

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME ÇERÇEVELİ YAPILARDA DOLGU  
DUVAR ORANINA GÖRE YAPI PERİYODUNUN  
DEĞİŞİMİNİN SAPTANMASI**

**İnşaat Mühendisi Mehmet Kasım YILDIRIM**

**FBE İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. Ali KOÇAK**

**İSTANBUL, 2009**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	x
ÖNSÖZ .....	xii
ÖZET .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1 GİRİŞ .....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
1.2 Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	2
2 DOLGU DUVARLARIN BETONARME YAPILARIN YATAY YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞINA ETKİLERİ .....	7
2.1 Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkisi .....	7
2.1.1 Yük Taşıma Kapasitesi .....	7
2.1.2 Rijitlik .....	8
2.1.3 Süneklik .....	9
2.1.4 Enerji Yutma Özelliği .....	10
2.2 FEMA 306-356.....	10
2.2.1 Dolgu Panellerin Davranış Şekilleri (FEMA 306) .....	10
2.3 Tuğla Dolgulu Düzlem Çerçevenin Yanal Rijitliği (Asteris, 2003).....	12
2.4 Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Olumsuz Etkileri.....	15
3 DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN MODELLENMESİ .....	19
3.1 Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yatay Yük Altında Davranışı .....	19
3.2 Dolgu Duvarların Analitik Modele Yansıtılması .....	20
3.3 Dolgu Duvarları Temsil Edecek Çapraz Basınç Çubuklarının Tanımlanması .....	26
3.3.1 Dolgu Duvarın Elastisite Modülü.....	26
3.3.2 Çapraz Çubuk Etkin Genişliği ve $\alpha$ Çarpanı .....	26
3.3.3 Dolgu Duvar Boşluklarının Mekanik Modele Yansıtılması ( $\beta$ Çarpanı).....	27
3.3.4 Dolgu Duvar Hasarlarının Etkisi ( $\gamma$ Çarpanı).....	29
4 DOLGU DUVARLI YAPILARIN SERBEST TİTREŞİM PERİYOTLARI .....	30
4.1 Dolgu Duvarların Yapı Periyotlarına Etkisi.....	30
4.2 Yapı Periyodu İçin Verilen Formüller .....	30
4.2.1 Dünya Deprem Yönetmeliklerinde Verilen Yapı Periyodu Formülleri.....	31

5	DOLGU DUVARLARIN PERİYODA ETKİSİNİN TESPİT İÇİN ÖRNEK MODELLERİN OLUŞTURULMASI.....	34
5.1	Taşıyıcı Sistem İçin Mekanik Modelin Oluşturulması .....	34
5.2	Oluşturulan Taşıyıcı Sistemin Özellikleri .....	37
5.3	Taşıyıcı Sistem Modelleri Çözümlemesi .....	40
5.3.1	11 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları .....	47
5.3.2	9 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları .....	49
5.3.3	6 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları .....	51
5.3.4	3 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları .....	52
5.3.5	Sonuçların İncelenmesi .....	54
6	DOLGU DUVARLI YAPILARIN MODELLENMESİNE AİT ÖRNEKLER VE ÖNERİLEN FORMÜLLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI .....	59
6.1	Tetik'in (2007) Çalışmasında Oluşturduğu Mekanik Model.....	59
6.1.1	Tetik'in (2007) Çalışmasında Oluşturduğu Mekanik Modelin çözümleme sonuçları .....	60
6.2	Artukoğlu Apt.....	60
6.2.1	Artukoğlu Apt. Ait Çözümleme Sonuçları .....	63
6.3	Aşçıoğlu Apt.....	64
6.3.1	Aşçıoğlu Apt. Ait Çözümleme Sonuçları .....	67
6.4	Bilge Apt.....	67
6.4.1	Bilge Apt. Ait Çözümleme Sonuçları .....	70
6.5	Dağistan Apt.....	70
6.5.1	Dağistan Apt. Ait Çözümleme Sonuçları.....	71
6.6	Enver Parlak Apt. ....	74
6.6.1	Enver Parlak Apt. Ait Çözümleme Sonuçları .....	77
6.7	Hilal Apt.....	77
6.7.1	Hilal Apt. Ait Çözümleme Sonuçları.....	80
6.8	Koçyiğit Apt.....	80
6.8.1	Koçyiğit Apt. Ait Çözümleme Sonuçları.....	83
6.9	Nezih Apt. ....	84
6.9.1	Nezih Apt. Ait Çözümleme Sonuçları .....	87
6.10	Özyurt Apt.....	87
6.10.1	Özyurt Apt. Ait Çözümleme Sonuçları.....	89
6.11	Pembeköşk Apt.....	90
6.11.1	Pembeköşk Apt. Ait Çözümleme Sonuçları.....	93
6.12	Şahiner Apt.....	93
6.12.1	Şahiner Apt. Ait Çözümleme Sonuçları.....	95
6.13	Tolgahan Apt.....	96
6.13.1	Tolgahan Apt. Ait Çözümleme Sonuçları.....	98
6.14	Analiz Sonuçların Karşılaştırılması .....	99
6.15	Düzensiz Yapılarda Çözümleme .....	101
6.15.1	Burulma Düzensizliği Bulunan Yapı.....	101
6.15.2	Yumuşak Kat Düzensizliği Bulunan Yapı .....	102
7	SONUÇLAR .....	104
	KAYNAKLAR .....	105
	ÖZGEÇMİŞ.....	107

## SİMGE LİSTESİ

$E_t$	Dolgu duvar elastisite modülü
$E_c$	Kolonun elastisite modülü
$I_c$	Kolonun atalet momenti
$I_h$	Kirişim atalet momenti
$L$	Kiriş uzunluğu
$EF$	Dolgu duvar eksenel rijitliği
$F$	Sanal çapraz çubuk enkesit alanı
$h_i$	Dolgu duvar yüksekliği
$h$	Kolonun yüksekliği
$C_k$	Temel zeminin dinamik kay arijitlik modülü
$Z_j$	Temel tabanı üzerindeki j noktasının kütle yüksekliği
$I$	Bina önem katsayısı
$K_i$	Dolgu duvarlı çerçevenin başlangıç rijitliği
$K_e$	Dolgu duvarlı çerçevenin efektif rijitliği
$K_c$	Dolgu duvarlı çerçevenin kayma dayanımına ulaştığı andaki rijitliği
$H_s$	Dolgu duvarlı çerçevede büyük çatlaklar oluştuğu andaki dayanımı
$H_u$	Dolgu duvarlı çerçevenin kayma dayanımı
$G$	Kayma modülü
$F_i$	Kata etkiyen yatay kuvvet
$x_i$	Kata etkiyen yatay kuvvet
$l_i$	Dolgu duvar uzunluğu
$L_d$	Dolgu duvarın diyagonal uzunluğu
$R$	Yapı davranış katsayısı
$V$	Kesme Kuvveti
$M$	Moment
$g$	Yer çekimi ivmesi
$N$	Kat sayısı
$\Delta_U$	Ulaşılabilecek toplam yer değiştirme
$\Delta_y$	Elastik sınırdaki yer değiştirme
$\Delta_t$	Dolgu duvarlı periyodun duvarsız periyoda göre % azalma oranı
$t$	Duvar kalınlığı
$T$	Periyot
$T_d$	Dolgu duvarlı periyot

$T_{\zeta}$	Çerçeve periyodu
$T_a, T_b$	Zemin spektrum karakteristik periyotları
$w$	Sanal çapraz çubuk etkin genişliği
$\mu$	Süneklik
$\delta_i$	Elastik yer değiştirmeler
$\lambda$	Rijitlik azaltma faktörü
$\alpha_h$	Duvar ile kirişler arası temas uzunluğu
$\alpha_L$	Duvar ile kolonlar arası temas uzunluğu
$\alpha$	Çapraz çubukların etkin genişliğini çapraz çubuk boyuna göre tanımlayan boyutsuz katsayı
$\beta$	Dolgu duvarda bulunan boşlukların rijitlikte neden olduğu azalmayı temsil eden katsayı
$\gamma$	Çapraz çubukların aksenal rijitliklerini etkileyen yapım kusurları ve deprem sonucu oluşan kalıcı yerdeğiştirmeleri temsil eden katsayı

## **KISALTIMA LİSTESİ**

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ASCII	American Standard Code for Information Interchange (Bilgi Değişimi için Amerikan Standart Kodu)
FEMA	Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Durum Merkezi)
TDY	Türk Deprem Yönetmeliği

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme sonucu taban kesme kuvvetlerinin değişimi...	8
Şekil 2.2	Sünek ve sünek olmayan davranışa ait yük-yer değiştirme eğrisi.....	9
Şekil 2.3	İki açıklıklı blok dolgulu elik çerçevenin yatay derz kayması .....	11
Şekil 2.4	apraz gerilme sonucu oluşan orta Şiddetli atlak .....	11
Şekil 2.5	Köşe sıkıştırması sonucu oluşan ağır hasar.....	12
Şekil 2.6	Düzlem dışı yükler altında dolgulu duvarda oluşan ağır Şiddetteki düzlem dışı kırıma .....	12
Şekil 2.7	Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü ( $\lambda$ ) arasındaki ilişki .....	13
Şekil 2.8	Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü ( $\lambda$ ) arasındaki ilişki .....	14
Şekil 2.9	Açıklık oranı ve açıklığın konumuna göre temas uzunluğunun değişimi.....	15
Şekil 2.10	Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altında davranışı.....	16
Şekil 2.11	Dolgu duvarların dağılımından kaynaklanan yumuşak kat oluşumu .....	17
Şekil 2.12	İki erevesi dolgu duvar içeren çok katlı betonarme yapının kat planı .....	17
Şekil 2.13	Bir bölümünde dolgu duvar bulunan betonarme ereve .....	18
Şekil 3.1	Dolgu duvarlı çerçevede basınç çubuğu oluşumu.....	19
Şekil 3.2	Dolgu duvarların analitik modelde temsil edilmesi .....	21
Şekil 3.3	Dolgu duvarlı çerçevenin rijitliği .....	21
Şekil 3.4	Kayma dayanımına ulaşıldığı anda dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğini bulmak için tarif edilen eşdeğer sistem .....	23
Şekil 3.5	çözümlenelerde esas alınan boşluk tipleri .....	28
Şekil 5.1	Oluşturulan 11 katlı yapının plan görünüşü.....	35
Şekil 5.2	Oluşturulan 9 katlı yapının plan görünüşü.....	36
Şekil 5.3	Oluşturulan 6 katlı yapının plan görünüşü.....	37
Şekil 5.4	Oluşturulan 3 katlı yapının plan görünüşü.....	38
Şekil 5.5	SAP2000'de oluşturulan duvarsız modelin üç boyutlu grntş.....	39
Şekil 5.5	SAP2000'de oluşturulan duvarsız modelin üç boyutlu grntş.....	39
Şekil 5.6	SAP2000'de oluşturulan duvarlı modelin üç boyutlu grntş.....	40
Şekil 5.7	SAP2000'de oluşturulan duvarlı modelin kesit görünüşü .....	40
Şekil 5.8	Yapıda duvar bulunmaması durumu .....	41
Şekil 5.10	Yapıda 1 ve 6 akslarında dolgu duvarların bulunmaması durumu.....	42
Şekil 5.12	Yapıda 1, 6 akslarında duvarların tamamen kaldırılması ve 2, 5 akslarında ise B, D aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu .....	43

Şekil 5.14	Yapıda 1, 2, 3,4, 5 ve 6 akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu .....	44
Şekil 5.16	Yapıda A ve E akslarında dolgu duvarın tamamen kaldırılması ve B, D akslarında ise 2, 5 aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu .....	45
Şekil 5.18	Yapıda A, B, C, D ve E akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu .....	46
Şekil 5.19	11 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki .....	47
Şekil 5.20	9 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki .....	50
Şekil 5.21	6 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki .....	52
Şekil 5.22	3 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki .....	54
Şekil 5.23	Tüm yapıların dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki ve önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	57
Şekil 6.1	Taşıyıcı sistem kat kalıp planı .....	59
Şekil 6.2	Artukoğlu Apt. kat yükseklikleri .....	61
Şekil 6.3	Artukoğlu Apt. görünüş .....	62
Şekil 6.4	Artukoğlu Apt. zemin kat kalıp planı .....	62
Şekil 6.5	Artukoğlu Apt. normal kat kalıp planı .....	63
Şekil 6.6	Aşçıoğlu Apt. kat yükseklikleri .....	65
Şekil 6.7	Aşçıoğlu Apt. görünüş .....	66
Şekil 6.8	Aşçıoğlu Apt. normal kat kalıp planı .....	66
Şekil 6.9	Bilge Apt. kat yükseklikleri .....	68
Şekil 6.10	Bilge Apt. görünüş .....	68
Şekil 6.11	Bilge Apt. bodrum kat kalıp planı .....	69
Şekil 6.12	Bilge Apt. normal kat kalıp planı .....	69
Şekil 6.13	Dağıstan Apt. kat yükseklikleri .....	71
Şekil 6.14	Dağıstan Apt. görünüş .....	72
Şekil 6.15	Dağıstan Apt. zemin kat kalıp planı .....	72
Şekil 6.16	Dağıstan Apt. normal kat kalıp planı değerleri .....	73
Şekil 6.17	Enver Parlak Apt. kat yükseklikleri .....	75
Şekil 6.18	Enver Parlak Apt. görünüş .....	75
Şekil 6.19	Enver Parlak Apt. zemin kat kalıp planı .....	76
Şekil 6.20	Enver Parlak Apt. normal kat kalıp planı .....	76
Şekil 6.21	Hilal Apt. kat yükseklikleri .....	78
Şekil 6.22	Hilal Apt. görünüş .....	78



Şekil 6.23 Hilal Apt. zemin kat kalıp planı .....	79
Şekil 6.24 Hilal Apt. normal kat kalıp planı.....	79
Şekil 6.25 Koçyiğit Apt. kat yükseklikleri.....	81
Şekil 6.26 Koçyiğit Apt. görünüş .....	82
Şekil 6.27 Koçyiğit Apt. bodrum kat kalıp planı.....	82
Şekil 6.28 Koçyiğit Apt. zemin ve normal kat kalıp planı.....	83
Şekil 6.29 Nezih Apt. kat yükseklikleri .....	85
Şekil 6.30 Nezih Apt. görünüş.....	85
Şekil 6.31 Nezih Apt. zemin kat kalıp planı.....	86
Şekil 6.32 Nezih Apt. normal kat kalıp planı .....	86
Şekil 6.33 Özyurt Apt. kat yükseklikleri.....	88
Şekil 6.34 Özyurt Apt. görünüş .....	88
Şekil 6.35 Özyurt Apt. bodrum kat kalıp planı.....	89
Şekil 6.36 Özyurt Apt. zemin ve normal kat kalıp planı.....	89
Şekil 6.37 Pembeköşk Apt. kat yükseklikleri.....	91
Şekil 6.38 Pembeköşk Apt. görünüş .....	91
Şekil 6.39 Pembeköşk Apt. zemin ve normal kat kalıp planı.....	92
Şekil 6.40 Pembeköşk Apt. çatı kat kalıp planı .....	92
Şekil 6.41 Şahiner Apt. kat yükseklikleri.....	94
Şekil 6.42 Şahiner Apt. görünüş.....	94
Şekil 6.43 Şahiner Apt. bodrum, zemin ve normal kat kalıp planı.....	95
Şekil 6.44 Tolgahan Apt. kat yükseklikleri.....	97
Şekil 6.45 Tolgahan Apt. görünüş .....	97
Şekil 6.46 Tolgahan Apt. bodrum kat kalıp planı.....	98
Şekil 6.47 Tolgahan Apt. zemin ve normal kat kalıp planı.....	98
Şekil 6.48 11 katlı yapıda burulma düzensizliği oluşturacak şekilde kaldırılan dolgu duvarlı model.....	101

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Dolgu duvarların mekanik modellemesinde kullanılacak olan elastisite modülleri .....	26
Çizelge 3.2 Duvar uzunlukları için hesaplanan $\alpha$ değerleri .....	27
Çizelge 3.3 Dolgu duvarların mekanik modele yansıtılmasında kullanılacak $\beta$ katsayıları ..	29
Çizelge 5.1 11 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri.....	35
Çizelge 5.2 9 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri.....	36
Çizelge 5.3 6 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri.....	37
Çizelge 5.4 3 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri.....	38
Çizelge 5.5 11 katlı yapıya ait analiz sonuçları.....	47
Çizelge 5.6 9 katlı yapıya ait analiz sonuçları.....	49
Çizelge 5.7 6 katlı yapıya ait analiz sonuçları.....	51
Çizelge 5.8 3 katlı yapıya ait analiz sonuçları.....	53
Çizelge 5.9 Karşılaştırmalı periyot değerleri.....	55
Çizelge 6.1 Tetik (2007) oeriyot değerleri ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri.....	60
Çizelge 6.2 Artukoğlu Apt. ait kolon boyutları .....	61
Çizelge 6.3 Artukoğlu Apt ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	64
Çizelge 6.4 Aşçıoğlu Apt. ait kolon boyutları .....	65
Çizelge 6.5 Aşçıoğlu Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	67
Çizelge 6.6 Bilge Apt. ait kolon boyutları .....	68
Çizelge 6.7 Bilge Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri.. .....	70
Çizelge 6.8 Dağıstan Apt. ait kolon boyutları .....	71
Çizelge 6.9 Dağıstan Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri.. .....	74
Çizelge 6.10 Enver Parlak Apt. ait kolon boyutları.....	75
Çizelge 6.11 Enver Parlak Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	77
Çizelge 6.12 Hilal Apt. ait kolon boyutları .....	78
Çizelge 6.13 Hilal Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	80

Çizelge 6.14 Aşçıoğlu Apt. ait kolon boyutları.....	81
Çizelge 6.15 Aşçıoğlu Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	84
Çizelge 6.16 Nezih Apt. ait kolon boyutları.....	84
Çizelge 6.17 Nezih Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	87
Çizelge 6.18 ÖzyurtApt. ait kolon boyutları .....	88
Çizelge 6.19 ÖzyurtApt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	90
Çizelge 6.20 Pembeköşk Apt. ait kolon boyutları .....	90
Çizelge 6.21 Pembeköşk Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	93
Çizelge 6.22 Şahiner Apt. ait kolon boyutları .....	94
Çizelge 6.23 Şahiner Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	96
Çizelge 6.24 Tolgahan Apt. ait kolon boyutları .....	97
Çizelge 6.25 Tolgahan Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri .....	99
Çizelge 6.26 Tetik'in (2007) çözümlemesini yaptığı binalarda önerilen formüllerin hata oranları .....	100
Çizelge 6.27 Burulma düzensizliği oluşturula yapının analiz sonuçları .....	102
Çizelge 6.28 Yumuşak kat düzensizliği oluşturulan yapının analiz sonuçları .....	103

## ÖNSÖZ

En etkili deprem kuşaklarını barındıran ülkemizde yaşanan büyük depremler sebebiyle deprem üzerine yapılan araştırmalar artmıştır. Özellikle yapıların tasarımı ve projelendirilmesi sırasında deprem etkileri tekrar incelenmiş ve araştırılmıştır.

Yeni deprem yönetmeliğine göre projelendirilen yapılarda ve mevcut yapıların güçlendirilmesinde deprem etkileri hesaplamalarda büyük önem kazanmıştır. Bu nedenle de yapı deprem davranışı her yönüyle araştırma konusu olmuştur.

Dolgu duvarların etkileri de mevcut yönetmeliklerde ve yapı tasarımında gözönüne alınmamaktadır. Bununla beraber yapı davranışına etkileri de son yıllarda sorgulanmaya başlanmış ve bu konuda çeşitli inceleme ve araştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada, dolgu duvarların deprem yükleri altındaki yapı davranışına etkilerine değinilmiş, yatay rijitlik ve periyot üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada projelendirilen binalar üzerine farklı konfigürasyonlarda dolgu duvarlar yerleştirilmiş, dolgu duvarsız duruma göre bina periyot değişimleri incelenmiştir. Duvar alanının bina periyot değişimlerine etkisi hesaplanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bina projelendirilmesinde kullanılmak üzere dolgu duvarların periyot üzerine etkisini hesaplayacak bir ampirik bir formül oluşturulmaya çalışılmıştır.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, bu çalışmanın ortaya çıkmasına yardımcı olan danışman hocam, Sayın Öğr. Gör. Dr. Ali KOÇAK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Aralık 2008

M.Kasım YILDIRIM

## ÖZET

Bu çalışmada, betonarme binaların tasarım ve projelendirilmesinde, taşıyıcı eleman olarak hesaba katılmayan dolgu duvarların, yapının deprem davranışı ve periyotları üzerindeki etkileri konu edilmiştir. Dolgu duvarların yapı davranışına etkisini incelemek amacıyla farklı dolgu duvar yerleşimlerine sahip betonarme yapılar oluşturulmuştur. Dolgu duvarların modellenmesi için iki ucu mafsallı çapraz pandül çubuklar kullanılmıştır.

Modellemede farklı kat sayısına sahip çerçeve binalar ele alınmış, bu binalarda dolgu duvar alanına bağlı periyot değişimleri incelenmiştir. Farklı kat sayılarına sahip binaların dolgu duvarları büyük oranda burulma meydana getirmeyecek şekilde azaltılmış, azalan her durum için yapı periyotları hesaplanmıştır. Sonuçta yalın çerçevesiz bina ile farklı katlarda ve farklı dolgu duvar alanlarına sahip yapıların periyotlarının hesaplanmasına ilişkin bir denklem geliştirilmiştir. Denklem doğruluğu, diğer bilinen yöntemlerde yer alan diğer denklemlerle karşılaştırılmıştır.

Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız bina periyotlarının incelendiği analizler sonucunda, dolgu duvarların, yapının rijitliğini ve yapı periyodunu önemli ölçüde değiştirdiği görülmüştür. Bu değişimde bir denkleme bağlanarak yeni tasarlanacak binalarda dolgu duvarların hesaba katılması için bir yol açılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dolgu duvar, periyot, serbest titreşim, dinamik analiz.

## **ABSTRACT**

The main object of this study is analyzing the effects of infill walls on the structural behavior and structural periods. For this purpose; the buildings that have different infill wall configuration are created. In order to model the infill walls, diagonal strut elements hinged at both ends are used.

Buildings that have different number of stories are considered and some calculations are made depending on total area of walls. Total area of walls are decreased gradually and for every situation new periods are calculated. After this procedures, an equation is obtained to calculate the structural periods of buildings which have different number of stories and different areas of walls. The accuracy of the equation is compared with the other equations in the codes.

After the analyzes, investigating the periods of the buildings with and without infill walls, it is seen that infill walls change the rigidity and structural period of the buildings. By representing this change with an equation, a new way to include the calculation of infill walls in newly designed buildings is opened.

**Keywords:** Infill walls, period, microtremor, dynamic analysis.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizdeki mevcut binaların ve tasarımı yapılan binaların büyük bir kısmı betonarme çerçeveli sistemdir. Kullanılmakta olan yönetmelikler ile mevcut analiz kriterleri içerisinde bu yapıların yalnızca betonarme kısımlarının yük taşıdığı kabul edilmektedir. Yük taşıdığı kabul edilmeyen kısımlardan en önemlisi bölme amaçlı inşa edilen dolgu duvarlardır. Yük taşıdığı kabul edilmeyen bu duvarlar düşey yükler açısından bir probleme sebebiyet vermese de yatay yükler ve bilhassa deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin davranışını etkilemektedir. Deprem sırasında ilk olarak deforme olan çatlayan elemanlar olsa da depremin ilk yıkıcı etkisine karşı koymakta ve çatlayarak deprem enerjisinin bir kısmını sönmülemektedir.

Günümüzde dolgu duvarların yapıya etkisi sadece sabit yük gibi göz önüne alınmaktadır. Türk Deprem Yönetmeliği ile birlikte deprem yönetmeliklerinin büyük bir kısmında dolgu duvarların taşıyıcı sisteme etkileri göz ardı edilmiştir. Dolgu duvarların rijitliğe katkısının ihmal edilmesinin nedenleri üç başlık altında sıralanabilir.

- Dolgu duvarların katkısını dikkate alan hesap modelleri oluşturmak nispeten güç ve karmaşık olabilmektedir.
- Dolgu duvar katkısını dikkate alan hesap metodları, en azından proje tasarımı seviyesinde yoktur.
- Yapının enerji, yutma kapasitesine ve rijitliğe katkısı genel olarak bilinmesine rağmen güvenli tarafta kalınması için hesaplarda dolgu duvarların etkisi ihmal edilmektedir (Sivri vd. 2006).

Bunun yanında deprem sonrası oluşan hasarlar incelendiğinde duvarlarda kalıcı şekil değiştirmeler gözlemlenmiş ve taşıyıcı çerçeve-bölme duvar ilişkisi üzerinde çalışmalar önem kazanmıştır. Bu doğrultuda yapılan araştırmalarda dolgu duvarların deprem davranışını önemli oranda etkilediğini göstermiştir. Periyot, rijitlik, yük taşıma kapasitesi gibi sistemin davranış özelliklerine etkileri tespit edilmiştir.

Dolgu duvarlar yapının yanal rijitliğini büyük ölçüde artırmaktadır. Fakat, planda düzensiz yerleşiminden kaynaklanan burulma etkileri, yumuşak kat oluşumu ve kısa kolon davranışı gibi olumsuz etkileri de vardır. Bu etkiler TDY 1998'de de yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı yapının hasar görmesine ve göçmesine neden olan deprem yer hareketinde dolgu duvarların betonarme yapının davranışı ve periyotları üzerindeki etkilerini

belirlemek ve dolgu duvar alanının periyot üzerinde etkisinin belirlenmesidir.

### **1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Bu çalışmada, dolgu duvarların yatay yükler altındaki bina davranışına etkileri ayrıntılı olarak incelenecektir.

İncelemelerde modelleme amacıyla farklı kat adedine sahip basit çerçevesiz binalar ele alınmıştır. Ele alınan binalarda duvar alanına bağlı olarak periyot araştırması yapılmış, diğer yandan kat sayısına bağlı olarak dolgu duvarlı çerçeve binaların periyot değişimleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, proje aşamasındaki her yapı için geniş ölçekli periyot hesabı için bilgisayar analizi yapmanın verimli olmaması nedeniyle periyot değişimlerini/azalmalarını ifade eden ampirik bir denklem elde edilmiştir. Çalışmaya ek olarak elde edilen sonuçlar daha önce hesabı yapılan yapılarda ele alınmış, bu yapılarda yalnız çerçevesiz bina/dolgu duvarlı bina periyotları karşılaştırılmıştır. Bu incelemeler ile de denklemin doğruluk oranı tespit edilmiştir.

### **1.2 Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar**

Dolgu duvarlar ve dolgu duvarların çerçeveler ile tüm yapı sistemine etkisi birçok deneysel ve analitik çalışmaya konu olmuştur. Betonarme çerçeveler ve çelik çerçeveler için önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Ancak yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinin neredeyse tümünde dolgu duvarların taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri ihmal edilmiştir.

Dolgu duvarlar ile çerçeveler arasındaki etkileşimi gösteren ilk çalışma 1956 yılında Polyakov tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada dolgu duvarların eşdeğer sanal basınç çubukları ile çerçeveye çapraz olarak kenetlenme davranışında bulunduğu ifade edilmiştir. Çerçeveden dolguya doğru oluşan gerilmelerin de homojen kesme duvarının ötesinde çapraz kenetlenme sisteminin dağılımı ile dolgu-çerçeve ara yüzeyindeki basınç bölgesinde aktarıldığı ortaya konmuştur (Karshoğlu, 2005).

Dolgu çerçeveler ile ilgili yapılan 1960'lı yıllardaki bu çalışmalar ile dolgu duvarlı çerçeve yapılarının rijitliğini ve yanal mukavemetini önceden tahmin edebilmek için -günümüzde dolgu duvarları modellemek için hâlâ kullanılmakta olan- eşdeğer sanal basınç çubukları gibi davranışları belirlenmiştir (Bounopane ve White 1999). Bu sanal basınç çubuklarının genişliği, dikey ve yatay temas uzunlukları arasında bir bağıntı elde edilmiştir (Hendry, 1990). Paulay ve Priestley yaptıkları çalışmalarda yaklaşık olarak bütün gerilmelerin, önemli yatay



derz kaymasından önce tuğla duvar derz kayması tarafından taşındığını farz etmişlerdir (Bounopane ve White 1999).

Boşluklu ve boşluksuz tuğla çerçeveler üzerinde deneyler yapan Mehrabi vd. (1996), dolgu duvarların üzerindeki düşey yükün artması ile kompozit çerçevenin toplam yatay yük taşıma kapasitesinde %25 oranına varabilen artışların olabileceğini tespit etmişlerdir.

Altın vd.'nin (1992) dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız betonarme çerçeveler üzerinde yapmış oldukları çalışmada, dolgu duvar ile çerçeveler arasında tam bir bağ sağlanırsa çerçeve rijitliği ve sistem dayanımının oldukça arttığı ifade edilmektedir (Ersin 1997).

Bir dolgu duvar sisteminin gerçeğe yakın uygun yük ve mesnet koşulları oluşturularak etki ettirilen yatay yükler altında çeşitli tip ve rijitlik seviyesindeki dolguların çubuk kuvveti ve deplasmanlarda nasıl değişikliklere yol açacağı incelenerek, metodun yapının davranışını temsil etmekte ne derece başarılı olacağı konusunda birçok eksiği olmasında rağmen dolgu duvar davranışını anlamak için bir metod geliştirilmiştir (Başer, 1999).

Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitlik ve dayanımında dolgu ve etrafındaki çerçeve ile olan temas yüzeyinin de önemli rol oynadığı ortaya çıkarılmıştır. Temas uzunluğunun dolgu ve çerçevenin bağlı rijitlikleri ile değiştiği belirtilerek dolgu duvarın davranışını belirleyen görelî rijitlik parametresi tanımlanmıştır (Stafford Smith, 1962, 1966). Liauw ve Kwan geliştirdikleri tek ve çok katlı çerçeveler için olan plastik teoride göçme şekilleri ve bunlara karşılık gelen dayanımların belirlenmesi amacıyla lineer olmayan sonlu elemanlar yöntemi kullanmıştır. Sonuçta çerçevenin eğilme dayanımının en önemli parametre olduğu bulunmuş, yapılan deneysel çalışmalar ile analitik çalışmalar uyum sağlamıştır (Tüzün 1999).

Liauw, tek açıklıklı, dört katlı dolgu çerçeveler üzerinde boşlukların etkisi ve dolgu ile çerçeve arasındaki bağlantıları dinamik yükleme altında incelenerek dolgularda bulunan boşlukların dayanım ve rijitliği azalttığı sonucuna varmıştır. Dawe ve Yong test ettikleri tek katlı, tek açıklıklı çelik çerçevelerin test sonuçlarından, dolgudaki boşlukların ilk kırılma anındaki yükü etkilediği, ancak yük taşıma kapasitesinin etkilenmediği görülmüştür. Ayrıca sıvanın dolgunun dayanımını etkilediği ve sıvanın dayanımının azalmasıyla kırılma gerçekleşikten sonra dolgunun rijitliğinin de azaldığı belirlenmiştir (Tüzün, 1999).

Mehrabi vd. 'nin (1996) çalışmasında dolgu duvarların, betonarme çerçevelerin sismik performansına olan etkileri araştırılmıştır. Rüzgar yüklerine ve güçlü deprem kuvvetlerine karşı dizayn edilen iki tip çerçeve ele alınmıştır. 12 adet 1/2 ölçeğinde tek katlı, tek açıklıklı

çerçeve örnekleri test edilerek panellerin yükseklik/uzunluk, düşey yüklerin dağılımı ve yatay yükler altında dolgu panellerin çerçevelere olan etkileri parametrelerle belirlenmiştir.

Dolgu duvarlı kompozit yapının yatay yük taşıma kapasitesinin, duvarsız betonarme yapıya oranla 1.5 kat daha fazla olduğu, yumuşak zemin katlı sistem ile duvarsız betonarme yapının yatay yük taşıma kapasitelerinin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir (Negro ve Verzeletti, 1996).

Govindan ve Santhakumar (1986), tekrarlı yükler altında, çıplak çerçeve ve dolgu duvarlı çerçeveden oluşan 7 katlı iki ayrı sistem üzerinde deneysel çalışma yaparak yapıların yatay rijitliklerini, sünekliklerini ve enerji yutma kapasitelerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin basit çerçevelere göre daha çok taban kesme kuvveti aldığını gözlemlenmişlerdir. Dowrick (1987), dolgu duvarların yapı dayanım ve rijitliğini arttırdığını gözlemlenmiş, Bayülke (1988) ise dolgu duvarların sistem rijitliğini arttırmanın yanında yapı periyotlarını küçülttüğünü de ifade etmiştir.

Bertera ve Brokken'nin (1981) dört tür dolgu ve 18 örnek üzerinde deprem davranışını temsil eden tersinir yükler uygulanarak yapılan çalışmada;

1. Betonarme olsun olmasın yerleştirilen dolgunun, boş çerçevenin yatay rijitliğini önemli derecede arttırdığı,
2. Yatay rijitliğin ve dayanımın etki eden yükün etki biçimine bağlı olduğu, monoton yükleme altında panelin donatı düzeninden etkilenmediği fakat tersinir yükleme olduğu zaman dolgunun donatı miktarı ve düzeni, çerçeveye bağlanma şeklinin hem rijitliği hemde dayanımı önemli derecede etkilediği,
3. Tüm örneklerde hasarların ilk katlarda yoğunlaştığı,
4. Boş çerçeveye dolgunun eklenmesi sistemin dinamik özelliklerini değiştirdiği ve deplasmanların %56-85 arasında azalmasına sebep olduğu kanaatine varmışlardır (Tüzün, 1999).

Zarnic ve Tomasevic (1988) yalın çerçeve ve dolgu duvarlı çerçeve üzerinde yaptıkları birçok çalışmada dolgu duvarlı çerçevelerin dayanımının ve rijitliğinin çıplak çerçeveye göre daha fazla olduğunu gözlemlenmişlerdir. Bu sebeple de dolgu duvarların etkisi dikkate alındığında inşa durumunda bu durumun gözönüne alınmasını, etkinin dikkate alınmadığı durumlarda ise dolgu duvarların uygun derzlerle sistemden ayrılması gerektiğini belirtmişlerdir (Ersin, 1999).

Güler vd. (2008) yaptıkları çalışmada serbest titreşim ölçümleri yapılan bir binada nümerik

analiz yapmışlar ve nümerik modelde dolgu duvarları çapraz çubuk olarak tanımlamışlardır. Nümerik modelden elde edilen periyolar ile deneysel yol ile elde edilen periyotları karşılaştırılmışlar ve sonuçların birbirine oldukça yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. Dolgu duvarın çapraz çubuklarla ile tanımlanmasının doğruya yakın sonuçlar vermesi sebebiyle mevcut beş bina üzerinde de aynı şekilde dolgu duvarlar tanımlanmış ve periyotlar elde etmişlerdir. Elde edilen sonuçları bir grafik üzerinde göstererek önceden önerilen formüller ile karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara dayanarak dolgu duvarların yapı periyoduna etkisini tanımlamak için formül geliştirmeye çalışmışlar ve dolgu duvarlı binalarda yaklaşık doğru sonuçlar veren yüksekliğe bağlı bir formül geliştirmişlerdir.

Celep ve Gençoğlu (2003) yaptıkları çalışmada örnek yapı üzerinde farklı elastisite modülü ve farklı duvar enkesit alanına sahip binaları incelemişlerdir. Örnek yapı üzerinde dolgu duvarları çerçeveye üç farklı şekilde bağlamışlar ve örnek yapının her durumu için periyotları bulmuşlardır. Elde edilen sonuçlara dayanarak; dolgu duvarların yapının rijitliği ve periyotları üzerinde etkili olduğunu, dolgu duvarın küçük oranlarda bulunmasının dahi binanın rijitliğine dolayısıyla periyoduna önemli ölçüde etkisinin olduğunu ve duvarın elastisite modülünün büyüklüğü ile yapının yatay öteleme rijitliğinin de arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca dolgu duvarın çerçeveye bağlanma şeklinin periyotlar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır.

Sivri vd. (2006) yaptıkları çalışmada Negro ve Colomba (1997)'nin deneysel araştırmalarını yaptığı binaya Düzce ve Erzincan depremi kayıtları zaman tanım aralığı analizi ile yapıya etkilenmiştir. Yapıyı dolgu duvarların bulunmadığı, dolgu duvarların bulunduğu ve zemin kat hariç diğer katlarda dolgu duvarlar bulunan çerçeve olarak üç tip olarak ele almışlardır. Yapılan analiz sonucunda dolgu duvarların yapı periyodu üzerinde önemli etkisi olduğunu ve dolgu duvarların etkilerini ihmal eden yaklaşımların yapının güvenilirliğini azalttığını ifade etmişlerdir.

Budak (2006) yapmış olduğu çalışmada dolgu duvarların etkisini tespit için bir çerçeve modellemiştir. Bu modellemeyi, dolgu duvarın bulunmadığı ve dolgu duvarların üç farklı kalınlıkta bulunduğu durumu ile iki farklı zemin türüne, iki farklı duvar yoğunluğuna ve iki farklı duvar elastisite modülüne sahip olma durumuna göre çözümlenmiştir. Çözümleme sonucunda; dolgu duvarların bulunmasının yapı periyotlarını önemli ölçüde etkilediğini, farklı elastisite modülüne sahip duvarlarda elastisite modülünün azalmasına bağlı olarak deprem yüklerinin bir miktar arttığını, duvar yoğunluğunun azalması ile deprem yüklerinin bir miktar azaldığını ve dolgu duvar kalınlığındaki değişimin titreşim periyodunu çok fazla

etkilemediğini ifade etmiştir.

Bunların dışında, Focardi ve Manzini (1986), Rosenblueth (1980), Yazıcı (1997), Ma vd. (2001), Asteris (2003) ile Mostafaei ve Kabeyasawa (2003) da dolgu duvar modelleri üzerinde çalışmalarda bulunmuşlardır.

## **2. DOLGU DUVARLARIN BETONARME YAPILARIN YATAY YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞINA ETKİLERİ**

### **2.1 Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkisi**

Yapılan bir çok çalışmada dolgu duvarların yapı davranışına etki ettiği deneysel ve kuramsal araştırmalar ile ortaya konmuştur. Ancak günümüzde bu duvarlar, genelde yapıyı bölümlere ayırmak için kullanılması sebebiyle yapısal analizlerde yalnızca düşey yük veya yapıya etkileyen sabit yük olarak ele alınmaktadır.

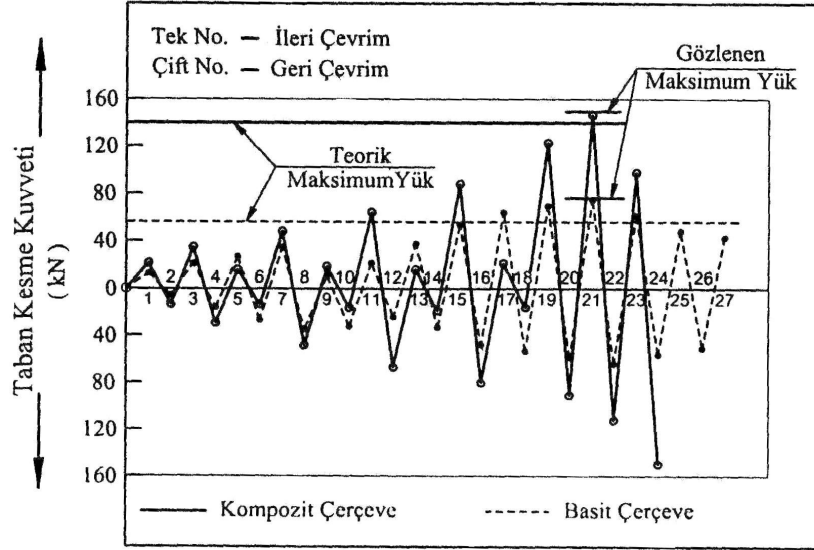
Yapılan çalışmalar göstermiştir ki dolgu duvarların rijitlik katkısı kütle katkısına oranla daha baskındır. Dolgu duvarlar yapının rijitliğini arttırmasının yanında yapının enerji yutma ve sönüm kapasitesini arttırmakta ve yapı periyodunu azalttığı birçok araştırmada ortaya konmuştur. Genel olarak dolgu duvarlar yapının yük taşıma kapasitesini, enerji yutma kapasitesini, rijitliliğini ve sünekliliğini etkilemektedir.

#### **2.1.1. Yük Taşıma Kapasitesi**

Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin hesabında dolgu duvarlar ihmal edilmektedir. Ancak dolgu duvarlar yapının yatay yük taşıma kapasitesini etkilemektedir. Dolgu duvarlı kompozit yapının yatay yük taşıma kapasitesinin betonarme yapıya oranla 1.5 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir(Negro ve Verzeletti, 1996).

Dolgu duvarlar yapının ötelenmelerini perde duvarlar gibi kısıtlamaktadır. Bu kısıtlama perde duvarlardan farklı olarak depremin başlangıcında ya da hafif şiddetli depremlerde tam geçerlidir. Dowrick vd.'de (1987) dolgu duvarların yapının yük taşıma kapasitesini etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Govindan vd. (1986) tek açıklıklı ve 7 katlı betonarme çerçeve örnekleri üzerinde yaptıkları deneylerde dolgu duvarlı çerçevelerin basit çerçeveye göre 2 kat daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olduğunu gözlemiştir. Şekil 2.1'de yapılan deney sırasında farklı çevrimler boyunca, her iki deney numunesinin taban kesme kuvvetlerinin değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme sonucu taban kesme kuvvetlerinin değişimi (Govindan vd., 1996).

Kompozit çerçeveler üzerinde çalışmalar yapan Mehrabi vd.(1996), boşluklu ve boşluksuz tuğlalardan oluşan ayrı dolgu duvar sistemlerini ele almıştır. Yaptıkları çalışmalarda boşluklu tuğla duvarlı çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesinin basit çerçeveye göre 2.1 kat, boşluksuz tuğla duvarlı çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesinin ise basit çerçeveye göre 3.2 kat daha fazla olduğu sonucuna ulaşmıştır.

### 2.1.2. Rijitlik

Dowrick D.J.'in (1987) yaptığı çalışmada dolgu duvarların yapının rijitliğini arttırdığı ve yapının yatayda ve düşeyde rijitlik dağılımını değiştirdiği ifade edilmektedir. Bertera ve Brokken'nin (1981) deprem davranışını ifade eden yükler altında 18 örnek dört tür dolgu kullanılarak yaptığı incelemede dolgu duvarların rijitliği önemli derecede etkilediği gözlemlenmiştir (Tüzün, 1999).

Govindan vd.'nin (1986) çalışmalarında çerçeveye uygulanan tekrarlı yükler altında rijitliklerin değişiminde, yükleme başlangıcında dolgu duvarlı çerçeve basit çerçeveden yaklaşık 5 kat daha rijittir. Çalışmada, çevrimsel yükleme sonucunda çatlakların artması ile rijitlikte önemli bir azalma görülmektedir.

Negro ve Verzeletti (1996) deneylerinde çerçevelerin en üst katta oluşan maksimum yerdeğiştirmeleri karşılaştırıldığında, dolgu duvarlı çerçevede oluşan maksimum deplasmanın

basit çerçeveye göre 2.6 kat daha az olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, basit çerçeveye göre, dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altında çok daha yüksek rijitliğe sahip oldukları belirlenmiştir.

### 2.1.3. Süneklik

Bir yapıda göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin veya yapı elemanlarının yatay yük taşıma dayanımının nonlinear şekil değiştirmelerle sürdürülebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin veya yapı elemanlarının nonlinear davranışta dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği süneklik olarak ifade edilir. Yer değiştirme ve şekil değiştirme yapabilme ve tekrarlı yüklemelerde enerji yutabilme özelliği de süneklik kavramı içerisinde yer alır.

Matematiksel olarak ifade edilirse;

$$\mu = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (2.1)$$

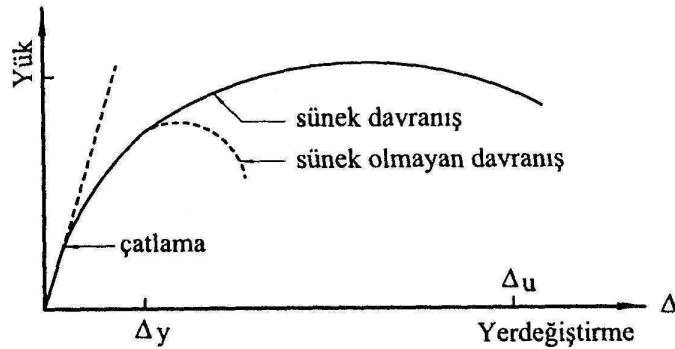
Burada;

$\mu$  = Süneklik

$\Delta u$  = Ulaşılabilecek Toplam Yer Değiştirme

$\Delta y$  = Elastik Sınırdaki Yer Değiştirme

Şekil 2.2'de sünek ve sünek olmayan davranışa ait yük-yerdeğiştirme eğrisi gösterilmiştir. Sünek davranışta, sisteme giren enerjinin bir kısmı doğrusal olmayan davranış ile söndürülürken, büyük şekil değiştirmeler yeniden dağılıma imkan verecek ve taşıma kapasiteleri olan diğer elemanların daha fazla yük almasını sağlayacaktır.



Şekil 2.2 Sünek ve sünek olmayan davranışa ait yük-yer değiştirme eğrisi

Govindan vd. (1986) yaptıkları çalışmalarda basit çerçeve ile dolgu duvarlı çerçeve sistemlerinin süneklikleri karşılaştırıldığında, basit çerçevenin daha sünek davranış sergilediği sonucuna varmışlardır. Basit çerçevenin sünekliğinin, dolgu duvarlı çerçevelere göre 3.29 kat daha büyük olduğu görmüşlerdir.

#### **2.1.4. Enerji Yutma Özelliği**

Enerji yutma kapasitesi, sisteme uygulanan yükleme sırasında yük-yer değiştirme diyagramında eğrilerin altında kalan alan olarak tanımlanmaktadır.

Dowrick (1987) yaptığı çalışmalarda dolgu duvarların yapını enerji yutma kapasitesini oldukça arttırdığını gözlemlemiştir.

Govindan vd. (1986) yaptıkları deneyler sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin basit çerçeveye göre enerji yutma miktarlarının fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

## **2.2. FEMA 306-356**

FEMA(Federal Emergency Management Agency) Amerika Birleşik Devletleri'nde faaliyet gösteren ve Amerika'da ortaya çıkabilecek her türlü felakete karşı önceden tedbir almak ve felaket sonrası müdahale amacıyla kurulmuş bir birimdir. Amerika'da gerçekleşmesi muhtemel deprem ve diğer felaketlere karşı önlem almak amacıyla bazı standartlar ortaya koymuşlardır. Bu felaketlere karşı; mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesine yönelik standart ve yönetmeliklerin hazırlanması için ön çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda dolgu duvarlara da yer verilmişlerdir. Bu doğrultuda dolgu duvarlar ile ilgili olarak FEMA 273, FEMA 274 gibi dokümanlar hazırlanmış ve son olarak ise ön-standart niteliği taşıyan FEMA 356 yayınlanmıştır.

### **2.2.1. Dolgu Panellerin Davranış Şekilleri (FEMA 306)**

Dolgu panel elemanları için dört davranış şekli vardır.

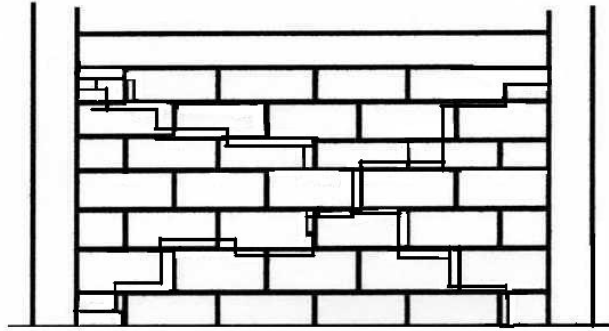
- a. Yatay Derz Kayması: Bu kırılma şekli genelde diğer kırılma şekilleriyle birlikte olur. Sınır çerçeve, çelik çerçevelerde olduğu gibi, güçlü ve eğilebilir olduğunda yatay-derz kayması oluşması olasıdır. Harç yatakları komşu duvar elemanlarına göre zayıf ise (özellikle tuğlalarda), kaymaların olduğu düzlemdeki zayıf bölgeler, dolgu panelin yarı yüksekliğinde oluşur (Şekil 2.3). Hasarlar ilerledikçe küçük ezilmelere dönüşür. Bu davranış şeklinde, deformasyon kapasitesi için gerçek bir sınırlama yoktur.





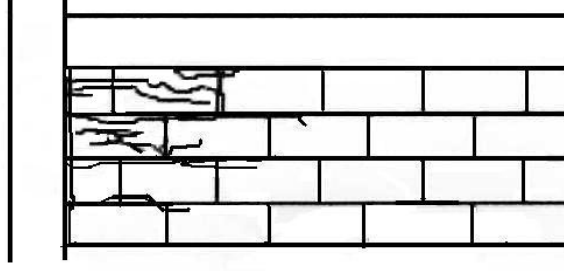
Şekil 2.3 İki açıklıklı blok dolgulu çelik çerçevenin yatay derz kayması

- b. Çapraz Çatlama : Dolgulu bir çerçeve sisteminin düzlemindeki yanal yükleme altında, dolgunun köşegenleri doğrultusunda yüksek basınç gerilmeleri oluşur. Gerilme birim yer değiştirmeleri, dolgu panel malzemesinin çatlama birim yer değiştirmesini aştığında çapraz çatlama oluşur. Dolgunun merkezinde başlayan bu çatlaklar basınç çaprazına paralel olarak ilerler (Şekil 2.4). Katlar arası yer değiştirmeler arttıkça, çapraz çatlakalar karşılıklı iki köşeye uzanana kadar yayılma eğilimi gösterirler. Bu çatlama biçimi, bazen yatay derz kayması ile birlikte olur. Çapraz çatlama davranışı genellikle yeni bir sanal basınç çubuğu davranış şeklinin oluşumuna işaret verir.



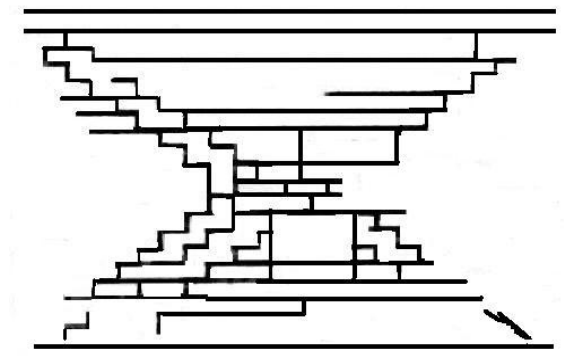
Şekil 2.4 Çapraz gerilme sonucu oluşan orta şiddetli çatlak

- c. Köşe Sıkıştırması : Bu durum, sıkıştırma çaprazının her iki köşesindeki yüksek gerilme toplanmaları yüzünden oluşmaktadır. Güçlü/rijit kolonlar ve kirişler için köşe ezilmesi kısmen küçük bir bölge üzerinde olurken; daha zayıf çerçeveler ve özellikle beton çerçeveler için, köşe kırılması daha yaygın bir alanda olur ve hasar beton çerçeveye kadar erişebilir. Katlar arası yer değiştirme artarken, köşedeki duvar parçalarının tamamen bozulmasına kadar uzanan gözle görünür köşe ezilmeleri olur. Bu olay gerçekleştiğinde ezilme, kolon/kirişin orta noktalarına doğru yayılır. Köşe sıkıştırması durumu Şekil 2.5’de görülmektedir.



Şekil 2.5 Köşe sıkıştırması sonucu oluşan ağır hasar

- d. Düzlem Dışı Kırılma : Düzlem dışı kırılma ancak yapı yüksek büyüklükte bir sarsılmaya maruz kalırsa görülebilir. Bu kırılma, kat ivmelerinin sinüs dalgalarının belirgin olduğu yüksek katlı yapıların üst katlarında olabilir. Alt katlarda, düzleminde yüksek kat kesmeleri ile birleştiğinde, dolgu paneller, yüklemenin her döngüsünde, çerçevenin çevreleme özelliğinin ilerleyen bir şekilde kaybolmasına eğilim gösterir. Fakat tamamlanmış düzlem dışı kırılma yaygın olmadığı için bu davranış şeklinin olduğuna dair kanıt azdır. Şekil 2.6'da ağır şiddetteki bir düzlem kırılma şekli görülmektedir.



Şekil 2.6 Düzlem dışı yükler altında dolgulu duvarda oluşan ağır şiddetteki düzlem dışı kırılma

### 2.3. Tuğla Dolgulu Düzlem Çerçevenin Yanal Rijitliği (Asteris, 2003)

Bu kısımda, dolgu çerçevede bulunan açıklıkların rijitliğe etkisi hakkında Asteris'in (2003) yaptığı çalışma verilecektir.

Asteris, daha önceki çalışmalarında şu sonuçlara ulaşmıştır:

1. Dolgulardaki açıklıklar, dolgulu çerçevenin mukavemet ve rijitliğinde önemli azalmalara yol açar.

2. Açıklıklar basınç çaprazının yukarisına doğru uzandığı zaman dolgu eğilme, kesme ve basınç altındadır ve dolgunun hareketi bir sanal basınç çubuğunun hareketinden farklıdır.

Yapılan bu çalışmada; sonlu elemanlar analizi ile tek katlı ve tek açıklıklı dolgu duvarlı çerçeve yapı, farklı boyuttaki açıklık konum ve durumlarına göre analiz edilmiştir.

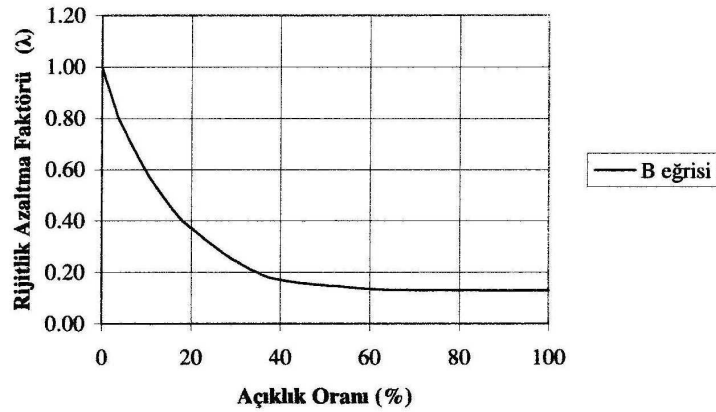
Yatay yükleme altındaki dolgulu düzlem çerçevelerin yatay rijitlik davranışı üzerindeki açıklıkların etkisini doğrudan anlamak için aşağıdaki parametreler ve durumlar gözönüne alınmıştır:

- Dolgu panelde açıklıkların bulunup bulunmaması
- Açıklıkların oranı (4.00, 9.00, 16.00 ve 25.00 açıklık yüzdeleri üzerinde çalışılmıştır)
- Basınç çaprazlarına göre açıklıkların durumu aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

A durumu : Açıklık basınç çaprazının alt tarafında

B durumu : Açıklık basınç çaprazının üzerinde

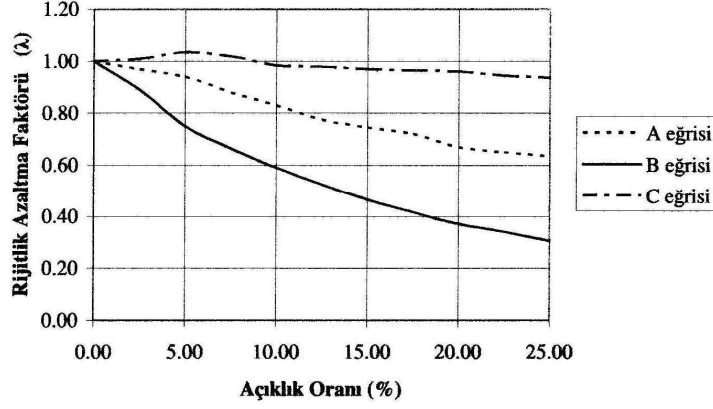
C durumu : Açıklık basınç çaprazının üst tarafında



Şekil 2.7 Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü (λ) arasındaki ilişki (B durumu için).

Rijitlik azaltma faktörü olarak nitelendirilen  $\lambda$ 'nın değişimi, açıklık oranı (kapı ve pencere boşluğu alanı/dolgu duvar alanı) ve açıklığın yerine göre, açıklık yüzdesinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Şekil 2.7, açıklığın basınç çaprazının üzerindeki durumu (B durumu) için, açıklık yüzdesinin bir fonksiyonu olarak  $\lambda$  faktörünün değişimini gösterir. Açıklık yüzdesindeki artış çerçevenin rijitliğinin azalmasına sebep olur. Açıklıkların %50'yi aşması durumunda pratik olarak  $\lambda$ 'nın sabit kaldığı söylenebilir.

Şekil 2.8 ise A,B ve C durumları için rijitlik azaltma faktörünün, açıklık yüzdesi ile ne kadar değiştiğini göstermektedir.



Şekil 2.8 Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü ( $\lambda$ ) arasındaki ilişki (A,B ve C durumları için).

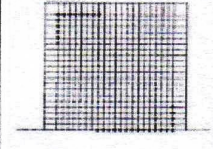
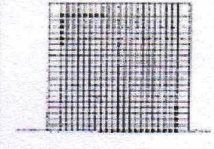
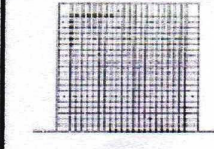
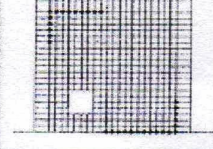
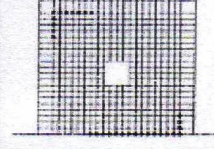
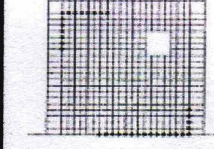

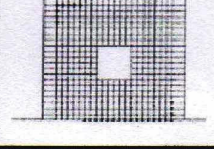
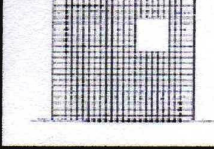
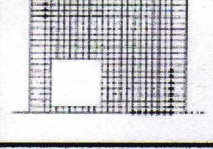
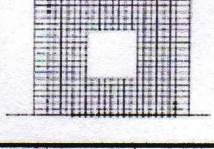
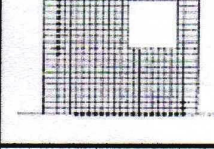
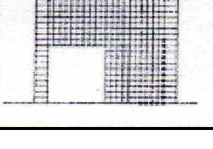
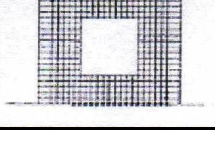

Buradan da anlaşılacağı üzere araştırmacı; açıklık, basınç çaprazının üzerinde olduğunda rijitliğin daha çok azalmakta olduğunu ifade etmiştir. Bu durumu ise dolgu duvarın basınç çaprazı hareketi yapmasıyla açıklamıştır.

Asteris'in yaptığı çalışmada, pratik modelleme için FEMA'nın da kullanılması için önerdiği, (3.1) ve (3.3) eşitliklerinde gösterilen, Mainstone'nun (1971) formülleri esas alınmıştır.

Ayrıca, kapı pencere boşluklarının rijitliği azaltması göz önünde bulundurularak, Mainstone'un tavsiye ettiği formülün, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8'den elde edilen, rijitlik azaltma faktörü olan  $\lambda_{\text{grafik}}$  ile çarpılarak gerçeğe daha yakın bir 'eşdeğer genişlik' Asteris tarafından önerilmiştir (2.2).

$$w = 0.175\lambda_{\text{grafik}}(\lambda h)^{-0.4} r_{\text{inf}} \quad (2.2)$$

Temas uzunluğunun açıklık pozisyonuna bağlı olduğu gözlenmiştir. Açıklık yüzdesindeki artışın B ve C durumları için temas uzunluğunda bir azalışa yol açtığı, fakat A durumu için temas uzunluğunda bir artışa yol açtığı gözlenmiştir. Şekil 2.9'da A, B ve C açıklık durumları için farklı açıklık oranlarındaki tuğla dolgu duvar ve çevreleyen çerçeve arasındaki temas/etkileme alanları tanımlanmıştır.

AÇIKLIK ORANI %	AÇIKLIĞIN KONUMU		
	A diyagonalin dışında ve alt sol tarafında	B diyagonalin üzerinde	C diyagonalin dışında ve üst sağ tarafında
0.00			
4.00			
9.00			
16.00			
25.00			

Şekil 2.9 Açıklık oranı ve açıklığın konumuna göre temas uzunluğunun değişimi. Asteris, (2003)

Asteris, ayrıca yumuşak kat etkisine değinmiş, yumuşak katın bir kattaki rijitlik azalması sonucu ortaya çıktığını ifade etmiştir. Depremlerde çoğu bina hasar görmezken yumuşak kata sahip binalarda zemin katın düşey taşıyıcı elemanlarında şiddetli hasar görüldüğünü vurgulamıştır.

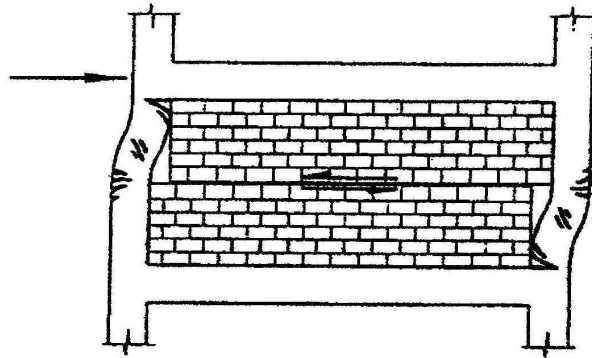
Değişik duvar konumlarındaki 3 katlı, tek açıklıklı binalarla yapılan analizler sonucu ise, dolgu duvarın, çerçevenin yanal direncine ve rijitliğine önemli bir katkısının olduğu ifade edilmiştir(Tetik 2007).

#### 2.4. Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Olumsuz Etkileri

Dolgu duvarların yapı davranışına deprem yükünün bir kısmını sönmölemek gibi olumlu

etkileriyle birlikte bilhassa dolgu duvarların yapıdaki dağılımından kaynaklanan olumsuz etkileri vardır. Bu etkiler aşağıda sıralanmıştır;

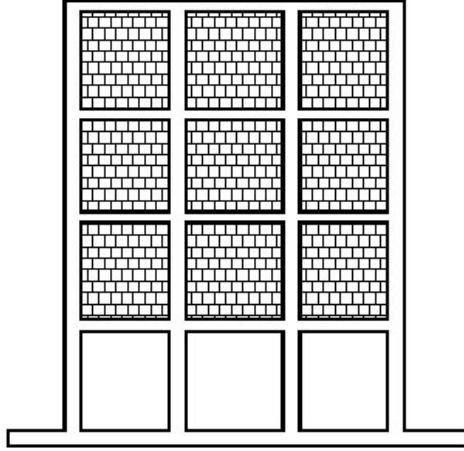
Bölüm 2.2.1’de açıklanan ‘Dolgu Panellerin Davranış Şekilleri’ konusunda başlıca dört tip hasar şekli incelenmişti. Tekrarlı yükler altında, yapının deprem davranışının ilk anlarında veya yatay yer değiştirmenin küçük değerlerinde, dolgu duvar ve çerçeve elemanları aynı anda hareket ederek perde davranışı gösterirken yer değiştirmenin artması ile birlikte çerçeve elemanları ile dolgu duvarlar farklı davranış gösterecektir. Gelen yatay yükün artması ile birlikte çerçeve eğilme davranışı gösterirken, dolgu duvarlar kayma davranışı gösterecektir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altında davranışı

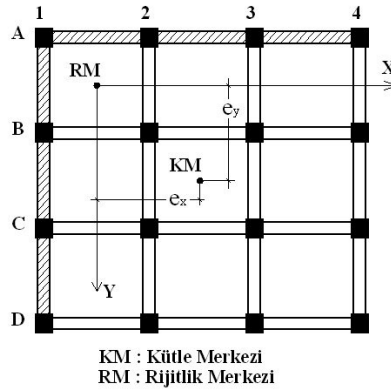
Yapılarda yumuşak kat oluşumuna sebep olan dolgu duvarların varlığıdır. Yapının tüm katlarında yer alan dolgu duvarların bir katta yer almaması durumunda yumuşak kat oluşmaktadır(Şekil 2.11). Yumuşak katlı yapının taban kesme kuvveti arttığından dolayı yumuşak kat rölatif yer değiştirmesinin arttığı görülmektedir. Yumuşak kattaki yer değiştirme artışından dolayı kesit tesirleri artmakta ve yapı daha güvensiz hale gelmektedir (Sivri vd. 2006; Kormaz ve Uçar 2006).

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik’te düzensiz binaların tanımlandığı bölümde yumuşak kat oluşumu açıklanmıştır. Yönetmeliğe göre iki komşu kat arasındaki görelî kat ötelemesinin oranının 2’den büyük olması durumunda yapıda yumuşak kat oluşmaktadır. Yönetmeliğe göre birinci ve ikinci deprem bölgelerinde yumuşak kat oluşan yapıların deprem yükü hesabında eşdeğer deprem yükü hesabı yapılmaz. Deprem yükü hesabı mod birleştirme yöntemine veya zaman tanım alanında hesap yöntemine göre yapılır.



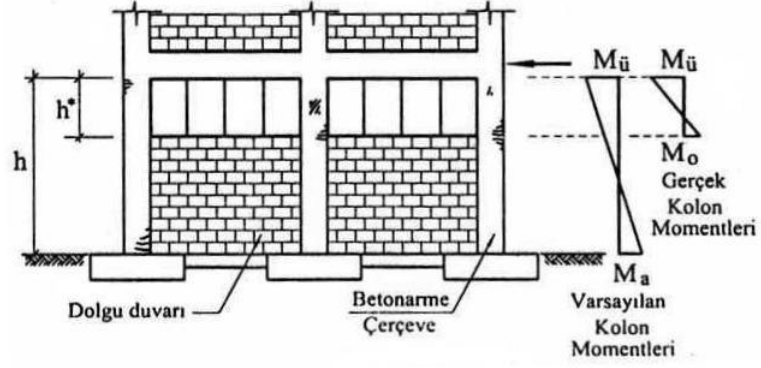
Şeki 2.11 Dolgu duvarların dağılımından kaynaklanan yumuşak kat oluşumu

Dolgu duvarların yapı içerisinde simetrik dağılması sonucu yapının rijitlik merkezi değişebilmekte ve yapı öngörülmeyen burulma etkilerine maruz kalmaktadır (Kormaz ve Uçar 2006). Şekil 2.12 ile verilen örnekte, '1' ve 'A' akslarında dolgu duvar mevcut olan bir yapının kat planı görülmektedir. Tasarım aşamasında, dolgu duvarların dikkate alınmaması ile çözülecek olan sistemin her bir doğrultusundaki çerçevelerin benzer etkilere maruz kalacağı söylenebilir. Fakat gerçekte, dolgu duvarlar nedeni ile '1' ve 'A' aksı çerçevelerinin rijitlikleri, diğer akslara göre daha büyük olacaktır. Tüm sistemde ise, rijitlikteki bu artış sebebiyle yapının doğal periyodu küçülecektir.



Şekil 2.12 İki çerçevesi dolgu duvar içeren çok katlı betonarme yapının kat planı

Kısa kolon oluşumunda dolgu duvarın etkisi büyüktür. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'te de yer alan dolgu duvarlardan kaynaklı kısa kolon oluşumları Şekil 2.13'de görülen örnekte gösterilmektedir. Yönetmelik bu şekildeki kısa kolon oluşumları için kesme kuvveti ve moment hesabında ve donatı koşullarında değişiklik şartı koymaktadır.



Şekil 2.13 Bir bölümünde dolgu duvar bulunan betonarme çerçeve, (Paulay ve Priestly 1992). Yatay kuvvetler altında, duvar etkisi ihmal edildiğinde, kolonlarda plastik kesitlerin kolon alt ve üst uçlarında oluşması beklenir ve kolonlar (2.3) eşitliği ile hesaplanan kayma kuvvetini belirli bir güvenlikle taşıyabilecek şekilde tasarlanır.

$$V_d = \frac{M_a + M_u}{h} \quad (2.3)$$

Ancak, gerçek davranışta dolgu duvarların varlığı nedeniyle, sağ ve orta kolonun serbest açıklığı küçülecek ve bu kolonlarda, kolon alt ucunda öngörülen plastik kesit, duvarın üst bitim bölgesi seviyesinde oluşacaktır. Bu durumda, sağ ve orta kolonda oluşacak kayma kuvveti (2.4) eşitliği ile hesaplanabilir.

$$V_d^* = \frac{M_u + M_o}{h^*} \quad (2.4)$$

$V_d^*$  değerinin,  $V_d$  değerinden büyük olacağı görülmektedir. Diğer bir deyişle, kolonlar tasarlandıkları maksimum kuvvetten daha büyük bir kesme kuvvetine maruz kalacaklardır.

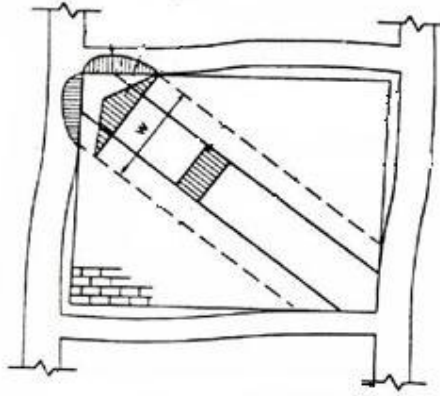


### 3. DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN MODELLENMESİ

Birçok araştırmacı, dolgu duvarlı sistemlerin yatay yükler altındaki davranışını farklı yöntemler ile incelemiştir. Dolgu duvarların analitik modele yansıtılması konusunda iki farklı yaklaşım mevcuttur. Birincisi mikro modelleme olup her duvar paneli sonlu eleman ağı ile temsil edilerek çözüme gidilir. Bu tür modellemelerde bloklar ve harç ayrı ayrı modellenir, ayrıca aralarındaki enterfaz davranışı da dikkate alınır. Uygulama açısından pratik değildir. Bu yaklaşım çözümü oldukça zorlaştırmakta ve verimli olmamaktadır. Makro modellemede ise duvarın homojenizasyonu değişik yöntemlerle gerçekleştirilir. İkinci yaklaşım ise makro modellemedir. Bu modelleme de duvar bir bütün yapı elemanı olarak hesaba katılır. Yapılan araştırmalar neticesinde makro modelleme ile bulunan sonuçlar micro modelleme ile bulunan sonuçlara oldukça yakın çıkmaktadır. Makro modellemedeki uygulama kolaylığı ve sonuçların mikro modellemeye yakın çıkması sebebiyle makro modelleme daha yaygın olarak benimsenmektedir.

#### 3.1. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yatay Yük Altında Davranışı

Yatay yük seviyesinin küçük değerleri için betonarme çerçeve ve dolgu duvar birlikte hareket etmektedir.



Şekil 3.1 Dolgu duvarlı çerçevede basınç çubuğu oluşumu

Yatay yer değiştirmelerin artmaya başlamasıyla birlikte çerçeve eğilme modunda hareket etmekte ve dolgu duvarlar buna engel olmaya çalışmaktadır. Yatay yükün artmasıyla birlikte çerçeve elemanları eğilme davranışı biçiminde şekil değiştirmeye çalışırken, dolgu duvar paneli kayma davranışı biçiminde şekil değiştirmeye çalışacaktır. Yükün artmasıyla dolgu duvar kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, çerçeve ve dolgu duvarlar birbirinden ayrılacak, diğer köşegen doğrultusunda oluşacak olan basınç gerilmeleri, duvar içinde sanal bir basınç çubuğu

meydana getirecektir.(Şekil 3.1).

### 3.2. Dolgu Duvarların Analitik Modele Yansıtılması

Dolgu duvarın analitik modele yansıtılmasında bir çok araştırmacı dolgu duvarları eşdeğer çapraz çubuklarla tarif etmişlerdir (Şekil 3.2). Dolgu duvarı temsil için oluşturulacak olan eşdeğer çapraz çubuğun geometrik ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesi son derece önemlidir. Bu özelliklerin belirlenmesinde araştırmacılar farklı yöntemler ve formüller kullanmıştır.

Mainstone (1971) çapraz çubuğun genişliğinin dolgu duvarların ve çerçevenin göreceli rijitliklerine göre değiştiğini ifade etmiştir. Mainstone “  $\lambda_h$  ” ifadesiyle çapraz çubuğun genişliğini tarif etmiştir.

$$\lambda_h = \sqrt[4]{\frac{E_i . t . \sin 2\theta}{4 . E_c . I_c . h_p}} \quad (3.1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{h_p}{L_p} \right) \quad (3.2)$$

$$w = 0,175 . (\lambda_h)^{-0,4} . L \quad (3.3)$$

$E_i$  : Dolgu duvarın elastisite modülü,

$E_c$  : Kolonun elstisite modülü,

$I_c$  : Kolonun atalet momenti,

$L$  : Kirişin uzunluğu,

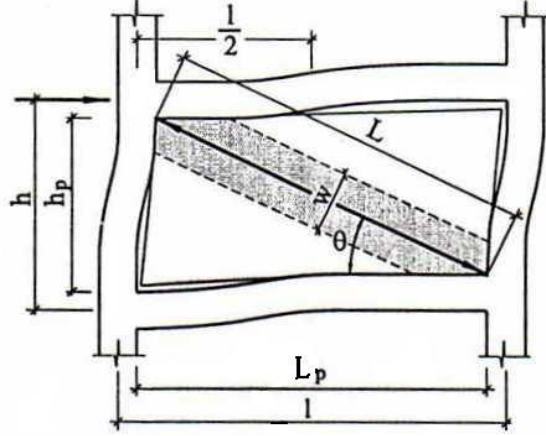
$L_p$  : Duvar uzunluğu,

$h_p$  : Duvar yüksekliği,

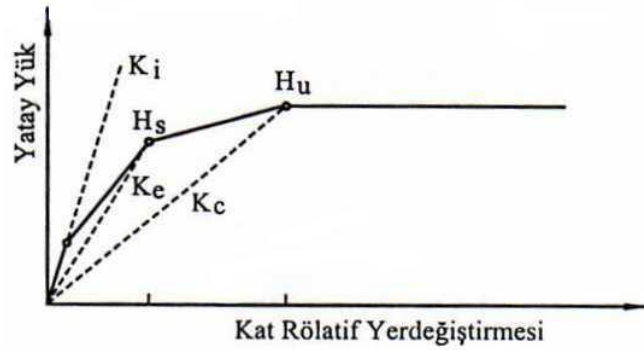
$h$  : Kolonun yüksekliği,

$t$  : Duvar kalınlığı, olarak tanımlanmıştır.

Zarnic yaptığı çalışmalarda dolgu duvarları  $L$  uzunluğunda  $w$  genişliğinde çapraz çubuk olarak modellemiş, yüklemenin kritik anlarındaki (başlangıç, çatlama, göçme) yük yer değiştirme eğrisini ideal bir zarf ile tarif etmiştir(Şekil 3.3) (Tetik 2007).



Şekil 3.2 Dolgu duvarların analitik modelde temsil edilmesi



Şekil 3.3 Dolgu duvarlı çerçevenin rijitliği.

Şekil 3.2'deki ideal zarf eğrisinde;

$K_i$  : Dolgu duvarlı çerçevenin başlangıç rijitliği,

$K_e$  : Dolgu duvarlı çerçevenin efektif rijitliği,

$K_c$  : Dolgu duvarlı çerçevenin kayma dayanımına ulaştığı andaki rijitliği,

$H_s$  : Dolgu duvarda büyük çatlaklar oluştuğu andaki dayanımı,

$H_u$  : Dolgu duvarlı çerçevenin kayma dayanımı

olarak ifade edilmiştir.

Dolgu duvarlı çerçevelerin başlangıç rijitlikleri ile çatlama ve deformasyonlar sonrası rijitlikleri farklılık göstermektedir. Başlangıç rijitliği elastik yer değiştirmeleri kapsayan küçük bir bölge için geçerlidir. Çerçeve ile dolgu duvarın birleştiği yerlerdeki ilk çatlaklardan sonra rijitlikte azalmalar meydana gelir. Bu azalma sebebiyle dolgu duvarların elastik

olmayan davranışlarını incelemek yararlıdır. Zarnic bu doğrultuda yaptığı çalışmalarda elastik yer değiştirmelerin olduğu bölgeyi ihmal ederek yeni etkili rijitlik tanımlamıştır( $K_e$ ). Bu etkili rijitlik, dolgu duvardan ve kolonlardan oluşan perde duvarın yatay rijitliği gibi modellenmiştir. Rijitliğin bu değeri, küçük çatlakların duvar boyunca yayıldığı andaki kayma modülü  $G_p$ 'nin bir fonksiyonudur. Yapılan çalışmalar sonucu kayma modülü (3.4) eşitliğindeki gibi tarif edilmiştir. Zarnic, dolgu duvarlarının kayma modülünün başlangıç değerinin, elastisite modülünün %6~12'si kadar olduğunu gözlemiştir (Tetik 2007).

$$G_p = \frac{1.2}{\frac{A_e}{h_p \cdot K_{ep}} \cdot \frac{1}{E_p} \left( \frac{h_p}{I_p} \right)^2} \quad (3.4)$$

A : Kesit alanı,

h : Yükseklik,

E : Elastisite modülü,

G : Kayma modülü,

I : Boy,

f : Çerçeveye olan aitliği gösteren indis

p : Dolgu duvara olan aitliği gösteren indis'i ifade etmektedir.

Bu eşitlikte  $K_{ep}$  değeri, dolgu duvarlı çerçevenin kayma dayanımının %30'una ulaşıldığı anda dolgu duvarın rijitliğini göstermektedir. Dolgu duvarlı çerçevenin yatay rijitliği denklem (3.5)'deki gibi ifade edilmiştir:

$$K_e = \frac{1}{\frac{h_p^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p} + \frac{1,2 \cdot h_p}{G_p \cdot A_e}} \quad (3.5)$$

Burada;

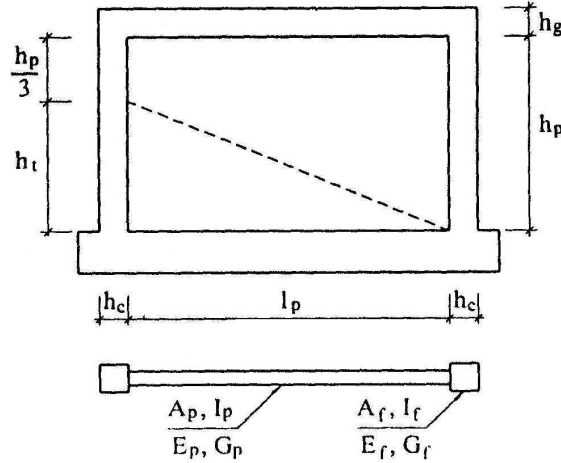
$$A_e = A_p + 2 \cdot C_E \cdot A_f \cdot \frac{G_f}{G_p} \quad (3.6)$$

$$I_e = I_p + 2.C_E \cdot \frac{E_f}{E_p} \left( I_f + A_f \cdot \frac{(h_c + I_p)^2}{4} \right) \quad (3.7)$$

(3.6) ve (3.7) eşitliklerindeki  $C_E$  katsayısı; çerçevenin, dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğine olan katkısını belirtmektedir.  $C_E$  katsayısı, çerçeve ile dolgu duvarı arasında tam bağlantı sağlandığında 1, aralarında boşluk olması durumunda ise 0 olarak kabul edilir.

Dolgu duvarının kayma modülünün başlangıç değeri (3.6) eşitliğinde kullanılarak dolgu duvarlı çerçevenin başlangıç rijitliği  $K_i$  de elde edilebilir.

Buraya kadar verilen ifadeler duvar boyunca küçük çatlakların daha çok olması durumunu içindir. Yatay yükün devam etmesiyle birlikte oluşan büyük çatlaklar veya kayma yerdeğiştirmeleri bulunan sistemin yatay rijitliği de tanımlanmıştır. Bu durumda sistemin yatay rijitliği, çatlakları olmayan dolgu duvarı yerine, bir ucu dolgu duvarın bir kenarının yüksekliğinin 2/3'ünden bağlı, diğer ucu dolgu duvarın kolonun alt ucu ile keşiştiği yerden bağlı diyagonal pandül çubuk ve çerçeveden oluşan sistemin yatay rijitliği gibi hesaplanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Kayma dayanımına ulaşıldığı anda dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğini bulmak için tarif edilen eşdeğer sistem(Tetik 2007).

Burada, diyagonal pandül çubuğun alanı  $A_d$ , dolgu duvarın üçgen bölümünün rijitliği  $K_t$ 'nin bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır.

$$K_t = \frac{1}{\frac{5.h_t^3}{12.E_p.I_p} + \frac{0,6.h_t}{G_p.A_p}} \quad (3.8)$$

Çubuğun enkesit alanı, uzama rijitliği ifadesinden çekilirse;

$$A_d = K_t \cdot \frac{L}{E_p} \quad (3.9)$$

elde edilir. Pandül çubuğun genişliği w, (3.10) ifadesinden hesaplanabilir;

$$w = \frac{A_d}{t} \quad (3.10)$$

Paulay ve Priestley (1992) w çapraz pandülün genişliğini, L diyagonal pandül uzunluğunu göstermek üzere;

$$w = 0,25.L \quad (3.11)$$

olarak belirlemişlerdir.

Holmes (1963) çapraz pandülün genişliğini, L diyagonal pandül uzunluğunu göstermek üzere;

$$w = L/3 \quad (3.13)$$

olarak belirlemiştir.

Hendry (1981) çapraz pandülün genişliğini belirlemek için aşağıdaki denklemi önermiştir.

$$\frac{w}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\alpha_h^2 + \alpha_L^2} \quad (3.14)$$

$$\alpha_h = \frac{\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{4E_f.I_c.h}{E_m.t.\sin 2\theta}} \quad (3.15)$$

$$\alpha_L = \pi \sqrt[4]{\frac{4E_f.I_h.h}{E_m.t.\sin 2\theta}} \quad (3.16)$$

$\alpha_h$  : Duvar ile kirişler arası temas uzunluğu

$\alpha_L$  : Duvar ile kolonlar arası temas uzunluğu

$E_m, E_f$  : Duvar ve çerçeve malzemesinin elastik modülü,

$t$  : Dolgu duvarın kalınlığı,

$h$  : Dolgu duvarın yüksekliği,

$L$  : Dolgu duvarın uzunluğu,

$I_c$  : Kolonun atalet momenti,

$I_h$  : Kirişin atalet momenti,

$\theta$  :  $\tan^{-1}(h/L)$

Yüksel vd.(1995), Ersin (1997)'nin yapmış oldukları çalışmalarda dolgu duvarlar mekanik modele yansıtılırken eşdeğer çapraz çubuğun aksenal rijitliği:

$$EF = E.t.w \quad (3.17)$$

olarak tanımlanmıştır. Burada ;

$E$  : Duvarın elastisite modülü

$t$  : Duvarın kalınlığı,

$w$  : Duvarın genişliğidir.

$L_d$  : Dolgu duvarın diyagonal uzunluğu,

$w = \alpha . L_d$  olarak tanımlanırsa;

$$EF = E.t.\alpha . L_d \quad (3.18)$$

olacaktır. Burada  $\alpha$ , pandül çubuk genişliğinin( $w$ ), dolgu duvar diyagonal boyuna göre tanımlanmasını sağlayan katsayıdır.

Boşluk bulunduran dolgu duvarları kapsayacak şekilde  $\beta$ , diğer etkenler için de  $\gamma$  gibi çarpanlarla ele alınırsa (3.18) eşitliği;

$$EF = E.t.\alpha .L. \beta . \gamma \quad (3.19)$$

halini alır.

### 3.3. Dolgu Duvarları Temsil Edecek Çapraz Basınç Çubuklarının Tanımlanması

#### 3.3.1 Dolgu Duvarın Elastisite Modülü

Dolgu duvarları tanımlayacak mekanik modelde, dolgu duvarın elastisite modülünün bilinmesi gerekmektedir. Dolgu duvarın elastisite modülü tuğla basınç dayanımına, blok yüksekliğine, harç tabakasının basınç dayanımı ve blok kalınlığı gibi birçok faktöre bağlıdır. Yapılan çalışmalarda duvarın sıvalı ve sıvasız olma durumu da göz önüne alınmıştır. Dolgu duvarın elastisite modülü hakkında yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Kaltakçı vd. (2003, 2004) elastisite modülünü 5750 MPa olarak, Page (1981) ise  $E_x=4500$  MPa,  $E_y=7500$  MPa olarak bulmuştur. Paulay ve Pristley (1982) elastisite modülünü 8250 MPa kabul etmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise, Ersin (1997) yapmış olduğu çalışmadaki değerler kabul edilmiştir. Çizelge 3.1’de mekanik modelde kullanılacak elastisite modülü değerleri verilmiştir. Burada,  $E_{par}$  delikler doğrultusundaki elastisite modülünü,  $E_{dik}$  deliklere dik doğrultudaki elastisite modülünü,  $E_{ort}$  ise iki doğrultudaki elastisite modüllerinin ortalamasını ifade etmektedir.

Çizelge 3.1 Dolgu duvarların mekanik modellemesinde kullanılacak olan elastisite modülleri, Ersin (1997)

Dolgu Duvar	$E_{par}$ (MPa)	$E_{dik}$ (MPa)	$E_{ort}$ (MPa)
Sıvasız	4600	2500	3500
Sıvalı	7800	4200	6000

#### 3.3.2 Çapraz Çubuk Alanı ve $\alpha$ Çarpımı

Eşdeğer çapraz çubukların alanı  $F$  olmak üzere;  $t$  duvar kalınlığı,  $w$  ise eşdeğer çapraz çubuğun genişliği alınarak;

$$F = t.w \quad (3.20)$$

olarak ifade edilmiştir.

3.2. bölümünde  $w = \alpha \cdot L_d$  olarak ifade edilmiştir.

Dolgu duvarın diyagonal boyu  $L_d$  ise;  $l_i$  duvar uzunluğu ve  $h_i$  duvar yüksekliği olmak üzere;



$$L_d = \sqrt{(l_i^2 + h_i^2)} \quad (3.21)$$

olacaktır.

Eşdeğer çubuk alanı ;

$$F = t.\alpha.L_d \quad (3.22)$$

şeklini alacaktır. Buradan  $\alpha$  değeri çekilirse,

$$\alpha = \frac{F}{t.L_d} \quad (3.23)$$

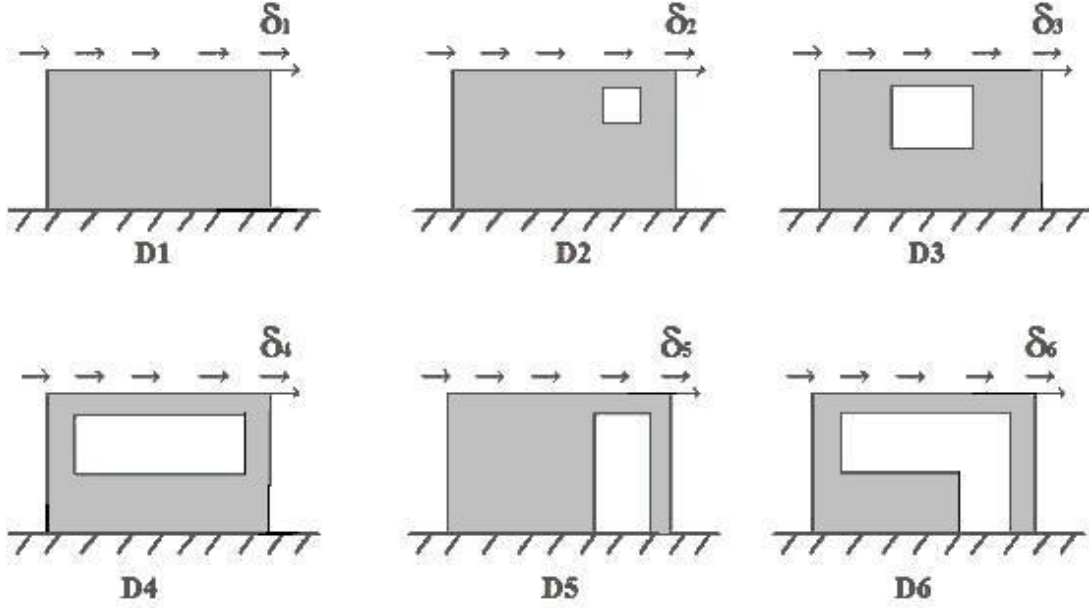
elde edilecektir. Pandül çubukların etkin genişliğinin, pandül boyuna göre tanımlanması için kullanılacak katsayı olan  $\alpha$ 'nın, duvar kalınlıklarından bağımsız ve sıvalı/sıvasız duvarların değişen uzunluklarına ait değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Duvar uzunlukları için hesaplanan  $\alpha$  değerleri, Ersin (1997).

$\alpha$	Sıvasız		Sıvalı		
	t	8,5cm	12,5cm	13,5cm	17,5cm
$L_d=3,69$ m		0,49	0,46	0,40	0,37
$L_d=4,66$ m		0,49	0,46	0,40	0,37
$L_d=5,55$ m		0,51	0,47	0,40	0,37

### 3.3.3 Dolgu Duvar Boşluklarının Mekanik Modele Yansıtılması ( $\beta$ Çarpanı)

Yapılarda işlevsellikleri ve kullanım durumlarına göre dolgu duvar üzerinde farklı şekil ve boyutta boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar dolgu duvarın eşdeğer çapraz çubuk şeklinde çalışmasını engellemekte ve yapının yatay rijitliğe katkısını değiştirmektedir. Yapılarda kullanılan bu boşlukların etkisini belirlemek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Ersin'nin (1997) yaptığı çalışmada boşluksuz dolgu duvar temel alınarak, uygulamada en sık gözlenen 5 adet boşluklu duvar tipinin boşluksuz duvara oranla sağlayabildiği yatay rijitlik sonlu eleman çözümleriyle incelenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Çözümlemelerde esas alınan boşluk tipleri (Tetik 2007).

Bu çalışmada 12,5 cm. kalınlığında dolgu duvarlar esas alınmıştır. Hazırlanan mekanik modelde tuğla ve harcın oluşturduğu karma ortama karşılık gelen eşdeğer homojen tek malzemeden yapılmış bir sonlu eleman kullanılmıştır.

Mekanik model üzerinden yapılan çözümlerinde, duvarlar dipte ankastre olarak mesnetlenmiş ve üst uç düğüm noktalarına 1 kN'lık yatay yükler yayılı olarak etkilmiştir. Dolgu duvarların alt ucundaki düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri tutulmuş, diğer düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri ise serbest bırakılmıştır.

Yükleme sonucunda boşluklu dolgu duvarların üst sağ ve sol uçlarındaki yerdeğiştirmeler ( $\delta_R$ ,  $\delta_L$ ), dolu dolgu duvarın yerdeğiştirmelerine bölünerek boşluk bulunduran dolgu duvarın yatay rijitliğinin, boşluksuz dolgu duvarın yatay rijitliğine oranı olarak tanımlanan  $\beta$  sayıları bulunmuştur.

Sonuç olarak, boşlukların yatay rijitlikte neden olduğu azalmada hesaba katılacak  $\beta$  katsayıları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Dolgu duvarların mekanik modele yansıtılmasında kullanılacak  $\beta$  katsayıları, Ersin (1997).

Tip	Boşluk	$\beta$
D1 (dolu dolgu duvar)	-	1
D2 (küçük pencere boşluklu duvar)	40 x50 cm	0,9
D3 (pencere boşluklu duvar)	140 x 120 cm	0,2
D4 (büyük pencere boşluklu duvar)	240 x 120 cm	0
D5 (kapı boşluklu duvar)	80 x 200 cm	0,5
D6 (kapı+pencere boşluklu duvar)	240 x 240 cm	0

Yapılar dolgu duvarlı olarak tasarlandığı durumlarda duvarlardaki boşluklar mutlaka dikkate alınmalıdır. Yapılan çalışmanın sonuçları göz önüne alındığında boşluk durumuna göre dolgu duvarın rijitliğinde önemli azalmalar görülmektedir.

### 3.3.4. Dolgu Duvar Hasarlarının Etkisi ( $\gamma$ Çarpanı)

Yapılarda dolgu duvarlar yapılırken bir takım yapım kusurları oluşur. Ayrıca deprem sonucu kalıcı yerdeğiştirmelerde meydana gelebilir. Dolgu duvarları temsilde kullanılan eşdeğer basınç çubukların rijitliklerini etkileyen bu durumlar  $\gamma$  çarpanı ile temsil edilir.  $\gamma$  katsayısı, varsayımlarla ve deneme yanılma yöntemi ile belirlenmektedir. Dolgu duvarların analizlerde göz önüne alınması durumunda dolgu duvarların kayma çerçevesi gibi davranacağı varsayılmaktadır. Dolgu duvarda herhangi bir hasar olmaması halinde  $\gamma$  çarpanı 1 olarak alınacaktır. Meydana gelebilecek herhangi bir etkiden dolayı, çerçeve ve dolgu duvar arasındaki kopmalar oluşursa dolgu duvarın yapı yatay rijitliğe katkısı çok düşük olacağından 0 olarak alınır. Bu durumda duvarın sadece bina ağırlığına etkisi olacak, yatay rijitliğe herhangi bir etkisi olmayacaktır. Hasarın kısmi olduğu durumlarda ise, hasar durumuna bağlı olarak  $\gamma$  katsayısı 0 ile 1 arasında bir değer alır. Yapı periyotlarını arttıran başlıca nedenlerden birinin yapıda meydana gelen hasarlar olduğu gözönüne alınırsa,  $\gamma$  katsayısı, deneysel yolla bulunan periyotları kuramsal yolla bulunan periyotlara yakınlaştırmak için kullanılır.

## 4. DOLGU DUVARLI YAPILARIN SERBEST TİTREŞİM PERİYOTLARI

### 4.1. Dolgu Duvarların Yapı Periyotlarına Etkisi

Yapı tasarımında deprem etkisi göz önüne alınırken en önemli faktörlerden biri yapının periyodudur. Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi yapının depremdeki davranışı için önemli olan bu değer bulunurken yapının dolgu duvarları ihmal edilmektedir. Ancak dolgu duvarların yapının rijitliğini arttırdığı göz önüne alınırsa yapının periyodunda bir azalma meydana gelecektir.

Depremi ilk etkisi sonrası dolgu duvarların çatlaması sebebiyle duvarların yapı periyoduna olan etkisi azalmaya başlar. Deprem kuvvetlerinin devam etmesi durumunda dolgu duvarların etkisi sifıra yaklaşır. Dolgu duvarların etkisinin bitmesinin ardından kolon ve kirişlerde çatlaklar meydana gelir ve yapı periyodunda önemli artışlar meydana gelir.

Ülkemizdeki deprem yönetmeliklerinde dolgu duvarların yapı periyoduna etkisi ihmal edildiği ifade edilmiştir. Ancak yapı periyodunda önemli derece etkisi olan dolgu duvarların deprem yönetmeliklerde yer almaması bu konunun önemini arttırmaktadır.

Deprem yükü azaltma katsayısı olarak tanımlanan R yönetmeliklerde formülasyon esaslı tanımlamadan ziyade sayısal değerlerin tablolaştırılmasıyla belirlenmektedir. Türk Deprem Yönetmeliği'nde de bu katsayısını hesabına ait değerler verilmemiş olup, yapı tiplerine göre tablo verilmiştir.

### 4.2. Yapı Periyodu İçin Verilen Formüller

Ülkemizde, ABYYHY (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998)'de yapı periyot hesaplaması için;

$$T = C_t \cdot H_n^{0,75} \quad (4.1)$$

denklemleri verilmiştir.

Verilen diğer bazı ampirik formüller;

San Francisco Deprem Komitesi tarafından verilen;

(H bina yüksekliğini, D titreşim istikametinde bina genişliğini göstermek üzere)

$$T = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{D}} \quad (4.2)$$

Bunun dışında önerilen çeşitli formüller mevcuttur. Dünya deprem yönetmeliklerinde mevcut periyot formülleri aşağıda verilmiştir.

#### 4.2.1. Dünya Deprem Yönetmeliklerinde Verilen Yapı Periyodu Formülleri

- San Francisco Deprem Komitesinin önerdiği formül Hindistan, Mısır, Cezayir, Nepal, Venezuela yönetmeliklerinde kullanılmaktadır.
- Fransa yönetmeliklerinde;

$$T = 0,06 \cdot \frac{H}{\sqrt{D}} \sqrt{\frac{h}{2D+h}} \quad (4.3)$$

Burada;

h = Bina yüksekliği

D = Binanın titreşim istikametindeki genişliği

- Alman deprem yönetmeliklerinde;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum w_i \delta_i^2}{g(\sum F_i \delta_i)}} \quad (4.4)$$

Ayrıca zeminin elastik modülü ile temel durumu dikkate alınarak verilen;

$$T = 1,5 \sqrt{\left( \frac{h}{3EI} + \frac{1}{C_k I_f} \right) \sum (G_j + P_j) Z_j^2} \quad (4.5)$$

$$C_k = \text{dyn}E_s / 0,25\sqrt{A} \quad (4.6)$$

Burada;

h = Bina yüksekliği

E = Yapı elastisite modülü

I = Eşdeğer elemanın atalet momenti

C<sub>k</sub> = Temel zeminin dinamik kaya rijitlik modülü

$Z_j$  = Temel tabanı üzerindeki j noktasının kütle yüksekliği

$A$  = Temel taban alanı

$I_f$  = Temel atalet momenti

- Japonya yönetmeliklerinde verilen periyot formülü;

$$T = h(0,02 + 0,01\alpha) \quad (4.7)$$

Burada;

$h$  = Bina yüksekliği

$\alpha$  = Yapının toplam bina yüksekliğine oranı

- Amerikan yönetmeliklerinde verilen;

$$T = 0,10N \quad (\text{düktil çerçeveli binalar için}) \quad (4.8)$$

$$T = \frac{0,05h_n}{\sqrt{D}} \quad (\text{diğer binalar için}) \quad (4.9)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum w_i \delta_i^2}{g(\sum F_i \delta_i)}} \quad (\text{hesap durumunda}) \quad (4.10)$$

Bu formülde;

$N$  = Toplam kat sayısı

$h_n$  = Bina temel üst kotunda ölçülen yükseklik

$D$  = Yatay yükler doğrultusunda bina genişliği

$w_i$  = Kat ağırlığı

$\delta_i$  = Elastik yerdeğiştirmeler

$F_i$  = Kata etkiyen yatay kuvvet

olarak tanımlanmıştır.

- Hindistan yönetmeliklerindeki periyot formülü, Amerikan yönetmelikleri ile benzer şekilde;

$$T = 0,10N \quad (\text{düktil çerçeveli binalar için}) \quad (4.11)$$

$$T = \frac{0,09h}{\sqrt{D}} \quad (\text{diğer binalar için}) \quad (4.12)$$

olarak verilmiştir.

- Meksika yönetmeliklerindeki periyot formülü;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum w_i x_i^2}{g(\sum P_i x_i)}} \quad (4.13)$$

Burada ;

$w_i$  = Kat ağırlığı

$g$  = Yer çekimi ivmesi

$P_i$  = İ. Kata etkiyen yatay kuvvet

$x_i$  = kuvvet yönündeki yer değiştirme

## 5. DOLGU DUVARLARIN PERİYODA ETKİSİNİ TESPİT İÇİN ÖRNEK MODELLERİN OLUŞTURULMASI

Bu bölümde, dolgu duvarlı yapıların periyoda etkisini belirlemek için modeller oluşturularak ampirik bir formül geliştirilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan modeller farklı büyüklüklerde taşıyıcı sistemi olan ve farklı yüksekliğe sahip yapılardır.

### 5.2.1 Taşıyıcı Sistem İçin Mekanik Modelin Oluşturulması

Oluşturulan mekanik modellerde, betonarme taşıyıcı sistemlerin mekanik modelleri gerçeğe uygun şekilde oluşturulmuş, daha sonra bu mekanik modele her dolgu duvara karşılık gelen bir çift iki ucu mafsalı çapraz çubuk eklenmiştir.

Bu çapraz çubukların eksenel rijitlikleri Bölüm 3’de anlatıldığı şekilde saptanmıştır. Eksenel rijitlikler belirlenirken sıvalı dolgu duvar elastisite modülü, duvar kalınlığı, çaprazın uzunluğu gibi parametreler kullanılmakla beraber, bu çalışmanın kapsamı dışında olan tuğla ve harç tiplerinin dolgu duvarların elastisite modülüne etkilerine ağırlık verilmemiştir.

Dolgu duvarların yapı periyoduna etkisini daha daha açık bir şekilde görebilmek için farklı yükseklikte farklı taşıyıcı alanları olan yapılar oluşturulmuştur. Bu yapılarda dolgu duvar alanları belli oranlarda azaltılarak dolgu duvar alanının yapının periyotları üzerindeki etkisi detaylıca incelenmiştir. Elde edilen sonuçların taşıyıcı sistem alanı ve dolgu duvar alanları ile olan bağlantısı incelenmiştir.

### 5.2. Oluşturulan Taşıyıcı Sistemlerin Özellikleri

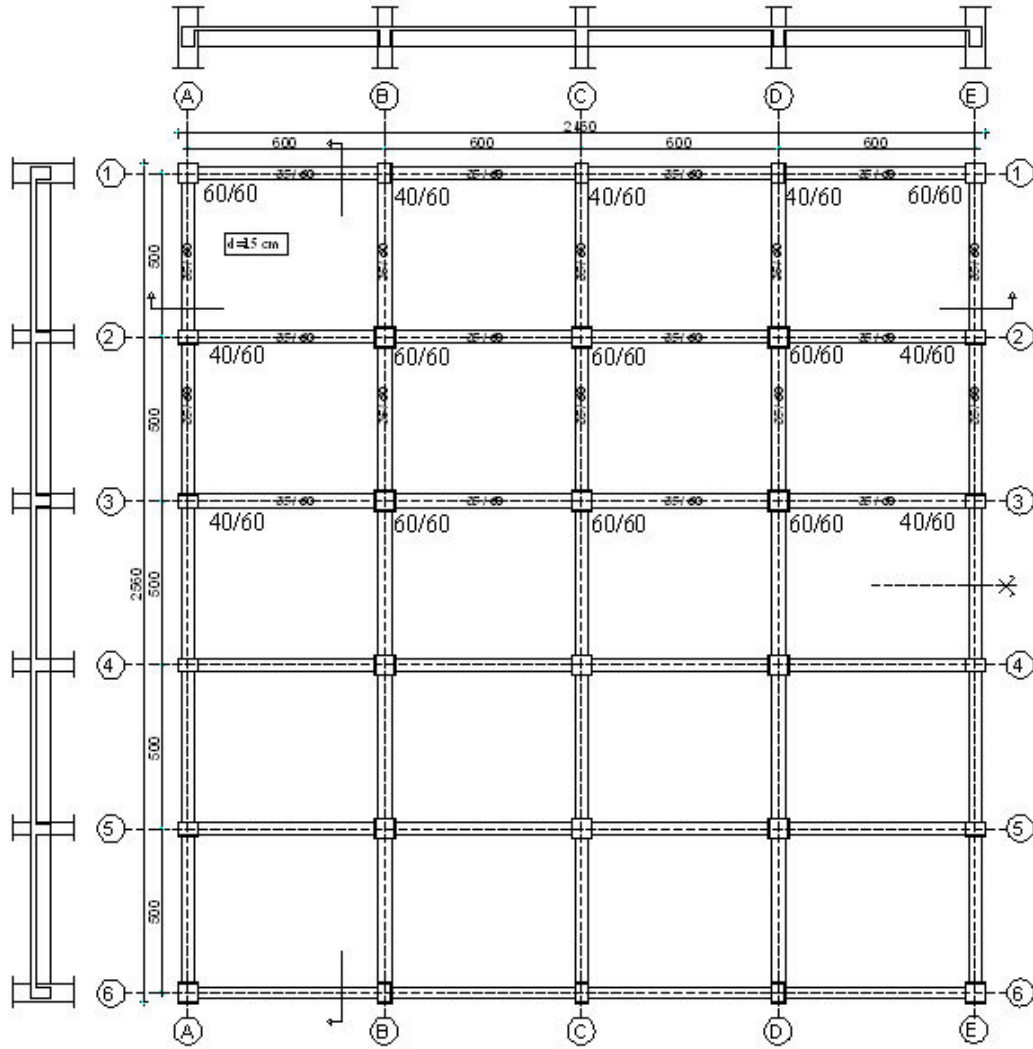
Dört farklı mekanik model oluşturulmuştur. Oluşturulan dört yapının plan görünüşleri aynı, kat yükseklikleri farklıdır. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta ve yapıda 15 cm.’dir. Yapıların hepsinde kullanılan betonun beton sınıfı C25, beton çeliği sınıfı S420’dir. Kat yükseklikleri sabit ve 3 mt’dir. Yapılar x yönünde 4, y yönünde ise 5 açıklığa sahiptir.

Birinci yapı 11 katlı olup yüksekliği 33 mt’dir. Yapının plandaki boyutları 24,6 m.×25,6 m.’dir. Yapıdaki kolon ve kiriş boyutları Çizelge 5.1’de verilmektedir. Şekil 5.1’de yapının plan görünüşü yer almaktadır.



Çizelge 5.1 11 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri

YAPI	KAT NO	KARE KOLONLAR	DİKDÖRTGEN KOLONLAR	KİRİŞLER
11 KAT	1. 2. 3.	60X60	40X60	35X60
	4. 5. 6.	55X55	40X55	35X55
	7. 8. 9.	50X50	40X50	35X50
	10. 11.	45X45	40X45	35X45

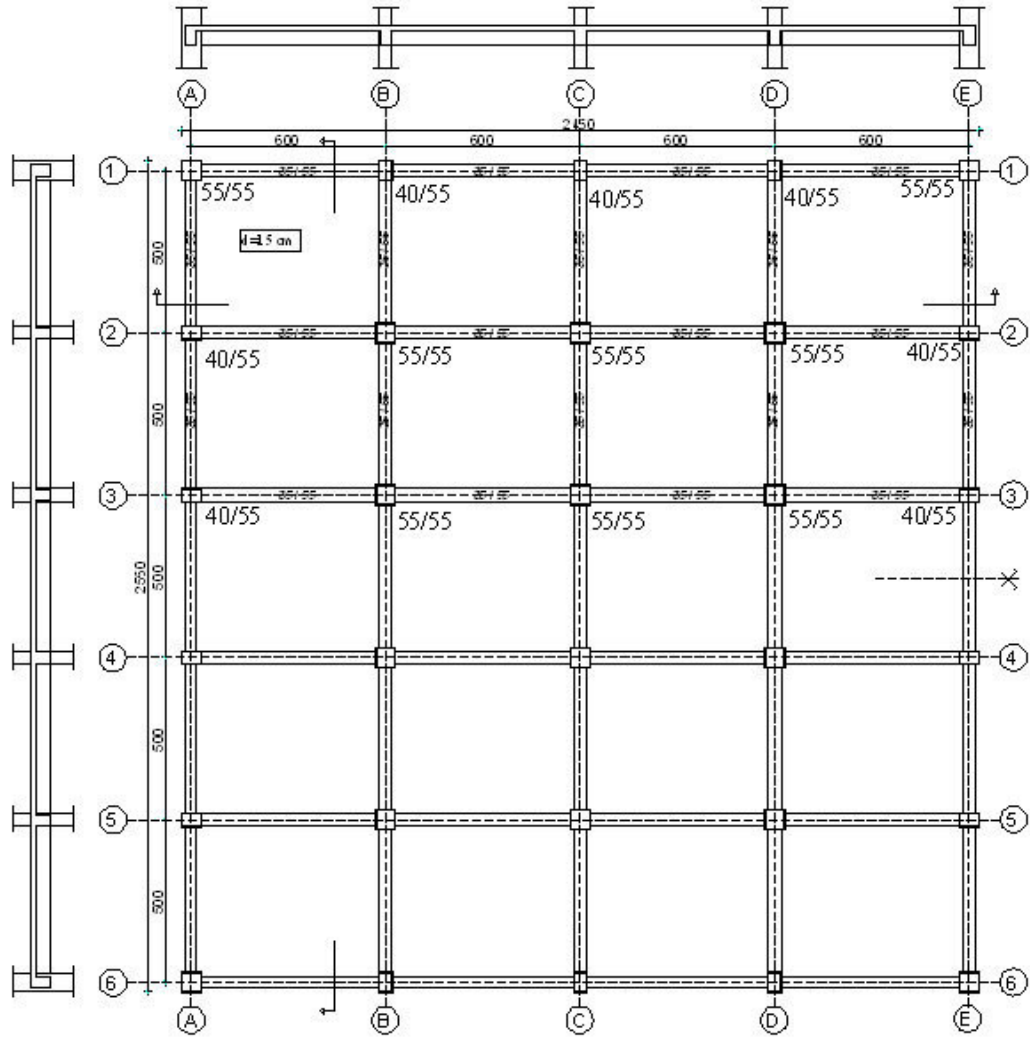


Şekil 5.1 Oluşturulan 11 katlı yapının plan görünüşü.

İkinci yapı 9 katlı olup yüksekliği 27 mt dir. Yapının plandaki boyutları 24,5 m.×25,5 m.'dir. Yapıdaki kolon ve kiriş boyutları Çizelge 5.3 'de verilmektedir. Şekil 5.3'de yapının plan görünüşü yer almaktadır.

Çizelge 5.2 9 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri

YAPI	KAT NO	KARE KOLONLAR	DİKDÖRTGEN KOLONLAR	KİRİŞLER
9 KAT	1. 2. 3.	55X55	40X55	35X55
	4. 5. 6.	50X50	40X50	35X50
	7. 8. 9.	45X45	40X45	35X45

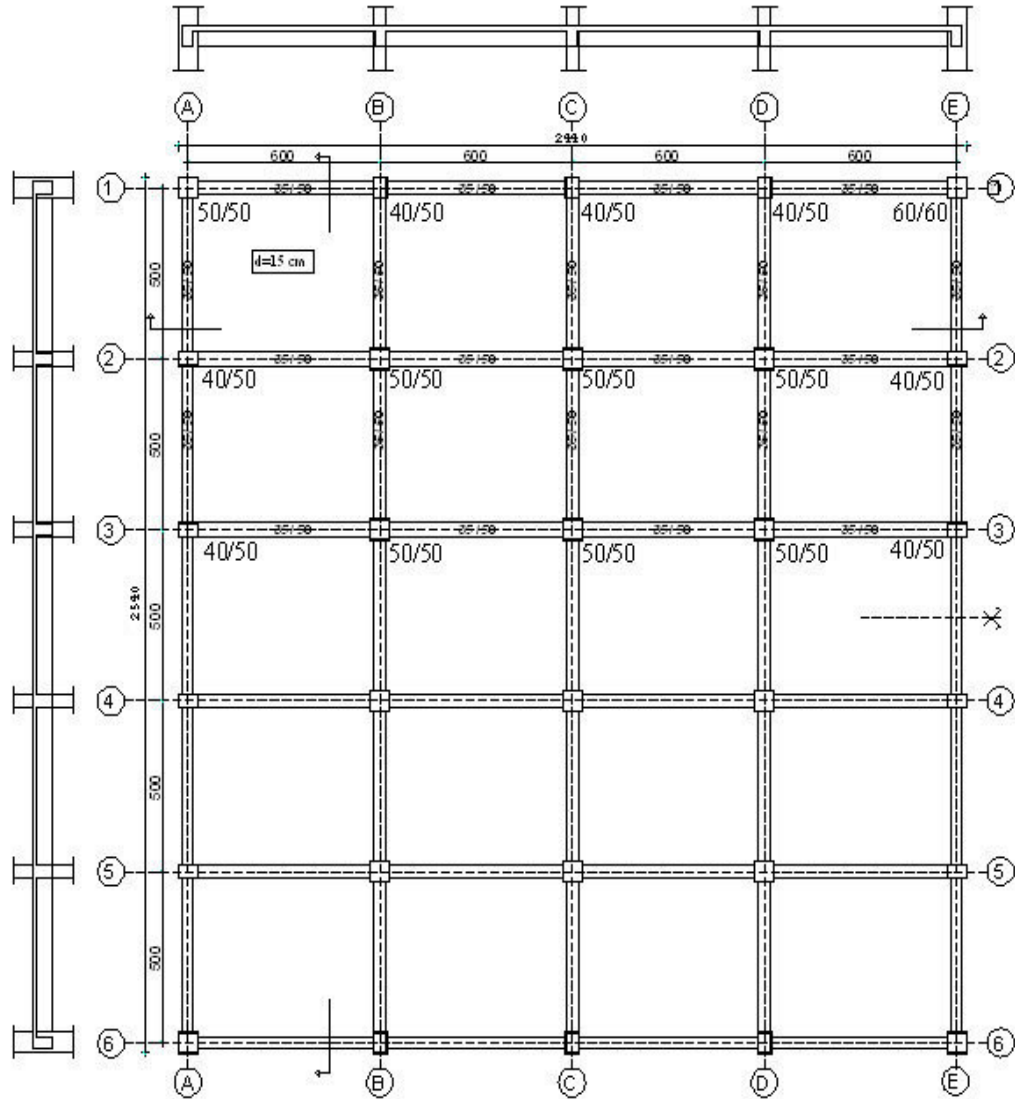


Şekil 5.2 Oluşturulan 9 katlı yapının plan görünüşü.

Üçüncü yapı 6 katlı olup yüksekliği 18 mt.'dir. Yapının plandaki boyutları 24,4 m.×25,4 mt.'dir. Yapıdaki kolon ve kiriş boyutları Çizelge 5.3'te verilmektedir. Şekil 5.3'te yapının plan görünüşü yer almaktadır.

Çizelge 5.3 6 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri

YAPI	KAT NO	KARE KOLONLAR	DİKDÖRTGEN KOLONLAR	KİRİŞLER
6 KAT	1. 2.	55X55	40X55	35X55
	3. 4.	50X50	40X50	35X50
	5. 6.	45X45	40X45	35X45



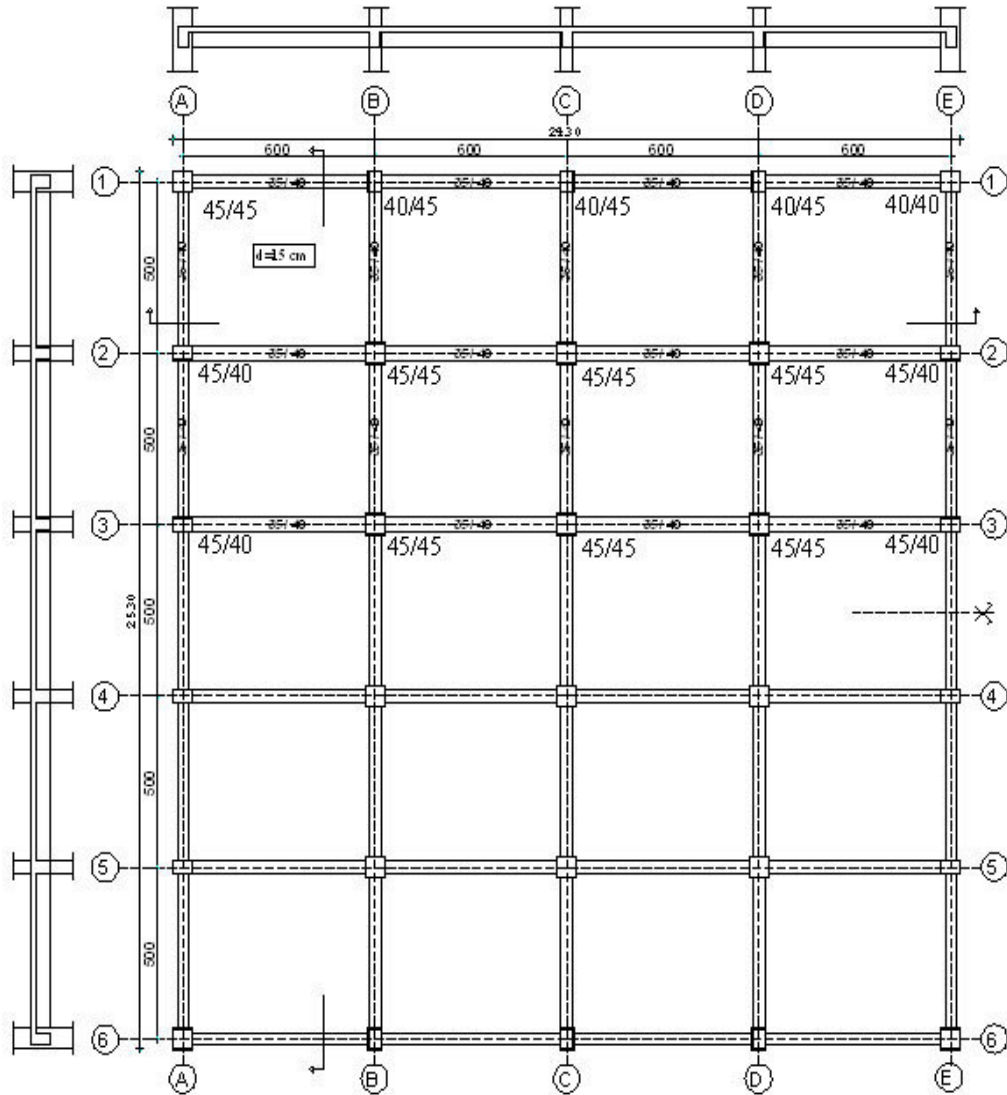
Şekil 5.3 Oluşturulan 6 katlı yapının plan görünüşü

Dördüncü yapı 3 katlı olup yüksekliği 9 mt dir. Yapının plandaki boyutları 24,3 m.x25,3 mt.'dir.Yapıdaki kolon ve kiriş boyutları Çizelge 5.4'te verilmektedir. Şekil 5.4'te yapının

plan görünüşü yer almaktadır.

Çizelge 5.4 3 katlı yapıya ait kolon ve kiriş bilgileri

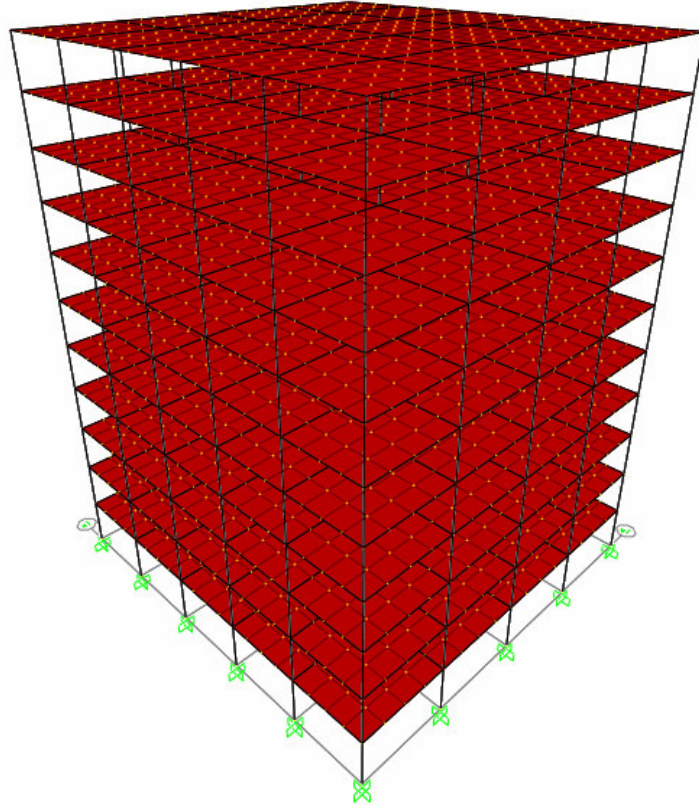
YAPI	KAT NO	KARE KOLONLAR	DİKDÖRTGEN KOLONLAR	KİRİŞLER
3 KAT	1. 2.	45X45	40X45	35X40
	3.	40X40	40X40	35X40



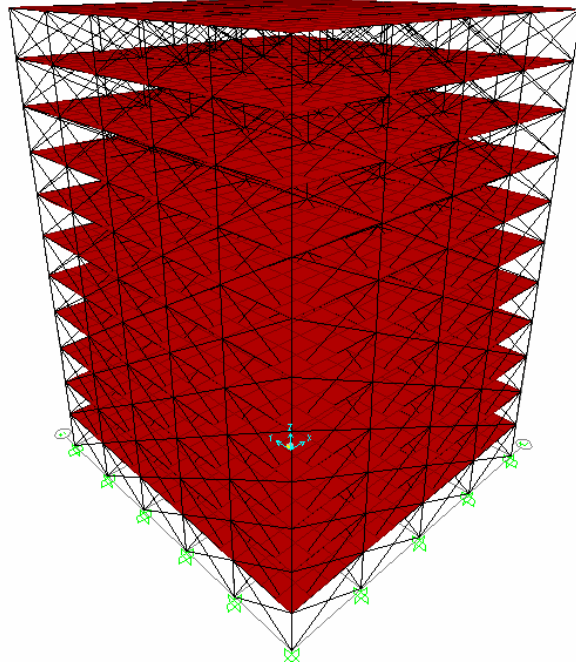
Şekil 5.4 Oluşturulan 6 katlı yapının plan görünüşü

Spektral analizde kullanılan zemin periyotları  $T_a = 0,15$  ve  $T_b = 0,40$  olarak alınmıştır.

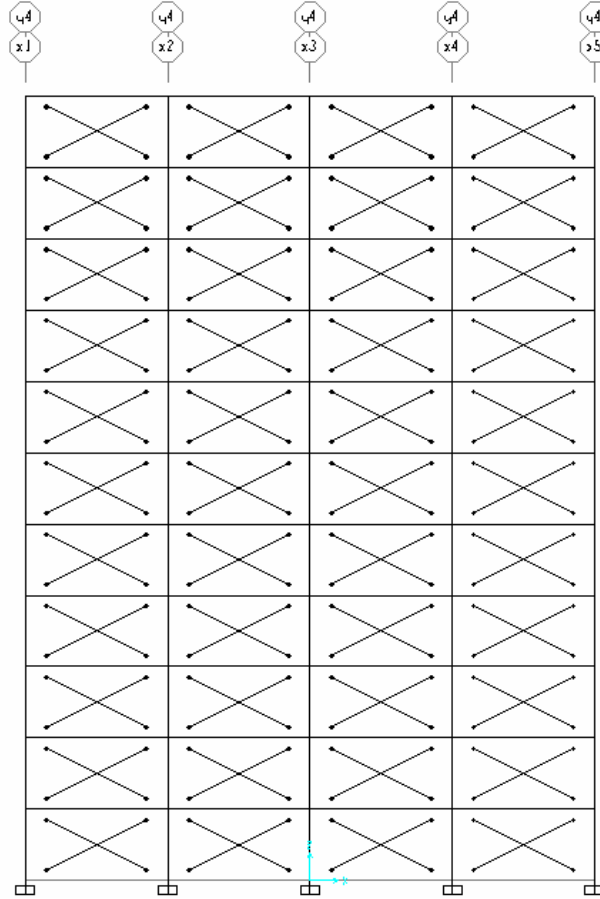
Şekil 5.5'te örnek olarak 11 katlı sistemin SAP2000 programında hazırlanmış duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır. Şekil 5.5'de gösterilen duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 5.6'deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 5.5 SAP2000'de oluşturulan duvarsız modelin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 5.6 SAP2000'de oluşturulan duvarlı modelin üç boyutlu görüntüsü

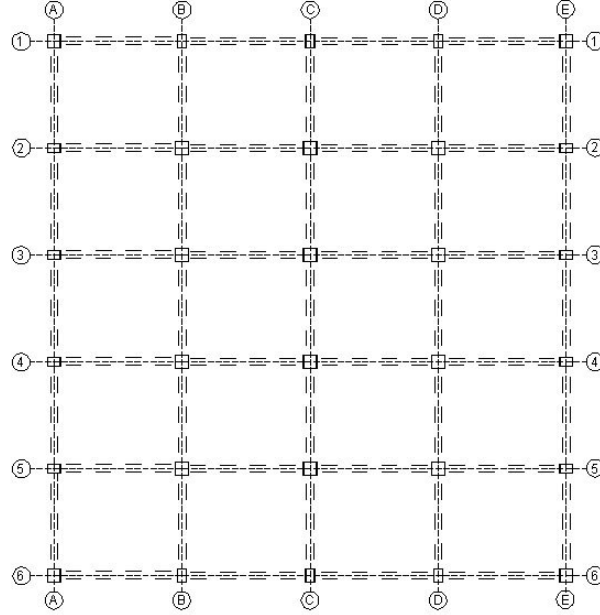


Şekil 5.7 SAP2000'de oluşturulan duvarlı modelin kesit görüntüsü

### 5.3. Taşıyıcı Sistem Modelleri Çözümlemesi

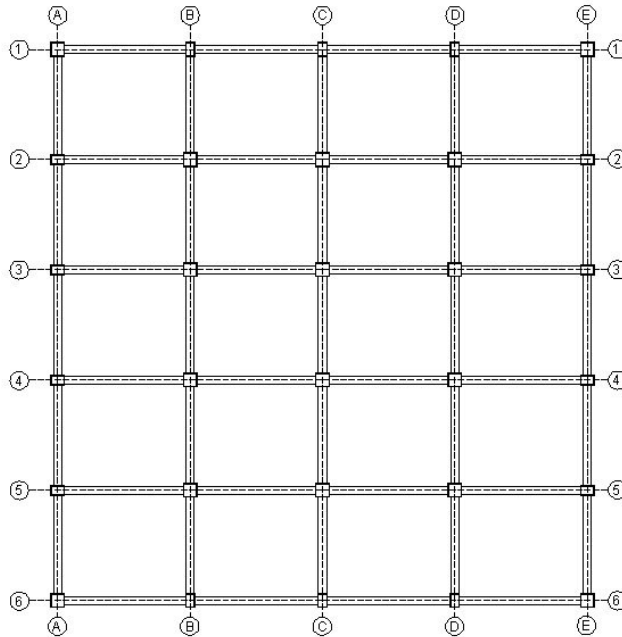
11, 9, 6 ve 3 katlı yapıların her birinde aşağıdaki durumlar için analizler tekrarlanmıştır.

a. Sistemde duvar bulunmaması hali (yalın çerçeve) (Şekil5.8)



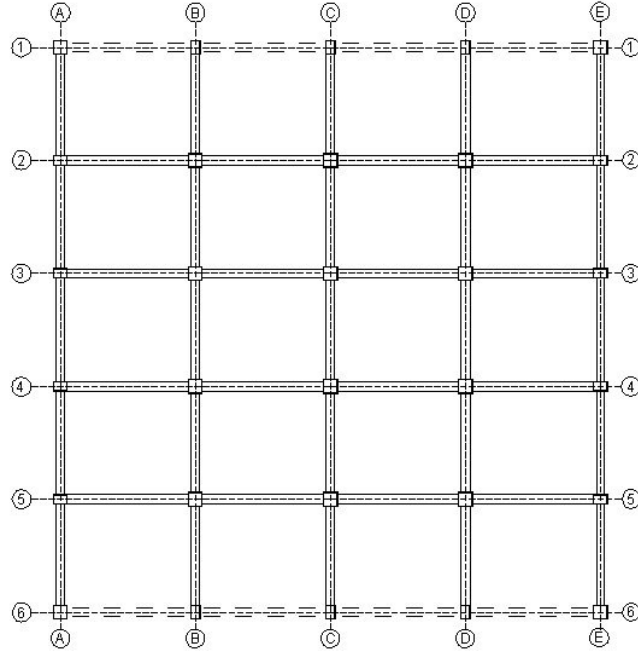
Şekil 5.8 Yapıda duvar bulunmaması durumu

b. x ve y yönünde boşluksuz her aksta dolgu duvar bulunması durumu (Tam duvar)(Şekil 5.9)



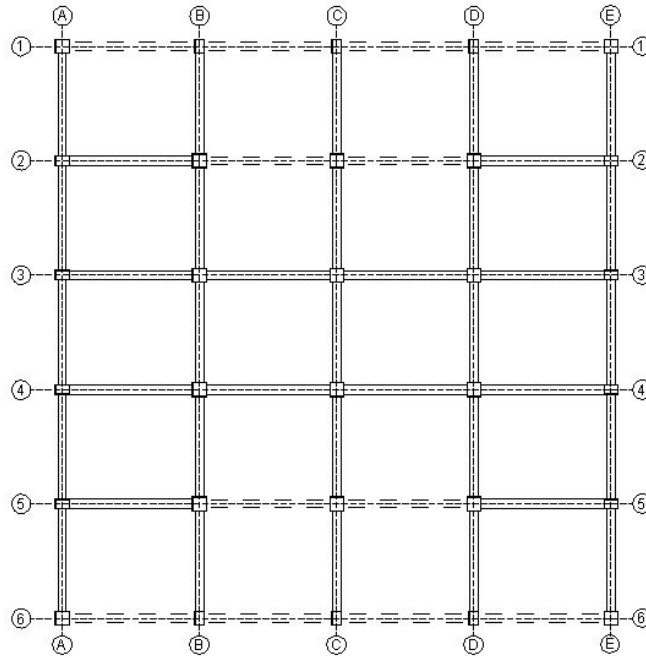
Şekil 5.9 Yapı çerçevelerinin tümünde duvar bulunması durumu

c. x yönünde 1 ve 6 akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu (X -1.durum)(Şekil 5.10)



Şekil 5.10 Yapıda 1 ve 6 akslarında dolgu duvarların bulunmaması durumu

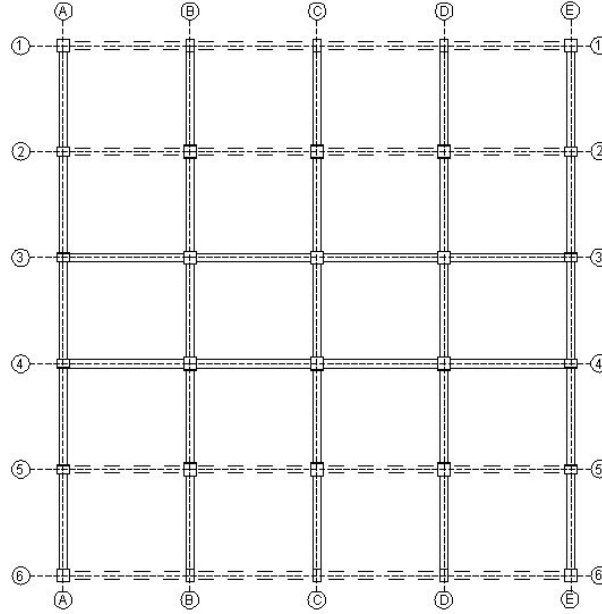
d. x yönünde 1, 6, akslarında duvarların tamamen kaldırılması ve 2, 5 akslarında ise B, D aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu ( X - 2.durum) (Şekil 5.11)



Şekil 5.11 Yapıda 1, 6 akslarında duvarların tamamen kaldırılması ve 2, 5 akslarında ise B, D aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu

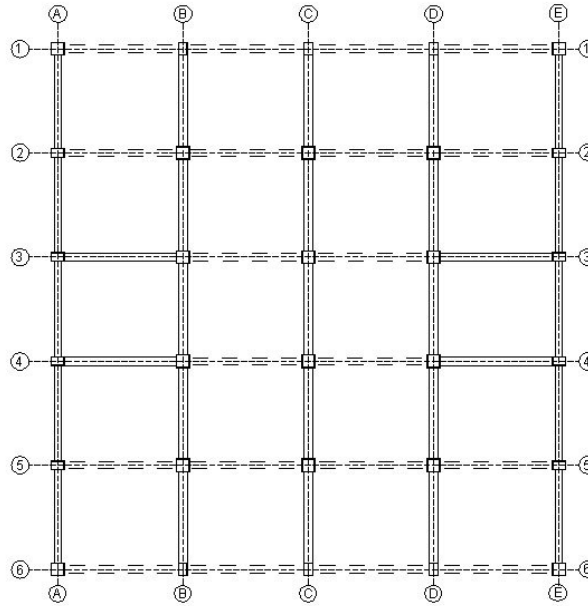


e. x yönünde 1, 2, 5 ve 6 akslarında dolgu duvarların tamamen kaldırılması (X - 3.durum)  
(Şekil 5.12)



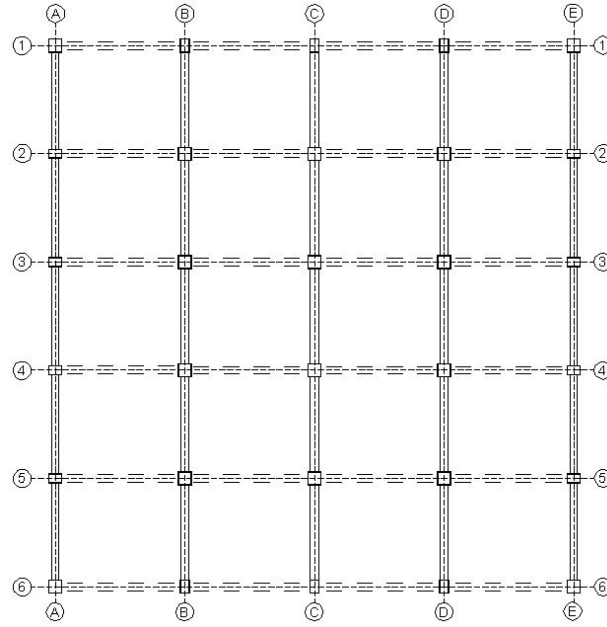
Şekil 5.12 Yapıda 1, 6 akslarında duvarların tamamen kaldırılması ve 2, 5 akslarında ise B, D aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu

f. x yönünde 1, 2, 5 ve 6 akslarında dolgu duvarların tamamen kaldırılması ve 3, 4 akslarında ise B, D aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu ( X - 4.durum) (Şekil 5.13)



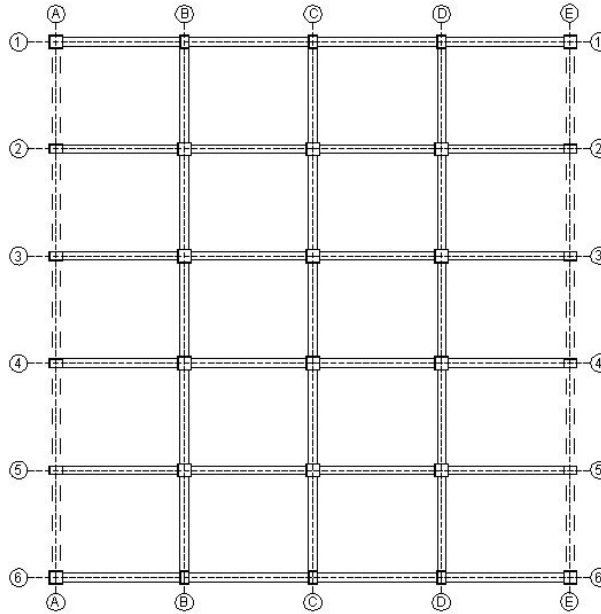
Şekil 5.13 Yapıda 1, 2, 5 ve 6 akslarında dolgu duvarların tamamen kaldırılması ve 3, 4 akslarında ise B, D aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu

**g.** x yönünde 1, 2, 3,4, 5 ve 6 akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu ( X - 5. durum)  
(Şekil 5.14)



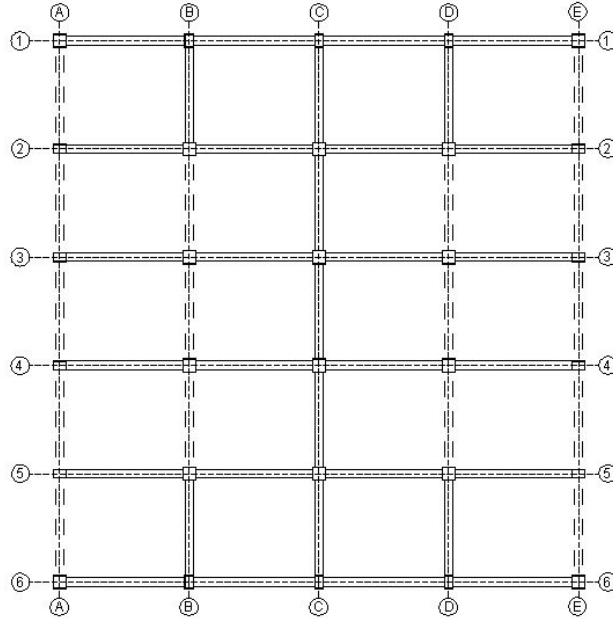
Şekil 5.14 Yapıda 1, 2, 3,4, 5 ve 6 akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu

**g.** y yönünde A ve E akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu (Y - 1.durum)  
(Şekil 5.15)



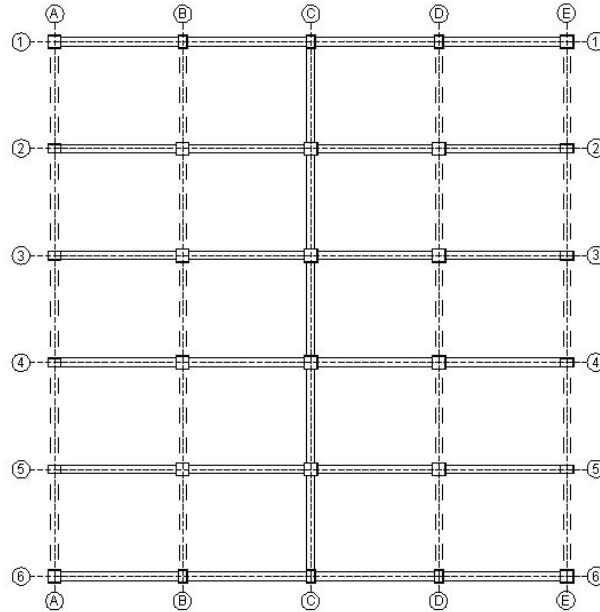
Şekil 5.15 Yapıda A ve E akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu

**h.** y yönünde A ve E akslarında dolgu duvarın tamamen kaldırılması ve B, D akslarında ise 2, 5 aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu ( Y - 2. durum) (Şekil 5.16)



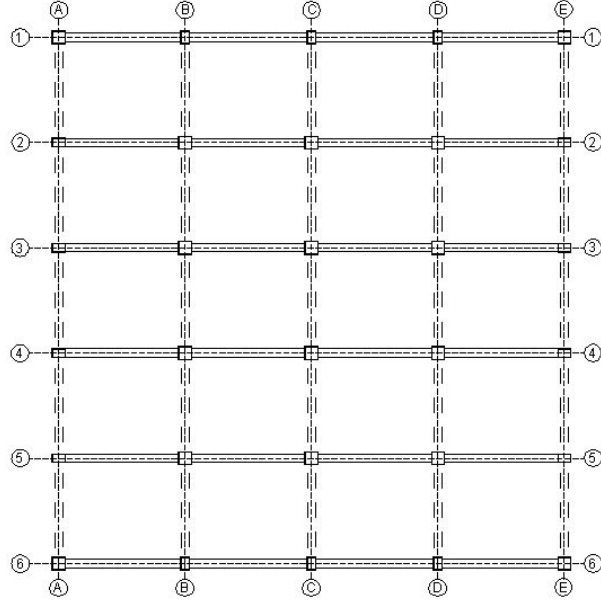
Şekil 5.16 Yapıda A ve E akslarında dolgu duvarın tamamen kaldırılması ve B, D akslarında ise 2, 5 aksları arasındaki dolgu duvarların kaldırılması durumu

**i.** y yönünde A, B, D ve E akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu ( Y - 3. durum) (Şekil 5.17)



Şekil 5.17 Yapıda A, B, D ve E akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu

j. y yönünde A, B, C, D ve E akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu.( Y - 4. durum)



Şekil 5.18 Yapıda A, B, C, D ve E akslarında dolgu duvarların kaldırılması durumu

### 5.3.1 11 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

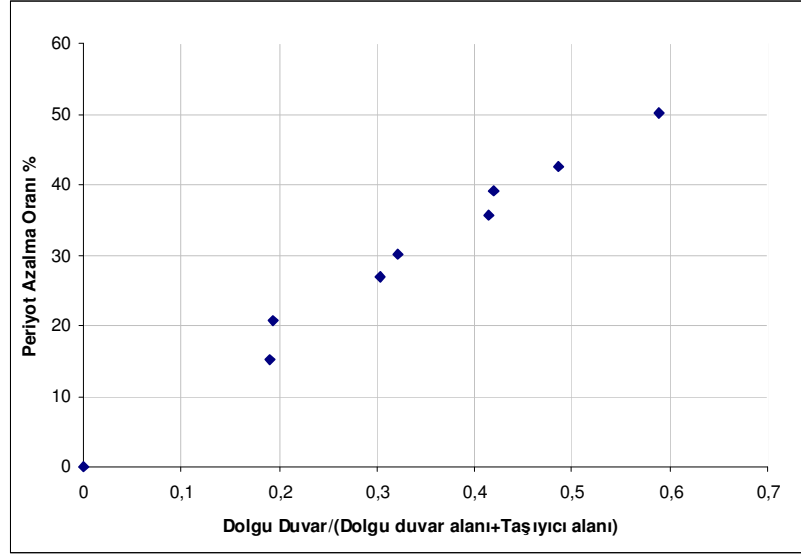
Çizelge 5.5’de 11 katlı yapının yukarıda ifade edilen her durum için analiz sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.5 11 katlı yapıya ait analiz sonuçları

		Yön	Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )	Taşıyıcı Eleman Alanı (m <sup>2</sup> )	Duv.Alanı/ (Taşıyıcı+ Duvar alanı)	Tx	Ty	Periyot azalma oranı %
11 KAT	Çerçeve		-	9,12	-	1,151	1,070	
11 KAT	Tam duvar	x-x	13,08	9,12	0,59	0,575	0,550	50,03
		y-y	11,16		0,55			
11 KAT X YÖNÜ	1. durum	x-x	8,64	9,12	0,49	0,661	0,551	42,56
		y-y	11,16		0,55			
	2. durum	x-x	6,48	9,12	0,42	0,740	0,551	35,72
		y-y	11,16		0,55			
	3. durum	x-x	4,32	9,12	0,32	0,805	0,551	30,09
		y-y	11,16		0,55			
	4. durum	x-x	2,16	9,12	0,19	0,977	0,551	15,12
		y-y	11,16		0,55			
	5. durum	x-x	0,00	9,12	0,00	1,150	0,551	0,00
		y-y	11,16		0,55			
11 KAT Y YÖNÜ	1. durum	x-x	13,08	9,12	0,59	0,576	0,652	39,05
		y-y	6,60		0,42			
	2. durum	x-x	13,08	9,12	0,59	0,576	0,781	26,97
		y-y	3,96		0,30			
	3. durum	x-x	13,08	9,12	0,59	0,577	0,850	20,61
		y-y	2,20		0,19			
	4. durum	x-x	13,08	9,12	0,59	0,577	1,070	0,00
		y-y	0,00		0,00			

Çizelge 5.5’ de 11 katlı yapıda x yönünde duvar alanlarının değişmesi durumlarına göre periyot azalma oranları yer almaktadır. Bu oranlar incelendiğinde yapının çerçevelerinin tümünde dolgu duvar bulunma durumunda periyodun dolgu duvarsız periyoda göre % 50 oranında azaldığı görülmektedir. Y yönünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak x yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda periyot azalma oranı azalmakta ve periyot x yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. Y yönündeki periyot ise sabit kalmakta ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. X yönünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak y yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda 1.periyot y yönündeki periyot olmakta ve % 39 oranında bir azalma meydana gelmektedir. Y yönündeki dolgu duvar alanının azalmasıyla periyot azalma oranı

azalmakta ve periyot y yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. X yönündeki periyot ise sabit kalmakta ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. Şekil 5.19 'deki grafik üzerinde x ve y yönündeki dolgu duvar azalma durumlarına göre bulunan (Dolgu duvar alanı)/(Taşıyıcı sistem alanı+Dolgu duvar alanı) oranına bağlı olarak periyot azalmalarını gösteren grafik yer almaktadır. Bu orana bağlı olarak periyotlar düzenli bir azalma göstermektedir.



Şekil 5.19 11 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki

### 5.3.2 9 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

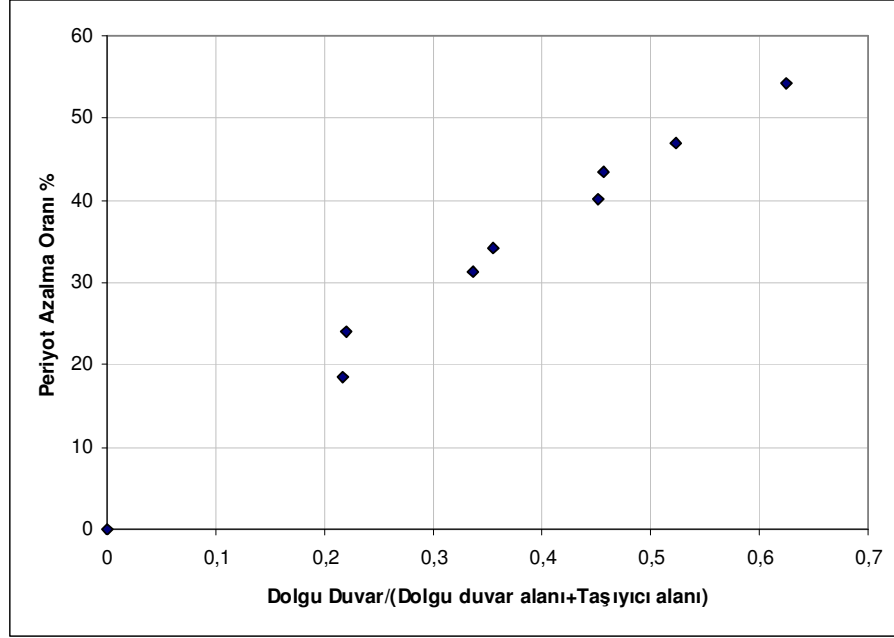
Çizelge 5.6'da 9 katlı yapının yukarıda ifade edilen her durum için analiz sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.6 9 katlı yapıya ait analiz sonuçları

		Yön	Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )	Taşıyıcı Eleman Alanı (m <sup>2</sup> )	Duv.Alanı/ (Taşıyıcı+ Duvar alanı)	Tx	Ty	Periyot azalma oranı
9 KAT	Çerçeve		-	7,92	-	1,042	0,969	
9 KAT	Tam duvar	x-x	13,17	7,92	0,62	0,477	0,456	54,23
		y-y	11,25		0,59			
9 KAT X YÖNÜ	1. durum	x-x	8,72	7,92	0,52	0,554	0,457	46,88
		y-y	11,25		0,59			
	2. durum	x-x	6,54	7,92	0,45	0,623	0,457	40,20
		y-y	11,25		0,59			
	3. durum	x-x	4,36	7,92	0,36	0,687	0,457	34,09
		y-y	11,25		0,59			
	4. durum	x-x	2,18	7,92	0,22	0,848	0,457	18,61
		y-y	11,25		0,59			
	3. durum	x-x	0,00	7,92	0,00	1,042	0,457	0,00
		y-y	11,25		0,59			
9 KAT Y YÖNÜ	1. durum	x-x	13,17	7,92	0,62	0,478	0,548	43,46
		y-y	6,68		0,46			
	2. durum	x-x	13,17	7,92	0,62	0,478	0,665	31,35
		y-y	4,01		0,34			
	3. durum	x-x	13,17	7,92	0,62	0,478	0,736	24,10
		y-y	2,23		0,22			
	4. durum	x-x	13,17	7,92	0,62	0,478	0,969	0,00
		y-y	0,00		0,00			

Çizelge 5.6' da 9 katlı yapıda x yönünde duvar alanlarının değişmesi durumlarına göre periyot azalma oranları yer almaktadır. Bu oranlar incelendiğinde yapının çerçevelerinin tümünde dolgu duvar bulunma durumunda periyodun dolgu duvarsız periyoda göre % 54 oranında azaldığı görülmektedir. Y yönünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak x yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda periyot azalma oranı azalmakta ve periyot x yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. Y yönündeki periyot ise sabit kalmakta ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. X yönünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak y yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda 1. periyot y yönündeki periyot olmakta ve % 43 oranında bir azalma meydana gelmektedir. Y yönündeki dolgu duvar alanının azalmasıyla periyot azalma oranı azalmakta ve periyot y yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. X yönündeki periyot ise sabit kalmakta

ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. Şekil 5.20'deki grafik üzerinde x ve y yönündeki dolgu duvar azalma durumlarına göre bulunan (Dolgu duvar alanı)/(Taşıyıcı sistem alanı+Dolgu duvar alanı) oranına bağlı olarak periyot azalmalarını gösteren grafik yer almaktadır. Bu orana bağlı olarak periyotlar düzenli bir azalma göstermektedir.



Şekil 5.20 9 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki



### 5.3.3 6 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

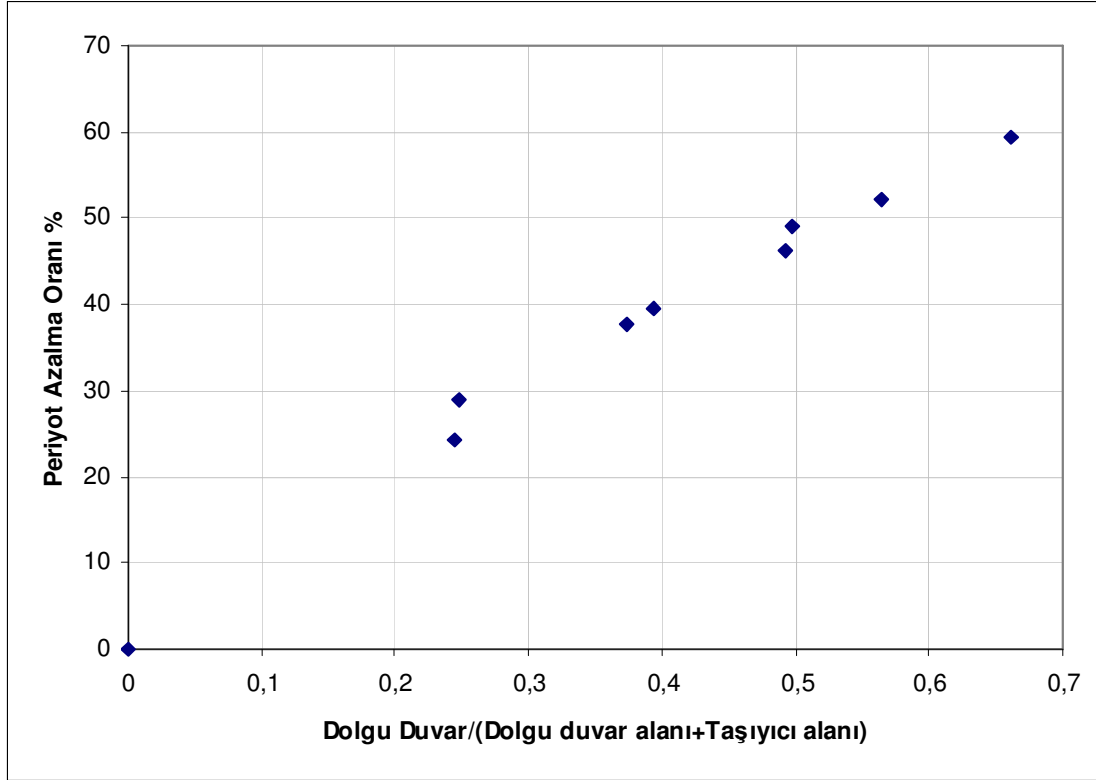
Çizelge 5.7’de 6 katlı yapının yukarıda ifade edilen her durum için analiz sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.7 6 katlı yapıya ait analiz sonuçları

		Yön	Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )	Taşıyıcı Eleman Alanı (m <sup>2</sup> )	Duv.Alanı/ (Taşıyıcı+ Duvar alanı)	Tx	Ty	Periyot azalma oranı
6 KAT	Çerçeve		-	6,80	-	0,798	0,744	
6 KAT	Tam duvar	x-x	13,26	6,80	0,66	0,324	0,310	59,37
		y-y	11,33		0,62			
6 KAT X YÖNÜ	1. durum	x-x	8,80	6,80	0,56	0,381	0,310	52,30
		y-y	11,33		0,62			
	2. durum	x-x	6,60	6,80	0,49	0,430	0,310	46,13
		y-y	11,33		0,62			
	3. durum	x-x	4,40	6,80	0,39	0,484	0,310	39,44
		y-y	11,33		0,62			
	4. durum	x-x	2,20	6,80	0,24	0,605	0,310	24,17
		y-y	11,33		0,62			
	5. durum	x-x	0,00	6,80	0,00	0,798	0,310	0,00
		y-y	11,33		0,62			
6 KAT Y YÖNÜ	1. durum	x-x	13,26	6,80	0,66	0,325	0,378	49,19
		y-y	6,75		0,50			
	2. durum	x-x	13,26	6,80	0,66	0,325	0,464	37,68
		y-y	4,05		0,37			
	3. durum	x-x	13,26	6,80	0,66	0,325	0,528	28,97
		y-y	2,25		0,25			
	4. durum	x-x	13,26	6,80	0,66	0,325	0,744	0,00
		y-y	0,00		0,00			

Çizelge 5.7’ da 6 katlı yapıda x yönünde duvar alanlarının değişmesi durumlarına göre periyot azalma oranları yer almaktadır. Bu oranlar incelendiğinde yapının çerçevelerinin tümünde dolgu duvar bulunma durumunda periyodun dolgu duvarsız periyoda göre % 59 oranında azaldığı görülmektedir. Y önünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak x yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda periyot azalma oranı azalmakta ve periyot x yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. Y yönündeki periyot ise sabit kalmakta ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. X yönünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak y yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda 1. periyot y yönündeki periyot olmakta ve % 49 oranında bir azalma meydana gelmektedir. Y yönündeki dolgu duvar alanının azalmasıyla periyot azalma oranı azalmakta ve periyot y yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. X yönündeki periyot ise sabit kalmakta

ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. Şekil 5.21'deki grafik üzerinde x ve y yönündeki dolgu duvar azalma durumlarına göre bulunan  $(\text{Dolgu duvar alanı})/(\text{Taşıyıcı sistem alanı}+\text{Dolgu duvar alanı})$  oranına bağlı olarak periyot azalmalarını gösteren grafik yer almaktadır. Bu orana bağlı olarak periyotlar düzenli bir azalma göstermektedir.



Şekil 5.21 6 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki

### 5.3.4 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

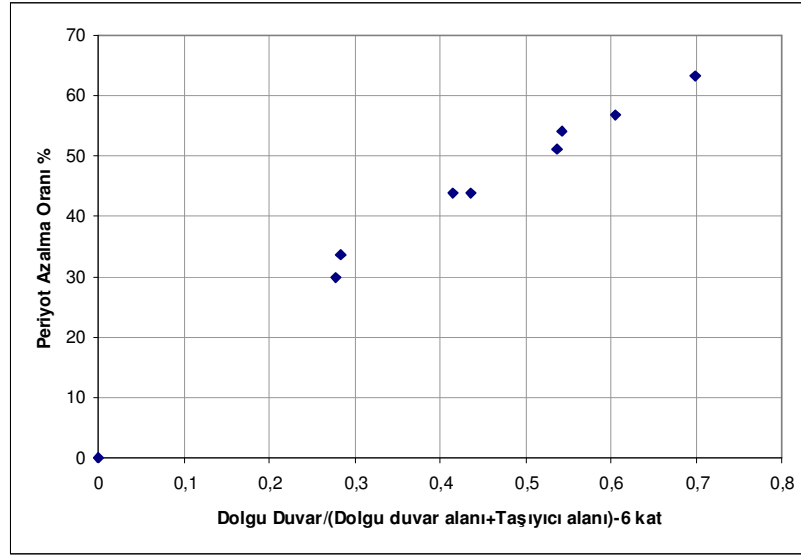
Çizelge 5.8'de 3 katlı yapının yukarıda ifade edilen her durum için analiz sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.8 3 katlı yapıya ait analiz sonuçları

		Yön	Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )	Taşıyıcı Eleman Alanı (m <sup>2</sup> )	Duv.Alanı/ (Taşıyıcı+ Duvar alanı)	Tx	Ty	Periyot azalma oranı
3 KAT	Çerçeve		-	5,76	-	0,476	0,447	
3 KAT	Tam duvar	x-x	13,35	5,76	0,70	0,174	0,166	63,40
		y-y	11,42		0,66			
3 KAT X YÖNÜ	1. durum	x-x	8,88	5,76	0,61	0,206	0,166	56,68
		y-y	11,42		0,66			
	2. durum	x-x	6,66	5,76	0,54	0,232	0,166	51,19
		y-y	11,42		0,66			
	3. durum	x-x	4,44	5,76	0,44	0,267	0,166	43,97
		y-y	11,42		0,66			
	4. durum	x-x	2,22	5,76	0,28	0,334	0,166	29,89
		y-y	11,42		0,66			
	5. durum	x-x	0,00	5,76	0,00	0,476	0,166	0,00
		y-y	11,42		0,66			
3 KAT Y YÖNÜ	1. durum	x-x	13,35	5,76	0,70	0,174	0,205	54,15
		y-y	6,83		0,54			
	2. durum	x-x	13,35	5,76	0,70	0,174	0,251	43,84
		y-y	4,10		0,42			
	3. durum	x-x	13,35	5,76	0,70	0,174	0,297	33,60
		y-y	2,28		0,28			
	4. durum	x-x	13,35	5,76	0,70	0,174	0,447	0,00
		y-y	0,00		0,00			

Çizelge 5.8’de 3 katlı yapıda x yönünde duvar alanlarının değişmesi durumlarına göre periyot azalma oranları yer almaktadır. Bu oranlar incelendiğinde yapının çerçevelerinin tümünde dolgu duvar bulunma durumunda periyodun dolgu duvarsız periyoda göre % 63 oranında azaldığı görülmektedir. Y yönünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak x yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda periyot azalma oranı azalmakta ve periyot x yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. Y yönündeki periyot ise sabit kalmakta ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. X yönünde dolgu duvar alanında herhangi bir değişiklik olmaması ancak y yönünde dolgu duvar alanının azalması durumunda 1. periyot y yönündeki periyot olmakta ve % 54 oranında bir azalma meydana gelmektedir. Y yönündeki dolgu duvar alanlarının azalmasıyla periyot azalma oranı azalmakta ve periyot y yönündeki dolgu duvarsız periyoda yaklaşmaktadır. X yönündeki periyot ise sabit kalmakta ve herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır. Şekil 5.22’deki grafik üzerinde x ve y yönündeki dolgu duvar azalma durumlarına göre bulunan (Dolgu duvar alanı)/(Taşıyıcı sistem alanı+Dolgu duvar alanı) oranına bağlı olarak periyot azalmalarını gösteren grafik yer

almaktadır. Bu orana bağlı olarak periyotlar düzenli bir azalma göstermektedir.



Şekil 5.22 3 katlı yapıda dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki

### 5.3.5 Sonuçların İncelenmesi

Analizlerin sonucunda;

Yapının tüm çerçevelerinde dolgu duvar olması durumunda periyot, dolgu duvarsız duruma göre %50 - %60 arasında bir azalma göstermektedir. Bununlar beraber dolgu duvarın kapladığı alanın değişmesi durumunda periyottaki azalma oranı da değişmektedir. Dolgu duvarın bir yönde diğer yöne göre daha az bulunma durumunda birinci periyot yön değiştirmektedir.

Şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalar, yapıların tamamen dolgu duvar ile dolu olması durumu göz önüne alınarak yapılmış ve bu doğrultuda dolgu duvarın etkisini ifade eden ampirik formüller geliştirilmiştir. Güler vd.'nin (2008) yapmış oldukları çalışmada dolgu duvarın etkisini göz önüne alarak yapının periyodunun belirlenmesi için -yapı yüksekliğine bağlı olarak -;

$$T_d = 0,026.H^{0,9} \quad (5.1)$$

formülünü önermektedir.

Bu çalışmada elde edilen periyot değerleri ile Güler vd.'nin (2008) yapmış oldukları

çalışmada ifade edilen denklemlerle, TDY 98’de ifade edilen denklemlerle, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılan ve (4.2) denklemlerle ifade edilen denklemlerle bulunan periyot değerleri karşılaştırılarak Çizelge 5.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.9 Karşılaştırmalı periyot değerleri

		TEZ		Güler vd. 2008	TDY 1998	Td=0,09.H / √D					
		Tx	Ty	T1=0,026.H <sup>0,9</sup>	T1=Ct.Hn <sup>3/4</sup>	Tx	Ty				
11 KAT	Çerçeve	1,151	1,070	0,605	0,964	0,599	0,587				
	Tam duvar	0,575	0,550								
11 KAT X YÖNÜ	1. durum	0,661	0,551								
	2. durum	0,740	0,551								
	3. durum	0,805	0,551								
	4. durum	0,977	0,551								
	5. durum	1,150	0,551								
11 KAT Y YÖNÜ	1. durum	0,576	0,652								
	2. durum	0,576	0,781								
	3. durum	0,577	0,850								
	4. durum	0,577	1,070								
9 KAT	Çerçeve	1,042	0,969					0,505	0,829	0,490	0,480
	Tam duvar	0,477	0,456								
9 KAT X YÖNÜ	1. durum	0,554	0,457								
	2. durum	0,623	0,457								
	3. durum	0,687	0,457								
	4. durum	0,848	0,457								
	3. durum	1,042	0,457								
9 KAT Y YÖNÜ	1. durum	0,478	0,548								
	2. durum	0,478	0,665								
	3. durum	0,478	0,736								
	4. durum	0,478	0,969								
6 KAT	Çerçeve	0,798	0,744	0,351	0,612	0,327	0,320				
	Tam duvar	0,324	0,310								
6 KAT X YÖNÜ	1. durum	0,381	0,310								
	2. durum	0,430	0,310								
	3. durum	0,484	0,310								
	4. durum	0,605	0,310								
	5. durum	0,798	0,310								
6 KAT Y YÖNÜ	1. durum	0,325	0,378								
	2. durum	0,325	0,464								
	3. durum	0,325	0,528								
	4. durum	0,325	0,744								

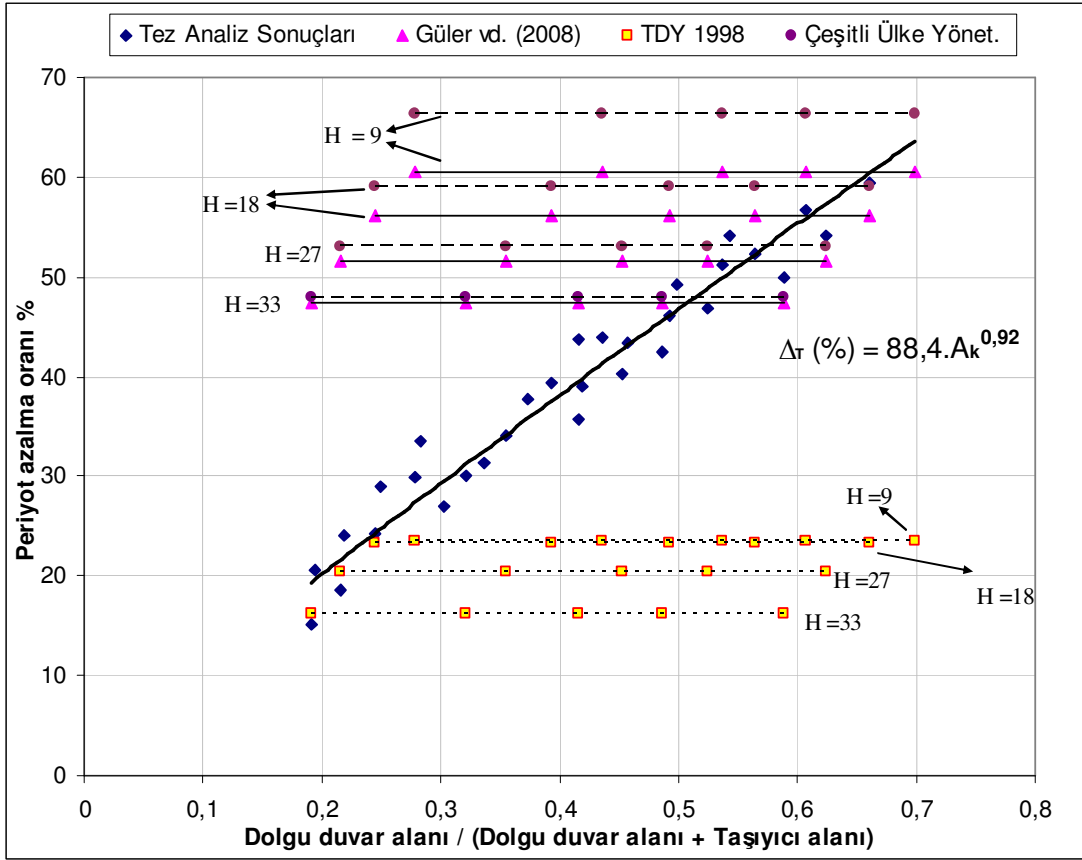
Çizelge 5.9 Karşılaştırmalı periyot değerleri

		TEZ		Güler vd. 2008	TDY 1998	Td=0,09.H / √D	
		Tx	Ty	T1=0,026.H <sup>0,9</sup>	T1=Ct.H <sup>n^3/4</sup>	Tx	Ty
3 KAT	Çerçeve	0,476	0,447	0,188	0,364	0,163	0,160
	Tam duvar	0,174	0,166				
3 KAT X YÖNÜ	1. durum	0,206	0,166				
	2. durum	0,232	0,166				
	3. durum	0,267	0,166				
	4. durum	0,334	0,166				
	5. durum	0,476	0,166				
3 KAT Y YÖNÜ	1. durum	0,174	0,205				
	2. durum	0,174	0,251				
	3. durum	0,174	0,297				
	4. durum	0,174	0,447				

Çizelge 5.8’ de görüldüğü gibi Güler vd.’nin (2008) yapmış oldukları çalışmada ifade edilen denklem yapının tam dolgu duvarlı olması için yaklaşık doğru sonuçlar vermektedir. Ancak yapıda dolgu duvarların azalması durumunda denklem ile bulunan periyot değerleri doğru çıkmamakta ve 1. periyodun yönü bilinmemektedir. TDY 98’de ifade edilen denklem ile elde edilen periyot değerlerinin doğruluk oranında oldukça düşük çıkmaktadır. Çeşitli ülke yönetmeliklerinde kullanılan denklem ise yapının tamamen dolgu duvarlı olması durumunda x ve y yönü için yaklaşık doğru sonuçlar verirken yapıda dolgu duvarın azalması durumunda denklem ile bulunan periyot değeri doğru sonuç vermemektedir(Şekil 5.18).

Dolgu duvar alanlarındaki değişime bağlı periyot değişimlerini ifade edebilmek için bu çalışmada taşıyıcı sisteme bağlı ampirik bir formül geliştirilmeye çalışılmıştır. Dolgu duvarların yapının rijitliğini arttırması ve kırılma anına ulaşmaya kadar taşıyıcı gibi çalışması sebebiyle dolgu duvar, taşıyıcı sistem ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda da (dolgu duvar alanı) / (taşıyıcı sistem+dolgu duvar alanı) şeklindeki oran gözönüne alınarak çalışma yapılmıştır.

Çizelge 5.5, Çizelge 5.6, Çizelge 5.7, Çizelge 5.8, de verilen bu oranlar ve bu oranlara bağlı olarak Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22’de gösterilen grafikler Şekil 5.23’deki grafik üzerinde birleştirilerek gösterilmektedir.



Şekil 5.23 Tüm yapıların dolgu duvar alanının azalması ile periyot azalması arasındaki ilişki ve önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

Şekil 5.21'deki grafik üzerinde önerilen formüller ile bulunan değerlerin doğru sonuçlar vermediği görülmektedir. Grafik üzerinde çizilen (tam çizgi) eğrinin periyotlardaki değişimi doğruya yakın bir şekilde ifade ettiği görülmektedir. Bu eğriye bağlı elde edilen formül;

$$\Delta_T (\%) = 88,4 \cdot A_k^{0,92} \quad (5.2)$$

şeklindedir.

Bu formülde;

$\Delta_T$  : dolgu duvarlı periyodun duvarsız periyoda göre % azalma oranını

$A_k$  : Dolgu duvar alanı / (Dolgu duvar alanı + Taşıyıcı alanı) 'nı ifade etmektedir.

(5.2) denkleminde bağlı olarak dolgu duvarlı yapının periyodu,

$$T_d = T_c \cdot (1 - \Delta_T) \quad (5.3)$$

formülüyle bulunmaktadır.

Burada

$T_d$  : Yapının dolgu duvarlı periyodu

$T_{\phi}$  : Yapının dolgu duvarsız periyodu'nu ifade etmektedir.



## 6. DOLGU DUVARLI YAPILARIN MODELLENMESİNE AİT ÖRNEKLER VE ÖNERİLEN FORMÜLLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, Tetik'in (2007) yapmış olduğu çalışmada yer alan örneklerde bulunan periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2) ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri karşılaştırılmaktadır.

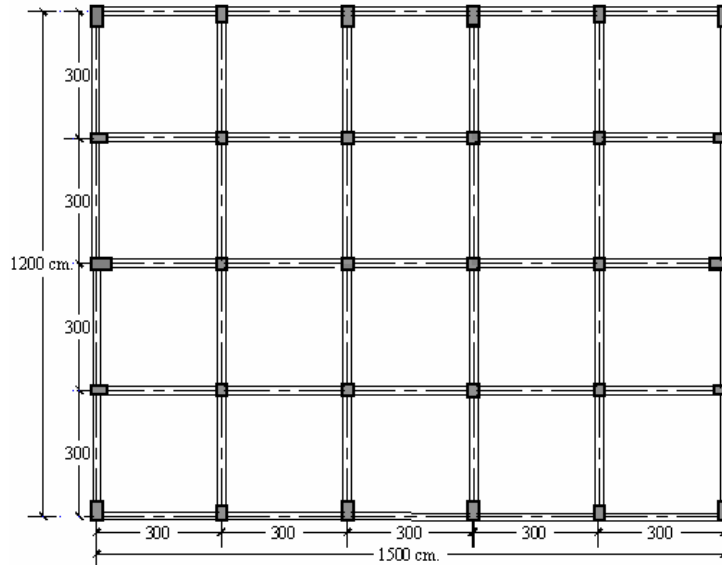
### 6.1 Tetik'in (2007) Çalışmasında Oluşturduğu Mekanik Model

Tetik'in (2007) oluşturduğu modele ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420'dir. Orta kolonlar kare kesitli olup, boyutları 30 cm.×30 cm.'dir. Dış kolonlar dikdörtgen kesitlidir ve min. 25 cm.×40 cm. max. 30 cm.×50 cm. boyutlarına sahiptir. Tüm kirişler 25 cm.×60 cm. kesitine sahiptir.

Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
$T_a$	: 0.15 sn.
$T_b$	: 0.40 sn.
Kullanım Amacı	: Konut
Bina Önem katsayısı (I)	: 1.20
Yapı Davranış Katsayısı (R)	: 6.00
Kat yüksekliği (H)	: 18.00

Yapının örnek bir kat planı Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1 Taşıyıcı sistem kat kalıp planı

### 6.1.1. Tetik'in (2007) Çalışmasında Oluşturduğu Mekanik Modelin Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.1'da toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Tetik'in (2007) modelinin analizi ile bulunan periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.1 Tetik (2007) Periyot değerleri ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=18)		$T_x$	$T_y$	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,693	0,649	19,28	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,301	0,279	19,28	28,29	0,59	x-x
					32,92	0,63	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	$T_d = 0,026.H^{0,9}$	0,351					
<b>TDY 1998</b>	$T_1 = C_t.H^{3/4}$	0,612					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	$T_d = 0,09.H/\sqrt{D}$	0,418	0,468				
<b>Tez</b>	$T_d = T_{ç}.(1-\Delta_r)$	0,313	0,274				

### 6.2 Artukoğlu Apt. Tetik (2007)

Artukoğlu Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

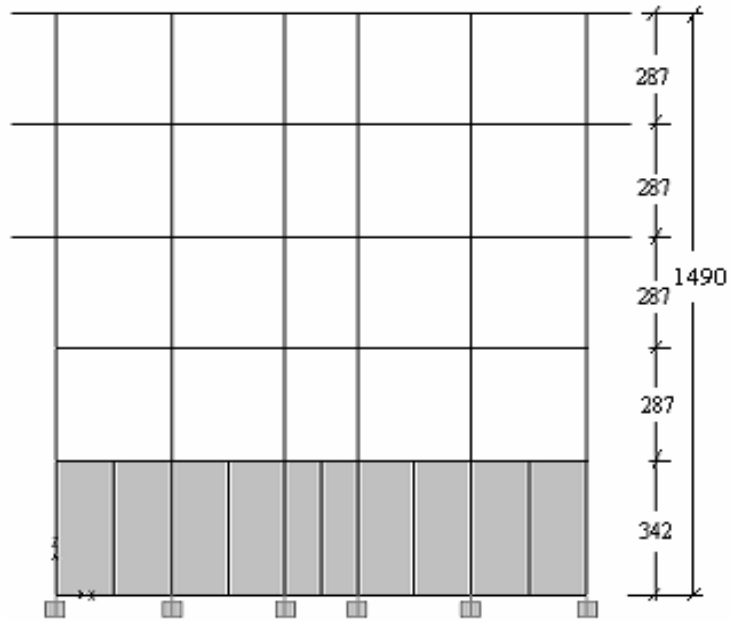
Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S220'dir.

Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
$T_a$	: 0.20 sn.
$T_b$	: 0.90 sn.
Kullanım Amacı	: Konut
Bina Önem katsayısı (I)	: 1.20
Yapı Davranış Katsayısı (R)	: 6.00

Çizelge 6.2 Artukoğlu Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)
25/25
25/90
25/100
70/25
80/25
85/25
90/25
100/25
175/25

Şekil 6.2’de binanın kat yükseklikleri gösterilmektedir.



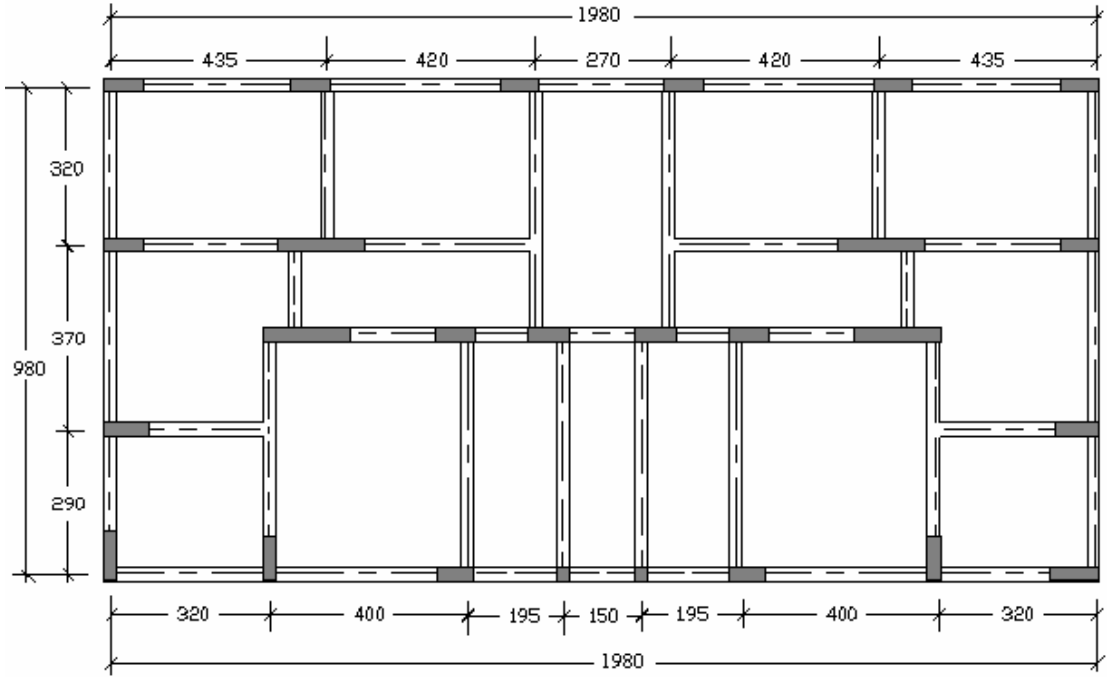
Şekil 6.2 Artukoğlu Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.3’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

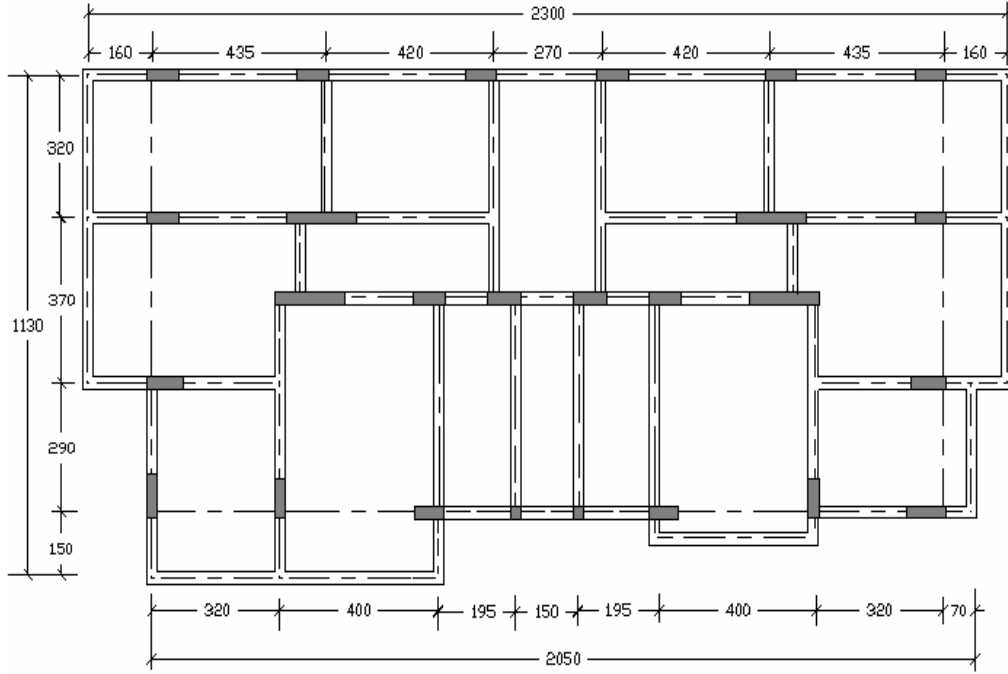


Şekil 6.3 Artukoğlu Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.4 ve Şekil 6.5’de verilmiştir.



Şekil 6.4 Artukoğlu Apt. zemin kat kalıp planı (Ö:1/145)



Şekil 6.5 Artukoğlu Apt. normal kat kalıp planı (Ö:1/160)

### 6.2.1 Artukoğlu Apartmanına Ait Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.3'te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Artukoğlu Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2) 'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.3 Artukoğlu Apt ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=14,9)		$T_x$	$T_y$	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,497	0,423	42,25	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,268	0,291	42,25	26,72	0,39	x-x
					21,80	0,34	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	$T_d = 0,026.H^{0,9}$	0,296					
<b>TDY 1998</b>	$T_1 = C_t.H^{3/4}$	0,531					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	$T_d = 0,09.H/\sqrt{D}$	0,301	0,428				
<b>Tez</b>	$T_d = T_{ç}.(1-\Delta\tau)$	0,314	0,284				

### 6.3 Aşçıoğlu Apt. Tetik (2007)

Aşçıoğlu Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S220'dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

$T_a$  : 0.15 sn.

$T_b$  : 0.60 sn.

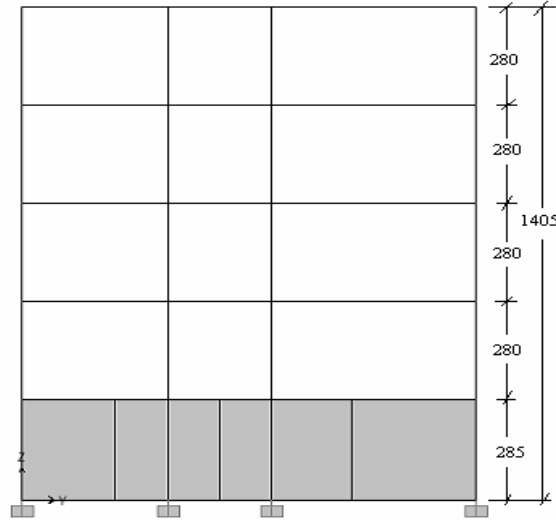
Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

Çizelge 6.4 Aşçıoğlu Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)
25/60
25/70
25/80
25/175
25/180
25/215
30/30
30/70
60/25
65/25
70/25
175/25



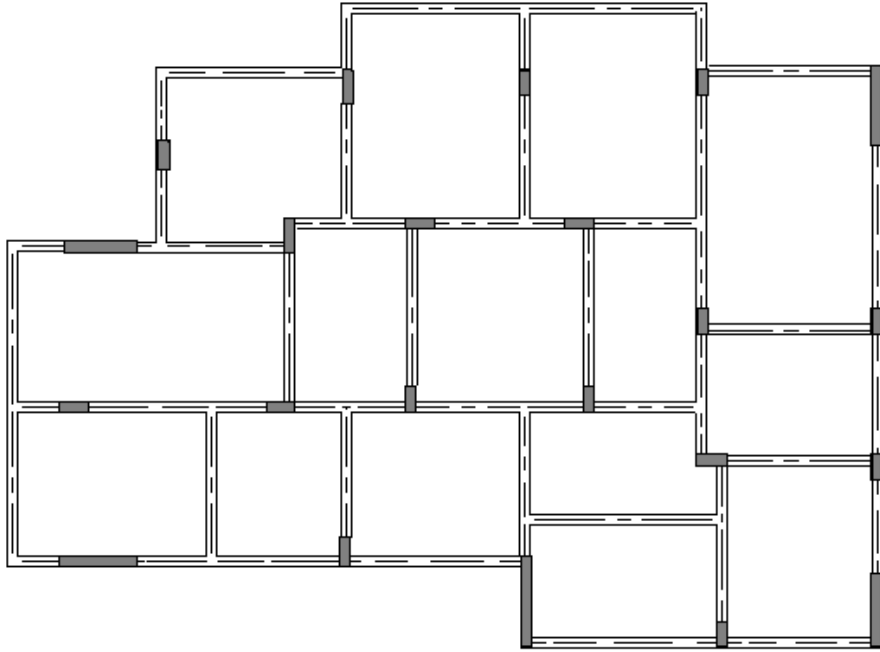
Şekil 6.6 Aşçıoğlu Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.7'da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



Şekil 6.7 Aşcıoğlu Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planı Şekil 6.9’da verilmiştir.



Şekil 6.8 Aşcıoğlu Apt. normal kat kalıp planı



### 6.3.1 Aşçıoğlu Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.5'te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Aşçıoğlu Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2) 'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.5 Aşçıoğlu Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=14,05)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,461	0,406	36,91	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,227	0,216	36,91	34,43	0,48	x-x
					40,33	0,52	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,280					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,508					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/√D	0,271	0,312				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> =T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>r</sub> )	0,252	0,209				

### 6.4 Bilge Apt. Tetik (2007)

Bilge Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S220'dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T<sub>a</sub> : 0.15 sn.

T<sub>b</sub> : 0.40 sn.

Kullanım Amacı : Konut

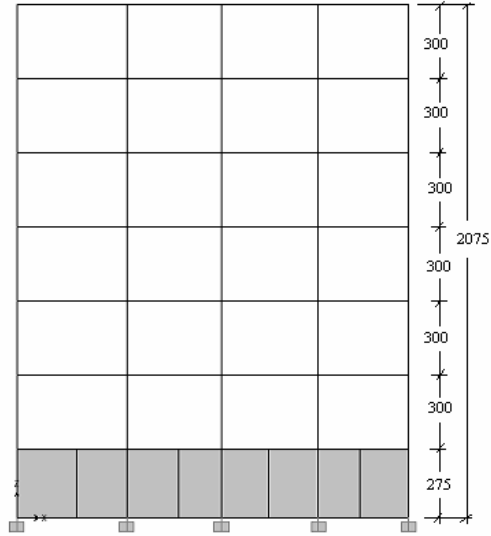
Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 4.00

:

Çizelge 6.6 Bilge Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)	Kolon Boyutu (cm.)
20/100	50/25
25/25	55/25
25/40	60/25
25/60	65/25
25/70	70/25
30/70	70/30
35/35	80/30
40/25	80/35
40/40	85/30
45/45	120/20



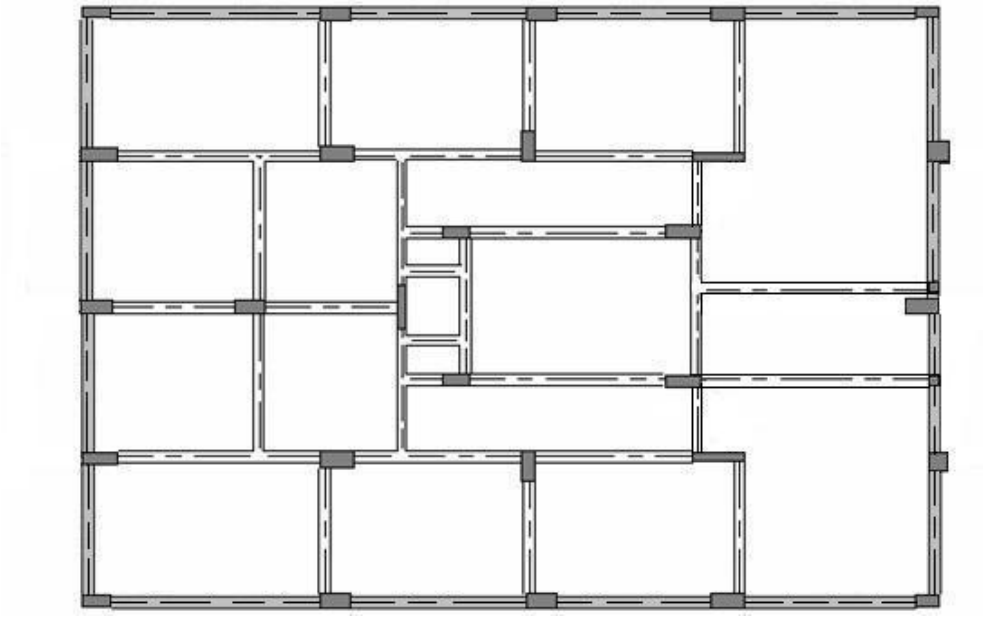
Şekil 6.9 Bilge Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.17’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

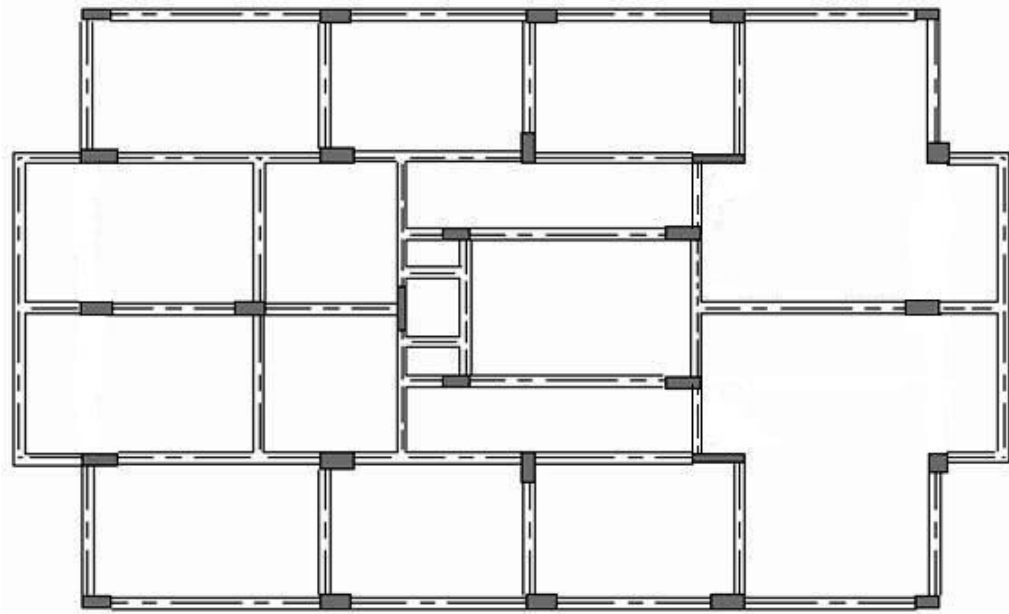


## Şekil 6.10 Bilge Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.18, Şekil 6.19 ve Şekil 6.20’de verilmiştir.



Şekil 6.11 Bilge Apt. bodrum kat kalıp planı



Şekil 6.12 Bilge Apt. normal kat kalıp planı

#### 6.4.1 Bilge Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.7’te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Bilge Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.’nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998’in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2) ’de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.7 Bilge Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=20,75)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,592	0,830	44,24	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,232	0,413	44,24	85,42	0,66	x-x
					23,47	0,35	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	Td = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,398					
<b>TDY 1998</b>	T1=Ct.H <sup>3/4</sup>	0,681					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	Td=0,09.H <sup>1/D</sup>	0,389	0,503				
<b>Tez</b>	Td =Tç.(1-Δτ)	0,235	0,553				

#### 6.5 Dağıstan Apt. Tetik (2007)

Dağıstan Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

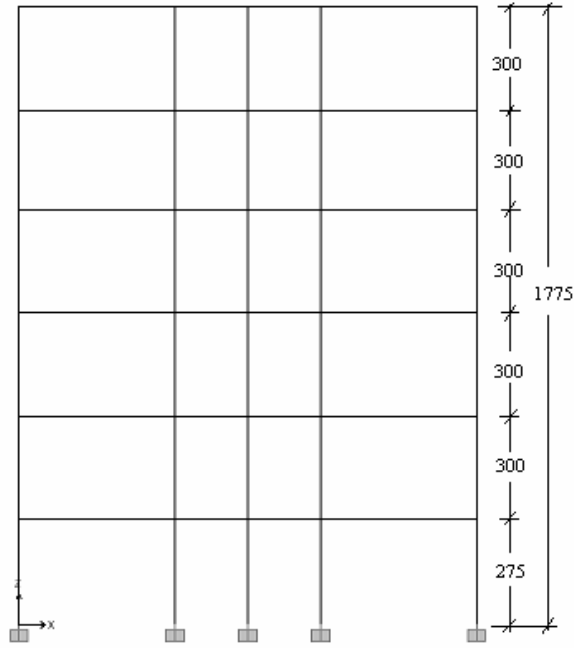
Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420’dir.

Yerel Zemin Sınıfı	: Z4
T <sub>a</sub>	: 0.20 sn.
T <sub>b</sub>	: 0.90 sn.
Kullanım Amacı	: Konut
Bina Önem katsayısı (I)	: 1.20
Yapı Davranış Katsayısı (R)	: 7.00

Çizelge 6.8 Dağıstan Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)	Kolon Boyutu (cm.)
20/100	40/40
20/110	60/25
20/120	70/30
25/60	80/20
25/70	95/25
25/110	100/20
35/80	100/25
35/120	170/20

:



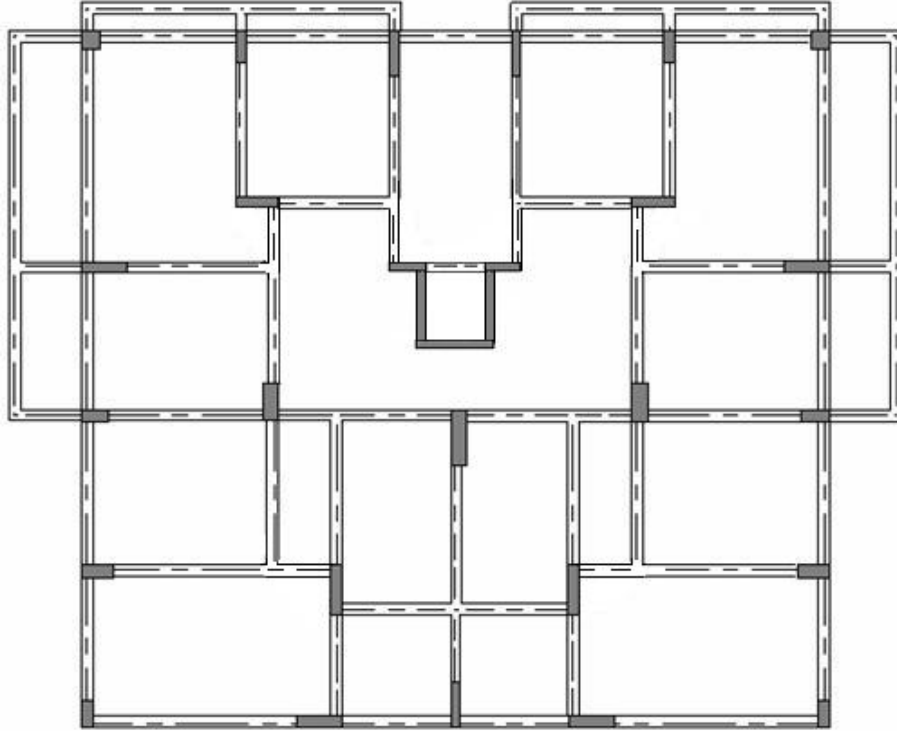
Şekil 6.13 Dağıstan Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.21'de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

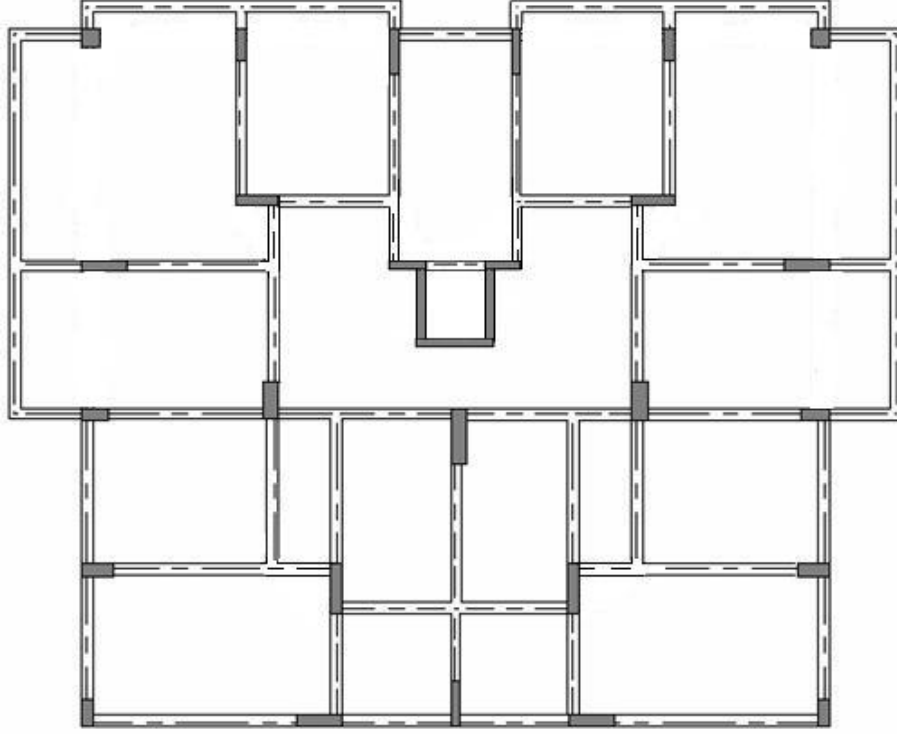


Şekil 6.14 Dağıstan Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.22 ve Şekil 6.23’de verilmiştir.



Şekil 6.15 Dağıstan Apt. zemin kat kalıp planı



Şekil 6.16 Dağıstan Apt. normal kat kalıp planı

### 6.5.1 Dağıstan Apt. Ait Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.9'te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Dağıstan Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2) 'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.9 Dağıstan Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=17,75)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,627	0,573	37,93	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,240	0,315	37,93	63,17	0,62	x-x
					44,40	0,54	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,346					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,605					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/√D	0,313	0,341				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> =T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>r</sub> )	0,267	0,286				

### 6.6 Enver Parlak Apt. Tetik (2007)

Enver Parlak Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C25, beton çeliği sınıfı S420' dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z2

T<sub>a</sub> : 0.15 sn.

T<sub>b</sub> : 0.40 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

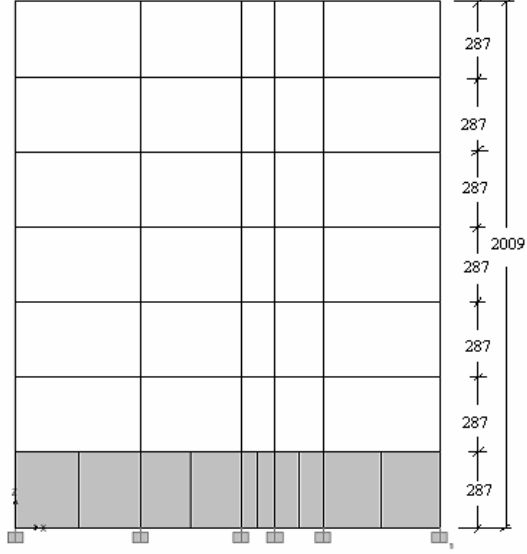
Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

Çizelge 6.10 Enver Parlak Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)	Kolon Boyutu (cm.)
25/25	30/70
25/60	30/80
25/70	60/25
25/80	70/25
25/110	80/25
25/175	125/25
30/50	175/25

:





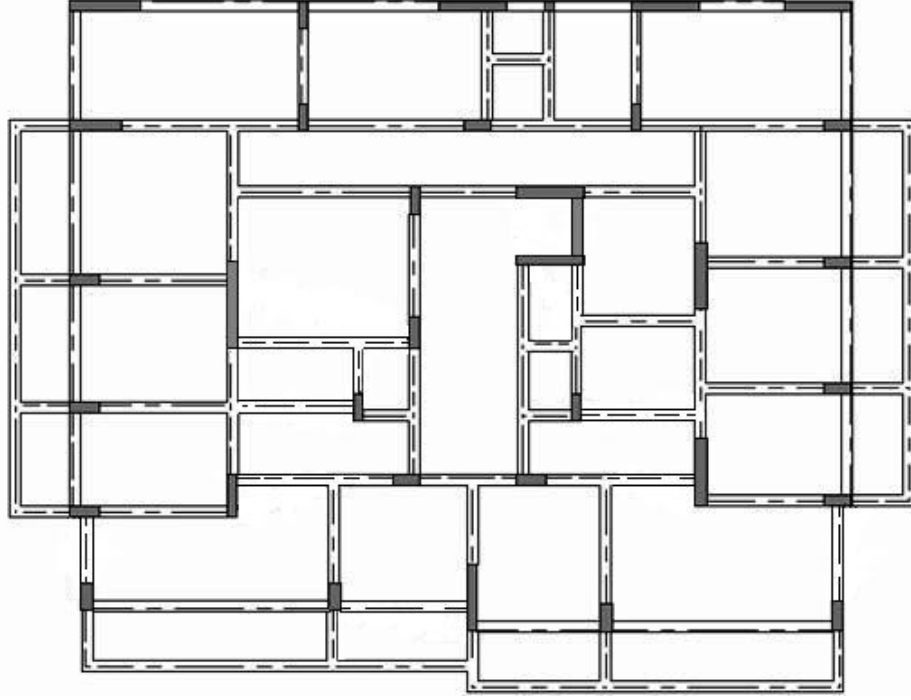
Şekil 6.17 Enver Parlak Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.25’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

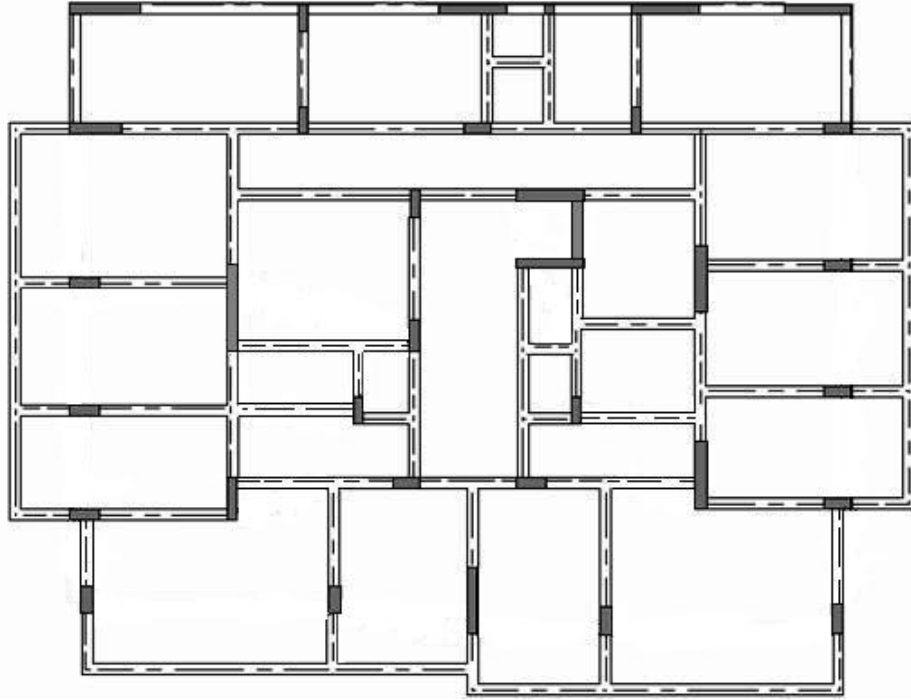


Şekil 6.18 Enver Parlak Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.26 ve Şekil 6.27’de verilmiştir.



Şekil 6.19 Enver Parlak Apt. zemin kat kalıp planı



Şekil 6.20 Enver Parlak Apt. normal kat kalıp planı

### 6.6.1 Enver Parlak Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.11’te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Enver Parlak Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.’nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998’in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)’de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.11 Enver Parlak Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=20)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,482	0,532	75,83	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,230	0,311	75,83	99,51	0,57	x-x
					65,10	0,46	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,385					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,662					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/√D	0,374	0,438				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> =T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>r</sub> )	0,229	0,301				

### 6.7 Hilal Apt. Tetik (2007)

Hilal Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420’dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T<sub>a</sub> : 0.15 sn.

T<sub>b</sub> : 0.60 sn.

Kullanım Amacı : Konut

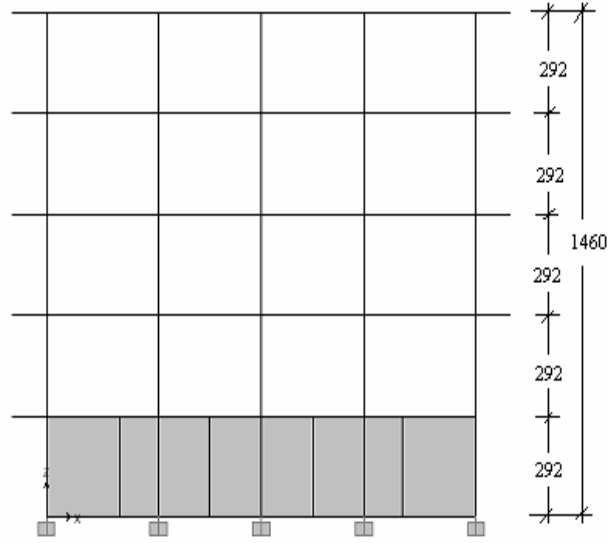
Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

Çizelge 6.12 Hilal Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)
25/70
25/80
70/25
85/25
175/25

:



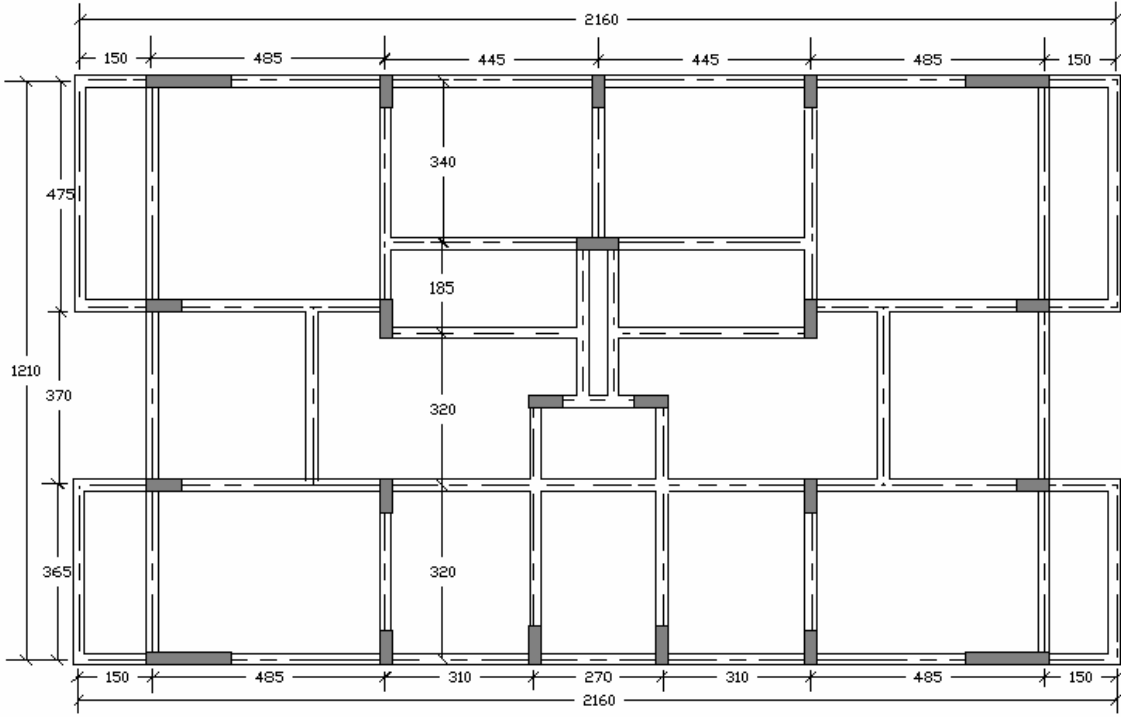
Şekil 6.21 Hilal Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.29'de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

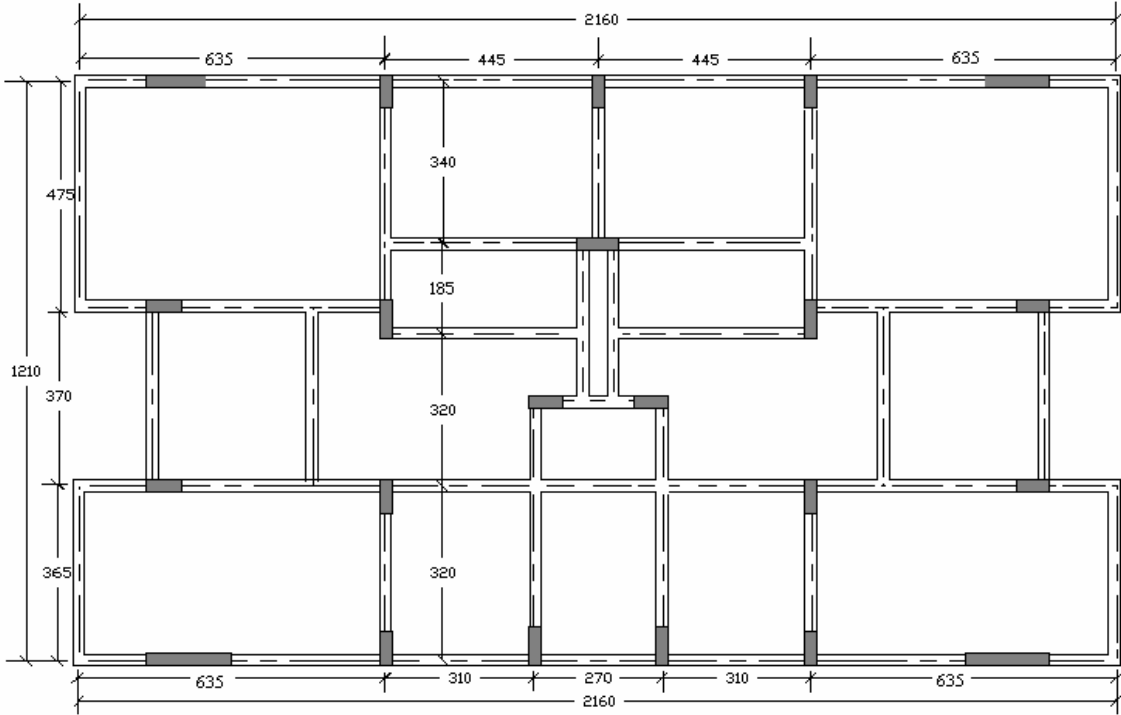


Şekil 6.22 Hilal Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.30ve Şekil 6.31’de verilmiştir.



Şekil 6.23 Hilal Apt. zemin kat kalıp planı (Ö:1/150)



Şekil 6.24 Hilal Apt. normal kat kalıp planı (Ö:1/150)

### 6.7.1 Hilal Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.13'te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Hilal Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2) 'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.13 Hilal Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=11,60)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,408	0,479	35,84	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,210	0,257	35,84	34,56	0,49	x-x
					28,26	0,44	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	Td = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,236					
<b>TDY 1998</b>	T1=Ct.H <sup>3/4</sup>	0,440					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	Td=0,09.H/√D	0,233	0,300				
<b>Tez</b>	Td =Tç.(1-Δτ)	0,221	0,280				

### 6.8 Koçyiğit Apt. Tetik (2007)

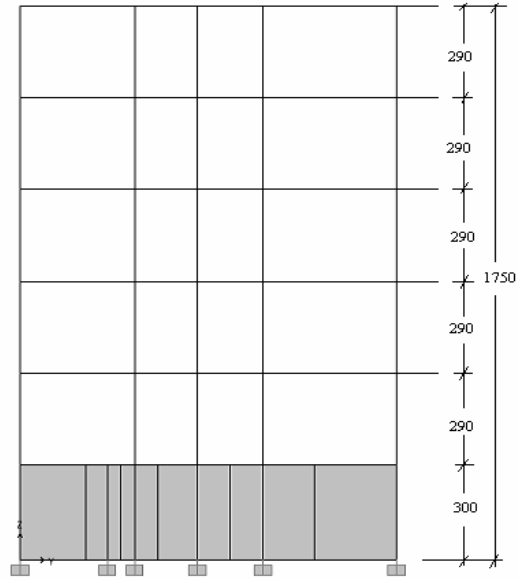
Koçyiğit Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C30, beton çeliği sınıfı S420'dir.

Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
T <sub>a</sub>	: 0.15 sn.
T <sub>b</sub>	: 0.60 sn.
Kullanım Amacı	: Konut
Bina Önem katsayısı (I)	: 1.00
Yapı Davranış Katsayısı (R)	: 7.00

Çizelge 6.14 Koçyiğit Apt. ait kolon boyutları

: Kolon Boyutu (cm.)
25/25
25/70
25/75
25/80
25/150
25/170
70/25
80/25
95/25
100/25
200/25



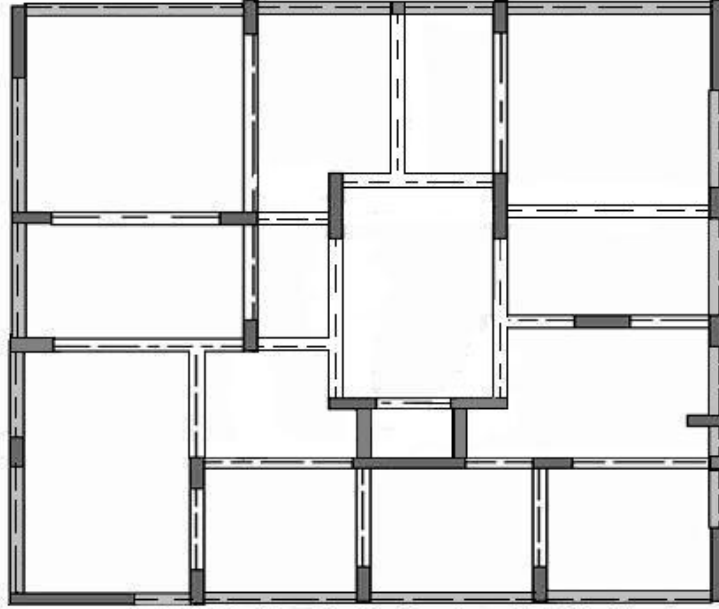
Şekil 6.25 Koçyiğit Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.33'de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



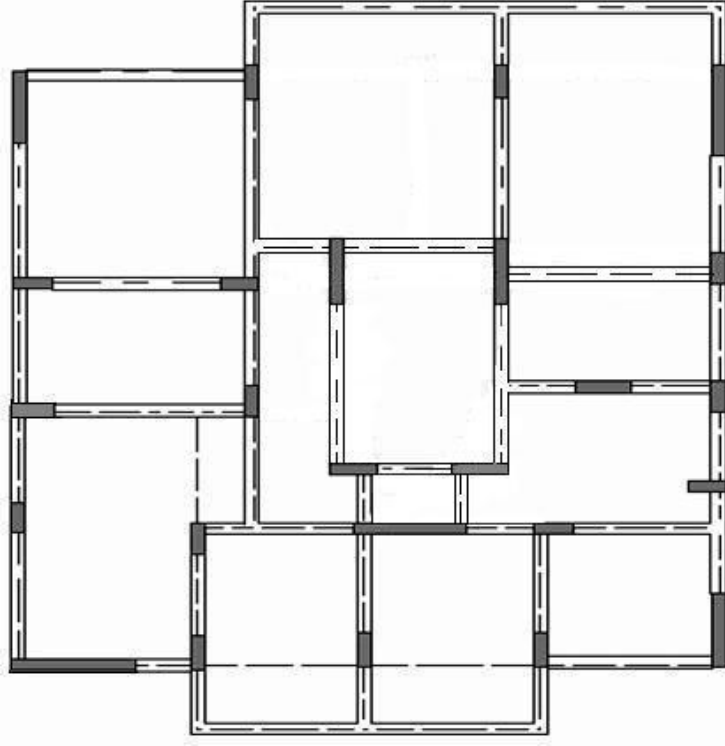
Şekil 6.26 Koçyiğit Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.34 ve Şekil 6.35’de verilmiştir.



Şekil 6.27 Koçyiğit Apt. bodrum kat kalıp planı





Şekil 6.28 Koçyiğit Apt. zemin ve normal kat kalıp planı

#### 6.8.1. Koçyiğit Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.15'te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Koçyiğit Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.15 Koçyiğit Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=17,5)		$T_x$	$T_y$	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,362	0,315	48,10	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,262	0,181	48,10	16,81	0,26	x-x
					36,90	0,43	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	$T_d = 0,026.H^{0,9}$	0,342					
<b>TDY 1998</b>	$T_1 = C_t.H^{3/4}$	0,599					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	$T_d = 0,09.H/\sqrt{D}$	0,416	0,384				
<b>Tez</b>	$T_d = T_ç.(1-\Delta r)$	0,270	0,186				

### 6.9 Nezih Apt. Tetik (2007)

Nezih Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S220'dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

$T_a$  : 0.15 sn.

$T_b$  : 0.60 sn.

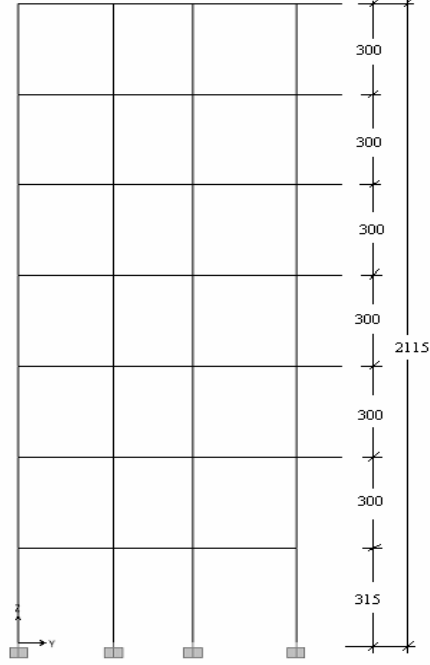
Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 4.00

Çizelge 6.16 Nezih Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)
20/100
25/50
25/60
25/70
75/25



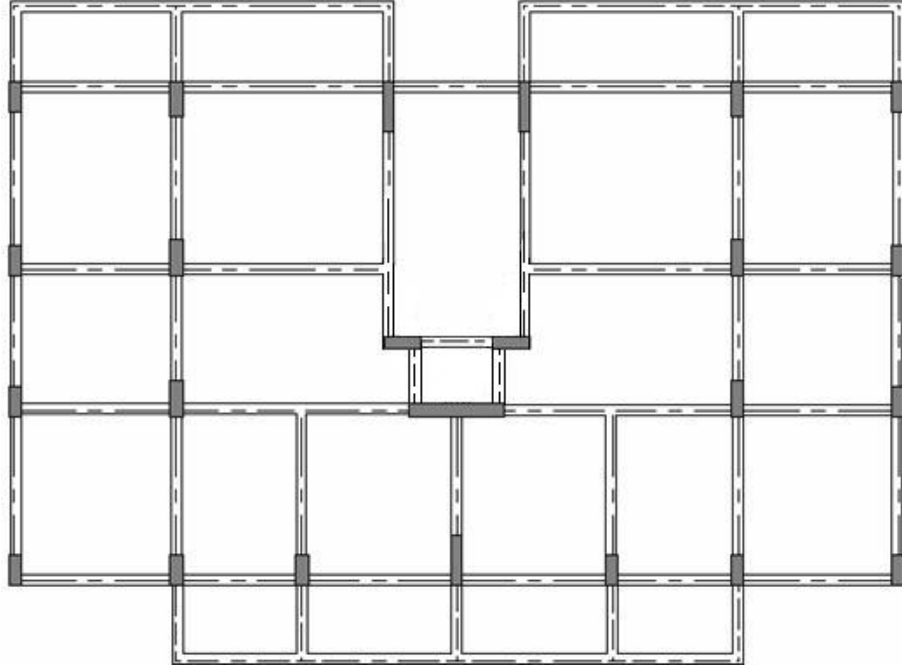
Şekil 6.29 Nezih Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.37’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

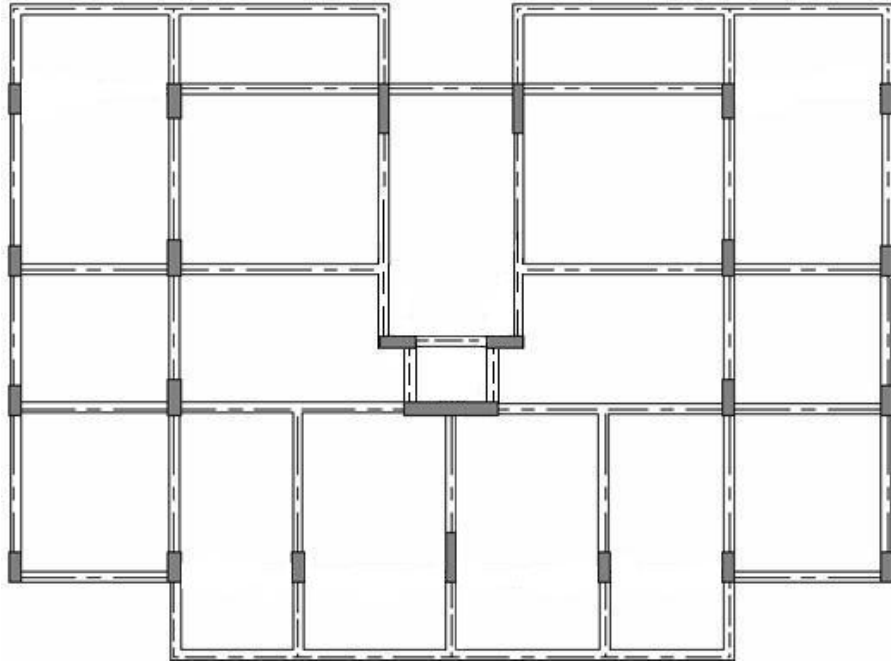


Şekil 6.30 Nezih Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.38, ve Şekil 6.39’da verilmiştir.



Şekil 6.31 Nezh Apt. zemin kat kalıp planı



Şekil 6.32 Nezh Apt. normal kat kalıp planı

### 6.9.1 Nezih Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.17’te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Nezih Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.’nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998’in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)’de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.17 Nezih Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=21,15)		T <sub>X</sub>	T <sub>Y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,820	0,580	34,78	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,391	0,292	34,78	37,44	0,52	x-x
					53,57	0,61	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,405					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,690					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/√D	0,454	0,528				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> =T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>r</sub> )	0,424	0,256				

### 6.10 Özyurt Apt. Tetik (2007)

Özyurt Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C18, beton çeliği sınıfı S420’dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z4

T<sub>a</sub> : 0.20 sn.

T<sub>b</sub> : 0.90 sn.

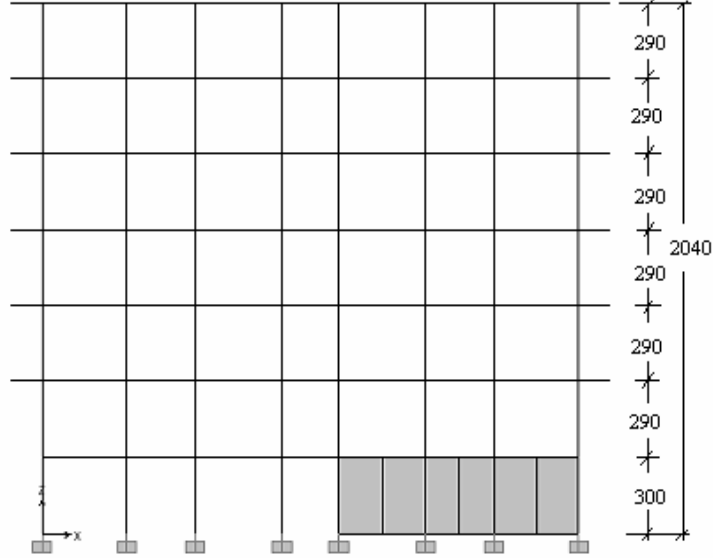
Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 7.00

: Çizelge 6.18 Özyurt Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)
25/70
25/175
70/25
75/25
175/25



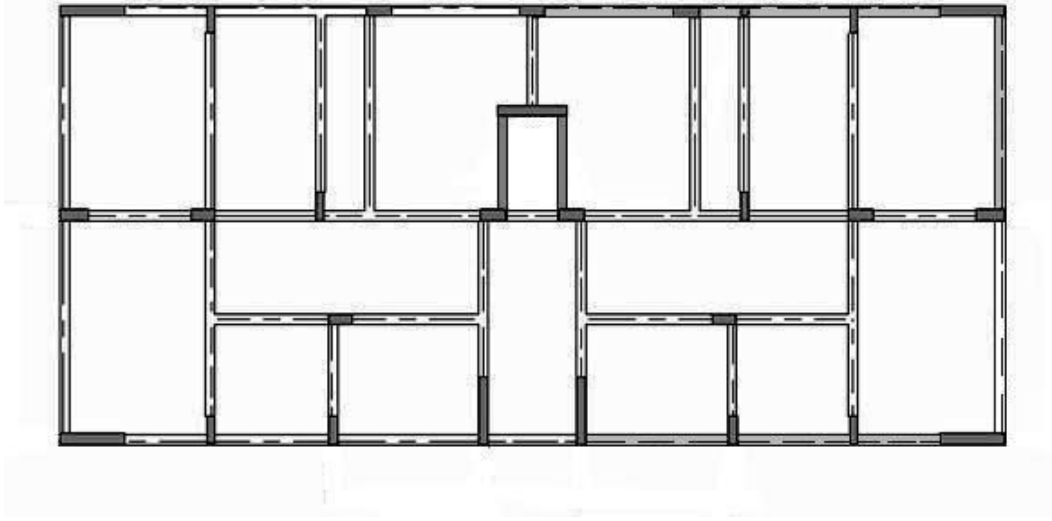
Şekil 6.33 Özyurt Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.41'de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

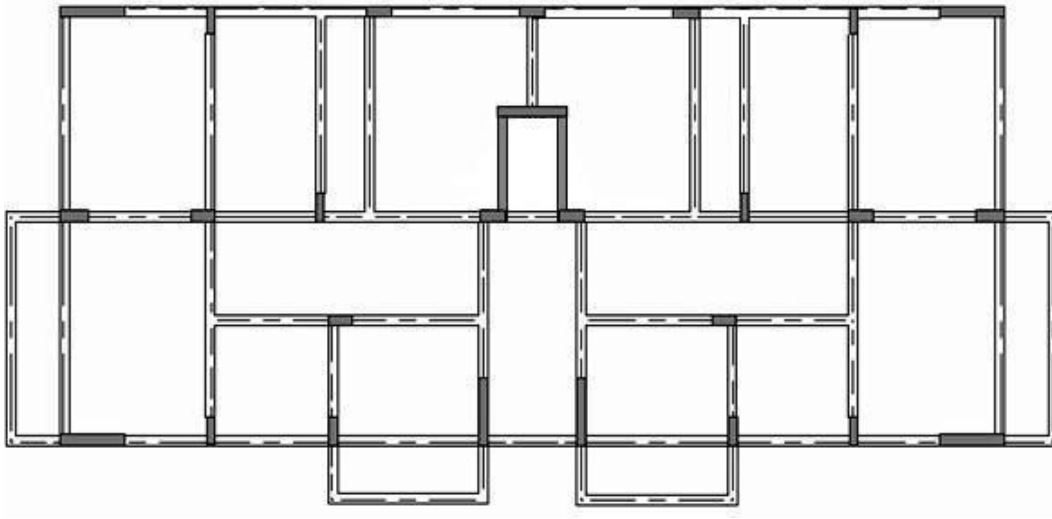


Şekil 6.34 Özyurt Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.42 ve Şekil 6.43’de verilmiştir.



Şekil 6.35 Özyurt Apt. bodrum kat kalıp planı



Şekil 6.36 Özyurt Apt. zemin ve normal kat kalıp planı

### 6.10.1 Özyurt Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.19’te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Özyurt Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.’nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998’in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)’de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.19 ÖzyurtApt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=20,4)		$T_x$	$T_y$	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,482	0,532	61,25	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,230	0,311	61,25	65,37	0,52	x-x
					63,11	0,51	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	$T_d = 0,026.H^{0,9}$	0,392					
<b>TDY 1998</b>	$T_1 = C_t.H^{3/4}$	0,672					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	$T_d = 0,09.H/\sqrt{D}$	0,337	0,509				
<b>Tez</b>	$T_d = T_{ç}.(1-\Delta r)$	0,250	0,280				

### 6.11 Pembeköşk Apt. Tetik (2007)

Pembeköşk Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C25, beton çeliği sınıfı S420'dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z4

$T_a$  : 0.20 sn.

$T_b$  : 0.90 sn.

Kullanım Amacı : Konut

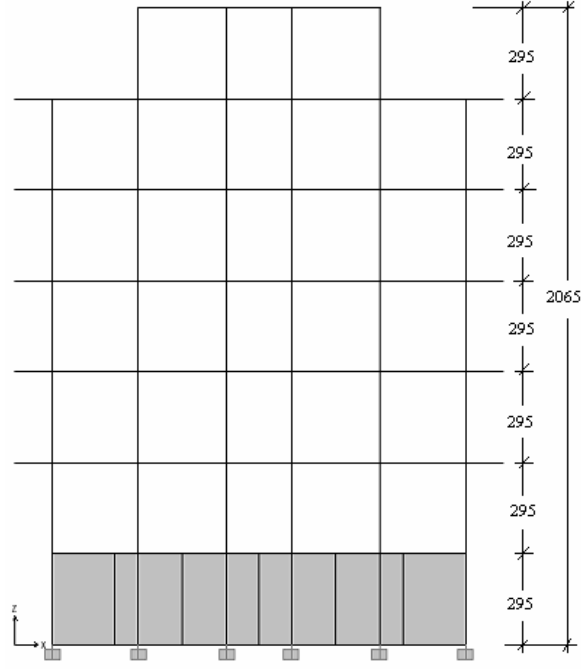
Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

Çizelge 6.20 Pembeköşk Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)
25/25
25/70
25/175
60/40
70/25
80/25
175/25





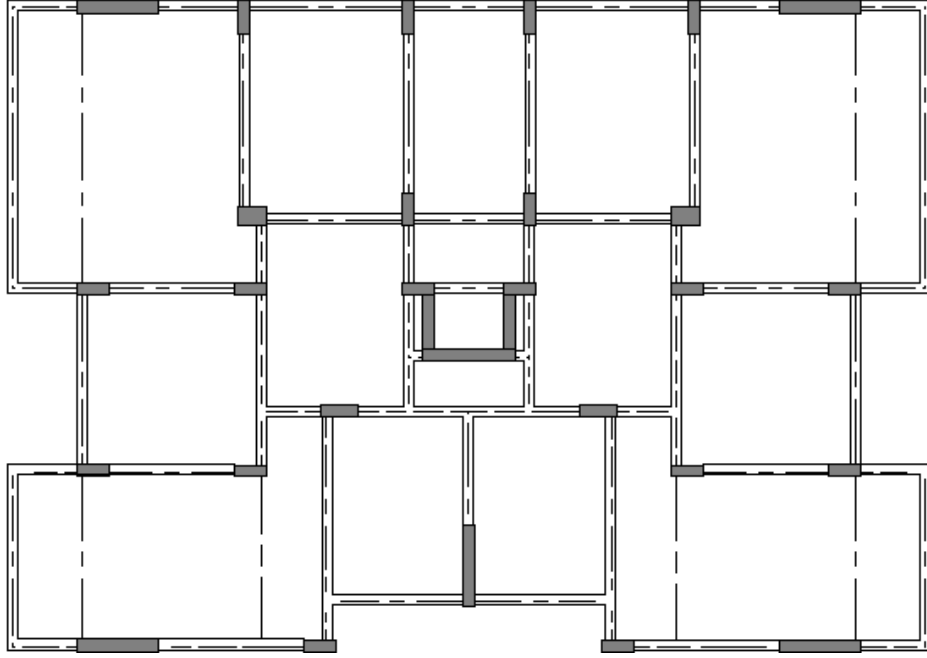
Şekil 6.37 Pembeköşk Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.45’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

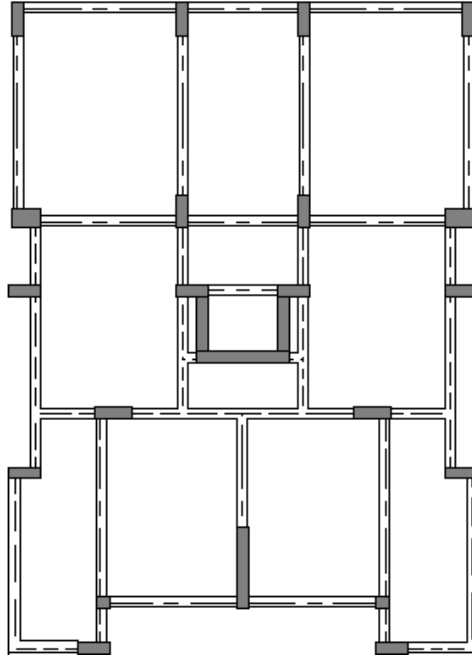


Şekil 6.38 Pembeköşk Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.47 ve Şekil 6.48’de verilmiştir.



Şekil 6.39 Pembeköşk Apt. zemin ve normal kat kalıp planı



Şekil 6.40 Pembeköşk Apt. çatı kat kalıp planı

### 6.11.1. Pembeköşk Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.21’te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Pembeköşk Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.’nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998’in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)’de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.21 Pembeköşk Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=17,7)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,552	0,489	58,53	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,346	0,295	58,53	37,21	0,39	x-x
					45,91	0,44	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,345					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,604					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/√D	0,358	0,406				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> =T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>r</sub> )	0,348	0,286				

### 6.12. Şahiner Apt. Tetik (2007)

Şahiner Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C30, beton çeliği sınıfı S420’dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T<sub>a</sub> : 0.15 sn.

T<sub>b</sub> : 0.60 sn.

Kullanım Amacı : Konut

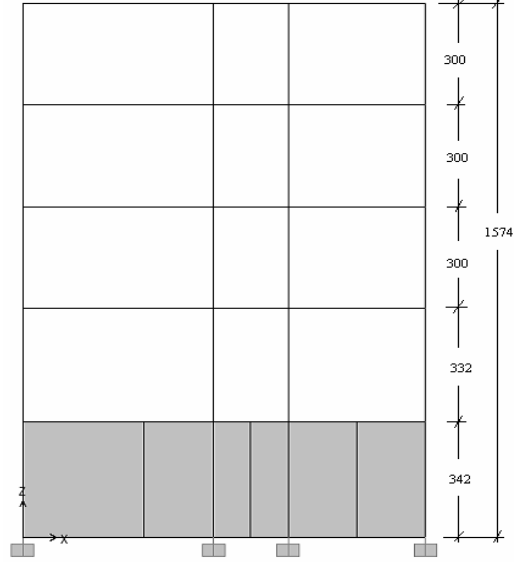
Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.80

Çizelge 6.22 Şahiner Apt. ait kolon boyutları

:

Kolon Boyutu (cm.)
25/60
25/70
25/80
25/175
60/25
175/25



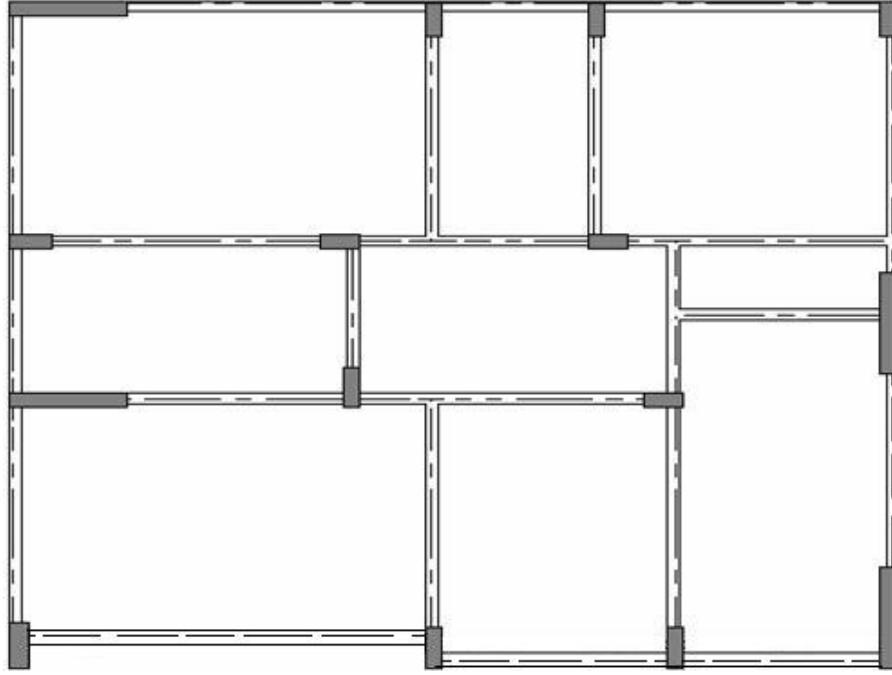
Şekil 6.41 Şahiner Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.42’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



Şekil 6.42 Şahiner Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planı Şekil 6.43’de verilmiştir.



Şekil 6.43 Şahiner Apt. bodrum, zemin ve normal kat kalıp planı

### 6.12.1 Şahiner Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.23’te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Şahiner Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.’nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998’in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)’de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.23 Şahiner Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=15,75)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,521	0,411	26,66	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,279	0,209	26,66	21,29	0,44	x-x
					23,90	0,47	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,311					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,553					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/√D	0,386	0,399				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> = T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>r</sub> )	0,303	0,229				

### 6.13 Tolgahan Apt. Tetik (2007)

Tolgahan Apartmanına ait bina genel bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420'dir.

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T<sub>a</sub> : 0.15 sn.

T<sub>b</sub> : 0.60 sn.

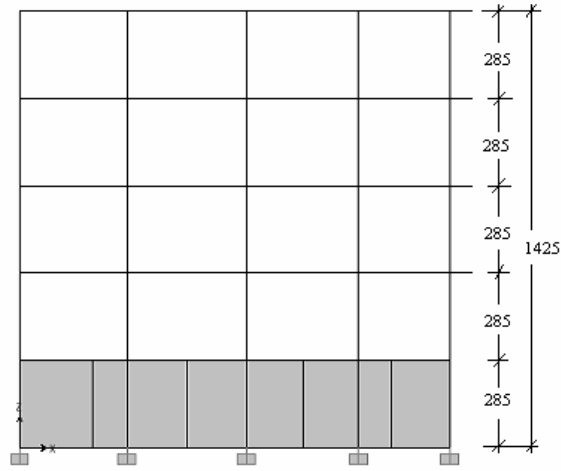
Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

Çizelge 6.24 Tolgahan Apt. ait kolon boyutları

Kolon Boyutu (cm.)
25/60
25/70
25/175
30/30
60/25
70/25
75/25
80/25
175/25



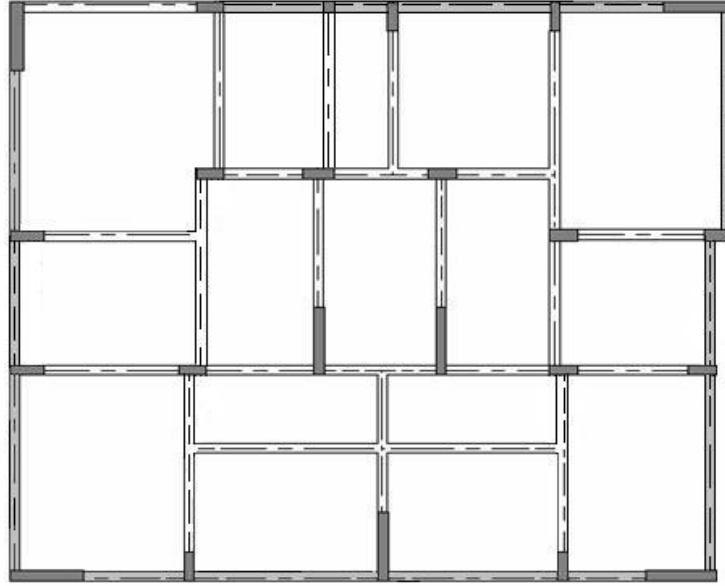
Şekil 6.44 Tolgahan Apt. kat yükseklikleri

Şekil 6.45’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

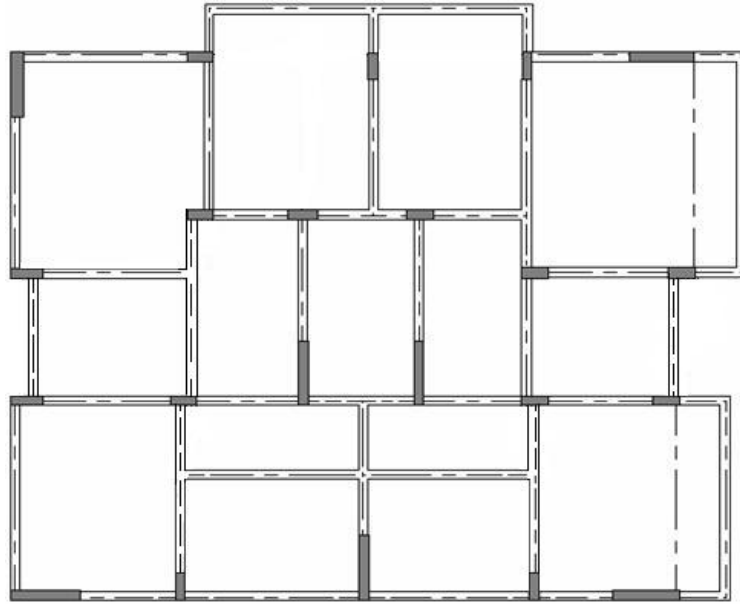


Şekil 6.45Tolgahan Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.46 ve Şekil 6.47’da verilmiştir.



Şekil 6.46 Tolgahan Apt. bodrum kat kalıp planı



Şekil 6.47 Tolgahan Apt. zemin ve normal kat kalıp planı

### 6.13.1 Tolgahan Apt. Çözümleme Sonuçları

Çizelge 6.25’te toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanları verilmektedir. Bu değerler ile birlikte Tolgahan Apt. çözümlemesi sonucu bulunan periyot değerleri ile Güler vd.’nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998’in önerdiği formül ile bulunan,



dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 6.25 Tolgahan Apt. ait analiz sonuçları ile önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri

(H=14,25)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tetik 2007</b>	Çıplak Çerçeve	0,489	0,412	41,03	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,273	0,237	41,03	37,99	0,48	x-x
					45,08	0,52	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,284					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,513					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/ $\sqrt{D}$	0,296	0,343				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> =T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>r</sub> )	0,268	0,211				

#### 6.14. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde Tetik (2007)'de yapmış olduğu örneklerdeki periyot değerleri ile Güler vd.'nin(2008) önerdiği formül ile bulunan, TDY 1998'in önerdiği formül ile bulunan, dünyada bir çok ülke yönetmeliklerinde kullanılıp (4.2)'de ifade edilen formül ile bulunan ve (5.3) formülüyle bulunan periyot değerlerinin rölatif hata oranları Çizelge 6.26'da verilmiştir. Rölatif hata oranları (6.1) formülüyle hesaplanmıştır. Çizelge 6.26'da görüleceği üzerinde önerilen formüller ile yapılan hesaplamalarda -x ve y yönü için- hata oranı en az olan denklem, tez çalışması ile elde edilen (5.3) formülüyle bulunan sonuçlardır. Doğruya en yakın sonucu (5.3) formülüyle bulunan periyot değerleri vermektedir.

$$\varepsilon (\%) = \frac{(T_a - T_f) \times 100}{T_a} \quad (6.1)$$

T<sub>a</sub> : Analiz ile bulunan periyot değeri

T<sub>f</sub> : Önerilen formül ile bulunan periyot değeri

Çizelge 6.26 Tetik'in (2007) çözümlemesini yaptığı binalarda önerilen formüllerin hata oranları

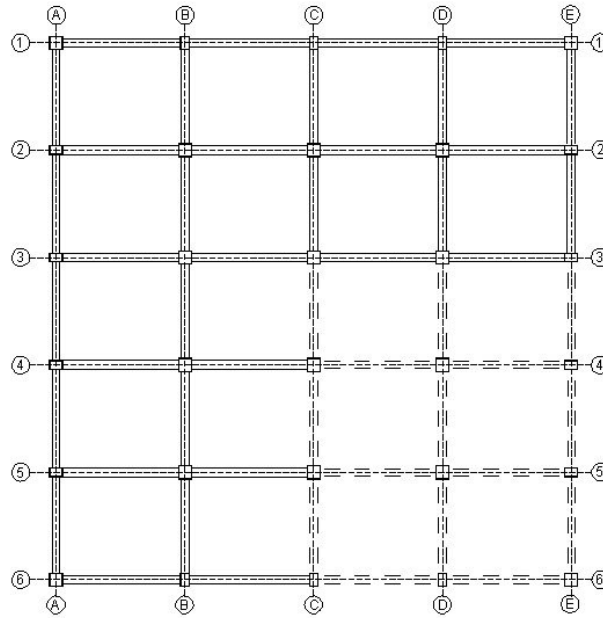
	Analiz		Tez				Güler vd. (2008)		TDY 1998		Çeşitli Ülke Yönetmelikleri					
			$T_d = T_{\zeta} \cdot (1 - \Delta T)$				$T_d = 0,026 \cdot H^{0,9}$		$T_1 = C_t \cdot H^{3/4}$		$T_d = 0,09 \cdot H / \sqrt{D}$					
Bina Adı	$T_x$	$T_y$	$T_x$	Hata %	$T_y$	Hata %	$T_1$	Hata %	$T_1$	Hata %	$T_x$		Hata %	$T_y$		Hata %
Tetik(2007)	0,301	0,279	0,313	3,8	0,274	1,8	0,351	14,1	0,612	103,1	0,418	139	38,8	0,468	168	68,0
Artukoğlu	0,268	0,291	0,314	14,4	0,284	2,5	0,296	1,6	0,531	82,4	0,301	112	12,2	0,428	147	47,0
Aşçıoğlu	0,227	0,216	0,252	10,1	0,209	3,4	0,280	19,1	0,508	123,9	0,271	119	19,5	0,312	145	44,7
Bilge	0,232	0,413	0,235	1,5	0,553	25,3	0,398	3,5	0,681	64,8	0,389	168	67,8	0,503	122	21,8
Dağistan	0,240	0,315	0,267	10,2	0,286	10,1	0,346	9,0	0,605	92,2	0,313	130	30,3	0,341	108	8,3
Enver Parlak	0,230	0,311	0,229	0,6	0,301	3,2	0,385	19,4	0,662	113,1	0,374	162	62,3	0,438	141	41,0
Hilal	0,210	0,257	0,221	4,8	0,280	8,3	0,236	8,0	0,440	71,5	0,233	111	10,9	0,206	80	19,6
Koçyiğit	0,262	0,181	0,270	2,8	0,186	2,7	0,342	23,2	0,599	128,3	0,416	159	58,6	0,384	212	112,2
Nezih	0,391	0,292	0,424	7,7	0,256	13,9	0,405	3,5	0,690	76,5	0,454	116	16,1	0,528	181	81,0
Özyurt	0,230	0,311	0,250	7,9	0,280	10,9	0,392	20,8	0,672	116,3	0,337	146	46,2	0,509	164	63,9
Pembeköşk	0,346	0,295	0,348	0,5	0,286	3,0	0,345	0,2	0,604	74,6	0,354	102	2,3	0,406	138	37,8
Şahiner	0,279	0,209	0,303	7,7	0,229	8,6	0,311	10,1	0,553	98,1	0,386	138	38,1	0,399	191	91,0
Tolgahan	0,273	0,237	0,268	1,7	0,211	12,4	0,284	3,9	0,513	88,1	0,296	108	-8,5	0,343	144	44,5
Ortalama Rölatif Hata	-		5,7		8,1		10,5		94,8		30,4			52,4		

### 6.15. Düzensiz Yapılarda Çözümleme

Önerilen formüllerin düzensizliklerin bulunduğu binalarda nasıl sonuç verdiğini tespit etmek için 11 katlı yapıda dolgu duvarlar burulma düzensizliği oluşturacak ve yumuşak kat oluşumu sağlayacak şekilde yerleştirilerek analiz yapılmıştır.

#### 6.15.1 Burulma Düzensizliği Bulunan Yapı

11 katlı yapıda x yönünde 4 ve 6 akslarının C ve E aksları arasında kalan dolgu duvarlar kaldırılarak model oluşturulmuştur (Şekil 6.48).



Şekil 6.48 11 katlı yapıda burulma düzensizliği oluşturacak şekilde kaldırılan dolgu duvarlı model

Oluşturulan modelin analiz sonuçları Çizelge 6.27’de yer almaktadır. Yapıda burulma düzensizliğinin meydana gelmesi ile birinci ve ikinci periyotlar burulma periyotları olmaktadır. Elde edilen bu periyot değerleri önerilen formüller ile kıyaslandığında yaklaşık doğru sonuçlar vermekle birlikte elde edilen sonuçların doğruluk değeri azalmaktadır.

Çizelge 6.27 Burulma düzensizliği oluşturulan yapının analiz sonuçları

(H=14,25)		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tez</b>	Çıplak Çerçeve	1,151	1,070	9,12	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,712	0,650	9,12	9,81	0,52	x-x
					7,02	0,43	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	Td = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,605					
<b>TDY 1998</b>	T1=Ct.H <sup>3/4</sup>	0,964					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	Td=0,09.H/ <sup>√</sup> D	0,599	0,587				
<b>Tez</b>	Td =Tç.(1-Δτ)	0,595	0,630				

### 6.15.2 Yumuşak Kat Düzensizliği Bulunan Yapı

11 katlı yapıda yumuşak kat oluşumunu sağlamak için birinci ve ikinci kattaki dolgu duvarlar kaldırılarak analiz yapılmıştır. Diğer katlara dolgu duvarlar tam olarak bulunmaktadır. Oluşturulan modelin analiz sonuçları Çizelge 6.28’de yer almaktadır. Yapıda yumuşak kat düzensizliğinin meydana gelmesi ile x ve y doğrultusudaki periyotlarda artış meydana gelmektedir. Elde edilen bu periyot değerleri önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri ile kıyaslandığında önerilen formüller ile bulunan periyot değerleri doğru çıkmamaktadır.

Çizelge 6.28 Yumuşak kat düzensizliği oluşturulan yapının analiz sonuçları

(H=14,25)		T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	Top. Kolon ve Perde A. (m <sup>2</sup> )	Toplam Dolgu Duv. Alanı (m <sup>2</sup> )	Dolgu Duv. Alanı / (Taşıyıcı+Dolgu Duv. Alanı)	
<b>Tez</b>	Çıplak Çerçeve	1,151	1,070	9,12	0,00	0,00	x-x
					0,00	0,00	y-y
	Dolgu Duvar	0,723	0,688	9,12	13,08	0,59	x-x
					11,16	0,55	y-y
<b>Güler ve diğ. 2008</b>	T <sub>d</sub> = 0,026.H <sup>0,9</sup>	0,605					
<b>TDY 1998</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>t</sub> .H <sup>3/4</sup>	0,964					
<b>Çeşitli Ülke Yönet.</b>	T <sub>d</sub> =0,09.H/ <sup>√</sup> D	0,599	0,587				
<b>Tez</b>	T <sub>d</sub> =T <sub>ç</sub> .(1-Δ <sub>τ</sub> )	0,526	0,524				

## 7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dolgu duvarların yapıların serbest titreşim periyoduna etkileri dolgu duvar alanına göre incelenmiştir. Analizlerde 4 farklı binada, 11 farklı dolgu duvar yerleşiminin bulunma durumuna göre analiz yapılmış. Bu analiz sonuçlarına dayanarak dolgu duvarların periyotlardaki azalmaya etkisini tanımlayacak bir formül geliştirilmiştir. Elde edilen bu formül ile yönetmeliklerde önerilen ve Güler vd.'in (2008) önermiş olduğu formül, Tetik (2007)'de analizi yapılan 13 bina üzerinde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. İncelenen yapılarda dolgu duvarların, yapı dinamik davranışını büyük ölçüde etkilediği anlaşılmıştır. Dolgu duvarların yapının rijitliğini önemli ölçüde arttırdığı, bunun sonucunda da yapı periyodunda azalmaya neden oldukları görülmüştür.
2. Dolgu duvarları analizlerde hesaba katabilmek için yapıların taşıyıcı sisteminde dolgu duvarları, iki ucu mafsallı çapraz pandül çubuk şeklinde temsil etmenin gerçeğe uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.
3. Dolgu duvarların tam dolu olması durumunda, yapı periyodunda %60'a varan azalmalara neden olduğu gözlenmiştir.
4. Dolgu duvarların göz önüne alındığı durumda, yapı periyodundaki azalma oranının dolgu duvar alanı ile ilişkisi araştırılmış, duvar alanı arttıkça yapı periyodunun duvar alanı ile ters orantılı değişim göstererek azaldığı gözlenmiştir.
5. Duvar alanı / (Duvar alanı + Taşıyıcı Alanı) - periyot azalma oranı ilişkisi, örnek modellerde duvarların kademeli olarak azaltılması yoluyla incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda bulunan değerler TDY 1998, çeşitli ülke yönetmelikleri ve Güler vd.'nin (2008) önermiş olduğu formüller ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma ile x ve y yönü için, önerilen formüllerin rölatif hata oranlarının yüksek çıktığı görülmüştür.
6. Mekanik modeli oluşturulan bu yapılardan elde edilen sonuçlar grafik üzerinde incelendiğinde periyotlardaki azalmaların bir eğri üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. Dolgu duvar alanı ile periyot azalması arasındaki ilişkiyi tanımlamak için grafik üzerinden bir formül elde edilmiştir. Elde edilen formül Tetik'in(2007) analizlerini yapmış olduğu 13 binada kontrol edilmiştir. Yapılan bu kontrol neticesinde formül ile bulunan periyotların-Tetik(2007)tarafından bulunan sonuçlara göre- x yönündeki periyotlarda %5,8, y yönündeki periyotlarda %6,9 hata oranı ile sonuçlar verdiği görülmüştür.

7. Analizi yapılan 13 binada yapılan bu araştırma neticesinde bulunan formülle elde edilen periyot değerleri ile TDY 1998, çeşitli ülke yönetmelikleri ve Güler vd.'nin (2008) önermiş olduğu formüller aracılığı ile elde edilen periyot değerleri karşılaştırılmıştır. Bu formüllerin karşılaştırması neticesinde rölatif hata oranı en düşük olan formülün, bu çalışmada önerilen formül olduğu tespit edilmiştir.
8. Düzenli binalar için yaklaşık doğru sonuçlar veren bu formülün düzensiz yapılardaki sonuçlarını görmek için burulma düzensiliği ve yumuşak kat düzensizliği oluşacak şekilde iki yapı tasarlanmış ve analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen periyot değerleri formül ile bulunan değerler ile karşılaştırıldığında formül ile bulunan değerlerin hata oranının arttığı görülmüştür.

Yapı tasarımında, mimari amaçlar için kullanılan dolgu duvarların yapının dinamik davranışı üzerinde etkisinin büyük olduğu açıktır. Dolgu duvarların yapı tasarımı sırasında etkilerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Dolgu duvarların etkilerinin göz önüne alınmadığı durumlarda yapının güvenilirliği azalmaktadır. Düzenli yapılarda dolgu duvarların etkisini tanımlamak için bir formül önerilmiştir. Bu formül doğruya oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Ancak düzensiz yapılar için formülün doğruluk oranı azalmaktadır.

**KAYNAKLAR**

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1998), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Asteris, P. G., (2003), "Lateral Stiffness of Brick Masonry Infilled Frames", Journal of Structural Engineering, 1 August 2003, Asce. 129 (8): 1071-1079.

Başer, A.F. (1999) "Çerçeve Dolguların Yapı Rijitliğine Etkilerinin Fiktif Diagonellerle Açıklanması", İ.Ü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Bounopane S.G. White, R.n. (1999) "Pseudodynamic Testing of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frame" Journal of Structural Engineering, 126(6):578-589.

Budak, A. (2006) "Dolgu Duvarların Yapı Deprem Yükleri Üzerindeki Etkisi", Yedinci Uluslar Arası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, 11-13 Ekim 2006, İstanbul

Dowrick, D.J., 1987, Earthquake Resistant Design for Engineers and Architects, John Wiley & Sons, New York.

Ersin, U. D., (1997), "Küçük Titreşim Ölçümleri ve Dolgu Duvarlarının Mekanik Modele Yansıtılması", İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

FEMA-356, (2000), Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.

Govindan, P., Lakshmiathy, M., Santhakumar, A. R., (1986), "Ductility Of Infilled Frames", Journal of American Concrete Institute, July-August, 567-576.

Güler, K., Yüksel, E., Koçak, A.(2008) "Estimation of the Fundemantal Vibration Period of Existing RC Buildings in Turkey Utilizing Ambient Vibration Records", Journal of Earthquake Engineering, 12(S2):140-150.

Hendry, a.1981, "Structural Brickwork", Macmillon, London

Hemant B. Kaushik, Durgesh C. Rai, Sudhir K. Jain, (2006) "Code Approaches to Seismic Design of Masonry-Infilled Reinforced Concrete", Earthquake Spectra, Earthquake Engineering Research Institute, Volume 22/4, 961-983.

Kaltakçı, M.Y., Arslan, M. H. (2005) "Taşıyıcı Olmayan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranış Katsayısına Olan Etkisinin İncelenmesi" Deprem Sempozyumu ,23-25 Mart, Kocaeli

Karshoğlu, Ö., (2005), "Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri", K.S.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

Korkmaz A. Uçar T. "Yumuşak Kat Düzensiliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışındaki Etkisi" 2006, Uludağ Üniversitesi Müh. ve Mimarlık Fakültesi Dergisi Sayı2,65-76



Mainstone, R. J., (1971), "On the Stiffness and Strengths of Infilled Frames", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, The Institution of Civil Engineers, London, England, Supplemental Vol. IV, Paper 7360s, 57-90.

Mainstone R.J.(1974) Suplementary Note on the stiffnesses and Strengths of infilled Frames, Current PAper 13/74 Building research Station, UK.

Mehrabi, A., Shing, P., vd., (1996), "Experimental Evaluation of Masonry Infilled RC Frames", Journal of Structural Engineering, 228.

Negro, P., Verzeletti, G., (1996), "Effect of Infills on the Global Behaviour of R/C Frames: Energy Considerations from Pseudo-dynamic Tests", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25, 753-773.

Page, A.W. (1981) " The Biaxial Compressive Strength of Brick Masonary" Proc.Instn.Civil Engnrs, Part 2,71,893-904

Paulay, T., Priestly, M. J. N., (1992), "Seismic Desing of Masonry Buildings", JohnWiley & Sons, Inc., New York.

Sayın B., Yıldızlar B. Kaplan, S.A. "Betonarme Yapı Analizlerinde Dolgu Duvarların Modelleme Teknikleri"

SAP2000 User's Manual, (2005), Structural Analysis Program Advanced Version 10.0.1, Computers and Structures Inc.

Sivri M. Demir F.Kuyucular A."Dolgu Duvarların Çerçeve Yapının Deprem Davranışına Ve Göçme Mekanizmasına Etkisi" S.D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.2006, 109-115

Tetik, D. (2007) "Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Serbest Titreşim Periyotları Üzerindeki Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

TS 500, (2000), Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tüzün, C. (1999) "Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve Sistemlerinin Dinamik Analizi", D.E.Ü. Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Zarnic, R., (1995), "Modelling of Masonry Infilled Frames", 10th European Conference on Earthquake Engineering, Duma, Rotterdam, 1481-1486.

Zekai C., Gençoğlu M. 2003. "Deprem Etkisindeki Betonarme Çerçeve Taşıyıcı Sistem Davranışına Bölme Duvarların Etkisi", Beşinci ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı İstanbul.

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 30.09.1981

Doğum yeri İzmit

Lise 1996-1996 İzmit Gazi Lisesi

Lisans 1999-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.  
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2006-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı

**Çalıştığı kurum(lar)**

2005-2006 He-Ce İnşaat Ltd. Şti.  
2006-2009 Kocaeli Büyükşehir Belediyesi