edilen grafik aşağıda gösterilmiştir.

- Her iki doğrultuda spektrum ölçek katsayısı (S) için aşağıdaki değer alınmıştır.

$$S = \frac{A_0 \times g}{R} \Rightarrow S = \frac{0.40 \times 9.81}{8} = 0.4905$$

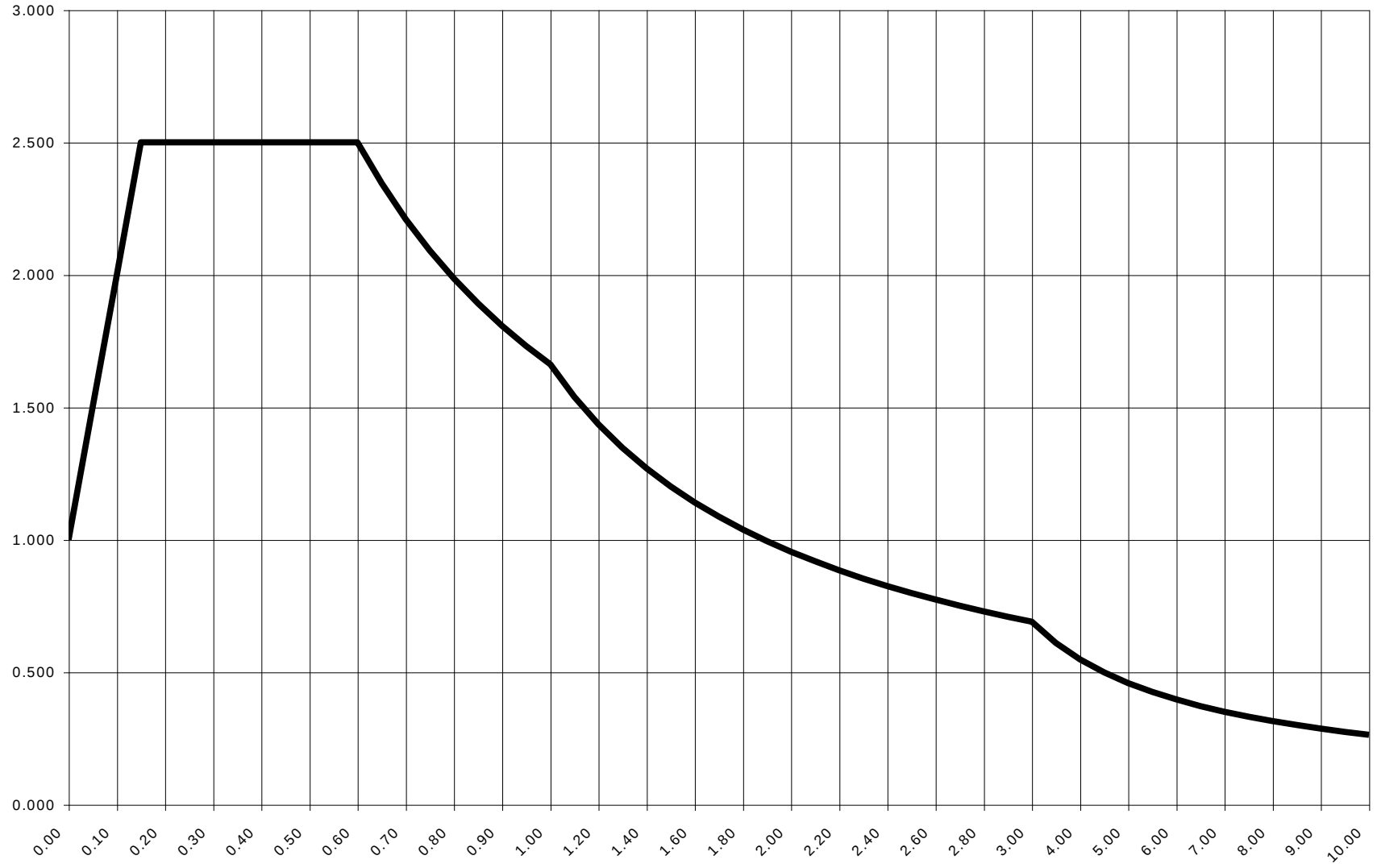
- CQC Tam Karesel Birleştirme Metodu kullanılmıştır.
- CQC Tam Karesel Birleştirme Metodunun uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.
- Toplam 70 mod göz önüne alınmıştır.

Tablo 5.3 I. Derece deprem bölgesi ve Z4 zemin sınıfı için spektrum değerleri

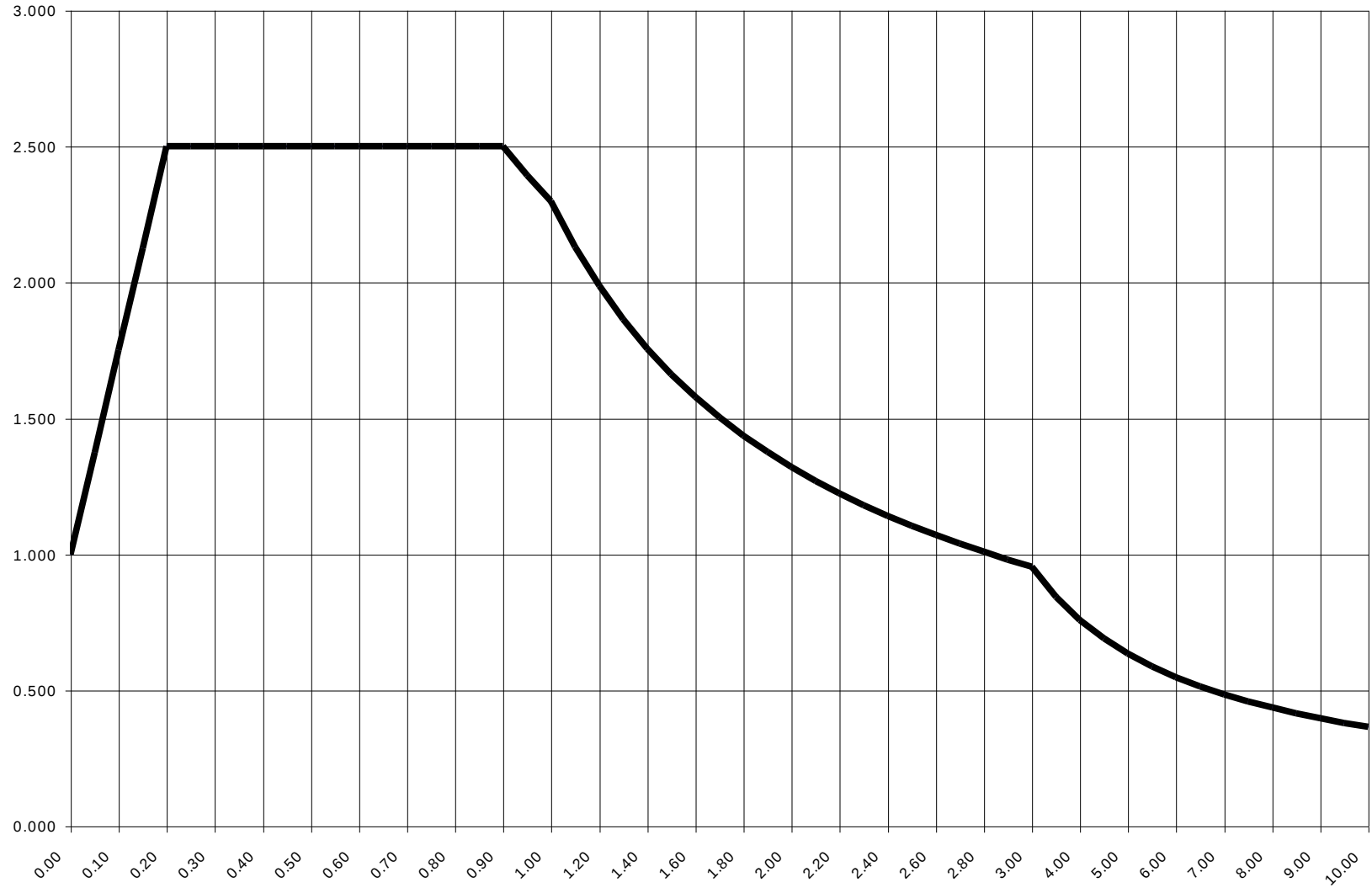
T_k (sn)	T_A (sn)	T_B (sn)	A_0	I	$S(T)$
0.00	0.20	0.90	0.40	1	1.000
0.05	0.20	0.90	0.40	1	1.375
0.10	0.20	0.90	0.40	1	1.750
0.15	0.20	0.90	0.40	1	2.125
0.20	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.30	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.40	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.50	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.60	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.70	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.80	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.90	0.20	0.90	0.40	1	2.500
0.95	0.20	0.90	0.40	1	2.394
1.00	0.20	0.90	0.40	1	2.298
1.10	0.20	0.90	0.40	1	2.129
1.20	0.20	0.90	0.40	1	1.986
1.30	0.20	0.90	0.40	1	1.863
1.40	0.20	0.90	0.40	1	1.756
1.50	0.20	0.90	0.40	1	1.661
1.60	0.20	0.90	0.40	1	1.578
1.70	0.20	0.90	0.40	1	1.503
1.80	0.20	0.90	0.40	1	1.436
1.90	0.20	0.90	0.40	1	1.375
2.00	0.20	0.90	0.40	1	1.320
2.10	0.20	0.90	0.40	1	1.269
2.20	0.20	0.90	0.40	1	1.223
2.30	0.20	0.90	0.40	1	1.180
2.40	0.20	0.90	0.40	1	1.141
2.50	0.20	0.90	0.40	1	1.104
2.60	0.20	0.90	0.40	1	1.070
2.70	0.20	0.90	0.40	1	1.038
2.80	0.20	0.90	0.40	1	1.008
2.90	0.20	0.90	0.40	1	0.980
3.00	0.20	0.90	0.40	1	0.954
3.50	0.20	0.90	0.40	1	0.843
4.00	0.20	0.90	0.40	1	0.758
4.50	0.20	0.90	0.40	1	0.690
5.00	0.20	0.90	0.40	1	0.634
10.00	0.20	0.90	0.40	1	0.364

Tablo 5.4 I. Derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfı için spektrum değerleri

T_k (sn)	T_A (sn)	T_B (sn)	A_0	I	$S(T)$
0.00	0.15	0.60	0.40	1	1.000
0.05	0.15	0.60	0.40	1	1.500
0.10	0.15	0.60	0.40	1	2.000
0.15	0.15	0.60	0.40	1	2.500
0.20	0.15	0.60	0.40	1	2.500
0.30	0.15	0.60	0.40	1	2.500
0.40	0.15	0.60	0.40	1	2.500
0.50	0.15	0.60	0.40	1	2.500
0.60	0.15	0.60	0.40	1	2.500
0.70	0.15	0.60	0.40	1	2.210
0.80	0.15	0.60	0.40	1	1.986
0.90	0.15	0.60	0.40	1	1.807
0.95	0.15	0.60	0.40	1	1.731
1.00	0.15	0.60	0.40	1	1.661
1.10	0.15	0.60	0.40	1	1.539
1.20	0.15	0.60	0.40	1	1.436
1.30	0.15	0.60	0.40	1	1.347
1.40	0.15	0.60	0.40	1	1.269
1.50	0.15	0.60	0.40	1	1.201
1.60	0.15	0.60	0.40	1	1.141
1.70	0.15	0.60	0.40	1	1.087
1.80	0.15	0.60	0.40	1	1.038
1.90	0.15	0.60	0.40	1	0.994
2.00	0.15	0.60	0.40	1	0.954
2.10	0.15	0.60	0.40	1	0.918
2.20	0.15	0.60	0.40	1	0.884
2.30	0.15	0.60	0.40	1	0.853
2.40	0.15	0.60	0.40	1	0.825
2.50	0.15	0.60	0.40	1	0.798
2.60	0.15	0.60	0.40	1	0.774
2.70	0.15	0.60	0.40	1	0.751
2.80	0.15	0.60	0.40	1	0.729
2.90	0.15	0.60	0.40	1	0.709
3.00	0.15	0.60	0.40	1	0.690
3.50	0.15	0.60	0.40	1	0.610
4.00	0.15	0.60	0.40	1	0.548
4.50	0.15	0.60	0.40	1	0.499
5.00	0.15	0.60	0.40	1	0.458
10.00	0.15	0.60	0.40	1	0.263



Şekil 5.1 Z3 zemin sınıfına ait spektrum eğrisi



Şekil 5.2 Z4 zemin sınıfına ait spektrum eğrisi

5.2.1 Modal Analiz Sonuçları

Yapılan spektrum analizi sonucunda yapının 1. ve 2. etkin periyodu $T_1 = 3.8923$ ve $T_2 = 3.8364$ olarak belirlenmiştir. Yapının birinci periyodu x doğrultusunda, ikinci periyodu ise y doğrultusunda oluşmaktadır.

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{3.8364}{3.8923} = 0.985 > 0.8 \rightarrow \text{CQC (Tam Karesel Birleştirme Metodu)}$$

kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür.

Tablo 5.5 X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

Spec	Mod	Yön	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECX	1	U1	11746.81	0.00	0.00	0.00	952103.67	-185599.6
SPECX	2	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	3	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	4	U1	4552.87	0.00	0.00	-0.01	-19816.25	-71935.3
SPECX	5	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	6	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	7	U1	2236.87	0.00	0.00	-0.01	31003.71	-35342.6
SPECX	8	U1	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	-0.1
SPECX	9	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	10	U1	1199.15	0.03	0.00	-0.33	129.99	-18946.0
SPECX	11	U1	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.4
SPECX	12	U1	684.58	0.01	0.00	0.04	6501.64	-10816.2
SPECX	13	U1	0.00	0.14	0.00	-1.32	0.00	2.2
SPECX	14	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	15	U1	513.92	0.02	0.00	-0.09	408.53	-8119.6
SPECX	16	U1	0.00	0.08	0.00	-0.06	0.00	1.3
SPECX	17	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	18	U1	397.63	0.05	0.00	-0.25	2876.27	-6281.8
SPECX	19	U1	0.00	-0.07	0.00	0.48	0.00	-1.1
SPECX	20	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	21	U1	294.25	-0.03	0.00	0.53	463.65	-4649.7
SPECX	22	U1	0.00	0.03	0.00	-0.05	0.00	0.5
SPECX	23	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	24	U1	246.29	-0.19	0.00	0.95	1221.38	-3894.4
SPECX	25	U1	0.00	-0.02	0.00	0.11	0.00	-0.4
SPECX	26	U1	175.81	-0.19	0.00	0.75	351.65	-2780.9
SPECX	27	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	28	U1	0.00	-0.06	0.00	0.12	0.00	-1.0
SPECX	29	U1	147.10	0.03	0.00	-0.06	690.21	-2323.6
SPECX	30	U1	0.00	-0.03	0.00	0.16	0.00	-0.5
SPECX	31	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	32	U1	128.52	-0.12	0.00	0.24	262.61	-2032.5
SPECX	33	U1	0.00	-0.04	0.00	0.08	0.00	-0.6
SPECX	34	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	35	U1	102.89	0.01	0.00	-0.06	418.61	-1625.5

Tablo 5.5 X Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

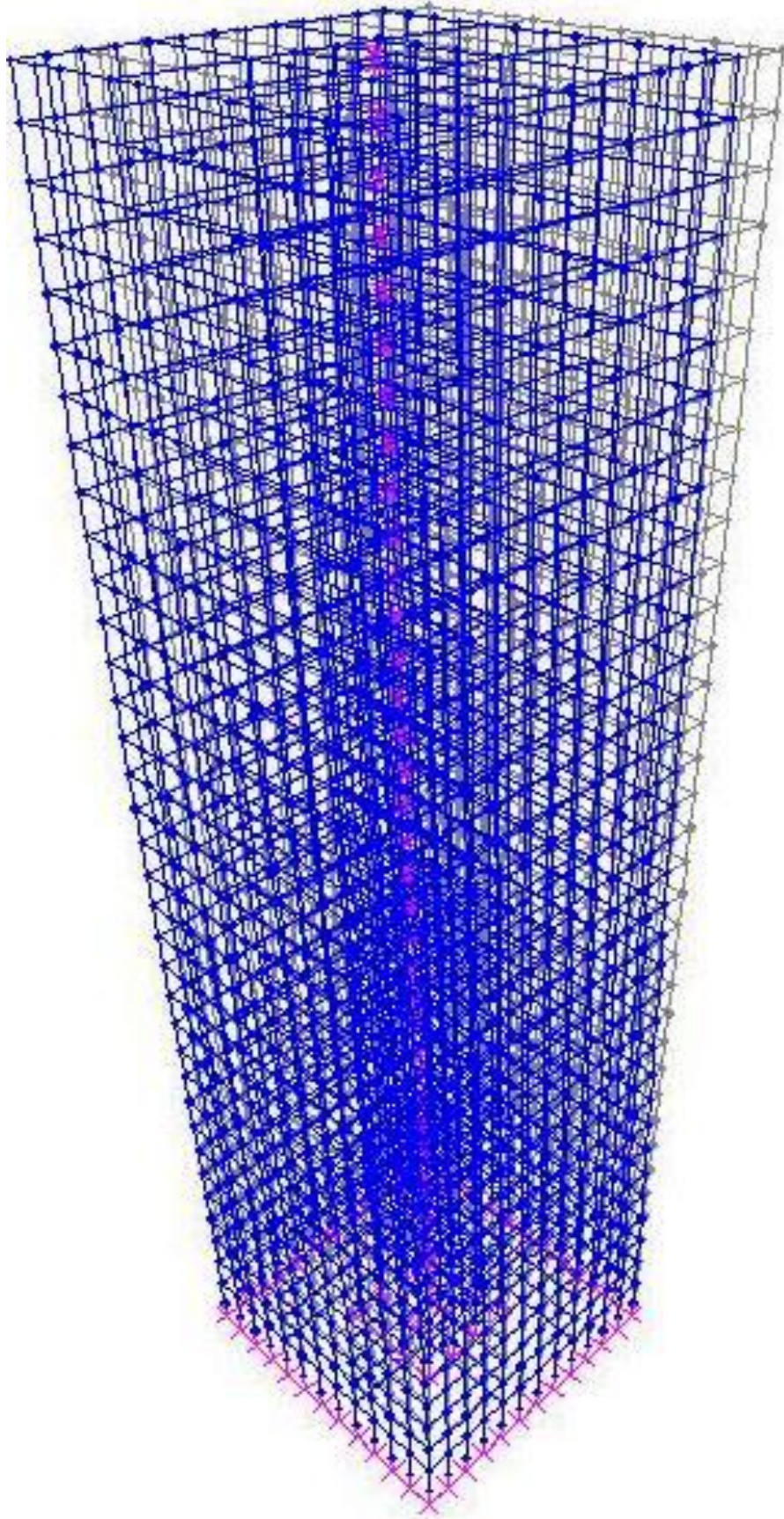
Spec	Mod	Yön	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECX	36	U1	0.00	0.15	0.00	-0.61	0.00	2.39
SPECX	37	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	38	U1	86.68	0.01	0.00	0.02	200.45	-1369.37
SPECX	39	U1	0.00	0.05	0.00	-0.10	0.00	0.73
SPECX	40	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	41	U1	71.64	-0.01	0.00	0.01	226.09	-1132.08
SPECX	42	U1	0.00	0.15	0.00	-0.48	0.00	2.43
SPECX	43	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	44	U1	57.37	0.02	0.00	-0.06	117.15	-906.09
SPECX	45	U1	0.00	-0.02	0.00	0.04	0.00	-0.28
SPECX	46	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	47	U1	55.12	-0.02	0.00	0.06	178.24	-871.22
SPECX	48	U1	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.05
SPECX	49	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	50	U1	46.83	-0.03	0.00	0.07	98.36	-740.45
SPECX	51	U1	0.00	0.08	0.00	-0.17	0.00	1.27
SPECX	52	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	53	U1	40.45	0.00	0.00	-0.02	103.89	-639.05
SPECX	54	U1	0.00	-0.06	0.00	0.15	0.00	-0.94
SPECX	55	U1	39.89	0.01	0.00	-0.02	79.07	-630.04
SPECX	56	U1	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00	-0.10
SPECX	57	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	58	U1	26.23	0.03	0.00	-0.04	61.08	-413.97
SPECX	59	U1	0.00	0.02	0.00	-0.05	0.00	0.31
SPECX	60	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	61	U1	27.13	0.03	0.00	-0.06	48.00	-428.22
SPECX	62	U1	0.00	0.01	0.00	-0.03	0.00	0.24
SPECX	63	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	64	U1	19.23	-0.02	0.00	0.03	44.69	-304.23
SPECX	65	U1	0.00	0.03	0.00	-0.06	0.00	0.42
SPECX	66	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	67	U1	23.69	0.12	0.00	-0.22	49.40	-372.42
SPECX	68	U1	0.00	-0.11	0.00	0.23	0.00	-1.73
SPECX	69	U1	8.10	0.05	0.00	-0.11	17.44	-127.23
SPECX	70	U1	0.00	-0.04	0.00	0.09	0.00	-0.69
SPECX	All	All	13014.50	0.71	0.00	2.95	952769.21	8.99

Tablo 5.6 Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

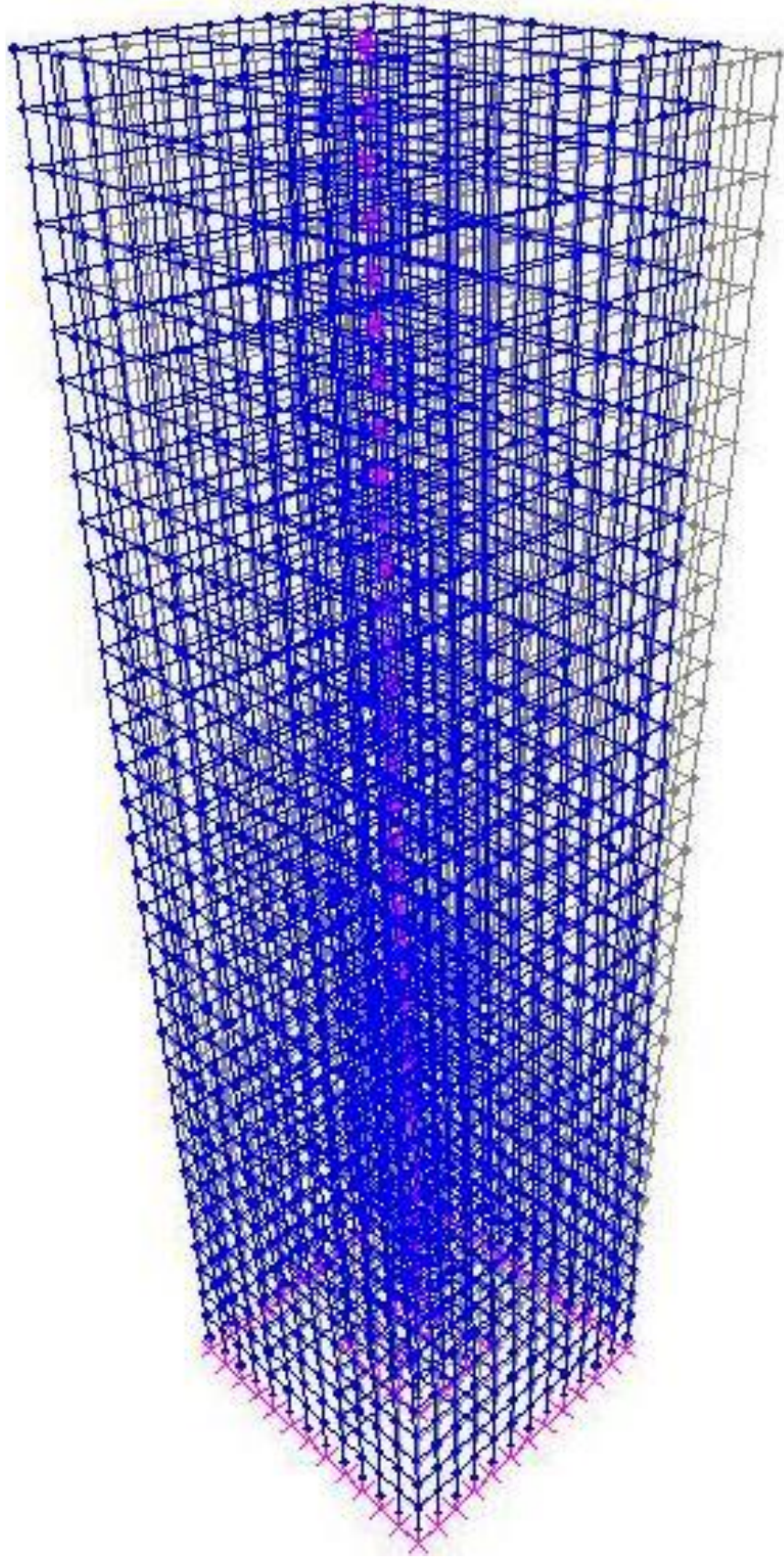
Spec	Mod	Yön	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECY	1	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00
SPECY	2	U2	0.00	11881.22	0.00	-963514.76	0.00	187723.32
SPECY	3	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	4	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.04
SPECY	5	U2	0.00	4659.75	0.00	18632.21	0.00	73624.06
SPECY	6	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	7	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01
SPECY	8	U2	0.00	2237.19	0.00	-30529.07	0.00	35347.71
SPECY	9	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	10	U2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54
SPECY	11	U2	0.03	1195.04	0.00	-166.48	-0.02	18881.14
SPECY	12	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.11	-0.18
SPECY	13	U2	0.14	680.01	0.00	-6353.76	0.31	10741.85
SPECY	14	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	15	U2	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.36
SPECY	16	U2	0.08	510.61	0.00	-409.80	0.32	8066.36
SPECY	17	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	18	U2	0.05	0.00	0.00	0.00	0.36	-0.78
SPECY	19	U2	-0.07	395.18	0.00	-2819.47	0.02	6244.93
SPECY	20	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	21	U2	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.55
SPECY	22	U2	0.03	291.22	0.00	-449.77	-0.20	4600.73
SPECY	23	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	24	U2	-0.19	0.00	0.00	0.00	-0.95	3.02
SPECY	25	U2	-0.02	242.59	0.00	-1191.53	0.11	3833.35
SPECY	26	U2	-0.19	0.00	0.00	0.00	-0.38	3.01
SPECY	27	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	28	U2	-0.06	173.16	0.00	-343.01	-0.14	2736.92
SPECY	29	U2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.15	-0.52
SPECY	30	U2	-0.03	144.68	0.00	-674.02	0.00	2286.50
SPECY	31	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	32	U2	-0.12	0.00	0.00	0.00	-0.25	1.91
SPECY	33	U2	-0.04	126.65	0.00	-255.82	-0.07	2001.65
SPECY	34	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	35	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.09

Tablo 5.6 Y Doğrultusu Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

Spec	Mod	Yön	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECY	36	U2	0.15	101.44	0.00	-410.89	0.34	1600.34
SPECY	37	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	38	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.10
SPECY	39	U2	0.05	85.29	0.00	-194.29	0.10	1346.84
SPECY	40	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	41	U2	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.04	0.19
SPECY	42	U2	0.15	70.67	0.00	-222.08	0.35	1114.23
SPECY	43	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	44	U2	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	-0.28
SPECY	45	U2	-0.02	56.64	0.00	-114.60	-0.04	895.14
SPECY	46	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	47	U2	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.29
SPECY	48	U2	0.00	54.64	0.00	-176.34	-0.03	863.23
SPECY	49	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	50	U2	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.07	0.51
SPECY	51	U2	0.08	46.42	0.00	-96.42	0.21	732.22
SPECY	52	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	53	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.08
SPECY	54	U2	-0.06	39.81	0.00	-102.06	-0.14	629.89
SPECY	55	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.18
SPECY	56	U2	-0.01	39.57	0.00	-77.76	-0.02	625.36
SPECY	57	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	58	U2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	-0.43
SPECY	59	U2	0.02	25.97	0.00	-60.39	0.05	409.98
SPECY	60	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	61	U2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	-0.49
SPECY	62	U2	0.01	27.04	0.00	-47.43	0.03	426.99
SPECY	63	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	64	U2	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.34
SPECY	65	U2	0.03	18.81	0.00	-43.71	0.05	296.81
SPECY	66	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	67	U2	0.12	0.00	0.00	0.00	0.24	-1.83
SPECY	68	U2	-0.11	23.53	0.00	-48.96	-0.23	373.50
SPECY	69	U2	0.05	0.00	0.00	0.00	0.11	-0.82
SPECY	70	U2	-0.04	7.70	0.00	-16.65	-0.09	122.28
SPECY	All	All	0.86	13173.59	0.00	964140.41	2.47	10.05



Şekil 5.3 Yapı 1. Mod Şekli



Şekil 5.4 Yapı 2. Mod Şekli

Yapılan Modal Analiz sonuçlarına göre, modlara ait kütle katılım oranları Tablo 5.7’de gösterilmiştir.

Tablo 5.7 Modlara Ait Kütle Katılım Oranları

Mod	Periyod	UX	UY	Toplam UX	Toplam UY
1	3.892311	73.2276	0	73.2276	0
2	3.836381	0	73.1591	73.2276	73.1591
3	2.541941	0	0	73.2276	73.1591
4	1.364896	12.2879	0	85.5154	73.1591
5	1.34411	0	12.4223	85.5154	85.5814
6	0.908196	0	0	85.5154	85.5814
7	0.784099	4.3312	0	89.8467	85.5814
8	0.770589	0	4.3318	89.8467	89.9133
9	0.54377	0	0	89.8467	89.9133
10	0.54127	2.3219	0	92.1685	89.9133
11	0.532119	0	2.3139	92.1685	92.2272
12	0.410132	1.3255	0	93.4941	92.2272
13	0.403406	0	1.3167	93.4941	93.5439
14	0.381361	0	0	93.4941	93.5439
15	0.326651	0.9951	0	94.4892	93.5439
16	0.321602	0	0.9887	94.4892	94.5326
17	0.292008	0	0	94.4892	94.5326
18	0.267379	0.7699	0	95.2591	94.5326
19	0.263466	0	0.7652	95.2591	95.2977
20	0.234774	0	0	95.2591	95.2977
21	0.224806	0.5697	0	95.8289	95.2977
22	0.221695	0	0.5639	95.8289	95.8616
23	0.19418	0	0	95.8289	95.8616
24	0.192367	0.4881	0	96.3169	95.8616
25	0.189883	0	0.4844	96.3169	96.3461
26	0.165928	0.3792	0	96.6961	96.3461
27	0.164241	0	0	96.6961	96.3461
28	0.16393	0	0.376	96.6961	96.722
29	0.145092	0.341	0	97.0371	96.722
30	0.143477	0	0.3373	97.0371	97.0594
31	0.14203	0	0	97.0371	97.0594
32	0.128395	0.3169	0	97.354	97.0594
33	0.127077	0	0.3139	97.354	97.3733
34	0.123283	0	0	97.354	97.3733
35	0.113949	0.2685	0	97.6226	97.3733

Tablo 5.7 Modlara Ait Kütle Katılım Oranları

Mod	Periyod	UX	UY	Toplam UX	Toplam UY
36	0.11286	0	0.2659	97.6226	97.6392
37	0.108565	0	0	97.6226	97.6392
38	0.102363	0.2374	0	97.8599	97.6392
39	0.101476	0	0.2344	97.8599	97.8737
40	0.096769	0	0	97.8599	97.8737
41	0.092162	0.205	0	98.065	97.8737
42	0.091419	0	0.203	98.065	98.0766
43	0.08638	0	0	98.065	98.0766
44	0.083404	0.1708	0	98.2358	98.0766
45	0.082803	0	0.1691	98.2358	98.2457
46	0.078046	0	0	98.2358	98.2457
47	0.076113	0.1699	0	98.4057	98.2457
48	0.075619	0	0.1688	98.4057	98.4145
49	0.070728	0	0	98.4057	98.4145
50	0.069615	0.1489	0	98.5546	98.4145
51	0.069208	0	0.1479	98.5546	98.5624
52	0.064252	0	0	98.5546	98.5624
53	0.064178	0.1322	0	98.6868	98.5624
54	0.06385	0	0.1303	98.6868	98.6927
55	0.05939	0.1336	0	98.8204	98.6927
56	0.059117	0	0.1327	98.8204	98.8255
57	0.05908	0	0	98.8204	98.8255
58	0.055243	0.0898	0	98.9101	98.8255
59	0.05503	0	0.089	98.9101	98.9144
60	0.054255	0	0	98.9101	98.9144
61	0.051632	0.0947	0	99.0048	98.9144
62	0.051462	0	0.0944	99.0048	99.0089
63	0.050218	0	0	99.0048	99.0089
64	0.048402	0.0683	0	99.0731	99.0089
65	0.048278	0	0.0669	99.0731	99.0757
66	0.046793	0	0	99.0731	99.0757
67	0.046044	0.0852	0	99.1584	99.0757
68	0.045943	0	0.0847	99.1584	99.1605
69	0.043861	0.0295	0	99.1879	99.1605
70	0.043818	0	0.028	99.1879	99.1885

Tablolarda görüldüğü gibi 70 mod için toplam etkin kütle oranı %99 mertebesinde. ABYYHY-98’de belirlenen koşulların sağlanabilmesi için yatay yük analizinde 11 modunda yeterli olacağı görülmektedir.

5.2.2 Modal Analiz Yönteminin Eşdeğer Deprem Yüğü ile Karşılaştırılması

X Doğrultusunda Kontrol

Yapının modal analizi sonucunda elde edilen periyot $\rightarrow T_1 = 3.892$ sn

Yapının modal analiz sonucu elde edilen toplam deprem yükü $\rightarrow V_{t1} = 13014.5$ kN

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapının periyodunu ve yapıya etkiyen toplam deprem yükü hesaplanırsa;

$$T_1 = T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (5.3)$$

$C_t = 0.07 \rightarrow$ Tamamen çerçevelerden oluşan yapı

$H_N = 122.5$ m

$$T_1 = T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times 122.5^{3/4} = 2.58 \text{ sn}$$

$T_{1A} > 1.0$ sn olması durumunda T_1 'in deprem hesabında alınacak en büyük değeri, T_{1A} 'nın 1.30 katından daha fazla olamayacağı kuralı uygulanırsa

$$T_1 = 1.30 \times 2.58 = 3.35 \text{ sn}$$

Yapının x yönünde, deprem hesabında kullanılacak periyot değeri $T_1 = 3.35$ sn'dir.

$$V_t = \frac{W \times A(T_i)}{R_a(T_i)} \geq 0.10 \times A_0 \times I \times W \quad (5.4)$$

$$A(T_i) = A_0 \times I \times S(T_i) \quad (5.5)$$

Bu formüllerde;

$V_t \rightarrow$ Taban Kesme Kuvveti

$W \rightarrow$ Yapının Toplam Ağırlığı

$A(T_i) \rightarrow$ Spektral İvme Katsayısı

$S(T_i) \rightarrow$ i'inci moda ait spektrum katsayısı

$I \rightarrow$ Yapı Önem Katsayısı

$R_a(T_i) \rightarrow$ Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı)

$$S(T_1) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.9}{3.35} \right)^{0.8} = 0.874$$

$$A(T_1) = A_0 \times I \times S(T_1) = 0.40 \times 1 \times 0.874 = 0.35$$

$$R_a(T_1) = 8$$

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 \times A_0 \times I \times W = \frac{412972 \cdot 49 \times 0.35}{8} = 18067.55 \text{ kN} > 16518.89 \text{ kN}$$

Yapıda A1, B2 ve B3 tipi yapı düzensizliği bulunmadığından $\beta = 0.90$ alınacaktır.

$$\beta V_t = 0.90 \times 18067.55 = 16260.8 \text{ kN} \Rightarrow \frac{16260.8}{13014.5} = 1.25$$

Modal Analiz ile bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme değerleri 1.25 kat büyütülecektir.

Y Doğrultusunda Kontrol

Yapının modal analizi sonucunda elde edilen periyot $\rightarrow T_2 = 3.836 \text{ sn}$

Yapının modal analiz sonucu elde edilen toplam deprem yükü $\rightarrow V_{t2} = 13173.6 \text{ kN}$

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapının periyodunu ve yapıya etkiyen toplam deprem yükü hesaplanırsa;

$$T_2 = T_{2A} = C_t H_N^{3/4}$$

$C_t = 0.07 \rightarrow$ Tamamen çerçevelerden oluşan yapı

$$H_N = 122.5 \text{ m}$$

$$T_2 = T_{2A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times 122.5^{3/4} = 2.58 \text{ sn}$$

$T_{2A} > 1.0 \text{ sn}$ olması durumunda T_2 'nin deprem hesabında alınacak en büyük değeri, T_{2A} 'nın 1.30 katından daha fazla olamayacağı kuralı uygulanırsa

$$T_2 = 1.30 \times 2.58 = 3.35 \text{ sn}$$

Yapının x yönünde, deprem hesabında kullanılacak periyot değeri $T_2 = 3.35 \text{ sn}$ 'dir.

$$S(T_2) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.9}{3.35} \right)^{0.8} = 0.874$$

$$A(T_2) = A_0 \times I \times S(T_2) = 0.40 \times 1 \times 0.874 = 0.35$$

$$R_a(T_2) = 8$$

$$V_t = \frac{W \times A(T_2)}{R_a(T_2)} \geq 0.10 \times A_0 \times I \times W = \frac{412972 \cdot 49 \times 0.35}{8} = 18067.55 \text{ kN} > 16518.89 \text{ kN}$$

Yapıda A1, B2 ve B3 tipi yapı düzensizliği bulunmadığından $\beta = 0.90$ alınacaktır.

$$\beta V_t = 0.90 \times 18067.55 = 16260.8 \text{ kN} \Rightarrow \frac{16260.8}{13173.6} = 1.234$$

Modal Analiz ile bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme değerleri 1.234 kat büyütülecektir.

Bu büyütme katsayıları göz önüne alınarak düzeltilmiş Modal Analiz sonuçları aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

5.2.3 Artırılmış Modal Analiz Sonuçları

Yapının x ve y doğrultularındaki ABYYHY-98 kriterlerine göre artırılmış tepki spektrumu taban tesirleri Tablo 5.8 ve Tablo 5.9'da 70 mod için verilmiştir.

5.2.4. Göreli Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Spektrum eğrisi kullanılarak yapılan modal analiz sonucunda elde edilen d öteleme değerleri kullanılarak Δ_i göreli kat ötelemeleri hesaplanmış ve bu değerlerin ABYYHY-98 yönetmeliğinde verilen koşulları sağladığı görülmüştür.

$$\frac{(\Delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.0035 \quad (5.6)$$

$$\frac{(\Delta_i)_{\max}}{h_i} \leq \frac{0.02}{R} \quad (5.7)$$

Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda ikinci mertebe gösterge değerleri deprem doğrultusunda ikinci mertebe gösterge değerleri θ_i

$$\theta_i = (\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N \frac{w_{jj}}{V_i h_i} \leq 0.12 \text{ formülü ile hesaplanmış ve bu değerlerin ABYYHY-98'}$$

de verilen $\theta_i \leq 0.12$ koşulunu sağladığı görülmüştür. Yapının x ve y doğrultusunda, kat ötelemelerinin ve ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri Tablo 5.10 ve Tablo 5.11'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8 X Doğrultusunda Artırılmış Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

Spec	Mod	Yön	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECX	1	U1	14683.52	0.00	0.00	0.00	1190129.59	-231999.6
SPECX	2	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	3	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	4	U1	5691.09	0.00	0.00	-0.01	-24770.31	-89919.1
SPECX	5	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	6	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	7	U1	2796.09	0.00	0.00	-0.01	38754.64	-44178.2
SPECX	8	U1	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	-0.1
SPECX	9	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	10	U1	1498.93	0.04	0.00	-0.41	162.49	-23682.5
SPECX	11	U1	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.5
SPECX	12	U1	855.73	0.01	0.00	0.05	8127.05	-13520.3
SPECX	13	U1	0.00	0.18	0.00	-1.65	0.00	2.8
SPECX	14	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	15	U1	642.40	0.03	0.00	-0.11	510.67	-10149.5
SPECX	16	U1	0.00	0.10	0.00	-0.08	0.00	1.6
SPECX	17	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	18	U1	497.04	0.06	0.00	-0.32	3595.33	-7852.2
SPECX	19	U1	0.00	-0.08	0.00	0.59	0.00	-1.3
SPECX	20	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	21	U1	367.81	-0.04	0.00	0.66	579.56	-5812.1
SPECX	22	U1	0.00	0.04	0.00	-0.07	0.00	0.7
SPECX	23	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	24	U1	307.86	-0.24	0.00	1.19	1526.73	-4868.0
SPECX	25	U1	0.00	-0.03	0.00	0.14	0.00	-0.5
SPECX	26	U1	219.77	-0.24	0.00	0.94	439.56	-3476.1
SPECX	27	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	28	U1	0.00	-0.08	0.00	0.15	0.00	-1.2
SPECX	29	U1	183.87	0.04	0.00	-0.07	862.77	-2904.6
SPECX	30	U1	0.00	-0.04	0.00	0.20	0.00	-0.7
SPECX	31	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	32	U1	160.65	-0.15	0.00	0.30	328.27	-2540.6
SPECX	33	U1	0.00	-0.05	0.00	0.10	0.00	-0.8
SPECX	34	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
SPECX	35	U1	128.61	0.01	0.00	-0.08	523.26	-2031.9

Tablo 5.8 X Doğrultusunda Artırılmış Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

Spec	Mod	Yön	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECX	36	U1	0.00	0.19	0.00	-0.77	0.00	2.99
SPECX	37	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	38	U1	108.34	0.01	0.00	0.03	250.57	-1711.71
SPECX	39	U1	0.00	0.06	0.00	-0.13	0.00	0.91
SPECX	40	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	41	U1	89.55	-0.01	0.00	0.01	282.62	-1415.10
SPECX	42	U1	0.00	0.19	0.00	-0.61	0.00	3.04
SPECX	43	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	44	U1	71.71	0.02	0.00	-0.08	146.44	-1132.61
SPECX	45	U1	0.00	-0.02	0.00	0.05	0.00	-0.35
SPECX	46	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	47	U1	68.90	-0.02	0.00	0.07	222.81	-1089.03
SPECX	48	U1	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.06
SPECX	49	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	50	U1	58.54	-0.04	0.00	0.09	122.95	-925.56
SPECX	51	U1	0.00	0.10	0.00	-0.21	0.00	1.59
SPECX	52	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	53	U1	50.56	0.01	0.00	-0.02	129.86	-798.81
SPECX	54	U1	0.00	-0.07	0.00	0.19	0.00	-1.17
SPECX	55	U1	49.86	0.01	0.00	-0.02	98.83	-787.55
SPECX	56	U1	0.00	-0.01	0.00	0.02	0.00	-0.12
SPECX	57	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	58	U1	32.78	0.03	0.00	-0.05	76.35	-517.46
SPECX	59	U1	0.00	0.02	0.00	-0.06	0.00	0.39
SPECX	60	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	61	U1	33.92	0.04	0.00	-0.07	60.00	-535.28
SPECX	62	U1	0.00	0.02	0.00	-0.03	0.00	0.30
SPECX	63	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	64	U1	24.04	-0.03	0.00	0.03	55.87	-380.29
SPECX	65	U1	0.00	0.03	0.00	-0.08	0.00	0.52
SPECX	66	U1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECX	67	U1	29.61	0.15	0.00	-0.28	61.75	-465.53
SPECX	68	U1	0.00	-0.14	0.00	0.28	0.00	-2.16
SPECX	69	U1	10.13	0.07	0.00	-0.14	21.80	-159.03
SPECX	70	U1	0.00	-0.05	0.00	0.12	0.00	-0.86
SPECX	All	All	16268.12	0.89	0.00	3.69	1190961.51	11.23

Tablo 5.9 Y Doğrultusunda Artırılmış Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

Spec	Mod	Yön	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECY	1	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00
SPECY	2	U2	0.00	14661.43	0.00	-1188977.21	0.00	231650.58
SPECY	3	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	4	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.05
SPECY	5	U2	0.00	5750.13	0.00	22992.15	0.00	90852.09
SPECY	6	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	7	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01
SPECY	8	U2	0.00	2760.70	0.00	-37672.88	0.00	43619.07
SPECY	9	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	10	U2	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.66
SPECY	11	U2	0.03	1474.67	0.00	-205.44	-0.02	23299.33
SPECY	12	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13	-0.22
SPECY	13	U2	0.17	839.13	0.00	-7840.54	0.38	13255.45
SPECY	14	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	15	U2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.45
SPECY	16	U2	0.10	630.09	0.00	-505.69	0.40	9953.89
SPECY	17	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	18	U2	0.06	0.00	0.00	0.00	0.44	-0.96
SPECY	19	U2	-0.08	487.65	0.00	-3479.22	0.02	7706.24
SPECY	20	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	21	U2	-0.04	0.00	0.00	0.00	-0.07	0.68
SPECY	22	U2	0.04	359.37	0.00	-555.02	-0.25	5677.30
SPECY	23	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	24	U2	-0.24	0.00	0.00	0.00	-1.17	3.73
SPECY	25	U2	-0.03	299.36	0.00	-1470.35	0.13	4730.35
SPECY	26	U2	-0.23	0.00	0.00	0.00	-0.47	3.72
SPECY	27	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	28	U2	-0.08	213.68	0.00	-423.27	-0.17	3377.36
SPECY	29	U2	0.04	0.00	0.00	0.00	0.19	-0.64
SPECY	30	U2	-0.04	178.54	0.00	-831.74	0.00	2821.55
SPECY	31	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	32	U2	-0.15	0.00	0.00	0.00	-0.31	2.36
SPECY	33	U2	-0.05	156.28	0.00	-315.68	-0.09	2470.04
SPECY	34	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	35	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.11

Tablo 5.9 Y Doğrultusunda Artırılmış Tepki Spektrumu Taban Tesirleri

Spec	Mod	Yön	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
SPECY	36	U2	0.19	125.18	0.00	-507.04	0.42	1974.82
SPECY	37	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	38	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.13
SPECY	39	U2	0.06	105.25	0.00	-239.75	0.13	1662.01
SPECY	40	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	41	U2	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.23
SPECY	42	U2	0.19	87.21	0.00	-274.04	0.44	1374.95
SPECY	43	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	44	U2	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	-0.34
SPECY	45	U2	-0.02	69.89	0.00	-141.42	-0.05	1104.61
SPECY	46	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	47	U2	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.07	0.36
SPECY	48	U2	0.00	67.42	0.00	-217.61	-0.04	1065.22
SPECY	49	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	50	U2	-0.04	0.00	0.00	0.00	-0.08	0.63
SPECY	51	U2	0.10	57.29	0.00	-118.98	0.26	903.56
SPECY	52	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	53	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.09
SPECY	54	U2	-0.07	49.12	0.00	-125.94	-0.17	777.28
SPECY	55	U2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.22
SPECY	56	U2	-0.01	48.83	0.00	-95.95	-0.02	771.69
SPECY	57	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	58	U2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.08	-0.53
SPECY	59	U2	0.02	32.04	0.00	-74.53	0.06	505.92
SPECY	60	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	61	U2	0.04	0.00	0.00	0.00	0.07	-0.61
SPECY	62	U2	0.02	33.37	0.00	-58.52	0.04	526.91
SPECY	63	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	64	U2	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.42
SPECY	65	U2	0.03	23.21	0.00	-53.93	0.06	366.26
SPECY	66	U2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPECY	67	U2	0.14	0.00	0.00	0.00	0.30	-2.26
SPECY	68	U2	-0.13	29.04	0.00	-60.42	-0.29	460.90
SPECY	69	U2	0.06	0.00	0.00	0.00	0.14	-1.01
SPECY	70	U2	-0.05	9.50	0.00	-20.55	-0.11	150.90
SPECY	All	All	1.07	16256.21	0.00	1189749.26	3.05	12.40

Tablo 5.10 X Yönü Yer Değiştirme ve Kat Ötelemeleri

Kat	UX (m)	h _i (m)	Δ_i (m)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$	$(\Delta_i)_{\max} / h_i < 0.0035$
35	0.0079	3.50	0.0001	0.000023	Tamam
34	0.0078	3.50	0.0001	0.000023	Tamam
33	0.0077	3.50	0.0001	0.000031	Tamam
32	0.0076	3.50	0.0001	0.000037	Tamam
31	0.0075	3.50	0.0001	0.000040	Tamam
30	0.0073	3.50	0.0002	0.000046	Tamam
29	0.0072	3.50	0.0002	0.000049	Tamam
28	0.0070	3.50	0.0002	0.000057	Tamam
27	0.0068	3.50	0.0002	0.000057	Tamam
26	0.0066	3.50	0.0002	0.000066	Tamam
25	0.0064	3.50	0.0002	0.000060	Tamam
24	0.0062	3.50	0.0002	0.000066	Tamam
23	0.0059	3.50	0.0002	0.000066	Tamam
22	0.0057	3.50	0.0003	0.000071	Tamam
21	0.0055	3.50	0.0003	0.000074	Tamam
20	0.0052	3.50	0.0003	0.000074	Tamam
19	0.0049	3.50	0.0003	0.000077	Tamam
18	0.0047	3.50	0.0003	0.000080	Tamam
17	0.0044	3.50	0.0003	0.000080	Tamam
16	0.0041	3.50	0.0003	0.000080	Tamam
15	0.0038	3.50	0.0003	0.000077	Tamam
14	0.0036	3.50	0.0003	0.000083	Tamam
13	0.0033	3.50	0.0003	0.000083	Tamam
12	0.0030	3.50	0.0003	0.000080	Tamam
11	0.0027	3.50	0.0003	0.000083	Tamam
10	0.0024	3.50	0.0003	0.000083	Tamam
9	0.0021	3.50	0.0003	0.000083	Tamam
8	0.0018	3.50	0.0003	0.000080	Tamam
7	0.0015	3.50	0.0003	0.000080	Tamam
6	0.0013	3.50	0.0003	0.000079	Tamam
5	0.0010	3.50	0.0003	0.000076	Tamam
4	0.0007	3.50	0.0002	0.000071	Tamam
3	0.0005	3.50	0.0002	0.000063	Tamam
2	0.0002	3.50	0.0002	0.000049	Tamam
1	0.0001	3.50	0.0001	0.000022	Tamam

Tablo 5.11 Y Yönü Yer Değiştirme ve Kat Ötelemeleri

Kat	UY (m)	h _i (m)	Δ_i (m)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i < 0.0035$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i < 0.02/R$
35	0.0079	3.50	0.0001	0.000023	Tamam	Tamam
34	0.0078	3.50	0.0001	0.000026	Tamam	Tamam
33	0.0077	3.50	0.0001	0.000034	Tamam	Tamam
32	0.0076	3.50	0.0001	0.000034	Tamam	Tamam
31	0.0075	3.50	0.0001	0.000040	Tamam	Tamam
30	0.0073	3.50	0.0002	0.000046	Tamam	Tamam
29	0.0072	3.50	0.0002	0.000051	Tamam	Tamam
28	0.0070	3.50	0.0002	0.000057	Tamam	Tamam
27	0.0068	3.50	0.0002	0.000060	Tamam	Tamam
26	0.0066	3.50	0.0002	0.000063	Tamam	Tamam
25	0.0064	3.50	0.0002	0.000063	Tamam	Tamam
24	0.0062	3.50	0.0002	0.000063	Tamam	Tamam
23	0.0059	3.50	0.0002	0.000069	Tamam	Tamam
22	0.0057	3.50	0.0002	0.000071	Tamam	Tamam
21	0.0054	3.50	0.0003	0.000074	Tamam	Tamam
20	0.0052	3.50	0.0003	0.000074	Tamam	Tamam
19	0.0049	3.50	0.0003	0.000077	Tamam	Tamam
18	0.0047	3.50	0.0003	0.000080	Tamam	Tamam
17	0.0044	3.50	0.0003	0.000080	Tamam	Tamam
16	0.0041	3.50	0.0003	0.000080	Tamam	Tamam
15	0.0038	3.50	0.0003	0.000077	Tamam	Tamam
14	0.0035	3.50	0.0003	0.000083	Tamam	Tamam
13	0.0033	3.50	0.0003	0.000080	Tamam	Tamam
12	0.0030	3.50	0.0003	0.000083	Tamam	Tamam
11	0.0027	3.50	0.0003	0.000083	Tamam	Tamam
10	0.0024	3.50	0.0003	0.000083	Tamam	Tamam
9	0.0021	3.50	0.0003	0.000083	Tamam	Tamam
8	0.0018	3.50	0.0003	0.000080	Tamam	Tamam
7	0.0015	3.50	0.0003	0.000077	Tamam	Tamam
6	0.0013	3.50	0.0003	0.000079	Tamam	Tamam
5	0.0010	3.50	0.0003	0.000076	Tamam	Tamam
4	0.0007	3.50	0.0002	0.000071	Tamam	Tamam
3	0.0005	3.50	0.0002	0.000063	Tamam	Tamam
2	0.0002	3.50	0.0002	0.000049	Tamam	Tamam
1	0.0001	3.50	0.0001	0.000022	Tamam	Tamam

6. KİRİŞSİZ RADYE TEMEL HESABI

Bina temelleri, taşıyıcı sistemin yüklerini zemine aktaran kısımlardır. Yüklerin uygun şekilde zemine aktarılması sırasında, taşıyıcı sistemde ek etkiler meydana getirecek çökmelerin ve dönmelerin meydana gelmemesi önemlidir. Ayrıca, farklı oturmaların elden geldiğince önlenmesiyle taşıyıcı sistemin gereksiz yere zorlanmasının önüne geçilmiş olur. Bu koşulları sağlayan temel düzeninin belirlenmesinden sonra betonarme temel elemanlarının iç kesit etkilerinin belirlenmesi ve bunların uygun donatı düzeni ile karşılanması gerekir [6].

Temel düzen ve boyutlarını, taşıyıcı sistemden gelen etkiler yanında, temel zeminin taşıma kapasitesi kontrol eder. Bu nedenle temel sisteminin belirlenmesinden önce, zeminin taşıma kapasitesi hakkında güvenilir bilginin elde edilmesi gerekir. Geoteknik bilgiler ışığında, inşaat alanındaki zeminin yakından incelenmesi ve yapılan sondajların değerlendirilmesi ile zemin için güvenlik gerilmesi belirlenir. Zemin güvenlik gerilmesi, betonarme yapıların emniyet gerilmeleri ilkelerine göre boyutlanması durumunda doğrudan kullanılabilir. Ancak, taşıma gücü ilkelerinin kullanılması durumunda, zemin gerilmelerinin hesap edilip verilen zemin güvenlik gerilmesi ile karşılaştırılması için kullanma durumuna karşı gelen $G + Q$ durumunun göz önüne alınması gerekir. Bunun yanında diğer bir önemli yükleme deprem etkisini de içeren $G + Q + E$ yükleme durumudur. Ancak bu durumun kullanma durumuna göre oldukça az ortaya çıkması ve kısa süre devam ettiği düşünülerek Deprem Yönetmeliğine göre zemin emniyet gerilmesinin %50 arttırılabileceği öngörülmüştür. Buna göre zemin gerilmelerinin kontrolü bakımından iki yükleme durumunun göz önüne alınması gerekir.

$G + Q$ yüklemesi $\rightarrow$ zemin gerilmesi $\leq$ zemin emniyet gerilmesi

$G + Q + E$ yüklemesi $\rightarrow$ zemin gerilmesi $\leq 1.50 \times$ zemin emniyet gerilmesi

Bu projede seçilen temel tipi, kirişsiz radye plak temeldir.

En büyük normal kuvvet değerine sahip olan kolana bakıldığında 120cm/120cm boyutlu kolon ($N_{\max} = 22694.06\text{kN}$) olduğu görülür.

$d=175\text{cm}$ $d'=5\text{cm}$ $h=180\text{cm}$ seçilirse;

Zımbalama çevresi;

$$u_p = 4 \times (120 + 175) = 1180 \text{ cm}$$

$$e_{\min} = 15 \text{ mm} + 0.03 h = 1.5 + 0.03 \times 120 = 5.1 \text{ cm}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5 \times \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \times b_y}}} = \frac{1}{1 + 1.5 \times \frac{5.1 + 5.1}{\sqrt{295 \times 295}}} = 0.95$$

$$V_{pr} = \gamma \times f_{ctd} \times u_p \times d = 0.95 \times 0.145 \times 1180 \times 175 = 28445.375 \text{ kN}$$

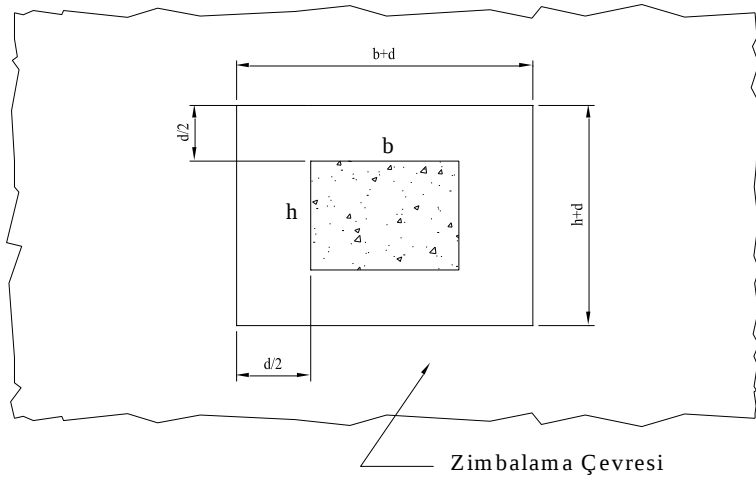
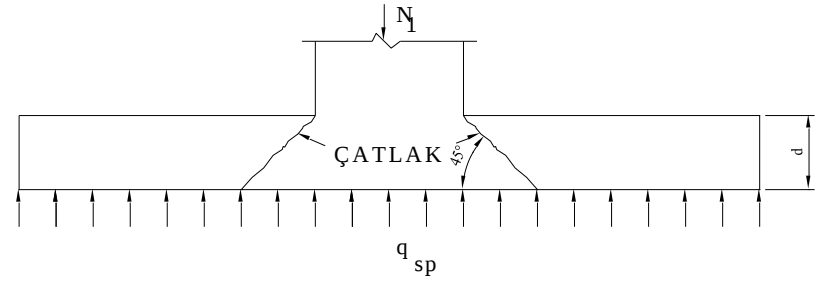
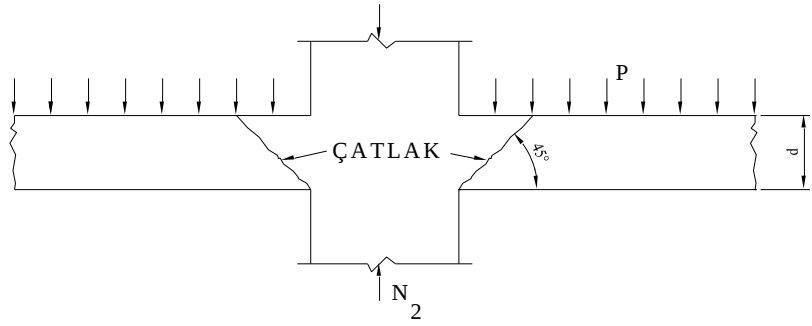
$$V_{pd} = N - F_a \quad (6.1)$$

$$F = q_{sp} \times (b + d) \times (h + d) \quad (6.2)$$

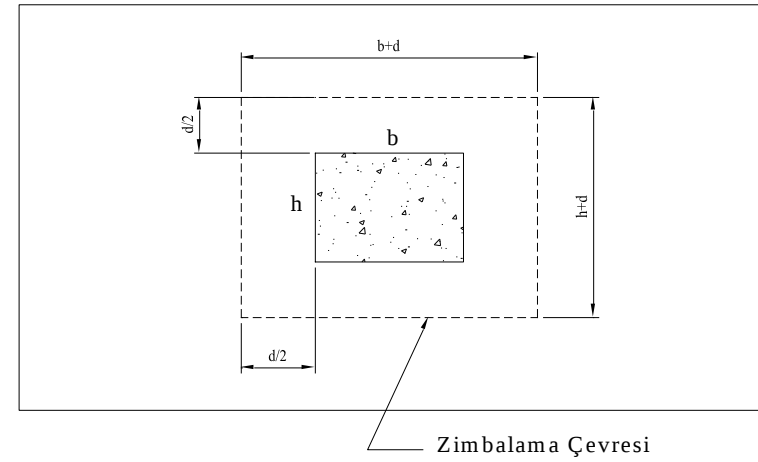
$V_{pr} \geq V_{pd}$ koşulu sağlanmıştır.

Görüldüğü gibi temelin altında oluşan zemin gerilmesi ile zımbalama alanının çarpılmasından oluşan F_a kuvvetini hesaba katmadan dahi temelin zımbalamaya karşı güvenli olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak radye temel kalınlığı 180cm seçilmiştir.



Kırılsız Döşeme



Temel

Şekil 6.1 Zımbalama Bölgesi Özellikleri ve Tasarım Zımbalama Kuvveti

6.1 Zemin Gerilmesi Kontrolü

Binanın temel yüksekliği yapılan zımbalama dayanımı kontrolü sonucunda 1.8m olarak belirlenmiştir. Ayrıca, temel altında oluşan gerilmelerin, zemin emniyet gerilmesini aşmaması için tüm bina çevresinden dışa doğru 2m konsol çıkmıştır.

Sonuç olarak tasarlanan temel tipi 33.6m x 33.6m alana sahip 1.8m derinlikli kirişsiz radye plak şeklindedir.

1.0G + 1.0Q yüklemesinden elde edilen normal kuvvet değerleri Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1 Yapı Elemanlarına Gelen Normal Kuvvet Değerleri

Kat	Eleman Adı	Gelen Yük (kN)	Adet	Toplam Yük (kN)
1	S1	4876.77	4	19507.08
1	S2	5489.77	4	21959.08
1	S3	5843.96	4	23375.84
1	S4	6184.62	4	24738.48
1	S5	6751.72	4	27006.88
1	S6	6392.42	4	25569.68
1	S7	6322.13	2	12644.26
1	S8	4449.64	4	17798.56
1	S9	4661.53	4	18646.12
1	S10	5574.37	4	22297.48
1	S11	8422.04	4	33688.16
1	S12	15884.43	4	63537.72
1	S13	13154.49	4	52617.96
1	S14	5801.12	4	23204.48
1	S15	11432.93	4	45731.72
1	S16	5283.24	2	10566.48
1	S17	7345.82	2	14691.64
Total				457581.62

Temel ağırlığı da hesaba katılırsa;

$$W_{\text{temel}} = 33.6 \times 33.6 \times 1.8 \times 25 = 50803.2 \text{ kN}$$

$$W_{\text{toplam}} = W_{\text{yapı}} + W_{\text{temel}} = 457581.62 + 50803.2 = 508384.82 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{508384.82}{33.6 \times 33.6} = 450.31 \text{ kN} / \text{m}^2 \leq 500 \text{ kN} / \text{m}^2$$

6.2 Kirişsiz Radye Temelin Statik ve Betonarme Hesabı

Radye temelin statik ve betonarme hesabı TS500'de verilen kurallar dahilinde yapılmıştır. Radye temel Sap 2000 paket programı ile çökmeye karşı tanımlanan düşey yatak katsayıları ile tanımlı sonlu elemanlar ağı oluşturarak çözülmüştür. Sonlu eleman düğüm noktalarında tanımlanan çökmeye karşı yay sabiti değerleri, düşey yatak katsayısının ilgili sonlu elemanın etkili yük alanı ile çarpılmasından oluşan tekil kuvvetler şeklinde tanımlanmıştır. Bu işlemler Sap 2000 paket programı tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmiştir.

Radye temelin boyutlandırılmasında kullanılan zemin parametreleri aşağıda verilmiştir.

Deprem Bölgesi: 1. Derece deprem bölgesi

Zemin Sınıfı: Z2

Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_z): 500kN/m²

Zemin Düşey Yatak Katsayısı (k_0): 70000kN/m³

Radye temelin boyutlandırılmasında kullanılan yük kombinasyonları aşağıda verilmiştir.

COMBO 1	: 1.4G + 1.6Q	COMBO 6	: 0.9G + E _x
COMBO 2	: G + Q + E _x	COMBO 7	: 0.9G - E _x
COMBO 3	: G + Q - E _x	COMBO 8	: 0.9G + E _y
COMBO 4	: G + Q + E _y	COMBO 9	: 0.9G - E _y
COMBO 5	: G + Q - E _y	COMBO 10	: G + Q

6.2.1 Analiz Sonrası Zemin Emniyet Gerilmesi Kontrolü

Sap 2000 paket programı ile yapılan statik analiz sonucu radye temelde oluşan en büyük çökme değerinden hareketle zemin emniyet gerilmesi hesabı yapılırsa;

Maksimum oturma miktarının 0.009397m olduğu hesaplanmıştır. Bu değerden hareketle;

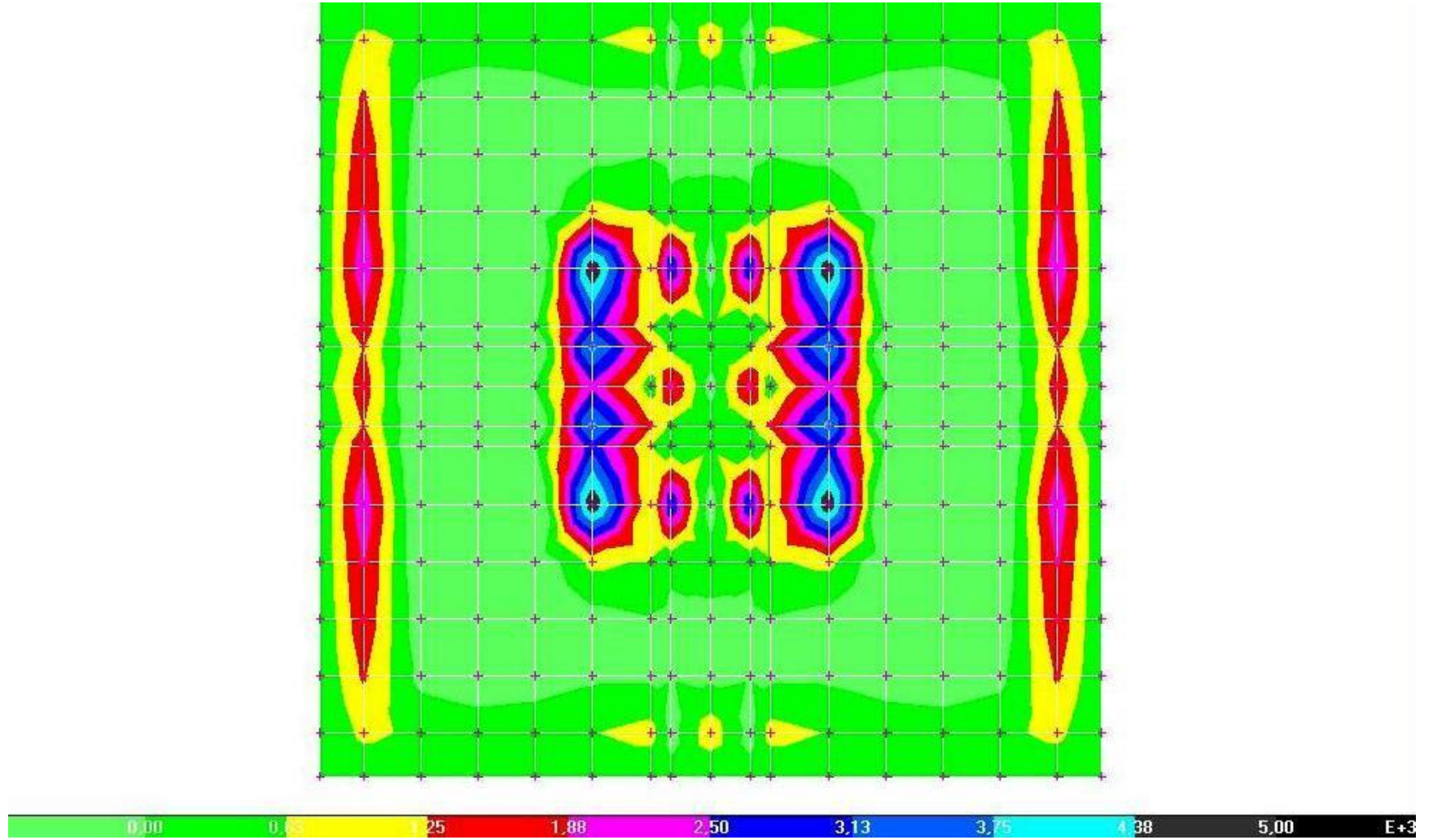
Zemin Gerilmesi: k_0 (yatak katsayısı) x Düşey çökme

$$\sigma_{zem} = 70000 \times 0.009397 = 657.79 \text{ kN / m}^2 \leq 1.5 \times \sigma_z = 1.5 \times 500 = 750 \text{ kN / m}^2$$

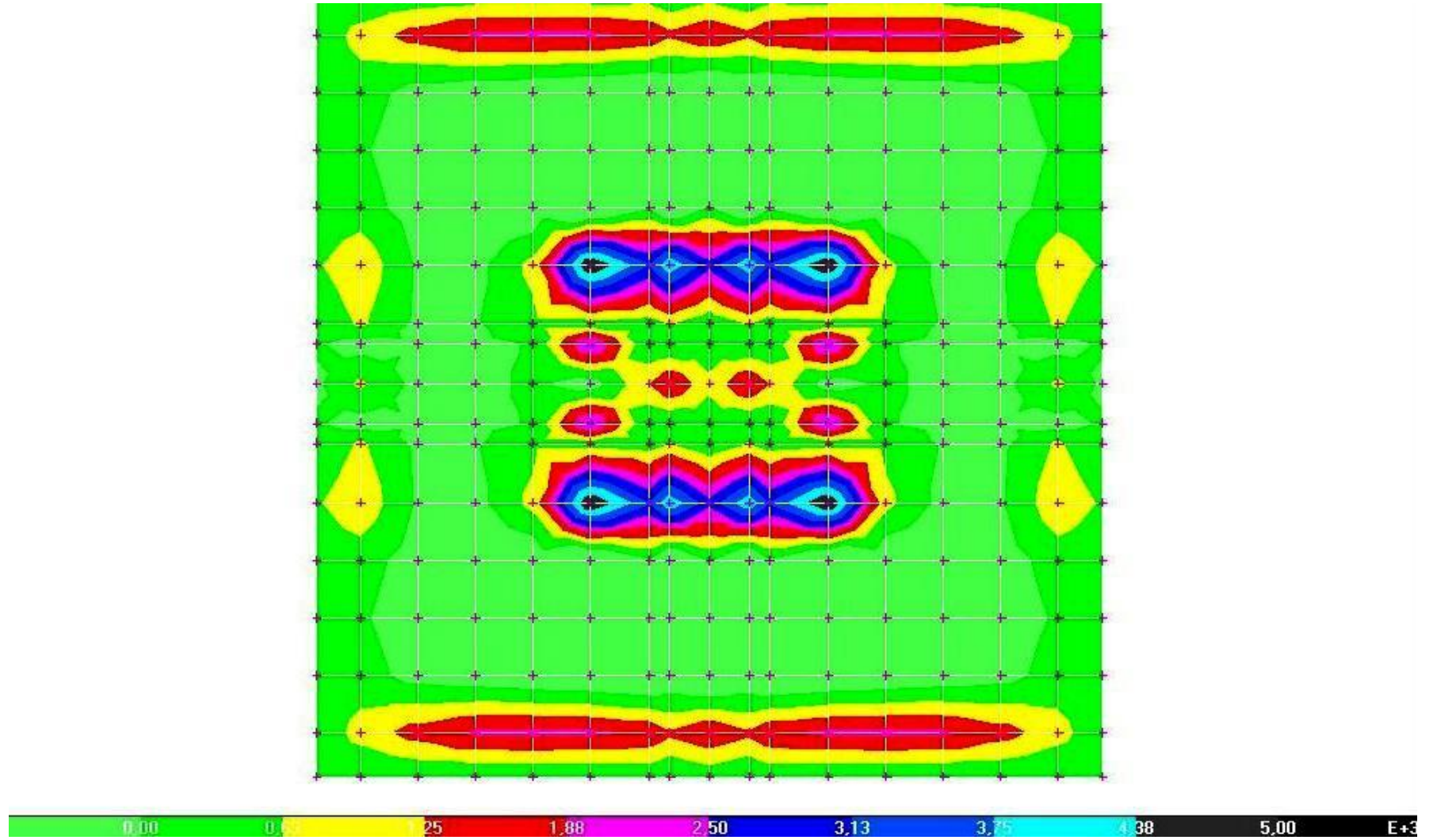
Kontrolden de görüldüğü gibi bina temelinin plandaki boyutları ve temel yüksekliği zemin emniyeti bakımından yeteri kadar güvenlidir.

6.2.2 Radye Temel Betonarme Hesabı

Radye temelin betonarme hesabı Sap 2000 bilgisayar modeli üzerinde boyutlamaya esas olan yükleme kombinasyonlarında oluşan moment diyagramlarının incelenmesi ile yapılmıştır. Her iki yön içinde en büyük moment değerleri kullanılarak donatı hesabı yapılmıştır. Bu değerlere ait moment diyagramları Şekil 6.1 ve 6.2’de gösterilmiştir. İlk olarak radye temellerde, tüm temelin altlı üstlü her iki doğrultuda minimum donatı ile donatılandırılması , momentlerin minimum sınırı aştığı bölgelere ek donatı konulması aşamalarıyla yapılmıştır [5, 6].



Şekil 6.2 Radye Temel Plağı M_{11} Moment Dağılımı



Şekil 6.3 Radye Temel Plağı M_{22} Moment Dağılımı

Radye temel, çift doğrultuda çalışan plak gibi düşünülürse,

$$A_{s\min} = \rho_{\min} \times b \times d = 0.002 \times 100 \times 175 = 35 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

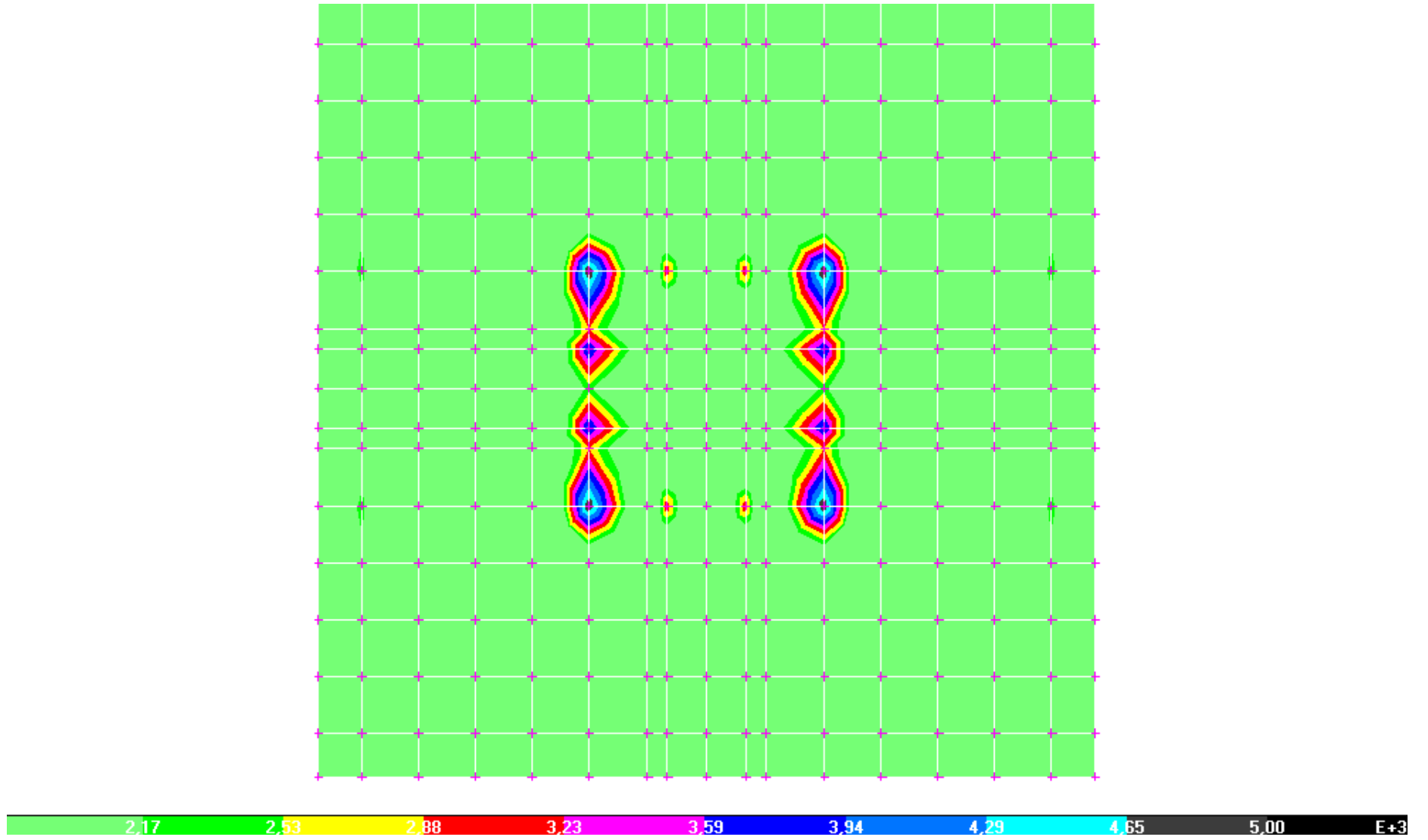
Bu donatıya karşılık gelen moment değeri hesaplanırsa,

$$M_{\min} = 35 \times 175 / 0.0282 = 2172 \text{ kNm}$$

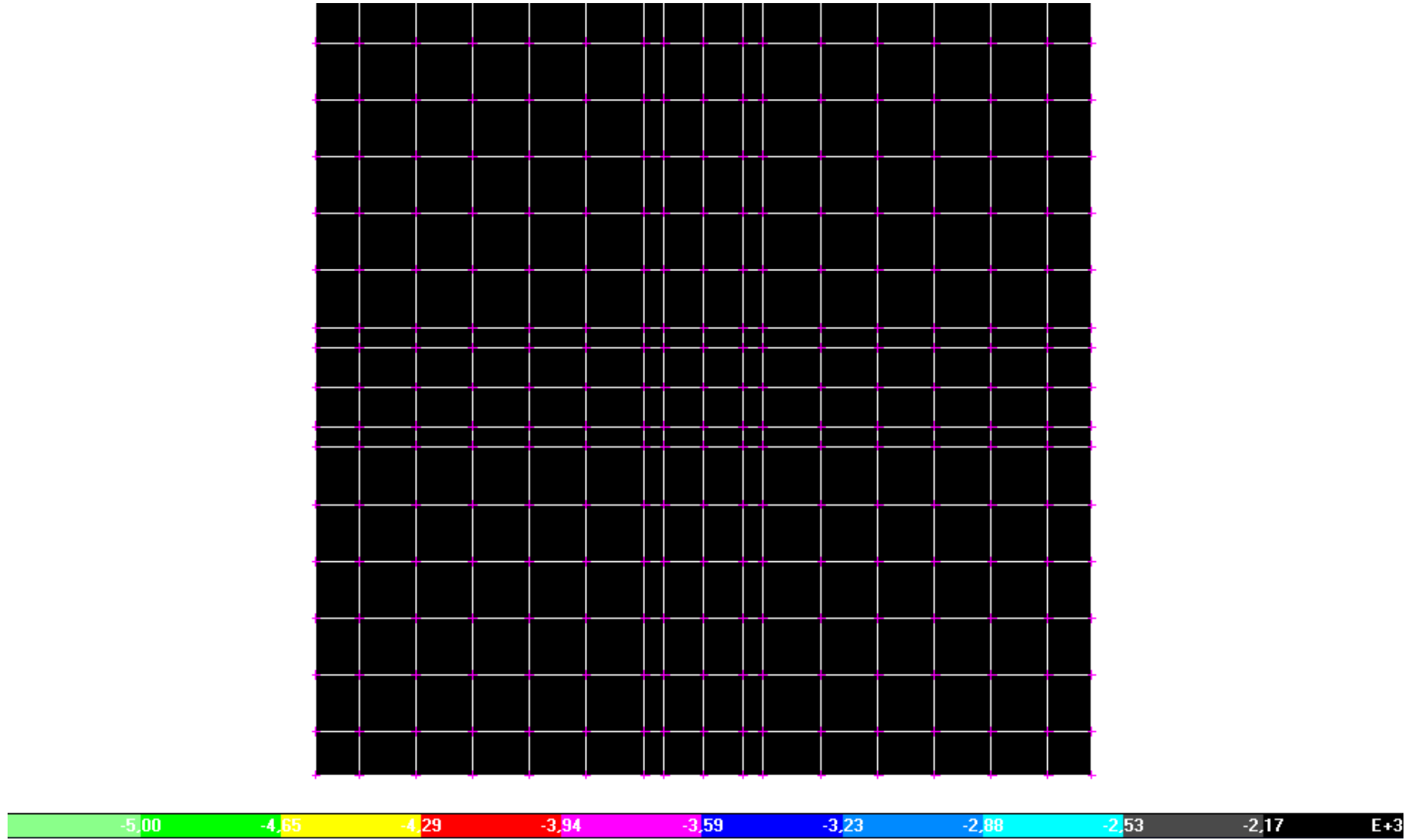
Hesaplanan bu değere göre radye temel altta ve üstte olmak üzere 2172kNm değerine göre donatılandırılacak, bu değer aşıldığı bölgelere ek donatı yerleştirilecektir. Şekil 6.3, 6.4, 6.5 ve 6.6'de her iki doğrultu için altta ve üstte 2172kNm değerinin aşıldığı bölgeler gösterilmiştir.

Seçilen minimum donatı $\rightarrow \phi 26 / 16$ ($37.2 \text{ cm}^2/\text{m}$)

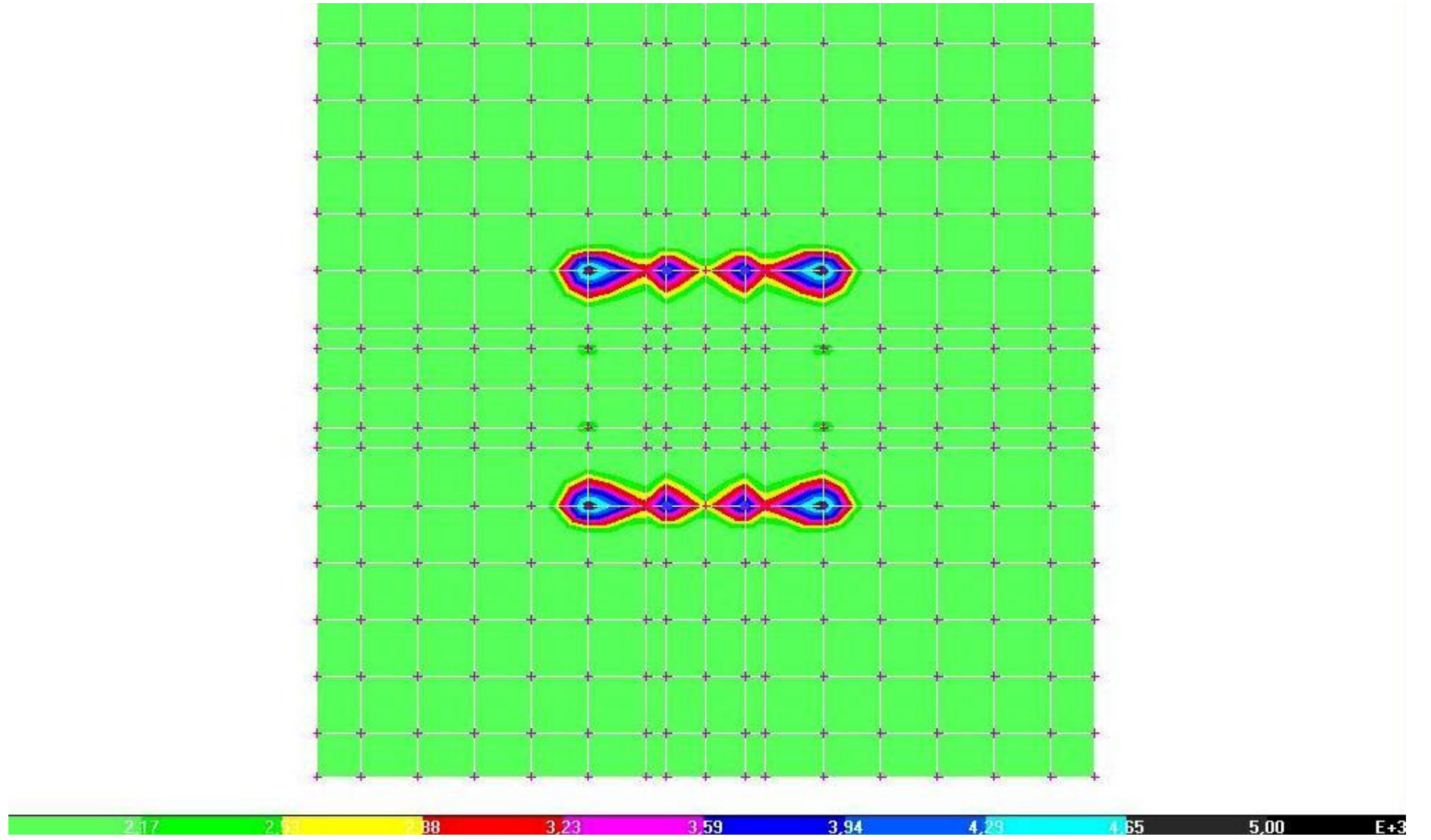
$\phi 26 / 16$ donatısı her iki yönde, altta ve üstte yerleştirilmiştir.



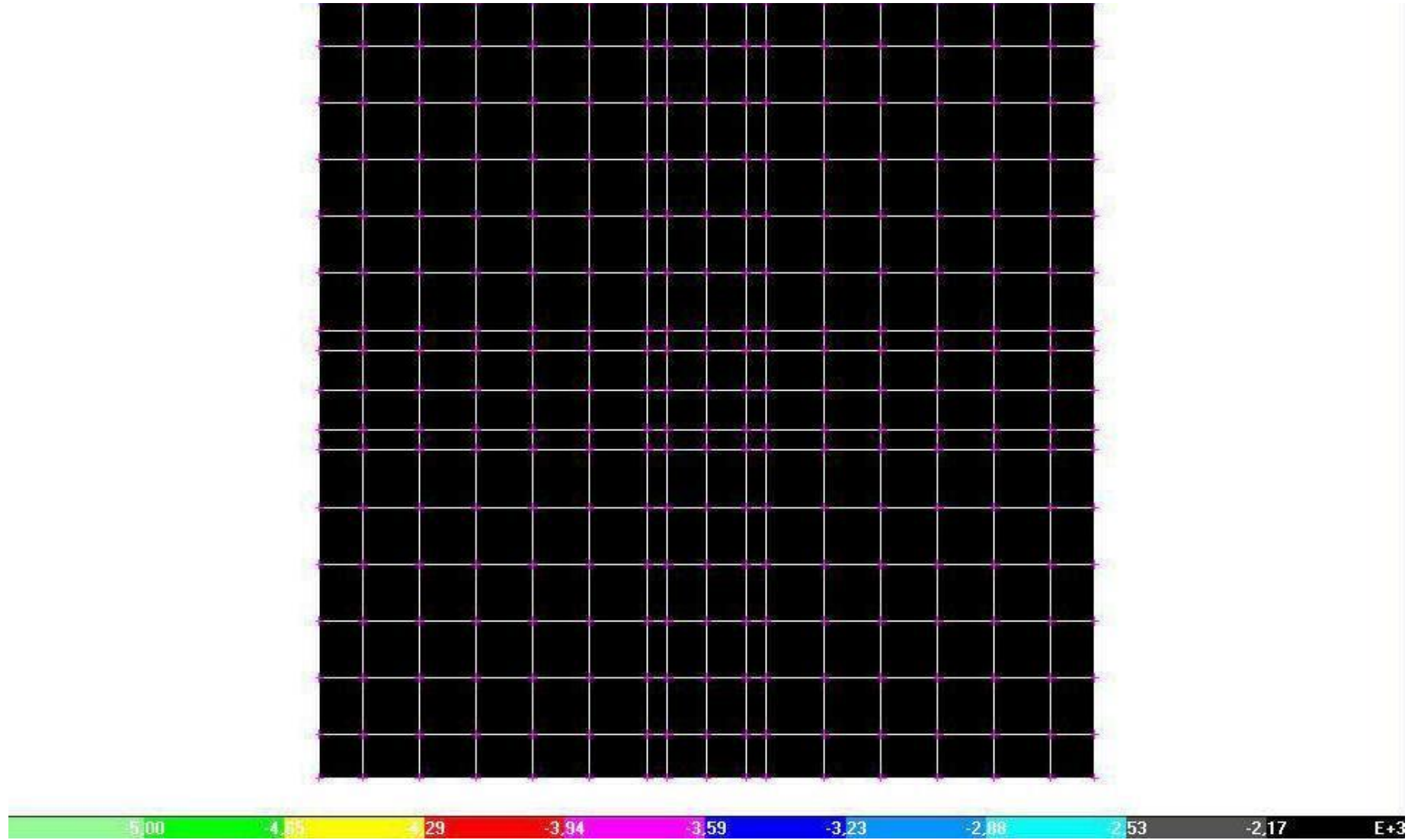
Şekil 6.4 M_{11} Momenti için 2172kNm'yi aşan bölgeler (Altta çekme)



Şekil 6.5 M_{11} Momenti için -2172kNm'yi aşan bölgeler (Üstte çekme)



Şekil 6.6 M_{22} Momenti için 2172kNm'yi aşan bölgeler (Altta çekme)



Şekil 6.7 M_{22} Momenti için -2172kNm'yi aşan bölgeler (Üstte çekme)

6.2.3 Ek Donatı Hesabı

Moment diyagramları incelendiğinde,

M_{11} moment diyagramındaki oluşan momentlerin minimum moment değerini aştığı gözlenmiştir.

$$M_{\max} = 2512 \text{ kNm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 175 \text{ cm}$$

$$k = \frac{b \times d^2}{M} = \frac{100 \times 175^2}{241200} = 12.7 \rightarrow k_s = 0.0343$$

$$A_s = \frac{k_s \times M}{d} = \frac{0.0343 \times 241200}{175} = 47.3 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{\text{smevcut}} = 37.2 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{\text{sgerekli}} = 47.3 - 37.2 = 10.1 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Seçilen} \rightarrow \phi 20 / 20 \text{ (15.71 cm}^2 / \text{m)}$$

M_{22} moment diyagramındaki oluşan momentlerin minimum moment değerini aştığı gözlenmiştir.

$$M_{\max} = 2512 \text{ kNm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 175 \text{ cm}$$

$$k = \frac{b \times d^2}{M} = \frac{100 \times 175^2}{241200} = 12.7 \rightarrow k_s = 0.0343$$

$$A_s = \frac{k_s \times M}{d} = \frac{0.0343 \times 241200}{175} = 47.3 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{\text{smevcut}} = 37.2 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{\text{sgerekli}} = 47.3 - 37.2 = 10.1 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Seçilen} \rightarrow \phi 20 / 20 \text{ (15.71 cm}^2 / \text{m)}$$

7. YÜKSEK YAPILARDA SÜNME ETKİLERİ

Çok katlı betonarme yapılarda yapı ağırlığının fazla olması nedeni ile, özellikle alt katlardaki kolon ve perde duvar gibi düşey taşıyıcı elemanlarda ani şekil değiştirmeler yanında zamana bağlı önemli şekil değiştirmeler (sünme, rötre, sıcaklık) meydana gelmektedir. Bunlar genellikle geri dönmeyen kalıcı şekil değiştirmelerdir.

Ani şekil değiştirmeler büyük çapta düşey yüklere, elemanın kesitine, betonun yüklendiği andaki yaşına, çelik ve betonun elastite modüllerine bağlıdır. Sünme şekil değiştirmeleri de başlıca beton gerilmesine, elemanın boyutuna, donatı miktarına, değişik yaşlardaki betonun sünme karakteristiklerine bağlıdır. Büzülme şekil değiştirmeleri ise beton malzemesine, karışımdaki su içeriğine, eleman boyutlarına ve düşey donatı miktarına bağlıdır.

Yüksek binalarda kolonlardaki uzunluk değişimleri önemli miktarlara ulaşabilmektedir. Örneğin, yaklaşık 100 katlı bir yapıda ağırlık ve büzülme etkilerinden dolayı 30cm civarında kısalma yaptığı bir gerçektir [4].

Çok katlı betonarme binalarda, kolonlar ve perde duvarlar arasındaki farklı kısaltmalar döşemelerde eğimlerin oluşmasına neden olabilir. Bu sorunu önlemek için tasarımı yapılan binaların tasarım aşamasında bu kısaltmalar dikkate alınarak hesap yapılmalıdır [1].

Bu bölümde, yapının düşey taşıyıcı elemanlarında zamana bağlı şekil değiştirmelerden sünme etkisi üzerinde durulacaktır. İlk önce sünme etkisi tanımlanmış ve sünme deformasyonlarının kolonlarda neden olduğu sorunlar hakkında bilgiler verilmiştir.

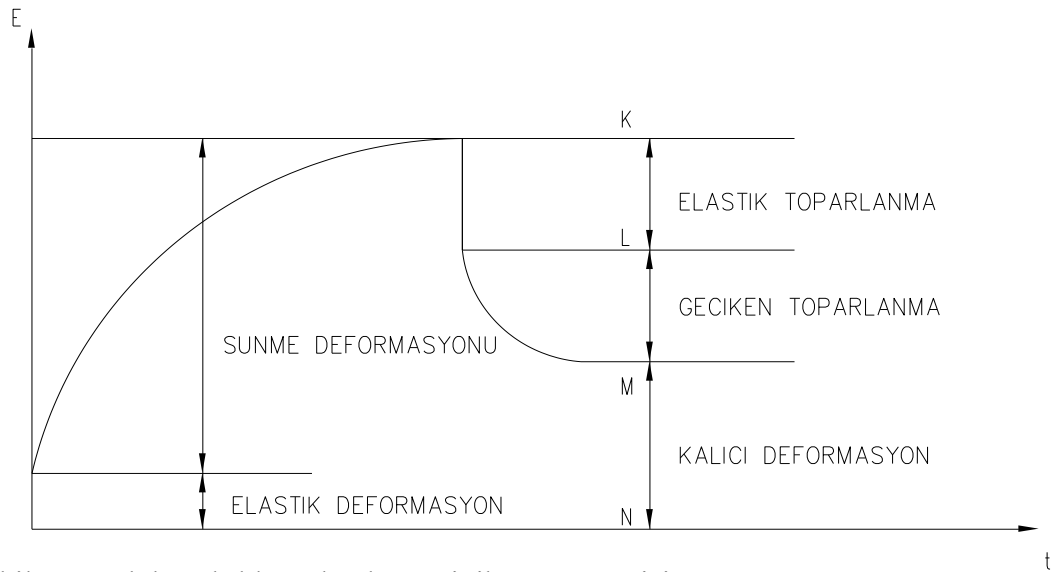
Bu konuların irdelenmesinin ardından, sünme deformasyonunu etkileyen faktörler hakkında bilgi verilmiştir. Farklı yönetmeliklerdeki (ACI Committee 209 [2], BS 8110 [14], TS 500 [12]) sünme hesabı ile ilgili parametreler incelenmiş ve tasarımı yapılan yapının düşey taşıyıcı elemanlarında sünme etkisi ile oluşacak deformasyonlar hesaplanmıştır.

Bu bölümde son olarak, yapının alt kat kolonlarında yüksek mukavemetli beton kullanılmasının yapının tasarımına ve sünme deformasyonuna etkisi incelenmiştir.

7.1 Sünme

Sünme, betonda kalıcı yük altında zaman içinde oluşan deformasyon olarak tanımlanabilir. Kalıcı yükler altında betonda oluşan gerilmelerin basınç dayanımının %40'ından az olduğu durumlarda sünmenin gerilme ile orantılı olarak arttığı, gerilmelerin daha fazla olduğu durumlarda ise bu orantının kaybolduğu ve sünmenin daha hızlı arttığı bilinmektedir. Sünme, ancak betonda basınç gerilmeleri oluşturan kalıcı yükler altında meydana gelir.

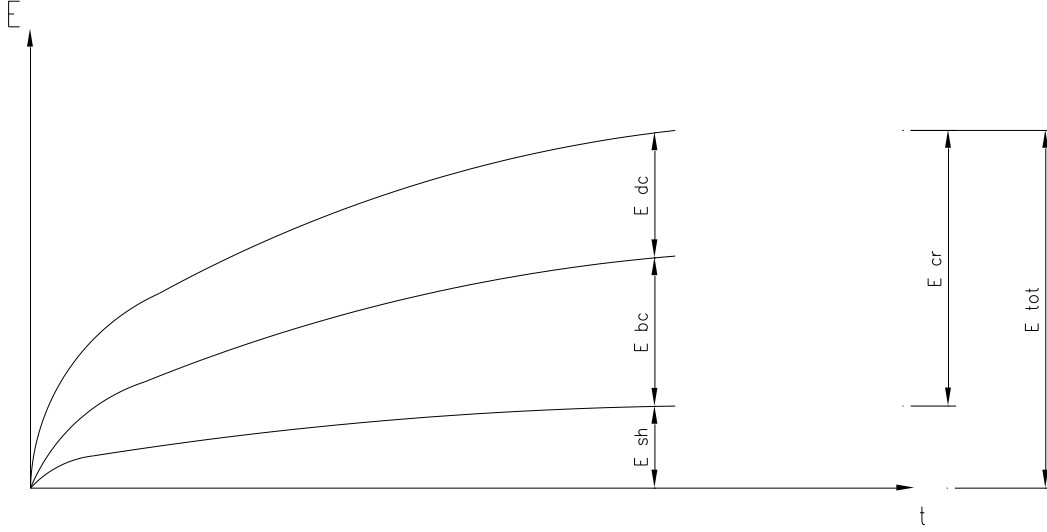
Zamana bağlı olarak sünme deformasyonu gösteren bir elemanın üstündeki kalıcı yük kaldırıldığı zaman, deformasyonun bir bölümü kaybolur. Ancak, deformasyon hiçbir zaman sıfıra inmez. Bu durum, Şekil 7.1'de gösterilmiştir.



Şekil 7.1 Yük boşaltıldığında oluşan tipik sünme eğrisi

Yük boşaltıldığında oluşan elastik toparlanma, yükün ilk uygulandığı anda oluşan elastik şekil değiştirme ile yaklaşık olarak aynıdır. Sünme toparlanması (geciken toparlanma) sünmeden daha hızlı meydana gelir. Fakat, sünmenin önemli bir kısmı şekil değiştirme olarak kalır.

Beton hem yük, hem de kuruma etkisi altındadır. Bu durumda beton, yüklemeden önce kurutulmuş betonlara göre daha fazla sünme yapar. Betonun eşzamanlı yükleme ve kuruma etkileri altındaki davranışı Şekil 7.2'de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Eşzamanlı yükleme ve kuruma halinde sünme

Bu şekilde;

ε_{sh} : Serbest rötre (eleman yükü boşaltılmış fakat aynı kuruma koşullarına maruz)

ε_{bc} : Temel sünme (eleman yüklü fakat kuruma yokken saptanan değer)

ε_{dc} : Kuruma sünmesi

ε_{cr} : Sünme deformasyonu

ε_{tot} : Toplam deformasyon olarak gösterilmiştir.

Eğer serbest rötre ve temel sünme toplanırsa elde edilen toplam eşzamanlı yükleme ve kurumadan elde edilen toplam deformasyondan daha azdır. Fazla olan bu deformasyon kuruma sünmesi olarak adlandırılır. Toplam sünme deformasyonu temel sünme ve kuruma sünmesinin toplamıdır.

7.1.1 Kolonlarda Sünmenin Neden Olduğu Sorunlar

Sünme deformasyonu, betonarme yapı elemanlarında oluşan gerilmelerin zamanla değişmesine yol açmaktadır. Basınç kuvveti etkisi altında bulunan betonarme kolonda, beton uzun süre kısalma şeklinde beliren sünme deformasyonunu yapacaktır. Kolonda bulunan donatılar bu deformasyona katılmayıp buna karşı koyacaktır. Bu davranış karşısında betonda çekme gerilmelerinin oluşması, beton kesitin aldığı toplam basınç kuvvetinin azalmasına yol açacaktır. Böylece devamlı basınç kuvveti etkisi altındaki kolonlarda zamanla betonda gerilmeler azalacak,

donatılardakiler artacaktır. Bu durumda, sünme etkisiyle bir miktar gerilme betondan donatıya aktarılmış olacaktır [5].

1933 yılında Lehigh Üniversitesinde (A.B.D.) yapılan deneyde, yirmi ay sabit eksenel yük altında tutulan bir betonarme kolonda ölçülen donatı ve beton gerilmelerinin, zamana göre değişimi araştırılmıştır. Yük uygulandığı anda ölçülen gerilmeler, emniyet gerilmesi olarak nitelenebilecek büyüklüklerdir. Zaman ilerledikçe sünme etkisi ile betonda gerilme azalırken, çelikteki gerilme artmıştır. Sabit yük altında 20 ayın sonunda gerilmelerdeki, dolayısı ile iki malzemenin taşıdığı yük oranındaki değişim son derece çarpıcıdır. Bu deneyler sonucu, kalıcı yük altında kolonlardaki gerilmelerin gerçekçi olarak hesaplanmasının olanaksız olduğu kesinlikle anlaşılmıştır.

Yirmi ayın sonunda betondaki gerilme 8MPa'dan 2MPa'ya inmiş, donatıdaki gerilme ise yaklaşık 100MPa'dan 240MPa'ya yükselmiştir. Gerilmelerdeki bu değişimin nedeni betondaki "sünme" etkisidir.

Bu deneylerden de anlaşılacağı gibi, kolonun taşıma gücüne erişebilmesi için çelik veya betonun kapasitesine ulaşmasının yetmediği, kırılma konumuna ancak her iki malzemenin de gücünün tükenmesi ile ulaşılabileceği da görülmüştür. İki malzemeden herhangi biri kapasitesine ulaştığında, yük diğerine aktarılmakta, başka bir deyişle malzemeden biri diğerine yardım ekmektedir. Bir malzemeden diğerine gerilme aktarımı da gerilme uyumu olarak nitelendirilebilir.

Yine yapılan deneylerde yükün ilk uygulandığı andaki gerilmenin, basınç dayanımına oranının 0.8'den az olduğu durumlarda, söz konusu yükün kırılmaya neden olmayacağı ve bu yükün sonsuza dek taşınabileceğini göstermiştir. Bu oranın 0.8'den büyük olduğu durumlarda ise beton yükü bir süre taşımakta, fakat belirli bir süre sonunda ezilerek kırılmaktadır.

Sünme nedeni ile donatıdaki basınç gerilmelerinin büyümesi, eksenel gerilme düzeyi yüksek olan kolonlarda büyük sorunlara yol açabilir. Bu nedenle mimariyi düşünerek kolon kesit boyutlarını küçültmek, özellikle yüksek binalarda son derece sakıncalıdır. Kesit boyutları küçük tutulan kolonlarda, gerek tasarım, gerekse yapım aşamasında bazı detay hataları da yapılırsa önemli sorunlar ortaya çıkabilir.

Ankara'da çok katlı bir binanın kolonlarında yukarıda sözü edilen türde sorunlar yaşanmıştır. Bu binada, kolon kesit boyutları çok küçük tutulmuştur. Seçilen yapı

sistemi nedeni ile düşey yükler altında oluşan momentlerin oldukça küçük olmasına karşın, kolon kesit boyutları küçük tutulduğundan eksenel yük düzeyi alışılmışın çok üstünde değerlere ulaşmıştır. Söz konusu binanın kolonlarında oluşan eksenel yük, TS 500’de verilen $0.6 \times f_{ck} \times A_c$ sınırının 1.5 katına ulaşmıştır. Bu değer Deprem yönetmeliğinde verilen sınır değerinin 1.8 katıdır.

Kolon kesit boyutları küçük tutulduğundan, boyuna donatı oranı yüksek çıkmıştır. Bu donatının kolonun iki yüzünde yoğunlaştırılması, çubukların çok sık yerleştirilmesi ile sonuçlanmıştır. Bu durumda bindirmeli ek yapılan bölgelerde çubukların yerleştirilmesi olanaksız duruma gelmiştir ve ilgili çubukların bükülerek düzenlenmesi zorunlu olmuştur. Kesit boyutları 900mm x 900mm olan bu kolonda boyuna donatı dıştan tek içten iki etriye ile sarılmıştır [13].

İnşaatin tamamlanmasından 6 yıl sonra bazı kolonların betonunda ezilme belirtileri görülmüştür. Yerinde yapılan incelemede, bu kolonlarda kabuk betonun ezilip döküldüğü, boyuna donatıların da burkulmaya başladığı gözlenmiştir. Burkulmanın zorladığı etriyelerin koptuğu saptanmıştır. Tüm bu kolonlarda sözü edilen hasar boyuna donatıların bindirmeli ek yapılan bölgelerinde oluşmuştur.

Projenin ve hesapların incelenmesi ve yerinde yapılan gözlemler sonucu hasar mekanizmasının aşağıda verilen şekilde oluştuğu kanısına varılmıştır.

Kolon kesit boyutlarının çok küçük tutulması nedeni ile 6 yıl içerisinde boyuna donatıda yüksek gerilmeler oluşmuştur. Kolonlarda eksenel gerilme düzeyi çok yüksek olduğundan sünme etkisi büyük olmuştur. Sünme nedeni ile zaman içinde beton gerilmeleri azalırken boyuna donatıdaki gerilmeler hızla yükselmiş ve büyük olasılıkla akma konumuna ulaşmıştır. Bu yüksek gerilme altında donatıda burkulma eğilimi oluşmuştur. Bindirme bölgesindeki donatının zigzag bükülmüş olmasının burkulmayı başlattığı sanılmaktadır. Kesitte dıştan tek etriye bulunduğu ve birçok boyuna çubuk etriye tarafından tutulmadığından etriyeler burkulmayı önlemeye yetmemiş ve kopmuştur.

Kolonların bu durumu nedeni ile binadaki yapı güvenliği kabul edilemez bir düzeye inmiş olduğundan, yetmiş dolaylarındaki kolonun özel mantolarla güçlendirilmesi gerekmiştir.

7.1.2 Sünmeyi Etkileyen Faktörler

Sünme deformasyonunun mertebesi birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenlerden en önemlileri kalıcı yük uygulandığı anda betonda oluşan gerilme miktarı, yük uygulanan betonun yükleme anındaki yaşı, betona yük uygulandıktan sonra geçen zaman, kesit boyutu, çevre koşulları (bağıl nem ve sıcaklık), ve beton karışımının özellikleridir.

7.1.2.1 Uygulanan Gerilme

Kalıcı yük uygulandığında betonda oluşan gerilmelerin beton basınç dayanımına oranı bir ölçü olarak alınabilir. Bu oran 0.4'den küçükse sünme gerilmeyle orantılı bir şekilde artar. Daha yüksek oranlarda sünme deformasyonla orantılı olmayarak daha hızlı artar.

$$\varepsilon_{ce} = \frac{\sigma_{co}}{E_c} \phi_{ce} \quad (7.1)$$

Burada;

E_c = Betonun Elastite Modülü (kN/m²)

σ_{co} = Betona uygulanan gerilme (kN/m²)

ϕ_{ce} = Sünme Katsayısı

ε_{ce} = Sünme nedeni ile oluşan birim şekil değiştirme

Denklem 9.1'den de anlaşılacağı gibi yapı elemanına uygulanan gerilme arttığında betonda oluşan birim şekil değiştirme de artacaktır. Bundan dolayı sünme deformasyonu da artacaktır.

Yapı elemanına uygulanan gerilme yapı elemanın boyutlarına ve yapı elemanına uygulanan eksenel kuvvete bağlıdır.

$$\sigma = \frac{N}{A} \text{ (kN / m}^2\text{)} \quad (7.2)$$

7.1.2.2 Yükleme Yaşı

Betonun yükleme anındaki yaşı sünme deformasyonu için önemlidir. Belirli bir σ gerilmesi altında betonun yaşı ne kadar küçük ise meydana gelen sünme o kadar büyük değerler alır. Bunun sebebi beton yaşı küçük iken çimento hamuru, hidrotasyon olayının yavaş bir şekilde gelişmesinden dolayı büyük bir rijitliğe sahip olmadığından, deformasyona karşı koyma özelliği gelişmiş durumda değildir. Yükleme anında 7 günlük olan beton sünme deformasyonu 28 günlük betona nazaran daha fazladır.

7.1.2.3 Yapı Elemanının Boyutu

Denklem 9.3'te görüldüğü gibi kesit alanı arttığında yapı elemanına uygulanan gerilme azalacağından birim şekil değiştirme azalır. Böylelikle yapı elemanında sünme etkisi azalır. Bununla birlikte boyut etkisi sünme deformasyonunu hesaplamak için kullanılan sünme katsayısı (ϕ_{ce}) değerinin belirlenmesinde de önemli yer tutar. Kesit boyutları büyüdüğünde sünme katsayısı azalır. Bunun sebebi dış ortamın rutubet derecesinin meydana gelen buharlaşma ve bunun sebep olduğu su hareketi, boyut arttıkça azalmaktadır. Bundan dolayı da sünme deformasyonu da azalır.

7.1.2.4 Ortamın Bağıl Nemi

Betonarme hesapları, betonun 28 günlük dayanımına göre yapılır. Beton, genel olarak yedi günde, öngörülen 28 günlük dayanımın yaklaşık %70-75'ine ulaşır. Bu nedenle betonun 28 günlük dayanımını ortamın nem oranı ve sıcaklık önemli ölçüde etkiler. Bu süre içinde ortamın sıcaklık ve neminin gerekli sınırlar içinde bulundurulmasına “taze beton bakımı” veya “kür” denir.

Kuru havada yani rutubeti düşük ortamda tutulan betonlar, rutubeti yüksek ortamda tutulan betonlardan daha fazla sünme yapar. Beton döküldükten sonra rutubet oranı düşük kuru bir ortamda bulundurulursa, buharlaşmaya elverişli bu ortam beton içindeki suyun hareketini kolaylaştıracağından sünme etkisi fazla olur.

7.1.2.5 Sıcaklık

Sıcaklığın artması sünmeyi önemli ölçüde artırır. Deney sonuçlarına göre başlangıçta sünme sıcaklık ile birlikte artış gösterir. Bu artış 70-80 °C'ye kadar devam ettikten sonra bir maksimumdan geçer ve sıcaklığın daha da yükselmesiyle azalmaya başlar. 24 °C deki sünme deformasyonu, 50 °C deki sünme deformasyonundan 2-3 kat daha azdır. Sünme deformasyonunun maksimuma ulaştığı sıcaklık dereceleri ise 50 ila 80 °C arasındadır. Betonun kalıplara dökülmesi için en uygun sıcaklık 18 °C ile 25 °C arasındadır.

7.1.2.6 Su – Çimento Oranı

Beton birleşimindeki su – çimento oranı hem betonun kıvam ve dolayısıyla işlenebilme özelliği, hem de mukavemeti üzerine etki eder. Eğer yeterli ölçüde konulmazsa beton çok kuru olur, bu nedenle işlenebilmesi güçleşir, bazı yerlerde çakıllar toplanır ve toplam çümentonun prizine yeterli nem bulunmayabilir, böylece betonun mukavemeti düşer. Buna karşılık eğer su gerektiğinden çoksa, aşırı ölçüde su buharlaştığından geride boşluklu bir beton kalır ve rötire büyük ölçüde artar. Ayrıca bu tür betonlar çeliğe yeterli ölçüde bağlanamadıkları gibi mukavemetleride düşük olur.

Beton üretiminde kullanılan karma suyu miktarının betonun sünmesi üzerinde önemli etkisi vardır. Beton içinde hareket edebilen su miktarı eğer fazla olursa sünme deformasyonu da büyük değerler alacaktır. Ayrıca su miktarının fazla miktarlarda kullanılması betonun boşluklu olmasına ve agrega miktarının azalmasına yol açacağından sünmenin değeri artacaktır.

Betonun kıvamının anlaşılabilmesi için su – çimento oranına bağlı olan çökme miktarının değeri ölçü olarak kullanılabilir (slump deneyi). ACI Committee 209'a göre çökme miktarındaki artış sünme deformasyonunu artırır. Su – çimento oranına bağlı olan çökme değeri 130mm'den fazla olmaması sünme deformasyonu için olumludur [2].

7.1.2.7 İnce Agrega (Kum) Yüzdesi

Agregalar ancak yüksek gerilmeler altında ve betona nazaran çok daha az sünme yaparlar. Bununla birlikte, agregalar beton içinde çok küçük gerilmelerin etkisi altındadır. Bu yüzden beton içindeki agregaların sünme yapmadığı söylenebilir.

Agregalar çimentonun sünmesini frenleyerek betonun sünmesini etkşlemektedir. Agreganın elastite modülü ve agrega bileşeni en önemli parametrelerdir. Agregaların elastite modülünün büyük olması durumunda agreganın deformasyona daha fazla karşı koyabilmesi nedeniyle frenleme etkisi büyük olacak ve böyle bir agregayı kullanarak üretilen beton daha az sünme yapacaktır.

Beton yapımında kullanılan agregaların yapısında bulunan kum yüzdesinin artması sünme deformasyonunu artırır. ACI Committee 209'a göre kum yüzdesinin %40 - %60 olması sünme deformasyonu için önemlidir [2].

7.1.2.8 Betondaki Boşluk Oranı

Bir beton ne kadar iyi üretilirse üretilsin bir miktar boşluk içerir. Bu boşlukların bir kısmı çimento hamurunda yer almaktadır. Bir kısım boşluklarda agrega taneleri ile çimento hamuru arasında bulunmaktadır. Bunların dışında betonun iyi üretilmemesi sonunda agrega taneleri arasında da bir miktar boşluk bulunabilir. Ayrıca, beton üretiminde kullanılan agregaların içerdiği boşluklarda vardır. Betonda boşluk oranının artması sünme deformasyonunu artırır.

Betondaki boşlukların durumu konusunda bilgi edinmek için başvuru en basit deney su emme deneyidir. Bu amaçla ilk önce beton sabit ağırlığa ulaşmaya kadar etüvde 105 ± 5 °C'de kurutulur. Kurutulmuş betonun ağırlığı (m_0) bulunur. Bu beton 20 ± 2 °C'deki su içine, su içinde tamamen kalacak şekilde konulur. Betonun içine suyun girmesi ile malzemenin ağırlığında bir artış olacaktır. Beton su içinde en az 24 saat bekletildikten sonra suda çıkartılarak havada tartılır (m_1).

$S = (m_1 - m_0) / m_0$ denklemi ile betondaki boşluk oranı belirlenir. Bu değerin %8'den küçük olması betonun az boşluk içerdiğini ve iyibir niteliğe sahip olduğunu göstermektedir.

7.1.2.9 Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri, çimentonun hidrasyon seyrini değiştirmeleri nedeni ile sünmeyi etkiler. Bu etki beton için suyun daha kolay hareket etmesini sağlaması halinde sünmenin artmasına yol açar. Aksi halde, yani katkı maddeleri suyun hareketini güçleştiriyorsa sünmede bir azalma meydana gelir. Bu konuda yapılan araştırmalar,

- Hava sürükleyici

- Çimentonun prizini geciktiren
- Betonun işlenebilme özelliğinin arttıran

katkı maddelerinin sünmeyi belirgin ölçüde arttırdıklarını ortaya koymaktadır.

7.1.3 Farklı Yönetmelikler Kullanılarak Sünme Katsayısının Hesaplanması

Zamana bağlı sünme deformasyonunun tasarımda dikkate alınması için yük uygulandığı anda yapı elemanında oluşan birim boydaki kısalma değeri sünme katsayısı ile çarpılır. Sünme katsayısı TS 500 ve BS 8110 yönetmeliklerinde ϕ , ACI Committee 209'da ise ν_t sembolleri ile ifade edilir.

TS 500 ve BS 8110 yönetmeliklerinde sünme katsayısının belirlenmesinde betonun yüklendiği andaki yaşı, yapı elemanın boyutu ve ortamın bağıl nemi dikkate alınır. ACI Committee 209'da ise bu değişkenlerin yanında beton karışımındaki su – çimento oranı, hava hacmi ve betonun yapımında kullanılan ince agreg (kum) oranının toplam agreg miktarına oranı gibi beton karışımıyla ilgili değişkenler göz önüne alınmaktadır.

7.1.3.1 TS 500'e göre Sünme Katsayısının Belirlenmesi

TS 500'de hesaplanan sünme katsayısı ortamın bağıl nemine, yük uygulandığı andaki beton yaşına ve yapı elemanlarının boyutlarına bağlıdır. TS 500'de sünme katsayısı değerleri Tablo 7.1'de gösterilmiştir.

TS 500'e göre sünme birim deformasyonu aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$\varepsilon_{ce} = \frac{\sigma_{co}}{E_c} \phi_{ce} \quad (7.3)$$

Burada,

E_c = Betonun elastite modülü (kN/m²)

σ_{co} = Betona uygulanan gerilme (kN/m²)

Tablo 7.1 Sünme Katsayısı Φ_{ce} (uzun süre sonunda)

Yükleme Anında Betonun Yaşı	Kuru Ortam (Bağıl Nem %50)			Nemli Ortam (Bağıl Nem %80)		
	Eşdeğer Kalınlık					
	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

Eşdeğer kalınlık aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$l_e = \frac{2 A_c}{u} \quad (7.4)$$

A_c = Elemanın kesit alanı

u = Betonun ortama açık yüzeyinin çevre uzunluğu

Elde edilen sünme katsayısı değerleri 2 – 3 yıl gibi uzun bir süre sonunda elde edilecek değerlerdir.

7.1.3.2 BS 8110’a Göre Sünme Katsayısının Belirlenmesi

BS 8110’da hesaplanan sünme katsayısı değeride TS 500’de olduğu gibi ortamın bağıl nemine, yük uygulandığı andaki betonun yaşına ve yapı elemanlarının boyutlarına bağlıdır. BS 8110’da yer alan “external exposure” değeri ortamın bağıl neminin % 85, “internal exposure” değeri ise ortamın bağıl neminin %45 olarak kabul edildiğini göstermektedir.

Elde edilen sünme katsayısı değerleri 30 yıl gibi bir süre içinde elde edilen değerlerdir. Bu çok uzun bir süre olmasına rağmen sünme nedeni ile oluşacak toplam deformasyonun ilk 5 yıl sonunda %90 mertebesine ulaştığı kabul edilir.

Bu iki standartta verilen sünme katsayısı değerleri birbirine oldukça yakın çıkmaktadır. TS 500’de 28 günlük beton için 150mm’lik ortalama kalınlığa sahip

elemanda %80 ortam bağıl nemi için sünme katsayısı değeri 1.7 iken, BS 8110'da ortalama kalınlık ve beton yaşı aynı olmak üzere ortam bağıl nemi %85 olduğu durumda sünme katsayısı değeri 1.8'dir.

7.1.3.3 ACI Comitee 209'a Göre Sünme Katsayısının Belirlenmesi

ACI Comitee 209'da sünmeyi etkileyen faktörler şunlardır:

- Betonun yüklendiği andaki yaşı
- Ortamın bağıl nemi
- Yapı elemanının boyutu
- Su – çimento oranı
- İnce agrega yüzdesi (İnce agrega ağırlığı / toplam agrega ağırlığı)
- Beton karışımındaki toplam hava hacmi

ACI Comitee 209'da tüm bu değişkenler için bir düzeltme katsayısı verilmiştir.

t_{1a} = Betonun yüklendiği andaki yaşı

$$\gamma_{1a} = 1.25 \times (t_{1a})^{-0.118} \quad (7.5)$$

λ = Ortam bağıl nemi $\rightarrow \gamma_{1k}$ (Ortam bağıl nemi için düzeltme katsayısı)

$$\gamma_{\lambda} = 1.27 - 0.0067 \lambda \quad (7.6)$$

V / S = Hacim / Yüzey alanı oranı $\rightarrow \gamma_{v/s}$ (Hacim / yüzey alanı oranı için düzeltme katsayısı)

$$\gamma_{v/s} = 2 / 3 \{1 + 1.13 \exp(-0.0213 v / s)\} \quad (7.7)$$

V / S oranına örnek olarak (400mm x 600mm)'lik dikdörtgen bir kesit için hacim / yüzey alanının oranı olan $(400 \times 600) / (2 \times 400 + 2 \times 600) = 120\text{mm}$ 'dir.

s = Su – çimento oranına bağlı olan çökme miktarı $\rightarrow \gamma_s$

$$\gamma_s = 0.82 + 0.00264 s \quad (7.8)$$

ψ = İnce agrega yüzdesi $\rightarrow \gamma_{\psi}$

$$\gamma_{\psi} = 0.88 + 0.0024 \psi \quad (7.9)$$

α = Karışımdaki boşluk oranı $\rightarrow \gamma_{\alpha}$

$$\gamma_{\alpha} = 0.46 + 0.09 \alpha \quad (7.10)$$

$$\gamma_c = \gamma_{1a} \times \gamma_{\lambda} \times \gamma_{v/s} \times \gamma_s \times \gamma_{\psi} \times \gamma_{\alpha} \quad (7.11)$$

Burada γ_c , ACI Comitte 209'da sünmeyi etkileyen etkenlerden elde edilen düzeltme katsayılarının çarpımıdır.

$$v_u : 2.35 \gamma_c$$

v_u : Nihai sünme katsayısı

Beton yük uygulandıktan herhangi bir süre sonraki sünme katsayısı değeri denklem 9.14 ile hesaplanır.

$$v_t = \frac{t^{0.60}}{10 + t^{0.60}} \times v_u \quad (7.12)$$

t: Betona yükleme yapıldıktan sonra geçen zaman

Betonun yüklendiği süre ne kadar uzun sürerse v_t ve v_u değerleri birbirine yaklaşır. Yüklemeden 3 ay sonra v_t / v_u oranı 0.69 iken, 5 yıl sonra bu değer 0.90'a ulaşır.

Yapı elemanlarıda sünme etkisiyle meydana gelen şekil değiştirmeler ACI Comitte 209'a göre denklem 9.16 ile ifade edilebilir.

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma}{E_i} \quad (7.13)$$

$$\text{Sünme şekil değiştirmesi } (\varepsilon_{ce}): \varepsilon_i \times v_t \quad (7.14)$$

7.2 Tasarımı Yapılan Yapıda Sünme Deformasyonun Hesaplanması

Önceki bölümlerde tasarımı yapılan 35 katlı betonarme tüp sistemde yük uygulandığı anda kolonlarda oluşan birim kısalmalar incelendiğinde en fazla kısalmanın S12 kolonunda meydana geldiği görülmüştür (0.02593m).

Bu kolonun kirişle bağlandığı S5 kolonunda ise yük uygulandığı anda oluşan toplam kısalma 0.01798m'dir. bu düşey taşıyıcı elemanlarda meydana gelen farklı kısalmanın sebebi S5 kolonunda uygulanan yük nedeni ile oluşan basınç gerilmesinin S12 kolonuna nazaran daha az olmasıdır.

Bu bölümde S1, S5 ve S12 kolonları göz önüne alınarak ACI Comitee 209, BS 8110 ve TS 500'de verilen sünme katsayılarından en elverişsizi kullanılarak bu elemanların sünme etkisi ile yapacağı kısaltmalar hesaplanmıştır.

S1, S5 ve S12 kolonlarının taşıdıkları aksel kuvvetten dolayı oluşan ilk gerilme, gerilme / basınç dayanımı oranları, birim boydaki şekil değiştirme ve elastik kısalma (çökme) değerleri Tablo 7.2, 7.3 ve 7.4'te ve Şekil 7.3, 7.4 ve 7.5'de ayrıntılı bir biçimde gösterilmiştir.

Tablo 7.2 S1 Kolonuna yük uygulandığı anda oluşan gerilme, birim boydaki şekil değiştirme ve çökme değerleri

Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m ²)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m ²)	ϵ	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	101,94	283,17	40000	0,007	34000000	0,000008	3,5	0,00003	0,01265
34	0,36	218,61	607,25	40000	0,015	34000000	0,000018	3,5	0,00005	0,01262
33	0,36	332,84	924,56	40000	0,023	34000000	0,000027	3,5	0,00009	0,01257
32	0,36	447,02	1241,72	40000	0,031	34000000	0,000037	3,5	0,00013	0,01248
31	0,36	560,73	1557,58	40000	0,039	34000000	0,000046	3,5	0,00015	0,01235
30	0,36	673,95	1872,08	40000	0,047	34000000	0,000055	3,5	0,00019	0,01220
29	0,36	788,6	2190,56	40000	0,055	34000000	0,000064	3,5	0,00022	0,01201
28	0,36	898,56	2496,00	40000	0,062	34000000	0,000073	3,5	0,00025	0,01179
27	0,36	1009,84	2805,11	40000	0,070	34000000	0,000083	3,5	0,00029	0,01154
26	0,36	1119,66	3110,17	40000	0,078	34000000	0,000091	3,5	0,00031	0,01125
25	0,36	1244,09	3455,81	40000	0,086	34000000	0,000102	3,5	0,00051	0,01094
24	0,49	1370,58	2797,10	40000	0,070	34000000	0,000082	3,5	0,00028	0,01043
23	0,49	1495,59	3052,22	40000	0,076	34000000	0,000090	3,5	0,00031	0,01015
22	0,49	1619,67	3305,45	40000	0,083	34000000	0,000097	3,5	0,00034	0,00984
21	0,49	1742,65	3556,43	40000	0,089	34000000	0,000105	3,5	0,00036	0,00950
20	0,49	1864,52	3805,14	40000	0,095	34000000	0,000112	3,5	0,00039	0,00914
19	0,49	1985,18	4051,39	40000	0,101	34000000	0,000119	3,5	0,00041	0,00875
18	0,49	2104,64	4295,18	40000	0,107	34000000	0,000126	3,5	0,00044	0,00834
17	0,49	2222,44	4535,59	40000	0,113	34000000	0,000133	3,5	0,00046	0,00790
16	0,64	2353,92	3678,00	40000	0,092	34000000	0,000108	3,5	0,00038	0,00744

Kat No	Kesit Alanı (m2)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m2)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m2)	ϵ	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
15	0,64	2485,49	3883,58	40000	0,097	34000000	0,000114	3,5	0,00039	0,00706
14	0,64	2615,52	4086,75	40000	0,102	34000000	0,000120	3,5	0,00042	0,00667
13	0,64	2744,26	4287,91	40000	0,107	34000000	0,000126	3,5	0,00043	0,00625
12	0,64	2871,63	4486,92	40000	0,112	34000000	0,000132	3,5	0,00046	0,00582
11	0,64	2997,58	4683,72	40000	0,117	34000000	0,000138	3,5	0,00048	0,00536
10	0,64	3122,09	4878,27	40000	0,122	34000000	0,000143	3,5	0,00050	0,00488
9	0,64	3244,96	5070,25	40000	0,127	34000000	0,000149	3,5	0,00051	0,00438
8	0,81	3381,87	4175,15	40000	0,104	34000000	0,000123	3,5	0,00043	0,00387
7	0,81	3517,91	4343,10	40000	0,109	34000000	0,000128	3,5	0,00044	0,00344
6	0,81	3652,49	4509,25	40000	0,113	34000000	0,000133	3,5	0,00046	0,00300
5	0,81	3785,71	4673,72	40000	0,117	34000000	0,000137	3,5	0,00048	0,00254
4	0,81	3917,52	4836,44	40000	0,121	34000000	0,000142	3,5	0,00049	0,00206
3	0,81	4047,89	4997,40	40000	0,125	34000000	0,000147	3,5	0,00051	0,00157
2	0,81	4176,84	5156,59	40000	0,129	34000000	0,000152	3,5	0,00052	0,00106
1	0,81	4304,21	5313,84	40000	0,133	34000000	0,000156	3,5	0,00054	0,00054

Tablo 7.3 S5 Kolonuna yük uygulandığı anda oluşan gerilme, birim boydaki şekil değiştirme ve çökme değerleri

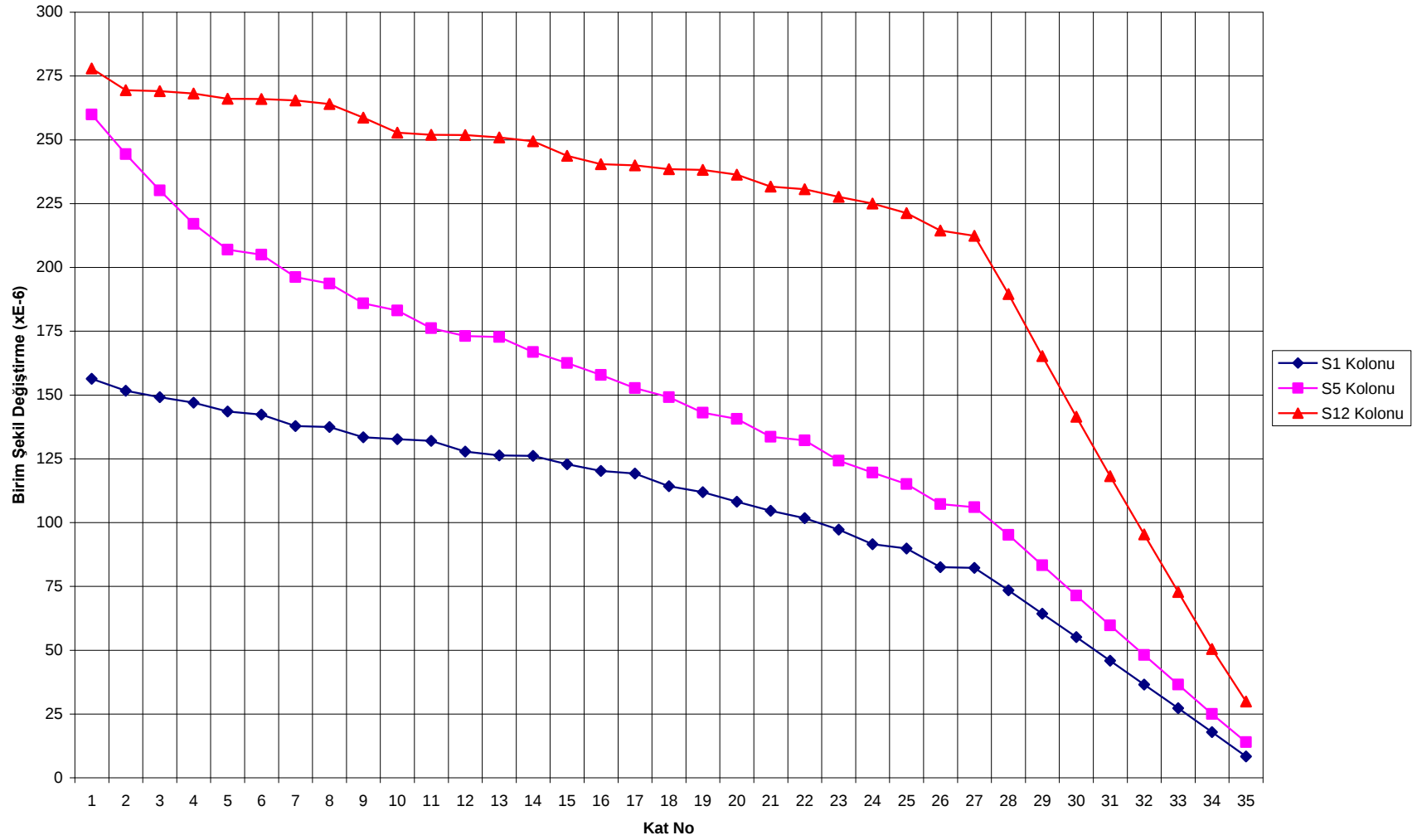
Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m ²)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m ²)	ϵ	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	171,06	475,17	40000	0,012	34000000	0,000014	3,5	0,00005	0,01718
34	0,36	306,14	850,39	40000	0,021	34000000	0,000025	3,5	0,00008	0,01713
33	0,36	447,1	1241,94	40000	0,031	34000000	0,000037	3,5	0,00012	0,01705
32	0,36	588,3	1634,17	40000	0,041	34000000	0,000048	3,5	0,00017	0,01693
31	0,36	730,58	2029,39	40000	0,051	34000000	0,000060	3,5	0,00020	0,01676
30	0,36	873,97	2427,69	40000	0,061	34000000	0,000071	3,5	0,00025	0,01656
29	0,36	1018,63	2829,53	40000	0,071	34000000	0,000083	3,5	0,00029	0,01631
28	0,36	1164,8	3235,56	40000	0,081	34000000	0,000095	3,5	0,00032	0,01602
27	0,36	1312,45	3645,69	40000	0,091	34000000	0,000107	3,5	0,00037	0,01570
26	0,36	1463,67	4065,75	40000	0,102	34000000	0,000120	3,5	0,00042	0,01533
25	0,36	1617,45	4492,92	40000	0,112	34000000	0,000132	3,5	0,00033	0,01491
24	0,49	1765,42	3602,90	40000	0,090	34000000	0,000106	3,5	0,00037	0,01458
23	0,49	1916,86	3911,96	40000	0,098	34000000	0,000115	3,5	0,00040	0,01421
22	0,49	2070,24	4224,98	40000	0,106	34000000	0,000124	3,5	0,00043	0,01381
21	0,49	2226,19	4543,24	40000	0,114	34000000	0,000134	3,5	0,00046	0,01338
20	0,49	2383,46	4864,20	40000	0,122	34000000	0,000143	3,5	0,00050	0,01292
19	0,49	2543,57	5190,96	40000	0,130	34000000	0,000153	3,5	0,00053	0,01242

Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m ²)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m ²)	ε	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
18	0,49	2707,8	5526,12	40000	0,138	34000000	0,000163	3,5	0,00056	0,01189
17	0,49	2877,66	5872,78	40000	0,147	34000000	0,000173	3,5	0,00060	0,01133
16	0,64	3060,41	4781,89	40000	0,120	34000000	0,000141	3,5	0,00049	0,01073
15	0,64	3244,15	5068,98	40000	0,127	34000000	0,000149	3,5	0,00052	0,01024
14	0,64	3434,11	5365,80	40000	0,134	34000000	0,000158	3,5	0,00055	0,00972
13	0,64	3630,33	5672,39	40000	0,142	34000000	0,000167	3,5	0,00057	0,00917
12	0,64	3833,34	5989,59	40000	0,150	34000000	0,000176	3,5	0,00062	0,00860
11	0,64	4045,18	6320,59	40000	0,158	34000000	0,000186	3,5	0,00064	0,00798
10	0,64	4267,72	6668,31	40000	0,167	34000000	0,000196	3,5	0,00068	0,00734
9	0,64	4503,13	7036,14	40000	0,176	34000000	0,000207	3,5	0,00072	0,00666
8	0,81	4766	5883,95	40000	0,147	34000000	0,000173	3,5	0,00061	0,00594
7	0,81	5041,27	6223,79	40000	0,156	34000000	0,000183	3,5	0,00063	0,00533
6	0,81	5333,06	6584,02	40000	0,165	34000000	0,000194	3,5	0,00068	0,00470
5	0,81	5643,94	6967,83	40000	0,174	34000000	0,000205	3,5	0,00071	0,00402
4	0,81	5977,06	7379,09	40000	0,184	34000000	0,000217	3,5	0,00075	0,00331
3	0,81	6337,05	7823,52	40000	0,196	34000000	0,000230	3,5	0,00080	0,00256
2	0,81	6728,97	8307,37	40000	0,208	34000000	0,000244	3,5	0,00085	0,00176
1	0,81	7157,81	8836,80	40000	0,221	34000000	0,000260	3,5	0,00091	0,00091

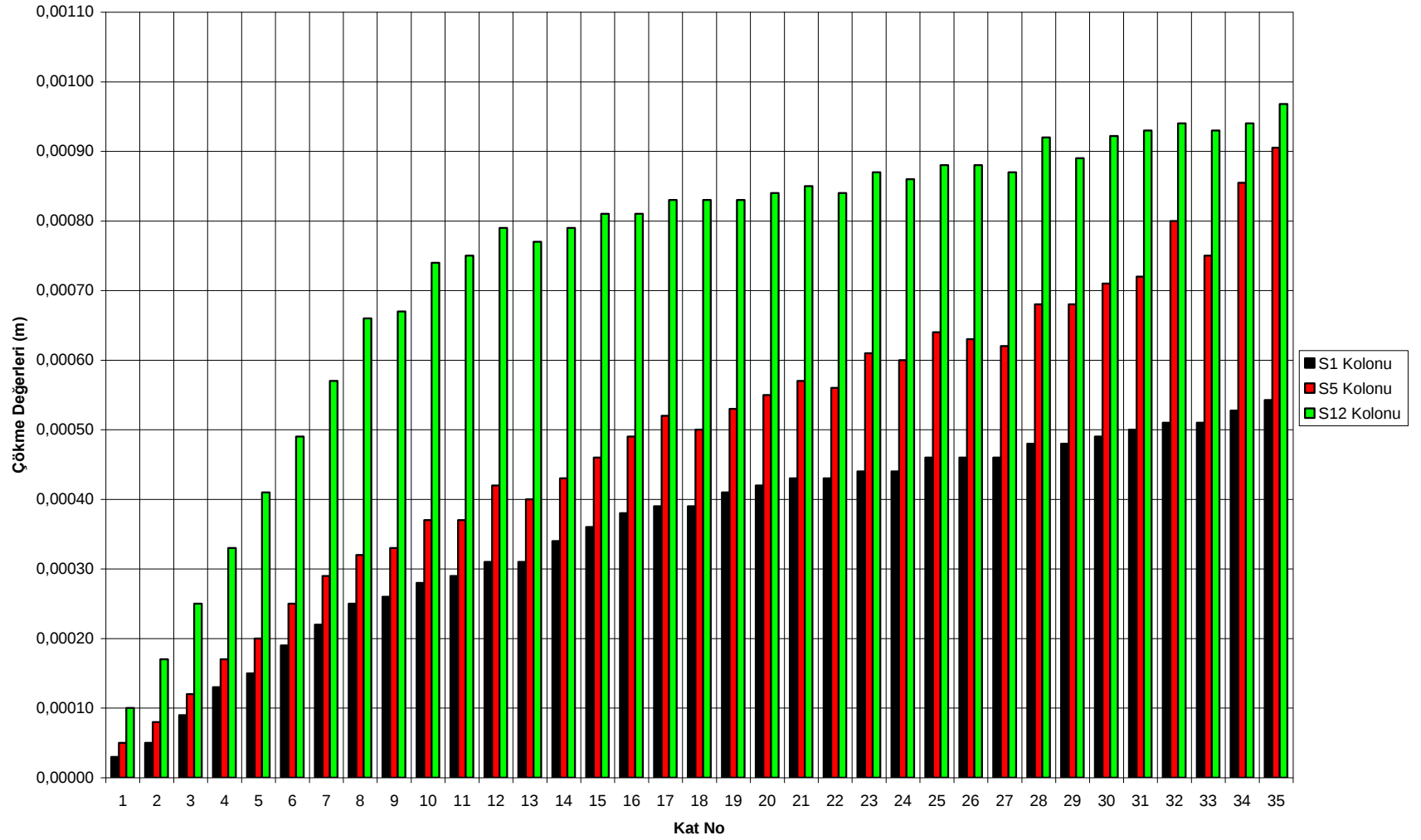
Tablo 7.4 S12 Kolonuna yük uygulandığı anda oluşan gerilme, birim boydaki şekil değiştirme ve çökme değerleri

Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m ²)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m ²)	ε	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	365,03	1013,97	40000	0,025	34000000	0,000030	3,5	0,00010	0,02593
34	0,36	617,09	1714,14	40000	0,043	34000000	0,000050	3,5	0,00017	0,02583
33	0,36	890,9	2474,72	40000	0,062	34000000	0,000073	3,5	0,00025	0,02566
32	0,36	1166,2	3239,44	40000	0,081	34000000	0,000095	3,5	0,00033	0,02541
31	0,36	1446,48	4018,00	40000	0,100	34000000	0,000118	3,5	0,00041	0,02508
30	0,36	1731,53	4809,81	40000	0,120	34000000	0,000141	3,5	0,00049	0,02467
29	0,36	2022,25	5617,36	40000	0,140	34000000	0,000165	3,5	0,00057	0,02418
28	0,36	2319,59	6443,31	40000	0,161	34000000	0,000190	3,5	0,00066	0,02361
27	0,36	2623,96	7288,78	40000	0,182	34000000	0,000214	3,5	0,00075	0,02295
26	0,36	2942,74	8174,28	40000	0,204	34000000	0,000240	3,5	0,00084	0,02220
25	0,36	3248,58	9023,83	40000	0,226	34000000	0,000265	3,5	0,00067	0,02136
24	0,49	3538,47	7221,37	40000	0,181	34000000	0,000212	3,5	0,00074	0,02069
23	0,49	3842,31	7841,45	40000	0,196	34000000	0,000231	3,5	0,00081	0,01995
22	0,49	4155,21	8480,02	40000	0,212	34000000	0,000249	3,5	0,00086	0,01914
21	0,49	4482,15	9147,24	40000	0,229	34000000	0,000269	3,5	0,00094	0,01828
20	0,64	4814,6	7522,81	40000	0,188	34000000	0,000221	3,5	0,00077	0,01734
19	0,64	5141,96	8034,31	40000	0,201	34000000	0,000236	3,5	0,00083	0,01657
18	0,64	5481	8564,06	40000	0,214	34000000	0,000252	3,5	0,00088	0,01574
17	0,64	5833,04	9114,13	40000	0,228	34000000	0,000268	3,5	0,00093	0,01486
16	0,81	6196,17	7649,59	40000	0,191	34000000	0,000225	3,5	0,00079	0,01393
15	0,81	6559,05	8097,59	40000	0,202	34000000	0,000238	3,5	0,00083	0,01314

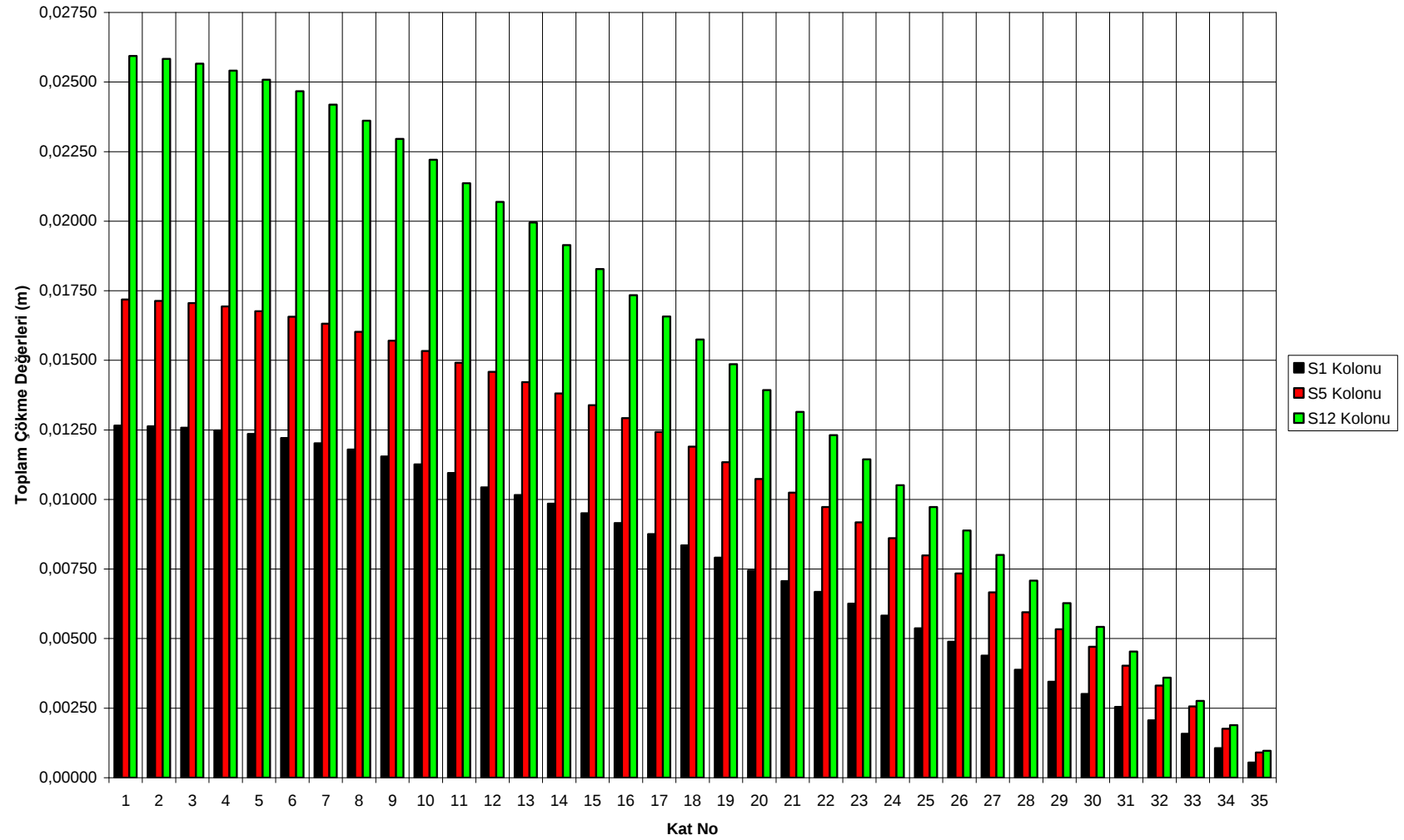
Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m ²)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m ²)	ε	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
14	0,81	6935,26	8562,05	40000	0,214	34000000	0,000252	3,5	0,00087	0,01231
13	0,81	7325,3	9043,58	40000	0,226	34000000	0,000266	3,5	0,00093	0,01144
12	1	7738,49	7738,49	40000	0,193	34000000	0,000228	3,5	0,00079	0,01051
11	1	8158,37	8158,37	40000	0,204	34000000	0,000240	3,5	0,00084	0,00972
10	1	8593,13	8593,13	40000	0,215	34000000	0,000253	3,5	0,00088	0,00888
9	1	9044,98	9044,98	40000	0,226	34000000	0,000266	3,5	0,00092	0,00800
8	1,21	9527,7	7874,13	40000	0,197	34000000	0,000232	3,5	0,00081	0,00708
7	1,21	10024,2	8284,46	40000	0,207	34000000	0,000244	3,5	0,00085	0,00627
6	1,21	10642,4	8795,37	40000	0,220	34000000	0,000259	3,5	0,00089	0,00542
5	1,21	11084,8	9160,99	40000	0,229	34000000	0,000269	3,5	0,00094	0,00453
4	1,44	11672,36	8105,81	40000	0,203	34000000	0,000238	3,5	0,00083	0,00359
3	1,44	12284,26	8530,74	40000	0,213	34000000	0,000251	3,5	0,00087	0,00276
2	1,44	12926,2	8976,53	40000	0,224	34000000	0,000264	3,5	0,00092	0,00189
1	1,44	13605,15	9448,02	40000	0,236	34000000	0,000278	3,5	0,00097	0,00097



Şekil 7.3 Yük uygulandığı anda yapı elemanlarında oluşan her kattaki birim boydaki şekil değiştirmeler



Şekil 7.4 Yük uygulandığı anda yapı elemanlarında oluşan her kattaki çökme değerleri



Şekil 7.5 Yük uygulandığı anda yapı elemanlarında oluşan toplam çökme değerleri

Yapının 3. katında (zemin) bulunan S12 kolonu (120cm x 120cm) için 28 günlük beton yaşı be %80 bağıl nem kabulleri yapılarak TS 500, BS 8110 ve ACI Comitee 209'a göre sünme katsayıları hesaplanmıştır.

- **TS 500'e göre S12 kolonunda (120cm x 120cm) sünme katsayısının hesaplanması**

Betonun yük uygulandığı andaki yaşı: 28 gün

Ortam bağıl nemi (h): %80

$$\text{Eşdeğer kalınlık: } l_e = \frac{2A_c}{u} = 450\text{mm}$$

$$\text{Sünme katsayısı } (\Phi_{ce}) = 1.57$$

- **BS 8110'a göre S12 kolonunda (120cm x 120cm) sünme katsayısının hesaplanması**

Ortam bağıl nemi (h): %80

$$\text{Eşdeğer kalınlık: } l_e = \frac{2A_c}{u} = 450\text{mm}$$

$$\text{Sünme katsayısı } (\Phi_{ce}) = 1.30$$

- **ACI Comitee 209'a göre S12 kolonunda (120cm x 120cm) sünme katsayısının hesaplanması**

ACI Comitee 209'a göre hesap yapılırken TS 500 ve BS 8110'da yapılan kabuller dışında bazı değişkenler içinde kabuller yapılmalıdır. Bu değişkenler, çökme miktarı, ince agrega yüzdesi ve karışımdaki boşluk oranıdır. Sünme katsayısının hesabı, ACI Comitee 209'da belirtilen koşullar çerçevesinde uygun değerler alınarak yapılmıştır.

$$t_{1a} = \text{Betonun yüklendiği andaki yaşı} \rightarrow 28 \text{ gün}$$

$$\gamma_{1a} = 1.25 \times (t_{1a})^{-0.118} = 1.25 \times 28^{-0.118} = 0.84$$

$$\lambda = \text{Ortam bağıl nemi} \rightarrow \gamma_{1k} \text{ (Ortam bağıl nemi için düzeltme katsayısı)}$$

$$\gamma_{\lambda} = 1.27 - 0.0067 \lambda = 1.27 - 0.0067 \times 80 = 0.74$$

$V / S = \text{Hacim} / \text{Yüzey alanı oranı} = 250\text{mm}$

$$\gamma_{v/s} = 2 / 3 \{1 + 1.13 \exp(-0.0213 v / s)\} = 2 / 3 \{1 + 1.13 \exp(-0.0213 \times 250)\} = 0.67$$

$s = \text{Su} - \text{çimento oranına bağlı olan çökme miktarı} \rightarrow 120\text{mm}$

$$\gamma_s = 0.82 + 0.00264 s = 0.82 + 0.00264 \times 120 = 1.15$$

$\psi = \text{İnce agrega yüzdesi} \rightarrow \%55$

$$\gamma_\psi = 0.88 + 0.0024 \psi = 0.88 + 0.0024 \times 55 = 1.012$$

$\alpha = \text{Karışımdaki boşluk oranı} \rightarrow \%8$

$$\gamma_\alpha = 0.46 + 0.09 \alpha = 0.46 + 0.09 \times 8 = 1.18$$

$$\gamma_c = \gamma_{1a} \times \gamma_\lambda \times \gamma_{v/s} \times \gamma_s \times \gamma_\psi \times \gamma_\alpha = 0.84 \times 0.74 \times 0.67 \times 1.15 \times 1.012 \times 1.18 = 0.58$$

$$v_u : 2.35 \gamma_c = 2.35 \times 0.58 = 1.37 \text{ (sünme katsayısının alabileceği sınır değeri)}$$

Yüklemeden 30 yıl sonra hesaplanan sünme katsayısı

$$v_t = \frac{t^{0.60}}{10 + t^{0.60}} \times v_u = \frac{10950^{0.60}}{10 + 10950^{0.60}} \times 1.37 = 1.32$$

S1, S5 ve S12 kolonlarında ani yüklemelere ek olarak sünme nedeni ile oluşacak birim boydaki kısalma değerleri ve buna bağlı olarakta her katta ve tüm yapı boyunca bu elemanlarda oluşan toplam (ani yükleme + sünme) kısalma miktarları hesaplanmıştır. Bu değerler ile ilgili bilgiler Tablo 7.5, 7.6, 7.7 ve Şekil 7.6, 7.7 ve 7.8’de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

Elastite modülünü azaltmakta kullanılan sünme katsayısı değerleri her eleman için TS 500, BS 8110 ve ACI Committee 209’da hesaplanan değerlerin en elverişsizi seçilerek hesaba katılmıştır.

Tablo 7.5 S1 Kolonunda azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan birim boydaki şekil değiştirme ve çökme değerleri (Ani yükleme+sünme)

Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E_{c28} (kN/m ²)	$E_e=E_{ci}/(1+\Phi)$	$\varepsilon (\sigma / E_e)$	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	101,94	283,17	1,63	34000000	12927757	0,000022	3,5	0,000077	0,0323633
34	0,36	218,61	607,25	1,63	34000000	12927757	0,000047	3,5	0,000128	0,0322865
33	0,36	332,84	924,56	1,63	34000000	12927757	0,000072	3,5	0,000230	0,0321586
32	0,36	447,02	1241,72	1,63	34000000	12927757	0,000096	3,5	0,000333	0,0319284
31	0,36	560,73	1557,58	1,63	34000000	12927757	0,000120	3,5	0,000384	0,0315959
30	0,36	673,95	1872,08	1,63	34000000	12927757	0,000145	3,5	0,000486	0,0312122
29	0,36	788,6	2190,56	1,63	34000000	12927757	0,000169	3,5	0,000563	0,0307262
28	0,36	898,56	2496,00	1,63	34000000	12927757	0,000193	3,5	0,000639	0,0301635
27	0,36	1009,84	2805,11	1,63	34000000	12927757	0,000217	3,5	0,000742	0,0295241
26	0,36	1119,66	3110,17	1,63	34000000	12927757	0,000241	3,5	0,000793	0,0287823
25	0,36	1244,09	3455,81	1,63	34000000	12927757	0,000267	3,5	0,001305	0,0279893
24	0,49	1370,58	2797,10	1,61	34000000	13026820	0,000215	3,5	0,000716	0,0266848
23	0,49	1495,59	3052,22	1,61	34000000	13026820	0,000234	3,5	0,000793	0,0259686
22	0,49	1619,67	3305,45	1,61	34000000	13026820	0,000254	3,5	0,000870	0,0251757
21	0,49	1742,65	3556,43	1,61	34000000	13026820	0,000273	3,5	0,000921	0,0243060
20	0,49	1864,52	3805,14	1,61	34000000	13026820	0,000292	3,5	0,000998	0,0233852
19	0,49	1985,18	4051,39	1,61	34000000	13026820	0,000311	3,5	0,001049	0,0223876
18	0,49	2104,64	4295,18	1,61	34000000	13026820	0,000330	3,5	0,001125	0,0213389

Kat No	Kesit Alanı (m2)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E_{c28} (kN/m2)	$E_e=E_{ci}/(1+\Phi)$	$\varepsilon (\sigma / E_e)$	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
17	0,49	2222,44	4535,59	1,61	34000000	13026820	0,000348	3,5	0,001177	0,0202135
16	0,64	2353,92	3678,00	1,59	34000000	13127413	0,000280	3,5	0,000972	0,0190368
15	0,64	2485,49	3883,58	1,59	34000000	13127413	0,000296	3,5	0,000998	0,0180649
14	0,64	2615,52	4086,75	1,59	34000000	13127413	0,000311	3,5	0,001074	0,0170673
13	0,64	2744,26	4287,91	1,59	34000000	13127413	0,000327	3,5	0,001100	0,0159930
12	0,64	2871,63	4486,92	1,59	34000000	13127413	0,000342	3,5	0,001177	0,0148931
11	0,64	2997,58	4683,72	1,59	34000000	13127413	0,000357	3,5	0,001228	0,0137165
10	0,64	3122,09	4878,27	1,59	34000000	13127413	0,000372	3,5	0,001279	0,0124887
9	0,64	3244,96	5070,25	1,59	34000000	13127413	0,000386	3,5	0,001305	0,0112098
8	0,81	3381,87	4175,15	1,57	34000000	13229572	0,000316	3,5	0,001100	0,0099053
7	0,81	3517,91	4343,10	1,57	34000000	13229572	0,000328	3,5	0,001125	0,0088054
6	0,81	3652,49	4509,25	1,57	34000000	13229572	0,000341	3,5	0,001177	0,0076800
5	0,81	3785,71	4673,72	1,57	34000000	13229572	0,000353	3,5	0,001228	0,0065033
4	0,81	3917,52	4836,44	1,57	34000000	13229572	0,000366	3,5	0,001253	0,0052756
3	0,81	4047,89	4997,40	1,57	34000000	13229572	0,000378	3,5	0,001305	0,0040222
2	0,81	4176,84	5156,59	1,57	34000000	13229572	0,000390	3,5	0,001330	0,0027177
1	0,81	4304,21	5313,84	1,57	34000000	13229572	0,000402	3,5	0,001388	0,0013876

Tablo 7.6 S5 Kolonunda azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan birim boydaki şekil değiştirme ve çökme değerleri (Ani yükleme+sünme)

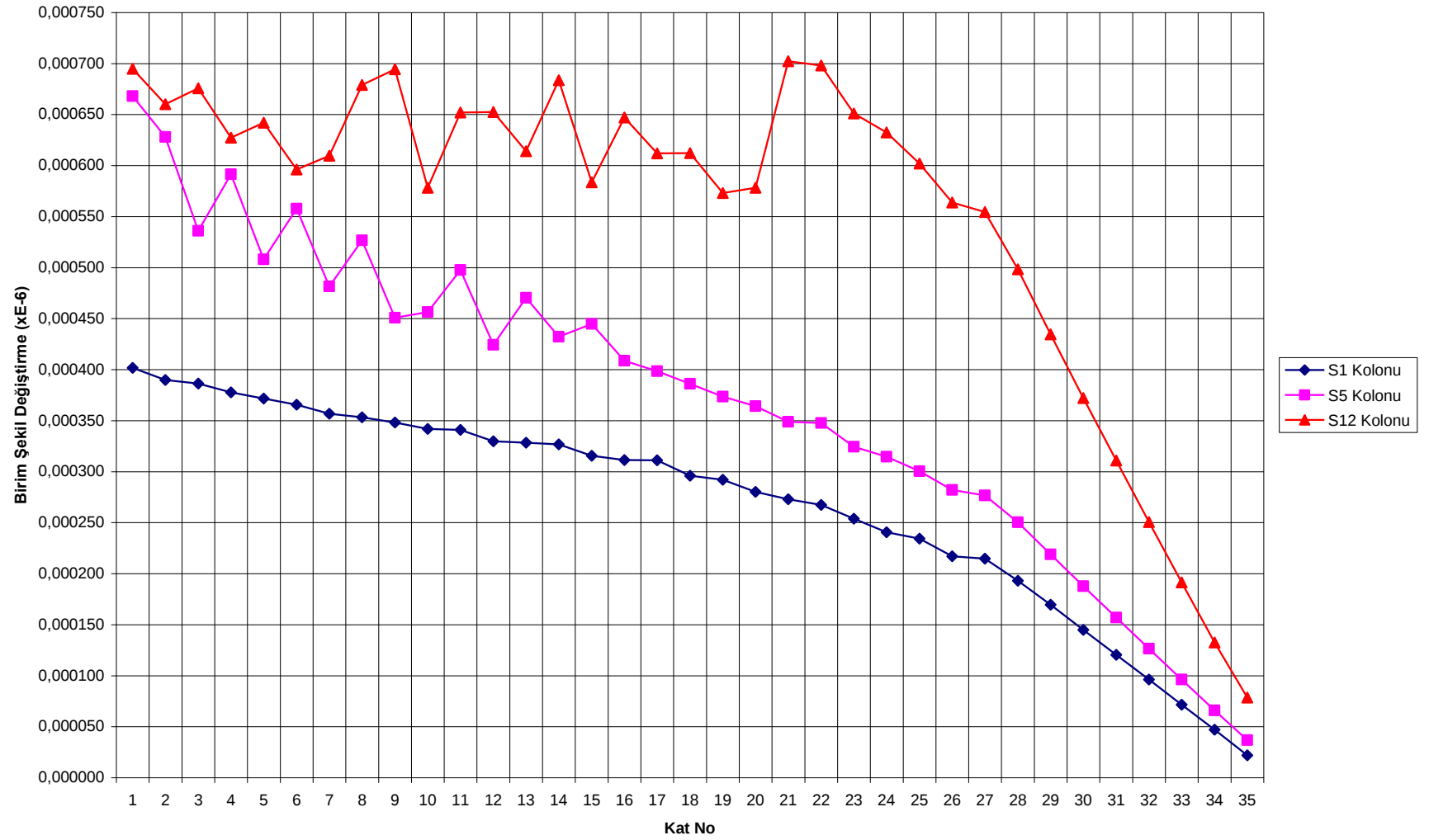
Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E_{c28} (kN/m ²)	$E_e = E_{ci}/(1+\Phi)$	$\varepsilon (\sigma / E_e)$	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	171,06	475,17	1,63	34000000	12927757	0,000037	3,5	0,00013	0,04473
34	0,36	306,14	850,39	1,63	34000000	12927757	0,000066	3,5	0,00021	0,04460
33	0,36	447,1	1241,94	1,63	34000000	12927757	0,000096	3,5	0,00031	0,04439
32	0,36	588,3	1634,17	1,63	34000000	12927757	0,000126	3,5	0,00044	0,04408
31	0,36	730,58	2029,39	1,63	34000000	12927757	0,000157	3,5	0,00052	0,04363
30	0,36	873,97	2427,69	1,63	34000000	12927757	0,000188	3,5	0,00065	0,04311
29	0,36	1018,63	2829,53	1,63	34000000	12927757	0,000219	3,5	0,00076	0,04246
28	0,36	1164,8	3235,56	1,63	34000000	12927757	0,000250	3,5	0,00083	0,04171
27	0,36	1312,45	3645,69	1,63	34000000	12927757	0,000282	3,5	0,00096	0,04087
26	0,36	1463,67	4065,75	1,63	34000000	12927757	0,000314	3,5	0,00109	0,03991
25	0,36	1617,45	4492,92	1,63	34000000	12927757	0,000348	3,5	0,00086	0,03882
24	0,49	1765,42	3602,90	1,61	34000000	13026820	0,000277	3,5	0,00096	0,03796
23	0,49	1916,86	3911,96	1,61	34000000	13026820	0,000300	3,5	0,00104	0,03700
22	0,49	2070,24	4224,98	1,61	34000000	13026820	0,000324	3,5	0,00112	0,03595
21	0,49	2226,19	4543,24	1,61	34000000	13026820	0,000349	3,5	0,00120	0,03483
20	0,49	2383,46	4864,20	1,61	34000000	13026820	0,000373	3,5	0,00130	0,03364
19	0,49	2543,57	5190,96	1,61	34000000	13026820	0,000398	3,5	0,00138	0,03233
18	0,49	2707,8	5526,12	1,61	34000000	13026820	0,000424	3,5	0,00146	0,03096

Kat No	Kesit Alanı (m2)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E_{c28} (kN/m2)	$E_e=E_{ci}/(1+\Phi)$	$\epsilon (\sigma / E_e)$	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
17	0,49	2877,66	5872,78	1,61	34000000	13026820	0,000451	3,5	0,00156	0,02950
16	0,64	3060,41	4781,89	1,59	34000000	13127413	0,000364	3,5	0,00128	0,02794
15	0,64	3244,15	5068,98	1,59	34000000	13127413	0,000386	3,5	0,00135	0,02666
14	0,64	3434,11	5365,80	1,59	34000000	13127413	0,000409	3,5	0,00143	0,02531
13	0,64	3630,33	5672,39	1,59	34000000	13127413	0,000432	3,5	0,00148	0,02387
12	0,64	3833,34	5989,59	1,59	34000000	13127413	0,000456	3,5	0,00161	0,02239
11	0,64	4045,18	6320,59	1,59	34000000	13127413	0,000481	3,5	0,00167	0,02078
10	0,64	4267,72	6668,31	1,59	34000000	13127413	0,000508	3,5	0,00177	0,01911
9	0,64	4503,13	7036,14	1,59	34000000	13127413	0,000536	3,5	0,00187	0,01734
8	0,81	4766	5883,95	1,57	34000000	13229572	0,000445	3,5	0,00159	0,01546
7	0,81	5041,27	6223,79	1,57	34000000	13229572	0,000470	3,5	0,00164	0,01388
6	0,81	5333,06	6584,02	1,57	34000000	13229572	0,000498	3,5	0,00177	0,01224
5	0,81	5643,94	6967,83	1,57	34000000	13229572	0,000527	3,5	0,00185	0,01047
4	0,81	5977,06	7379,09	1,57	34000000	13229572	0,000558	3,5	0,00195	0,00862
3	0,81	6337,05	7823,52	1,57	34000000	13229572	0,000591	3,5	0,00208	0,00666
2	0,81	6728,97	8307,37	1,57	34000000	13229572	0,000628	3,5	0,00223	0,00458
1	0,81	7157,81	8836,80	1,57	34000000	13229572	0,000668	3,5	0,00236	0,00236

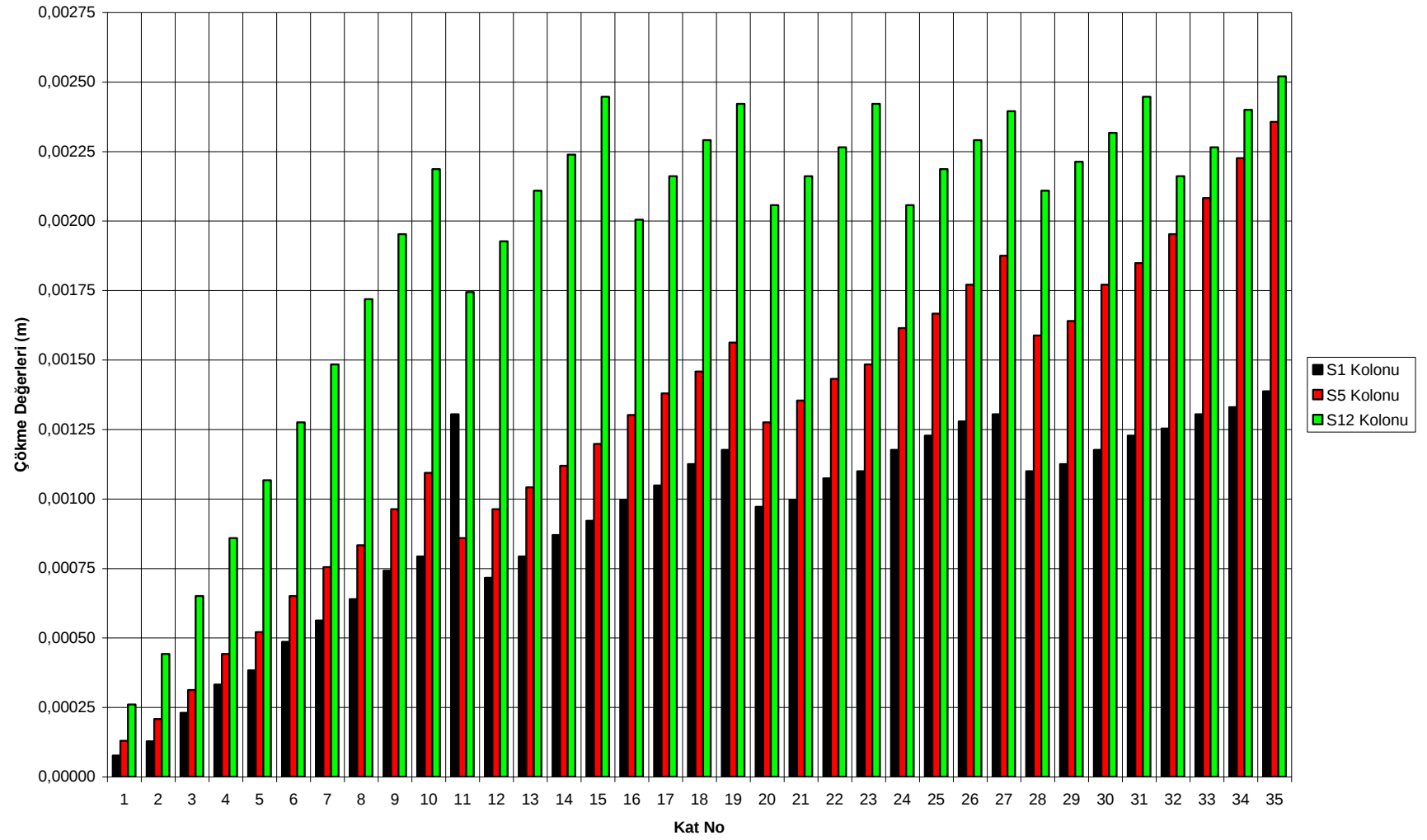
Tablo 7.7 S12 Kolonunda azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan birim boydaki şekil değiştirme ve çökme değerleri (Ani yükleme+sünme)

Kat No	Kesit Alanı (m2)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E_{c28} (kN/m2)	$E_e = E_{ci} / (1 + \Phi)$	$\varepsilon (\sigma / E_e)$	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	365,03	1013,97	1,63	34000000	12927757	0,000078	3,5	0,00026	0,06751
34	0,36	617,09	1714,14	1,63	34000000	12927757	0,000133	3,5	0,00044	0,06725
33	0,36	890,9	2474,72	1,63	34000000	12927757	0,000191	3,5	0,00065	0,06680
32	0,36	1166,2	3239,44	1,63	34000000	12927757	0,000251	3,5	0,00086	0,06615
31	0,36	1446,48	4018,00	1,63	34000000	12927757	0,000311	3,5	0,00107	0,06529
30	0,36	1731,53	4809,81	1,63	34000000	12927757	0,000372	3,5	0,00128	0,06423
29	0,36	2022,25	5617,36	1,63	34000000	12927757	0,000435	3,5	0,00148	0,06295
28	0,36	2319,59	6443,31	1,63	34000000	12927757	0,000498	3,5	0,00172	0,06147
27	0,36	2623,96	7288,78	1,63	34000000	12927757	0,000564	3,5	0,00195	0,05975
26	0,36	2942,74	8174,28	1,63	34000000	12927757	0,000632	3,5	0,00219	0,05780
25	0,36	3248,58	9023,83	1,63	34000000	12927757	0,000698	3,5	0,00174	0,05561
24	0,49	3538,47	7221,37	1,61	34000000	13026820	0,000554	3,5	0,00193	0,05387
23	0,49	3842,31	7841,45	1,61	34000000	13026820	0,000602	3,5	0,00211	0,05194
22	0,49	4155,21	8480,02	1,61	34000000	13026820	0,000651	3,5	0,00224	0,04983
21	0,49	4482,15	9147,24	1,61	34000000	13026820	0,000702	3,5	0,00245	0,04759
20	0,64	4814,6	7522,81	1,59	34000000	13127413	0,000573	3,5	0,00200	0,04514
19	0,64	5141,96	8034,31	1,59	34000000	13127413	0,000612	3,5	0,00216	0,04314
18	0,64	5481	8564,06	1,59	34000000	13127413	0,000652	3,5	0,00229	0,04098

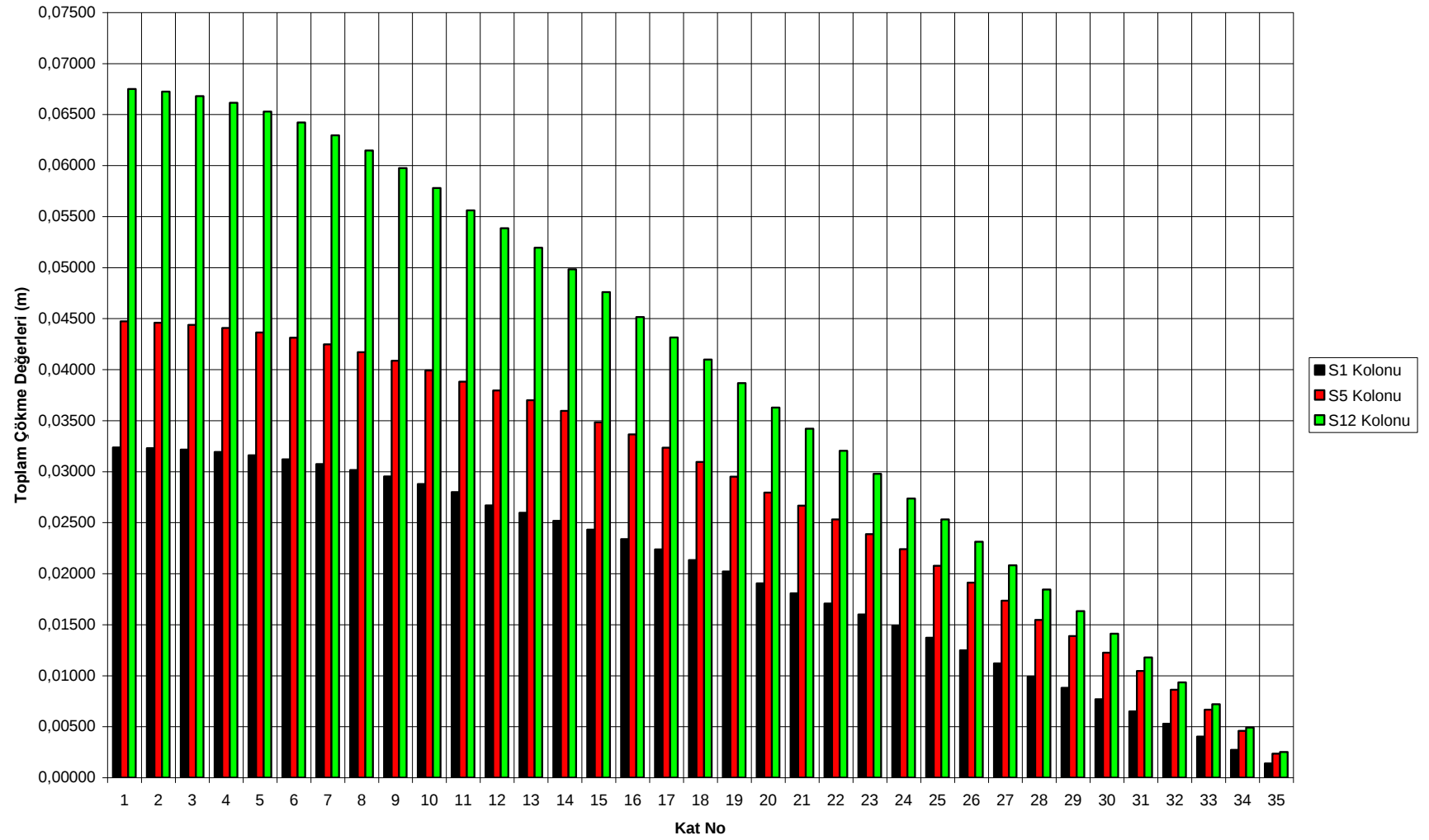
Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E _{c28} (kN/m ²)	Ee=Eci/(1+ Φ)	ϵ (σ / Ee)	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
17	0,64	5833,04	9114,13	1,59	34000000	13127413	0,000694	3,5	0,00242	0,03869
16	0,81	6196,17	7649,59	1,57	34000000	13229572	0,000578	3,5	0,00206	0,03627
15	0,81	6559,05	8097,59	1,57	34000000	13229572	0,000612	3,5	0,00216	0,03421
14	0,81	6935,26	8562,05	1,57	34000000	13229572	0,000647	3,5	0,00227	0,03205
13	0,81	7325,3	9043,58	1,57	34000000	13229572	0,000684	3,5	0,00242	0,02978
12	1	7738,49	7738,49	1,54	34000000	13385827	0,000578	3,5	0,00206	0,02736
11	1	8158,37	8158,37	1,54	34000000	13385827	0,000609	3,5	0,00219	0,02531
10	1	8593,13	8593,13	1,54	34000000	13385827	0,000642	3,5	0,00229	0,02312
9	1	9044,98	9044,98	1,54	34000000	13385827	0,000676	3,5	0,00240	0,02083
8	1,21	9527,7	7874,13	1,52	34000000	13492063	0,000584	3,5	0,00211	0,01843
7	1,21	10024,2	8284,46	1,52	34000000	13492063	0,000614	3,5	0,00221	0,01632
6	1,21	10642,4	8795,37	1,52	34000000	13492063	0,000652	3,5	0,00232	0,01411
5	1,21	11084,8	9160,99	1,52	34000000	13492063	0,000679	3,5	0,00245	0,01179
4	1,44	11672,36	8105,81	1,50	34000000	13600000	0,000596	3,5	0,00216	0,00935
3	1,44	12284,26	8530,74	1,50	34000000	13600000	0,000627	3,5	0,00227	0,00719
2	1,44	12926,2	8976,53	1,50	34000000	13600000	0,000660	3,5	0,00240	0,00492
1	1,44	13605,15	9448,02	1,50	34000000	13600000	0,000695	3,5	0,00252	0,00252



Şekil 7.6 Yapı elemanlarında azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan birim şekil değışirme değeri (anı yükleme + sünme)



Şekil 7.7 Yapı elemanlarında azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan çökme değerleri (ani yükleme + sünme)



Şekil 7.8 Yapı elemanlarında azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan toplam çökme değerleri (anı yükleme + sünme)

Tablolardan ve şekillerden görüldüğü gibi ani yükleme + sünme etkisi göz önüne alındığında en fazla çökme S12 kolonunda görülmüştür (0.085m).

Bu kolonun kirişle bağlandığı S5 kolonunda ani yükleme + sünme etkisi göz önüne alındığında çökme değeri 0.0514m olarak bulunmuştur.

Burada, bu iki taşıyıcı elemanda oluşan kısalmaların farklı olması yapının tasarımında problem oluşturabilir ($0.085m - 0.0514m = 0.0336m$).

35. kattaki S12 kolonu ile S5 kolonu arasındaki 0.0336m'lik kısalma farkı döşemede eğim oluşturmaktadır.

Bu elemanlar arasındaki döşemede eğilme elemanlarında izin verilen sehım sınırlarına göre sehım kontrolü yapılırsa $l_n / 360 = 1060 / 360 = 2.94$

Tasarımı yapılan binada bu koşul 28. Kattan itibaren sağlanmamaktadır.

Tasarım aşamasında hesaplanan ani yükleme ile sünme deformasyonu nedeniyle S5 kolonu ve S12 kolonundaki bu kısalma farklarından oluşacak sehım problemlerini azaltmak için tasarımı yapılan binanın yapım aşamasında önlem alınmalıdır.

Yapım aşamasında, her yeni katın inşasına başlamadan önce, o kata kadar ki düşey taşıyıcı elemanların yükseklikleri ölçülmelidir. Bu ölçümler ile inşası yapılacak katın tasarımına hesabında belirtilen kotu arasındaki kısalma farkları hesaplanmalıdır. Yapımına başlanacak katın kolon ve perde yüksekliklerine bu kısalma farkları da eklenerek, bu elemanlar tasarımında hesaplanan değerlerinden biraz daha uzun yapılabilir [1].

Sünme deformasyonun mertebesi birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenler en önemlileri kalıcı yük uygulandığı anda betonda oluşan gerilme miktarı, yük uygulanan betonun yükleme anındaki yaşı, betona yük uygulandıktan sonra geçen zaman, kesit boyutu, çevre koşulları bulunan basınç donatısı miktarıdır.

Bütün bu nedenlere, deformasyon kontrolü için geliştirilen veya geliştirilecek yöntemlerin, dayanım hesabı için geliştirilmiş yöntemler kadar gerçek sonuç vermesi beklenmez. Hemen belirtmek gerekir ki, deformasyon hesabında aranan kesinlik, hiçbir zaman dayanım hesabında aranan kesinlik kadar fazla değildir. Örneğin, bir kiriş için hesaplanan sehım 2cm iken, gerçek sehimin 3cm olması fazla önemli değildir. Günümüzde, sünme deformasyonunu %30 - %40 bir hata ile hesaplamak

mümkündür ve bu çapta bir hata kabul edilebilir sınırlar içindedir. Dayanım hesaplarında ise, bu büyüklükte bir hata hiçbir zaman kabul edilemez.

Kolon gibi basınç gerilmelerinin egemen olduğu bir elemanda, ani yükleme ve sünme etkisi ile oluşan yerdeğiştirmelerin hesabında kullanılacak elastite modülünün ilk değerin yanı sıra veya üçte birine indirilmesi uygundur [15].

Yapılan çalışmada, ani yükleme ve sünme etkisiyle oluşacak deformasyonu hesaplamak için kullanılan azaltılmış elastite modülü değeri, ilk değerinin yaklaşık %38'i kadardır [5].

7.3 Alt Katlarda Yüksek Dayanımlı Beton Kullanılmasının, Tasarıma ve Sünmeye Etkisi

Sünme deformasyonlarının yapı elemanlarına uygulanan yük, kesit boyutları ve bu etkilere bağlı olarak yapı elemanlarında oluşacak gerilme değerine bağlı olduğu ve gerilme / basınç dayanımının oranının 0.4'den büyük olduğu durumlarda sünmenin gerilmeyle orantılı olmayarak daha hızlı bir şekilde arttığı ayrıca gerilme / dayanım oranının 0.8'den büyük olduğu durumlarda ise belirli bir süre sonunda yapı elemanın betonunda çatlamalar ve ezilmeler oluşacağı önceki bölümlerde belirtilmişti.

Mimari nedenlerden dolayı veya kullanım alanının genişliği arttırmak için özellikle alt katlardaki kolon boyutlarını tasarım için öngörülenden küçük tutmak sünme açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Yapının alt katlarındaki düşey taşıyıcı elemanlarında kesit alanı küçük tutulduğundan gerilme düzeyi ve boyuna donatı oranı yüksek çıkacaktır. Gerilme düzeyinin yüksek çıkması ilk başta sakıncalı olmasa bile belirli bir süre sonunda sünme kısılmaları nedeniyle yapı elemanında daha önce belirtilen türde hasarların oluşmasına neden olabilir.

Bu nedenle yapının alt katlardaki düşey taşıyıcı elemanlarında kesit alanı gereğinden küçük tutup, boyuna donatıyı fazla yerleştirmek yerine alt katlarda yüksek dayanımlı beton kullanılarak beton kesit boyutlarını kabul edilebilir ölçülerde küçültmek hem dayanım hesabı için hem de sünme deformasyonu için önemlidir.

Bu bölümde daha önceki bölümlerde tasarımı ve donatılandırılması yapılan binanın alt katlarında yüksek dayanımlı beton kullanıp kesit boyutlarının küçültülmesinin yapının tasarımı ve sünme deformasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Tasarımı yapılan yapıda ilk 12 katta beton sınıfı C40'dan C60'a yükseltilmiş diğer katlarda ise yine C40 betonu kullanılmıştır.

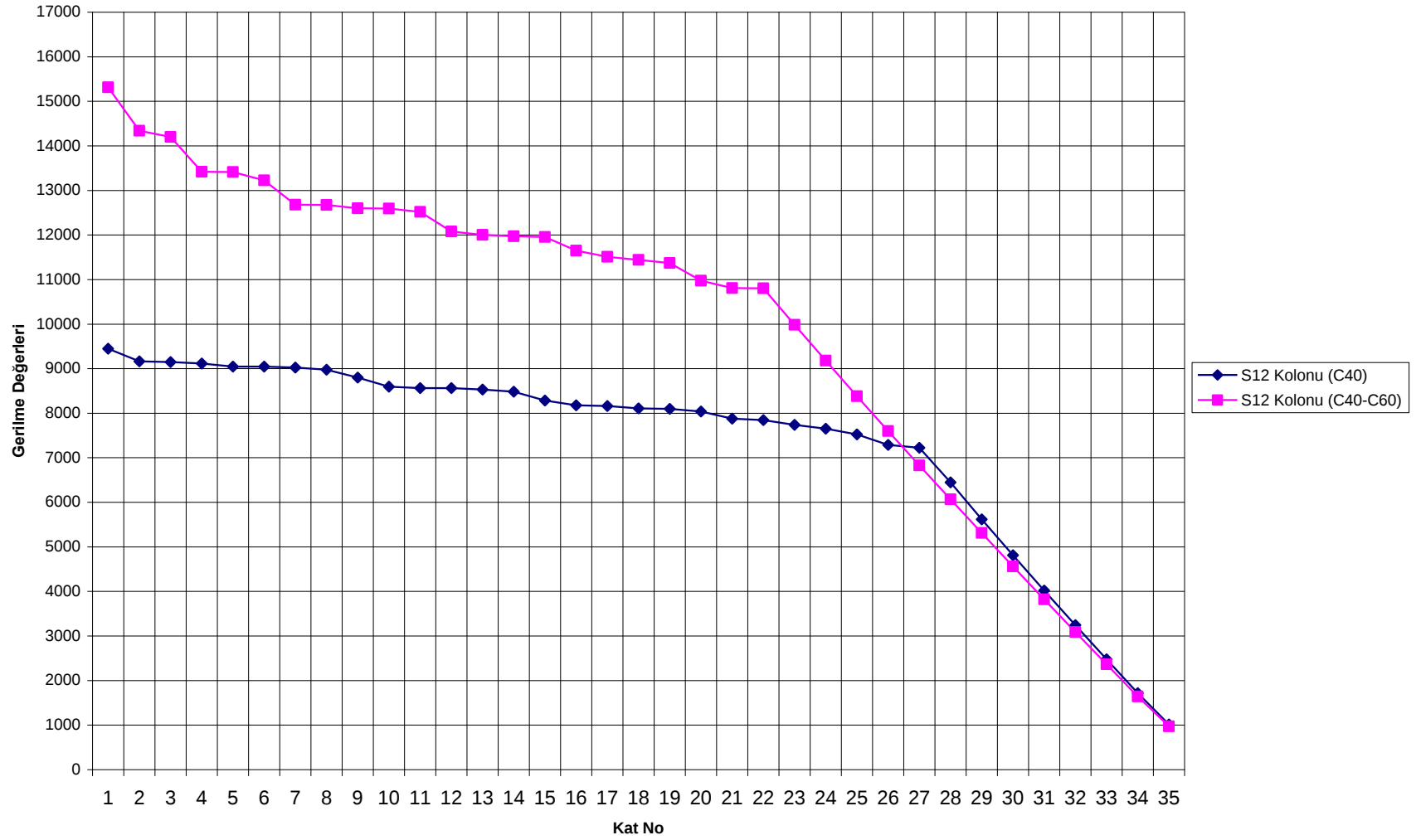
C60 – C40 beton sınıfları kullanılarak tasarımı yapılan yapının S12 kolonunda yükün uygulandığı anda oluşan gerilmeler, birim boydaki şekil değiştirmeler ve çökme değerleri Tablo 7.8'de gösterilmiştir. Ayrıca bu kolonun tüm katlarda C40 beton sınıfı kullanılarak tasarımı yapılan S12 kolonuyla yükün uygulandığı andaki gerilmelerin, birim boydaki şekil değiştirmelerin ve çökme değerlerinin karşılaştırılması Şekil 7.9, 7.10 ve 7.11'de gösterilmiştir.

Yukarıda yapılan tüm işlemler, sünme etkisi göz önüne alınarakta yapılmış ve C60 – C40 beton sınıfı kullanılarak tasarımı yapılan yapının S12 kolonunda ani yükleme + sünme etkisiyle oluşan gerilmeler, birim boydaki şekil değiştirmeler ve çökme değerleri Tablo 7.9'da gösterilmiştir.

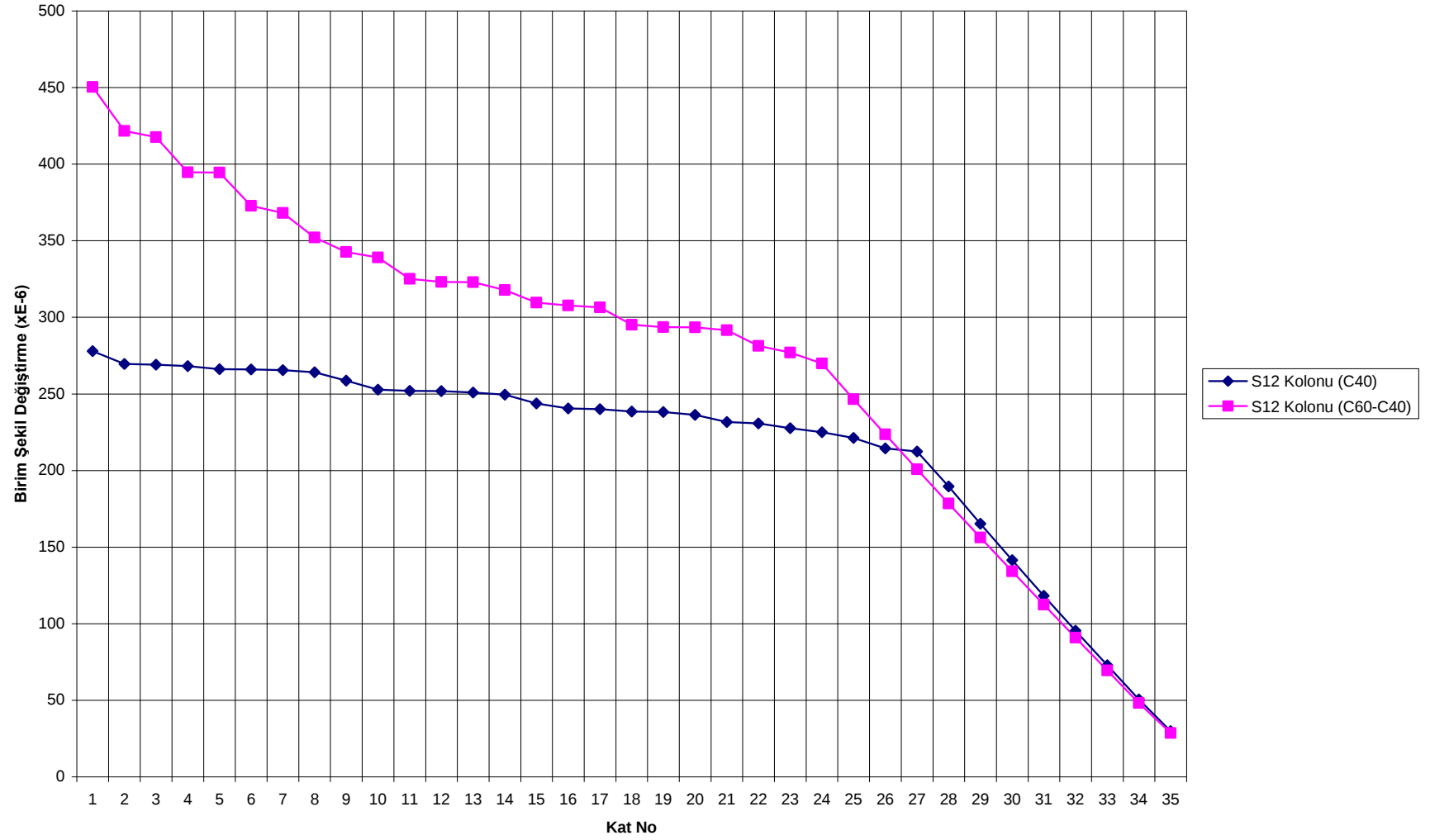
Tablo 7.8 S12 Kolonuna yük uygulandığı anda oluşan gerilme, birim şekil değiştirme ve çökme değerleri (C60 – C40)

Kat No	Kesit Alanı (m2)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m2)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m2)	ε	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	349,72	971,44	40000	0,024	34000000	0,000029	3,5	0,00010	0,03345
34	0,36	589,58	1637,72	40000	0,041	34000000	0,000048	3,5	0,00017	0,03335
33	0,36	850,17	2361,58	40000	0,059	34000000	0,000069	3,5	0,00024	0,03318
32	0,36	1110,94	3085,94	40000	0,077	34000000	0,000091	3,5	0,00032	0,03293
31	0,36	1375	3819,44	40000	0,095	34000000	0,000112	3,5	0,00039	0,03262
30	0,36	1641,59	4559,97	40000	0,114	34000000	0,000134	3,5	0,00047	0,03222
29	0,36	1910,82	5307,83	40000	0,133	34000000	0,000156	3,5	0,00055	0,03175
28	0,36	2182,76	6063,22	40000	0,152	34000000	0,000178	3,5	0,00062	0,03121
27	0,36	2457,59	6826,64	40000	0,171	34000000	0,000201	3,5	0,00070	0,03058
26	0,36	2735,63	7598,97	40000	0,190	34000000	0,000223	3,5	0,00078	0,02988
25	0,36	3017,29	8381,36	40000	0,210	34000000	0,000247	3,5	0,00086	0,02910
24	0,36	3303,13	9175,36	40000	0,229	34000000	0,000270	3,5	0,00094	0,02824
23	0,36	3593,84	9982,89	40000	0,250	34000000	0,000294	3,5	0,00103	0,02729
22	0,36	3890,02	10805,61	40000	0,270	34000000	0,000318	3,5	0,00111	0,02626
21	0,36	4193,69	11649,14	40000	0,291	34000000	0,000343	3,5	0,00120	0,02515
20	0,36	4505,34	12514,83	40000	0,313	34000000	0,000368	3,5	0,00129	0,02395
19	0,36	4827,1	13408,61	40000	0,335	34000000	0,000394	3,5	0,00138	0,02266
18	0,36	5160,72	14335,33	40000	0,358	34000000	0,000422	3,5	0,00148	0,02128
17	0,36	5512,84	15313,44	40000	0,383	34000000	0,000450	3,5	0,00158	0,01981

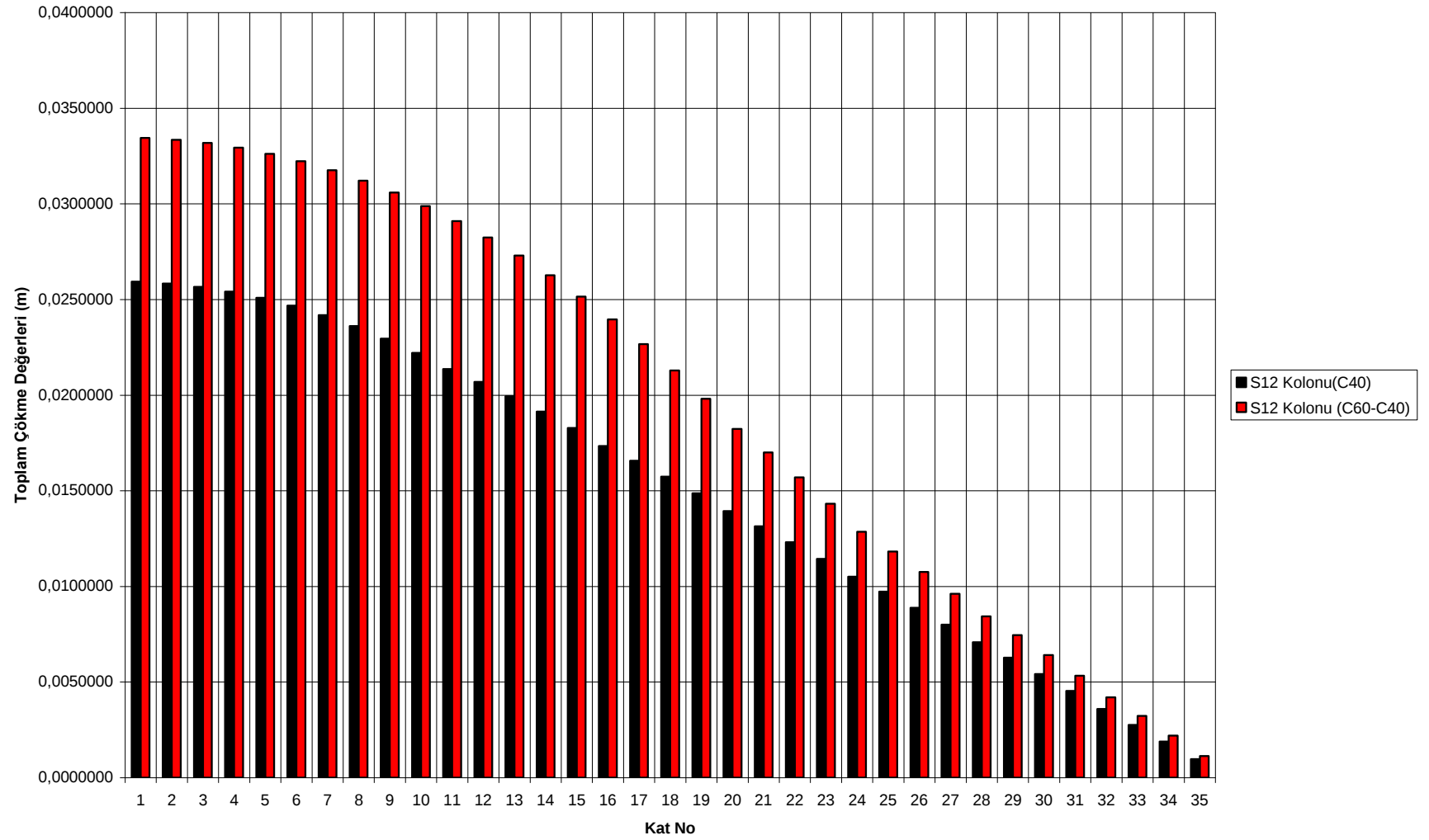
Kat No	Kesit Alanı (m2)	N (kN)	σ	f_{ck} (kN/m2)	σ / f_{ck}	E_{c28} (kN/m2)	ε	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
16	0,49	5865,25	11969,90	40000	0,299	34000000	0,000352	3,5	0,00123	0,01823
15	0,49	6209,8	12673,06	40000	0,317	34000000	0,000373	3,5	0,00130	0,01700
14	0,49	6573,17	13414,63	40000	0,335	34000000	0,000395	3,5	0,00138	0,01569
13	0,49	6957,72	14199,43	40000	0,355	34000000	0,000418	3,5	0,00146	0,01431
12	0,64	7321,31	11439,55	40000	0,286	39000000	0,000293	3,5	0,00103	0,01285
11	0,64	7680,69	12001,08	40000	0,300	39000000	0,000308	3,5	0,00108	0,01183
10	0,64	8061,06	12595,41	40000	0,315	39000000	0,000323	3,5	0,00113	0,01075
9	0,64	8463,81	13224,70	40000	0,331	39000000	0,000339	3,5	0,00119	0,00962
8	0,81	8887,07	10971,69	40000	0,274	39000000	0,000281	3,5	0,00098	0,00843
7	0,81	9320,54	11506,84	40000	0,288	39000000	0,000295	3,5	0,00103	0,00745
6	0,81	9780,54	12074,74	40000	0,302	39000000	0,000310	3,5	0,00108	0,00641
5	0,81	10269,82	12678,79	40000	0,317	39000000	0,000325	3,5	0,00114	0,00533
4	1	10801,03	10801,03	40000	0,270	39000000	0,000277	3,5	0,00097	0,00419
3	1	11368,26	11368,26	40000	0,284	39000000	0,000291	3,5	0,00102	0,00322
2	1	11952,12	11952,12	40000	0,299	39000000	0,000306	3,5	0,00107	0,00220
1	1	12592,87	12592,87	40000	0,315	39000000	0,000323	3,5	0,00113	0,00113



Şekil 7.9 S12 Kolonunda farklı beton sınıfları ve kesit boyutları için (ilk 12 kat) yük uygulandığı anda oluşan gerilmelerin karşılaştırılması



Şekil 7.10 S12 Kolonunda farklı beton sınıfları ve kesit boyutları için (ilk 12 kat) yük uygulandığı andaki birim şekil değişimleri



Şekil 7.11 S12 Kolonunda farklı beton sınıfları ve kesit boyutları için (ilk 12 kat) yük uygulandığı andaki toplam çökme değerleri

Tablo 7.9 S12 Kolonunda azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan birim şekil değiştirme, çökme değerleri (Ani yükleme+sünme)

(C60–C40)

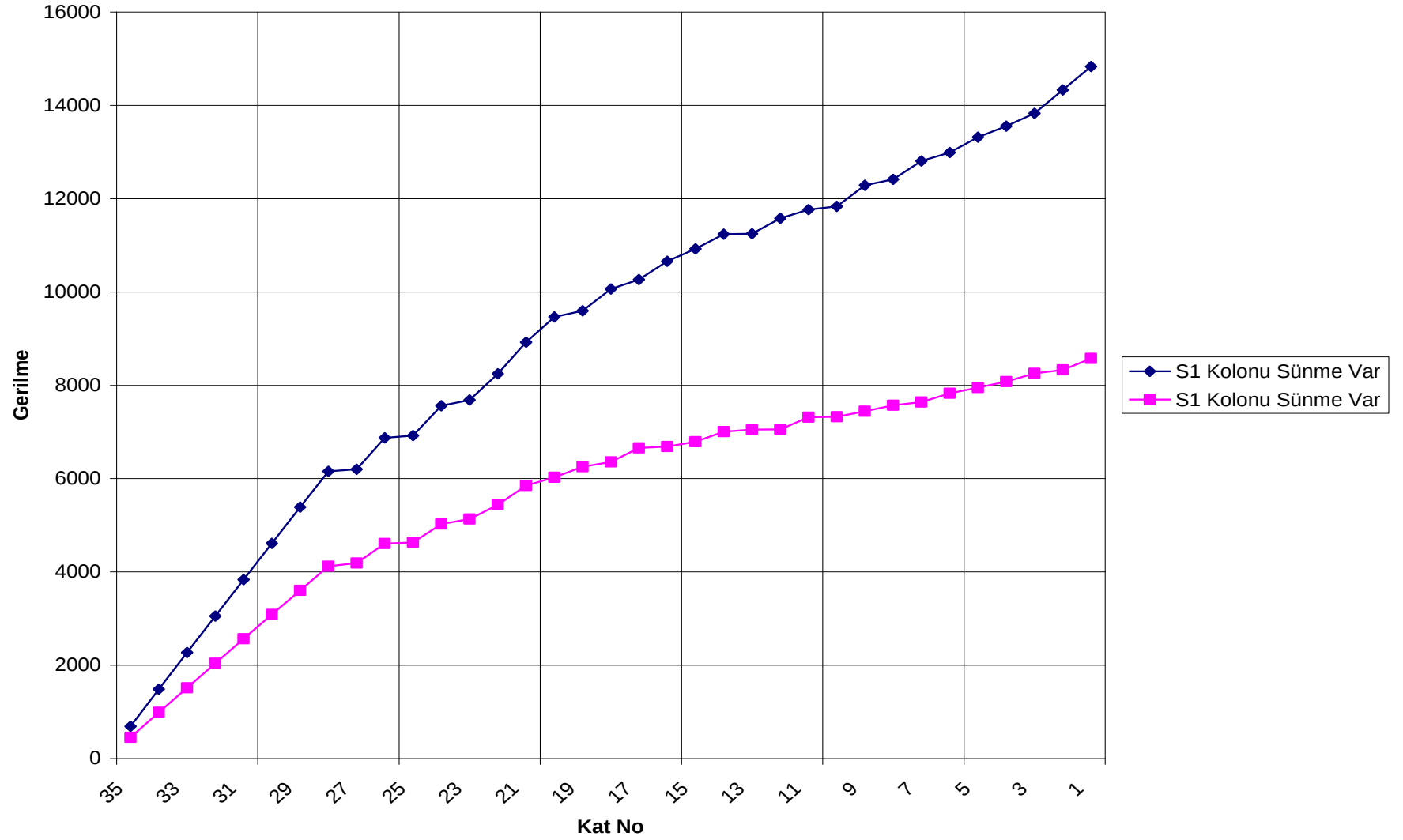
Kat No	Kesit Alanı (m ²)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E_{c28} (kN/m ²)	$E_e = E_{ci}/(1+\Phi)$	$\varepsilon (\sigma / E_e)$	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
35	0,36	365,03	1013,97	1,63	34000000	12927757	0,000288	3,5	0,00030	0,07750
34	0,36	617,09	1714,14	1,63	34000000	12927757	0,000487	3,5	0,00051	0,07721
33	0,36	890,9	2474,72	1,63	34000000	12927757	0,000704	3,5	0,00075	0,07670
32	0,36	1166,2	3239,44	1,63	34000000	12927757	0,000921	3,5	0,00099	0,07595
31	0,36	1446,48	4018,00	1,63	34000000	12927757	0,001142	3,5	0,00123	0,07496
30	0,36	1731,53	4809,81	1,63	34000000	12927757	0,001368	3,5	0,00146	0,07374
29	0,36	2022,25	5617,36	1,63	34000000	12927757	0,001597	3,5	0,00170	0,07227
28	0,36	2319,59	6443,31	1,63	34000000	12927757	0,001832	3,5	0,00197	0,07057
27	0,36	2623,96	7288,78	1,63	34000000	12927757	0,002073	3,5	0,00224	0,06860
26	0,36	2942,74	8174,28	1,63	34000000	12927757	0,002324	3,5	0,00251	0,06636
25	0,36	3248,58	9023,83	1,63	34000000	12927757	0,002566	3,5	0,00200	0,06384
24	0,49	3538,47	7221,37	1,61	34000000	13026820	0,002053	3,5	0,00221	0,06184
23	0,49	3842,31	7841,45	1,61	34000000	13026820	0,002230	3,5	0,00242	0,05963
22	0,49	4155,21	8480,02	1,61	34000000	13026820	0,002411	3,5	0,00257	0,05721
21	0,49	4482,15	9147,24	1,61	34000000	13026820	0,002601	3,5	0,00281	0,05464
20	0,64	4814,6	7522,81	1,59	34000000	13127413	0,002139	3,5	0,00230	0,05183
19	0,64	5141,96	8034,31	1,59	34000000	13127413	0,002284	3,5	0,00248	0,04953
18	0,64	5481	8564,06	1,59	34000000	13127413	0,002435	3,5	0,00263	0,04705

Kat No	Kesit Alanı (m2)	N (kN)	σ	Sünme Katsayısı	E_{c28} (kN/m2)	$E_e = E_{ci} / (1 + \Phi)$	$\varepsilon (\sigma / E_e)$	l (m)	Δl (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
17	0,64	5833,04	9114,13	1,59	34000000	13127413	0,002592	3,5	0,00278	0,04442
16	0,81	6196,17	7649,59	1,57	34000000	13229572	0,002175	3,5	0,00236	0,04164
15	0,81	6559,05	8097,59	1,57	34000000	13229572	0,002302	3,5	0,00248	0,03928
14	0,81	6935,26	8562,05	1,57	34000000	13229572	0,002435	3,5	0,00260	0,03679
13	0,81	7325,3	9043,58	1,57	34000000	13229572	0,002571	3,5	0,00278	0,03419
12	1	7738,49	7738,49	1,54	34000000	13385827	0,002200	3,5	0,00236	0,03141
11	1	8158,37	8158,37	1,54	34000000	13385827	0,002320	3,5	0,00251	0,02905
10	1	8593,13	8593,13	1,54	34000000	13385827	0,002443	3,5	0,00263	0,02654
9	1	9044,98	9044,98	1,54	34000000	13385827	0,002572	3,5	0,00275	0,02391
8	1,21	9527,7	7874,13	1,52	34000000	13492063	0,002239	3,5	0,00242	0,02116
7	1,21	10024,2	8284,46	1,52	34000000	13492063	0,002356	3,5	0,00254	0,01874
6	1,21	10642,4	8795,37	1,52	34000000	13492063	0,002501	3,5	0,00266	0,01620
5	1,21	11084,8	9160,99	1,52	34000000	13492063	0,002605	3,5	0,00281	0,01354
4	1,44	11672,36	8105,81	1,50	34000000	13600000	0,002305	3,5	0,00248	0,01073
3	1,44	12284,26	8530,74	1,50	34000000	13600000	0,002426	3,5	0,00260	0,00825
2	1,44	12926,2	8976,53	1,50	34000000	13600000	0,002552	3,5	0,00276	0,00565
1	1,44	13605,15	9448,02	1,50	34000000	13600000	0,002686	3,5	0,00289	0,00289

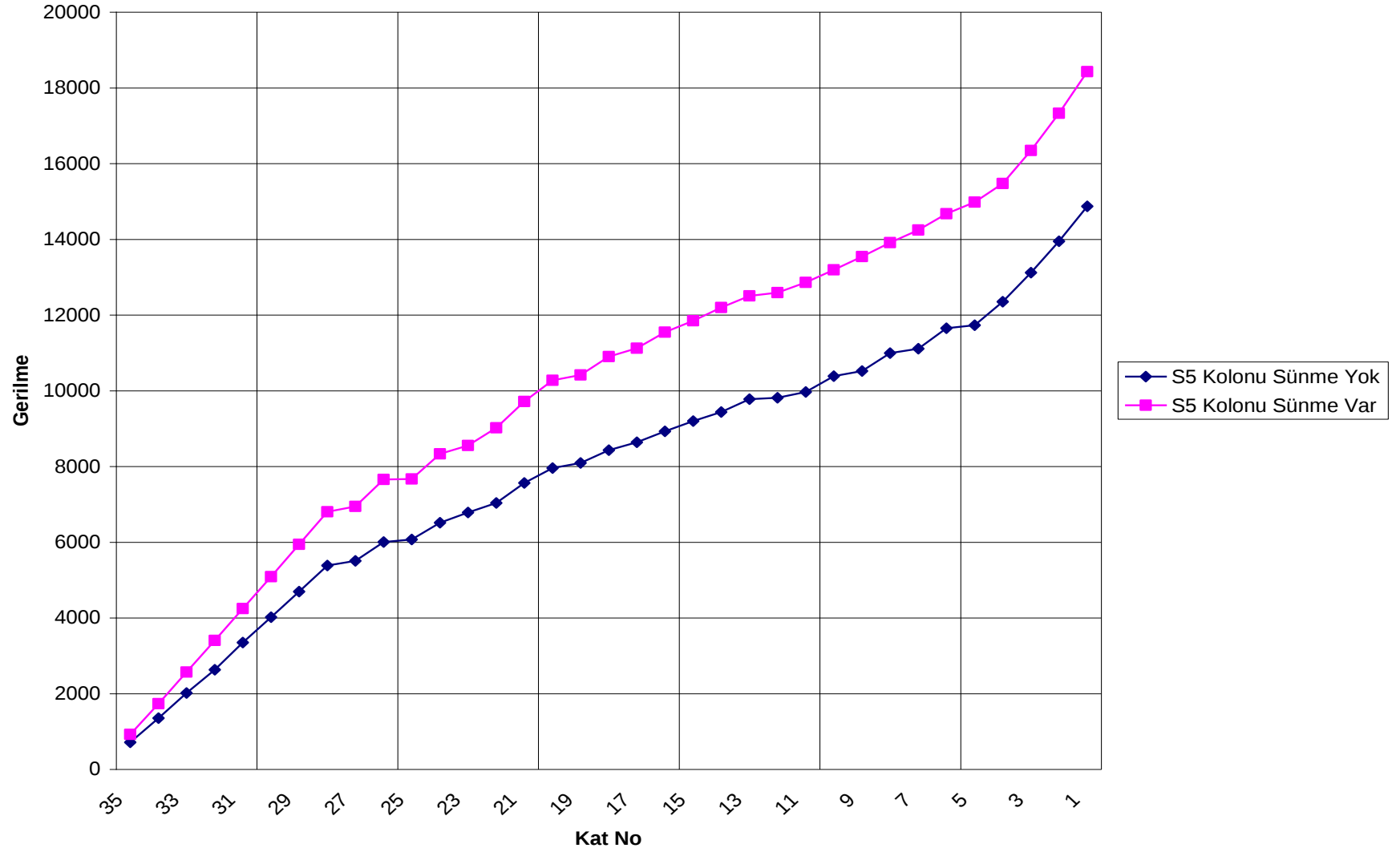
Tablo ve şekillerden de anlaşılacağı gibi beton sınıfı C60 olan alt katlardaki S12 kolonlarında eksenel gerilmeler fazla olmasına rağmen C60 betonunun dayanımının yüksek olması nedeniyle gerilme / dayanım oranları makul ölçülerde kalmıştır (gerilme / dayanım < 0.4 koşulu). Buna bağlı olarakta ani yükleme + sünme etkisinde oluşan toplam kısalmalarda, alt katlardaki kesitler küçük tutulmasına rağmen ilk başta C40 beton sınıfı kullanılarak tasarımı yapılan S12 kolonundaki toplam kısalmaya yakındır.

Bundan dolayı, alt katlarda beton kalitesinin arttırılarak kolon kesitlerinin küçük tutulmasının tasarlanan yapıda dayanım hesabı ve sünme deformasyonu açısından olumsuz bir etkisinin olmayacağı söylenebilir.

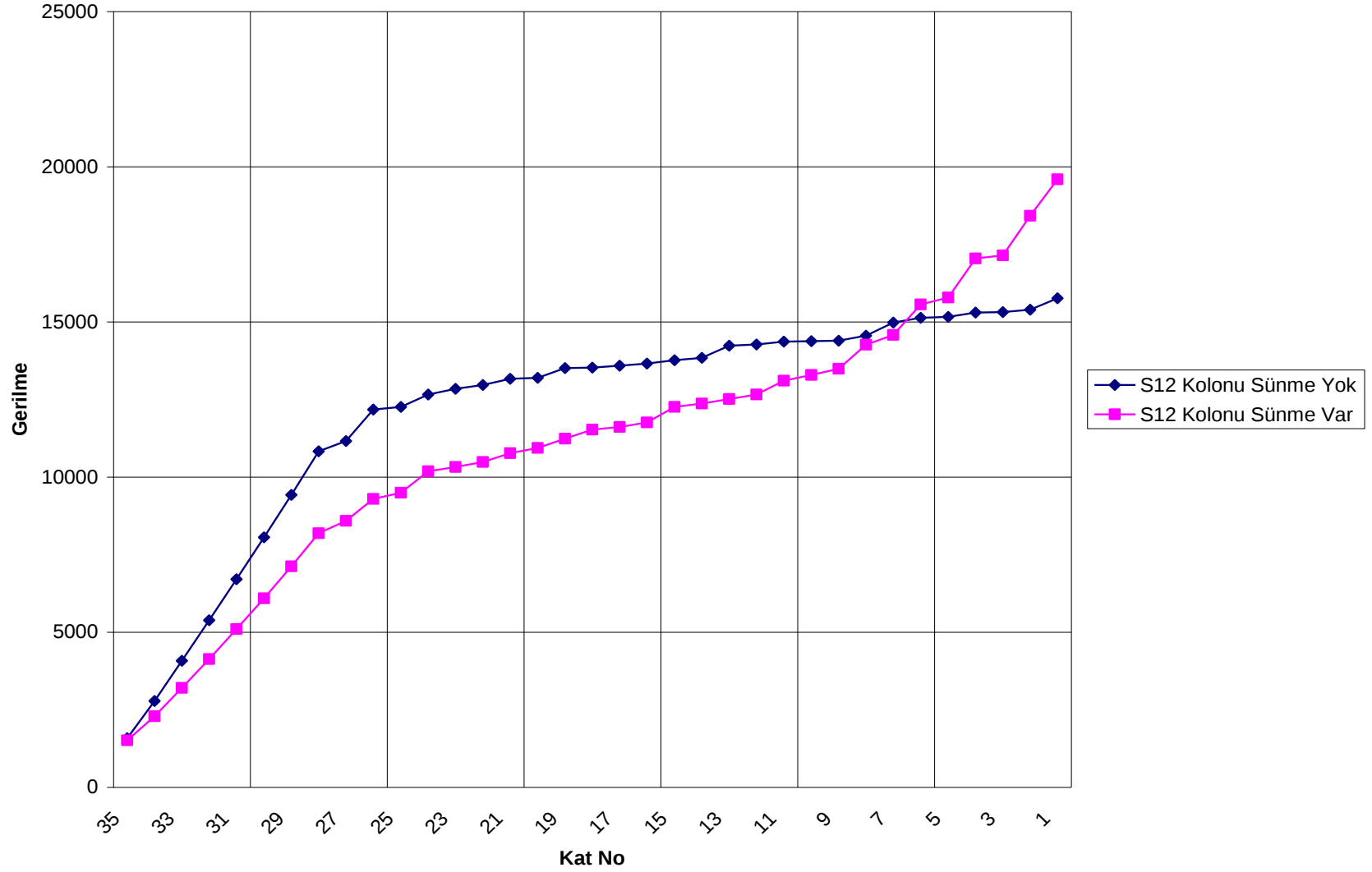
Sünme etkisi ile seçilen yapı elemanlarında oluşan başlangıç ortalama gerilme değerleri ile azaltılmış elastite modülü ile hesaplanan sünme etkileri sonrası yapıda oluşan ortalama kalıcı gerilmeler her yapı elemanı için hesaplanmış olup ilgili değişimler Şekil 7.12, Şekil 7.13 ve Şekil 7.14'te gösterilmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi alt katlarda oluşan ortalama gerilme değerleri sünme etkisi altında yüksektir. Bunun nedeni azaltılmış elastite modülü ile söz konusu yapı elemanlarına etkiyen normal kuvvet değerlerinin kolon kesitleri değişmemesine rağmen artmış olmasıdır.



Şekil 7.12 S1 Kolonu başlangıç ortalama gerilme değerleri ile sünme sonrası oluşan kalıcı ortalama gerilme değerleri kıyaslaması



Şekil 7.13 S5 Kolonu başlangıç ortalama gerilme değerleri ile sünme sonrası oluşan kalıcı ortalama gerilme değerleri kıyaslaması



Şekil 7.14 S12 Kolonu başlangıç ortalama gerilme değerleri ile sünme sonrası oluşan kalıcı ortalama gerilme değerleri kıyaslaması

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1 Yapıda Kullanılacak Olan Farklı Beton Sınıflarının Etkileri

Dünyadaki yapı malzemelerinin gelişmelerine paralel olarak beton mukavemetleri de gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye pek kullanılmamasına rağmen dünyada gelişmiş ülkelerde BS 75 – BS 80 kullanımı artık oldukça yaygın hale gelmiştir. Türkiye’de yüksek dayanımlı beton sınıfı olduğu düşünülen BS 35 gibi betonlar dünyada düşük dayanımlı beton sınıfı olarak görülmektedir. Türkiye şartlarını dikkate alarak ve dünyadaki gelişmelere paralel olarak tasarlanan tüp sistem yüksek yapıya beton sınıflarının etkileri incelenmiştir. Bu incelemelerden elde edilen sonuçlar yapı sistemi de dikkate alınarak şöyle sıralanabilir.

8.1.1 Binada Sadece BS 40 Beton Sınıfı Kullanılması

Tasarlanan binanın tamamında BS 40 beton sınıfı kullanılması durumunda deprem hesabında yatay rijitlik sorunu ortaya çıkmamaktadır. Yani kolonların boyutlandırılmalarında yatay yer değiştirmelerin önemi, yüksek beton mukavemetli beton kullanılmasına göre fazla değildir. Fakat zemin sınıfına göre davranışta farklılıklar söz konusu olabilir.

Birinci olarak yalnızca BS 40 beton sınıfı kullanılarak projelendirilen yapının kat sayısı arttıkça alt katlardaki kolon kesitleri büyümektedir.

Yapılacak yapının yerel zemin durumlarına göre eğer temel yapım masrafları sınır durumlardan uzaksa yapının tamamı BS 40 ile yapılabilir. Fakat temel masrafları sınır durumları yakınsa tasarlanan binanın sadece BS 40 beton sınıfı ile yapılması ek temel maliyetleri getirebileceği için uygun olmayabilir.

8.1.2 Alt Katlarda BS 60 Üst Katlarda BS 40 Beton Sınıfı Kullanılması

Alt katlarda BS 60 üst katlar BS 40 beton sınıfları kullanılarak tasarlanan yapının alt katlarındaki kolon kesitleri makul seviyelerde kalmaktadır. Bunun etkisi olarak üst katlardaki kolon kesitlerinin alt katlarda da aynı olmasını sağlamaktadır.

Alt katlarda BS 60 kullanılması sonucunda kolon kesitleri küçülmektedir. Bu da temel maliyetini azaltmaktadır.

Üst katlarda BS 40 kullanılması sonucu kolon kesitleri fazla küçülmemekte bu da yatay rijitliği arttırmaktadır. Dış kolon boyutlarının belirlenmesi deprem hesabından dolayı yatay rijitliklere bağlı olmaktadır. Yapı sisteminin yatay yer değiştirmeleri sınır şartlarını sağlaması için yatay rijitlikler azaltılmaktadır. Yani betonun taşıma gücü yeterli olmasına rağmen kesitler küçülmemektedir.

Beton sınıflarının karma olarak kullanılması sonucu kolon kesitleri bina yüksekliği boyunca fazla değişmemekte bu da kalıp maliyetini düşürmektedir.

Görüldüğü gibi üst katlarda BS 40 alt katlarda BS 60 beton sınıflarının karma olarak kullanılmasının sadece tek bir beton sınıfının kullanılmasından daha fazla avantajlı olmaktadır.

8.1.3 Alt Katlarda BS 80 Üst Katlarda BS 60 Beton Sınıfı Kullanılması

Bu yapı sisteminde kolon kesitleri betonun taşıma gücü yeterli olmamasına rağmen kesitlerin yatay rijitliği sağlaması bakımından fazla küçültülmemektedir. Bu da sonuçta yüksek beton sınıfı kullanılmasıyla beklenen yeterli etkiyi gösterememektedir.

Yüksek beton sınıfları kullanılması yapının kat adedinin 40 dan daha fazla olması durumunda önem kazanacaktır. Fakat tasarlanan bu yapı için özellikle Türkiye şartlarının yüksek dayanımlı beton üretimi ve yapılarda kullanılması konusundaki sıkıntılar nedeniyle ekonomik olduğu söylenemez.

Bu çalışma dahilinde, katlar arasında beton sınıfları farklı olan yapıların deplasmanları karşılaştırılmıştır. Buradaki yapıların çevre kiriş yüksekliği 80 cm, Z4

zemin sınıfına oturan yapının deplasmanları karşılaştırılmıştır. Sadece BS 40 ile yapılan yapı ile BS 40 ve BS 60'ın beraber kullanıldığı yapının deplasmanları birbirine yakın çıkarken BS 80 ve BS 60'ın beraber kullanıldığı yapıda deplasmanlar fazla çıkmıştır. Bu durumun sebebi kolon boyutlarının her bir sistemde farklı olmasıdır. Her bir sistemde kolon kesitleri, eksenel basınçları ABYYHY-1998 de verilen değerin %20 arttırılarak seçilmiştir. Fakat bu durum en üst katlarda her bir kolon için geçerli değildir. BS 80 ve BS 60'ın beraber kullanıldığı sistemde beton mukavemetinin kolon kesitlerini küçültmekte ve yanal yer değiştirmelerin büyük çıkmasına sebep olmaktadır. Buradan da anlaşılaçağı gibi üçüncü sistemde yanal yer değiştirmelerden alt kolonlarda bile kolon boyutlarını belirleyen durumdur.

8.2 Tüp Sistemlerin Karakteristik Özelliklerinden Olan Çevre Kiriş Boyutlarının Yapı Davranışına Etkileri

Yapılan dinamik analizlerde görülmüştür ki, tüp sistem yapıların karakteristik özelliğinden olan dış (çevre) kirişlerin yüksekliklerinin değiştirilmesi sistemin yatay rijitliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu kirişlerin yüksekliğinin artmasıyla sistem çok daha fazla yatay rijitlik kazanmaktadır.

Buradan çıkarılacak sonuç yapının yatay rijitliği sadece kolon kesitleri ile değil dış (çevre) kirişlerin kesitleriyle de ilgilidir. Çerçevesi tüp sistem yapılarda genel olarak yanal rijitlikler yeterli seviyede değildir. Yani taşıyıcı elemanların kesitleri yüklere karşı yeterli olmamalarına rağmen yatay yer değiştirmeler sınır değerlerden büyük çıkar. Bunun için bazı kolon kesitleri yatay rijitliğin sağlaması için daha büyük seçilir. Yatay ötelemeyi etkileyen bir diğer etki de çevre kiriş yükseklikleridir. Bu iki değişkenlikle, uygun kombinasyonlar elde edilerek yatay rijitlik sağlanabilir. Bu durumdan faydalanarak yapıda kolon kalıp maliyetlerini kolayca azaltabilecek optimum çözümler elde etmek mümkün olabilir.

8.3 Yapının Yapılacağı Yerin Zemin Durumunun Üst Yapıya Etkileri

Tasarlanan çok katlı tüp sistem yapının üç ayrı zemin sınıfına (Z2, Z3, Z4) oturması durumları için deprem analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre zemin sınıflarının, yapının aynı deprem bölgesinde olmasına rağmen, tasarlanacak bina üzerindeki büyük etkileri olmaktadır. Bu etkiler zaten beklenmektedir.

8.4 Yapı – Temel Etkileşimli Çözümün Yapı Üzerindeki Etkileri

Yapı temeli ilgili şartlara uyularak kirişsiz radye temel olarak çözülmüştür. Hesaplarda kullanılan yay sabiti değerine bağlı olarak yatay yükün ankastre çözümüne göre büyük oranda değişmediği temel etkileşimli çözüm sonucunda yatay yükün azaldığı gözlenmiştir.

Temel etkileşim sonucunda yapının periyodu beklendiği gibi artmıştır. Bunun nedeni, temelin ankastre gibi düşünülmesi temelde sonsuz rijit bir yapının var olduğuna karşı gelirken temel etkileşimli çözümde radye temel rijitliği göz önüne alınmaktadır. Bu nedenle yapı rijitliği azalırken periyodun artması beklenmelidir. Yatay yükteki azalma ise yapı periyodunun artmasının doğal bir sonucudur.

8.5 Sünme Etkilerinin Yapı Üzerindeki Etkileri

Beton dökümü esnasında betonun basınç dayanımını düşürecek işlemlerden (hava sürükleyici, priz geciktirici vb.) mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Yapılan araştırmalar bu katkı maddelerinin beton içindeki suyun daha kolay hareket edebilmesini sağladığını ve bu nedenle sünme deformasyonunun arttığını ortaya koymuştur.

Kuru havadaki betonlar nemli ortamdakilere nazaran daha fazla sünme yaparlar. Bunun nedeninin beton içerisindeki suyun buharlaşmasının nispeten daha fazla olması söylenebilir.

Konstrüktif nedenlerle mevcut bulunan veya kapasiteyi arttırmak için eklenen basınç donatısının sünme deformasyonu açısından olumlu etkileri vardır. Kiriş

deformasyonun zamanla artmasının nedeni çekme bölgesindeki donatıda birim deformasyon sabit kalırken basınç bölgesindeki betondaki birim kısalmanın sünme nedeni ile artmasıdır. Bu olay, tarafsız eksen çekme donatısına doğru kaydırarak eğriliği büyük ölçüde arttırmaktır. Eğriliğin artması da doğal olarak sehim arttırır. Basınç bölgesine yerleştirilen donatı betonun sünme deformasyonunu frenleyerek yer değiştirmeleri azaltmaktadır.

Yapıda kalıcı yüklerden dolayı oluşan zamana bağlı şekil değiştirmeleri saptamak için yapı düşey taşıyıcı elemanlarının elastite modülünün düşürülmesi gerekmektedir. Azaltılmış elastite modülü bir hesap değeridir. Fiziksel bir anlam taşımaz. Sünme nedeni ile hesapta kullanılacak elastite modülündeki azalmanın tam olarak kestirilebilmesi veya hesaplanması olanaksızdır. Çünkü azalma birçok değişkene bağlıdır.

Yapıda ani yükleme ve zamana bağlı deformasyonlar nedeniyle aynı katta birbirine bağlanan düşey taşıyıcı elemanlar arasında farklı kısaltmalar gerçekleşebilir. Bu farklı kısaltmaların azaltılabilmesi için her yeni kat inşası başlamadan önce o kata kadar ki düşey taşıyıcı elemanların yükseklikleri ölçülmelidir. Bu ölçümler ile inşası yapılacak katın tasarım hesabında belirtilen kotu arasındaki kısalma farkları hesaplanmalıdır. Yapımına başlanacak olan katın düşey taşıyıcı yüksekliklerine bu kısalma farkı eklenerek tasarımda hesaplanan değerlerinden biraz daha uzun yapmak bir çözüm olabilir.

Yapının alt katlarında yüksek mukavemetli beton kullanılması üst katlarda ise daha düşük kalitede beton kullanılması durumunda alt kat kolonlarının kesit boyutlarının düşük tutulması sağlanabilir. Aynı zamanda kesit boyutlarının küçük tutulması nedeni ile söz konusu elemanlarda gerilmeler artacaktır. Ancak, betonun basınç dayanımının yüksek olması nedeni ile gerilme / dayanım oranı makul ölçülerde kalacaktır. Bundan dolayı, alt katlarda beton kalitesinin arttırılarak kolon kesitlerinin küçük tutulmasının, tasarlanan yapıda dayanım hesabı ve sünme deformasyonu açısından olumsuz bir etkisinin olmayacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

A) Kitap ve Kitap Bölümleri için gösterim

- [1] **Taranath, B. S., 1998.** Steel, Concrete & Composite Design of Tall Buildings, Mc.Graw-Hill
- [2] **ACI Committee 209, 1999.** Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures, *American Concrete Institute* Detroit, Michigan.
- [3] **ACI 318-99, 1999.** Building Code Requirements for Structural Concrete, *American Concrete Institute*, Detroit, Michigan
- [4] **Russel, H.G., 1985.** Analysis and Design of High-Rise Concrete Buildings.
- [5] **Ersoy, U., Özcebe, G., 2001.** Betonarme, Ankara
- [6] **Celep, Z., Kumbasar, N., 1998.** Betonarme Yapılar, İstanbul
- [7] **Hasgür, Z., Gündüz, A. N., 1996.** Betonarme Çok Katlı Yapılar, İstanbul
- [8] **Celep, Z., Kumbasar, N., 2000.** Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul
- [9] **Atımtay, E., 2000.** Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Ankara
- [10] **Sap 2000 User's Manual, 1998.** Computers and Structures Inc. Berkeley, California
- [11] **Afet Bölgelerindeki Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997.** T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [12] **TS 500, 2000.** Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [13] **TS 498, 1987.** Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [14] **Laurence, H.M., P.C.L. Croxton., J.A. Purkiss.,** Structural Design in Concrete to BS 8110, 1989

B) Tezler için gösterim

- [15] **Çetinkaya, S.**, 2003. Çok Katlı Betonarme Yapı Tasarımı ve Sünme Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

EK A – KİRİŞ BETONARME HESAP SONUÇLARI

Tablo A.1 K1 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	k_s	A_s (mm ²)	$A_{s_{min}}$ (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K1	0,4	0,5	0,47	Açıklık	19,01	4,65E-03	2,8	112	597	3 ϕ 22 (1140)		
				Sol Mesnet Üst	-363,46	2,43E-04	3,1	2366	747		3 ϕ 20 (942)	4ϕ22 (1521)
				Sol Mesnet Alt	307,13	2,88E-04	3	1960	747		3 ϕ 22 (1140)	3ϕ22 (1140)
				Sağ Mesnet Üst	-340,98	2,59E-04	3	2198	747		3 ϕ 20 (942)	4ϕ22 (1521)
				Sağ Mesnet Alt	309,79	2,85E-04	3	1977	747		3 ϕ 22 (1140)	3ϕ22 (1140)

Tablo A.2 K2 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K2	0,4	0,5	0,47	Açıklık	18,67	4,73E-03	2,8	110	597	3φ22 (1140)		
				Sol Mesnet Üst	-373,73	2,36E-04	3,1	2441	747		3φ20 + 4φ22 (2463)	-
				Sol Mesnet Alt	321,73	2,75E-04	3	2060	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-
				Sağ Mesnet Üst	-364,17	2,43E-04	3,1	2371	747		3φ20 (942)	4φ22 (1521)
				Sağ Mesnet Alt	327,83	2,70E-04	3	2106	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)

Tablo A.3 K3 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K3	0,4	0,5	0,47	Açıklık	18,58	4,76E-03	2,8	110	597	3φ22 (1140)		
				Sol Mesnet Üst	-378,05	2,34E-04	3,1	2461	747		3φ20 + 4φ22 (2462)	-
				Sol Mesnet Alt	326,35	2,71E-04	3	2097	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-
				Sağ Mesnet Üst	-369,58	2,39E-04	3,1	2406	747		3φ20 (942)	5φ20 (1571)
				Sağ Mesnet Alt	333,04	2,65E-04	3	2140	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)

Tablo A.4 K4 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K4	0,4	0,5	0,47	Açıklık	18,78	4,71E-03	2,8	111	597	3φ22 (1140)		
				Sol Mesnet Üst	-382,6	2,31E-04	3,1	2507	747		3φ20 + 5φ20 (2513)	-
				Sol Mesnet Alt	324,09	2,73E-04	3	2082	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-
				Sağ Mesnet Üst	-367,13	2,41E-04	3,1	2390	747		3φ20 (942)	4φ22 (1521)
				Sağ Mesnet Alt	337,61	2,62E-04	3	2177	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)

Tablo A.5 K5 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K5	0,4	0,5	0,47	Açıklık	19,53	4,52E-03	2,8	116	597	3φ22 (1140)		
				Sol Mesnet Üst	-365,27	2,42E-04	3,1	2378	747		3φ20 + 4φ22 (2462)	-
				Sol Mesnet Alt	328,24	2,69E-04	3	2109	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-
				Sağ Mesnet Üst	-374,82	2,36E-04	3,1	2448	747		3φ20 (942)	4φ22 (1521)
				Sağ Mesnet Alt	319,71	2,76E-04	3	2048	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)

Tablo A.6 K6 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K6	0,4	0,5	0,47	Açıklık	19,37	4,56E-03	2,8	115	597	3φ22 (1140)		
				Sol Mesnet Üst	-368,74	2,40E-04	3,1	2401	747		3φ20 + 4φ22 (2462)	-
				Sol Mesnet Alt	323,97	2,73E-04	3	2082	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	
				Sağ Mesnet Üst	-370,35	2,39E-04	3,1	2411	747		3φ20 (942)	4φ22 (1521)
				Sağ Mesnet Alt	322,52	2,74E-04	3	2066	747		3φ22 (1140)	3φ20 (942)

Tablo A.7 K7 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	k_s	A_s (mm ²)	$A_{s_{min}}$ (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K7	1,2	0,5	0,47	Açıklık	624	4,25E-04	2,9	3877	1792	11φ22 (4180)		
				Sol Mesnet Üst	-1189,77	2,23E-04	3,1	7847	2241		8φ20 (2514)	12φ24 (5424)
				Sol Mesnet Alt	-298,56	8,88E-04	2,9	1810	2241		11φ22 (4180)	-
				Sağ Mesnet Üst	-1225,79	2,16E-04	3,1	8137	2241		8φ20 (2514)	13φ24 (5876)
				Sağ Mesnet Alt	-317,69	8,34E-04	2,9	1926	2241		11φ22 (4180)	-

Tablo A.8 K8 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K8	1,2	0,5	0,47	Açıklık	35,09	7,55E-03	2,8	208	1792	6φ22 (2280)		
				Sol Mesnet Üst	-764,52	3,47E-04	3	4799	2241		5φ20 + 13φ24 (7447)	-
				Sol Mesnet Alt	669,97	3,96E-04	2,9	4177	2241		6φ22 (2280)	6φ22 (2280)
				Sağ Mesnet Üst	-785,46	3,37E-04	3	4947	2241		5φ20 (1571)	9φ22 (3420)
				Sağ Mesnet Alt	638,92	4,15E-04	2,9	3969	2241		6φ22 (2280)	6φ22 (2280)

Tablo A.9 K9 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	k_s	A_s (mm ²)	$A_{s_{min}}$ (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K9	1,2	0,5	0,47	Açıklık	44,25	5,99E-03	2,8	262	1792	6φ22 (2280)		
				Sol Mesnet Üst	-787,62	3,37E-04	3	4960	2241		5φ20 + 9φ22 (4991)	-
				Sol Mesnet Alt	680,68	3,89E-04	2,9	4243	2241		6φ22 + 6φ22 (4560)	-
				Sağ Mesnet Üst	-787,62	3,37E-04	3	4960	2241		5φ20 (1571)	9φ22 (3420)
				Sağ Mesnet Alt	680,68	3,89E-04	2,9	4243	2241		6φ22 (2280)	6φ22 (2280)

Tablo A.10 K10 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K10	0,4	0,5	0,47	Açıklık	13,37	6,61E-03	2,8	79	597	3φ22 (1140)		
				Sol Mesnet Üst	-267,58	3,30E-04	3	1691	747		3φ16 (603)	3φ22 (1140)
				Sol Mesnet Alt	239,01	3,70E-04	2,9	1495	747		3φ22 (1140)	1φ22 (380)
				Sağ Mesnet Üst	-267,58	3,30E-04	3	1691	747		3φ20 (942)	3φ22 (1140)
				Sağ Mesnet Alt	239,01	3,70E-04	2,9	1495	747		3φ22 (1140)	1φ22 (380)

Tablo A.11 K11 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K11	0,4	0,5	0,47	Açıklık	5,55	1,59E-02	2,8	33	597	3φ22 (1140)		
				Alt Mesnet Üst	-325,39	2,72E-04	3	2091	747		3φ18 (762)	5φ20 (1571)
				Alt Mesnet Alt	308,37	2,87E-04	3	1968	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)
				Üst Mesnet Üst	-322,33	2,74E-04	3	2064	747		3φ18 (762)	4φ22 (1521)
				Üst Mesnet Alt	325,5	2,71E-04	3	2092	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)

Tablo A.12 K12 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K12	0,4	0,5	0,47	Açıklık	2,31	3,83E-02	2,8	14	597	3φ22 (1140)		
				Alt Mesnet Üst	-336,41	2,63E-04	3	2169	747		3φ18 (762)	5φ20 (1571)
				Alt Mesnet Alt	333,99	2,65E-04	3	2146	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)
				Üst Mesnet Üst	-342,15	2,58E-04	3	2206	747		3φ18 + 5φ20 (2332)	-
				Üst Mesnet Alt	330,05	2,68E-04	3	2121	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-

Tablo A.13 K13 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K13	0,4	0,5	0,47	Açıklık	2,02	4,37E-02	2,8	12	597	3φ22 (1140)		
				Alt Mesnet Üst	-335,44	2,63E-04	3	2163	747		3φ18 (762)	5φ22 (1900)
				Alt Mesnet Alt	347,41	2,54E-04	3	2247	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)
				Üst Mesnet Üst	-355,61	2,48E-04	3,1	2308	747		3φ18 + 5φ20 (2332)	-
				Üst Mesnet Alt	328,43	2,69E-04	3	2110	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-

Tablo A.14 K14 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K14	0,4	0,5	0,47	Açıklık	3,24	2,73E-02	2,8	19	597	3φ22 (1140)		
				Alt Mesnet Üst	-315,92	2,80E-04	3	2023	747		3φ18 (762)	4φ22 (1521)
				Alt Mesnet Alt	377,62	2,34E-04	3,1	2475	747		3φ22 (1140)	4φ22 (1521)
				Üst Mesnet Üst	-383,83	2,30E-04	3,1	2515	747		3φ18 + 5φ22 (2662)	-
				Üst Mesnet Alt	309,82	2,85E-04	3	1978	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-

Tablo A.15 K15 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K15	0,4	0,5	0,47	Açıklık	3,41	2,59E-02	2,8	20	597	3φ22 (1140)		
				Alt Mesnet Üst	-373,13	2,37E-04	3,1	2437	747		3φ18 (762)	5φ22 (1900)
				Alt Mesnet Alt	307,5	2,87E-04	3	1963	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)
				Üst Mesnet Üst	-313,88	2,82E-04	3	2010	747		3φ18 + 4φ22 (2282)	-
				Üst Mesnet Alt	366,04	2,41E-04	3,1	2383	747		3φ22 + 4φ22 (2660)	-

Tablo A.16 K16 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K16	0,4	0,5	0,47	Açıklık	2,19	4,03E-02	2,8	13	597	3φ22 (1140)		
				Alt Mesnet Üst	-344,85	2,56E-04	3	2223	747		3φ18 (762)	4φ22 (1521)
				Alt Mesnet Alt	326,56	2,71E-04	3	2098	747		3φ22 (1140)	3φ22 (1140)
				Üst Mesnet Üst	-334,22	2,64E-04	3	2155	747		3φ18 + 5φ22 (3040)	-
				Üst Mesnet Alt	336,15	2,63E-04	3	2167	747		3φ22 + 3φ22 (2280)	-

Tablo A.17 K17 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K17	1,2	0,5	0,47	Açıklık	88,82	2,98E-03	2,8	527	1792	6φ22 (2280)		
				Alt Mesnet Üst	-400,22	6,62E-04	2,9	2444	2241		7φ20 (2200)	7φ22 (2660)
				Alt Mesnet Alt	174,06	1,52E-03	2,8	1044	2241		6φ22 (2280)	-
				Üst Mesnet Üst	-409,99	6,47E-04	2,9	2512	2241		7φ20 (2200)	3φ22 (1140)
				Üst Mesnet Alt	170,74	1,55E-03	2,8	1024	2241		6φ22 (2280)	-

Tablo A.18 K18 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K18	1,2	0,5	0,47	Açıklık	13,79	1,92E-02	2,8	81	1792	6φ22 (2280)		
				Alt Mesnet Üst	-674,33	3,93E-04	2,9	4204	2241		7φ20 (2200)	8φ22 (3040)
				Alt Mesnet Alt	717,89	3,69E-04	2,9	4491	2241		6φ22 (2280)	7φ22 (2660)
				Üst Mesnet Üst	-755,52	3,51E-04	3	4742	2241		7φ20 + 7φ22 (4860)	-
				Üst Mesnet Alt	627,78	4,22E-04	2,9	3900	2241		6φ22 (2280)	5φ22 (1900)

Tablo A.19 K19 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K19	1,2	0,5	0,47	Açıklık	13,88	1,91E-02	2,8	82	1792	6φ22 (2280)		
				Alt Mesnet Üst	-730,21	3,63E-04	2,9	4568	2241		5φ20 (1570)	8φ22 (3040)
				Alt Mesnet Alt	688,43	3,85E-04	2,9	4292	2241		6φ22 (2280)	6φ22 (2280)
				Üst Mesnet Üst	-730,21	3,63E-04	2,9	4568	2241		5φ20 + 8φ22 (4610)	-
				Üst Mesnet Alt	688,43	3,85E-04	2,9	4292	2241		6φ22 + 7φ22 (4180)	-

Tablo A.20 K20 Kirişı Betonarme Hesap Sonuçları

Kiriş No	b (m)	h (m)	d (m)	Moment Yeri	Moment Değeri (kNm)	$K=b*d^2/M$	ks	As (mm ²)	As _{min} (mm ²)	Donatı	Mevcut	İlave
K20	0,4	0,5	0,47	Açıklık	29,18	3,03E-03	2,8	173	597	3φ22 (1140)		
				Alt Mesnet Üst	-226,77	3,90E-04	2,9	1414	747		3φ18 (762)	2φ22 (760)
				Alt Mesnet Alt	162,72	5,43E-04	2,9	1001	747		3φ22 (1140)	-
				Üst Mesnet Üst	-224,92	3,93E-04	2,9	1402	747		3φ18 (762)	2φ22 (760)
				Üst Mesnet Alt	158,38	5,58E-04	2,9	970	747		3φ22 (1140)	-

EK B – KOLON TASARIM HESAPLARI

Tablo B.1 S1 Kolonu Tasarımı

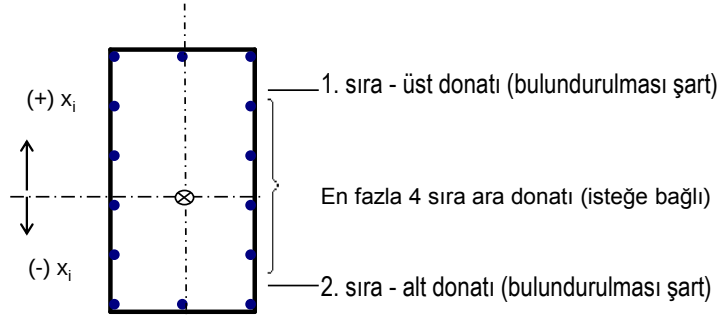
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
7.828,8	328,8

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 7828,8 \text{ kN}$$

$$M_r = 3028,5 \text{ kN.m}$$

Tablo B.1 S1 Kolonu Tasarımı

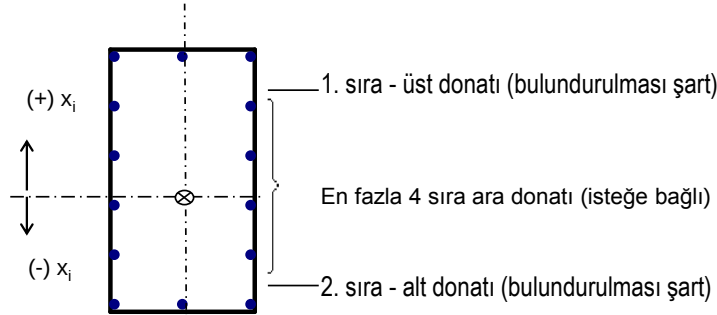
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
7.828,8	328,8

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 7828,8 \text{ kN}$$

$$M_r = 3028,5 \text{ kN.m}$$

Tablo B.2 S2 Kolonu Tasarımı

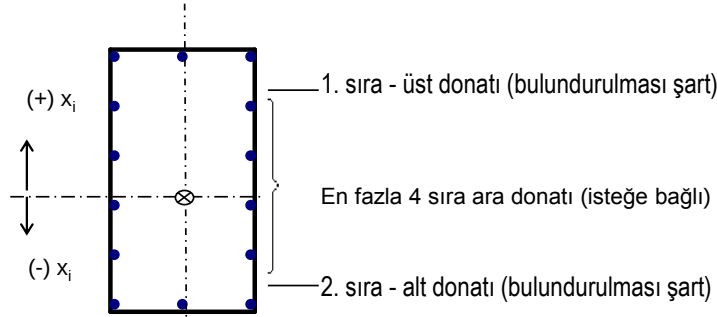
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
7.828,8	328,8

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 7828,8 \text{ kN}$$

$$M_r = 3028,5 \text{ kN.m}$$

Tablo B.4 S4 Kolonu Tasarımı

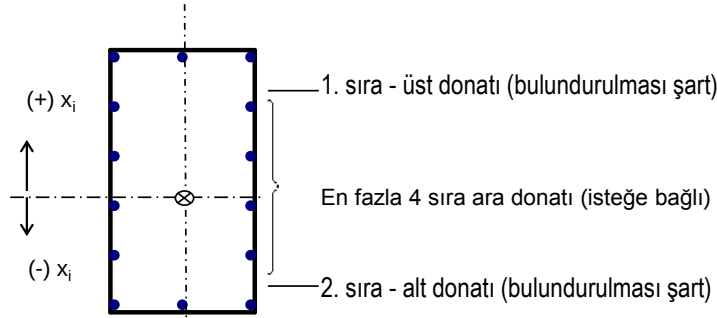
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
8.823,8	370,6

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 8823,8 \text{ kN}$$

$$M_r = 3033,6 \text{ kN.m}$$

Tablo B.5 S5 Kolonu Tasarımı

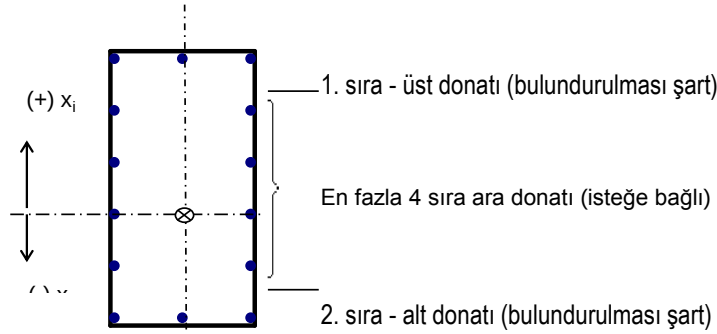
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
9.623,8	404,2

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\begin{aligned} \rho_t &= 0,010 \\ N_d &= 9623,8 \text{ kN} \\ M_r &= 3032,3 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Tablo B.6 S6 Kolonu Tasarımı

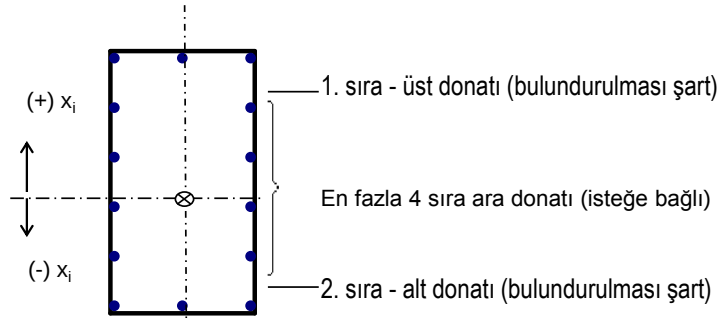
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
9.121,7	383,1

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 9121,7 \text{ kN}$$

$$M_r = 3031,6 \text{ kN.m}$$

Tablo B.7 S7 Kolonu Tasarımı

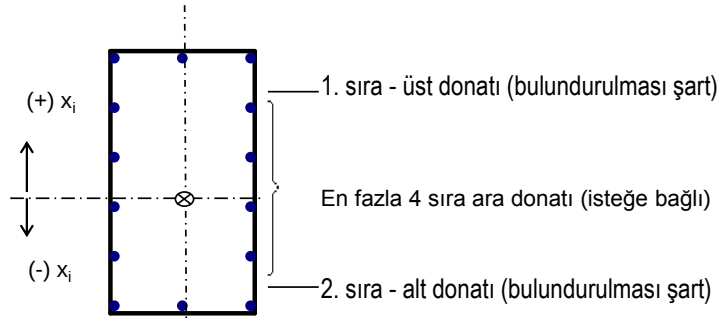
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
9.023,6	379,0

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 9023,6 \text{ kN}$$

$$M_r = 3032,5 \text{ kN.m}$$

Tablo B.8 S8 Kolonu Tasarımı

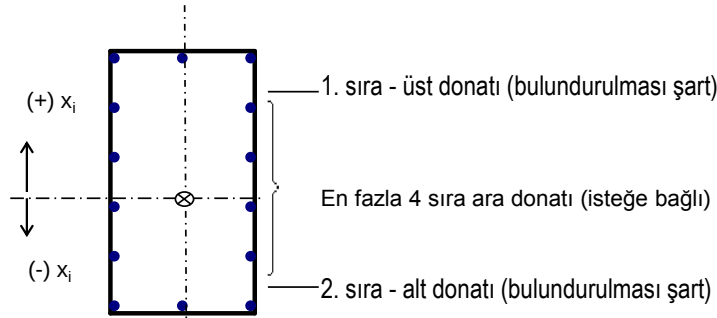
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
6.322,0	265,5

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 6322,0 \text{ kN}$$

$$M_r = 2873,6 \text{ kN.m}$$

Tablo B.9 S9 Kolonu Tasarımı

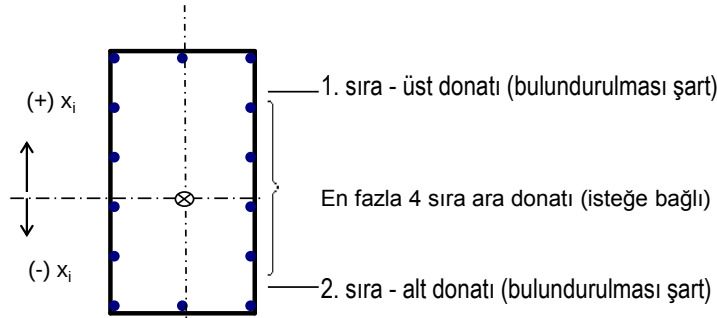
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
6.625,3	278,3

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 6625,3 \text{ kN}$$

$$M_r = 2913,9 \text{ kN.m}$$

Tablo B.10 S10 Kolonu Tasarımı

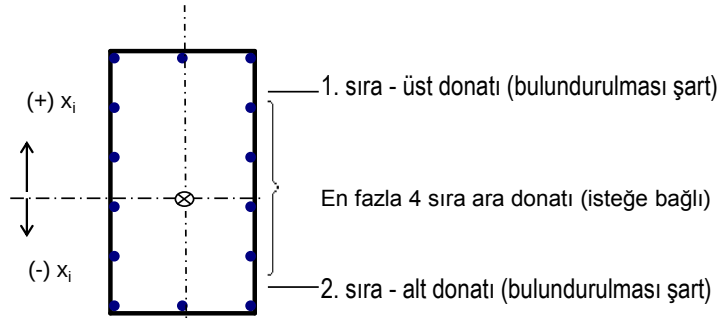
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
7.939,7	333,5

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 7939,7 \text{ kN}$$

$$M_r = 3029,9 \text{ kN.m}$$

Tablo B.11 S11 Kolonu Tasarımı

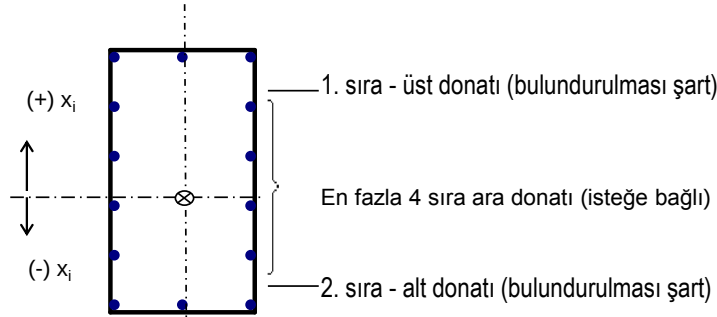
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
12.043,7	505,8

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 12043,7 \text{ kN}$$

$$M_r = 2843,4 \text{ kN.m}$$

Tablo B.12 S12 Kolonu Tasarımı

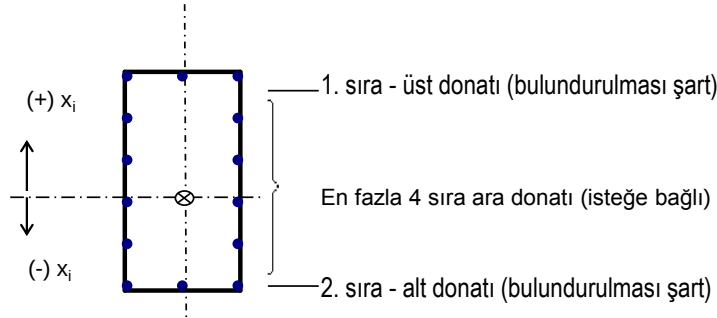
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
22.694,1	1.157,4

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
1200	1200

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	4824	575
2) Alt	4824	-575
3) Ara 1	1188	345
4) Ara 2	1188	115
5) Ara 3	1188	-115
6) Ara 4	1188	-345

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 22694,1 \text{ kN}$$

$$M_r = 6526,6 \text{ kN.m}$$

Tablo B.13 S13 Kolonu Tasarımı

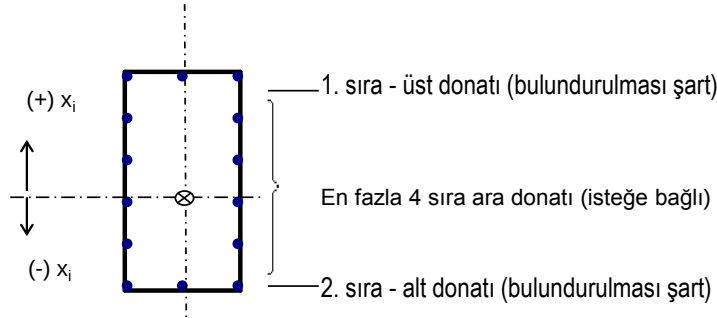
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
18.800,0	958,8

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
1200	1200

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	4824	575
2) Alt	4824	-575
3) Ara 1	1188	345
4) Ara 2	1188	115
5) Ara 3	1188	-115
6) Ara 4	1188	-345

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 18800,0 \text{ kN}$$

$$M_r = 7173,7 \text{ kN.m}$$

Tablo B.14 S14 Kolonu Tasarımı

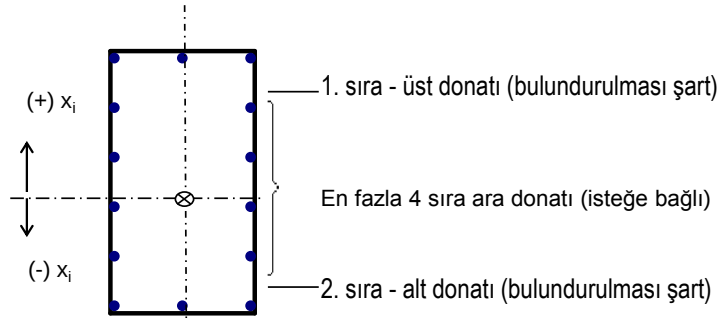
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
8.265,0	347,1

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 8265,0 \text{ kN}$$

$$M_r = 3032,8 \text{ kN.m}$$

Tablo B.15 S15 Kolonu Tasarımı

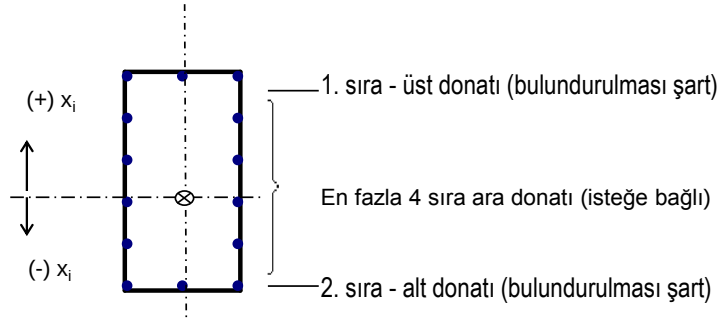
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
16.285,9	830,6

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
1200	1200

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	4824	575
2) Alt	4824	-575
3) Ara 1	1188	345
4) Ara 2	1188	115
5) Ara 3	1188	-115
6) Ara 4	1188	-345

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 16285,9 \text{ kN}$$

$$M_r = 7220,6 \text{ kN.m}$$

Tablo B.16 S16 Kolonu Tasarımı

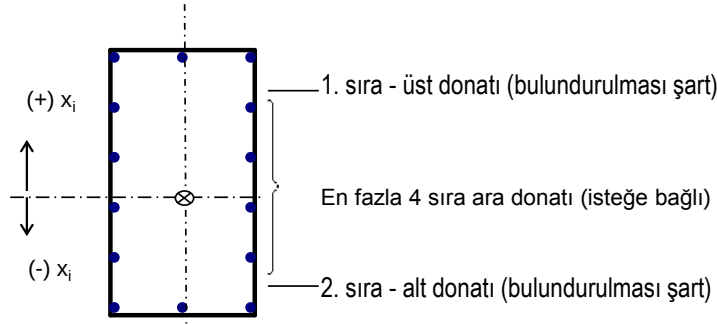
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
7.518,4	315,8

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 7518,4 \text{ kN}$$

$$M_r = 3006,2 \text{ kN.m}$$

Tablo B.17 S17 Kolonu Tasarımı

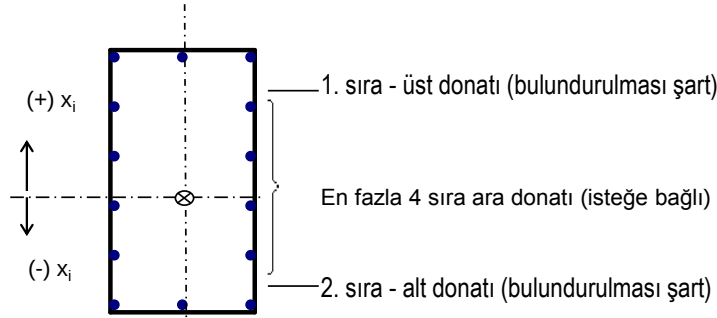
Tasarım Değerleri	
N_d	$M_d^{(*)}$
(kN)	(kN.m)
10.530,8	442,3

Malzeme - Beton	
f_{ck}	γ_{mc}
(MPa)	
40	1,50

Malzeme - Çelik	
f_{yk}	γ_{ms}
(MPa)	
420	1,15

Kesit Geometrisi	
Genişlik (b)	Yükseklik (h)
(mm)	(mm)
900	900

Donatı Deseni Düzenlemesi		
d'	Donatı sırası (ds)	$\lambda^{(**)}$
(mm)	$2 \leq ds \leq 6$	
25	6	0,33



NOTLAR:

1. Bu sayfada yalnızca gri fon ile işaretli bölümlere veri girişi yapılabilir.
2. Donatıların kesit merkezine olan uzaklıkları, kesit geometrisi ve donatı sırası tanımlandığında kendiliğinden belirlenir.

(*) Tasarım momenti ikinci mertebe etkileri içermelidir.

(**) Ara donatı oranı (Toplam ara donatı alanı / Toplam donatı alanı)

Donatı Yerleşimi		
Donatı	Gerekli Donatı Alanı (A_{si})	Kesit Merkezine Uzaklık (x_i)
	(mm ²)	(mm)
1) Üst	2714	425
2) Alt	2714	-425
3) Ara 1	668	255
4) Ara 2	668	85
5) Ara 3	668	-85
6) Ara 4	668	-255

$$\rho_t = 0,010$$

$$N_d = 10530,8 \text{ kN}$$

$$M_r = 3014,1 \text{ kN.m}$$

ÖZGEÇMİŞ

İlke Bacalan, 18 Şubat 1979 yılında Diyarbakır’da doğdu. İlk öğrenimi İstanbul Yeşilyuva İlköğretim Okulunda, lise öğrenimini Özel Oğuzkaan Koleji’nde tamamladı. 1996 yılında başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden 2000 yılında mezun oldu. Aynı yıl, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mühendisliği – Deprem programında yüksek lisans eğitimine başladı.