

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞIYICI SİSTEMİ TÛP OLAN 22 KATLI BETONARME
BİR BİNADA ÇERÇEVE KİRİŞLERİNİN BOYUTUNUN VE
BETON KALİTESİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ**

**T.C. YÛKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÛMANTASYON MERKEZİ**

**YÛKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Zahit GÛNEŞ
(501981051)**

103979 103879

**Tezin Enstitüye Verildiğı Tarih : 11 Haziran 2001
Tezin Savunulduğı Tarih : 27 Haziran 2001**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Melike ALTAN

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)

Doç.Dr. Kadir GÛLER (İ.T.Ü.)

[Signatures] 2/07/2001

HAZİRAN 2001

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, yardım ve katkılarını benden esirgemeyen, sayın danışmanım Prof. Dr. Melike ALTAN'a, tezimi hazırlarken fikirlerinden yararlandığım ve bana devamlı destek olan arkadaşlarım Murat PEKTAŞ'a, Kıvanç KOCACIK'a, Abdulkadir GÜL'e, Barış ALTUN'a, Kemal ŞİMŞEK'e, İbrahim ÖZKARACA'ya ve Burak BOZKURT'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Hayatımın en önemli basamaklarından birini oluşturan bu çalışmamda, hedeflediğim doğrultuda beni daima, maddi manevi destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

HAZİRAN 2001

Zahit GÜNEŞ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. YÜKSEK BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEMLER	5
2.1. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	5
2.2. Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması	8
2.3. Çelik Taşıyıcı Sistemler ve Davranış Şekilleri	10
2.3.1. Çerçeve Tüp Sistemler	12
2.3.2. Kafesli Tüp Sistemler	15
2.3.3. Demet (Modüler) Tüp Sistemler	18
2.3.4. Diğer Çelik Taşıyıcı Sistemler	21
2.4. Betonarme Taşıyıcı Sistemler ve Davranış Şekilleri	21
2.4.1. Geniş Açıklıklı Çerçeve Tüp	22
2.4.2. Çerçeve Tüp Sistemler	23
2.4.3. Kafesli Tüp	26
2.4.4. Demet (Modüler) Tüp Sistemler	27
2.4.5. Tüp+Perdeli Sistemler	28
2.4.6. Diğer Betonarme Taşıyıcı Sistemler	30
2.5. Kompozit Taşıyıcı Sistemler ve Davranış Şekilleri	30
2.5.1. Kompozit Tüp Sistemler	31
3. BETONARME YÜKSEK YAPILARIN GELİŞİMİ	33
3.1. Yüksek Dayanımlı Beton ve Çelik Üretimi	33
3.1.1. Yüksek Dayanımlı Beton	33
3.1.2. Yüksek Dayanımlı Çelik	35
3.2. Yeni Tasarım Kavramlarının Gelişmesi	35
3.3. Yeni Taşıyıcı Sistemlerin Gelişmesi	36
3.4. Yapım Teknolojisi ve Yöntemlerindeki İlerlemeler	36

4. SAP2000 İLE STATİK&DİNAMİK ANALİZ	37
4.1. Giriş	37
4.2. Analiz Halleri	38
4.3. Statik Analiz	38
4.4. İvmelenme Yükleri	39
4.5. Eigenvektör Analiz	39
4.6. Modal Analiz Sonuçları	41
4.6.1. Periyotlar ve Frekanslar	41
4.6.2. Katılım Faktörleri	41
4.6.3. Kütle Katılım Oranları	42
4.6.4. Toplam Tutulmamış Kütle ve Kütlenin Konumu	43
4.7. Response-Spektrum Analizi	43
5. İÇ İÇE TÜP SİSTEMLİ BİR YAPININ DİNAMİK ANALİZİ	45
5.1. Giriş	45
5.2. Bina'nın Özellikleri	45
5.3. Taşıyıcı Sistem Boyutlarının Tayini	48
5.3.1. Dişli Döşeme Boyutlarının Seçimi	48
5.3.1.1. Dişli Döşeme Yük Analizi	50
5.3.2. Kiriş Boyutlarının Seçimi	50
5.3.3. Kirişlere Döşeme ve Duvarlardan Gelen Yükler	52
5.3.4. Kolonların Önboyutlandırılması	53
5.4. Deprem Hesabı İçin Model Analiz Data Dosyası	54
5.4.1. Kat Döşemesi Ağırlıklarının Hesabı	59
5.4.2. Döşeme Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı	60
5.4.3. Gözönüne Alınan Dinamik Serbestlik Dereceleri	60
5.5. SAP2000 İle Elde Edilen Yatay Ötelenmeler	61
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	63
6.1 Alt Katlarda Yüksek Dayanımlı Beton Kullanımının Değerlendirilmesi	63
6.2 Tüp Sistemin Yatay Yük Davranışında Kirişlerin Etkisinin İrdelenmesi	64
6.3. Sonuçların Grafiklerle Gösterimi	64
KAYNAKLAR	65
EKLER	67
ÖZGEÇMİŞ	94

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1.	Çelik taşıyıcı sistemlerin kat adetlerine göre sınıflandırılması..... 11
Tablo 2.2.	Betonarme yüksek binalar için önerilen taşıyıcı sistemlerin kat adetlerine göre dağılımı..... 21
Tablo 5.1.	Kirişlere döşeme ve duvarlardan gelen yükler 52
Tablo 5.2.	Tüm katlarda BS25 kullanılması durumunda kolon ön boyutları 56
Tablo 5.3.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda kolon ön boyutları..... 57
Tablo 5.4.	ABYYHY' e göre spektrum fonksiyonu 58
Tablo A.1.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/70-90/45)..... 68
Tablo A.2.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/80-90/45)..... 69
Tablo A.3.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/90-90/45)..... 70
Tablo A.4.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/100-90/45)..... 71
Tablo A.5.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/120-90/45)..... 72
Tablo A.6.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/120-90/60)..... 73
Tablo A.7.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/120-90/70)..... 74
Tablo A.8.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (50/120-90/45)..... 75
Tablo A.9.	Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/70-90/45)..... 76
Tablo A.10.	Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/80-90/45)..... 77
Tablo A.11.	Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/120-90/45)..... 78
Tablo A.12.	Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (50/120-90/45)..... 79
Tablo A.13.	Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/150-90/45)..... 80
Tablo A.14.	5-B4 Katları arasında BS35,6-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/70-90/45)..... 81
Tablo A.15.	5-B4 Katları arasında BS35,6-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/120-90/45)..... 82

Tablo A.16.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/90-40/70-90/45)....	83
Tablo A.17.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/100-40/70-90/45)..	84
Tablo A.18.	3-B4 Katları arasında BS35,4-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/120-40/70-90/45)..	85
Tablo A.19.	5-B4 Katları arasında BS35,6-17 Katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler (40/120-40/70-90/45)..	86
Tablo A.20.	Herbir çözüme ait birinci doğal titreşim periyot değerleri.....	87



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Yüksek bir binanın strüktürel kavramı	6
Şekil 2.2 : Çelik taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması	9
Şekil 2.3 : Yüksek binalarda uygulanan taşıyıcı sistemlerin malzemeye göre sınıflandırılması	10
Şekil 2.4 : Yatay yük altında çerçeveli tüpün etkinliği	12
Şekil 2.5 : Çerçeve tüp	13
Şekil 2.6 : Çerçeve tüp için uygun plan formları	14
Şekil 2.7 : Serbest formlarda tüp düzenlemeler	15
Şekil 2.8 : Çerçeve tüpün rijitleştirilmesi	15
Şekil 2.9 : Kafesli tüp sistem, John Hancock Center, Chicago	16
Şekil 2.10 : Renaissance Tower (First International Plaza), Dallas	17
Şekil 2.11 : Çerçevelerin birleştirilmesiyle oluşturulan demet tüp	18
Şekil 2.12 : Kafesli tüplerden oluşan demet tüp sistemi	19
Şekil 2.13 : Sears Tower, Chicago	19
Şekil 2.14 : Four Allen Center, Houston, Teksas	20
Şekil 2.15 : Geniş açıklıklı kolonlardan oluşan çerçeveli tüp sisteme ilişkin, 28 katlı bir bina örneği	22
Şekil 2.16 : Yatay yük altında çerçeveli tüpün etkinliği	23
Şekil 2.17 : De Witt Chestnut Binası, Chicago	24
Şekil 2.18 : Zeminde transfer kirişi düzenlenmesi	25
Şekil 2.19 : Cephe eğik kolonların düzenlenmesi	25
Şekil 2.20 : Onterie Center, Chicago	26
Şekil 2.21 : 3 adet çerçeveli tüpün bir araya getirilmesiyle oluşturulan demet tüp	27
Şekil 2.22 : Çeşitli modüler tüp düzenlemeleri	27
Şekil 2.23 : One Magnificent Mile, Chicago	28
Şekil 2.24 : Yatay yükler altında perde-çerçeve sistem davranışı	29
Şekil 2.25 : Betonarme parapet kirişli kompozit tüp sistem	32
Şekil 2.26 : Çelik parapet kirişli kompozit tüp sistem	32
Şekil 5.1 : 22 katlı tüp sistemli binanın taşıyıcı sistem planı	46
Şekil 5.2 : 22 katlı tüp sistemli binanın üç boyutlu görüntüsü	47
Şekil 5.3 : Dişli Döşeme Enkesiti	48
Şekil 5.4 : Nervür Dağılımı	49
Şekil 5.5 : Dişli döşeme yük analizi	50
Şekil 5.6a : Kat giriş noları	51
Şekil 5.6b : Kat giriş noları	52
Şekil 5.7 : Kat kolon noları	55
Şekil 5.8 : Tasarım İvme Spektrumu	54
Şekil 5.9 : Dış çerçevenin Spec-x etkisi altında deforme olmuş hali	62

Şekil B.1	: BS25 (1.Kat...18.Kat) için kat ötelenmeleri.....	89
Şekil B.2	: BS35 (1.Kat...4.Kat) – BS25 (5.Kat...18.Kat) için kat ötelen.....	90
Şekil B.3	: BS35 (1.Kat...6.Kat) – BS25 (7.Kat...18.Kat) için kat ötelen.....	91
Şekil B.4	: BS35 (1.Kat...4.Kat) – BS25 (5.Kat...18.Kat) için kat ötelen.....	92
Şekil B.5	: Yukarı çıkıldıkça boyutu küçültülen parapet kirişlerinin yapı davranışına etkisinin irdelenmesi.....	93



SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$	= Spektral İvme Katsayısı
A_o	= Etkin Yer İvmesi Katsayısı
g	= Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
H_i	= Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i 'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yükseklik) [m]
H_N	= Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik) [m]
h_i	= Binanın i 'inci katının kat yüksekliği
I	= Bina Önem Katsayısı
m_i	= Binanın i 'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)
$m_{\theta i}$	= Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i 'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti.
N	= Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
n	= Hareketli Yük Katılım Katsayısı
R	= Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	= Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$S(T)$	= Spektrum Katsayısı
$S_{pa}(Tr)$	= r 'inci doğal titreşim modu için ivme spektrumu ordinatı [m / s^2]
T	= Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_1	= Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	= Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
W	= Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı.
w_i	= Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı.
Y	= Mod Birleştirme Yönteminde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı.
Δ_i	= Binanın i 'inci katındaki görelî kat ötelemesi.
$\Delta_i \text{ max}$	= Binanın i 'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi.
$\Delta_i \text{ ort}$	= Binanın i 'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi.
K	= Rijitlik Matrisi
r	= Yüğü Vektörü
u	= Sonuç Deplasman Değeri
C	= Orantılı Sönüm Matrisi
M	= Diyagonal Kütle Matrisi
A_c	= Kolon Brüt Enkesit Alanı
N_{dmax}	= Max. Kolon Normal Kuvveti

TAŞIYICI SİSTEMİ TÜP OLAN 22 KATLI BETONARME BİR BİNADA ÇERÇEVE KİRİŞLERİNİN BOYUTUNUN VE BETON KALİTESİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

ÖZET

Prof. Dr. Melike ALTAN'ın danışmanlığı altında yapılan bu tez çalışmasında, taşıyıcı sistemi tüp olan 22 katlı betonarme bir binada çerçeve kirişlerinin boyutunun ve beton kalitesinin yapı davranışına etkisi araştırılmıştır.

Birinci ve ikinci bölümde, taşıyıcı sistemi tüp olan yüksek binaların, yatay ve düşey yükler altındaki yapısal davranış hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, betonarme yüksek yapıların gelişimine katkıda bulunan etkenlerden; yüksek dayanımlı beton ve çelik üretimi, yeni tasarım kavramlarının gelişmesi, yeni taşıyıcı sistemlerin gelişmesi, yapım teknoloji ve yöntemlerindeki ilerlemelerden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, SAP2000 Yapı Analiz Programı'nın çalışma prensibi, kabulleri ve içerdiği çeşitli analizlere kısaca değinilmiştir.

Beşinci bölüm, bu tez çalışmasının esas kısmını içermektedir. Bu bölümde, iç içe tüp sistemli, 22 katlı yüksek bir betonarme ofis binasının,

- 1- Alt katlarda yüksek dayanımlı bir beton kullanılarak
- 2- Tüp sistemin parapet ve diyagonal kirişlerinin boyutları değiştirilerek

SAP2000 Yapı Analizi Programı ile bir çok kere dinamik analizi yapılmış ve bu iki durumda sırasıyla,

- 1- Yüksek binalarda, zeminden itibaren $H_N/6$ m yüksekliğe (kritik perde yüksekliği olarak da tanımlanır [15]) karşılık gelen, düşey ve yatay yükler altında en fazla zorlanan alt katlarda, üst katlara göre daha yüksek dayanımlı beton kullanımının getirileri,
- 2- Tüp sistemi meydana getiren çerçeve kirişlerin ve içerdeki diyagonal kirişlerin, tüp sistemin yatay rijitliğine ne ölçüde katkılarının bulunduğu araştırılmıştır.

Altıncı ve son bölümde ise, bir önceki bölümde yapılan çalışmanın verileri değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar daha görsel ve anlaşılır olması bakımından beş ayrı grafik halinde sunulmuştur.

THE EFFECT OF THE DIMENSIONS OF THE FRAME BEAMS AND THE QUALITY OF CONCRETE ON THE STRUCTURAL BEHAVIOUR OF A 22-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDING WHICH HAS A TUBE STRUCTURAL FORM

SUMMARY

In this study, under the supervision of Prof. Dr. Melike ALTAN, the effect of the dimensions of the frame beams and the quality of concrete on the structural behaviour of a 22-storey reinforced concrete building which has a tube structural form, is studied.

In the first and the second chapters, certain information about the structural behaviour of tall buildings having tube structural form which are subjected to the lateral forces, is given.

In chapter three, the factors that have contributed to the development of tall reinforced concrete buildings, such as; the production of high strength concrete and steel, the development of new design concepts, the development of new structural forms and the progress in construction technology and methods, are discussed.

In chapter four, the principles, assumptions and the basic types of analysis available for SAP2000, are briefly described.

In chapter five, dynamic analysis are performed with SAP2000 on a 22-storey reinforced concrete building having tube in tube structural form, for two different cases;

- 1- By using a high strength concrete at lower stories
- 2- By changing the dimensions of the frame beams.

In these cases;

- 1- The advantages and disadvantages of using high strength concrete for the critical shear wall height defined as $H_N / 6$ of the building,
 - 2- The impacts of the frame beams and the diagonal beams which connects the inner tube and the outer tube, to the lateral stiffness of the structural form,
- are observed.

In the final chapter, the results of the study are summerized and a comporative analysis of the study outcomes is made.

1. GİRİŞ

Endüstri Devrimi'ne kadar az katlı olarak gelişen binalar, 19. Yüzyıl sonlarından itibaren dikey yönde gelişme göstermiştir. Köyden kente göçlerin artması, iş hacminin büyümesi, şehre gelen insanların barınma gereksiniminin karşılanması zorunluluğu şehirlerde arsa değerlerinin artmasına neden olmuştur. Bu arsalarından rant elde etme çabaları ise binalarda kat adetlerinin arttırılması, başka bir deyişle yüksek binalar ile sonuçlanmıştır.

Modern bir şehrin şekillenmesinde en etkili faktörlerinden biri hiç kuşkusuz yüksek binalardır. Gerçekte yüksek yapıların geçmişi çok eski medeniyelere kadar dayanmaktadır. Antik Mısır'daki piramitler, Meksika'nın Maya Tapınakları, Babil Kulesi, Rodos Heykeli, İskenderiye Feneri de birer yüksek yapı idi. Bulundukları şehrin dokusuna ve karakterine doğrudan etki eden bu antik yapıların günümüzdeki yüksek yapılar ile tek ortak noktası, yapıldıkları dönemin zenginliğini ifade etmeleridir.

Önceleri büro olarak kullanılmak üzere yapılan yüksek binalar, 20.yüzyılın ortalarında, özellikle 2.Dünya Savaşı'ndan sonra çok sayıda konut yapma gereksiniminden dolayı konut binaları olarak da kendini göstermiştir. Aynı yüzyılın sonlarına doğru tekrar yüksek büro binalarında hızlı bir gelişme görülmektedir. Son on yıldan bu yana ise yüksek büro binalarının yanı sıra, karma kullanımlı yüksek binalar da kendini göstermeye başlamış, tasarımların üzerinde aşırı bir yükselme yarışı etkili olmuştur ve halen de olmaktadır.

Yüksek binaların formu son 10 yıldan bu yana önemli değişiklikler göstermiştir. Bıçakla kesilircesine son bulan tepe noktaları, dört köşe şeklinde kalıplaşmış plan formları, kaba ve oransız kütleler, yerini daha narin, estetik yönden beğeniyle karşılanan, ilginç geometrik formlara sahip ve teknolojik olarak zamanın gereklerine cevap verebilen tasarımlara bırakmaktadır. Varşova'daki 642 m yüksekliğinde, kafes şeklindeki televizyon kulesi günümüzün en yüksek strüktürüdür. Bunun öncesinde

1975'te en yüksek strüktür 553 m yüksekliğinde, Toronto'daki CN TV Kulesi idi. Aynı şekilde 1974'den sonra en yüksek büro binası Chicago'daki Sears Kulesi iken, günümüzde bu unvan, yapımı henüz tamamlanmış olan 460 m yüksekliğindeki Petronas Kuleleri'ne geçmiştir. Bu farklı strüktürler göstermektedir ki, her biri zamanın sosyal ve teknolojik gereksinimlerine cevap veren bu binalar, planlama ve uygulama özellikleri de dahil, kendinden sonra gelenlerin gerisinde kalmaktadır.

Yüksek binalardaki gelişmeler yalnızca mimari ve strüktürel formlardaki gelişmeler ile sınırlı kalmamaktadır. Strüktürel alt sistemlerin yanı sıra, yangın korunumu, güvenlik, mekanik-elektrik ve cephe sistemleri gibi bir çok alt sistemin de teknolojik gelişmelere paralel olarak geliştiği görülmektedir. Ülkemizde de son yıllarda sayıları giderek artan yüksek binalarda da bu gelişmiş teknolojilerden yararlanma gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra hangi fonksiyona yönelik olarak yapılmış olursa olsun, her bina içinde bulunduğu kentsel çevre ile uyum içinde olmak ve kullanıcılarının konforunu en üst düzeyde sağlamak durumundadır. Bu durumda yüksek binaların karakteristiğinden kaynaklanan tüm tasarım faktörlerinin dikkatle ele alınması gerekmektedir.

Yüksek binaların karşı karşıya bulundukları en önemli problem, deprem, fırtına, ısıtma-soğutma-havalandırma ve yangındır. Ancak son 40-50 yılda taşıyıcı sistemler konusunda kaydedilen gelişmeler, doğal afetler bakımından büyük risk altında olan Amerika ve Japonya'da dahi 100 kat ve üzerinde yapıların güvenle yapılmasına olanak tanımıştır.

Yüksek bir binanın taşıyıcı sisteminin oluşturulmasında amaç, işlevsel ve estetik gereksinimleri karşılayacak etkin ve ekonomik bir sistem seçimidir. Strüktürel bir davranış açısından yüksek bir bina yerçekiminin neden olduğu düşey yüklerden çok, rüzgar ve depremin neden olduğu yatay yüklerden etkilenmektedir. Bu etkinin büyüklüğü binanın kendi ağırlığı ve düşey yüklerin toplamına bağlı olarak değişmektedir. İyi bir taşıyıcı sistem tasarımıyla, düşey yükleri taşıyan elemanlarının üzerinde yeterli basınç yükleri oluşturularak bina dengelenmekte, böylece stabil hale gelmektedir.

1960 yıllarının başına kadar yüksek yapıların ana taşıyıcı sistemi eğilmeye dayanıklı kat çerçeveleri ve perdelerden oluşmakta idi. Bu yıllardan günümüze kadar ise

taşıyıcı sistemler ailesi teşkil edilerek 80 metreden daha fazla yükseklikli yapıların daha ekonomik çözümleri elde edilebilmiştir. 1964 yılında Fazlur Khan kat çerçeveleri ve perdelerin birleştirilmesi ile oluşturulan sistem ile yatay yükler için uygun bir taşıyıcı ortaya çıkardı ve kolay bir hesap tarzı geliştirdi. Cepheye sık aralıklı kolonlar ve yüksek parapet yüklerinden oluşan, 'tüp' olarak adlandırılan bu sistem, yatay yüklere karşı düşey bir konsol şeklinde davranan, yüksek binalar için oldukça etkin bir sistemdir.

Tüp sistemlerin tanınmasıyla yüksek binaların tasarımında yeni bir dönem başlamıştır. Fazlur Khan tarafından geliştirilen bu sistem ilk olarak Chicago'da betonarme bir bina olan, 43 katlı De Witt Chestnut Binası'nda uygulanmıştır.

Tüp sistemi oluşturan çerçeveler yatay yüklere tek başlarına değil, üç boyutlu bir sistem olarak karşı koyarlar. Böyle sistemlerde yatay yüklere karşı iki farklı çalışma şekli oluşmaktadır: (1) Yatay yüke paralel iki cephe duvarı yaklaşık olarak çerçeve davranışı göstermekte, bu yükler kiriş ve kolonların eğilmesiyle karşılanmakta ve (2) Yatay yükler karşısında bina tümüyle bir konsol tüp davranışı göstermektedir. Burada dış kolonların oluşturduğu sistem rijit bir diyafram gibi çalışmaktadır.

Çerçeve tüp sistemlerde dış cephe duvarları yatay yüklerin büyük bir bölümünü ya da tümünü karşıladığından içte yatay yük bağlantısı ve perdeler gerek kalmayabilmektedir. Ancak bina yüksekliği ve yatay yükler arttıkça iç tüplerden ya da çekirdekten yararlanılmaktadır. Bu şekilde oluşturulan tüp sistemlerden birisi olan 'kafesli tüp sistem', çerçeveli tüpün cephesine diyagonal elemanların eklenmesi yoluyla elde edilir ve çerçeve tüpe oranla daha etkili bir sistemdir. Çerçeve tüpler, bir başka deyişle boşluklu tüpler, çok hücreli olarak (iç içe tüpler) düzenlendiğinde bu sistemin kullanım alanları arttırılabilmektedir. Ayrıca çok hücreli tüpler kullanılarak her bir hücrenin farklı yükseklikte yapılması ile bina yüksekliği boyunca değişen kullanım alanları sağlanabilmektedir. Uyum kolaylığına rağmen 'tüp' kavramı yapının çok fazla bölümlendirildiği ve çok fazla çıkmaların bulunduğu postmodern mimaride zorluklarla karşılaşmaktadır.

Bir yüksek yapının projelendirilmesinde, taşıyıcı sistem düzenlemenin ardından gelen bir diğer zor aşama da, çok sayıdaki yapı malzemesi arasından mevcut çevre koşullarına uygun optimum çözümü bulmaktır. Çeliğin yapı malzemesi olarak

yüksek binalarda kullanılması 100 yıldan fazla bir süreyi kapsamaktadır. Bu süre sadece malzemenin tanınmasıyla değil, yeni yöntemlerin, detayların ve işçiliğin geliştirilmesi ile geçmiştir. Son yıllarda ise yeni taşıyıcı sistemlerdeki, yapı malzemesindeki ve kalıp teknolojisindeki gelişmeler, yüksek binaların yapısını temelden değiştirmiştir. Günümüzdeki yapım imkanlarındaki gelişmeler sayesinde çelik, beton ve karma sistemler aynı sıklıkta uygulanabilmektedir.



2. YÜKSEK BİNALARDA TAŞIYICI SİSTEMLER

Yüksek binaların birçok yapı bölümünden oluştuğu düşünüldüğünde, bu bütünü ayakta tutarak, dıştan ve içten gelebilecek tüm etkilere karşı dayanım sağlayacak bir sisteme gereksinim olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu sistem aynı zamanda cephe kaplaması, mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat sistemleri, aydınlatma, yangın korunumu ve benzeri gibi tamamlayıcı sistemleri de taşımak durumundadır. Binadaki tüm bu işlevlerin yerine getirilebilmesi, etkin bir taşıyıcı sistem tasarımı ile mümkün olmaktadır.

Çok katlı yapı, üzerine etkiyen düşey yüklerle birlikte rüzgar ve deprem gibi yatay yükleri de taşımalıdır. Rüzgar ve deprem yüklerinin şiddeti yapı yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak artar ve yapıda büyük yatay ötelenmeler oluşturur. Bu nedenle çok katlı yapılarda, yalnızca taşıyıcı sistem dayanımı açısından değil yapıyı kullanacak kişilerdeki psikolojik etkiler de göz önüne alınarak yapı salınıminin sınırlandırılması önemlidir.[1]

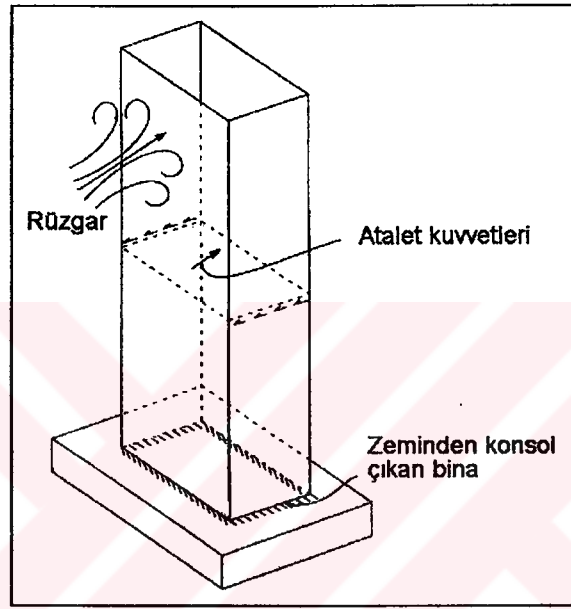
Bu bölümde yapı mühendisleri tarafından bilinmesi gereken yatay yüklere dayanıklı yüksek bina taşıyıcı sistemleri hakkında bilgi verilecektir. Öncelikle, taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar ele alınacak, daha sonra taşıyıcı sistem malzemesine göre sınıflandırılan yüksek yapı sistemlerinden tüp sistemler tanıtılacaktır.

2.1. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Yüksek bir bina zeminden yükselen düşey bir konsol gibi düşünüldüğünde, strüktürel sistemin kavramsal açıklaması kolaylaşmaktadır (Şekil 2.1). Yüksek yapılarda, düşey yükler yanında, rüzgardan ve yer hareketlerinden kaynaklanan yatay yükler de önemli derecede etkili olmaktadır. Yapı mühendisliği açısından bir yüksek yapı taşıyıcı sistemi, belirlenen mukavemet, öteleme ve işletme ölçülerine uyarak yatay

rüzgar ve deprem yüklerine dayanacak ve yeterince ekonomik olacak şekilde düzenlenmelidir [2].

Bilindiği gibi, bir yüksek yapının projelendirilmesinde en önemli iki konu taşıyıcı seçimi ve malzeme seçimidir. Modern taşıyıcı sistemlerde başlangıçta belli bir yapı malzemesine bağlı kalmamaz. Değişik alternatiflerin denenmesi gerekir. Son karar sadece statik ve konstrüktif yönden değil çeşitli disiplinler arası bir çalışma sonucu verilmelidir.



Şekil 2.1- Yüksek bir binanın strüktürel kavramı

Taşıyıcı sitemin planlanması ve teşkiline etkiyen parametreler;

- yatay yükler,
- yapı narinliği (narinlik oranı = yapı yüksekliği / yapı kısa kenar uzunluğu),
- yatay rijitlik kriteri,
- kullanım amacı,
- zemin durumu,
- yangın güvenliği,
- temel yapı malzemelerinin mevcudiyeti ve fiyatıdır.

Deprem bölgelerinde deprem yükleri, diğer bölgelerde rüzgar yükü taşıyıcı sistem için temel yaklaşımı belirleyen yüklerdir. Bu etken bina narinliğini de göz önüne alarak rijitleştirme elemanlarının önceden seçiminde önemli derecede etki eder. Artan taşıyıcı sistem yüksekliği ile rijitleştirme elemanlarının taşıma gücü yerine rijitlik ve yatay yükler altında dinamik davranış daha önem kazanır. İvmelerin rüzgar etkileri altında konfor nedeniyle kısıtlanması ana faktör olur. Yüksek ivme binada bulunanları denizdeki araç tutması biçiminde etkilemektedir.

Kullanım türü ve tesisat elemanları başlangıçta döşeme tipinin seçimine, kat yüksekliğine ve dolayısıyla bina yüksekliğine etki eder. Ayrıca binanın teknik donanımının çapı ve dolayısıyla taşıyıcı sistem-teknik donanım koordinasyon probleminin büyüklüğünü ortaya çıkarır.

Zemin durumu yapının ağırlığına ve böylece malzemeye etki eder. Mümkün olabilecek farklı oturmalar taşıyıcı sistem seçiminde değişikliklere neden olabilir.

Yangından korunma yüksek yapılarda en önemli konulardan biridir. Uygun yapı malzemesinin seçimi ile az sayıda ek önlem almak gerekir ki binanın ekonomik açıdan değerlendirilmesinde göz önünde alınmalıdır.

Yapı malzemesinin değerlendirilmesi sırasında şantiyenin çevre koşulları değerlendirilmeli, özellikle nakliye ve depolama olanakları göz önünde tutulmalıdır. Yapı malzemesinde seçim çelik, betonarme veya karma yapı arasında bir seçimdir. Bu seçimde konu ile ilgili özel çevre koşullarına da dikkat ederek herbir malzemenin üstünlüğü değerlendirilmelidir [3].

Çelik yapıda özellikle yapım hızının fazlalığı, bina ağırlığının azlığı, ilerideki kullanım değişikliklerinde esneklik sağlanması ve taşıyıcı sisteme bölgesel olarak değişiklikler yapılabilmesi avantajlarına karşın yangın güvenliği için alınacak olan ek önlemlerin fazlalığı, binanın artan yüksekliği ile sönümün az ve kütlelenin de fazla olmaması nedeniyle taşıyıcı sistemin uygun olmayan dinamik davranışı, döşemelerin genellikle kalın olması ve bu nedenle kat ve dolayısıyla bina yüksekliğinin fazla olması gibi sakıncaları mevcuttur. Bunların yanısıra çelik inşaatta deneyimli yapımcı bulunması gereğini eklemek de uygun olur.

Çelik yapıya göre betonarme yapıda daha yüksek sönümlü rijit taşıyıcı sistemler teşkil edilebilmektedir. Yangın güvenliği için ek koruyucu önlemler gerekmemektedir. Taşıyıcı elemanlardaki çok sayıdaki tekrarlanma, ekonomik kalıp tekniklerinin kullanılması ve maliyet yönünden uygun inşaat tekniğinin seçimine olanak verir. Mahzurları ise inşaat süresinin uzunluğu, zemine daha fazla ağırlığın gelmesi, düşey taşıyıcı boyutlarının büyüklüğü ve ilerideki kullanım değişikliklerine göre esnekliğinin az olmasıdır.

Her iki malzemenin karma bir inşaat şeklinde birleştirilmesi ile iki malzemenin de mahzurları yok edilebilir. Ancak bu durumda çelik ve betonarme şantiyeleri karmaşası ortaya çıkacaktır [3].

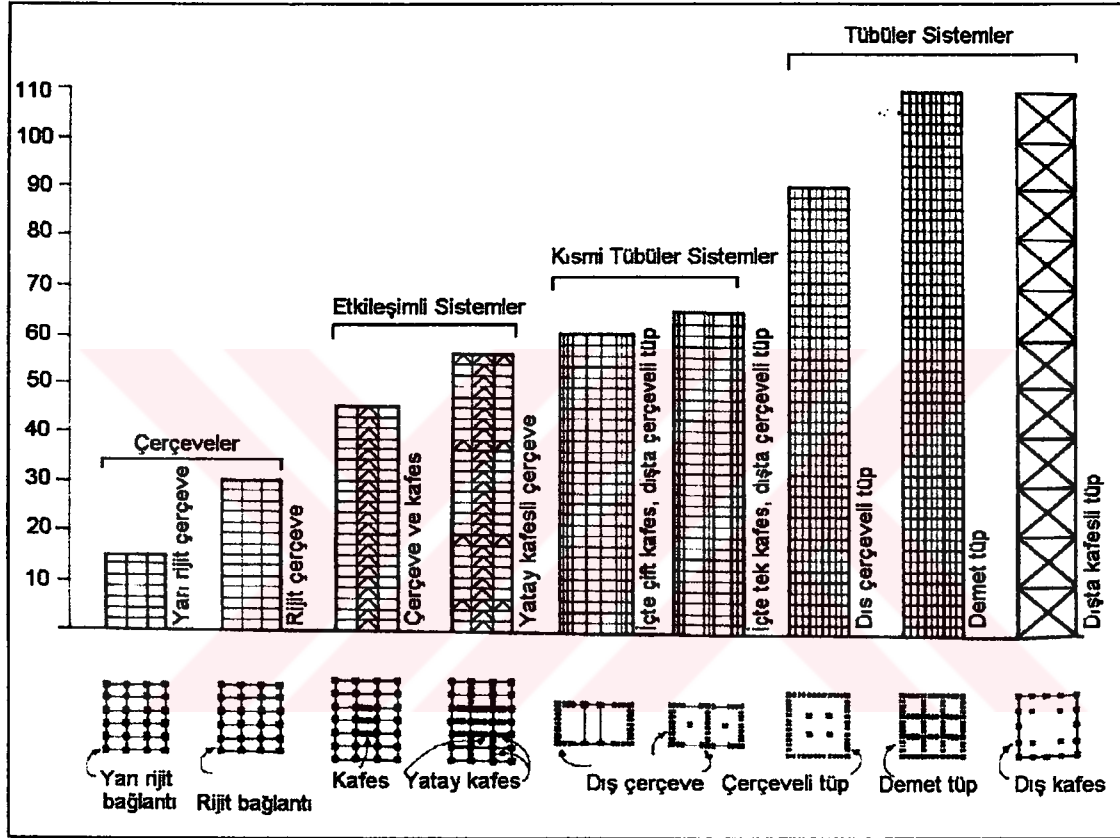
Özetle, bir yüksek yapı taşıyıcısı seçilirken göz önüne alınması gereken ana kurallar şu şekilde sıralanabilir:

- Düşey yükler en kısa yoldan zemine aktarılmalıdır.
- Yükün dolaylı aktarılışına ancak başka avantajlar elde edilecekse müsaade edilmelidir.
- Düşey yükler yatay yüklerin taşınması için kullanılmalıdır.
- Konstrüksiyon ve teknik donanım mümkün olduğu kadar birbirinden ayrılmalıdır.
- İnşaat tekniği ve taşıyıcı birbirine uygun olmalıdır.
- Önemli konstrüktif detaylar planlamanın başından bitimine kadar devamlı gözönünde bulundurulmalıdır [3].

2.2. Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

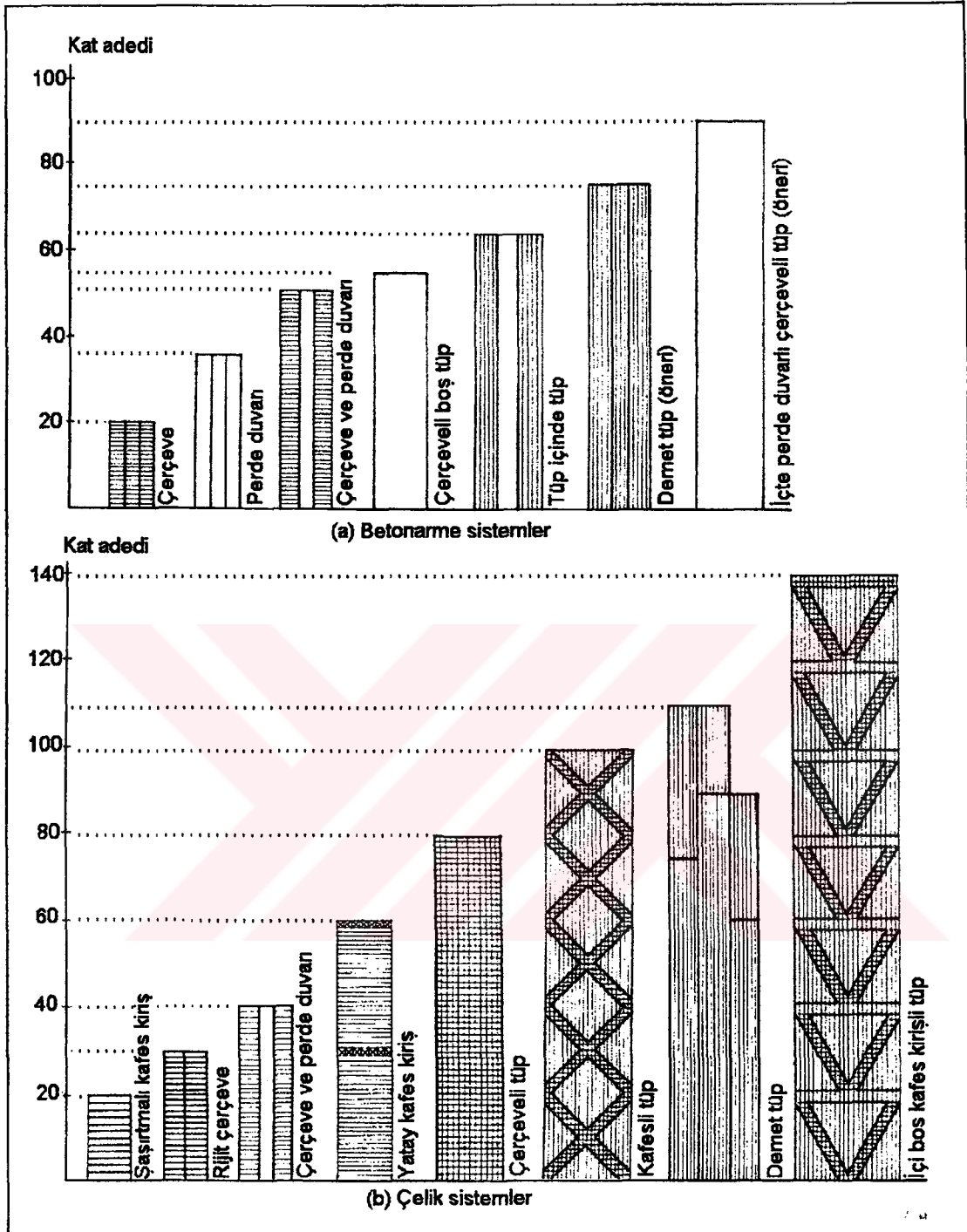
Yüksek binalarda uygulanan taşıyıcı sistemler, kullanılan malzemenin çelik, betonarme veya kompozit olmasına, binanın kat adedine, mimari planlanmasına veya kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. Bu sistemlerin sistematik bir sınıflandırılması yapılırken, yatay yüklere dayanım önemle gözönünde bulundurulmalıdır.

1965 yılında Fazlur Khan, taşıyıcı sistemlerin yatay yüklere dayanım açısından etkinlikleri doğrultusunda sınıflandırabileceğini öne sürmüştür (Şekil 2.2). Spektrumun bir tarafında 20-30 kat yükseklikler için etkin olan rijit çerçeveler, diğer tarafında konsol etkinliği olan tüp sistemler bulunmaktadır. Strüktürel çelik için geçerli olan bu sistemler, analiz teknikleri ve malzemelerdeki yenilikler doğrultusunda periyodik olarak değiştirilmektedir.



Şekil 2.2- Çelik taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması.

Diğer bir sınıflandırma yönteminde ise çelik ve betonarme sistemler ayrı ayrı ele alınmıştır (Şekil 2.3). ancak bu sınırlamada belli yükseklikler için belirlenen taşıyıcı sistemler kesin kural olarak düşünülmemelidir.



Şekil 2.3- Yüksek binalarda uygulanan taşıyıcı sistemlerin malzemeye göre sınıflandırılması.

2.3. Çelik Taşıyıcı Sistemler ve Davranış Şekilleri

Yapı sistemlerinde çeliğin kullanılması her ne kadar 1856'da Bessemer'in çelik yapım sürecini keşfetmesine dayansa da, çelik profillerin yapımı ancak 1885'te

mümkün olabilmiş, bu olanağın yüksek yapılarda uygulanması ise 1889'da 300 m yüksekliğindeki Eiffel Kulesi'nin yapımına rastlamıştır.

Yüksek binaların ilk örneklerinde yalnızca yerçekimi kuvvetlerini taşımak üzere tasarlanan çelik elemanlar, bir süre sonra rüzgara ve depreme dayanıklı basit portal çerçevelerin üretilmesinde kullanılmıştır. Daha sonra yatay kafes kirişli sistemler, mega çerçeveler, içte süper diyagonal çaprazlı çerçeveler ve benzerlerinin geliştirilmesiyle daha etkin ve yüksek strüktürler yapılmaya başlanmıştır [4].

Tablo 2.1'de çelik taşıyıcı sistemlerin kat adetlerine göre sınıflandırılması verilmiştir. Buradan da görüleceği üzere, yatay yüklerin çok etkili olmadığı bölgeler için geçerli olan yarı-rijit bağlantılı çerçevelerden başlayıp, yatay yüklere üç boyutlu bir sistem olarak karşı koyarak çok yüksek yapı tasarımına imkan sağlayan tüp sistemlere kadar bir çok taşıyıcı sistem mevcuttur. Bu kısımda, projede yapılan çalışmanın içeriği nedeniyle sadece tüp sistemler üzerinde durulacaktır.

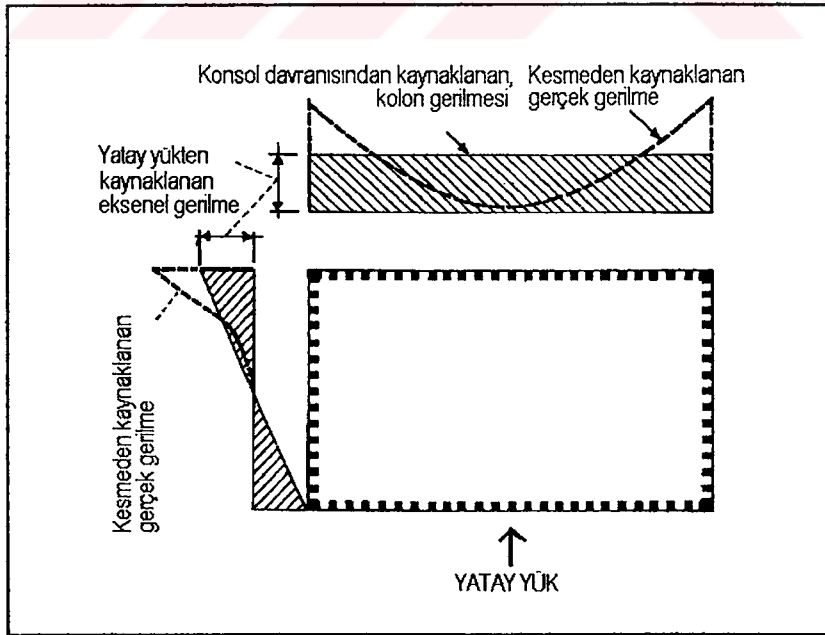
Tablo 2.1- Çelik taşıyıcı sistemlerin kat adetlerine göre sınıflandırılması.

ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLER												
Sistem	Kat Adedi											
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
Yarı-rijit bağlantılı çerçeveler												
Rijit çerçeveler												
Çaprazlı çerçeveler												
Sarılmalı kafesli çerçeveler												
Dış merkezli çaprazlı çerçeveler												
Büyük ölçekli çaprazlı rijit çerçeveler												
Yatay kafes kirişli ve kısıtlı sistemler												
Çerçevesiz tüp sistemler												
Kafesli tüp sistemler												
Demet tüp sistemler												

2.3.1. Çerçevesiz Tüp Sistemler

Cephede sık aralıklı kolonlar ve yüksek parapet kirişlerinden oluşan tüp sistem, delikli dikdörtgen ya da benzeri bir boru şeklinde, üç boyutlu bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Yatay yüklere karşı düşey bir konsol şeklinde davranan bu çerçevesiz tüp, yüksek binalar için oldukça etkin bir sistemdir. Bunlar 110 katlı Sears Tower, 100 katlı John Hancock Center, 110 katlı World Trade Center İkiz Kuleleri ve 83 katlı Amoco Binası'dır [5].

Tüp sistemlerin tanınmasıyla yüksek binaların tasarımında yeni bir dönem başlamıştır. 1960'larda Fazlur Khan tarafından geliştirilen bu sistem ilk olarak Chicago'da betonarme bir bina olan, 43 katlı De Witt Chestnut Binası'nda uygulanmıştır. Bu sistemde, cephedeki perde duvarı, sık aralıklı kolonlar ve yüksek parapet kirişlerinden oluşmaktadır. Böylece açıklıkların küçülmesiyle ve çerçevelerin bina köşelerinde de sürekliliğinin sağlanmasıyla, zeminden konsol çıkan üç boyutlu bir çerçeve elde edilmektedir. Sistemin konsol etkinliği eğilme oranına bağlı olup, geliştirilmesindeki amaç eğilme değerinin %25'in altına indirilmesidir. Tüp sistemi oluşturan çerçeveler yatay yüklere tek başlarına değil, üç boyutlu bir sistem olarak karşı koyarlar. Şekil 2.4'de konsol davranışından kaynaklanan eksenel kolon yüklerinin dağılımı görülmektedir.

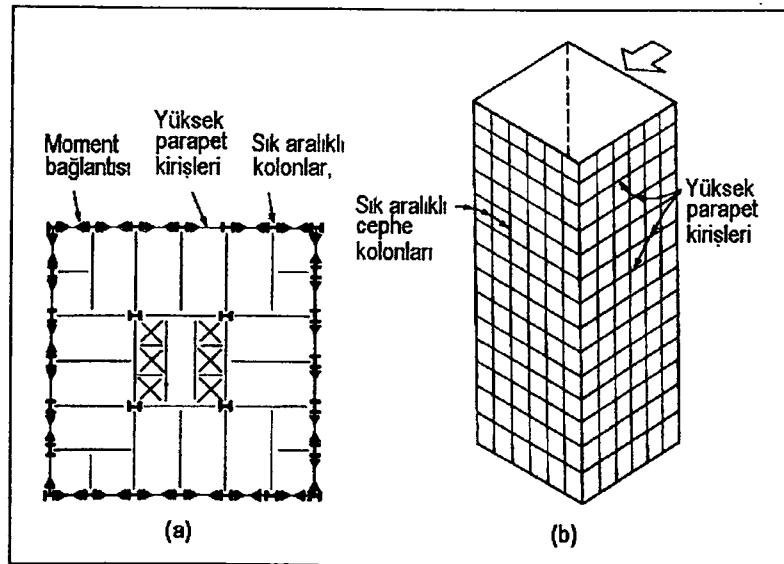


Şekil 2.4- Yatay yük altında çerçevesiz tüpün etkinliği

Tüp sistemlerde yatay yüke karşı iki farklı çalışma şekli oluşmaktadır: (1) Yatay yüke paralel iki cephe duvarı yaklaşık olarak çerçeve davranışı göstermekte, bu yükler kiriş ve kolonların eğilmesi ile karşılanmakta ve (2) Yatay yükler karşısında bina tümüyle bir konsol tüp davranışı göstermektedir. Burada dış kolonların oluşturduğu sistem rijit bir diyafram gibi çalışmaktadır.

Genel olarak çerçeveli tüp davranışı 3.0 m'den 6.0 m'ye kadar değişen kolon aralıkları ve 0.90 m'den 1.50 m'ye kadar değişen parapet kirişi yükseklikleri ile elde edilmektedir [4]. Şekil 2.5'de kare planlı, 50 katlı, sık aralıklı kolonlar ve yüksek parapet kirişlerinden oluşan bir binanın şematik plan ve izometrik görünümü verilmiştir. Bu sistemde içteki dört adet kolon yerçekimi yüklerini taşıyacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 2.5a); bu kolonlara etkiyen yatay yükler göz ardı edilecek değerdedir. Yatay yüke dayanım ise dört ortagonal çerçeve panelinin birbirine rijit olarak bağlanmasıyla oluşturulan tüple sağlanmaktadır. Tüp sistemlerde dış cephe duvarları yatay yüklerin büyük bir bölümünü ya da tümünü karşıladığından içte yatay yük bağlantısı ve perdeler gerek kalmamaktadır. Ancak bina yüksekliği ve yatay yükler arttıkça iç tüplerden ya da çekirdeklerden yararlanılmaktadır [5].

Tüp sistemlerin etkinliği, binanın birim alanına düşen strüktürel malzemenin geleneksel çerçeve sistemlere oranla yarıya düşmesiyle belirgin şekle gelmektedir [5].

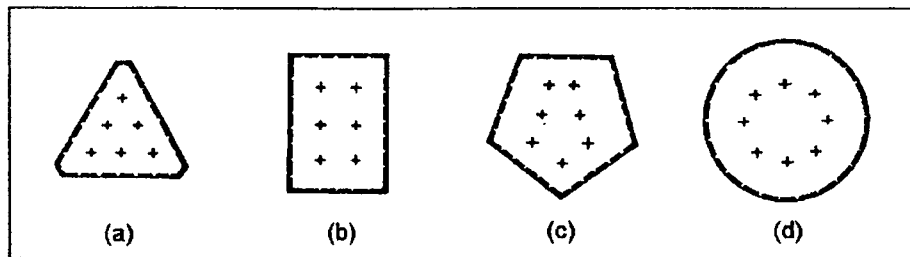


Şekil 2.5- Çerçeveli tüp: (a) Şematik plan, (b) İzometrik görünüm

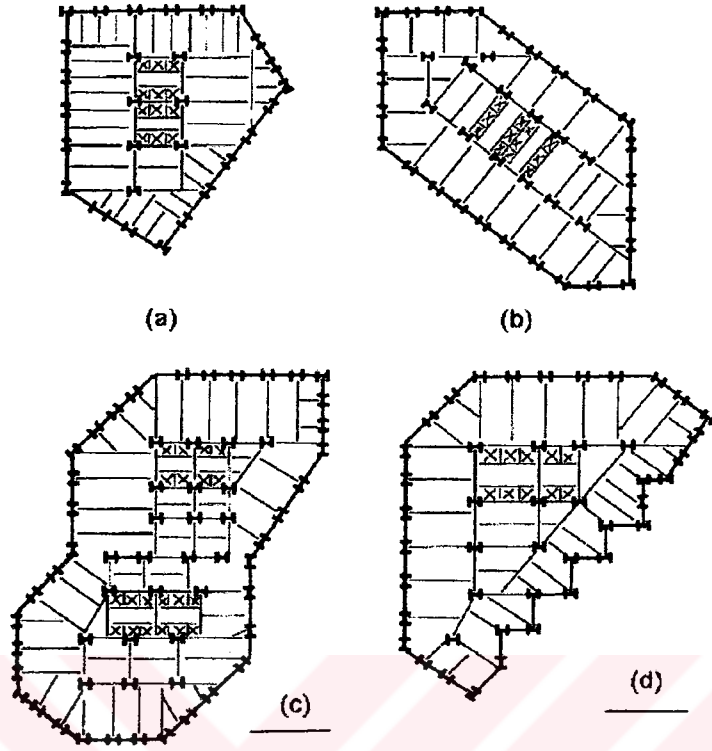
Tüp sistemlerde eleman boyutlarının geleneksel çerçevelere göre daha büyük ve bağlantıların da rijit olması gerekmektedir. Çelik konstrüksiyonda kolon-kiriş birleşimleri rijitliği sağlamak için kaynaklı yapılmaktadır [7].

Çerçeveli tüplerde düzgün olmayan ve köşeleri çok girintili çıkıntılı planlar sistemin etkinliğini azaltmaktadır. Çerçeveli bir tüp için düzgün plan formu kavramı kısa kenar / uzun kenar oranı 1/1.5 olan planlar için geçerlidir. Dar-uzun planlar önemli ölçüde sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunun üç nedeni vardır: (1) Binanın uzun kenarı özellikle rüzgar yükleri olmak üzere yatay yükleri toplayan bir yelken gibi davranmaktadır, (2) Ortaya çıkan kesme kuvvetlerini karşılamak için yatay yük tarafında daha sık aralıklı ve/veya daha büyük boyutlarda kolonlara gereksinim bulunmaktadır, (3) Yatay yüke dik doğrultudaki kolonlar üzerinde kesme kuvvetleri daha fazladır.

Çerçeveli tüp ilkesiyle tasarlanan plan formları Şekil 2.6'daki gibi düzgün formlarda olabildiği gibi, daha serbest formlarda da olabilmektedir (Şekil 2.7a-d). Tüp her ne kadar içi boş bir sistem olarak görünse de, gerçekte yanal kuvvetlere karşı tepki verirken, rüzgar yükü tarafındaki kolonlar uzamakta, karşısındaki kolonlar da kısalmaktadır. Bu kolonlarda iç kolon ve kirişlerin eğilmesinden dolayı şekil değiştirme meydana gelir. Yüksek etkinlikteki bir tüp sistem tasarımı yapabilmek için yerine getirilmesi gereken en önemli ilke; oluşacak şekil değiştirmeyi en aza indiren veya ortadan kaldıran, ve binanın eğilmesini kolaylaştıran bir sistem oluşturmaktadır [4].



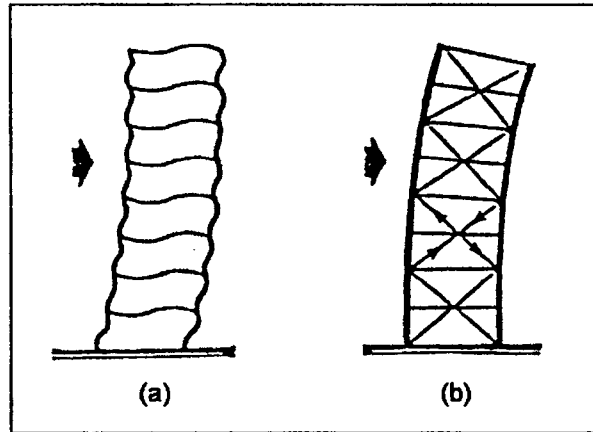
Şekil 2.6- Çerçeveli tüp için uygun plan formları.



Şekil 2.7- Serbest formlarda tüp düzenlemeler.

2.3.2. Kafesli Tüp Sistemler

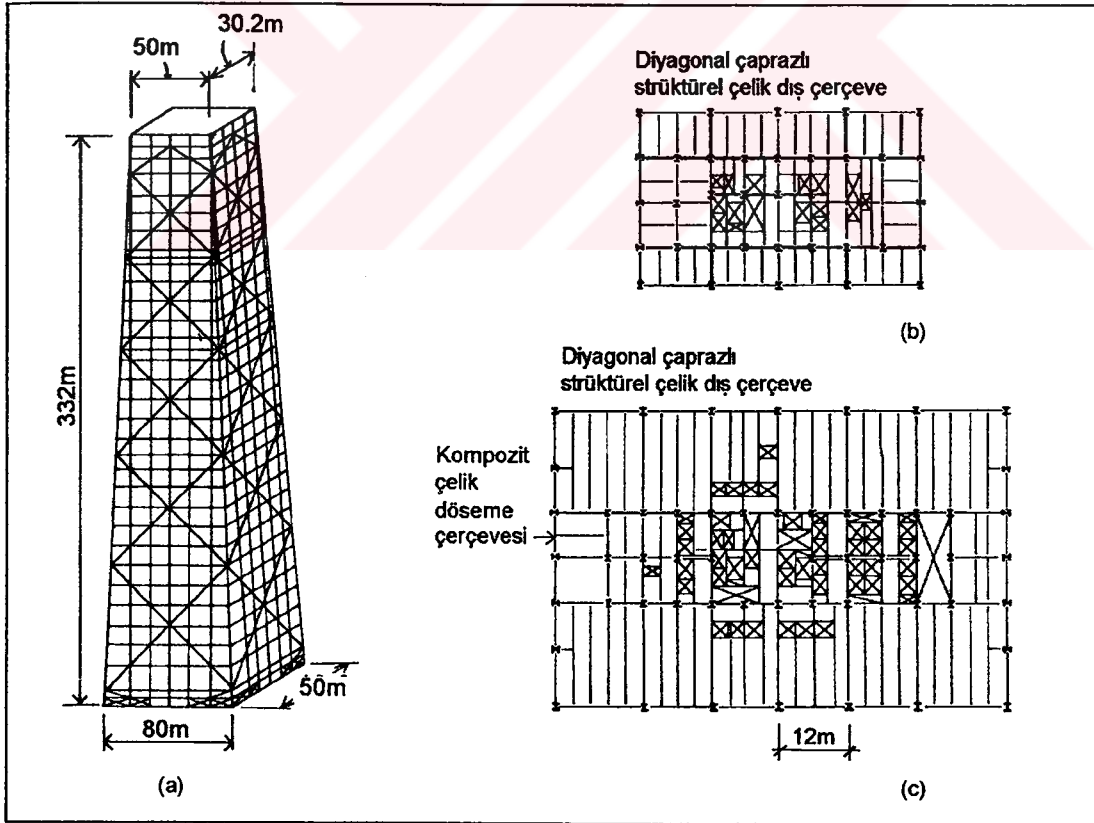
Tüp kavramının gelişmeye başladığı 1960'lı yıllardan sonra bina yükseklikleri, çerçeve tüplerin etkin olamayacağı kadar yükselmiştir. Bu durumda çerçeve tüpün cephesine diyagonal elemanların eklenmesi yoluyla sistemin daha fazla yükseklikler için yatay yük karşısındaki etkinliği artırılmış ve cephedeki kolonlar daha geniş



Şekil 2.8- Çerçeve tüpün rijitleştirilmesi: (a) çerçevenin yatay yük etkisinde eğilmesi, (b) çerçeveye kafesin eklenmesiyle tüpün rijitleştirilmesi.

açıklıklı olarak tasarlanabilmiştir. Bu sistem tütün başlıklarındaki (yatay yüke paralel yöndeki çerçeveleri) ve diğer tütün elemanlarındaki kesme etkisini de ortadan kaldırmaktadır [4].

Kafeslerin eklenmesi, çerçeveli tütün konsol şeklinde davranmasını sağlamak için en etkin yöntemdir (Şekil 2.8). Bu şekilde oluşturulan kafesli tütün sistem ilk olarak Chicago'da 100 katlı John Hancock Center'da (1969) uygulanmıştır (Şekil 2.9). 344 m yüksekliğindeki bina zeminde 50 x 80 m plan boyutlarına sahiptir. Binanın en alt katında, kolon açıklığı uzun kenar üzerinde 12 m, kısa kenar üzerinde de 7.5 m'dir (Şekil 2.9c). Bu sistemin diğer bir avantajı, John Hancock Center'da da görüldüğü gibi cephe ve çekirdek arasında serbest mekanlara olanak sağlamasıdır. Cephe ve çekirdek arasındaki açıklık John Hancock Center'ın zemin katında 18 m, en üst katında ise 9 m'dir. Sistemin en büyük dezavantajı ise diyagonaller arasında çok sayıda birleşim elmanına gerek duyulması ve pencere detaylarında problem yaratmasıdır [4].

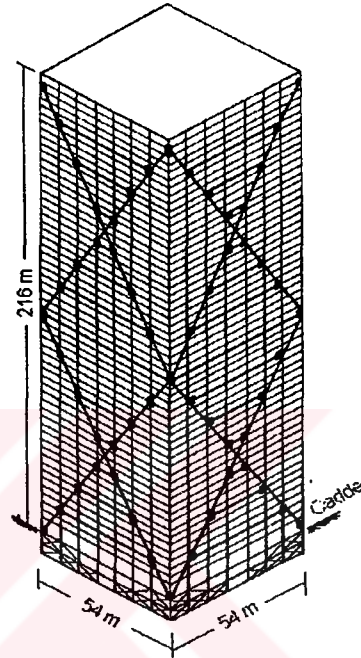


Şekil 2.9- Kafesli tütün sistem, John Hancock Center, Chicago: (a) Taşıyıcı sistem perspektifi, (b) 97. kat çerçeve planı, (c) Zemin kat çerçeve planı

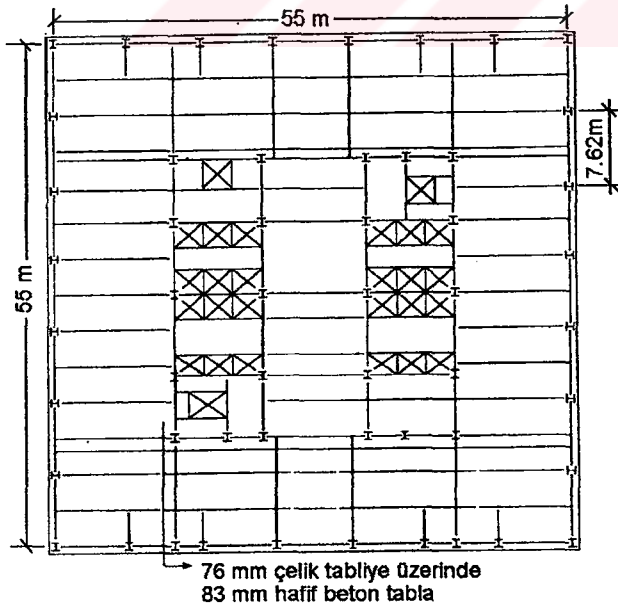
Kafesli t p sisteme ilişkin diğ r bir örnek ise 1974'de Dallas'ta yapılmış ve ilk adı First International Plaza olan, 56 katlı Renaissance Tower'dır (şekil 2.10). 216 m yüksekliğindeki binanın plan boyutları 55 m x 55 m olup,  elik kolonları arasındaki açıklık 7.62 m, kat yüksekliği 3.61 m'dir. Normal katlarda çekirdekten cepheye kadar açıklık 12.27 m'dir. Binanın dört cephesinde de 28 kat yüksekliğinde bir ve 14 kat yüksekliğinde iki adet diyagonal çaprazlama bulunmaktadır (şekil 2.10b). Cam



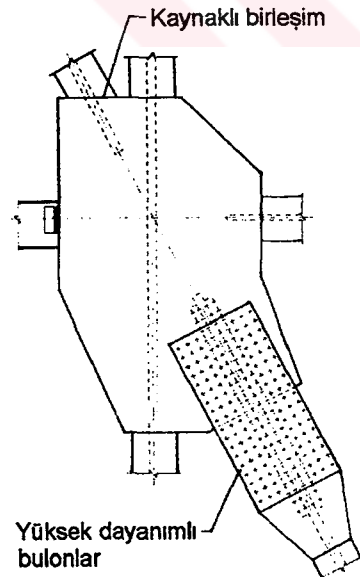
(a)



(b)



(c)



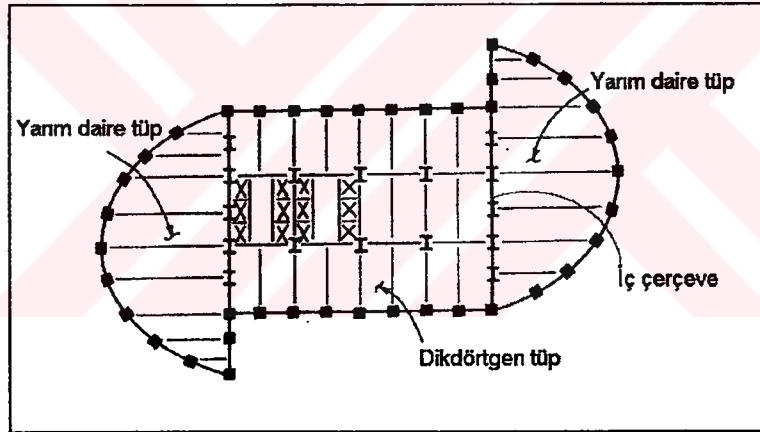
(d)

şekil 2.10- Renaissance Tower (First International Plaza), Dallas: (a) Genel görünüm, (b) Kafesli t p şeması, (c) Taşıyıcı sistem planı, (d) Diyagonal elemanlar ile kolon-kirişleri bağlamak için kullanılan g se plakaları.

giydirmeye cephenin arkasına yerleştirilen bu kafes sistem yatay yüklerin yanı sıra, yerçekimi yüklerini de dış kolonlara dağıtmaktadır. Dış çerçevedeki tüm elemanlar yüksek dayanımlı çelikten üretilmiştir. Cephelelerdeki diyagonal elemanlar ile kolon ve kirişleri birbirine bağlamak için kullanılan guse plakaları 3.0 m genişliğindedir. Diyagonaller 4 katta bir, kolon ve kirişlere bir ucundan kaynaklı, diğer ucundan yüksek dayanımlı bulonlarla birleştirilmektedir (Şekil 2.10d) [10].

2.3.3. Demet (Modüler) Tüp Sistemler

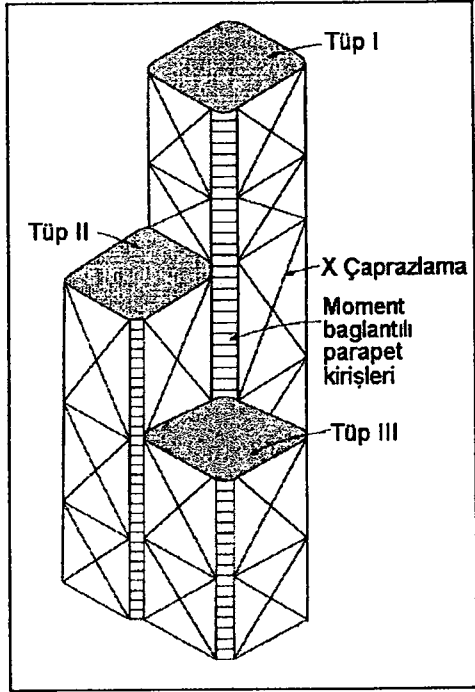
30 kattan süper yüksek binalara kadar geniş bir yelpazede uygulanabilen demet tüp kavramı, bir dizi çerçeveli tüpün, ortak iç çerçevelerle, çok hücreli bir tüp oluşturacak şekilde bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır (Şekil 2.11). Demet tüpü oluşturan her bir tüpün bütünlüğünü bozmadan herhangi bir seviyede kesilebilir [11].



Şekil 2.11- Çerçevelerin birleştirilmesiyle oluşturulan demet tüp.

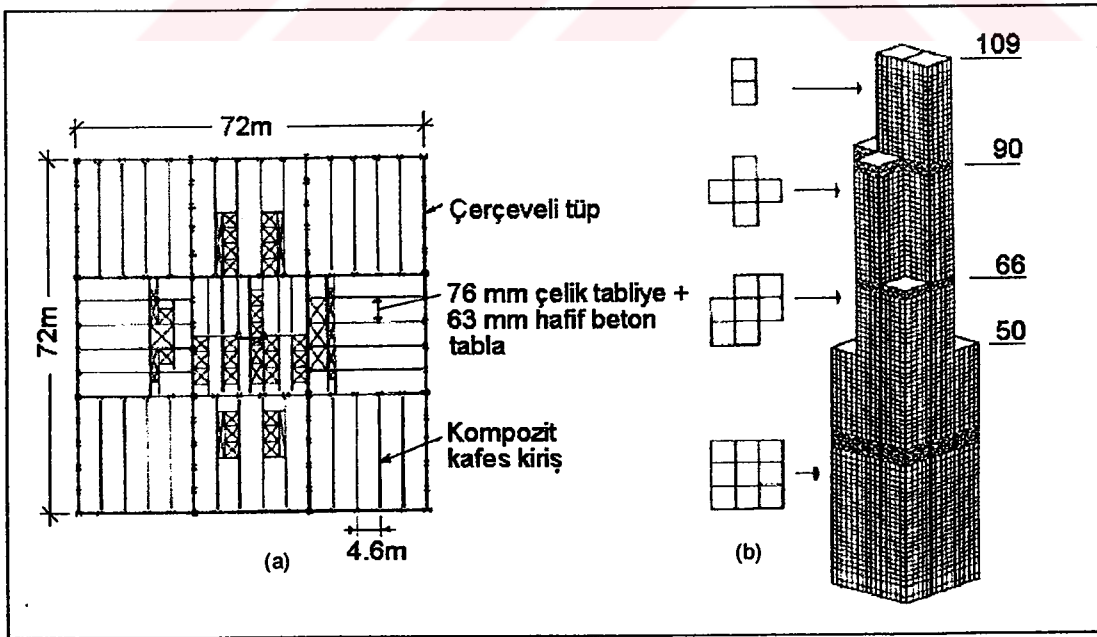
Tek bir çerçeveli tüpe göre, demet tüplerde kolonların daha büyük açıklıklara sahip olması mümkündür. Aradaki çerçeveler iç mekan tasarımını engellemeden yerleştirilebilir. İlke olarak her türlü kapalı form demet tüp oluşturmak için kullanılabilir. Şekil 2.12'de üç tüpten oluşan bir sistem görülmektedir. Bu sistemin demet tüp şeklinde davranması için tüm planların aynı olması gerekmemektedir. Üçgen ve kare planlı tüplerden oluşan bir demet tüp, kavramsal düzeyde iki kare veya iki üçgen tüp ile eşdeğerdir.

Dünyanın en yüksek binası olan 443 m Yüksekliğindeki Sears Tower (1973) demet tüp sistemde yapılmıştır (Şekil 2.13). 23 m kenar boyutlarına sahip dokuz adet kare tüpten oluşan bu binanın kolon aralıkları 4.6 m'dir. Kirişler 1.07 m, kolonlar ise 0.99 m kalınlığındaki I profillerden oluşmakta olup, tüm kolon kiriş bağlantıları kaynaklıdır. Döşemeler 4.6 m aralıkla yerleştirilen ve 23 m açıklık geçen 1.0 m yüksekliğindeki kafes kirişler tarafından taşınmaktadır. Her bir kafes kiriş doğrudan kolonlara bağlanmıştır.



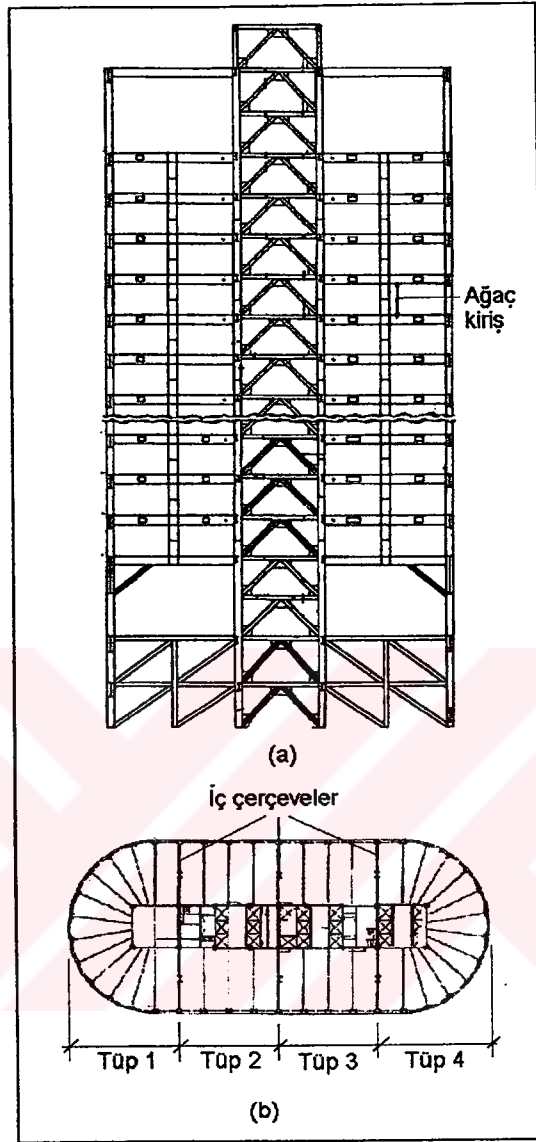
Şekil 2.12- Kafesli tüplerden oluşan demet tüp sistemi

Kiriş doğrultuları her 6 katta bir yön değiştirmektedir. 3.92 m kat yüksekliğine sahip binada, döşeme tablası makaslar arasındaki 4.6 m'lik açıklığı geçen, 76 mm kalınlığındaki çelik tabliye ve 63 mm kalınlığındaki hafif beton tabakasından oluşmaktadır [12]. Yatay eğilme oranı yüksekliğinin 1/550'si kadar olan bu bina yatay yük etkisinde en üst katta yaklaşık 80



Şekil 2.13- Sears Tower, Chicago: (a) 1-50. Katlar arası taşıyıcı sistem planı, (b) Taşıyıcı sistem perspektifi ve plan şemaları

cm yatay salınım yapmaktadır [10]. Sears Tower aynı zamanda dünyanın en büyük kullanım alanına sahip büro binasıdır [14].



Şekil 2.14- Four Allen Center, Houston, Teksas:
(a) Taşıyıcı sistem kesiti; (b) Taşıyıcı sistem planı.

Bu sistemde yapılmış bir diğer örnek de, Houston'daki Four Allen Center büro binasıdır (Şekil 2.14). 211 m yüksekliğindeki bu bina iki dikdörtgen ve iki yarım daire tüpten oluşmaktadır. Binanın kısa kenar doğrultusundaki narinlik oranı 6.0'dır. 4.57 m aralıklı kolonlarla oluşturulan tüpler üç adet iç çerçeveye birleştirilmiştir. Bu elemanlar aynı zamanda cephe ve çekirdek arasında bir virendel kirişi de oluşturmaktadır [4].

2.3.4. Diğer Çelik Taşıyıcı Sistemler

Yüksek binalarda uygulanan çelik taşıyıcı sistemler buraya kadar anlatılanlarla sınırlı kalmamaktadır. Günümüzde birçok taşıyıcı sistemin belli bir sınıfa dahil edilebildiği gibi, hiçbir sınıfa dahil edilemeyen, tek bir binaya özgü olarak tasarlanmış taşıyıcı sistemler de bulunmaktadır. Bunlara en güzel örnekler; asma sistemler, uzay sistemler ve de omurgalı sistemler'dir.

2.4. Betonarme Taşıyıcı Sistemler ve Davranış Şekilleri

Yüksek bina konstrüksiyonunda betonarme, çeliğe göre daha yeni bir malzeme olmasından dolayı, kendinden önce gelen malzemelerin kullanımıyla bazı benzerlikler taşımaktadır. Ancak betonarme formlardaki esneklik çok çeşitli taşıyıcı sistemler ve kavramların geliştirilmesini sağlamıştır. Bu sistemler daha önce de belirtildiği gibi birçok bakış açısına göre sınıflandırılabilir. Aşağıda en yaygın olarak uygulanan betonarme taşıyıcı sistemler verilmiştir. Tablo 2.2'de bu sistemlerin

Tablo 2.2- Betonarme yüksek binalar için önerilen taşıyıcı sistemlerin kat adetlerine göre dağılımı.

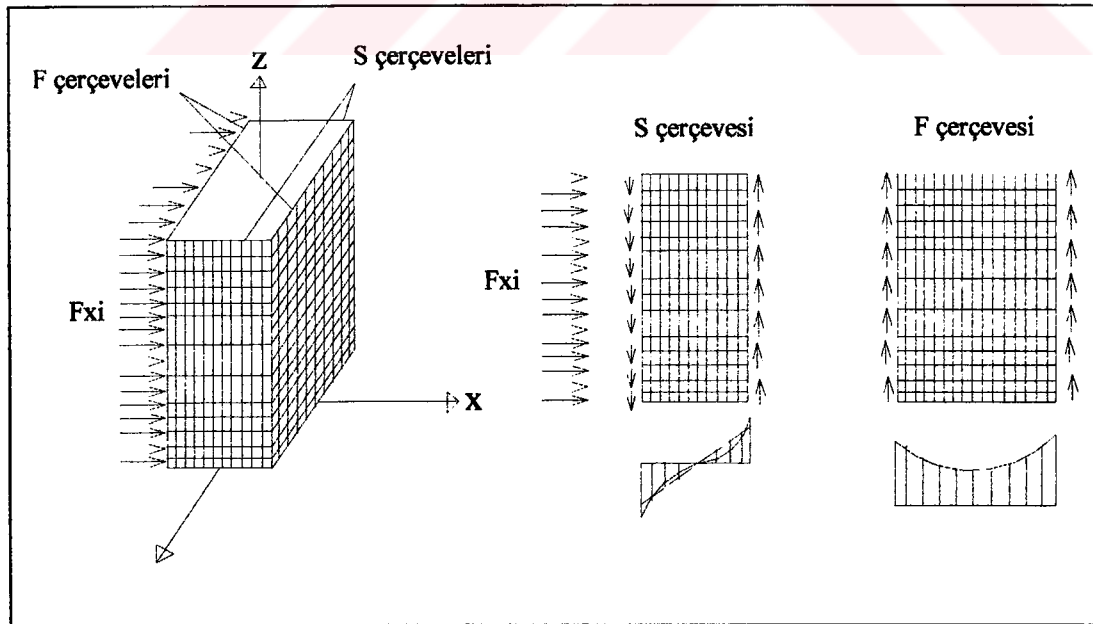
BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER													
Sistem	Kat Adedi												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
İki yönlü döşeme ve kolonlar													
Perde duvarı ve mantar döşeme													
Perde duvarı, kolon ve mantar döşeme													
İkiz perde duvarları													
Rijit Çerçeve													
Geniş açıklıklı çerçeve/tüp													
Güçlü kırışlı rijit çerçeve													
Çekirdekli sistemler													
Perde duvarı ve çerçeve													
Perde duvarı ve güçlü kırışlı çerçeve													
Dış tüp													
İç içe tüp													
Kafes tüp													
Modüler tüp													

tasarlanmış 28 katlı bir betonarme binaya ilişkin döşeme planı verilmiştir. Bu binada yatay yüklere karşı dayanım, cephede eksen aralıkları 7.62 m olan, 1.5 m genişliğine sahip kolonlardan ve bu kolonları bağlayan 1.53 m yüksekliğindeki parapet kirişlerden oluşan çerçeve ile sağlanmaktadır [12].

2.4.2. Çerçevesel Tüp Sistemler

Tüp sistem, daha önce de söz edildiği gibi yüksek-narin binalar için oldukça etkin bir çerçeve sistemidir. Bu sistem için ekonomik olabilecek kat adedi, kolonlar arasındaki açıklık, kolon boyutları, parapet kirişlerinin yüksekliği ve plan boyutları gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle 40 kattan yüksek binaların tasarımında bu sistem mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır [7].

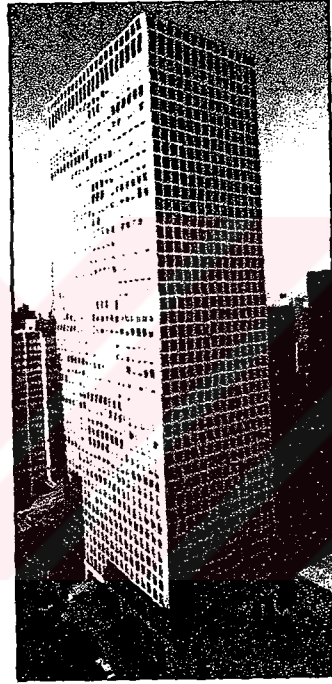
Yatay yükler etkisinde bileşke moment büyük ölçüde tüpün başlarındaki normal kuvvetlerden oluşan kuvvet çifti ile karşılanır. Bu arada çerçeve başlarında oluşan normal kuvvet, şekil değiştirmeleri nedeniyle kuvvet doğrultusunda düzenlenmiş çerçevelerin (Şekil 2.16 S çerçeveleri) yanı sıra kuvvet doğrultusuna dik olarak düzenlenen çerçevelerin (F çerçeveleri) kuvvet aktarımına katılmasına neden olur. S ve F çerçeveleri arasında yalnız kayma kuvvetleri iletilir ki bu da S çerçevelerinin yükünü azaltır (kirişlerin burulma rijitliği ihmal edilirse).



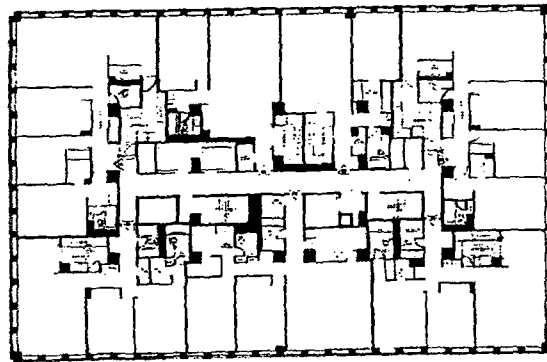
Şekil 2.16- Yatay yük altında çerçevesel tüpün etkinliği

Kolon kiriş birleşimleri tam rijit birleşim olmadığından, tüp kesitteki kolon normal kuvvetlerinin dağılımı eğilme teorisinin sonuçlarından sapar. F çerçevesi kolonlarla birlikte taşıma etkisinden kurtulmaya çalışacaklarından köşe kolonlarda normal kuvvet artışı olacaktır. Bu kuvvet artışında S çerçevesinin kiriş ve kolonlarında ilave eğilme zorlamaları yaratır.

Yatay yerdeğiştirme eğilme ve kayma kısımlarından oluşur. Eğilme kısmı kolonların uzama ve kısılması ile ortaya çıkar. Kayma kısmı ise kolon ve kirişten oluşan çerçeve sisteminin eğilmelerinden oluşan yerdeğiştirmelerdir [3].



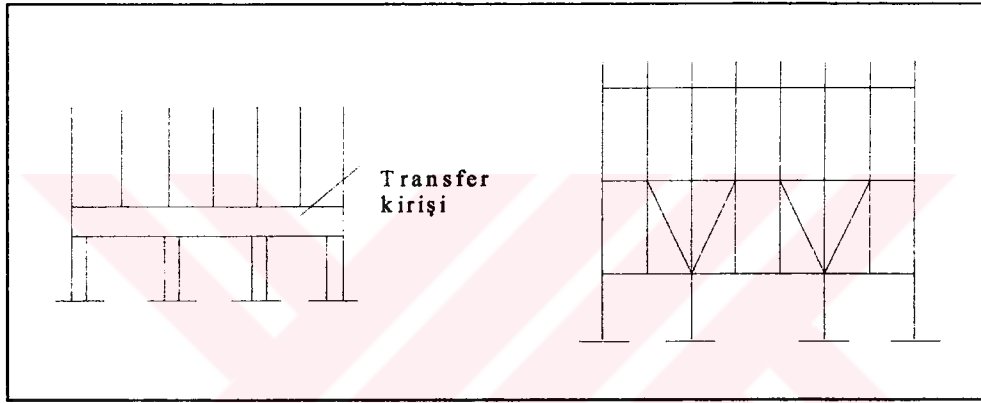
(a)



(b)

Şekil 2.17- De Witt Chestnut Binası, Chicago:
(a) Genel görünüm, (b) Normal kat planı.

Planda birbirine oldukça 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 seviyesinde 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. Şekil 2.18’de zeminde transfer kirişi düzenlemesi gösterilmiştir. Bu forma alternatif olarak kolon yükleri, cephede eğik kolonlar düzenlenerek de toplanabilir. Şekil 2.19’da görüldüğü gibi bu sistem de geniş aralıklı kolon düzenlemesi sağlar [9].

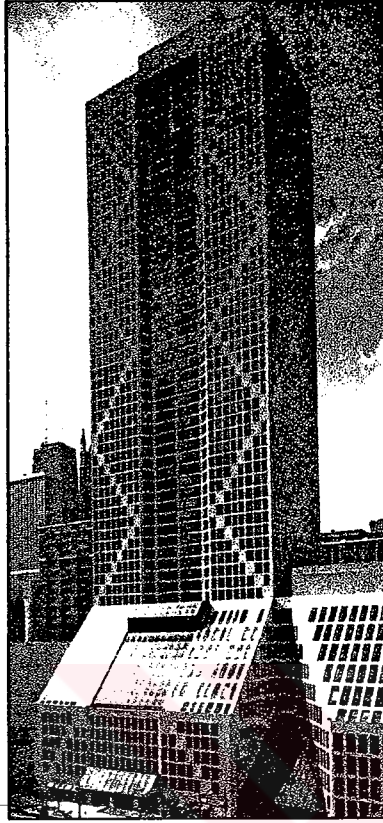


Şekil 2.18- Zeminde transfer kirişi düzenlenmesi. **Şekil 2.19-** Cephede eğik kolonların düzenlenmesi.

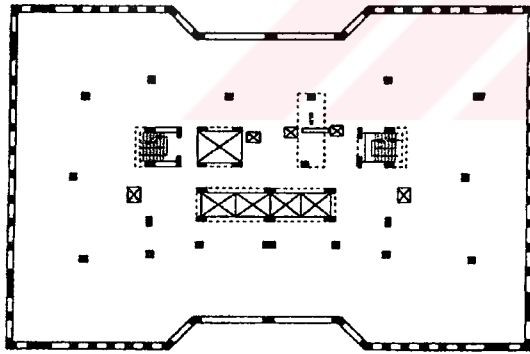
Tüp sistemde dağıtılmış iç kolonlar ve perdeler, kısa mesafeli döşemeleri ile yerleşim binalarına uygun olurken, bir merkezi çekirdekli tüp yapıda (iç içe tüp), tüpten çekirdeğe geniş açıklıklı döşemeler, ofis-büro binaları için uygun olmaktadır [8].

Betonarme çerçeveli tüp sistemlere ilişkin ilk örneklerden biri De Witt Chestnut Binası'dır (Şekil 2.17). 1963'de Chicago'da yapılan bu binanın zemin katında bir aktarma strüktürü kullanılmıştır. Düşey yük aktarımı cephede zemine yaklaştıkça kalınlaşan kolonlardan açıkça belli olmaktadır. Aynı şekilde kiriş yükseklikleri de zemine doğru artmaktadır.

2.4.3. Kafesli Tüp



(a)



(b)

Çelik bir bina olan John Hancock Center'da uygulanan kafesli tüp kavramı, betonarme konstrüksiyonlar için de uygulanabilmektedir. Tüp sistemlerin öncüsü Fazlur Khan tarafından ortaya atılan bu sistemde pencere boşlukları diyagonal düzende bloklanmaktadır. Cephedeki bu strüktürel düzen, kesme kuvvetlerini karşılamakta, kolon ve parapet kirişlerindeki eğilme etkisini ortadan kaldırmaktadır. Günümüzde bu yaklaşımın betonarme konstrüksiyonda uygulandığı iki yüksek bina bulunmaktadır. Bunlar New York'ta 50 katlı bir ofis binası olan 780 Third Avenue (Wang) Binası ve Chicago'da 57 katlı, karma kullanımlı Onterie Center'dır (Şekil 2.20).

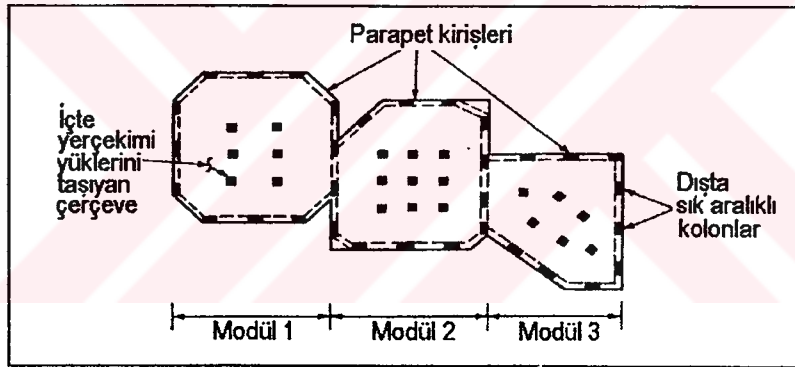
Şekil 2.20- Onterie Center, Chicago:
(a) Genel görünüm, (b) Taşıyıcı sistem planı.

58 katlı Onterie Center cephede sık aralıklı kolonlar ve yüksek parapet kirişleri ile kafesin oluşturduğu kafesli 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

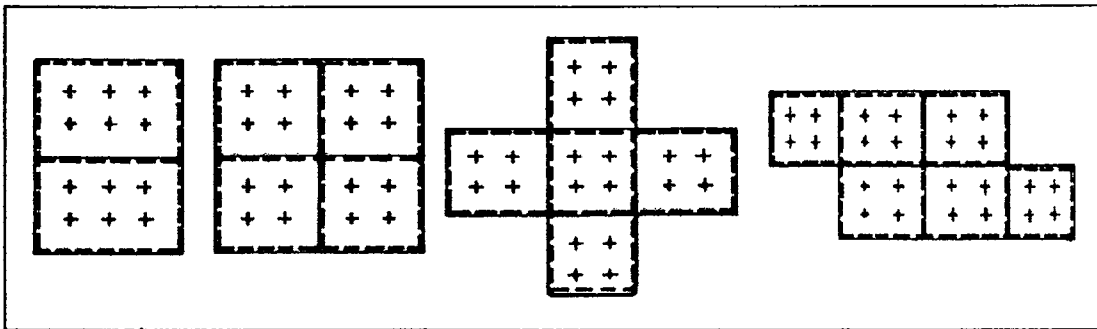
yüklere dayanım için içte perde duvarlarına gerek olmaması, planda esneklik sağlamaktadır. 171 m yüksekliğindeki binanın dış kolon aralıkları 1.68 m olup, boyutları 480mm x 510mm'dir. Betonarme döşemelerin kalınlığı konut katlarında 178 mm, diğer katlarda 216 mm'dir. Binaın narinlik oranı 7:1'dir [12].

2.4.4. Demet (Modüler) Tüp Sistemler

Betonarme demet (modüler) tüp kavramı, çelik taşıyıcı sistemler bölümünde de söz edildiği gibi, birden fazla çerçevesi tüpün, binanın yükselmesine ve yatay yüklere dayanıklılığının artırılmasına yönelik olarak bir araya getirilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Modülleri oluşturan tüplerden her biri, çerçevesi tüp veya kafesli tüp olarak tasarlanabilmekte, ve Şekil 2.21'de görüldüğü gibi farklı plan şemalarına sahip olabilmektedir. Bu sistemin sağladığı en önemli avantaj, bina kütlelerinin tasarımında serbestlik tanınmasıdır. Şekil 2.22'de çeşitli modüler tüp düzenlemeleri görülmektedir.

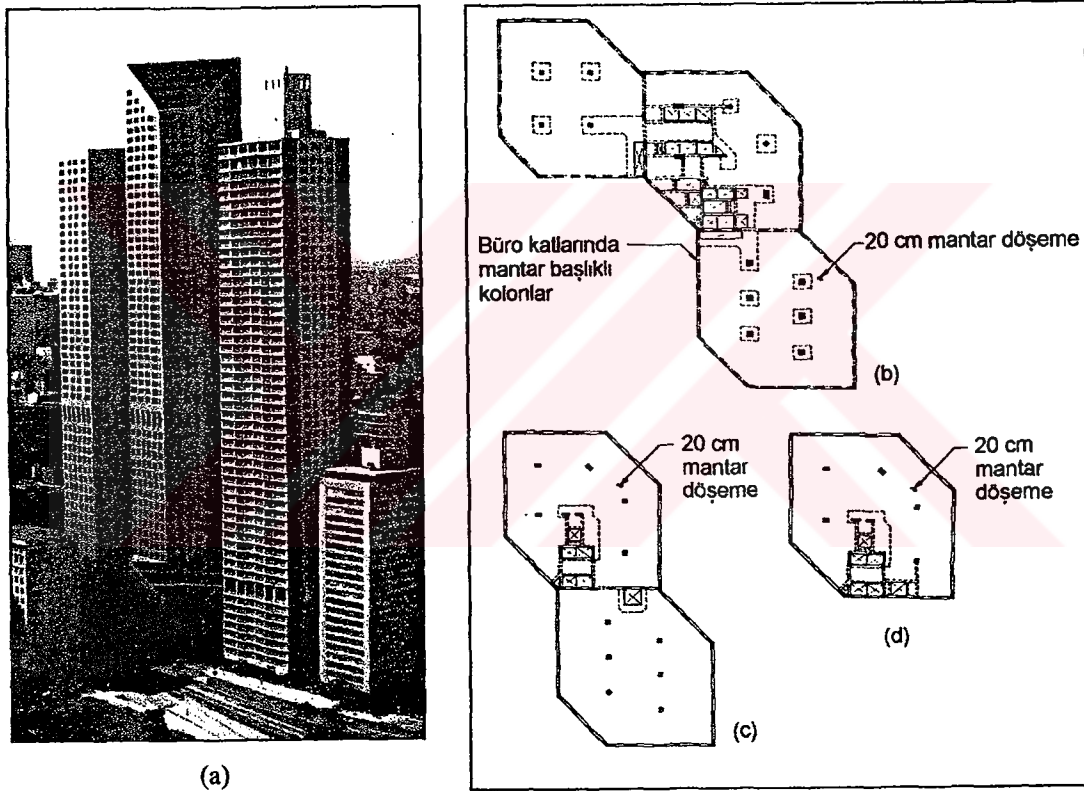


Şekil 2.21- 3 adet çerçevesi tüpün bir araya getirilmesiyle oluşturulan demet tüp.



Şekil 2.22- Çeşitli modüler tüp düzenlemeleri.

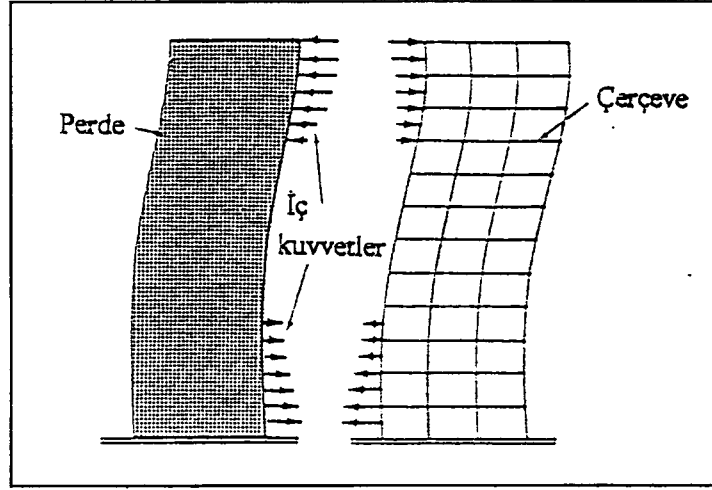
1984 yılında Chicago'da yapılmış olan One Magnificent Mile Binası betonarme modüler tüp sistemlere iyi bir örnek oluşturmaktadır (Şekil 2.23). Skidmore, Owings ve Merrill tarafından tasarlanmış olan bu karma kullanımlı bina 22, 49 ve 57 katlı üç adet tüpten oluşmaktadır. Tüplerin altıgen plan formuna 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. Bina'nın döşeme sistemi 20 cm kalınlığında betonarme mantar döşemedir. Ticaret ve büro katlarındaki kolonlar konut katlarına oranla daha fazla yük taşıdığı için başlıklı olarak düzenlenmiştir [12].



Şekil 2.23- One Magnificent Mile, Chicago: (a) Genel görünüm, (b) Zemin -22. kat planları (büro katları), (c) 23-49. kat planları (konut katları), (d) 50-57. kat planları (konut katları).

2.4.5. Tüp + Perdeli Sistemler

Çerçeve ve perdelerin birlikte kullanılması yatay yüklerin taşınması için en uygun formdur. Perde ve çerçeveli bir sistemin yatay yükler altında şekil değiştirme durumu Şekil 2.24'de gösterilmiştir.



Şekil 2.24- Yatay yükler altında perde-çerçeve sistem davranışı.

Şekilden görüldüğü gibi çerçevenin alt katlarında perdelerle desteklenmesi daha fazla enine kuvvet zorlamalarını ortaya çıkarır ki bu genellikle problem yaratmaz.

Bina cephesinde çerçevelerle teşkil edilen tüpün bina içinde düzenlenen bir çekirdek ile veya perdelerle birleştirilmesiyle elde edilen sisteme 'iç içe tüp' denir.

Çerçevelerle teşkil edilen tüp, çerçeveler veya boşluklu perdelerle birlikte teşkil edilirse, tüpün karşılıklı çerçevelerinde ilave takozlama ortaya çıkar ki bu da yatay yük taşıma kapasitesini artırır.

Hatırlanacağı üzere, çerçeve tüp sistemlerde, köşe kolonlarda yatay yükler nedeniyle normal kuvvetlerin büyümesi (düşey yüklere göre daha küçük bir etki olmasına rağmen) ve artan bina yüksekliği ile alt katlarda S çerçevesi köşe kolonlarındaki büyük eğilme nedeniyle ekonomik bir boyutlandırmayı güçleştirmekteydi. Böyle durumlarda ek rijitlik elemanlarının teşkilinin gerekli olduğu belirtilmişti. İşte, yapılan araştırmalar tüplerin ve perdelerin farklı şekil değiştirme durumları nedeniyle, birlikte kullanılmaları durumunda alt katlarda yatay yüklerin taşınmasına etkin olduğu şeklindedir. Bu durumda, S çerçevelerinin kolonlarındaki eğilme zorlamaları önemli derecede azalacak ve dolayısıyla yatay rijitlik önemli derecede artacaktır [3].

2.4.6. Diğer Betonarme Taşıyıcı Sistemler

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

2.5. Kompozit Taşıyıcı Sistemler ve Davranış Şekilleri

Yüksek binalarda kompozit konstrüksiyon, taşıyıcı elemanlarda beton ve strüktürel çeliğin birlikte kullanılmasını öngermektedir. Kompozit konstrüksiyon kavramı yeni olmayıp, beton ve çelik döşeme sistemleri ile yatay yüke dayanıklı sistemlerde uzun yıllardan beri kullanıla gelmektedir. Burada amaç, beton ve çeliğin olumlu özelliklerinin birbirini tamamlayacak şekilde bir araya getirilmesidir [13].

Kompozit konstrüksiyon;

Betonun ucuzluk, yerel üretim olanakları, vasıfsız işçilik, şekil verilebilirlik, dayanım, yangın ve korozyondan korunum, kalıpların yeniden kullanılabilirliği, alternatif yapım metodların olması ile,

Çeliğin fabrikasyon üretim ağırlığına oranla yüksek dayanım, yüksek rijitlik, küçük eleman boyutları, konstrüksiyon hızı, ucuz işçilik, değiştirme-düzeltme esnekliği gibi özelliklerini bir araya getirmektedir.

Yüksek binaların tarihsel sürecinde, betonarme ve çelik yapım sistemleri birbirinden bağımsız olarak gelişmiş, mühendisler ve mimarlar bu binaları betonarme veya çelik olarak tasarlamaya göre eğitim almışlardı. Fazlur Khan bu sınırı, 1969'da 20 katlı bir binada betonarme ve çeliği, kompozit bir sistem oluşturacak şekilde birarada kullanarak aşmıştır. Bu uygulamada dış kolonlar ve parapet kirişlerini oluşturan çelik elemanlar beton içine gömülmüştü. Sistem temelde betonarme ile stabilize edilmiş bir çelik çerçeveydi [4].

Kompozit sistem kavramı çelik ve betonun çeşitli kombinasyonlarını açıklamak için çeşitli anlamlarda kullanılmaktadır. Buradada kullanıldığı gibi bu terim çelik ve betonun her türlü kombinasyonunu ifade etmekte ve karma sistemler, hibrid sistemler ve benzerileri gibi terimlerle eşanlamda kullanılmaktadır. Terim tüm düşey ve yatay yüke dayanıklı sistemleri kapsamaktadır.

İlk kompozit sistemin sağladığı avantajlardan dolayı, strüktür tasarımcıları çelik ve betonarmenin her türlü kombinasyonunu kullanarak farklı sınıflara sahip çok sayıda eleman ve sistemler ortaya koymuştur. Bu elemanlar ve sistemler aşağıdaki gibi sıralanabilir [13]:

Kompozit Elemanlar: *Kompozit döşemeler,*

Kompozit kirişler,

Kompozit kolonlar,

Kompozit çaprazlar,

Kompozit perde duvarları.

Kompozit Sistemler: *Perde duvarlı sistemler,*

Çerçeve ve perde duvarlı sistemler,

Tüp sistemler,

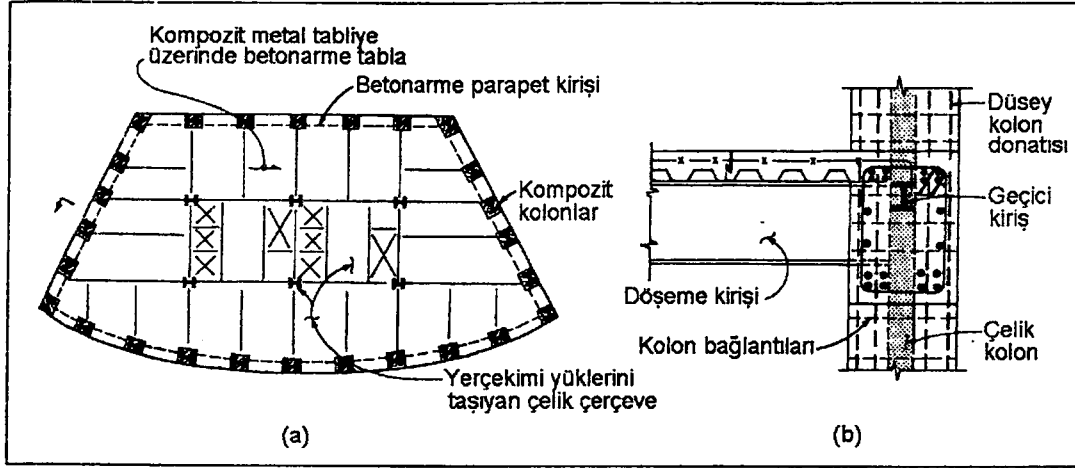
Düşey karma sistemler,

Süper kolonlu mega çerçeveler.

Bu bölümde, önceki bölümlerde olduğu gibi sadece tüp sistemler hakkında bilgi verilecektir.

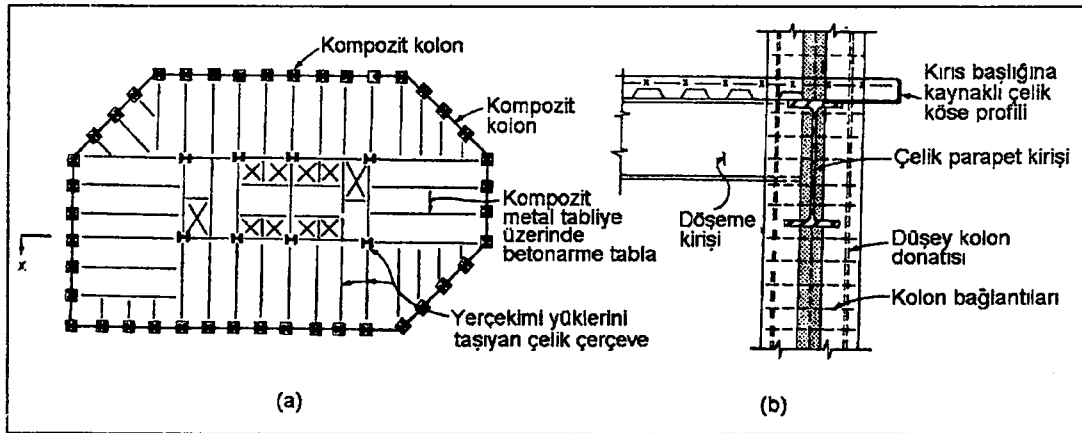
2.5.1. Kompozit Tüp Sistemler

Sık cephe kolonları ve yüksek parapet kirişlerinden oluşan betonarme veya çelik tüp sistem kavramı aynı zamanda kompozit konstrüksiyonlar için de uygulanabilmektedir. Bazı kaynaklar sistemi oluşturan elemanların kompozit tasarlanmasının yanı sıra farklı malzemelerle yapılmış taşıyıcı elemanlardan oluşan sistemleri de kompozit tüp sistemler kapsamına almaktadır. Bunlara örnek olarak binanın belli bir yüksekliğe kadar betonarme, üstünün çelik olarak yapılması veya bir önceki bölümde anlatıldığı gibi betonarme çekirdek ve çelik çerçeveli dış tüpten oluşan sistemler gösterilebilir.



Şekil 2.25- Betonarme parapet kirişli kompozit tüp sistem: (a) Taşıyıcı sistem planı, (b) Cephe kesiti.

Betonarme ve çelik tüp sistemlerde olduğu gibi, kompozit tüp sistemlerde de iki çözüm söz konusudur: Birincisi kompozit kolonlar ve betonarme parapet kirişlerinden (Şekil 2.25), ikicisi ise yine kompozit kolonlar, ancak çelik parapet kirişlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.26). Her iki çözümde de tümüyle çelik konstrüksiyon bir binaya göre yapım hızı yüksektir.



Şekil 2.26- Çelik parapet kirişli kompozit tüp sistem: (a) Taşıyıcı sistem planı, (b) Cephe kesiti.

3. BETONARME YÜKSEK YAPILARIN GELİŞİMİ

Malzeme teknolojisi, yapım teknolojisindeki gelişmeler ile paralel yönde ilerlemektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan bir çok ülke farklı betonarme yapım teknikleri kullanmaktadır. Dünya genelinde ele alındığında, betonarmenin teknolojik açıdan, çeliğe oranla daha hızlı gelişme gösterdiği söylenebilir. Bu gelişmelerin, taşıyıcı sistem malzemesi olarak betonarmenin yaygın olarak kullanıldığı ülkemiz tarafından da yakından izlenmektedir. Betonarme yüksek yapıların gelişmesine katkıda bulunan etkenler şu şekilde sıralanabilir:

- a) Yüksek dayanımlı beton ve çelik üretimi
- b) Yeni tasarım kavramlarının gelişmesi
- c) Yeni taşıyıcı sistemlerin gelişmesi
- d) Yapım teknoloji ve yöntemlerindeki ilerlemeler.

Bu bölümde yukarıda maddeler halinde verilen, betonarmenin özellikle son yıllardaki yüksek yapılarda, çeliğe göre daha fazla kullanım alanı bulmasına katkıda bulunan etkenlerden söz edilecektir [2].

3.1. Yüksek Dayanımlı Beton ve Çelik Üretimi

3.1.1. Yüksek Dayanımlı Beton

Betonarme konstrüksiyonun yüksek yapılarda kullanılmasında çeliğe göre en büyük sakıncası daha büyük kolon boyutlarına ihtiyaç göstermesi ve bunun sonucu olarak kullanılan alanın azalması idi. 60'lı yılların başında USA'da yüksek dayanımlı betonların geliştirilmesi ile bu sakınca ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Yüksek dayanımlı beton olarak silindir basınç dayanımı 420 kg/cm^2 (42 Mpa)'dan daha fazla

olan betonlar tanımlanmakta olup özellikle bu tür betonlarda 56 günlük mukavemet ölçü alınmaktadır [3].

Bundan 30 yıl önce 140 kg/cm^2 (14 Mpa) ~ 200 kg/cm^2 (20 Mpa) silindir mukavemetli beton her yerde yaygın olarak üretiliyordu. Bugün çok katlı yapıların alt kat kolon ve perdelerinde en az 350 kg/cm^2 (35 Mpa) dayanımlı beton uygulanmakla birlikte, bu dayanım zaman zaman 500 kg/cm^2 (50 Mpa)'ye ve hatta son yıllarda 1988 yılında inşa edilen Seattle Pacific First Center'la birlikte 131 Mpa ya kadar ulaşmıştır. Ülkemizde Mersin'deki 50 katlı binada 350 kg/cm^2 (35 Mpa)'lik beton kullanılmıştır [2].

Hernekadar yüksek dayanımlı beton elde edebilmek için uygun malzeme (katkı maddesi) kullanmak gerekirse de günümüzde ülkemiz dışındaki gelişmiş ülkelerde ortalama dayanım sınıfı olan 75 Mpa yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Yüksek dayanımlı beton kullanımının yanında, yapısal hafif betonun kullanımı ve gelişimiyle birlikte çok katlı yapıların bazı tasarım güçlüklerinin aşılması da sağlanmıştır. Depreme göre tasarımda ve yapı ağırlığını sınırlayan zayıf zemin koşullarında, sabit yüklerden %20 kadar tasarruf etmek kolon boyutlarının kritik olması durumunda önem kazanır. Ayrıca hafif betonların kullanılması normal betonlara göre oldukça ekonomiktir. Hafif betonun bir parça yüksek fiyatlı oluşunun karşılığı döşeme ve beton donatısından tasarruf etmek ayrıca temellerden tasarruf etmektir [2].

Araştırmalar yüksek dayanımlı betonlarla inşa edilen kolonların normal betonlarla inşa edilen kolonlara göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Ayrıca yüksek dayanımlı betonların dayanımının artış hızı nedeniyle kalıp alma süreleri kısalmaktadır. Bu da inşaat hızı yönünden çeliğe göre rekabet şansı verir.

Statik yönden gerek yüksek elastisite modülü gerekse az rötre ve sünme değerleri yüksek dayanımlı beton kullanımının avantajlarıdır. Artan bina yüksekliği ile farklı yüklenen düşey taşıyıcılar ve bunlarda oluşan sünme şekil değiştirmelerinin ortaya çıkardığı problemler yüksek dayanımlı beton ile önemli derecede azalmıştır. Betonun büyük kitle ile büyük rijitlik özelliği yüksek elastisite modülü ile daha da güçlenmiştir. Çünkü artan bina yüksekliği ile yapının yatay rijitliği mukavemete göre önem kazanmaktadır.

Ancak betonun dayanımı yükseldikçe gevrekliği de artmakta olduğundan değişen diğer özellikleri ile birlikte gözönüne alınması, hesap yöntemlerinin bunlara uygun olarak geliştirilmesi gerekmektedir [3].

Döşemelerdeki sehimler ve yatay yükler altında yanal yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması nedeniyle boyutlar çok küçülemeyeceğinden çok yüksek dayanımlı betonların alt katlardaki kolonlarda kullanılması yeterli ve uygun olmaktadır. 1998 yılında, Malezya'nın başkenti Kuala Lumpur'da betonarme olarak yapılan ve şu an için dünyanın en yüksek binası olarak tarihe geçen Petronas Kuleleri'nde de taşıyıcı sistemi oluşturan geniş açıklıklı tüp ve çekirdek duvarlarında yüksek dayanımlı beton olarak zemin katta 80 Mpa, ara katlarda 60 Mpa ve en üstte 40 Mpa kullanılmıştır.

Aero-dinamik davranışlar dolayısıyla 50 katın üzerindeki betonarme yapılarda yüksek frekanslı titreşimlerin algılanması hem beton dolayısıyla sönüm artışı, hem de kütle artışı ile önlenmiştir [2].

3.1.2. Yüksek Dayanımlı Çelik

Çeliklerdeki gelişim devam etmekle birlikte akma limitleri $4200 \sim 5200 \text{ kg/cm}^2$ ye ulaşmıştır. Bunların çok katlı yapılarda kullanımı ACI-1956 yönetmeliği ile taşıma gücüne geçilmesi ile olmuştur. Bugün ABD'de kullanılan çeliğin 2/3 si 4200 kg/cm^2 akma sınırına sahiptir. Hasır çeliğin kullanılması da hem zaman kazanılması hem işçilik bakımından döşemelerde, perde ve kabuklarda maliyetin düşürülmesine yardımcı olmuştur [2].

3.2. Yeni Tasarım Kavramlarının Gelişmesi

Yeni gelişen "taşıma gücü" ve "limit analiz" yöntemleri ile malzemeden daha iyi yararlanılması, yapıda kullanılan bu malzemelerin davranışlarının çok daha iyi bilinmesi ile olanıklı olmuştur. Bu yöntemler yapıda, emniyet gerilmeleri yöntemine göre çok daha düzgün bir güvenlik sağlarlar. Bu iki yöntem de deneysel sonuçlardan elde edilenler ile taşıma gücünden hesaplanan arasındaki farkın kapanmasına yardımcı olmuşlardır [2].

3.3. Yeni Taşıyıcı Sistemlerin Gelişmesi

Yeni taşıyıcı sistemlerin gelişimiyle birlikte çok katlı yapılar betonarme olarak inşaa edilmeye başlanmıştır. Böylece 1900'lerde sadece birkaç kat yüksekliğinde yapılabilen betonarme binalar çok gerilerde kalmıştır. Taşıyıcı sistemlerdeki bu gelişim şu şekilde özetlenebilir:

- İlk olarak kirişsiz döşemelerin gelişimi ve bunların çok katlı yapılarda kullanılması, sistemin dezavantajları bir kenara bırakılırsa, düzgün kirişsiz tavanın teknik üstünlükleri yanında kat yüksekliğini azaltarak, diğer kirişli döşeme ile karşılaştırıldığında her 10 katta, bir kat kazandırması önemlidir.
- 1940'larda apartman inşaatlarında perde kullanılmasının başlaması, bunların özellikle yatay yük taşıma kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle, betonarme yüksek yapıların gelişimine etkisi büyüktür.
- En önemli gelişim, 1960'lı yıllarla birlikte tüp sistemlerin ortaya çıkmasıdır. Bölüm 2'de çok geniş kapsamlı olarak anlatılmış olan bu sistemler, son 40 yılda bütün dünyada, betonarme yüksek yapıların inşasında artan bir kullanım alanı bulmuştur.

3.4. Yapım Teknolojisi ve Yöntemlerindeki İlerlemeler

Geliştirilmiş yapım teknolojisi ve ekipmanlar belki de betonarme yüksek yapıların gelişmesine en önemli katkıyı yapmışlardır. Gelişmiş yapım teknikleri de yapı maliyetinin düşmesinde en önemli nedendir.

1950'lerin başında prefabrikasyonun gelişmeye başlamasıyla; yerde dökülmüş döşemelerin kaldırılarak yerlerine konulması ve yalnızca kolonlarla birleşim yerlerinin özel olarak tasarlanıp yerinde dökülmesiyle, kalite kontrolü, iskele kalıp masraflarının azaltılması ve inşaat süresinin hızla kısılması sağlanabilmektedir.

Perde duvarların inşasında kayar kalıp kullanılması ile de inşaat hızı saatte 25~30 cm'ye çıkmıştır ve bu yöntem son yıllarda pek çok yüksek yapının çekirdek inşasında kullanılmış ve halen de kullanılmaktadır [2].

4. SAP2000 İLE STATİK & DİNAMİK ANALİZ

Statik ve dinamik analizler, yapının, değişik tip yüklemeler altında vereceği tepkileri tespit etmek için kullanılır. Bu bölümde, SAP2000’de bulunan çeşitli analiz şekilleri açıklanacaktır [16].

4.1. Giriş

Sap2000 programı kullanılarak birçok değişik tip analiz yaptırmak mümkündür. Bunlardan bazıları;

- Statik analiz
- Eigenvektörler ya da Ritz-vektörleri kullanarak titreşim modları için modal analiz.
- Sismik response için Response-spektrum analizi.

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

- Response-spektrum analizinin yapılabilmesi için önce modal analizin yapılmış olması gereklidir.
- Bir analiz sürecinde sadece bir modal analiz tipi uygulanabilir: eigenvektör analizi ya da Ritz-vektörü analizi [16].

4.2. Analiz Halleri

Uygulanan her ayrı analiz, **analiz hali** olarak adlandırılır. Her bir analiz hali'ne tanımla alakalı bir isim verilir. Bu isimler yardımıyla ek kombinasyonlar yaratılabilir ve çıktıların kontrolü sağlanabilir.

Temel analiz halleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- **Yük hali**, ya da kısaca **yük** - yüklemenin temel olarak uzaysal dağılımı ve buna karşılık gelen statik analiz sonucu.
- **Mod** – bir eigenvektör ya da Ritz-vektörü ve titreşim mod analizi sonucuna karşılık gelen frekans değerleri
- **Spec** – bir response spektrum analizi ana sonucu

Programın bir analiz aşamasında, değişik tipteki analiz hallerinden çeşitli sayıda tanımlanabilir.

SAP2000 grafik arabirimi kullanılarak çeşitli analiz hallerinin lineer kombinasyonları ve zarfları bulunabilir [16].

4.3. Statik Analiz

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

$$K \cdot u = r \quad (4.1)$$

Burada **K**, rijitlik matrisi, **r**, uygulanan yük vektörü ve **u** da sonuç deplasman değerleridir. (Bak; *Bathe ve Wilson, 1976*).

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 shell elemanları üzerindeki ölü yükler

- Çerçeve elemanları üzerindeki tekil ve yayılı yükler
- Shell elemanları üzerindeki üniform yükler
- Düğüm noktalarındaki kuvvet ve/veya zemin deplasman yükleri

4.4. İvmelenme Yükleri

Program, her üç global eksen yönündeki birim yanal ivmelenme için yapıya etkiyecek İvmelenme 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 ve ayrıca Ritz-vektör analizinde başlangıç yük vektörleri olarak kullanılırlar.

Bu yükler her bir düğüm noktası ve eleman için hesaplanıp tüm sistem üzerinde birleştirilirler. Düğüm noktaları için İvmelenme Yükleri, basitçe, düğüm noktası lokal ekseninde düğüm noktası yanal kütle değerinin negatifine eşittir. Bu yükler daha sonra global koordinat eksenine dönüştürülür.

Elemanlar için ise İvmelenme 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 İvmelenme Yükleri sırasıyla U_X , U_Y ve U_Z olarak adlandırılır. Response-spektrum analizi için tanımlanmış bir lokal koordinat sisteminde ise İvmelenme Yükleri, pozitif 1, 2 ve 3 eksenlerinde sırasıyla U_1 , U_2 ve U_3 olarak adlandırılır [16].

4.5. Eigenvektör Analizi

Eigenvektör 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.

Eigenvektör analizi, genelleştirilmiş bir eigendeğer probleminin çözümünü içerir;

$$[K - \Omega^2 \cdot M] \cdot \Phi = 0 \quad (4.2)$$

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

Her bir eigendeğer-eigenvektör çifti, yapının doğal Titreşim Modu olarak adlandırılır. Bu modlar programın hesaplama sırasına göre 1'den n'ye doğru adlandırılırlar.

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

$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (4.3a-b)$$

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 [16].

4.6. Modal Analiz Sonuçları

SAP2000 grafik arabiriminde Titreşim Modlarına ait çok çeşitli özellikler görüntülenebilir. Bu bilgiler, eigenvektör ya da Ritz-vektörleri kullanılması durumları için aynıdır ve şu altbaşlıklarla tanımlanabilir.

4.6.1. Periyotlar ve Frekanslar

Her bir Mod için aşağıdaki zaman-özellikleri verilir;

- Periyot, T; zaman birimindedir.
- Frekans, f; birim zamanda atılan tur sayısı; periyot T'nin tersine eşittir.
- Açısal frekans, ω , birim zamandaki radyan; $\omega=2\pi f$
- Eigendeğer, ω^2 , radyan bölü zaman kare birimindedir.

4.6.2. Katılım Faktörleri

Modal katılım faktörleri, üç İvmelenme Yükünün mod şekilleri ile skaler çarpımına eşittir. Global X, Y ve Z yönlerindeki İvmelenme Yüklerine karşılık gelen n. mod katılım faktörleri aşağıdaki şekilde gösterilebilir;

$$f_{xn} = \varphi_n^T \cdot m_x \quad (4.4)$$

$$f_{yn} = \varphi_n^T \cdot m_y \quad (4.5)$$

$$f_{zn} = \varphi_n^T \cdot m_z \quad (4.6)$$

Burada φ_n , mod şekilleri ve m_x , m_y ve m_z birim İvmelenme Yükleridir. Bu faktörler, her bir İvmelenme Yükünden dolayı o moda etkiyen genelleştirilmiş yük değerleridir. Global koordinat eksenine göre tanımlanırlar.

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

$$\varphi_n^T \cdot M \cdot \varphi_n = 1 \quad (4.7)$$

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

4.6.3. Kütle Katılım Oranları

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

Herhangi bir n. mod için, global X, Y ve Z yönlerindeki İvmelenme Yüklerine karşılık gelen kütle katılım oranları aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$p_{xn} = \frac{(f_{xn})^2}{M_x} \quad (4.8)$$

$$p_{yn} = \frac{(f_{yn})^2}{M_y} \quad (4.9)$$

$$p_{zn} = \frac{(f_{zn})^2}{M_z} \quad (4.10)$$

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 İvmelenme Yükleri için kütle katılım oranları %100 olacaktır. Fakat bu durum, bazı tip bağlanmaların bulunması durumunda simetri koşullarının, kütlenin yanal ivmelenmelerden etkilenmesini önlemesinden dolayı her zaman geçerli değildir [16].

4.6.3. Toplam Tutulmamış Kütle ve Kütlenin Konumu

Global X, Y ve Z yönünde etkiyen toplam tutulmamış kütleler, M_x , M_y ve M_z 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 İvmelenme Yüklerinden oluşacak momentler hesaplanır.

4.7. Response-Spektrum Analizi

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

$$K \cdot u(t) + C \cdot \dot{u}(t) + M \cdot \ddot{u}(t) = m_x \cdot \ddot{u}_{gx}(t) + m_y \cdot \ddot{u}_{gy}(t) + m_z \cdot \ddot{u}_{gz}(t) \quad (4.11)$$

Burada K , rijidlik matrisi; C , orantılı sönüm matrisi; 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 İvmelenme 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 çalışılır. 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 için tek ve pozitif bir sonuç bulunur. Bu tepki değerleri deplasmanlar, kuvvetler ve gerilmeler olabilir. Hesaplanmış her sonuç, tepki değerlerinin maksimuma yakın büyüklükleri için 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 diğerk tepki değerklerinin o andaki değerklerinin ne olduğunu bulmak mümkün değildir.

Response-spektrum analizi mod-süperpozisyon yöntemi kullanılarak yapılır (Wilson ve Burton,1982). Modlar, eigenvektörler 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 [16].



5. İÇ İÇE TÜP SİSTEMLİ BİR YAPININ DİNAMİK ANALİZİ

5.1. Giriş

Bu bölümde, iç içe tüp sistemli, 22 katlı yüksek bir betonarme ofis binası,

- 1- alt katlarda yüksek dayanımlı bir beton kullanılarak
- 2- tüp sistemin parapet ve diyagonal kirişlerinin boyutları değiştirilerek

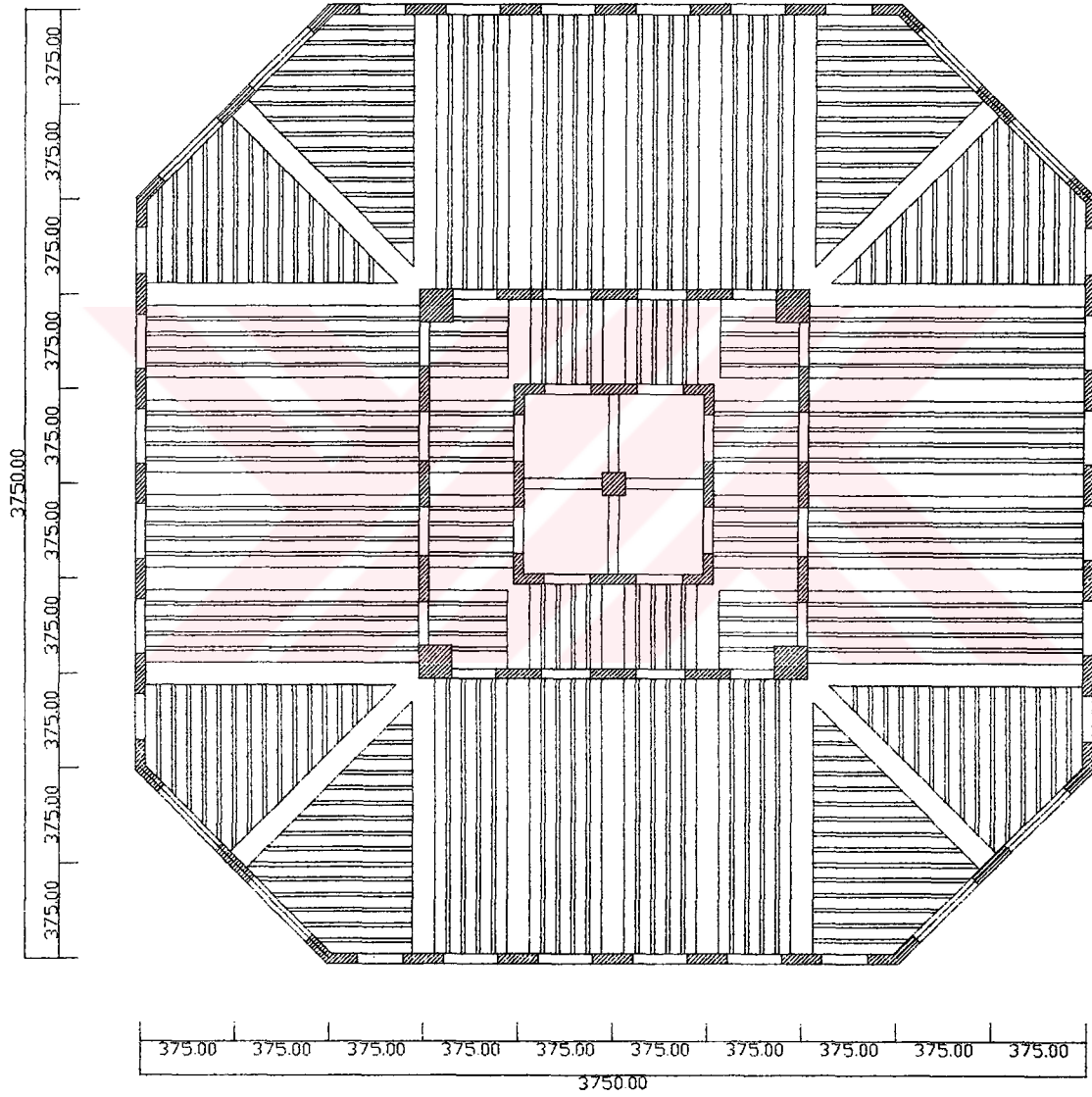
SAP2000 Yapı Analizi Programı ile bir çok kere Modal Analize tabi tutulacak ve bu iki durumda sırasıyla,

- 1- yüksek binaların düşey ve yatay yükler altında en fazla zorlanan, kritik perde yüksekliği olarak tanımlanan [15] ($H_w/6$ m yüksekliğine kadar olan alt katlarda), üst katlara göre dayanımı daha fazla olan bir beton kullanılarak ne gibi faydalar sağlanabileceği,
- 2- tüp sistemi meydana getiren çerçeve kirişlerin ve içerdeki iç çerçeve ile dış çerçeveyi birbirine bağlayan diyagonal kirişlerin, tüp sistemin yatay rijitliğine ne ölçüde katkılarının bulunduğu araştırılacaktır.

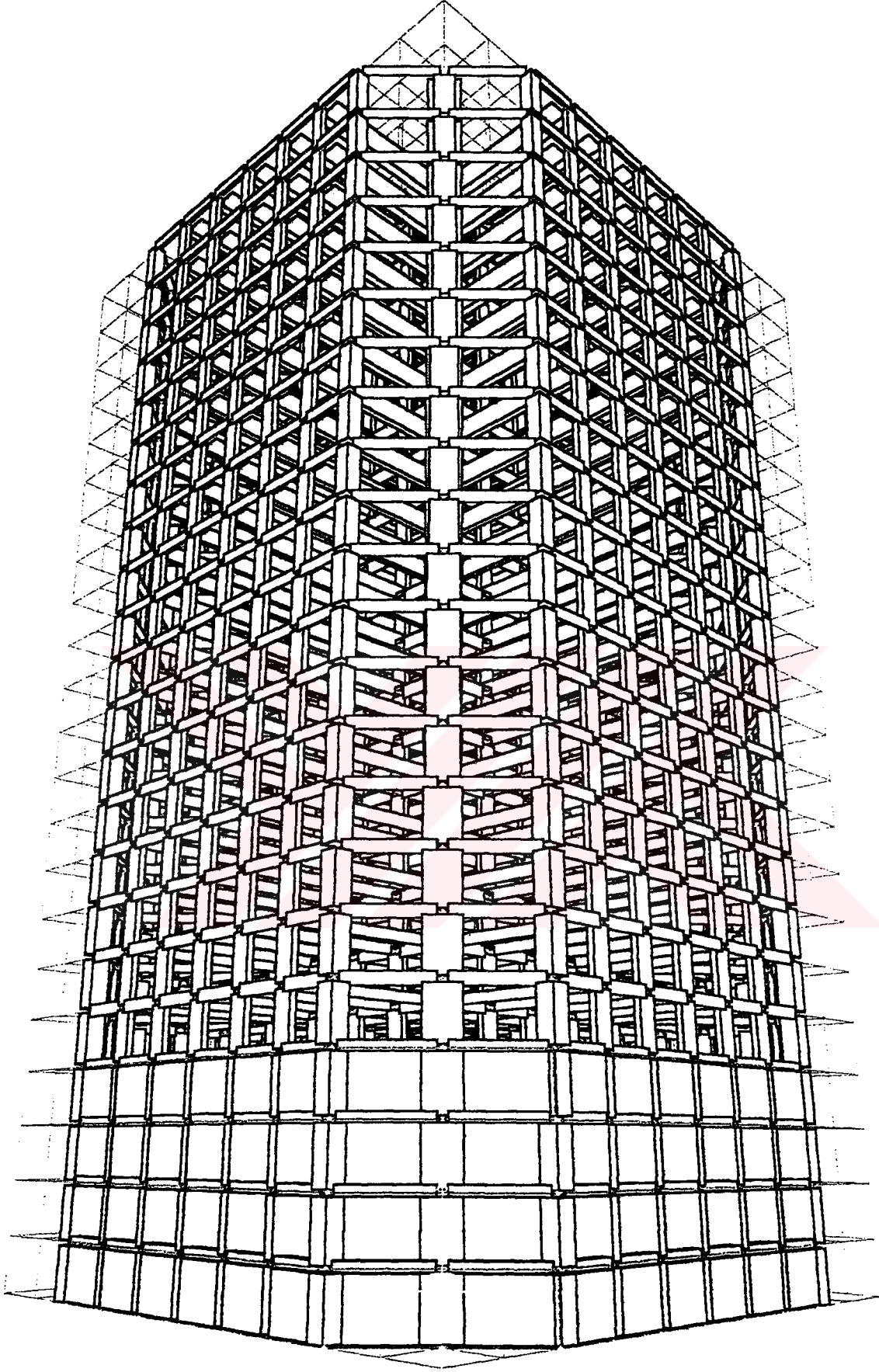
5.2. Binanın Özellikleri

Söz konusu bina, boyutları 37.5 m x 37.5 m olan sekizgen şeklinde, 1. Deprem bölgesinde olup depo olarak kullanılacak dört bodrum katından, ticari amaçlı kullanılacak bir zemin katından ve büro olarak kullanılacak 17 normal kattan oluşmaktadır (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).

Yapıda malzeme olarak; BS25 ve BS35 beton, duruma göre bazen birlikte bazen de ayrı olarak kullanılacaktır.



Şekil 5.1- 22 katlı tüp sistemli binanın taşıyıcı sistem planı.



Şekil 5.2- 22 katlı t p sistemli binanın üç boyutlu görüntüsü.

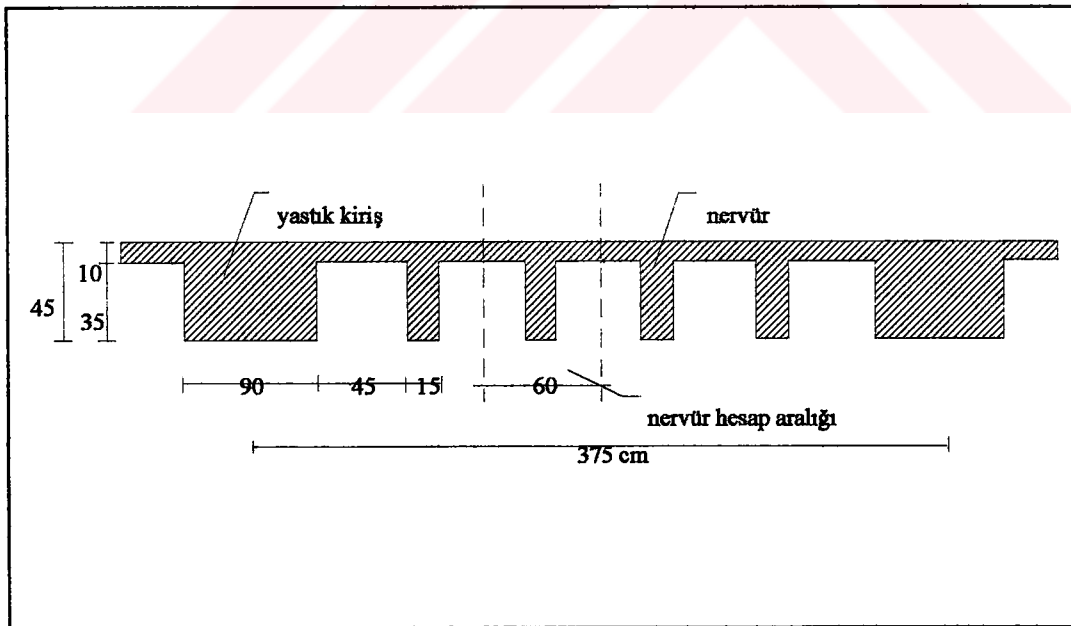
Yapının taşıyıcı sistemi lineer elastik malzemeden yapıldığı varsayılan iç içe tüp taşıyıcı sistemdir. Kat yükseklikleri bodrum katlar dahil her katta 3.20 m şeklinde belirlenmiştir. Kat döşemeleri, her yerde tek doğrultuda çalışan dişli döşemelerden oluşmaktadır.

Yapının yatay yükler altında hesabı (deprem hesabı), SAP2000 yapı analizi programı ile Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik doğrultusunda , üç boyutlu analiz kullanılarak yapılacaktır. Bu çalışmada, sistemin yatay ötelenme değerlerine göre bir karşılaştırma yapılacağından, modal analiz sadece yapının bodrumsuz kısmına uygulanacak, bodrumda ise ABYYHY’de belirtilen yöntemle göre ayrıca bir hesap yapılmayacaktır.

5.3. Taşıyıcı Sistem Boyutlarının Tayini

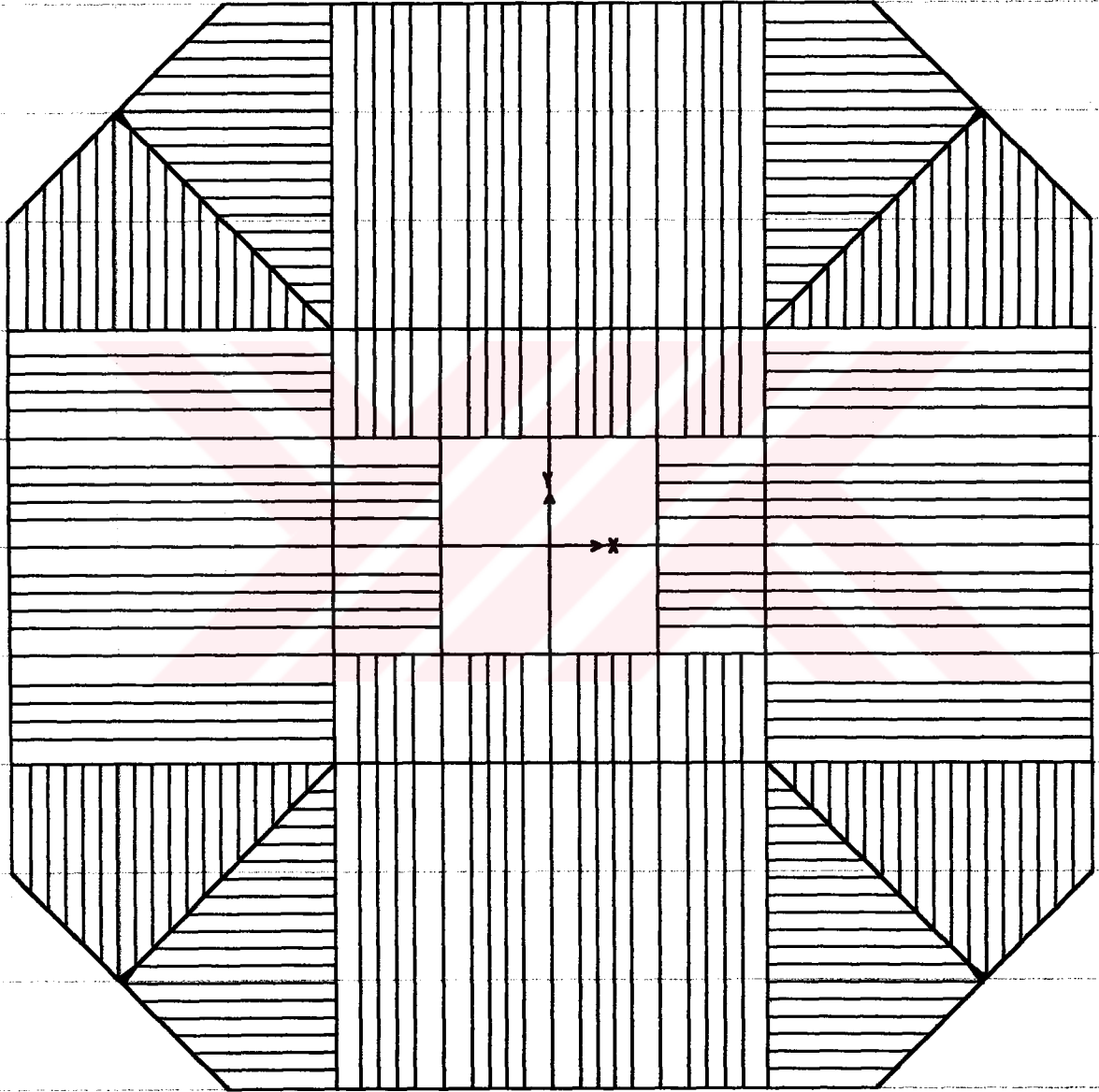
5.3.1. Dişli Döşeme Boyutlarının Seçimi

Bu sistemde, nervürler 15 cm genişliğinde ve 45 cm yüksekliğinde seçilmiştir. (Şekil 5.3).



Şekil 5.3- Dişli Döşeme Enkesiti

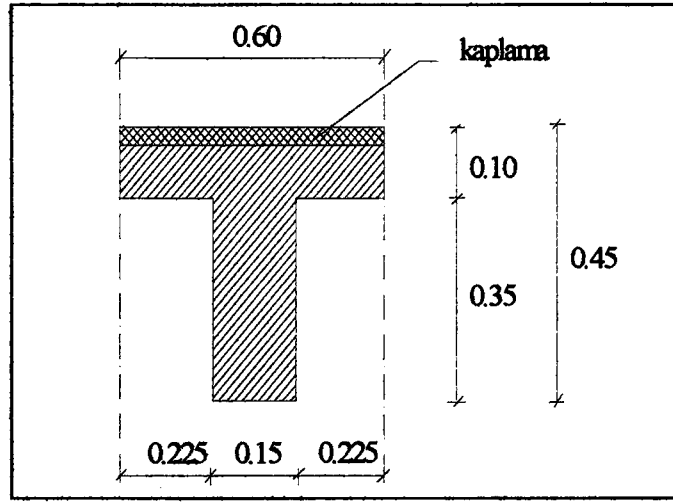
Dengeleme yapılarak yukarıdaki boyutlar seçilmiştir. Tabla kalınlığı ise 10 cm alınmıştır. Dişler arasında dolgu mevcut değildir.



Şekil 5.4- Nervür Dağılımı

Yapıda nervür dağılımı Şekil 5.4'te görülmektedir [18].

5.3.1.1. Dişli Döşeme Yük Analizi



Şekil 5.5- Dişli döşeme yük analizi

Plak kendi ağırlığı.....	$0.60 \cdot 0.10 \cdot 25 = 1.50 \text{ kN/m}$
Bir dişin ağırlığı.....	$0.15 \cdot 0.35 \cdot 25 = 1.32 \text{ kN/m}$
Sıva + kaplama ağırlığı.....	$0.60 \cdot 0.90 = 0.54 \text{ kN/m}$
Toplam sabit yük.....	$g = 3.36 \text{ kN/m}$
Hareketli yük.....	$3.5 \cdot 0.60 \Rightarrow q = 2.10 \text{ kN/m}$

Dişli döşeme yük analizi için tipik bir diş en kesiti Şekil 5.5'de görülmektedir.

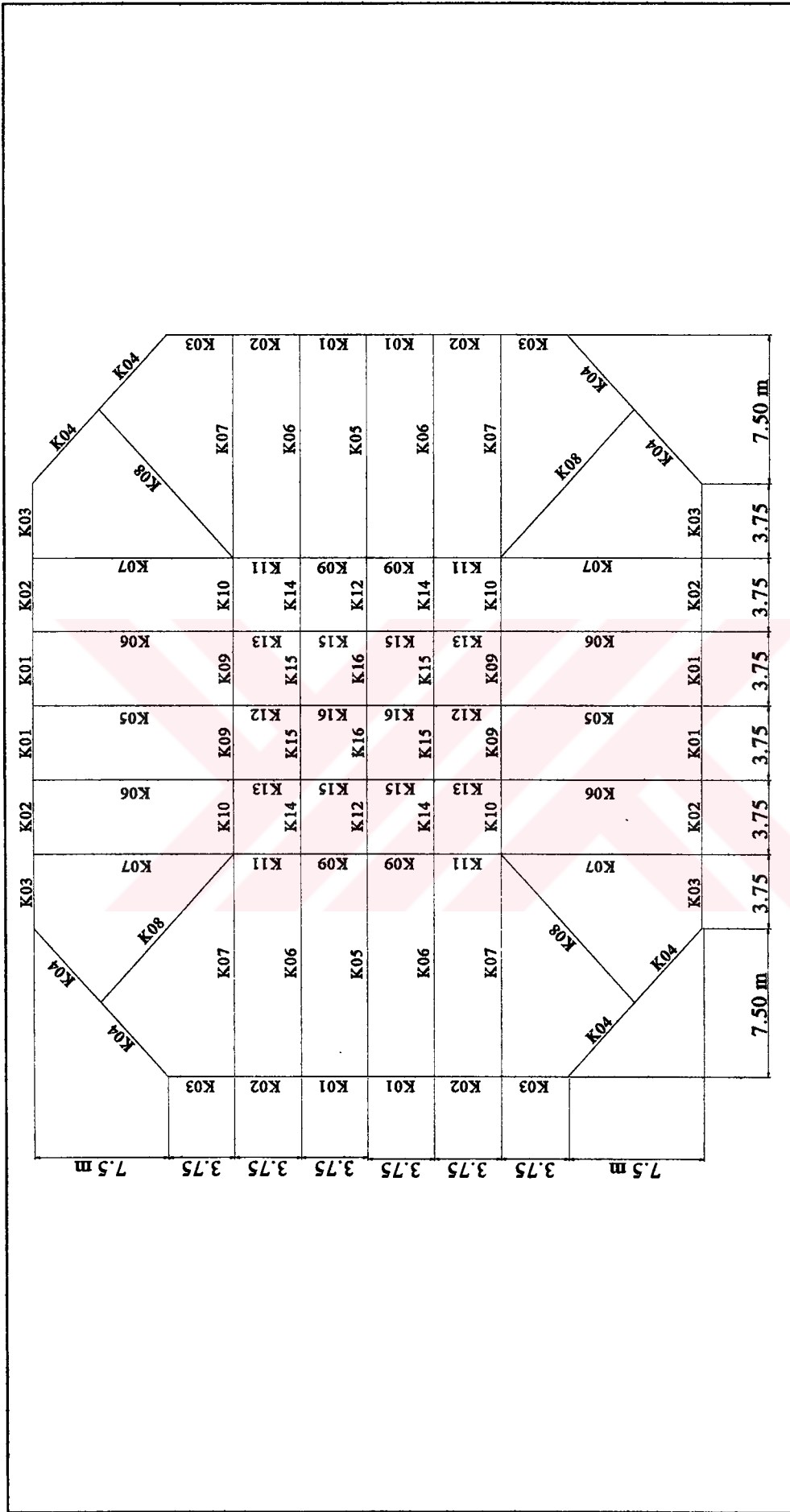
5.3.2. Kiriş Boyutlarının Seçimi

Sistem, bir çok farklı kiriş boyutlarına göre, bir çok defa analiz edilecektir ve bu analizlerde sırasıyla şu boyutlar kullanılacaktır:

Dış ve iç tüplerde: 40/70, 40/80, 40/90, 40/100, 40/120, 50/120, 40/150 cm/cm

Tüpleri arası diyagonallerde: 90/45, 90/60, 90/70 cm/cm

Kirişlerin ön boyutlandırılması sırasında boyutlandırmaya esas olan standartlar, yani TS500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-

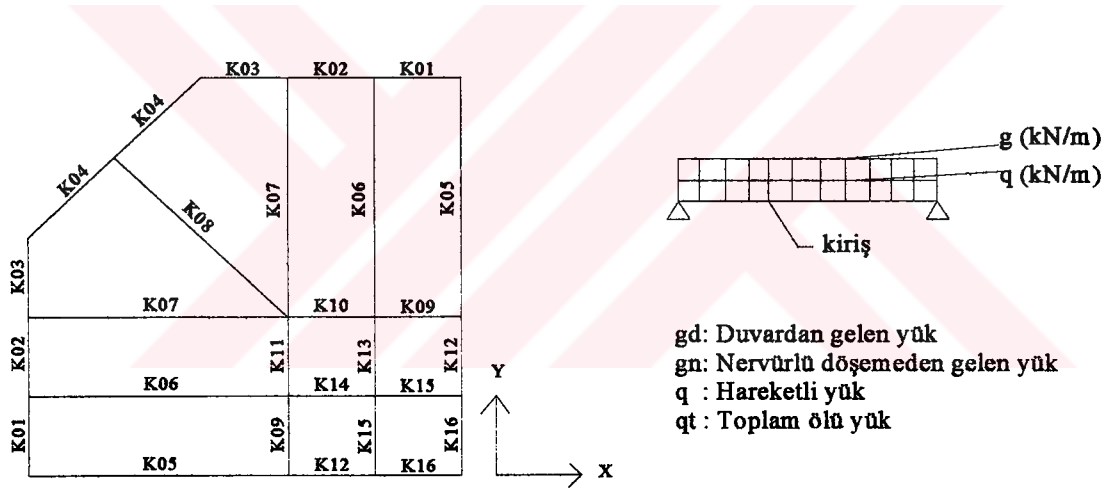


Şekil 5.6a- Kat kiriş noları

1998) kullanılmıştır. ABYYHY'e göre kiriş gövde genişliği en az 25 cm olmalıdır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmemelidir. Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az olmamalıdır. Kiriş yüksekliği serbest açıklığın 1/4'ünden ve kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmamalıdır. Kiriş genişliği ve yüksekliği ile ilgili olarak yukarıda belirtilen sınırlamalar, kolonlara mafsallı olarak bağlanan betonarme ya da öngermeli prefabrike kirişler, bağ kirişli (boşluklu) perdelerin bağ kirişleri ve çerçeve kirişlerine kolon-kiriş düğüm noktaları dışında saplanan ikincil kirişler için geçerli değildir. Deprem bölgelerindeki yapılarda kirişlerin 25*30 cm kesitinden daha küçük olmasına izin verilmez [15].

Kat kiriş noları Şekil 5.6 (a) ve Şekil 5.6 (b)'de gösterilmektedir.

5.3.3. Kirişlere Döşeme ve Duvarlardan Gelen Yükler



Şekil 5.6b- Kat kiriş noları

Tablo 5.1- Kirişlere Döşeme ve Duvarlardan Gelen Yükler

KİRİŞ NO	g_d (kN/m)	g_n (kN/m)	q_t (kN/m)	q (kN/m)
K01	10.5	22.14	32.64	13.13
K02	10.5	22.14	32.64	13.13
K03	10.5	0.256	10.756	0.15

K04	10.5	10.22	20.72	6.06
K05-K06	6.88	0.52	7.4	0.31
K07	6.88	11.07	17.95	6.57
K08	6.88	14.05	20.93	8.33
K09-K10	6.25	44.70	50.95	26.51
K11	6.25	22.14	28.39	13.13
K12-K13	6.88	0.52	7.40	0.31
K14	6.88	5.11	11.99	3.03
K15	10.5	3.75	14.25	2.22
K16	10.5	3.41	13.91	2.02

5.3.4. Kolonların Önboyutlandırılması

Kolonların ön boyutlandırılması sırasında boyutlandırmaya esas olan standartlar, yani TS500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998) kullanılmıştır.

TS500'e göre kolonların en küçük en kesit boyutları 25 cm olmalıdır. Ancak I, T, veya L kesitli kolonlarda en küçük kalınlık 20 cm olabilir. Kutu kesitli kolonlarda en küçük beton kalınlığı 12 cm'den az olmamalıdır. Beton örtü kalınlığı ise içteki elemanlarda 2.0, dıştakilerde ise 2.5 cm'den az olmamalıdır [17].

ABYYHY-1998'e göre dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve enkesit alanı 75000mm²'den daha az olamaz [15].

Kolonun brüt en kesit alanı,

$$A_c \geq N_{dmax} / (0.50f_{ck}) \quad (5.1)$$

şartını sağlamalıdır.

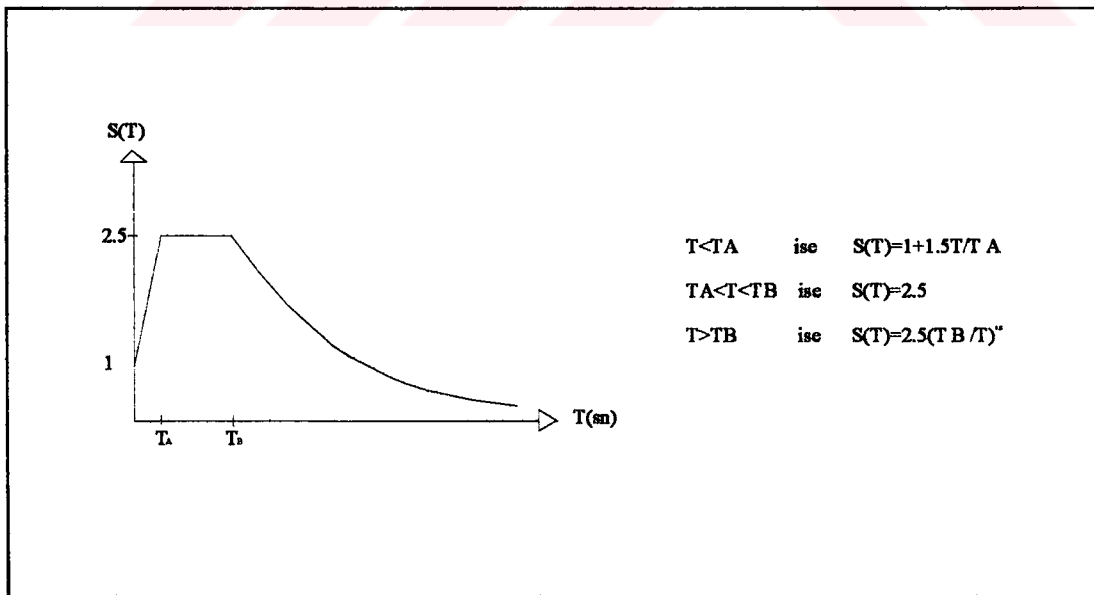
Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemler hiperstatiktir. Bu da elemanlarda bir ön boyutlandırmayı zorunlu kılar. Bunun için kirişlerin basit mesnet kabulü ile mesnet tepkileri bulunur. Bulunan mesnet tepkileri kendisiyle ilgili kolon veya perdeye etkililerek her kattaki kolonlara gelen yükler hesap edilir. Bu bütün katlar boyunca yapılarak sonunda kolonlara gelen toplam yükler bulunur. Bundan sonra formül 5.1'den yararlanarak kolonlar yaklaşık olarak boyutlandırılır ve bulunan boyutlar kolonların eğilme etkileri ile de zorlanacağı göz önüne alınarak daha büyük seçilir [15].

Kat kolon noları Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

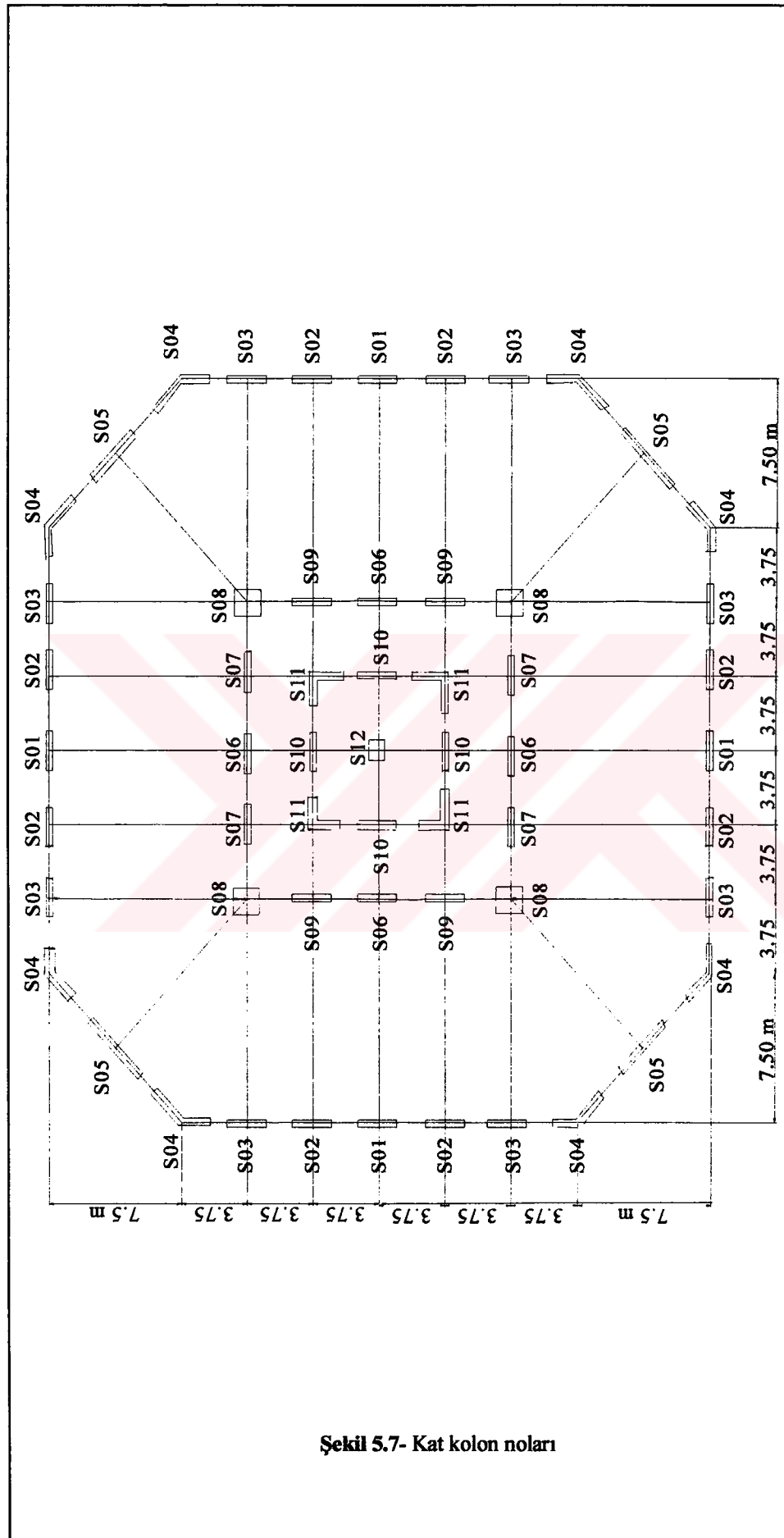
Bu çalışmada iki farklı sistem için iki ayrı kolon ön boyutlandırması yapılmıştır. Her biri için sonuçlar tek bir tabloda toplanmıştır (Tablo 5.2 ve Tablo 5.3).

5.4. Deprem Hesabı İçin Modal Analiz Data Dosyası

Sap2000 Yapı Analiz Programı'na modal analiz için girilen input dataları aşağıda özetlenmiştir. Şekil 5.8'de programa girilen tasarım ivme spektrumu görülmektedir.



Şekil 5.8- Tasarım İvme Spektrumu



Şekil 5.7- Kat kolon noları

Tablo 5.2- Tüm katlarda BS25 kullanılması durumunda kolon önboyutları

KOLON BOYUTLARI											
	17	16	15	14	13	12	11	10			
S1	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			
S2	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			
S3	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			
S4	L 80x40	L 80x40	L 80x40	L 90x40	L 90x40	L 90x40	L 100x40	L 100x40			
S5	120x40	120x40	120x40	140x40	140x40	140x40	160x40	160x40			
S6	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			
S7	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			
S8	70x70	70x70	70x70	90x40	90x40	90x40	100x100	100x100			
S9	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			
S10	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			
S11	L 70x40	L 70x40	L 70x40	L 80x40	L 80x40	L 80x40	L 100x40	L 100x40			
S12	60x60	50x50	60x60	60x60	60x60	60x60	70x70	70x70			
	9	8	7	6	6	4	3	2			
S1	130x40	130x40	140x40	140x40	160x40	160x40	160x40	160x40			
S2	130x40	130x40	140x40	140x40	160x40	160x40	160x40	160x40			
S3	130x40	130x40	140x40	140x40	160x40	160x40	160x40	160x40			
S4	L 100x40	L 100x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40			
S5	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40			
S6	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40			
S7	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40			
S8	110x110	110x110	120x120	120x120	130x130	130x130	130x130	130x130			
S9	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40			
S10	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40			
S11	L 100x40	L 100x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40			
S12	70x70	70x70	80x80	80x80	90x90	90x90	90x90	90x90			
	1	Z	B1	B2	B3	B4					
S1	180x40	180x40	180x40	180x40	200x40	200x40	200x40	200x40			
S2	180x40	180x40	180x40	180x40	200x40	200x40	200x40	200x40			
S3	180x40	180x40	180x40	180x40	200x40	200x40	200x40	200x40			
S4	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 130x40	L 130x40	L 130x40	L 130x40			
S5	220x40	220x40	240x40	240x40	260x40	260x40	260x40	260x40			
S6	220x40	220x40	240x40	240x40	260x40	260x40	260x40	260x40			
S7	220x40	220x40	240x40	240x40	260x40	260x40	260x40	260x40			
S8	130x130	140x140	140x140	140x140	150x150	150x150	150x150	150x150			
S9	220x40	220x40	240x40	240x40	260x40	260x40	260x40	260x40			
S10	220x40	220x40	240x40	240x40	260x40	260x40	260x40	260x40			
S11	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 130x40	L 130x40	L 130x40	L 130x40			
S12	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90			

Tablo 5.3- 3-B4 katları arasında BS35, 4-17 katları arasında BS25 kullanılması durumunda kolon önboyutları

KOLON BOYUTLARI											
	17	16	15	14	13	12	11	10			
S1	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			110x40
S2	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			110x40
S3	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			110x40
S4	L 80x40	L 80x40	L 80x40	L 90x40	L 90x40	L 90x40	L 100x40	L 100x40			L 100x40
S5	120x40	120x40	120x40	140x40	140x40	140x40	160x40	160x40			160x40
S6	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			110x40
S7	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			110x40
S8	70x70	70x70	70x70	80x80	80x80	80x80	100x100	100x100			100x100
S9	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			110x40
S10	80x40	80x40	80x40	90x40	90x40	90x40	110x40	110x40			110x40
S11	L 70x40	L 70x40	L 70x40	L 80x40	L 80x40	L 80x40	L 100x40	L 100x40			L 100x40
S12	60x60	60x60	60x60	60x60	60x60	60x60	70x70	70x70			70x70
	9	8	7	6	5	4	3	2			
S1	130x40	130x40	140x40	140x40	160x40	160x40	180x40	180x40			180x40
S2	130x40	130x40	140x40	140x40	160x40	160x40	180x40	180x40			180x40
S3	130x40	130x40	140x40	140x40	160x40	160x40	180x40	180x40			180x40
S4	L 100x40	L 100x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40			L 120x40
S5	160x40	160x40	160x40	160x40	180x40	180x40	180x40	180x40			180x40
S6	130x40	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	180x40	180x40			180x40
S7	130x40	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	180x40	180x40			180x40
S8	110x110	110x110	120x120	120x120	130x130	130x130	130x130	130x130			130x130
S9	130x40	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	180x40	180x40			180x40
S10	130x40	130x40	130x40	160x40	160x40	160x40	180x40	180x40			180x40
S11	L 100x40	L 100x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40			L 120x40
S12	70x70	70x70	80x80	80x80	90x90	90x90	90x90	90x90			90x90
	1	Z	B1	B2	B3	B4					
S1	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40			160x40
S2	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40			160x40
S3	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40	160x40			160x40
S4	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40			L 120x40
S5	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40	200x40	200x40			200x40
S6	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40	200x40	200x40			200x40
S7	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40	200x40	200x40			200x40
S8	130x130	130x130	130x130	130x130	130x130	130x130	130x130	130x130			130x130
S9	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40	200x40	200x40			200x40
S10	160x40	160x40	160x40	160x40	200x40	200x40	200x40	200x40			200x40
S11	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40	L 120x40			L 120x40
S12	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90	90x90			90x90

$A_0=0.40$ (1.Derece Deprem Bölgesi)

$I=1.0$ (Ofis Binası)

$R_a=R=8$ (Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı, süneklilik düzeyi yüksek sistem)

Zemin Sınıfı: Z2 ($T_A=0.15$ s, $T_B=0.40$ s)

Tablo 5.4- ABYYHY'e Göre Spektrum Fonksiyonu:

T(s)	S(T)	T(s)	S(T)
0	1	1.00	1.20
0.15	2.5	1.10	1.11
0.20	2.5	1.20	1.04
0.30	2.5	1.50	0.87
0.40	2.5	1.75	0.77
0.50	2.09	2.00	0.69
0.60	1.81	2.50	0.58
0.70	1.60	3	0.50
0.80	1.44	10	0.19
0.90	1.31		

$$A(T)=A_0.I.S(T)$$

$$S_{pa}(T)=A(T).g/R_a(T)=A_0.I.g.S(T)/R_a(T)$$

Burada, $A_0.I.g/R_a$ (Karşılık Spektrumu Büyültme Faktörü) = $0.4*1.0*9.81/8 = 0.4905$

Sönüm(damping)=%5

5.4.1. Kat Döşemesi Ağırlıklarının Hesabı

Sap2000 programı modal analiz yaparken, tanımlanmış tüm kolon ve kirişlerin zati ağırlıklarını kendiliğinden hesaba kattığı için burada sadece döşemelerin ağırlıklarını bulmamız yeterli olacaktır.

Çatı katı dahil olmak üzere tüm kat döşemelerine gelen yükler yaklaşık olarak aynı olduğu için burada sadece normal kat döşemesinin ağırlıkları hesaplanmıştır.

N01-N02-N05-N06-Döşemelerinin Herbirinden Gelen Yük:

$$g=4*(3.36)*11.25=159.3 \text{ kN}$$

$$q=4*(2.10)*11.25=94.5 \text{ kN}$$

N03-N04 Döşemelerinin Herbirinden Gelen Yük:

$$g=17*(3.36)*4.37=263.0 \text{ kN}$$

$$q=17*(2.10)*4.37=156.0 \text{ kN}$$

N07-N08-N09 Döşemelerinin Herbirinden Gelen Yük:

$$g=4*(3.36)*3.75=53.1 \text{ kN}$$

$$q=4*(2.10)*3.75=31.5 \text{ kN}$$

D10 (h=15) Döşemelerinin Herbirinden Gelen Yük:

$$g=3.75*3.75*0.15*25=52.7 \text{ kN}$$

$$q=3.75*3.75*3.5= 49.2 \text{ kN}$$

Toplam Ölü Yük:

$$g_{\text{toplaml}}=4*[2*159.3+2*159.3+2*263.0+3*53.1+52.7]$$

$$=5500.8 \text{ kN}$$

Toplam Hareketli Yük:

$$q_{\text{toplaml}}=4*[2*94.5+2*94.5+2*156.0+3*31.5+49.2] = 3334.8 \text{ kN}$$

$$W_i=g+n.q \text{ (n=0.30)}$$

$$W_i=5500.8+0.30*3334.8=6501.2 \text{ kN}$$

$$m_i= W_i /g=6501.2/9.81=662.7 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

5.4.2. Döşeme Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Herhangi bir i'inci katın döşeme kütle eylemsizlik momenti, $m_{\theta i}$, kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında hesaplanmıştır.

Buna göre yaklaşık olarak yapılan hesap sonucunda şu değer bulunmuştur:

$$m_{\theta i} = M.(b^2+d^2)/12$$

$$M=37.5*37.5*0.20*25/9.81=662.7 \text{ kNs}^2\text{m (yaklaşık)}$$

$$m_{\theta i} =662.7*(37.5^2+37.5^2)/12=155320 \text{ kNs}^2\text{m}$$

5.4.3. Gözönüne Alınan Dinamik Serbestlik Dereceleri

Binamızda döşemeler yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı için, her bir katta aşağıda tanımlanan kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınmıştır. Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanmıştır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve - %5'i kadar kaydırılması ile belirlenmiştir [15].

Binamızda alınan dış merkezlikler(ağırlık merkezinden):

$$e_x=0.05*37.5=1.875 \text{ m}$$

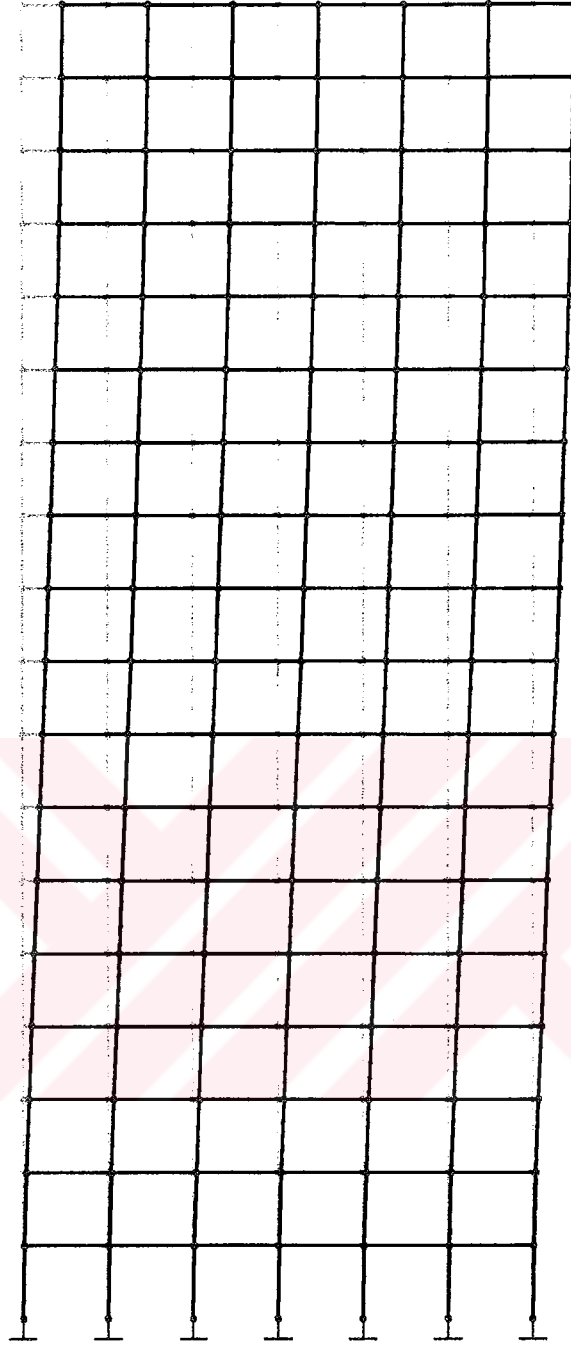
$$e_y=0.05*37.5=1.875 \text{ m}$$

5.5. SAP2000 İle Elde Edilen Yatay Ötelenmeler

Her bir çözüme ait yatay ötelenme değerleri ile görelî kat ötelenmeleri tablolar halinde EkA'da verilmiştir. EkA'nın son tablosunda ise bu çözümlere ait 1. doğal titreşim periyot değerleri gösterilmiştir.

Şekil 5.9'da bir çözüme ait, x-yönünde deprem kuvvetlerinin etkimesi halinde dış çerçevenin deforme olmuş şekli görülmektedir.





Şekil 5.9- Dış çerçevenin Spec-x etkisi altında deforme olmuş hali.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Alt Katlarda Yüksek Dayanımlı Beton Kullanımının Değerlendirilmesi:

Döşemelerdeki sehimler ve yatay yükler altında yanal yer değiştirmelerin sınırlandırılması nedeniyle, kolon boyutları çok küçültülememiş, bundan dolayı, yüksek dayanımlı bir betonun özellikle zemin seviyesinden $H/6$ (H: bina yüksekliği) yüksekliğine tekabül eden kata kadar olan kısmında kullanılmasının yeterli ve uygun olacağı görülmüştür.

Her ne kadar alt katlarda daha iyi beton kullanılsa dahi, buradaki kolon boyutlarının küçülmesi nedeniyle yatay ötelenmelerde küçülme olmamıştır.

Bu çalışmada kullanılan BS25, BS35 kalitesinde betonların birim m^3 fiyatları göz önüne alındığında, sistemi iki farklı beton kalitesi kullanarak (alt katlarda BS35, üst katlarda BS25) boyutlandırmanın, sistemi tümüyle BS25 kullanarak boyutlandırmaya oranla daha ekonomik olacağı görülmüştür.

Yapımında kullanılacak beton hacmi ve dolayısıyla bina toplam ağırlığı büyük ölçüde azalmıştır. Bu ise binaya etkiyecek olan deprem kuvvetlerinin belli bir oranda küçülmesi demektir. Ayrıca temele aktarılacak yüklerin daha az olması temel inşaat masraflarını düşürecektir.

Mimari açıdan iç bölmelerde kullanım alanları genişlemiştir.

İlk dokuz katın (bodrum dahil) kolon kesit alanlarının değişmeden temele kadar süreklilik göstermesi, kalıp maliyeti ile birlikte işçiliği de bir miktar azaltmıştır ve dolayısıyla inşaat yapım süresi düşmüştür.

Yüksek dayanımlı betonun dayanımının artış hızı nedeniyle kalıp alma süreleri kısalmaktadır. Bu da inşaat hızı yönünden çeliğe göre rekabet şansı vermektedir.

Statik yönden gerek yüksek elastisite modülü, gerekse az snme ve rötre değerleri yüksek dayanımlı beton kullanımının avantajı olarak bir kez daha karşımıza çıkmıştır.

6.2. Tp Kiriş Boyutlarının Yapı Davranışına Etkisi:

Yapılan analizler sonucunda görülmüştür ki, tp çerçeveyi meydana getiren parapet kirişlerinin yüksekliklerinde yapılacak bir değişim sistemin yatay rijitliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu kirişlerin yükseklikleri arttıķa sistemin çok daha fazla yatay rijitlik kazandığı görülmüştür. Bunun aksine, içteki tüp ile dıştaki tüpü bağlayan diyagonal kirişlerin boyutlarında yapılan değişikliklerin deplasmanlar üzerinde etkin olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla bu diyagonallerin sistem yatay ötelenme rijitliğine katkısı yoktur.

Yukarı katlara çıkıldıkķa parapet kirişlerin boyutunun düşürülerek, sistemin nasıl bir davranış göstereceği üzerine yapılan diğer bir araştırmada ise görülmüştür ki; bu kirişlerin boyutunu değiştirmek sistemin yatay ötelenmesini azaltmamış, aksine daha da arttırmıştır. Bu ise istenmeyen bir durumdur.

6.3. Sonuçların Grafiklerle Gösterimi

Bu son bölümde, EkA'da yer alan yatay ötelenme tablolarına göre, sonuçlara görsel boyut kazandırmak ve daha iyi bir karşılaştırma olanağı sağlayabilmek amacıyla beş ayrı grafik çizilmiştir. Bu grafikler EkB kısmında gösterilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Özşen, G. E. ve Yamantürk, E. F.**, 1989. Yüksek Yapıda Yatay Elemanların Düzenlenmesi, *Yüksek Binalar 1. Ulusal Sempozyumu*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1-3 Kasım, s. 259-267.
- [2] **Hasgür, Z. ve Gündüz, A. N.**, 1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- [3] **Aka, İ. ve Altan, M.**, 1992. Betonarme Taşıyıcı Sistemler, *III. Betonarme Yapılar Semineri*, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [4] **Taranath, B. S.**, 1997. Steel, Concrete and Composite Design of Tall Buildings, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [5] **Özgen, A.**, 1989a. Çok Katlı Yapıların Tarihsel Gelişimi ve Son Aşama: Tübüler Sistemler, *Yapı*, Sayı 89, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, s. 47-53.
- [6] **Kumbasar, N.**, 1989. Tüp Sistemlerin Davranışı, *VI. Ulusal Mekanik Kongresi*, Bildiriler Cilt II., Sayfa 501-507, Bursa.
- [7] **Iyengar, H.**, 1984. Steel Systems for High-Rise Buildings, *International Conference on Steel Structures*, Singapore, March 7-19.
- [8] **Kılıç, H. B.**, 1998. Tüp İçinde Tüp Sistemli Bir Yapının Yatay Yükler Altındaki Davranışının Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **Smith, B. S. and Coull, A.**, 1991. Tall Building Structures: Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- [10] **Beeedle, L. S. and Rice, D. B.**, (Ed.), 1995. Structural Systems for Tall Buildings, Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee 3, McGraw-Hill Inc., New York.

- [11] **Khan, F. R.**, 1967. Current Trends in Concrete High-Rise Buildings, *Proceedings of Symposium on Tall Buildings*, University of Southampton, England, page: 571-590.
- [12] **Özgen, A. ve Sev, A.**, 2000. Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [13] **Nutt, J. G.**, 1988. The Composite High-Rise Buildings, *Proceedings of the Third International Conference in Chicago*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, New York, page: 339-351.
- [14] **Sears Tower**, 2000.http://www.greatbuildings.com/buildings/Sears_Tower.html
- [15] **ABYYHY**, 1988. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi No:25*, İzmir.
- [16] **SAP2000**, 1997. Basic Analysis Reference, Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, USA.
- [17] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [18] **TS-498**, 1987. Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

-EK A-

**TAŞIYICI SİSTEMİ TÜP OLAN 22 KATLI
BETONARME BİR BİNADA, ÇERÇEVE
KİRİŞLERİNİN BOYUTUNUN VE BETON
KALİTESİNİN DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK
ELDE EDİLMİŞ YATAY ÖTELENME
TABLOLARI.**

Tablo A.1.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/70(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,26115	0,00511	3,2	1,60E-03
16	0,25604	0,00774	3,2	2,42E-03
15	0,24830	0,01037	3,2	3,24E-03
14	0,23793	0,01151	3,2	3,60E-03
13	0,22642	0,01322	3,2	4,13E-03
12	0,21320	0,01483	3,2	4,63E-03
11	0,19837	0,01516	3,2	4,74E-03
10	0,18321	0,01631	3,2	5,10E-03
9	0,16690	0,01685	3,2	5,27E-03
8	0,15005	0,01789	3,2	5,59E-03
7	0,13216	0,01814	3,2	5,67E-03
6	0,11402	0,01882	3,2	5,88E-03
5	0,09520	0,01896	3,2	5,93E-03
4	0,07624	0,01898	3,2	5,93E-03
3	0,05726	0,01849	3,2	5,78E-03
2	0,03877	0,01736	3,2	5,43E-03
1	0,02141	0,01437	3,2	4,49E-03
Z	0,00704	0,00704	3,2	2,20E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.2.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/80(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (mm)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (mm)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,23630	0,00478	3,2	1,49E-03
16	0,23152	0,00724	3,2	2,26E-03
15	0,22428	0,00962	3,2	3,01E-03
14	0,21466	0,01039	3,2	3,25E-03
13	0,20427	0,01193	3,2	3,73E-03
12	0,19234	0,01334	3,2	4,17E-03
11	0,17900	0,01330	3,2	4,16E-03
10	0,16570	0,01426	3,2	4,46E-03
9	0,15144	0,01455	3,2	4,55E-03
8	0,13689	0,01544	3,2	4,83E-03
7	0,12145	0,01551	3,2	4,85E-03
6	0,10594	0,01619	3,2	5,06E-03
5	0,08975	0,01651	3,2	5,16E-03
4	0,07324	0,01720	3,2	5,38E-03
3	0,05604	0,01754	3,2	5,48E-03
2	0,03850	0,01689	3,2	5,28E-03
1	0,02161	0,01434	3,2	4,48E-03
Z	0,00727	0,00727	3,2	2,27E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.3.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/90(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,21854	0,00501	3,2	1,57E-03
16	0,21353	0,00738	3,2	2,31E-03
15	0,20615	0,00961	3,2	3,00E-03
14	0,19654	0,01013	3,2	3,17E-03
13	0,18641	0,01153	3,2	3,60E-03
12	0,17488	0,01276	3,2	3,99E-03
11	0,16212	0,01250	3,2	3,91E-03
10	0,14962	0,01329	3,2	4,15E-03
9	0,13633	0,01339	3,2	4,18E-03
8	0,12294	0,01411	3,2	4,41E-03
7	0,10883	0,01401	3,2	4,38E-03
6	0,09482	0,01456	3,2	4,55E-03
5	0,08026	0,01471	3,2	4,60E-03
4	0,06555	0,01527	3,2	4,77E-03
3	0,05028	0,01552	3,2	4,85E-03
2	0,03476	0,01504	3,2	4,70E-03
1	0,01972	0,01295	3,2	4,05E-03
Z	0,00677	0,00677	3,2	2,12E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.4.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/100(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,20196	0,00507	3,2	1,58E-03
16	0,19689	0,00739	3,2	2,31E-03
15	0,18950	0,00951	3,2	2,97E-03
14	0,17999	0,00977	3,2	3,05E-03
13	0,17022	0,01108	3,2	3,46E-03
12	0,15914	0,01219	3,2	3,81E-03
11	0,14695	0,01171	3,2	3,66E-03
10	0,13524	0,01239	3,2	3,87E-03
9	0,12285	0,01231	3,2	3,85E-03
8	0,11054	0,01291	3,2	4,03E-03
7	0,09763	0,01266	3,2	3,96E-03
6	0,08497	0,01310	3,2	4,09E-03
5	0,07187	0,01310	3,2	4,09E-03
4	0,05877	0,01352	3,2	4,23E-03
3	0,04525	0,01372	3,2	4,29E-03
2	0,03153	0,01338	3,2	4,18E-03
1	0,01815	0,01175	3,2	3,67E-03
Z	0,00640	0,00640	3,2	2,00E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.5.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,18105	0,00525	3,2	1,64E-03
16	0,17580	0,00749	3,2	2,34E-03
15	0,16831	0,00950	3,2	2,97E-03
14	0,15881	0,00939	3,2	2,93E-03
13	0,14942	0,01061	3,2	3,32E-03
12	0,13881	0,01155	3,2	3,61E-03
11	0,12726	0,01080	3,2	3,38E-03
10	0,11646	0,01132	3,2	3,54E-03
9	0,10514	0,01102	3,2	3,44E-03
8	0,09412	0,01146	3,2	3,58E-03
7	0,08266	0,01095	3,2	3,42E-03
6	0,07171	0,01124	3,2	3,51E-03
5	0,06047	0,01102	3,2	3,44E-03
4	0,04945	0,01124	3,2	3,51E-03
3	0,03821	0,01129	3,2	3,53E-03
2	0,02692	0,01106	3,2	3,46E-03
1	0,01586	0,01000	3,2	3,13E-03
Z	0,00586	0,00586	3,2	1,83E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.6.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/60(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (mm)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,18089	0,00507	3,2	1,58E-03
16	0,17582	0,00737	3,2	2,30E-03
15	0,16845	0,00942	3,2	2,94E-03
14	0,15903	0,00930	3,2	2,91E-03
13	0,14973	0,01054	3,2	3,29E-03
12	0,13919	0,01153	3,2	3,60E-03
11	0,12766	0,01074	3,2	3,36E-03
10	0,11692	0,01129	3,2	3,53E-03
9	0,10563	0,01099	3,2	3,43E-03
8	0,09464	0,01145	3,2	3,58E-03
7	0,08319	0,01092	3,2	3,41E-03
6	0,07227	0,01124	3,2	3,51E-03
5	0,06103	0,01103	3,2	3,45E-03
4	0,05000	0,01127	3,2	3,52E-03
3	0,03873	0,01135	3,2	3,55E-03
2	0,02738	0,01116	3,2	3,49E-03
1	0,01622	0,01017	3,2	3,18E-03
Z	0,00605	0,00605	3,2	1,89E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.7.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/70(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,18102	0,00501	3,2	1,57E-03
16	0,17601	0,00735	3,2	2,30E-03
15	0,16866	0,00943	3,2	2,95E-03
14	0,15923	0,00928	3,2	2,90E-03
13	0,14995	0,01054	3,2	3,29E-03
12	0,13941	0,01154	3,2	3,61E-03
11	0,12787	0,01072	3,2	3,35E-03
10	0,11715	0,01130	3,2	3,53E-03
9	0,10585	0,01098	3,2	3,43E-03
8	0,09487	0,01146	3,2	3,58E-03
7	0,08341	0,01091	3,2	3,41E-03
6	0,07250	0,01124	3,2	3,51E-03
5	0,06126	0,01103	3,2	3,45E-03
4	0,05023	0,01128	3,2	3,53E-03
3	0,03895	0,01135	3,2	3,55E-03
2	0,02760	0,01120	3,2	3,50E-03
1	0,01640	0,01024	3,2	3,20E-03
Z	0,00616	0,00616	3,2	1,93E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.8.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 50/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,17804	0,00542	3,2	1,69E-03
16	0,17262	0,00770	3,2	2,41E-03
15	0,16492	0,00970	3,2	3,03E-03
14	0,15522	0,00946	3,2	2,96E-03
13	0,14576	0,01065	3,2	3,33E-03
12	0,13511	0,01158	3,2	3,62E-03
11	0,12353	0,01071	3,2	3,35E-03
10	0,11282	0,01120	3,2	3,50E-03
9	0,10162	0,01082	3,2	3,38E-03
8	0,09080	0,01121	3,2	3,50E-03
7	0,07959	0,01061	3,2	3,32E-03
6	0,06898	0,01087	3,2	3,40E-03
5	0,05811	0,01057	3,2	3,30E-03
4	0,04754	0,01075	3,2	3,36E-03
3	0,03679	0,01079	3,2	3,37E-03
2	0,02600	0,01057	3,2	3,30E-03
1	0,01543	0,00963	3,2	3,01E-03
Z	0,00580	0,00580	3,2	1,81E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.9.- Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/70(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,26004	0,00512	3,2	1,60E-03
16	0,25492	0,00774	3,2	2,42E-03
15	0,24718	0,01037	3,2	3,24E-03
14	0,23681	0,01153	3,2	3,60E-03
13	0,22528	0,01325	3,2	4,14E-03
12	0,21203	0,01484	3,2	4,64E-03
11	0,19719	0,01517	3,2	4,74E-03
10	0,18202	0,01634	3,2	5,11E-03
9	0,16568	0,01689	3,2	5,28E-03
8	0,14879	0,01795	3,2	5,61E-03
7	0,13084	0,01823	3,2	5,70E-03
6	0,11261	0,01893	3,2	5,92E-03
5	0,09368	0,01913	3,2	5,98E-03
4	0,07455	0,01929	3,2	6,03E-03
3	0,05526	0,01873	3,2	5,85E-03
2	0,03653	0,01708	3,2	5,34E-03
1	0,01945	0,01327	3,2	4,15E-03
Z	0,00618	0,00618	3,2	1,93E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.10.- Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/80(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,23193	0,00492	3,2	1,54E-03
16	0,22701	0,00744	3,2	2,33E-03
15	0,21957	0,00987	3,2	3,08E-03
14	0,20970	0,01063	3,2	3,32E-03
13	0,19907	0,01217	3,2	3,80E-03
12	0,18690	0,01357	3,2	4,24E-03
11	0,17333	0,01352	3,2	4,23E-03
10	0,15981	0,01447	3,2	4,52E-03
9	0,14534	0,01475	3,2	4,61E-03
8	0,13059	0,01560	3,2	4,88E-03
7	0,11499	0,01565	3,2	4,89E-03
6	0,09934	0,01627	3,2	5,08E-03
5	0,08307	0,01642	3,2	5,13E-03
4	0,06665	0,01670	3,2	5,22E-03
3	0,04995	0,01639	3,2	5,12E-03
2	0,03356	0,01529	3,2	4,78E-03
1	0,01827	0,01226	3,2	3,83E-03
Z	0,00601		3,2	
B1	0,00000	0,00601	3,2	1,88E-03

Tablo A.11.- Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (mm)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,17961	0,00532	3,2	1,66E-03
16	0,17429	0,00760	3,2	2,38E-03
15	0,16669	0,00961	3,2	3,00E-03
14	0,15708	0,00950	3,2	2,97E-03
13	0,14758	0,01071	3,2	3,35E-03
12	0,13687	0,01166	3,2	3,64E-03
11	0,12521	0,01089	3,2	3,40E-03
10	0,11432	0,01142	3,2	3,57E-03
9	0,10290	0,01111	3,2	3,47E-03
8	0,09179	0,01154	3,2	3,61E-03
7	0,08025	0,01103	3,2	3,45E-03
6	0,06922	0,01132	3,2	3,54E-03
5	0,05790	0,01108	3,2	3,46E-03
4	0,04682	0,01122	3,2	3,51E-03
3	0,03560	0,01102	3,2	3,44E-03
2	0,02458	0,01060	3,2	3,31E-03
1	0,01398	0,00896	3,2	2,80E-03
Z	0,00502	0,00502	3,2	1,57E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.12.- Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.

Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 50/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,17663	0,00549	3,2	1,72E-03
16	0,17114	0,00780	3,2	2,44E-03
15	0,16334	0,00982	3,2	3,07E-03
14	0,15352	0,00955	3,2	2,98E-03
13	0,14397	0,01075	3,2	3,36E-03
12	0,13322	0,01168	3,2	3,65E-03
11	0,12154	0,01080	3,2	3,38E-03
10	0,11074	0,01129	3,2	3,53E-03
9	0,09945	0,01090	3,2	3,41E-03
8	0,08855	0,01129	3,2	3,53E-03
7	0,07726	0,01069	3,2	3,34E-03
6	0,06657	0,01094	3,2	3,42E-03
5	0,05563	0,01063	3,2	3,32E-03
4	0,04500	0,01074	3,2	3,36E-03
3	0,03426	0,01053	3,2	3,29E-03
2	0,02373	0,01015	3,2	3,17E-03
1	0,01358	0,00863	3,2	2,70E-03
Z	0,00495	0,00495	3,2	1,55E-03
B1	0,00000	0,00495	3,2	1,55E-03

Tablo A.13.- Bütün katlarda BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/150(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,16429	0,00576	3,2	1,80E-03
16	0,15853	0,00806	3,2	2,52E-03
15	0,15047	0,01001	3,2	3,13E-03
14	0,14046	0,00935	3,2	2,92E-03
13	0,13111	0,01047	3,2	3,27E-03
12	0,12064	0,01132	3,2	3,54E-03
11	0,10932	0,01020	3,2	3,19E-03
10	0,09912	0,01060	3,2	3,31E-03
9	0,08852	0,01003	3,2	3,13E-03
8	0,07849	0,01029	3,2	3,22E-03
7	0,06820	0,00948	3,2	2,96E-03
6	0,05872	0,00962	3,2	3,01E-03
5	0,04910	0,00919	3,2	2,87E-03
4	0,03991	0,00938	3,2	2,93E-03
3	0,03053	0,00924	3,2	2,89E-03
2	0,02129	0,00893	3,2	2,79E-03
1	0,01236	0,00766	3,2	2,39E-03
Z	0,00470		3,2	
B1	0,00000	0,00470	3,2	1,47E-03

Tablo A.14.- 5-B4 katları arasında BS35, 17-6 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/70(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,26951	0,00489	3,2	1,53E-03
16	0,26462	0,00742	3,2	2,32E-03
15	0,25720	0,01000	3,2	3,12E-03
14	0,24720	0,01117	3,2	3,49E-03
13	0,23603	0,01286	3,2	4,02E-03
12	0,22317	0,01450	3,2	4,53E-03
11	0,20867	0,01488	3,2	4,65E-03
10	0,19379	0,01606	3,2	5,02E-03
9	0,17773	0,01670	3,2	5,22E-03
8	0,16103	0,01789	3,2	5,59E-03
7	0,14314	0,01842	3,2	5,76E-03
6	0,12472	0,01963	3,2	6,13E-03
5	0,10509	0,02040	3,2	6,38E-03
4	0,08469	0,02093	3,2	6,54E-03
3	0,06376	0,02080	3,2	6,50E-03
2	0,04296	0,01949	3,2	6,09E-03
1	0,02347	0,01590	3,2	4,97E-03
Z	0,00757	0,00757	3,2	2,37E-03
B1	0,00000			

Tablo A.15.- 5-B4 katları arasında BS35, 17-6 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: Tüm katlarda: 40/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,18069	0,00521	3,2	1,63E-03
16	0,17548	0,00746	3,2	2,33E-03
15	0,16802	0,00946	3,2	2,96E-03
14	0,15856	0,00935	3,2	2,92E-03
13	0,14921	0,01056	3,2	3,30E-03
12	0,13865	0,01152	3,2	3,60E-03
11	0,12713	0,01077	3,2	3,37E-03
10	0,11636	0,01130	3,2	3,53E-03
9	0,10506	0,01099	3,2	3,43E-03
8	0,09407	0,01144	3,2	3,58E-03
7	0,08263	0,01094	3,2	3,42E-03
6	0,07169	0,01127	3,2	3,52E-03
5	0,06042	0,01106	3,2	3,46E-03
4	0,04936	0,01124	3,2	3,51E-03
3	0,03812	0,01128	3,2	3,53E-03
2	0,02684	0,01104	3,2	3,45E-03
1	0,01580	0,00996	3,2	3,11E-03
Z	0,00584	0,00584	3,2	1,83E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.16.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: 3-B4 Katları Arasında 40/90(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)
17-4 Katları Arasında 40/70(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖRKAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,23019	0,00544	3,2	1,70E-03
16	0,22475	0,00806	3,2	2,52E-03
15	0,21669	0,01058	3,2	3,31E-03
14	0,20611	0,01148	3,2	3,59E-03
13	0,19463	0,01303	3,2	4,07E-03
12	0,18160	0,01442	3,2	4,51E-03
11	0,16718	0,01447	3,2	4,52E-03
10	0,15271	0,01540	3,2	4,81E-03
9	0,13731	0,01567	3,2	4,90E-03
8	0,12164	0,01644	3,2	5,14E-03
7	0,10520	0,01637	3,2	5,12E-03
6	0,08883	0,01665	3,2	5,20E-03
5	0,07218	0,01610	3,2	5,03E-03
4	0,05608	0,01474	3,2	4,61E-03
3	0,04134	0,01311	3,2	4,10E-03
2	0,02823	0,01217	3,2	3,80E-03
1	0,01606	0,01047	3,2	3,27E-03
Z	0,00559	0,00559	3,2	1,75E-03
B1	0,00000	0,00559	3,2	1,75E-03

Tablo A.17.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: 3-B4 Katları Arasında 40/100(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)
17-4 Katları Arasında 40/70(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,21849	0,00557	3,2	1,74E-03
16	0,21292	0,00819	3,2	2,56E-03
15	0,20473	0,01063	3,2	3,32E-03
14	0,19410	0,01145	3,2	3,58E-03
13	0,18265	0,01291	3,2	4,03E-03
12	0,16974	0,01421	3,2	4,44E-03
11	0,15553	0,01414	3,2	4,42E-03
10	0,14139	0,01498	3,2	4,68E-03
9	0,12641	0,01512	3,2	4,73E-03
8	0,11129	0,01579	3,2	4,93E-03
7	0,09550	0,01559	3,2	4,87E-03
6	0,07991	0,01576	3,2	4,93E-03
5	0,06415	0,01500	3,2	4,69E-03
4	0,04915	0,01324	3,2	4,14E-03
3	0,03591	0,01128	3,2	3,53E-03
2	0,02463	0,01044	3,2	3,26E-03
1	0,01419	0,00913	3,2	2,85E-03
Z	0,00506	0,00506	3,2	1,58E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.18.- 3-B4 katları arasında BS35, 17-4 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.
Kiriş Boyutları: 3-B4 Katları Arasında 40/120(çerçeve-tiıp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)
17-4 Katları Arasında 40/70(çerçeve-tiıp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,20026	0,00575	3,2	1,80E-03
16	0,19451	0,00834	3,2	2,61E-03
15	0,18617	0,01068	3,2	3,34E-03
14	0,17549	0,01131	3,2	3,53E-03
13	0,16418	0,01264	3,2	3,95E-03
12	0,15154	0,01379	3,2	4,31E-03
11	0,13775	0,01353	3,2	4,23E-03
10	0,12422	0,01419	3,2	4,43E-03
9	0,11003	0,01416	3,2	4,43E-03
8	0,09587	0,01463	3,2	4,57E-03
7	0,08124	0,01424	3,2	4,45E-03
6	0,06700	0,01425	3,2	4,45E-03
5	0,05275	0,01328	3,2	4,15E-03
4	0,03947	0,01105	3,2	3,45E-03
3	0,02842	0,00879	3,2	2,75E-03
2	0,01963	0,00809	3,2	2,53E-03
1	0,01154	0,00723	3,2	2,26E-03
Z	0,00431	0,00431	3,2	1,35E-03
B1	0,00000		3,2	

Tablo A.19.- 5-B4 katları arasında BS35, 17-6 katları arasında BS25 kullanılması durumunda yatay ötelenmeler.

Kiriş Boyutları: 5-B4 Katları Arasında 40/120(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

17-4 Katları Arasında 40/70(çerçeve-tüp kirişler) ve 90/45(diagonal kirişler)

KAT NO	YATAY ÖTELENME- d_i (m)	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ (d_i-d_{i-1})	KAT YÜKSEKLİĞİ- h_i (m)	GÖR.KAT ÖTE./KAT YÜK.- (d_i-d_{i-1}) / h_i
17	0,22538	0,00649	3,2	2,03E-03
16	0,21889		3,2	
15	0,20916	0,00973	3,2	3,04E-03
14	0,19642	0,01274	3,2	3,98E-03
13	0,18271	0,01371	3,2	4,28E-03
12	0,16731	0,01540	3,2	4,81E-03
11	0,15039	0,01692	3,2	5,29E-03
10	0,13352	0,01687	3,2	5,27E-03
9	0,11572	0,01780	3,2	5,56E-03
8	0,09789	0,01783	3,2	5,57E-03
7	0,07993	0,01796	3,2	5,61E-03
6	0,06360	0,01633	3,2	5,10E-03
5	0,05048	0,01312	3,2	4,10E-03
4	0,04082	0,00966	3,2	3,02E-03
3	0,03158	0,00924	3,2	2,89E-03
2	0,02235	0,00923	3,2	2,88E-03
1	0,01328	0,00907	3,2	2,83E-03
Z	0,00499	0,00829	3,2	2,59E-03
B1	0,00000	0,00499	3,2	1,56E-03

Tablo A.20.- Her bir çözüme ait 1. doğal titreşim periyot değerleri

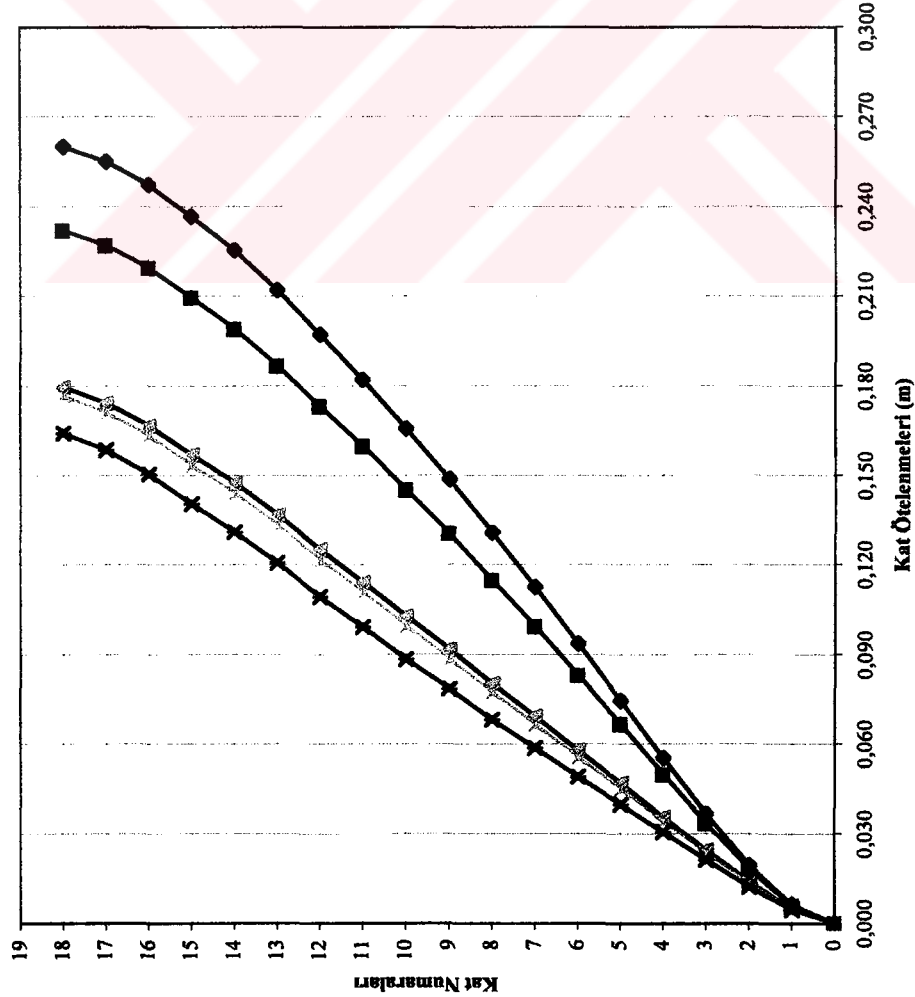
TABLO NO	1. DOĞAL TİTREŞİM PERİYODU (T_1) s
A.1	1,442
A.2	1,354
A.3	1,265
A.4	1,174
A.5	1,058
A.6	1,060
A.7	1,060
A.8	1,039
A.9	1,450
A.10	1,390
A.11	1,048
A.12	1,029
A.13	0,957
A.14	1,528
A.15	1,058
A.16	1,388
A.17	1,359
A.18	1,320
A.19	1,233

-EK B-

**EK A'DA VERİLMİŞ OLAN YATAY ÖTELENME
TABLOLARININ GRAFİKLERLE GÖSTERİMİ**

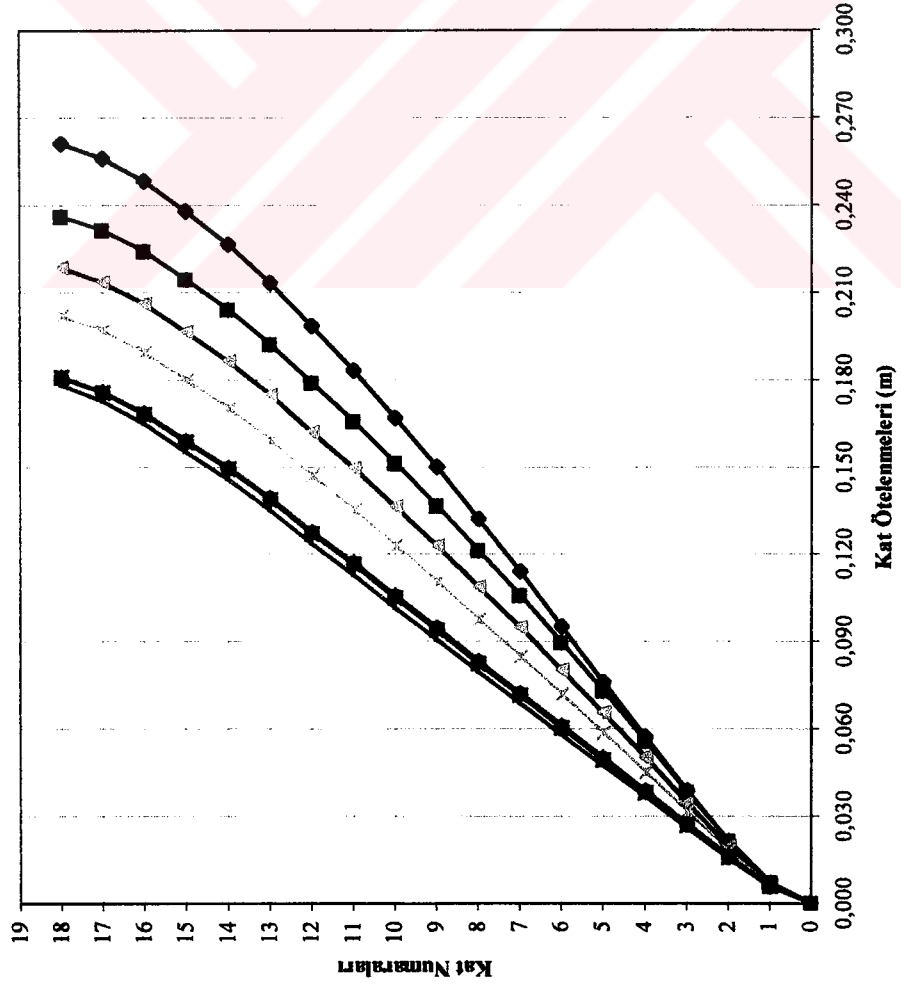


Beton Sınıfı BS25 (1.Kat...18.Kat) İçin Kat Ötelenmeleri

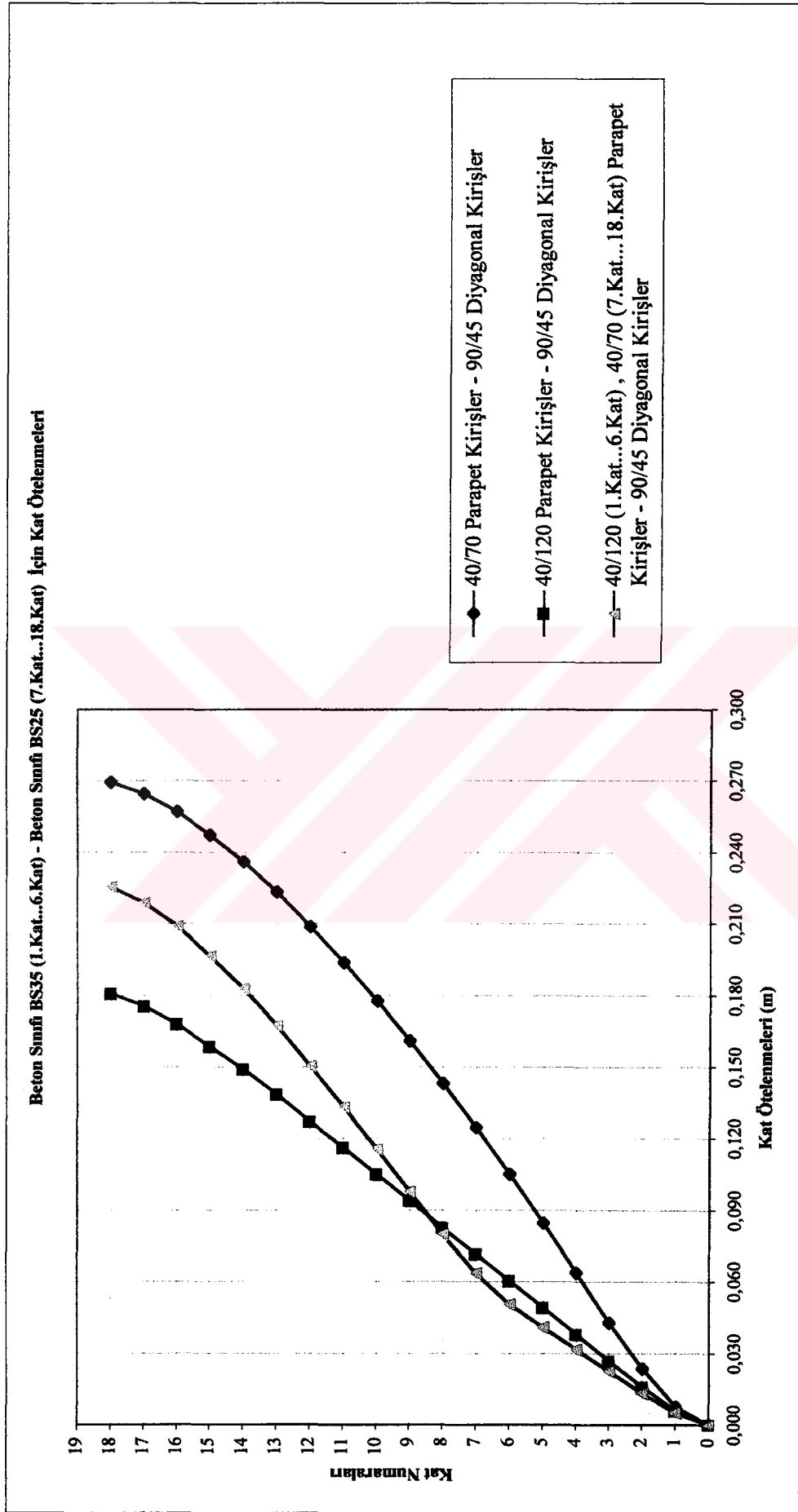


Şekil B.1- BS25 (1.Kat...18.Kat) için kat ötelenmeleri

Beton Sınıfı BS35 (1.Kat...4.Kat) - Beton Sınıfı BS25 (5.Kat...18.Kat) için Kat Ötelenmeleri

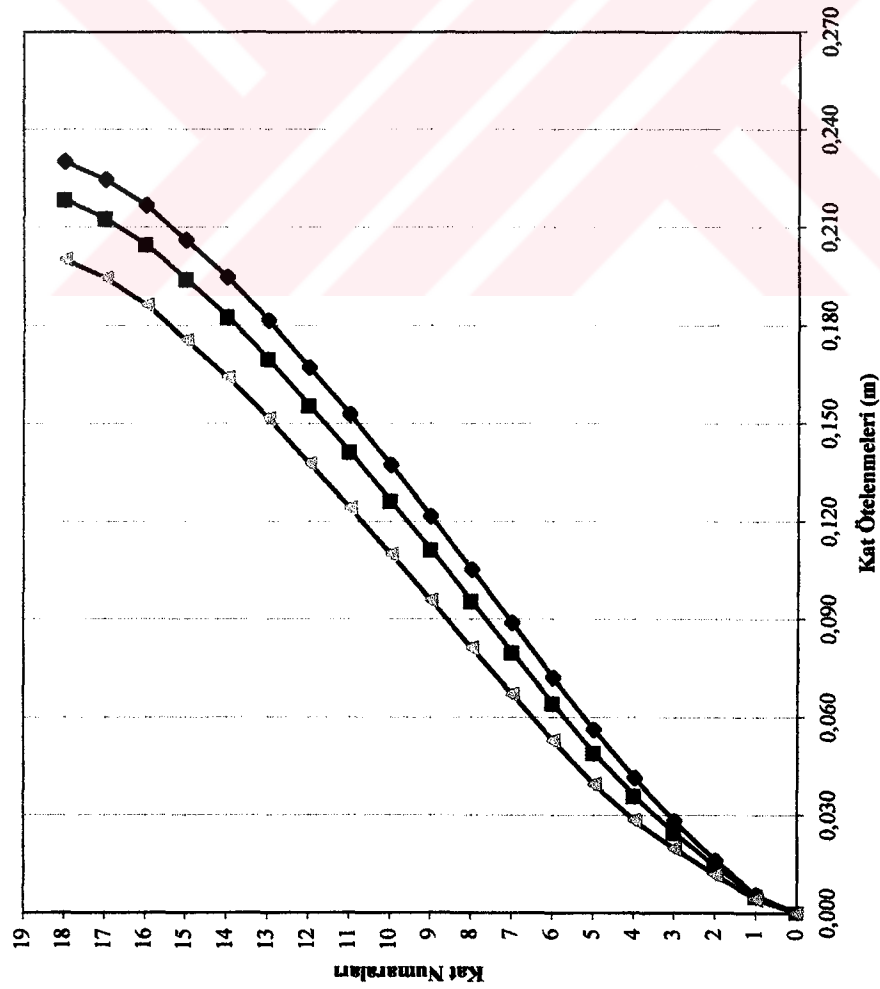


Şekil B.2- BS35 (1.Kat...4.Kat) - BS25 (5.Kat...18.Kat) için kat ötelenmeleri



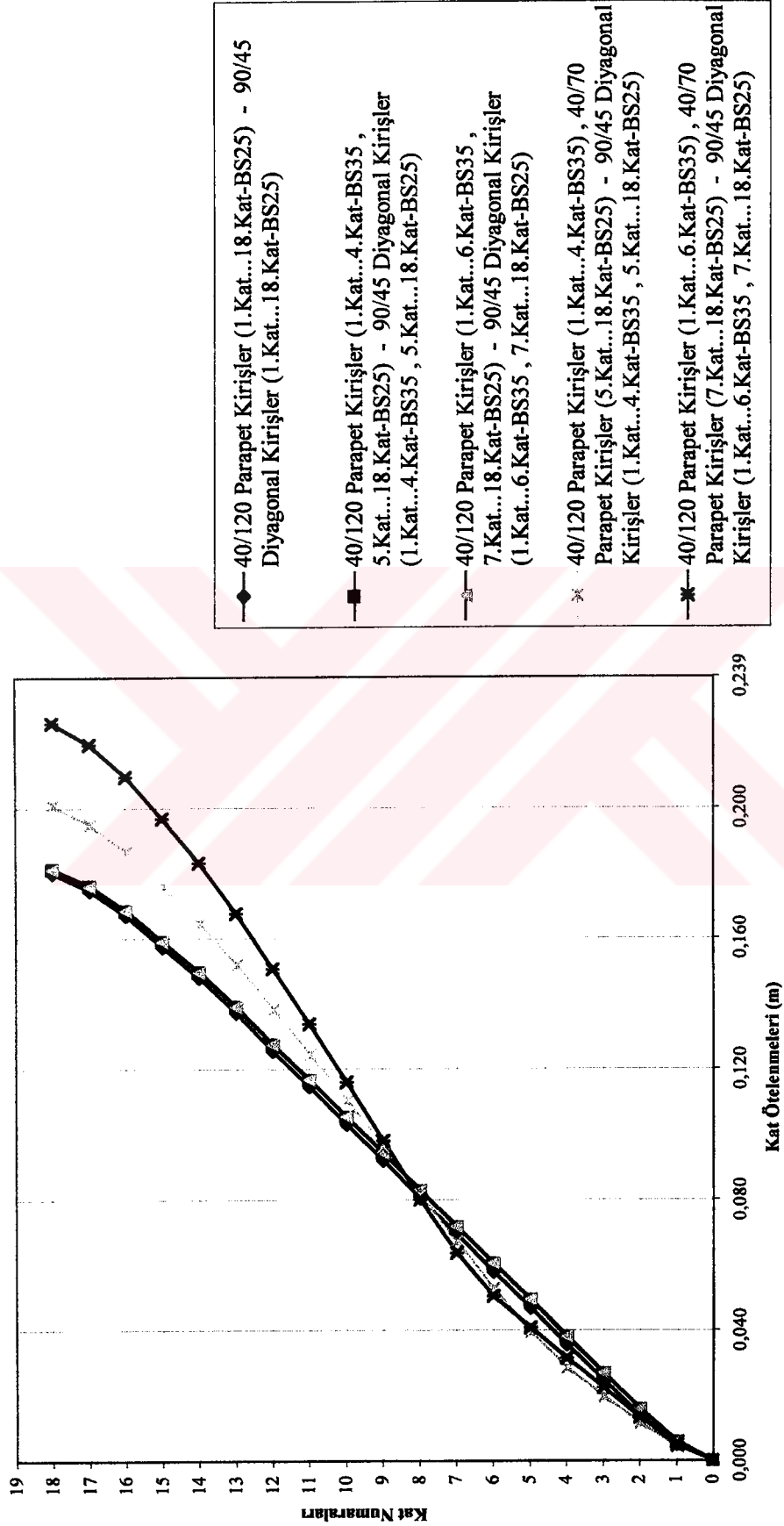
Şekil B.3 - BS35 (1.Kat...6.Kat) - BS25 (7.Kat...18.Kat) için kat ötelenmeleri

Beton Sınıfı BS35 (1.Kat...4.Kat) - Beton Sınıfı BS25 (5.Kat...18.Kat) için Kat Ötelenmeleri



Şekil B.4- BS35 (1.Kat...4.Kat) - BS25 (5.Kat...18.Kat) için kat ötelenmeleri

Farklı Beton Sınıfı Ve Kiriş Boyutlarına Göre Kat Ötelenmelerinin Karşılaştırılması



Şekil B.5- Yukarıya çıkıldıkça boyutu küçültülen parapet kirişlerinin yapı davranışına etkisinin incelenmesi

ÖZGEÇMİŞ

1976 Yılında Adana’da doğan Zahit GÜNEŞ, ilk öğrenimini Adana Mimar Kemal İlkokulu, orta öğrenimini Özel Adana Ayas Lisesi ve lise öğrenimini Özel Adana Lisesi’nde tamamlamıştır. 1994 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitime başlamış ve 1998 yılında bu bölümden mezun olmuştur. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı-Deprem Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitime başlamıştır.

