

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOLGU DUVARLARIN BETONARME YAPILARIN
SERBEST TİTREŞİMİNE ETKİSİ**

İnş. Müh. Devhan TETİK

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. Ali KOÇAK

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
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	6
2.1 Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkisi	6
2.1.1 Yük Taşıma Kapasitesi	6
2.1.2 Rijitlik	7
2.1.3 Süneklik	8
2.1.4 Enerji Yutma Özelliği	9
2.2 FEMA 306-356.....	10
2.2.1 Dolgu Panellerin Davranış Şekilleri (FEMA 306)	11
2.3 Tuğla Dolgulu Düzlem Çerçevenin Yanal Rijitliği (Asteris, 2003).....	13
2.4 Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Olumsuz Etkileri.....	17
3 DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN MODELLENMESİ	20
3.1 Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yatay Yük Altında Davranışı	20
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 α Çarpanı.....	26
3.3.3 Dolgu Duvar Boşluklarının Mekanik Modele Yansıtılması (β Çarpanı).....	28
3.3.4 Dolgu Duvar Hasarlarının Etkisi (γ Çarpanı).....	30
4 DOLGU DUVARLI YAPILARIN SERBEST TİTREŞİM PERİYOTLARI	31
4.1 Dolgu Duvarların Yapı Periyotlarına Etkisi.....	31
4.2 Yapı Periyodu İçin Verilen Formüller	31
4.2.1 Dünya Deprem Yönetmeliklerinde Verilen Yapı Periyodu Formülleri.....	32
4.3 Binaların Serbest Titreşim Özellikleri (Küçük Titreşim Ölçümleri).....	34

5	DOLGU DUVARLI YAPILARIN MODELLENMESİ İÇİN ÖRNEK SİSTEM	37
5.1	Taşıyıcı Sistem İçin Mekanik Modelin Oluşturulması	37
5.2	Oluşturulan Taşıyıcı Sistemin Özellikleri.....	37
5.3	Taşıyıcı Sistem Modeli Çözümleme Sonuçları	41
6	DOLGU DUVARLI YAPILARIN MODELLENMESİNE AİT ÖRNEKLER ...	44
6.1	Aşçıoğlu Apt.....	44
6.1.1	Aşçıoğlu Apt. Çözümleme Sonuçları	49
6.2	Bilge Apt.	51
6.2.1	Bilge Apt. Çözümleme Sonuçları.....	56
6.3	Dağıstan-Kozanhan Apt.	58
6.3.1	Dağıstan-Kozanhan Apt. Çözümleme Sonuçları.....	63
6.4	Enver Parlak Apt.	65
6.4.1	Enver Parlak Apt. Çözümleme Sonuçları	70
6.5	Koçyiğit Apt.	72
6.5.1	Koçyiğit Apt. Çözümleme Sonuçları.....	76
6.6	Nezih Apt.	78
6.6.1	Nezih Apt. Çözümleme Sonuçları	83
6.7	Özyurt Apt.....	85
6.7.1	Özyurt Apt. Çözümleme Sonuçları	89
6.8	Pembeköşk Apt.....	91
6.8.1	Pembeköşk Apt. Çözümleme Sonuçları	96
6.9	Şahin Apt.....	98
6.9.1	Şahin Apt. Çözümleme Sonuçları	102
6.10	Şahiner Apt.....	104
6.10.1	Şahiner Apt. Çözümleme Sonuçları	108
6.11	Tolgahan Apt.....	110
6.11.1	Tolgahan Apt. Çözümleme Sonuçları.....	114
6.12	Turca Center.....	116
6.12.1	Turca Center Çözümleme Sonuçları.....	121
6.13	Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	122
7	SONUÇLAR	124
	KAYNAKLAR.....	126
	ÖZGEÇMİŞ.....	128

SİMGE LİSTESİ

E_d	Dolgu duvar elastisite modülü
EF	Dolgu duvar eksenel rijitliği
F	Sanal çapraz çubuk enkesit alanı
h_i	Dolgu duvar yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
K_i	Dolgu duvarlı çerçevenin başlangıç rijitliği
l_i	Dolgu duvar uzunluğu
L_d	Dolgu duvarın diyagonal uzunluğu
R	Yapı davranış katsayısı
t	Duvar kalınlığı
T	Periyot
T_a, T_b	Zemin spektrum karakteristik periyotları
w	Sanal çapraz çubuk etkin genişliği
λ	Rijitlik azaltma faktörü
α	Çapraz çubukların etkin genişliğini çapraz çubuk boyuna göre tanımlayan boyutsuz katsayı
β	Dolgu duvarda bulunan boşlukların rijitlikte neden olduğu azalmayı temsil eden katsayı
γ	Çapraz çubukların eksenel rijitliklerini etkileyen yapım kusurları ve deprem sonucu oluşan kalıcı yerdeğiştirmeleri temsil eden katsayı

KISALTMA 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 ..	7
Şekil 2.2	Sünek ve sünek olmayan davranışa ait yük-yer değiştirme eğrisi.....	8
Şekil 2.3	Her yük çevrimi sırasında yutulan enerji miktarlarının karşılaştırılması	9
Şekil 2.4	Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde yutulan toplam enerji miktarlarının karşılaştırılması.....	10
Şekil 2.5	İki açıklıklı blok dolgulu çelik çerçevenin yatay derz kayması	11
Şekil 2.6	Çapraz gerilme sonucu oluşan orta şiddetli çatlak	11
Şekil 2.7	Köşe sıkıştırması sonucu oluşan ağır hasar.....	12
Şekil 2.8	Düzlem dışı yükler altında dolgulu duvarda oluşan ağır şiddetteki düzlem dışı kırılma.	12
Şekil 2.9	Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü (λ) arasındaki ilişki (B durumu için).....	14
Şekil 2.10	Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü (λ) arasındaki ilişki (A,B ve C durumları için).....	14
Şekil 2.11	Açıklık oranı ve açıklığın konumuna göre temas uzunluğunun değişimi.....	16
Şekil 2.12	Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altında davranışı.....	17
Şekil 2.13	İki çerçevesi dolgu duvar içeren çok katlı betonarme yapının kat planı	18
Şekil 2.14	Bir bölümünde dolgu duvar bulunan betonarme çerçeve	18
Şekil 3.1	Dolgu duvarların çözümleme modelinde temsil edilmesi	21
Şekil 3.2	Dolgu duvarlı çerçevenin rijitliği	21
Şekil 3.3	Kayma dayanımına ulaşıldığı anda dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğini bulmak için tarif edilen eşdeğer sistem.....	23
Şekil 3.4	Çözümlemelerde esas alınan boşluk tipleri.....	28
Şekil 4.1	Küçük titreşim ölçümlerinin kaydedilmesi ve değerlendirilmesi.....	36
Şekil 5.1	Taşıyıcı sistem kat kalıp planı	39
Şekil 5.2	SAP2000’de oluşturulan duvarsız modelin üç boyutlu görüntüsü	40
Şekil 5.3	SAP2000’de oluşturulan duvarlı modelin üç boyutlu görüntüsü	40
Şekil 5.4	Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı ilişkisi	43
Şekil 6.1	Aşçıoğlu Apt. kat yükseklikleri.....	45
Şekil 6.2	Aşçıoğlu Apt. görünüş	46
Şekil 6.3	Aşçıoğlu Apt. bodrum kat kalıp planı.....	46
Şekil 6.4	Aşçıoğlu Apt. zemin kat kalıp planı	47
Şekil 6.5	Aşçıoğlu Apt. normal kat kalıp planı.....	47
Şekil 6.6	Aşçıoğlu Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü	48
Şekil 6.7	Aşçıoğlu Apt. duvarlı modelinin y-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü	48

Şekil 6.8	Bilge Apt. kat yükseklikleri	51
Şekil 6.9	Bilge Apt. görünüş.....	52
Şekil 6.10	Bilge Apt. bodrum kat kalıp planı	53
Şekil 6.11	Bilge Apt. zemin kat kalıp planı.....	53
Şekil 6.12	Bilge Apt. normal kat kalıp planı	54
Şekil 6.13	Bilge Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü	55
Şekil 6.14	Bilge Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü.....	55
Şekil 6.15	Dağıstan-Kozanhan Apt. kat yükseklikleri	58
Şekil 6.16	Dağıstan-Kozanhan Apt. görünüş.....	59
Şekil 6.17	Dağıstan-Kozanhan Apt. bodrum kat kalıp planı	60
Şekil 6.18	Dağıstan-Kozanhan Apt. zemin kat kalıp planı.....	60
Şekil 6.19	Dağıstan-Kozanhan Apt. normal kat kalıp planı	61
Şekil 6.20	Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü.....	62
Şekil 6.21	Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü.....	62
Şekil 6.22	Enver Parlak Apt. kat yükseklikleri.....	65
Şekil 6.23	Enver Parlak Apt. görünüş	66
Şekil 6.24	Enver Parlak Apt. bodrum kat kalıp planı.....	67
Şekil 6.25	Enver Parlak Apt. zemin kat kalıp planı	67
Şekil 6.26	Enver Parlak Apt. normal kat kalıp planı.....	68
Şekil 6.27	Enver Parlak Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü	69
Şekil 6.28	Enver Parlak Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü	69
Şekil 6.29	Koçyiğit Apt. kat yükseklikleri	72
Şekil 6.30	Koçyiğit Apt. görünüş.....	73
Şekil 6.31	Koçyiğit Apt. bodrum kat kalıp planı	74
Şekil 6.32	Koçyiğit Apt. zemin ve normal kat kalıp planı	74
Şekil 6.33	Koçyiğit Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü.....	75
Şekil 6.34	Koçyiğit Apt. duvarlı modelinin y-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü.....	75
Şekil 6.35	Nezih Apt. kat yükseklikleri.....	78
Şekil 6.36	Nezih Apt. görünüş.....	79
Şekil 6.37	Nezih Apt. bodrum kat kalıp planı	80
Şekil 6.38	Nezih Apt. zemin kat kalıp planı.....	80
Şekil 6.39	Nezih Apt. normal kat kalıp planı	81
Şekil 6.40	Nezih Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü	82
Şekil 6.41	Nezih Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü.....	82

Şekil 6.42 Özyurt Apt. kat yükseklikleri	85
Şekil 6.43 Özyurt Apt. görünüş	86
Şekil 6.44 Özyurt Apt. bodrum kat kalıp planı	87
Şekil 6.45 Özyurt Apt. zemin ve normal kat kalıp planı	87
Şekil 6.46 Özyurt Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü.....	88
Şekil 6.47 Özyurt Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü	88
Şekil 6.48 Pembeköşk Apt. kat yükseklikleri	91
Şekil 6.49 Pembeköşk Apt. görünüş	92
Şekil 6.50 Pembeköşk Apt. bodrum kat kalıp planı.....	93
Şekil 6.51 Pembeköşk Apt. zemin ve normal kat kalıp planı	93
Şekil 6.52 Pembeköşk Apt. çatı kat kalıp planı	94
Şekil 6.53 Pembeköşk Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü	95
Şekil 6.54 Pembeköşk Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü ..	95
Şekil 6.55 Şahin Apt. kat yükseklikleri	98
Şekil 6.56 Şahin Apt. görünüş	99
Şekil 6.57 Şahin Apt. bodrum, zemin ve normal kat kalıp planı	100
Şekil 6.58 Şahin Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü	101
Şekil 6.59 Şahin Apt. duvarlı modelinin y-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü	101
Şekil 6.60 Şahiner Apt. kat yükseklikleri	104
Şekil 6.61 Şahiner Apt. görünüş	105
Şekil 6.62 Şahiner Apt. bodrum, zemin ve normal kat kalıp planı	106
Şekil 6.63 Şahiner Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü	107
Şekil 6.64 Şahiner Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü	107
Şekil 6.65 Tolgahan Apt. kat yükseklikleri	110
Şekil 6.66 Tolgahan Apt. görünüş.....	111
Şekil 6.67 Tolgahan Apt. bodrum kat kalıp planı	112
Şekil 6.68 Tolgahan Apt. zemin ve normal kat kalıp planı	112
Şekil 6.69 Tolgahan Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü.....	113
Şekil 6.70 Tolgahan Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü ...	113
Şekil 6.71 Turca Center kat yükseklikleri	116
Şekil 6.72 Turca Center görünüş.....	117
Şekil 6.73 Turca Center bodrum kat kalıp planı	118
Şekil 6.74 Turca Center zemin kat kalıp planı.....	118
Şekil 6.75 Turca center normal kat kalıp planı	119
Şekil 6.76 Turca Center çatı kat kalıp planı	119

Şekil 6.77	Turca Center duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü.....	120
Şekil 6.78	Turca Center duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü	120

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Dolgu duvarların mekanik modellemesinde kullanılacak olan elastisite modülleri	26
Çizelge 3.2	Duvar uzunlukları için hesaplanan α değerleri	27
Çizelge 3.3	Dolgu duvarların mekanik modele yansıtılmasında kullanılacak β katsayıları ..	29
Çizelge 5.1	Duvarlı ve duvarsız modellerin analiz sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	41
Çizelge 5.2	Duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	41
Çizelge 5.3	Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı değerleri	43
Çizelge 6.1	Aşçıoğlu Apt. kolon boyutları.....	45
Çizelge 6.2	Aşçıoğlu Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	49
Çizelge 6.3	Aşçıoğlu Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	49
Çizelge 6.4	Aşçıoğlu Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri.....	50
Çizelge 6.5	Bilge Apt. kolon boyutları	52
Çizelge 6.6	Bilge Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	56
Çizelge 6.7	Bilge Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	56
Çizelge 6.8	Bilge Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	57
Çizelge 6.9	Dağıstan-Kozanhan Apt. kolon boyutları.....	59
Çizelge 6.10	Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	63
Çizelge 6.11	Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	63
Çizelge 6.12	Dağıstan-Kozanhan Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	64
Çizelge 6.13	Enver Parlak Apt. kolon boyutları.....	66
Çizelge 6.14	Enver Parlak Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	70
Çizelge 6.15	Enver Parlak Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	70
Çizelge 6.16	Enver Parlak Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri.....	71
Çizelge 6.17	Koçyiğit Apt. kolon boyutları	73
Çizelge 6.18	Koçyiğit Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	76
Çizelge 6.19	Koçyiğit Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	76

Çizelge 6.20 Koçyiğit Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	77
Çizelge 6.21 Nezih Apt. kolon boyutları	79
Çizelge 6.22 Nezih Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	83
Çizelge 6.23 Nezih Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	83
Çizelge 6.24 Nezih Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri.....	84
Çizelge 6.25 Özyurt Apt. kolon boyutları.....	86
Çizelge 6.26 Özyurt Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	89
Çizelge 6.27 Özyurt Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	89
Çizelge 6.28 Özyurt Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	90
Çizelge 6.29 Pembeköşk Apt. kolon boyutları.....	92
Çizelge 6.30 Pembeköşk Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	96
Çizelge 6.31 Pembeköşk Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	96
Çizelge 6.32 Pembeköşk Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri.....	97
Çizelge 6.33 Şahin Apt. kolon boyutları.....	99
Çizelge 6.34 Şahin Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	102
Çizelge 6.35 Şahin Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	102
Çizelge 6.36 Şahin Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	103
Çizelge 6.37 Şahiner Apt. kolon boyutları.....	105
Çizelge 6.38 Şahiner Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	108
Çizelge 6.39 Şahiner Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	108
Çizelge 6.40 Şahiner Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	109
Çizelge 6.41 Tolgahan Apt. kolon boyutları	111
Çizelge 6.42 Tolgahan Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	114
Çizelge 6.43 Tolgahan Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	114
Çizelge 6.44 Tolgahan Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	115

Çizelge 6.45 Turca Center kolon boyutları	117
Çizelge 6.46 Turca Center duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları.....	121
Çizelge 6.47 Turca Center duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı.....	121
Çizelge 6.48 Turca Center hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri	122
Çizelge 6.49 Analiz sonuçlarının karşılaştırılması	123

ÖNSÖZ

Büyük deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkemizde, yapıların tasarımı ve projelendirilmesi esnasında deprem etkilerinin yeteri kadar dikkate alınıp alınmadığı, son zamanlarda yaşanan acı tecrübeler sonucu tekrar sorgulanır hale gelmiştir. Mevcut yapıların güçlendirilmesinde ve yeni projelendirilen yapılarda, deprem etkilerinin hesaplarının büyük önem kazanması sonucu, yapının deprem davranışı her yönüyle araştırma konusu olmuştur.

Mevcut yönetmeliklerde ve yapı tasarımı etkileri gözönüne alınmayan dolgu duvarların, 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. Mevcut çerçeve yapı modellerine çeşitli tipte dolgu duvarlar yerleştirilerek bina periyot değişimleri incelenmiştir. Duvar alanı ve duvardaki boşlukların periyot üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analizler örnek model üzerinde yapılmış, mevcut 12 bina üzerinde modelin doğruluğu değerlendirilmiştir.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, bu çalışmanın ortaya çıkmasına yardımcı olan danışman hocam, Sayın Öğr. Gör. Dr. Ali KOÇAK'a ve araştırmalarım sağladığı kolaylıktan ötürü Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖNAL'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ağustos 2007

Devhan TETİK

DOLGU DUVARLARIN BETONARME YAPILARIN SERBEST TİTREŞİMİNE ETKİSİ

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 ve planda duvar yerleşiminin yapı davranışına etkisini incelemek amacıyla değişik dolgu duvar yerleşimlerine sahip betonarme yapılar ele alınmıştır. Dolgu duvarların modellenmesi için iki ucu mafsallı çapraz pandül çubuklar kullanılmıştır.

Modellemede ilk olarak, sık rastlanılan tipte bir çerçeve bina ele alınmış, duvar alanına bağlı periyot araştırması yapılmıştır. Daha sonra Kırşehir ilinde bulunan 12 mevcut bina ele alınarak dolgu duvarların periyot üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Duvarlarda mevcut boşlukların periyoda etkisi hesaplarda gözönüne alınmıştır.

Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız bina periyotlarının incelendiği analizler sonucunda, dolgu duvarların, yapının rijitliğini ve yapı periyodunu önemli ölçüde değiştirdiği görülmüştür.

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

EFFECTS of MASONRY INFILL WALLS on FREE VIBRATION of REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT

In this study, effects of nonstructural infill walls on the earthquake response of reinforced concrete structure are investigated theoretically. Considering reinforced concrete structures with different configuration of infill walls are dealt to examine the effects of irregular infill. Diagonal strut elements hinged at both ends are adopted and used for modeling infill walls.

At first, a frequently seen reinforced concrete frame structure is considered, and a period investigation is done depending on to infill wall area. After, for determining the effects of infill walls on the structure period, 12 reinforced concrete buildings in Kırşehir are investigated. The effects of the openings on the stiffness of the infill walls are considered.

As the results of analysis -the examination between simple structures and the same structures including infill walls-, it is seen that infill walls impressively changes the structure rigidity and period.

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

1. GİRİŞ

Ülkemizin deprem kuşağı üzerinde bulunması, buna rağmen yoğun yerleşim bölgelerinde çok katlı yapıların giderek daha geniş uygulama alanı bulması ile depreme dayanıklı yapı tasarımının önemi giderek artmıştır. Bu nedenle yapının taşıyıcı sisteminin belirlenmesi, sistemin modellenmesi ve analizi çok daha önemli bir hale gelmiştir.

Ülkemizdeki hazır/yapılmakta olan yapıların büyük bir bölümü betonarme çerçeve ve perdeli sistem olarak inşa edilmektedir. Mevcut analiz ve tasarım tekniklerinde bu tip yapıların yalnızca betonarme kısımlarının sistemde yük taşıyıcı oldukları varsayılarak mevcut diğer kısımlar ihmal edilmektedir. Taşıyıcı etkileri ihmal edilen bu kısımların en önemlisi bölme amaçlı olarak inşaa edilen dolgu duvarlardır. Yük taşınması konusunda yapılan bu varsayım düşey yükler altında herhangi bir önemli sorun teşkil etmemesine rağmen yatay yükler, özellikle deprem yükleri altında dolgu duvarlar taşıyıcı sistemin davranışını ihmal edilemeyecek bir şekilde etkilemektedirler. Deprem esnasında her ne kadar ilk çatlayan eleman olsalar da, depremin ilk anında büyük oranda depreme karşı koymakta, çatlayarak enerjinin bir kısmını sönmüleyebilmektedirler.

Türk Deprem Yönetmeliği dahil olmak üzere deprem yönetmeliklerinin yaklaşık tümünde dolgu duvarların taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri ihmal edilmiştir. Dolgu duvarların yapıya etkisi sadece düşey yük anlamında, sabit yük gibi gözönüne alınmıştır. Depremlerde oluşan hasarlar incelendiğinde ise duvarlarda büyük ve kalıcı şekil değiştirmeler gözlenmiş ve taşıyıcı çerçeve-bölme duvar ilişkisi üzerine çalışma ve araştırmalar önem kazanmıştır. Yapılan araştırmalar dolgu duvarların yapının deprem davranışını büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir. Periyot, rijitlik, süneklik, yük taşıma kapasitesi gibi taşıyıcı sistem davranış özelliklerine önemli derecede etkileri saptanmıştır.

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 mevcuttur.

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

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada , dolgu duvarlı yapı sistemlerinde, dolgu duvarların yatay yükler altındaki bina davranışına, (periyot) etkileri ayrıntılı olarak incelenecektir. Diğer yandan ülkemiz yapı stoğunun kalitesinin çok düşük olduğu sıkça söz edilmekte, bu yapıların güçlendirilmesi gündeme gelmektedir. Ancak mevcut yapının gerek beton dayanımının saptanması ve gerekse dinamik karakteristik değerlerinin saptanması kuramsal olarak hayli güç olmaktadır. Mevcut yapı hesaplarının yalın çerçeve üzerinde yapıldığı düşünülürse analiz sonuçları mevcut yapılarda dolgu duvarlarından ötürü bir hayli değişmektedir. Ayrıca yapının elastisite modülünün, peryotlarının da ne olacağı belirsiz bir durumdur. Bu nedenle mevcut yapıların peryot değerlerinin deneysel yollarla saptanması, bu peryotlara göre dolgu duvarlı modellerin kurulması yapının gerçek davranışını sergileyecektir.

İncelemelerde modelleme amacıyla sıkça karşılaşılan kareye yakın çerçeve bir bina ele alınmıştır. Ele alınan binada duvar alanına bağlı olarak periyot araştırması yapılmış, periyot değişimleri irdelenmiştir. Çalışmaya ek olarak 12 mevcut bina ele alınmış, bu binalarda yalın çerçeveli bina/dolgu duvarlı bina periyotları deneysel olarak yerinde incelenmiş, yapıların dolgu duvarlarının ve betonlarının karakteristik değerleri saptanmıştır. Ölçülen ve hesap sonucu bulunan peryot değerleri benzeştirilerek yalın çerçeveye ilişkin peryot, elastisite modülü gibi değerleri saptanmıştır. Sonunda mevcut ve gerçek yapıların dolgu duvarlı ve yalın çerçeveli haldeki peryotları saptanmıştır.

1.2 Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Dolgu duvarlar ve dolgu duvarların yapı sistemine etkisi üzerine birçok deneysel ve analitik çalışma uzun yıllardır yapılmaktadır. Betonarme çerçeveler ve çelik çerçeveler için önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Fakat günümüzde yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinin neredeyse tümünde dolgu duvarların taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri ihmal edilmiştir.

Dolgu duvarlar hakkında 1956 yılında Polyakov tarafından ilk değerlendirmede ileri sürülen; sistemin eşdeğer sanal basınç çubukları ile çerçeveye çapraz olarak kenetlenme davranışında bulunduğu, çerçeveden dolguya doğru olan gerilmelerin homojen kesme duvarından ziyade çapraz kenetlenme sisteminin çok tipik bir dağılımı ile dolgu-çerçeve ara yüzeyindeki basınç bölgesinde aktarıldığıdır, [2].

Holmes [9], beton ve kagir duvar ile dolgulu bir seri küçük ve tam ölçekli çelik çerçeveleri temel alarak eşdeğer sanal basınç çubuğu kavramını sunmuştur. Dalgulu çerçeve yapıların rijitliğini ve yanal mukavemetini önceden tahmin edebilmek için, Stafford Smith [18] tarafından, günümüzdeki çalışmaların temel aldığı eşdeğer sanal basınç çubukları kurulmuştur.

Paulay ve Priestley [16] tarafından, panel çapraz uzunluğunun 1/4'ü tedbirli bir sanal basınç çubuğu genişliği olarak tavsiye edilerek yaklaşık bütün gerilmenin, önemli yatay derz kaymasından önce tuğla duvar tarafından taşındığı farzedilmiştir.

Smith ve Carter [19], dolgu duvarlar üzerinde yaptıkları deney sonuçlarını kuramsal çalışmaları ile karşılaştırarak dolgu duvarların elastik bölgede çapraz pandül çubuk gibi davrandıklarını belirlemişlerdir.

Boşluklu ve boşluksuz tuğla çerçeveler üzerinde incelemelerde bulunan Mehrabi ve diğ. [14], dolgu duvarların üzerindeki düşey yükün artması ile kompozit çerçevenin toplam yatay yük taşıma kapasitesinde %25 oranına varabilen artışların olabileceğini gözlemlemiştir.

Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitlik ve dayanımının yalnızca boyutlara, fiziksel özelliklere bağlı olmadığı, ayrıca 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, [18]). Geliştirilen tek ve çok katlı çerçeveler için olan plastik teoride göçme şekilleri ve bunlara karşılık gelen dayanımların belirlenmesi amacıyla lineer olmayan sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sonuçta çerçevenin eğilme dayanımının en önemli parametre olduğu bulunmuş, yapılan deneysel çalışmalar ile analitik çalışmalar uyum sağlamıştır (Liau ve Kwan, [11]). Beton panel dolgulu çelik çerçeve davranışına benzetmek için lineer olmayan bir sonlu eleman tanımlanmış ve dolgu çerçeve normal ya da periyodik olarak yüklemeye maruz bırakılarak farklı davranış tarzları incelenmiştir. Dolgu beton modelde çatlama, akma ve kırılmalar hesaba katılmıştır (May ve Naji, [13]).

Liauw tarafından, dinamik yükleme altında, tek açıklıklı, dört katlı dolgu çerçeveler üzerinde boşlukların etkisi ve dolgu ile çerçeve arasındaki bağlantıları incelenerek dolgularda bulunan boşlukların dayanım ve rijitliği azalttığı sonucuna varılmıştır. Dawe ve Yong (1985)'un araştırmalarında test edilen tek katlı, tek açıklıklı çelik çerçevelerin test sonuçlarından, dolgudaki boşlukların ilk kırılma anındaki yükü etkilediği, ancak yük taşıma kapasitesinin etkilenmediği görülmüştür. Ayrıca sıvanın dayanımının azalmasıyla kırılma gerçekleşikten sonra dolgunun rijitliğinin de azaldığı belirlenmiştir.

Negro ve Verzeletti [15], dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız dört katlı betonarme yapı üzerinde yaptıkları deneylerde, dolgu duvarlı yapının dolgu duvarsız yapıya göre yük taşıma kapasitesinde 1,5 kat artış gözlemlemişlerdir. Çerçeve ve dolgu duvarlı çerçevelerden oluşan sistemler üzerinde çalışmalar yapan Govindan ve Santhakumar [8], sistemler arasındaki rijitlik, dayanım ve enerji yutma kapasitelerini karşılaştırmıştır.

Govindan ve diğ. [8], yaptıkları araştırmalarda dolgu duvarlı çerçevelerin basit çerçevelere göre daha çok taban kesme kuvveti aldığını gözlemlemiştir. Dowrick (1987), dolgu duvarların yapı dayanım ve rijitliğini arttırdığını gözlemlemiş, Aytun (1972), Bayülke (1988) ise dolgu duvarların sistem rijitliğini arttırmanın yanında yapı periyotlarını küçülttüğünü de ifade etmiştir.

Tomasevic, Zarnic ve Velehousky (1986), dolgu duvarların etkisi dikkate alındığında inşa durumunda bu durumun gözönüne alınmasını, etkinin dikkate alınmadığı durumlarda ise dolgu duvarların uygun derzlerle sistemden koparılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Tersinir yükler altında çeşitli sistem örnekleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda; yerleştirilen dolgunun, boş çerçevenin yatay rijitliğini önemli ölçüde arttırdığı ve boş çerçeveye dolgunun eklenmesinin sistemin dinamik özelliklerini değiştirerek deplasmanların %56-85 oranında azalmasına sebep olduğu sonucuna varılmıştır (Bertera ve Brokken, 1981).

Dolgu duvarlı kompozit yapının yatay yük taşıma kapasitesinin, duvarsız betonarme yapıya oranla 1.5 kat daha fazla olduğunu sonucuna varan Negro ve Verzeletti [15], yumuşak zemin katlı sistem ile duvarsız betonarme yapının yatay yük taşıma kapasitelerinin birbirine çok yakın olduğunu gözlemlemiştir.

Kaplan (1963) ve Yılmaz (1982), basınç diyagonalı model ile çeşitli uygulamalar yapmıştır. Ersin ve diğ. (1998), çalışmalarında dolgu duvarları eşdeğer çapraz çubuklarla tarif etmiştir.

Bunların dışında, Focardi ve Manzini (1986), Rosenblueth (1980), Yazıcı (1997), Ma ve diğ. (2001), Asteris (2003) ve 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

Dolgu duvarlar betonarme yapı sistemlerinde genellikle yapıyı bölümlere ayırmak için kullanılmaktadır. Bu duvarlar yapının çerçeve sisteminden sonra inşa edildiği için yapısal olmayan elemanlardır. Dolgu duvarlar, mimari fonksiyonları yerine getirmek amacıyla yapılmalarına karşın yapının yanal yük dayanımını da artırmaktadır. Dolgular dayanım ve rijitliklerinden dolayı yapı sisteminin dinamik davranışını da etkilemektedirler.

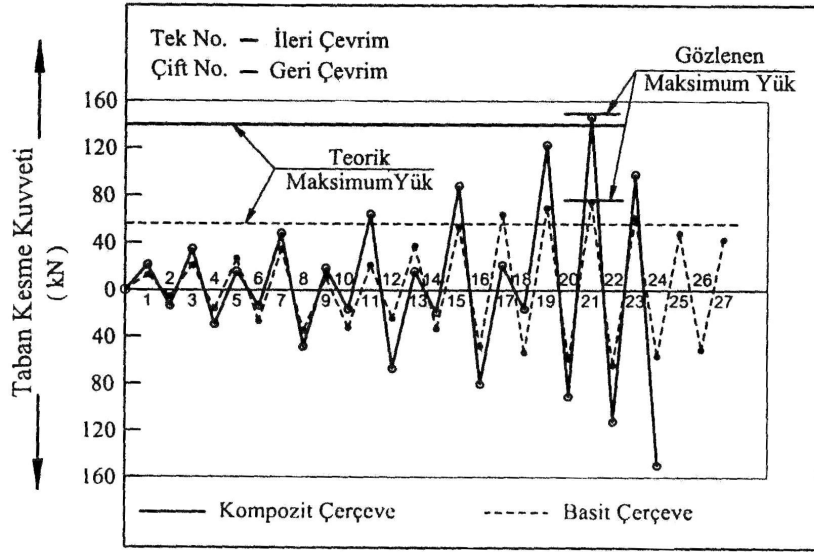
Yapılan birçok çalışmada, dolgu duvarsız sistemlerin davranışı ile dolgu duvarlı sistemlerin davranışı arasında büyük farklılıklar olduğu belirtilmektedir. Diğer bir deyişle, dolgular yapının yanal rijitliğini artırmaktadır. Yapı sisteminin kütledeki ve rijitliğindeki bu artıştan dolayı dinamik etkileri ve davranışı da değişmektedir.

2.1.1. Yük Taşıma Kapasitesi

Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin davranışını inceleyen araştırmalarda, yapılara deprem yüklerini temsilen tekrarlı ve yön değiştiren yükler etkilmiştir.

Tek açıklıklı ve 7 katlı betonarme çerçeve örnekleri üzerinde deneysel çalışmalarda bulunan Govindan ve diğ., dolgu duvarlı çerçevelerin basit çerçeveye göre 2 kat daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olduğunu gözlemlemiştir. Şekil 2.1’de yapılan deney sırasında farklı çevrimler boyunca , her iki deney numunesinin taban kesme kuvvetlerinin değişimi gösterilmiştir, [8].

Tek açıklık ve tek katlı çerçeveler üzerinde çalışmalar yapan Mehrabi ve diğ., boşluklu ve boşluksuz tuğlalardan oluşan ayrı dolgu duvar sistemlerini ele almıştır. Boşluksuz tuğla duvarlı çerçevenin, boşluklu tuğladan oluşan sisteme göre yatay yük taşıma kapasitesinin daha iyi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, 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 ulaşılmıştır, [14].



Şekil 2.1 Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme sonucu taban kesme kuvvetlerinin değişimi, [8]

2.1.2. Rijitlik

Govindan ve diğ., çalışmalarında dolgu duvarların rijitliğe olan etkilerini gözlemlemiştir. Çalışmalarında rijitlik, çerçevenin en üst katında birim yer değiştirme oluşabilmesi için gerekli kuvvet olarak ele alınmıştır. 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. Bu durumda, dolgu duvarlı çerçevelerin, basit çerçevenin işletme yükünden daha yüksek işletme yükleri altında, rijitlik azalması olmaksızın işlevini sürdürebileceği söylenebilir, [8].

Negro ve Verzeletti, deneylerinde iki açıklıklı ve 4 katlı çerçevelerle çalışmışlardır. 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, [15].

2.1.3. Süneklik

Taşıyıcı sistemlerde çeşitli yükler ve etkiler altında meydana gelebilecek büyük şekil değiştirmeler sonucunda göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma dayanımının büyük bir bölümünün lineer olmayan şekildeğiştirmelerle de sürdürülebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemin veya yapı elemanlarının lineer olmayan davranışta da dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği süneklik olarak ifade edilir. Büyük şekil değiştirme ve yer değiştirme yapabilme, ve tekrarlı yüklemelerde enerji yutabilme özelliği de süneklik kavramı içerisinde yer alır.

Matematiksel bir bağıntıyla ifade edilirse süneklik ;

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

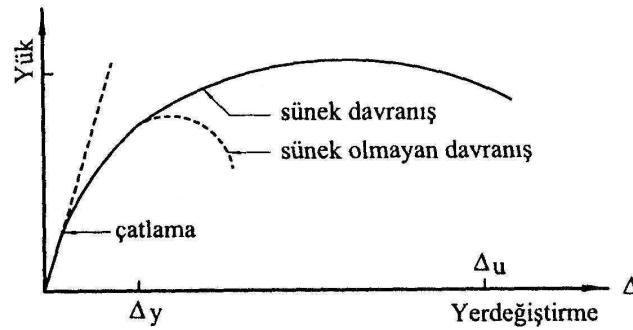
Burada;

μ = Süneklik

Δu = Ulaşılabilecek Toplam Yer Değiştirme

Δy = 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.



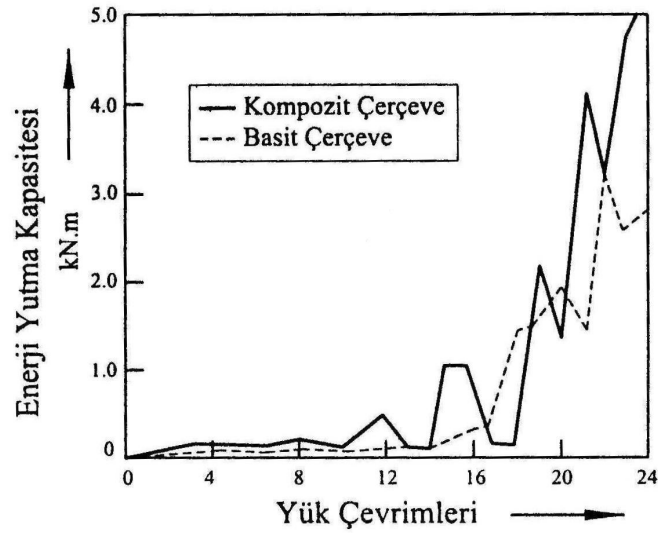
Şekil 2.2 Sünek ve sünek olmayan davranışa ait yük-yer değiştirme eğrisi

Govindan ve diğ., çalışmalarında basit çerçeve ile dolgu duvarlı çerçeve sistemlerinin süneklikleri karşılaştırıldığında, basit çerçevenin daha sünek davranış sergilediği sonucuna varılmıştır. Basit çerçevenin sünekliğinin, dolgu duvarlı çerçevelere göre 3.29 kat daha büyük olduğu görülmüştür, [8].

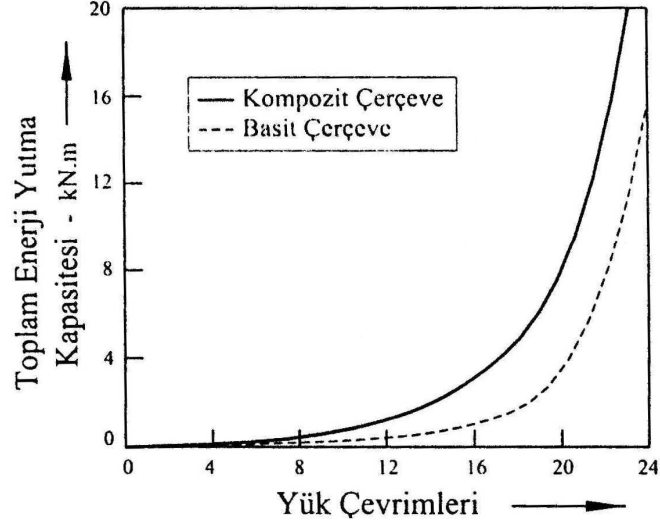
2.1.4. Enerji Yutma Özelliği

Enerji yutma kapasitesi, uygulanan yükleme ile oluşan yük-yer değiştirme eğrisinin altında kalan alanın hesaplanması olarak tanımlanabilir.

Govindan ve diğ., deneyleri sonucunda basit çerçeve ve dolgu duvarlı çerçevelerin enerji yutma miktarları Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de gösterilmiştir, [8].



Şekil 2.3 Her yük çevrimi sırasında yutulan enerji miktarlarının karşılaştırılması, [8]



Şekil 2.4 Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde yutulan toplam enerji miktarlarının karşılaştırılması, [8]

Şekil 2.3, basit çerçeve ve dolgu duvarlı çerçevenin, tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde, her yük çevrimi esnasında yutulan enerji miktarlarını göstermektedir. Şekil 2.4’de ise, farklı iki tip çerçevenin toplam enerji yutma miktarları verilmiştir.

Dolgu duvarlı çerçevelerin enerji yutma kapasitelerinin, dolgu duvarsız çerçevelerin enerji yutma kapasitelerinden büyük olması, dolgu duvarların etkisini bir kez daha gözler önüne sermektedir.

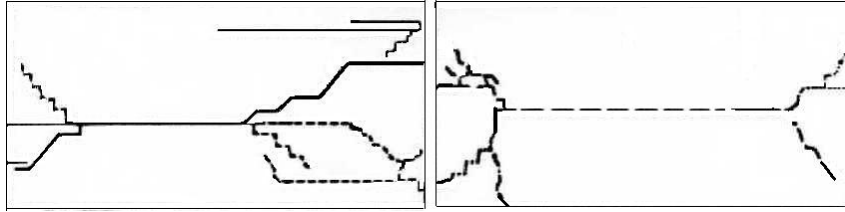
2.2. FEMA 306-356

FEMA; Federal Acil Durum Yönetim Merkezi (Federal Emergency Management Agency) kelimelerinin baş harflerinin birleştirilmesi ile adlandırılmıştır. Görevi; özellikle Kuzey Amerika’da, olabilecek doğal felaketlerin önüne geçmek, ihtiyaçlara cevap vererek durumu iyileştirmek için yol göstermektir. Bunun sonucunda; mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesine yönelik standart ve yönetmeliklerin hazırlanması için ön çalışmalar yapılmış ve FEMA 273, FEMA 274 gibi dokümanlar yayınlanmıştır. Son olarak ise ön-standart niteliği taşıyan FEMA 356 yayınlanmıştır.

2.2.1. Dolgu Panellerin Davranış Şekilleri (FEMA 306)

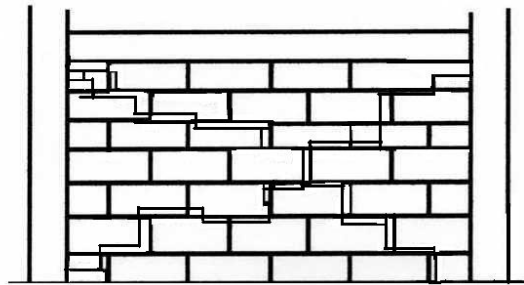
Dolgu panel elemanları için başlıca dört davranış şekli vardır.

- 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 2.5). Hasarlar ilerledikçe küçük ezilmelere dönüşür. Bu davranış şeklinde, deformasyon kapasitesi için gerçek bir sınırlama yoktur.



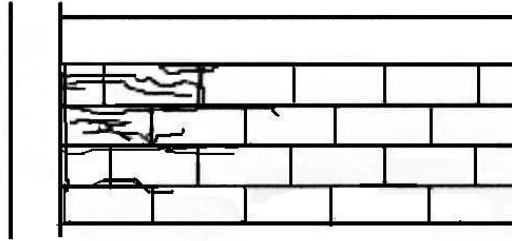
Şekil 2.5 İki açıklıklı blok dolgulu çelik çerçevenin yatay derz kayması

- 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 2.6). 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.



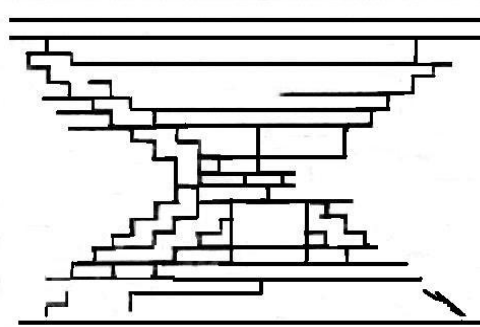
Şekil 2.6 Çapraz gerilme sonucu oluşan orta şiddetli çatlak

- 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 2.7’de görülmektedir.



Şekil 2.7 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 2.8’de ağır şiddetteki bir düzlem dışı kırılma şekli görülmektedir.



Şekil 2.8 Düzlem dışı yükler altında dolgulu duvarda oluşan ağır şiddetteki düzlem dışı kırılma

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

Burada, dolgu çerçevede bulunan açıklıkların rijitliğe etkisi hakkında Asteris'in yaptığı çalışmalar verilecektir.

Asteris, daha önceki çalışmalarında şu sonuçlara ulaşmıştır:

1. Dolgulardaki açıklıklar, dolgulu çerçevenin mukavemet ve rijitliğinde önemli azalmalara yol açar.
2. Açıklıklar basınç çaprazının yukarısına 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, [3].

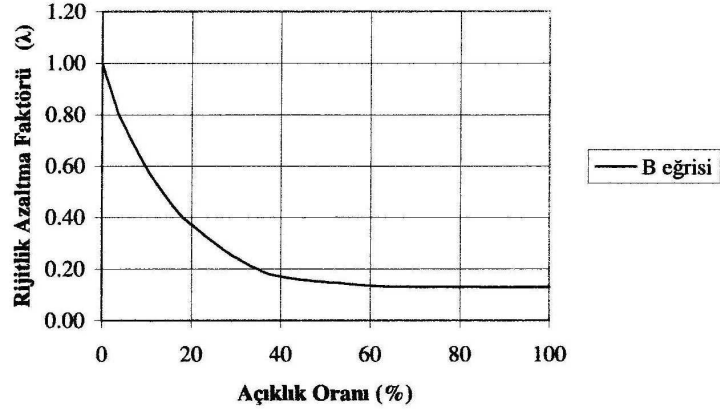
Yatay yükleme altındaki dolgulu düzlem çerçevelerin yatay rijitlik davranışı üzerindeki açıklıkların etkisini doğrudan anlamak için aşağıdaki parametreler ve durumlar gözönüne alınmıştır:

- 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

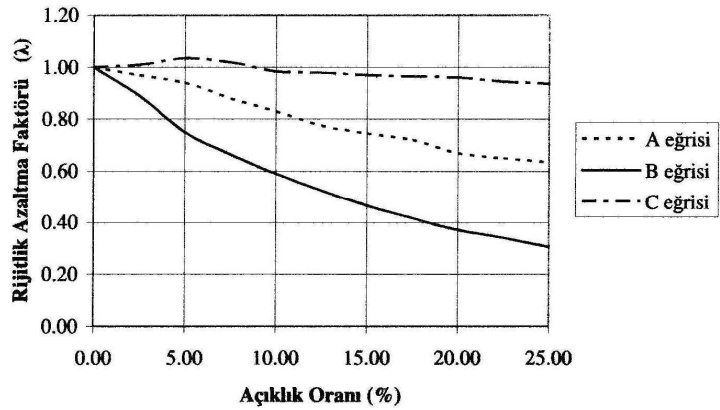
C durumu : Açıklık basınç çaprazının üst tarafında



Şekil 2.9 Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü (λ) arasındaki ilişki (B durumu için), [3]

Rijitlik azaltma faktörü olarak nitelendirilen λ 'nın değişimi, açıklık oranı (kapı ve pencere boşluğu alanı/dolgu duvar alanı) ve açıklığın yerine göre, açıklık yüzdesinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Şekil 2.9, açıklığın basınç çaprazının üzerindeki durumu (B durumu) için, açıklık yüzdesinin bir fonksiyonu olarak λ faktörünün değişimini gösterir. Açıklık yüzdesindeki artış çerçevenin rijitliğinin azalmasına sebep olur. Açıklıkların %50'yi aşması durumunda pratik olarak λ 'nın sabit kaldığı söylenebilir.

Şekil 2.10 ise A,B ve C durumları için rijitlik azaltma faktörünün, açıklık yüzdesi ile ne kadar değiştiğini göstermektedir.



Şekil 2.10 Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü (λ) arasındaki ilişki (A,B ve C durumları için), [3]

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, (bir sonraki bölümde anlatılacak olan) (3.8) ve (3.10) eşitliklerinde gösterilen, Mainstone [12]'un formülleri esas alınmıştır.

Ayrıca, kapı pencere boşluklarının rijitliği azaltması göz önünde bulundurularak, Mainstone'un tavsiye ettiği formülün, Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'dan elde edilen, rijitlik azaltma faktörü olan λ_{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 2.11'de 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 2.11 Açıklık oranı ve açıklığın konumuna göre temas uzunluğunun değişimi, [3]

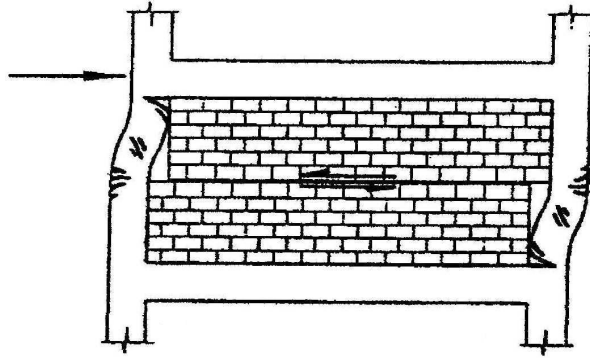
Asteris, ayrıca yumuşak kat etkisine değinmiş, yumuşak katın bir kattaki rijitlik azalması sonucu ortaya çıktığını ifade etmiştir. Depremlerde çoğu bina hasar görmezken yumuşak kata sahip binalarda zemin katın düşey taşıyıcı elemanlarında şiddetli hasar görüldüğünü vurgulamıştır.

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.

2.4. Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Olumsuz Etkileri

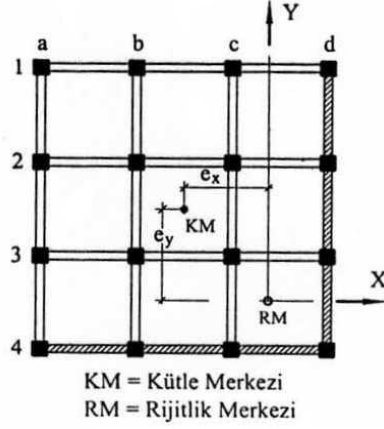
Bölüm 2.2.1’de açıklanan ‘Dolgu Panellerin Davranış Şekilleri’ konusunda başlıca dört tip hasar şekli incelenmişti. Dolgu duvarların yapı davranışına olumsuz etkileri üzerine örneklemeler verecek olursak ;

Tekrarlı yükler altında, yatay yükün veya yatay yer değiştirmenin küçük değerlerinde, dolgu duvar ve çerçeve elemanları aynı anda hareket ederek perde davranışı gösterecektir. Yer değiştirmenin artması ile birlikte çerçeve elemanları eğilme davranışı gösterirken, dolgu duvarlar kayma davranışı gösterecektir (Şekil 2.12).



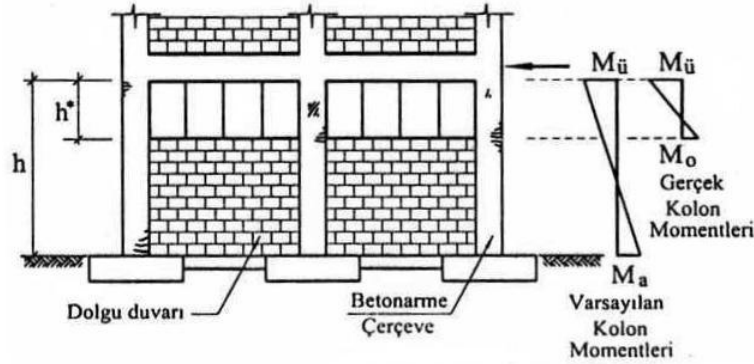
Şekil 2.12 Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altında davranışı

Şekil 2.13 ile verilen örnekte, ‘4’ ve ‘d’ 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 ‘4’ ve ‘d’ aksı çerçevelerinin rijitlikleri, diğer akslara göre daha büyük olacaktır. Tüm sistemde ise, rijitlikteki bu artış sebebiyle yapının doğal periyodu küçülecektir. İlave olarak, sistemin rijitlik merkezinin kütle merkezinden uzaklaşması ile oluşacak eksantrisite nedeniyle yapı, hesaplarda öngörülmeyen burulma etkilerine de maruz kalacaktır.



Şekil 2.13 İki çerçevesi dolgu duvar içeren çok katlı betonarme yapının kat planı

Şekil 2.14’de görülen örnekte ise, dolgu duvarların boşluklu olarak var olduğu bir durum verilmiştir.



Şekil 2.14 Bir bölümünde dolgu duvar bulunan betonarme çerçeve, [16]

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.

$$V_d = \frac{M_a + M_{\bar{u}}}{h} \quad (2.3)$$

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

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

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

3. DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN MODELLENMESİ

Bir çok araştırmacı, dolgu duvarlı sistemlerin yatay yükler altındaki davranışını incelemiştir. Dolgu duvarların analitik modele yansıtılması konusunda araştırmacıların iki farklı yaklaşımı mevcuttur. Birincisi mikro modelleme olup her duvar paneli sonlu eleman ağı ile temsil edilir. İkinci yaklaşım makro modelleme ise, duvar paneli davranışının fiziksel anlamda modele yansıtılması temeline dayanır. Mikro modellemenin büyük yapı sistemlerine uygulanmasındaki zorluklar sebebiyle, makro modelleme yaklaşımı daha yaygın olarak benimsenmektedir.

3.1. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yatay Yük Altında Davranışı

Düzlemi içinde etkiyen yatay kuvvetin küçük değerlerinde çerçeve dolgu duvarları, bir perde duvar gibi birlikte hareket edeceklerdir. Yatay yer değiştirmelerin artmaya başlaması sonucu bu davranış çok karmaşık bir hal alır. Çerçeve elemanları eğilme davranışı biçiminde şekil değiştirmeye çalışırken, dolgu duvar paneli kayma davranışı biçiminde şekil değiştirmeye çalışacaktır (Şekil 2.12). Sonuçta, çekme gerilmelerinin artması ile kendiliğinden oluşan çekme çaprazının uçları olan köşelerde, çerçeve ve dolgu duvarları birbirinden ayrılacak, diğer köşegen doğrultusunda oluşacak olan basınç gerilmeleri, duvar içinde sanal bir basınç çubuğu meydana getirecektir.

3.2. Dolgu Duvarların Analitik Modele Yansıtılması

Dolgu duvarların yatay yük altındaki davranışı gözönüne alınarak, yapının çözümleme modellerinde dolgu duvarlar, duvar ile aynı kalınlıkta ve genişliği çeşitli faktörlere bağlı eşdeğer çapraz çubukla temsil edilmiştir (Şekil 3.1).

Mainstone ve Zarnic gibi araştırmacılar dolgu duvarların doğrusal olmayan davranışını inceleyen çalışmalar yapmışlardır. Zarnic yaptığı çalışmalar sonucunda, yüklemenin kritik anlarındaki (başlangıç, çatlama, göçme) rijitlikleri ideal bir zarf ile tarif etmiştir (Şekil 3.2), [22].

Dolgu duvarlı çerçevelerin başlangıç rijitliği, yalnız elastik yer değiştirmelerin olduğu çok küçük bir bölge için geçerlidir. Çekme gerilmelerinin olduğu bölgede dolgu duvarı ile çerçevenin kesiştiği yerlerdeki ilk çatlaklardan ve ayrılmalardan sonra rijitlikte azalma görülür. Bu nedenle, dolgu duvarlı çerçevelerin elastik bölge dışındaki davranışlarını incelemek yararlıdır. Zarnic, dolgu duvarlı çerçevenin doğrusal olmayan davranışını incelerken, elastik yer değiştirmelerin olduğu bölgeyi ihmal ederek, yeni bir efektif rijitlik olarak K_e 'yi tanımlamıştır. Bu efektif yatay rijitlik, kolonlardan ve dolgu duvarından oluşan perde duvarın yatay rijitliği gibi modellenmiştir. Bu değer, küçük çatlakların duvar boyunca yayıldığı andaki kayma modülü G_p 'nin bir fonksiyonudur. Dolgu duvarlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kayma modülü (3.1) eşitliğindeki gibi tarif edilmiştir. Zarnic, dolgu duvarlarının kayma modülünün başlangıç değerinin, elastisite modülünün %6~12'si kadar olduğunu gözlemiştir, [22].

Verilecek olan eşitliklerde, kesit alanı A , elastisite modülü E , kayma modülü G , atalet momenti I ile temsil edilmiş olup, f indisi değerlerin çerçeveye, p indisi dolgu duvar panellerine aitliği göstermektedir.

$$G_p = \frac{1.2}{\frac{A_e}{h_p \cdot K_{ep}} \cdot \frac{1}{E_p} \left(\frac{h_p}{I_p} \right)^2} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte K_{ep} değeri, dolgu duvarlı çerçevenin kayma dayanımının %30'una ulaşıldığı anda dolgu duvarın rijitliğini göstermektedir. Dolgu duvarlı çerçevenin yatay rijitliği, denklem (3.2)'deki gibi ifade edilmiştir:

$$K_e = \frac{1}{\frac{h_p^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p} + \frac{1.2 \cdot h_p}{G_p \cdot A_e}} \quad (3.2)$$

Burada;

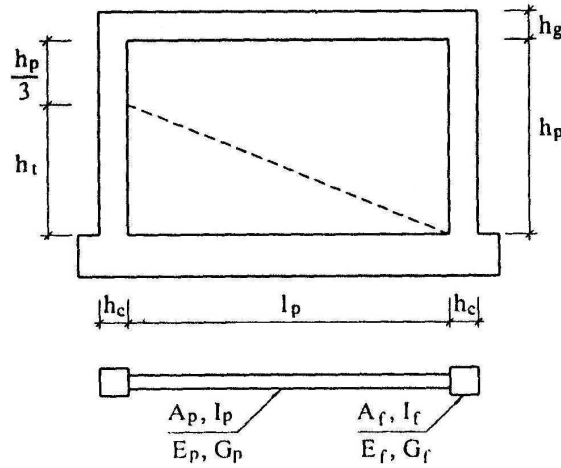
$$A_e = A_p + 2.C_E.A_f \cdot \frac{G_f}{G_p} \quad (3.3)$$

$$I_e = I_p + 2.C_E \cdot \frac{E_f}{E_p} \left(I_f + A_f \cdot \frac{(h_c + I_p)^2}{4} \right) \quad (3.4)$$

(3.3) ve (3.4) 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.

(3.2) eşitliğine benzer şekilde, dolgu duvarının kayma modülünün başlangıç değeri kullanılarak dolgu duvarlı çerçevenin başlangıç rijitliği K_i de elde edilebilir.

Yukarıda verilen ifadeler duvar boyunca küçük çatlakların daha çok olması durumunu içindir. Son olarak, dolgu duvarlarda büyük çatlaklar veya kayma yerdeğiştirmeleri bulunan sistemin yatay rijitliğı tanımlanmıştır. Bu durumda sistemin yatay rijitliğı, çatlakları olmayan dolgu duvarı yerine, bir ucu dolgu duvarın bir kenarının yüksekliğinin 2/3'ünden bağılı, diğ er ucu dolgu duvarın kolonun alt ucu ile kesiştiğı yerden bağılı diyagonal pandöl çubuk ve çerçeveden oluşan sistemin yatay rijitliğı gibi hesaplanmıştır (şekil 3.3).



şekil 3.3 Kayma dayanımına ulaşıldığı anda dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğini bulmak için tarif edilen eşdeğ er sistem, [22]

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

$$K_t = \frac{1}{\frac{5.h_t^3}{12.E_p.I_p} + \frac{0,6.h_t}{G_p.A_p}} \quad (3.5)$$

Çubuğun enkesit alanı, uzama rijitliği ifadesinden çekilirse;

$$A_d = K_t \cdot \frac{L}{E_p} \quad (3.6)$$

elde edilir. Pandül çubuğun genişliği w , (3.7) ifadesinden hesaplanabilir;

$$w = \frac{A_d}{t} \quad (3.7)$$

Mainstone çapraz pandülün genişliğini (3.8) eşitliği ile tanımladığı “ $\lambda_h h$ ” ifadesine bağlı olarak;

$$\lambda_h h = \sqrt[4]{\frac{E_p . t . \sin 2\theta}{4.E_f . I_c . h_p}} \quad (3.8)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h_p}{L_p} \right) \quad (3.9)$$

$$w = 0,175(\lambda_h h)^{-0,4} . L \quad (3.10)$$

olarak tanımlamıştır. h , h_p ve θ Şekil 3.1’de gösterildiği gibidir. Burada w çapraz pandülün genişliğini (in), L çapraz pandülün uzunluğunu (in), E_p panelin elastisite modülünü (ksi), E_f çerçevenin elastisite modülünü (ksi), I_c kolonun atalet momentini (in⁴), t panelin kalınlığını (in) temsil etmektedir.

Paulay ve Priestley çapraz pandülün genişliğini, L diyagonal pandül uzunluğunu göstermek üzere;

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

olarak belirlemişlerdir, [16].

Yüksel ve diğ. [21], Ersin ve diğ. (1998) yapmış oldukları çalışmalarda yapıların küçük titreşim ölçümlerinden yararlanmıştır. Çalışmalarında, modelleme amacıyla yapıların serbest titreşimleri ölçülmüştür. Modellemede ise, dolgu duvarlar köşegenlerden mafsallı şekilde bağlanan çubuklardan teşkil edilerek pandül çubuğun eksenel rijitliği;

$$EF = E.t.w \quad (3.12)$$

olarak tanımlanmıştır. Burada E dolgu duvarın elastisite modülünü, t dolgu duvarın kalınlığını, w dolgu duvarın genişliğini göstermektedir.

$w = \alpha . L$ olarak tanımlanırsa;

$$EF = E.t.\alpha .L \quad (3.13)$$

olacaktır. Burada α , pandül çubuk etkin genişliğinin, pandül boyuna göre tanımlanmasını sağlayan katsayıdır.

Boşluk bulunduran dolgu duvarları kapsayacak şekilde β , diğer etkenler için de γ gibi çarpanlarla ele alınırsa (3.13) eşitliği;

$$EF = E.t.\alpha .L.\beta .\gamma \quad (3.14)$$

halini alacaktır.

3.3. Dolgu Duvarları Temsil Edecek Çapraz Basınç Çubuklarının Tanımlanması

3.3.1 Dolgu Duvarın Elastisite Modülü

Dolgu duvarlarının küçük titreşim ölçümleri için yatay rijitliğe katkısını tanımlayacak mekanik modelde, dolgu duvarının her iki doğrultudaki elastisite modülünün bilinmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda dolgu duvarın elastisite modülünün, kullanılan tuğla ve harcın elastisite modüllerine göre değişim gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, tuğlanın yatay ve dik doğrultudaki elastisite modülleri ile duvarın sıvalı/sıvasız olma durumu da yapılan çalışmalarda gözönüne alınmıştır.

Bu çalışmada ise, modellemede kullanılacak elastisite modülü, önceden yapılmış deneylerin sonuçları referans kabul edilerek analizlere dahil 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.

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

Çizelge 3.1 Dolgu duvarların mekanik modellemesinde kullanılacak olan elastisite modülleri, [6]

3.3.2. Çapraz Çubuk Etkin Genişliği ve α Çarpanı

İki ucu mafsallı eşdeğer pandül çubuk olarak modellenen çubukların alanı F olmak üzere; t duvar kalınlığı, w ise eşdeğer pandül çubuğun genişliği alınarak;

$$F = t.w \quad (3.15)$$

olarak ifade edilmiştir.

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

$$L_d = \sqrt{(l_i^2 + h_i^2)} \quad (3.16)$$

olacaktır.

Eşdeğer pandül çubuğun genişliği w , dolgu duvarın diyagonal boyu L_d 'nin α katı olarak tanımlanırsa (3.16) eşitliği,

$$F = t.\alpha.L_d \quad (3.17)$$

şeklini alacaktır. Buradan α değeri çekilirse,

$$\alpha = \frac{F}{t.L_d} \quad (3.18)$$

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

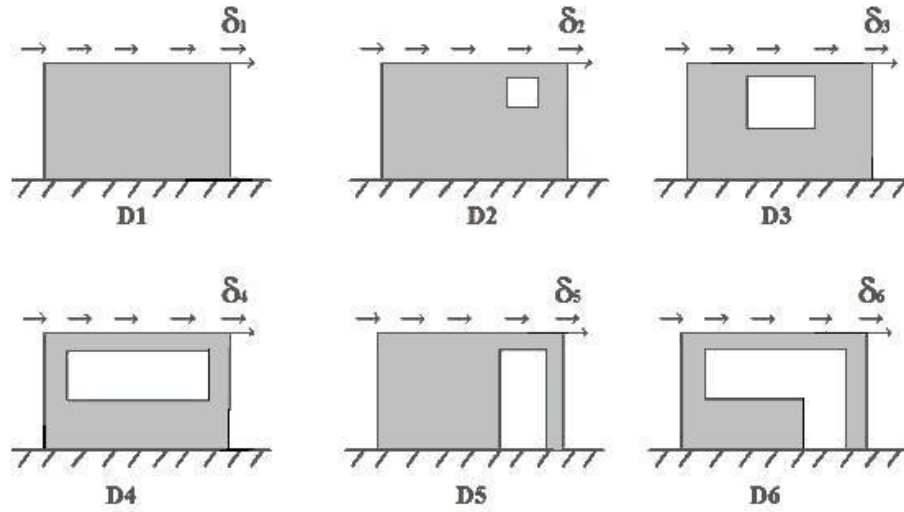
α	Sıvasız		Sıvalı	
t	8,5cm	12,5cm	13,5cm	17,5cm
$L_d=3,69$ m	0,49	0,46	0,40	0,37
$L_d=4,66$ m	0,49	0,46	0,40	0,37
$L_d=5,55$ m	0,51	0,47	0,40	0,37

Çizelge 3.2 Duvar uzunlukları için hesaplanan α değerleri, [6]

Bu veriler ışığında, dolgu duvarların küçük titreşimler için yapının yatay rijitliğine katkısı, modellemede; elastisite modülü dolgu duvarın ortalama elastisite modülü kadar olan, alanı ise dolgu duvarın kalınlığının, dolgu duvarın diyagonal boyu L_d 'nin belli bir oranı (α) kadar olan genişlikle çarpımına eşit eşdeğer pandül çubuklarla temsil edilmiştir.

3.3.3. Dolgu Duvar Boşluklarının Mekanik Modele Yansıtılması (β Çarpımı)

Yapılardaki mimari konumları ve işlevsellikleri nedeniyle dolgu duvarlarda bulunan çeşitli ve farklı tiplerdeki boşluklar, dolgu duvarların yapının yatay rijitliğine katkısını değiştirmektedir. Bu durumun belirlenmesi amacıyla, boşluksuz dolgu duvar temel alınarak, uygulamada en sık gözlenen 5 adet boşluklu duvar tipinin boşluksuz duvara oranla sağlayabildiği yatay rijitlik sonlu eleman çözümleriyle incelenmiştir [6], (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Çözümlemelerde esas alınan boşluk tipleri

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

Çözümlerde kurulan mekanik modelde, duvarlar dipte ankastre olarak mesnetlenmiş ve üst uç düğüm noktalarına 1 kN'luk yatay yükler yayılı olarak etkitilmiştir. 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 (δ_R , δ_L), dolu dolgu duvarın yerdeğiştirmelerine bölünerek boşluk bulunduran dolgu duvarın yatay rijitliğinin, dolu dolgu duvarın yatay rijitliğine oranı olarak tanımlanan β sayıları bulunmuştur. Bulunan bu β sayıları dolgu duvarların mekanik modele yansıtılmasında kullanılmak üzere düzenlenmiştir.

Sonuç olarak, boşlukların yatay rijitlikte neden olduğu azalmada hesaba katılacak β katsayıları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Tip	Açıklık	β
D1 (dolu dolgu duvar)	-	1
D2 (küçük pencere boşluklu duvar)	40 x 50 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

Çizelge 3.3 Dolgu duvarların mekanik modele yansıtılmasında kullanılacak β katsayıları, [6]

Görüldüğü gibi dolgu duvarlarda bulunan büyük pencere veya pencere+kapı şeklindeki boşluklar, dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısını sıfıra indirmektedir. Dolgu duvarlarda bulunan küçük pencere boşluklarının %10, kapı boşluklarının %50, orta büyüklükteki pencere boşluklarının ise %80 oranında rijitliği azaltmakta olduğu gözlenmiştir.

3.3.4. Dolgu Duvar Hasarlarının Etkisi (γ Çarpanı)

Dolgu duvarlarını temsil eden sanal pandül çubukların aksel rijitliklerini etkileyen yapım kusurları ve deprem sonucu oluşan kalıcı yerdeğıştirmeleri temsil eden γ katsayısı, birtakım varsayımlarla ve deneme yanılma yöntemi ile belirlenmektedir. Yapılan varsayım yapının kayma çerçevesi gibi davranacağıdır. Dolgu duvarda herhangi bir hasar olmaması halinde γ çarpanı 1 olarak alınacaktır. Ağır hasar durumunda ise, çerçeve ve dolgu duvar arasındaki kopmalar nedeni ile 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 bağı olarak γ katsayısı 0 ile 1 arasında belirlenen değeri alır. Yapı periyotlarını arttıran başlıca nedenlerden birinin yapıda meydana gelen hasarlar olduğu gözönüne alınırsa, γ katsayısının, deneysel yolla bulunan periyotları kuramsal yolla bulunan periyotlara yakınlıştırmak için kullanıldığı söylenebilir.

4. DOLGU DUVARLI YAPILARIN SERBEST TİTREŞİM PERİYOTLARI

4.1. Dolgu Duvarların Yapı Periyotlarına Etkisi

Depreme dayanıklı yapı tasarımında etkisi ihmal edilen dolgu duvarların, yapı davranışına olumlu ve olumsuz etkileri önceki bölümlerde incelenmişti. Dolgu duvarların yapının rijitliğini arttırdığı sonucundan yola çıkarak; rijitliğin artması sebebiyle, hesaplanan periyotların küçülmesi beklenen bir sonuç olmuştur.

Deprem etkisinde, deprem kuvvetleri sonucu dolgu duvarların çatlaması ile beraber duvarın yapı rijitliğine katkısı azalmaya başlar. Çerçeve kolon ve kirişlerde meydana gelen çatlaklar, taşıyıcı sistemin rijitliğinin azalmasına neden olur. Deprem bittiğinde ise yapıdaki kalıcı veya kısmi hasarlar sonucu yapının periyodunda önemli artışlar olabilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, sadece taşıyıcı sistemin rijitliğine dayanan hesap yöntemleri, yapıların başlangıcındaki periyotlarını gerçekçi bir şekilde vermemektedir. Fakat, dolgu duvarlı betonarme yapıların davranış özelliklerinin belirlenmesi ve dolgu duvarların yapıya katkısı ile ilgili standart yöntemlerin yönetmeliklerde tam anlamıyla yer almaması bu konunun önemini arttırmaktadır.

4.2. Yapı Periyodu İçin Verilen Formüller

Ülkemizde, ABYYHY (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik)'de yapı periyot hesaplaması için verilen, [1];

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

denklemini gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir.

Verilen diğer bazı ampirik formüller;

San Francisco Deprem Komitesi tarafından verilen;

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

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

Japon araştırmacıların verdiği;

$$T = \frac{1}{50} \sim \frac{1}{80} \cdot T(4 + (1 - 4y)H) \quad (4.3)$$

Burada, y : duvar oranı (duvar boyu/kat alanı) olup, titreşim istikametindeki bütün duvarlar dikkate alınmıştır.

Bunların dışında önerilen çeşitli ampirik formüller mevcuttur. Dünya deprem yönetmeliklerinde mevcut çeşitli periyot formülleri ise aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Dünya Deprem Yönetmeliklerinde Verilen Yapı Periyodu Formülleri

- Japon yönetmeliklerinde verilen periyot formülü;

$$T = h(0,02 + 0,01\alpha) \quad (4.4)$$

h = Bina yüksekliği

α = Yapının toplam bina yüksekliğine oranı

- Amerikan yönetmeliklerinde verilen;

$$T = 0,10N \quad (\text{düktıl çerçeveli binalar için}) \quad (4.5)$$

$$T = \frac{0,05h_n}{\sqrt{D}} \quad (\text{diğer binalar için}) \quad (4.6)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum w_i \delta_i^2}{g(\sum F_i \delta_i)}} \quad (\text{hesap durumunda}) \quad (4.7)$$

Bu formülde;

N = Toplam kat sayısı

h_n = Bina temel üst kotunda ölçülen yükseklik

D = Yatay yükler doğrultusunda bina genişliği

w_i = Kat ağırlığı

δ_i = Elastik yerdeğiştirmeler

F_i = Kata etkiyen yatay kuvvet

olarak tanımlanmıştır.

- Alman deprem yönetmeliklerinde, Amerikan yönetmeliklerine benzer şekilde;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum w_i \delta_i^2}{g(\sum F_i \delta_i)}} \quad (4.8)$$

Ayrıca zeminin elastik modülüne ve temel durumuna göre verilen;

$$T = 1,5 \sqrt{\left(\frac{h}{3EI} + \frac{1}{C_k I_f} \right) \sum (G_j + P_j) Z_j^2} \quad (4.9)$$

$$C_k = \text{dyn}E_s / 0,25\sqrt{A} \quad (4.10)$$

Burada;

h = Bina yüksekliği

E = Yapı elastisite modülü

I = Eşdeğer elemanın atalet momenti

C_k = Temel zeminin dinamik kaya rijitlik modülü

Z_j = Temel tabanı üzerindeki j noktasının kütle yüksekliği

A = Temel taban alanı

I_f = Temel atalet momenti

- Hindistan yönetmeliklerinde periyot, yine Amerikan yönetmeliklerine benzer şekilde;

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

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

olarak verilmiştir.

4.3. Binaların Serbest Titreşim Özellikleri (Küçük Titreşim Ölçümleri)

Küçük titreşim ölçümleri sayesinde yapının serbest titreşim karakteristikleri elde edilebilmektedir. Bu sayede ölçüm yapılan yapılarda deneysel olarak elde edilen serbest titreşim karakteristikleri ile kuramsal çalışmalar sonucu yapının mekanik modeli oluşturularak elde edilen serbest titreşim karakteristikleri karşılaştırılarak modelin uygunluğu gözlenebilir.

Microtremor olarak adlandırılan ve yapıda farklı nedenlerden kaynaklanabilen yatay veya düşey yöndeki çok küçük titreşimler, özel titreşim ölçerler yardımı ile ivme, hız ya da yerdeğiştirme türünden kaydedilebilmektedir. Kullanılan titreşim ölçerlerin genlikleri 0,005-3000 mikrondur. Daha güvenli sonuç verdikleri periyot sınırları 0,01 sn. ve 5 sn. ile belirlenmektedir.

Titreşim ölçerden gelen analog hız sinyalleri, gerilim düşürücüden geçirilirken, istendiğinde ivme veya yerdeğıştirmeye dönüştürülebilmektedir. Ve bu sinyallerin sayısal büyüklüklere çevrilip saklanması veya ekrandan izlenebilmesi mümkündür. Kayıtlar özel bir bilgisayar programı ile ikili sayı düzeninden onlu sayı düzenine aktarılıp ASCII kodunda saklanır ve gerilimden gerçek büyüklüğe çevrilerek aşağıda verilen algoritma esas alınıp işlenir.

Titreşim ölçerlerden gelerek her kanalda tutulmuş olan kayıtların dalga formu çizilir ve hepsi için en uygun olan bir çalışma aralığı belirlenir. Bu zaman aralığındaki veri sayısı, uygulanacak hızlı Fourier dönüşümü gereğı, ilkinin kuvveti olmalıdır. Eğer göreceli değerlerle çalışılacaksa, ilgili titreşim ölçerlere karşı gelen kayıtların farkları alınır. Örneğin, herhangi bir katın zemine göre yaptığı titreşimin işlenebilmesi için, o kattaki kayıt ile eşzamanlı olarak zeminden alınmış kaydın farkı olan kayıt ile çalışılmalıdır. Tüm kanallar için hızlı Fourier dönüşümü uygulanır. Daha sonra birinci aşamada, kritik bir kayıt için güç spektrumuna geçilerek bu spektrum bir pencere yardımı ile yumuşatılır. Yumuşatılmış güç spektrumunun tepe noktasına karşı gelen periyot değeri, yapının en büyük serbest titreşim periyoduna karşı gelmektedir. Tepe noktası ve etrafındaki noktalar dikkate alınarak geçirilen ikinci derece eğrisinin katsayıları arasındaki ilişkiden sönüm oranına geçilebilmektedir. İkinci aşamada ilk adım, seçilen iki kritik kanala ait Fourier spektrumlarının oranlanarak, oranın tepe noktasının belirlenmesi ve bu noktayı esas alan bir pencerenin hesaplanmasıdır. Daha sonra, hesaplanan pencere tüm kanallara uygulanıp oluşan dalgalar ters hızlı Fourier dönüşümüne tabi tutulur. Bulunan dalgalardaki tepe noktalarından hareketle aranan titreşim mod şekli belirlenir, [21].

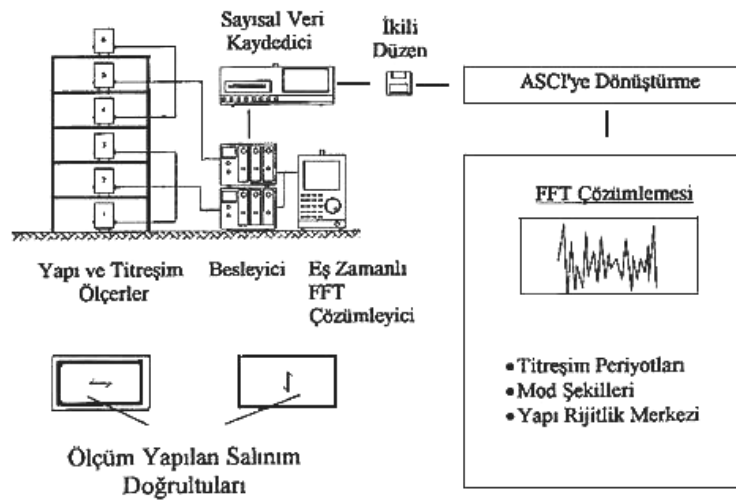
İncelenen her binanın tüm katlarına, bina kenarlarından birine paralel olmak üzere yerleştirilen sarsıntı ölçerlerden alınan okumalar değerlendirilerek o doğrultudaki serbest titreşim periyodu ve mod şekline ulaşılmaktadır. Daha sonra sarsıntı ölçerler 90°'lik bir yön değiştirmeyle yerleştirilip yeni bir dizi okuma yapılarak o doğrultudaki benzer büyüklüklere ulaşılmaktadır. Aynı binada yapılan üçüncü grup okumalar ise, burulma titreşimlerinin yakalanmasına yöneliktir. Bu amaçla en üst katlardan birine, binanın iki ucuna yakın gelecek biçimde yerleştirilen sarsıntı ölçerlerden okuma alınmaktadır. Her üç grup ölçüm değerleri zeminde yer alan, karşılaştırma amaçlı bir sarsıntı ölçerin ölçümleri ile birlikte ele alınmakta ve yaklaşık 95 sn. uzunlukta iki kayıt ile çalışılmaktadır (şekil 4.1).

Her bina civarında yapılan son ölçüm, o çevredeki zemin hakim periyotlarının yakalanmasına yönelik bir ölçümdür. Binadan 50-100 m. uzaklığa yerleştirilen birbirine dik bina eksenlerine yaklaşık olarak paralel konumlandırılmış iki yatay sarsıntı ölçer ile bir düşey sarsıntı ölçerden alınan okumalar ayrı ayrı değerlendirilmektedir.

Ölçümler sırasında araziye taşınmış bulunan bir hızlı Fourier dönüştürücü ile yapılan ilk değerlendirmeler titreşim periyotları konusunda bir ön fikir edinmek amacıyla taşınmaktadır.

Deneyisel çalışma sırasında oluşabilecek aletsel hataları en aza indirmek amacıyla 3 adımlı bir hazırlık işlemi yapılmıştır. Sırasıyla;

- i. Titreşim ölçerlere, besleyici kanallarına ve sayısal kaydedici kanallarına birer numara verilmiş, böylece titreşim ölçerler tüm çalışma süresince kendilerine tahsis edilen aynı kanallara bağlı olarak çalıştırılmışlardır.
- ii. Besleyici Uyarlaması: Rutubet ve sıcaklık değişikliklerine karşı besleyici üzerindeki ayar düğmelerinin pozisyonlarında yapılan küçük ayarlamaları içermektedir.
- iii. Titreşim Ölçer ve Kanal Uyarlaması: Deneyisel çalışma öncesinde tüm titreşim ölçerler aynı ortamda konumlandırılarak veri toplanmıştır. Toplanan veri incelendiğinde kanallar arasında küçük farklar olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıkların sonuçlara olan etkilerini kaldırmak amacıyla, bir titreşim ölçer baz alınarak diğer titreşim ölçerler için düzeltme çarpanları tanımlanmıştır.



Şekil 4.1 Küçük titreşim ölçümlerinin kaydedilmesi ve değerlendirilmesi

5. DOLGU DUVARLI YAPILARIN MODELLENMESİ İÇİN ÖRNEK SİSTEM

Bu bölümde, bir sonraki bölümde yapılacak mevcut dolgu duvarlı binaların analizi için esas teşkil etmesi ve bu çalışmaların doğruluğunu tespit etmede yardımcı olması açısından, uygulamada sıkça karşılaşılan örnek bir çerçeve bina tasarlanmış ve analizlerde kullanılmıştır.

5.1. Taşıyıcı Sistem İçin Mekanik Modelin Oluşturulması

Oluşturulan mekanik modelde, öncelikle betonarme taşıyıcı sistem mekanik modeli gerçeğe uygun şekilde oluşturulmuş, daha sonra bu mekanik modele her dolgu duvara karşılık gelen bir çift iki ucu mafsallı 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. İlave olarak uygulamada sık karşılaşılan dolgu duvar boşluk tipleri ve bu boşlukların yatay rijitliğe katkısı, katsayıları ile beraber gözönüne alınmış ve modele yansıtılmıştır.

5.2. Oluşturulan Taşıyıcı Sistemin Özellikleri

Oluşturulan yapının plandaki boyutları 15 m.×12 m. ve 6 kattan oluşan toplam yapı yüksekliği 18 m.’dir. Kat yükseklikleri her kat için sabit 3 m. alınmıştır. Yapı x yönünde 5, y yönünde ise 4 açıklığa sahiptir.

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. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.’dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420’dir.

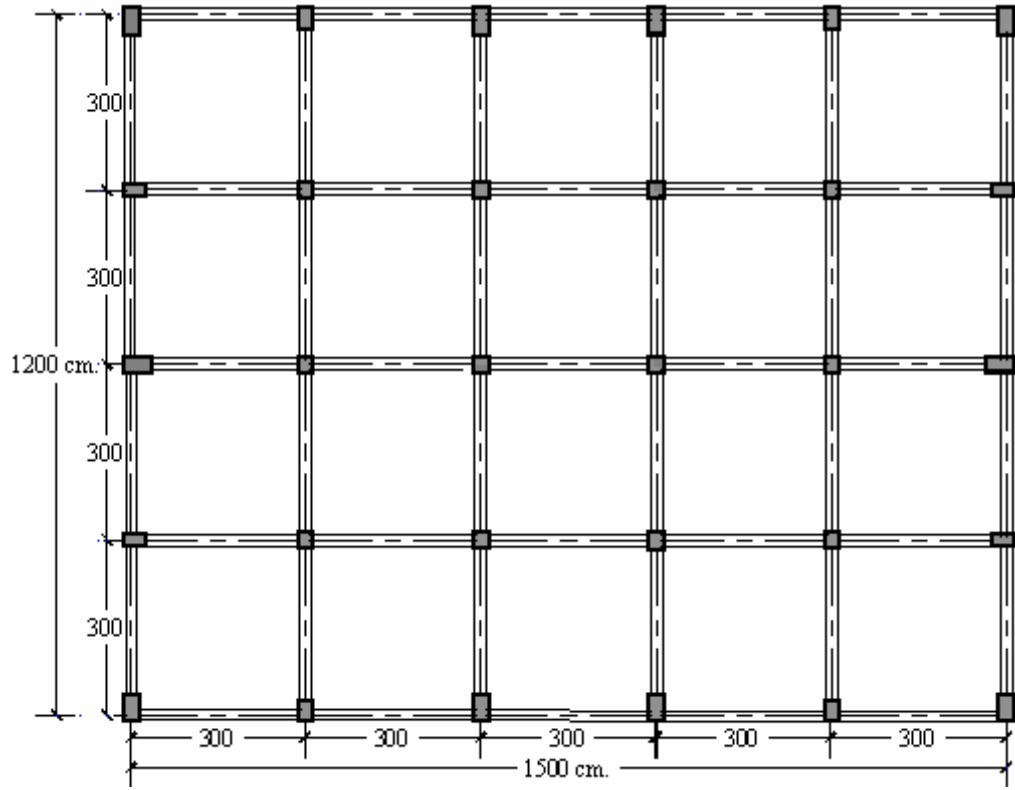
Spektral analizde kullanılan zemin periyotları $T_a = 0,15$ ve $T_b = 0,40$ olarak alınmıştır.

Dolgu duvarların eksenel rijitlikleri, Bölüm 3.3.2 ve Bölüm 3.3.3’de önerilen α ve β değerleri gözönüne alınarak hesaplanıp, mekanik modele dahil edilmişlerdir, [6].

α katsayıları hesaplanırken ilk adımda, sanal çubuğun enkesit alanı duvar genişliğine bölünerek, sanal çubuğun etkin genişliği elde edilmiştir. Pandül çubuğun etkin genişliği w için yapılan $w=\alpha.L_d$ tanımı gözönünde bulundurularak, w , dolgu duvarın diyagonal boyu L_d ’nin α katı olarak tanımlanmış ve bulunan etkin genişlik değerleri, dolgu duvarın diyagonal uzunluğuna bölünerek boyutsuz α sayıları elde edilmiştir. Hesaplamalarda, mevcut duvar uzunlukları arasında aşırı farklar olmadığı sürece, α katsayısının duvar uzunluğundan bağımsız sayılabileceği görülmüştür.

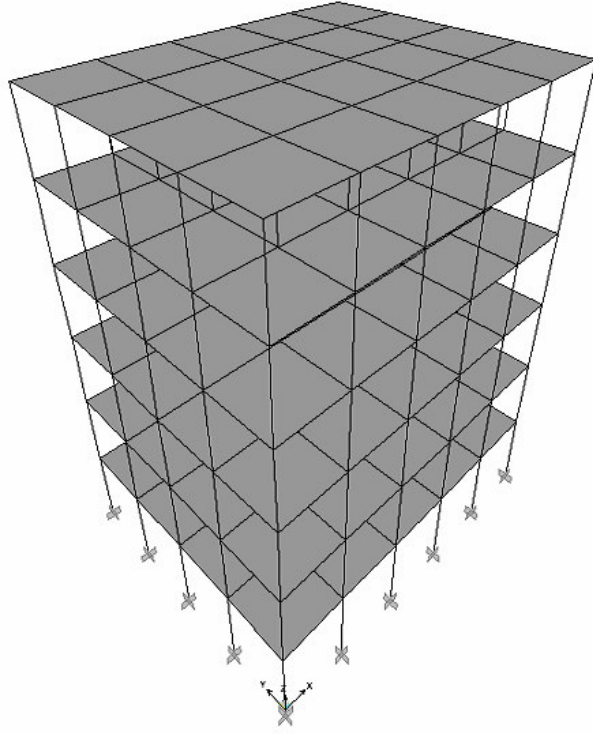
Sık rastlanan boşluk tipleri ele alınarak Çizelge 3.3’de verilen β katsayıları kullanılmış, bu boşlukların eksenel rijitlikte neden olduğu azalma hesaplara yansıtılmıştır. Boşluk içermeyen dolgu duvarlarda, rijitlikte ortaya çıkan azalmayı temsil eden β katsayısı, 1 değerini alarak rijitliği etkilememiştir. Büyük pencere ve pencere+kapı içeren dolgu duvarlarda β katsayısı 0 olarak alındığından, bu tip boşlukları bulunduran dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısı sıfıra inmektedir. Bu nedenle bu duvarlar modele yansıtılmamışlardır. Diğer boşluk tiplerini içeren dolgu duvarlar ise sisteme β katsayıları aracılığıyla dahil edilmiş ve yatay rijitlikte %10 ile %80 arasında azalmaya neden olmuşlardır.

Yapının örnek bir kat planı Şekil 5.1’de verilmiştir.

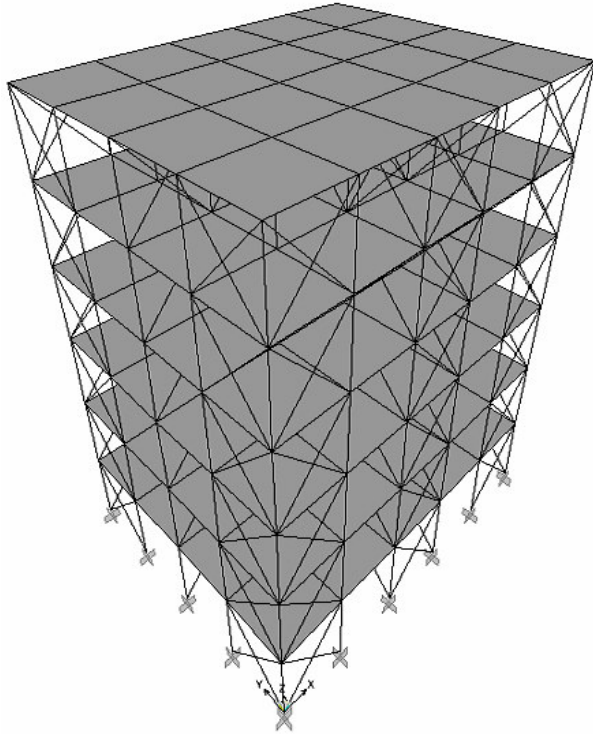


Şekil 5.1 Taşıyıcı sistem kat kalıp planı

Şekil 5.2’de sistemin SAP2000 programında hazırlanmış duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır, [17]. Şekil 5.2’de gösterilen duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 5.3’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 5.2 SAP2000’de oluşturulan duvarsız modelin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 5.3 SAP2000’de oluşturulan duvarlı modelin üç boyutlu görüntüsü

5.3. Taşıyıcı Sistem Modeli Çözümleme Sonuçları

Sistemin aşağıdaki üç durumu için analizler tekrarlanmıştır.

- i. Sistemde duvar bulunmaması hali (çıplak çerçeve)
- ii. Boşluksuz duvarlı durum
- iii. Boşluklu duvarların katsayılarıyla birlikte gözönüne alındığı durum.

Analiz sonucunda bu üç durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 5.1’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m ²)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m ²)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m ²)	
Dolgu Duvar (Boşluksuz)	0.30123	0.27862	999.51	19.28	28.29	x-x
					32.92	y-y
Dolgu Duvar (Boşluklu)	0.43881	0.40236	1007.63	19.28	24.71	x-x
					28.38	y-y
Çıplak Çerçeve	0.69296	0.64937	1060.72	19.28	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 5.1 Duvarlı ve duvarsız modellerin analiz sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Çizelge 5.2’de ise boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarlı modellerin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucu periyotlardaki azalma oranları verilmiştir.

Durum	Boşluksuz	Boşluklu
T_1	0.30123	0.43881
$\%(T_1/T_{1\phi})$	56.53	36.67
T_2	0.27862	0.40236
$\%(T_2/T_{2\phi})$	57.09	38.04

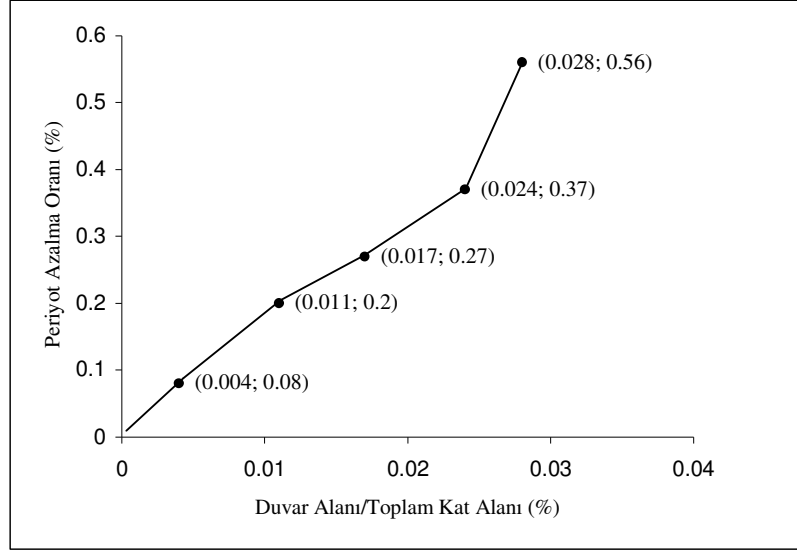
Çizelge 5.2 Duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Analizlerin sonucunda;

Boşluk içermeyen sistem analizi sonucu elde edilen periyot, duvarsız model periyoduna göre yaklaşık %56 oranında azalmıştır. Boşluklu durumda ise periyot, yalın çerçeve sistem periyoduna göre %37 oranında azalmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, analiz sonucu yukarıda verilen yalın çerçeve/duvarlı çerçeve periyot değişim oranlarının esasını teşkil eden duvar alanının periyot üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Duvar alanı arttıkça bina periyodu duvar alanıyla ters orantılı değişim göstererek azalmaktadır.

Sonuç olarak duvar alanı, dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısını etkileyen önemli bir faktördür.

Model üzerinde boşluksuz ve boşluklu duvar analizlerine ilave olarak, boşluksuz durum esas alınıp dolgu duvarlar sistemden kademeli olarak çıkarılarak, duvar alanının toplam kat alanına oranı ile periyot azalma oranları arasında bir inceleme yapılmıştır. İnceleme sonuçları Şekil 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.4 Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı ilişkisi

Görüldüğü gibi, esas alınan boşluksuz dolgu duvarlı modelde duvar alanı/toplam kat alanı oranı %2,8 ve buna karşılık yalın çerçeve periyoduna göre periyot azalma oranı %56 iken, duvarların kademeli olarak sistemden çıkarılması sonucu duvar alanı/toplam kat alanı oranı azaldıkça mevcut periyodun, yalın çerçeve periyoduna göre azalma oranı doğru orantılı bir şekilde düşmektedir. Bu değerler, Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

Duvar Alanının Toplam Kat Alanına Oranı (%)	Periyot Azalma Oranı (Yalın Çerçevesi Duruma Göre) (%)
2.8	56
2.4	37
1.7	27
1.1	20
0.4	8

Çizelge 5.3 Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı değerleri

Duvar alanının toplam kat alanına oranı ve periyot azalma oranı arasında gözlenen değişim oranları, yalın çerçeve/boşluksuz duvarlı çerçeve periyot azalma oranları ile de tam uyum göstermiştir.

6. DOLGU DUVARLI YAPILARIN MODELLENMESİNE AİT ÖRNEKLER

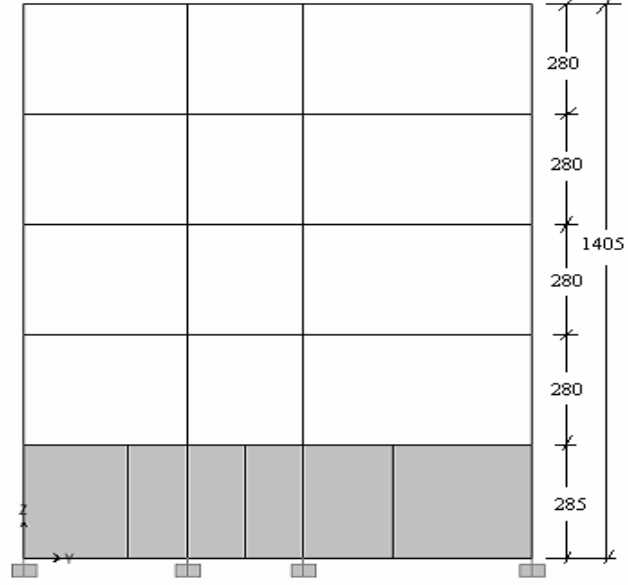
Bu bölümde, dolgu duvarların yapıların serbest titreşimine etkisini araştırmak amacıyla, Kırşehir ili Yenice mahallesi ve civarında mevcut 12 adet bina ele alınarak, yalın çerçeveli bina/dolgu duvarlı bina periyotları incelenmiştir.

Mevcut binaların tamamı farklı özelliklerde olup, kat sayıları ve duvar boşluk oranları gibi periyot incelemesinde esas alınan faktörler binadan binaya farklılık göstermektedir.

6.1. Aşçıoğlu Apt.

Aşçıoğlu Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 3 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 2000 yılında projelendirilmiştir. Kat yükseklikleri Şekil 6.1’de, yapıdaki kolon boyutları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Tüm kirişler yüksekliği 60 cm., genişliği 25 cm. olan dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.’dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C25, beton çeliği sınıfı S420’dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

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	:



Şekil 6.1 Aşçıoğlu Apt. kat yükseklikleri

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

Çizelge 6.1 Aşçıoğlu Apt. kolon boyutları

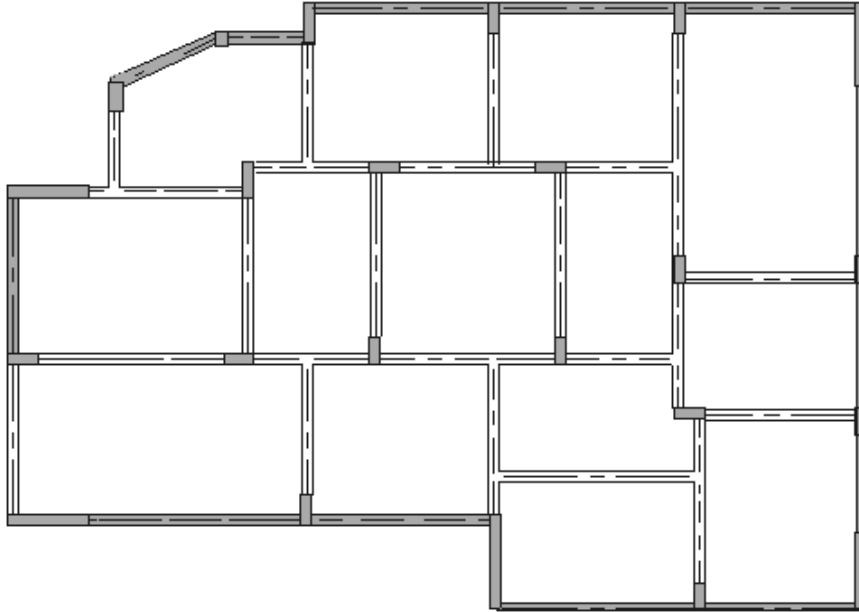
Şekil 6.2’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



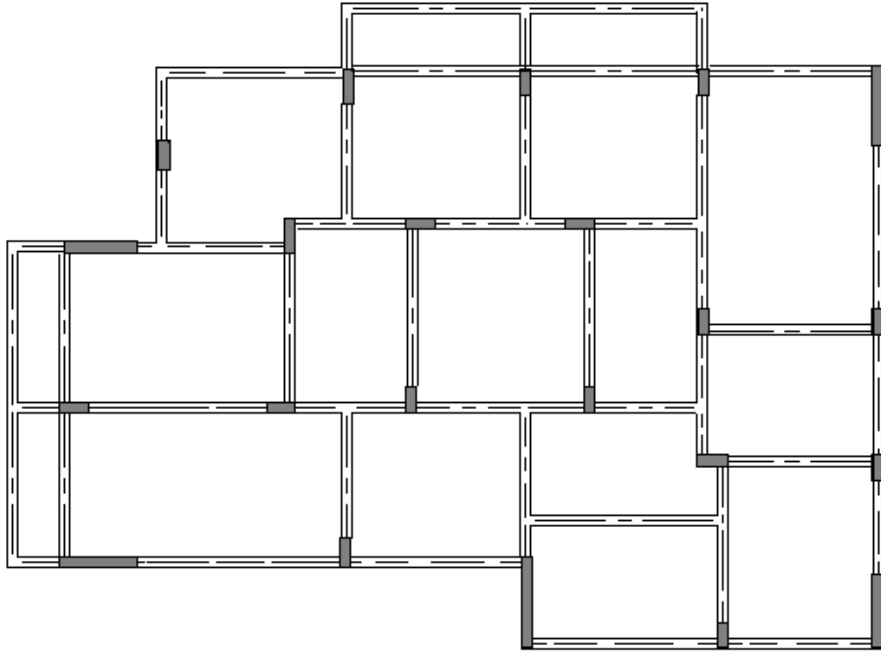
Şekil 6.2 Aşcıoğlu Apt. görünüş

Binadaki tüm dolgu duvarlar boşluklu ve gerçeğe uygun şekilde modele dahil edilmişlerdir. Dolgu duvarların aksenal rijitlikleri Bölüm 3.3.2 ve Bölüm 3.3.3’de önerilen α ve β değerleri gözönüne alınarak hesaplanıp, mekanik modele dahil edilmiştir.

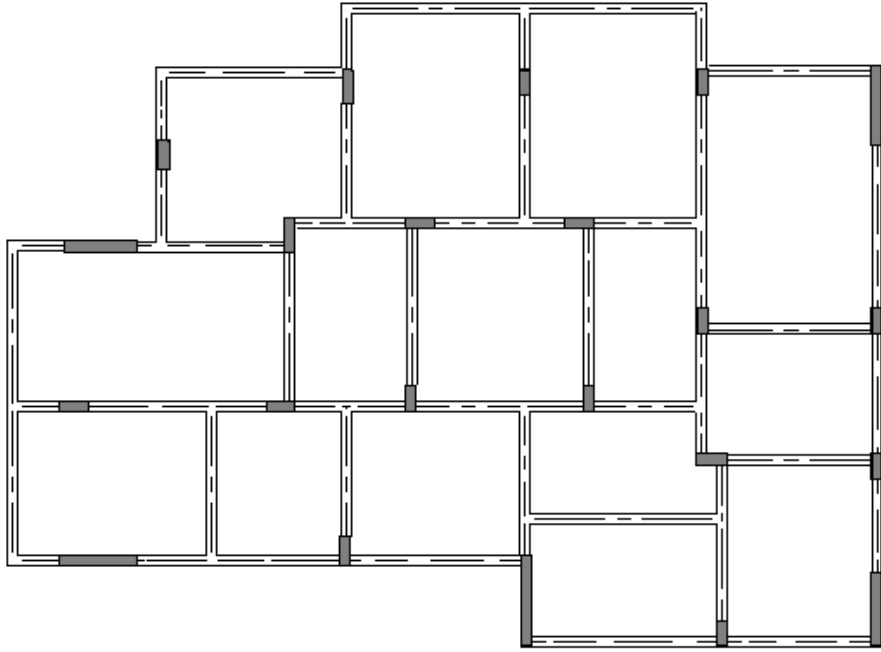
Yapının kat kalıp planları Şekil 6.3, Şekil 6.4 ve Şekil 6.5’de verilmiştir.



Şekil 6.3 Aşcıoğlu Apt. bodrum kat kalıp planı

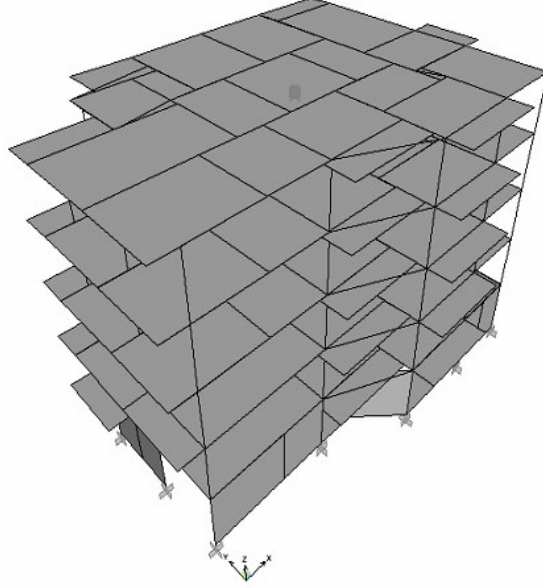


Şekil 6.4 Aşcıoğlu Apt. zemin kat kalıp planı

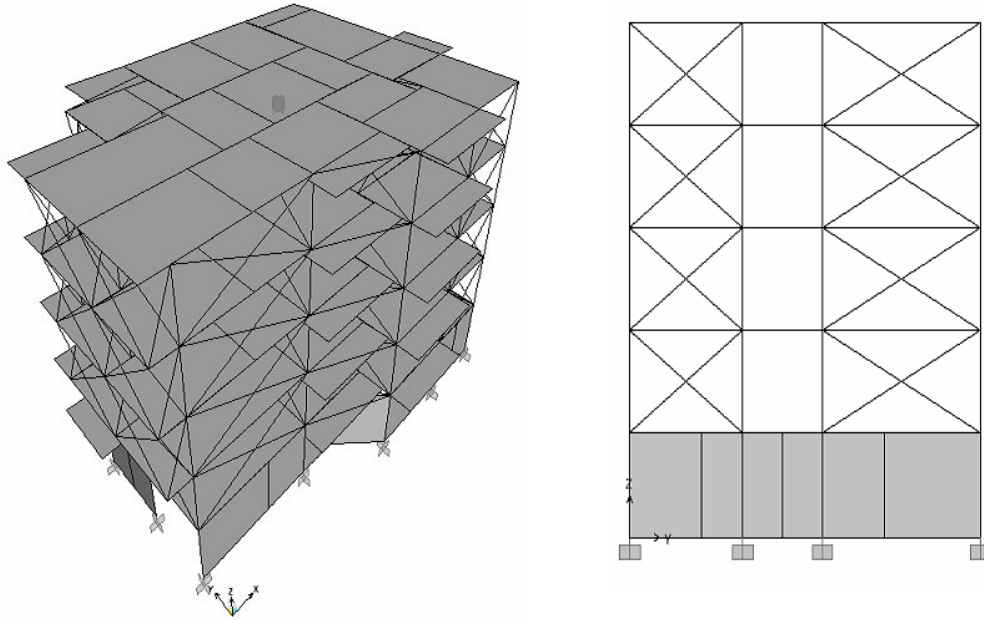


Şekil 6.5 Aşcıoğlu Apt. normal kat kalıp planı

Şekil 6.6’da binanın SAP2000 programında hazırlanmış duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır. Duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.7’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.6 Aşçıoğlu Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.7 Aşçıoğlu Apt. duvarlı modelinin y-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.1.1. Aşçıoğlu Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.2’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.235	0.246	1304.61	36.91	34.43	x-x
					40.33	y-y
Çıplak Çerçeve	0.507	0.575	1379.37	36.91	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.2 Aşçıoğlu Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Boşluklu dolgu duvarlı modelin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucu periyotlardaki azalma oranları Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.235
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	53.65
T_{2d}	0.246
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	57.22

Çizelge 6.3 Aşçıoğlu Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Boşluklu dolgu duvarlı durumda elde edilen x yönündeki periyodun, duvarsız model periyoduna oranla yaklaşık %53 oranında azalma gösterdiği görülmüştür. Buna karşılık y yönündeki periyot, duvarsız model periyoduna göre yaklaşık %57 oranında azalmıştır.

Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı ilişkisi açısından, x yönünde gözlenen %53 azalma,örnek sistem analiz sonuçlarına göre beklenen %48’lik azalma ile yaklaşık olarak uygun sonuç sağlamıştır.

Kademeli olarak duvarların sistemden çıkarıldığı örnek modelde, analiz sonucu elde edilen Şekil 5.4’deki grafik ile tam bir karşılaştırma yapılmış olduğunun görülmesi açısından;

Çizelge 6.2’de verilen toplam dolgu duvar alanı değerlerinin, kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonraki değerler olduğu ve grafik okumasının bu değerler ile yapıldığının bilinmesi faydalı olacaktır.

Periyot azalmasını, kolon alanı/toplam kat alanı açısından incelersek, Çizelge 6.2’den bu oranın 0.028 olduğu ve %53 azalma oranına karşılık geldiği görülmektedir.

Binanın yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri ise Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.235
T ₁ hesaplanan	0.507	0.235
T ₂ ölçülen	-	0.261
T ₂ hesaplanan	0.575	0.246

Çizelge 6.4 Aşçıoğlu Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.2. Bilge Apt.

Bilge Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 1989 yılında projelendirilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Kirişler iki tip olup, 20/60 cm. ve 25/60 cm.'lik dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit ve her katta 12 cm.'dir. Balkon döşemeleri ise 15 cm. kalınlıktadır. Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S220'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T_a : 0.15 sn.

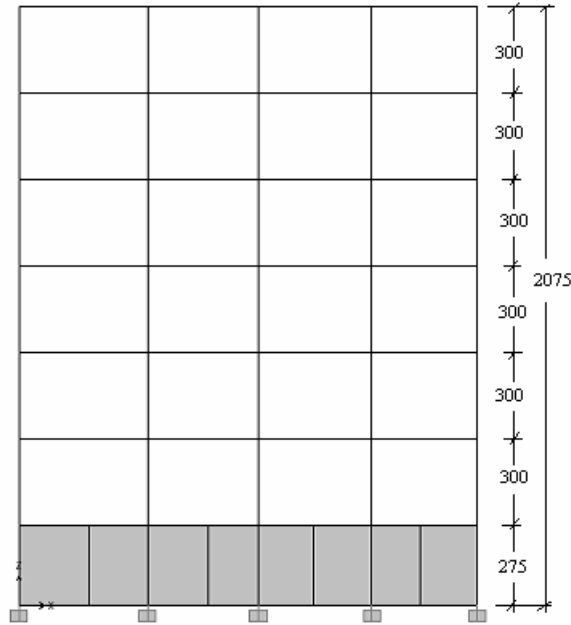
T_b : 0.40 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 4.00

:



Şekil 6.8 Bilge Apt. kat yükseklikleri

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

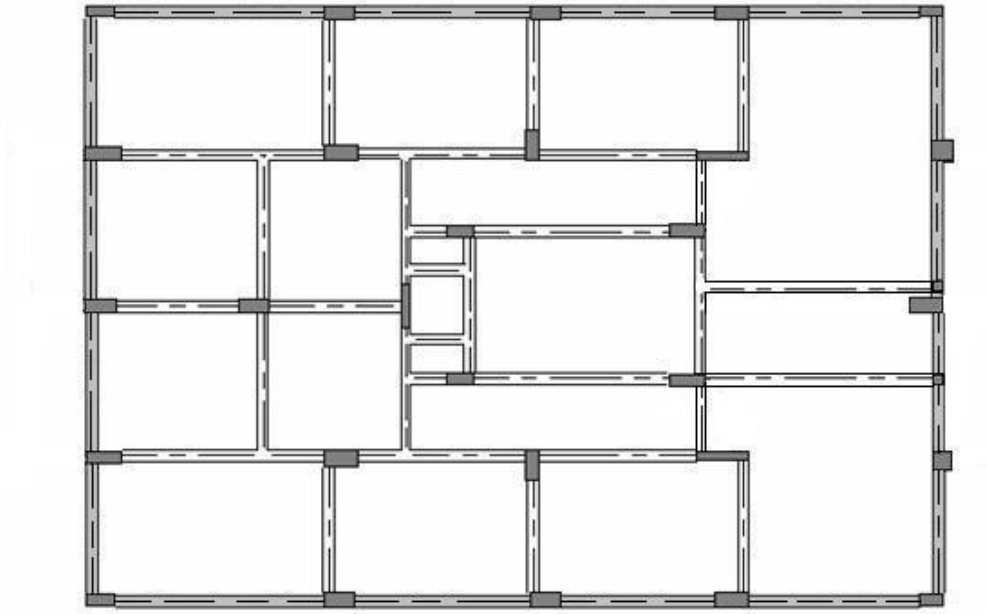
Çizelge 6.5 Bilge Apt. kolon boyutları

Şekil 6.9’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

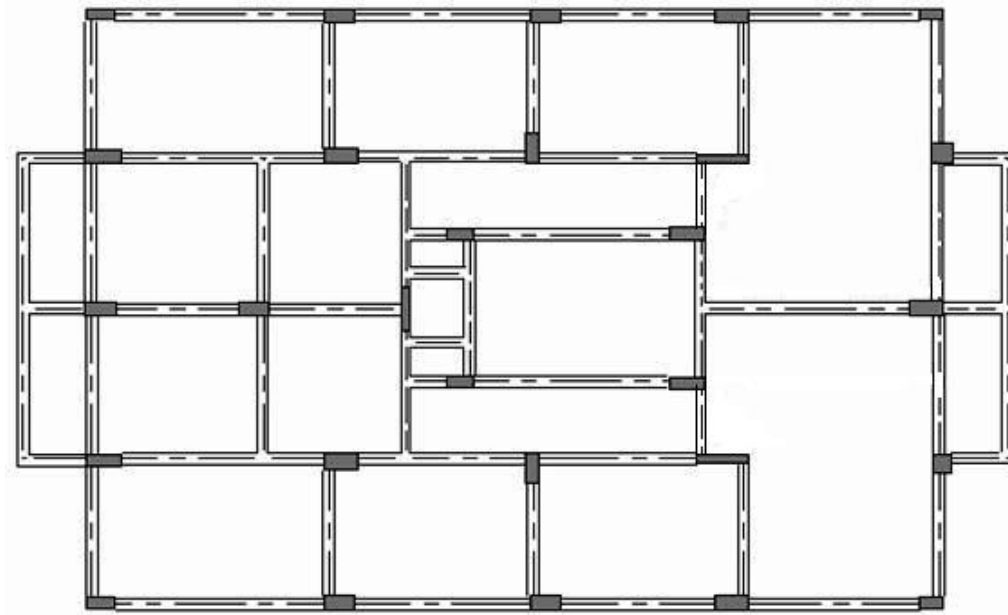


Şekil 6.9 Bilge Apt. görünüş

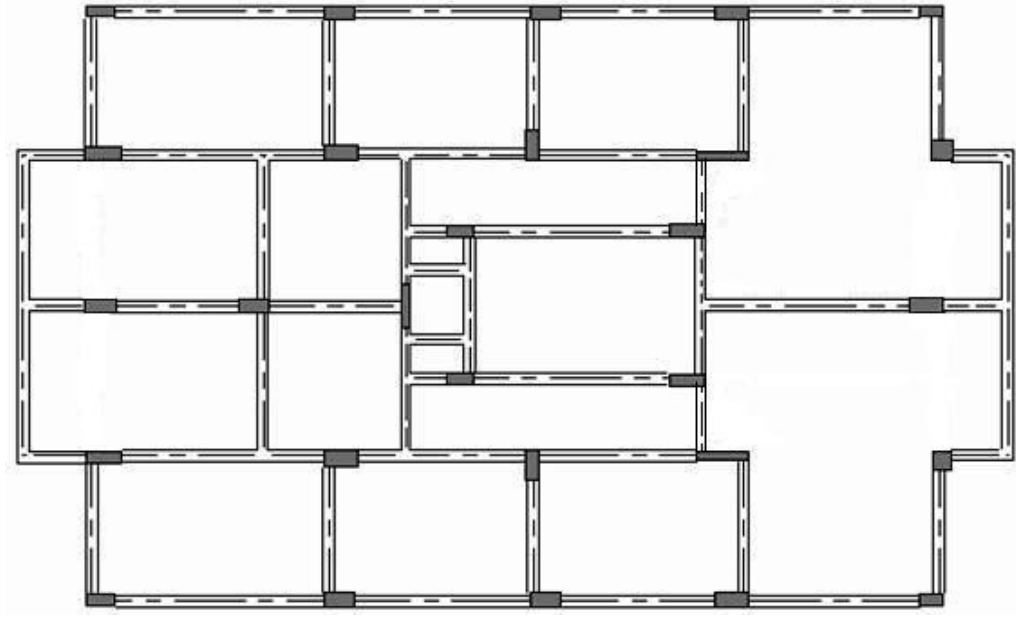
Yapının kat kalıp planları Şekil 6.10, Şekil 6.11 ve Şekil 6.12’de verilmiştir.



Şekil 6.10 Bilge Apt. bodrum kat kalıp planı

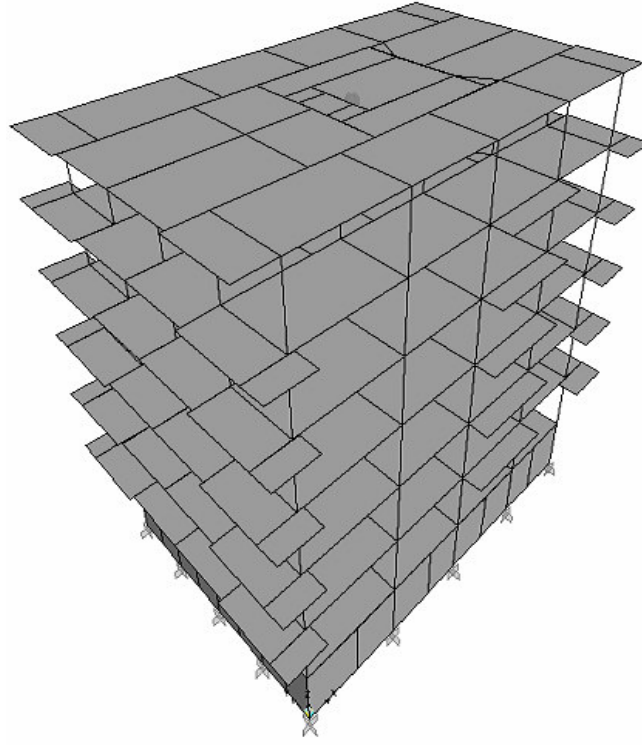


Şekil 6.11 Bilge Apt. zemin kat kalıp planı

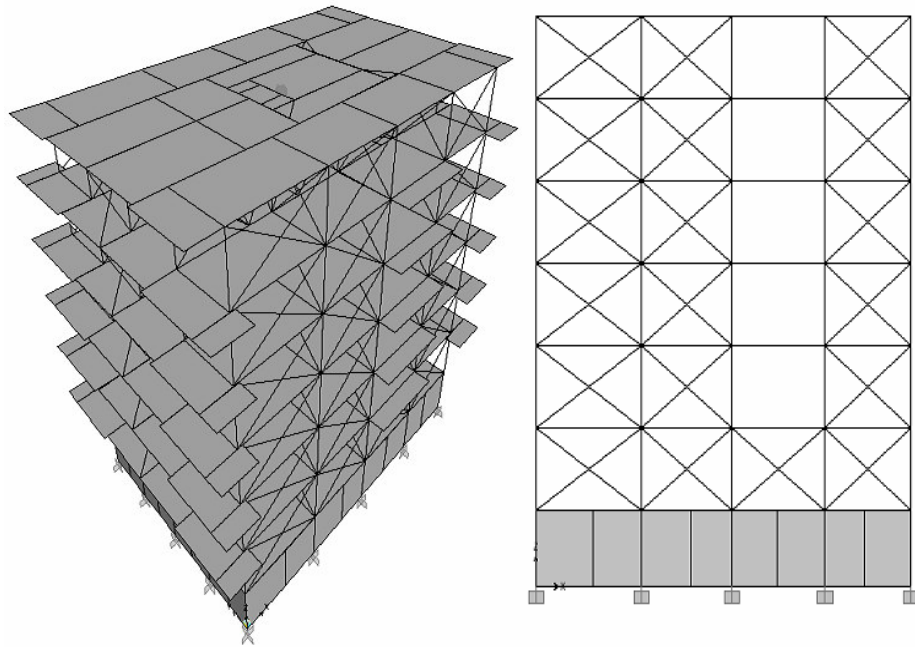


Şekil 6.12 Bilge Apt. normal kat kalıp planı

Şekil 6.13’de görülen binanın duvarsız 3 boyutlu modeli üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.14’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.13 Bilge Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.14 Bilge Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.2.1. Bilge Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.6’da verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.296	0.554	2112.09	44.24	85.42	x-x
					23.47	y-y
Çıplak Çerçeve	1.064	1.493	2220.98	44.24	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.6 Bilge Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Boşluklu dolgu duvarlı modelin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucu periyotlardaki azalma oranları Çizelge 6.7’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.296
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	72.18
T_{2d}	0.554
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	62.89

Çizelge 6.7 Bilge Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Boşluklu dolgu duvarlı durumda elde edilen x yönündeki periyodun, duvarsız model periyoduna oranla %72 oranında azalma gösterdiği görülmüştür. Buna karşılık y yönündeki periyot, duvarsız model periyoduna göre yaklaşık %63 oranında azalmıştır.

Duvar alanı/toplam kat alanı yönünden ise periyottaki %72’lik azalma oranı, beklenen %74’lük azalma oranı ile uygun sonuç vermiştir.

Beklenen azalma oranı için Şekil 5.4’deki örnek model grafik karşılaştırmasında, kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra elde edilen Çizelge 6.6’daki duvar alanları kullanılmıştır.

Periyot azalması, kolon alanı/toplam kat alanı ilişkisi açısından incelendiğinde, kolon alanı/toplam kat alanı oranının 0.021 olduğu, buna karşılık periyotta %72 oranında azalma meydana geldiği görülmektedir.

Binanın yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri ise Çizelge 6.8’de verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T_1 ölçülen	-	0.296
T_1 hesaplanan	1.064	0.296
T_2 ölçülen	-	0.400
T_2 hesaplanan	1.493	0.554

Çizelge 6.8 Bilge Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.3. Dağıstan-Kozanhan Apt.

Dağıstan-Kozanhan Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 4 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 1989 yılında projelendirilmiştir. Kirişler üç tip olup, 20/60 cm., 25/60 cm. ve 20/70 cm.'lik dikdörtgen keside sahiptir. İki tip döşeme mevcuttur. Döşeme kalınlıkları 15 cm. ve 27 cm.'dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z4

T_a : 0.20 sn.

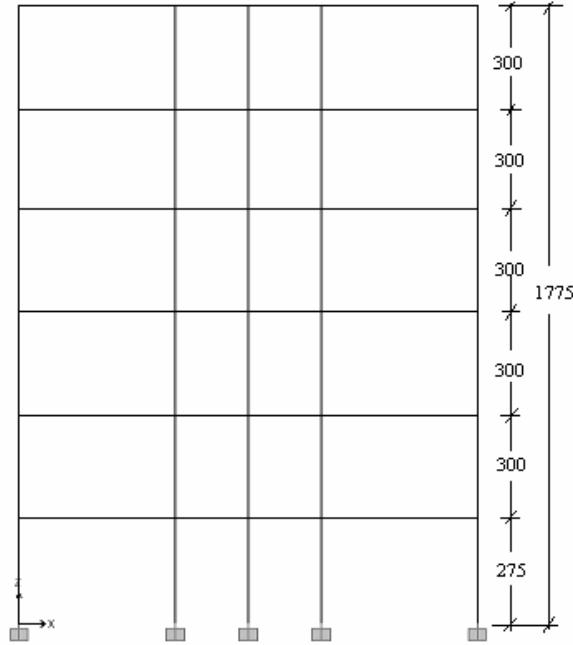
T_b : 0.90 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.20

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 7.00

:



Şekil 6.15 Dağıstan-Kozanhan Apt. kat yükseklikleri

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

Çizelge 6.9 Dağıstan-Kozanhan Apt. kolon boyutları

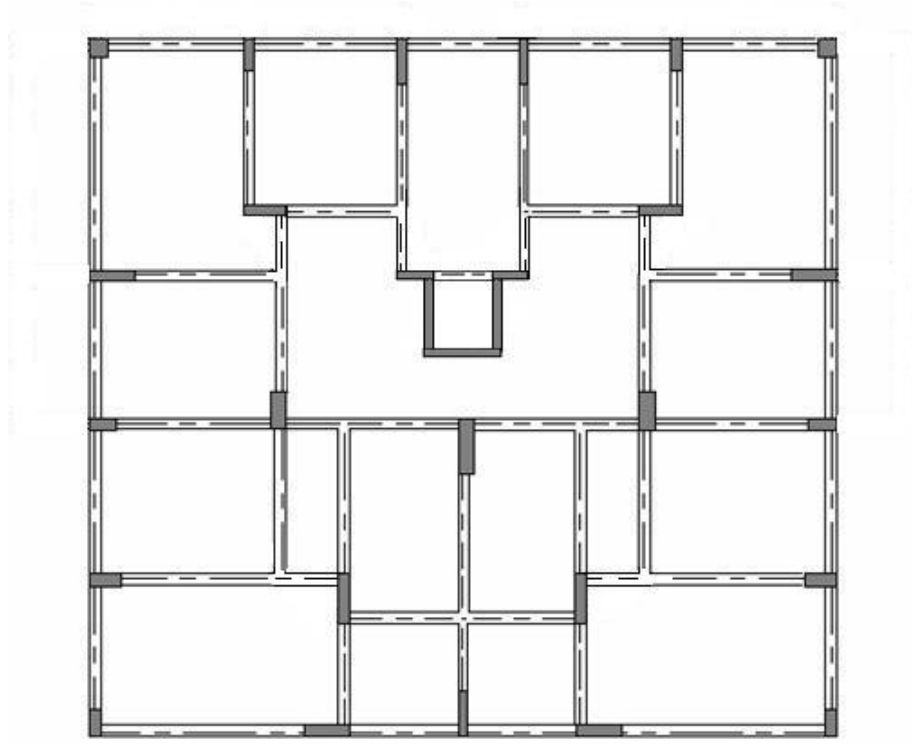
Şekil 6.16’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



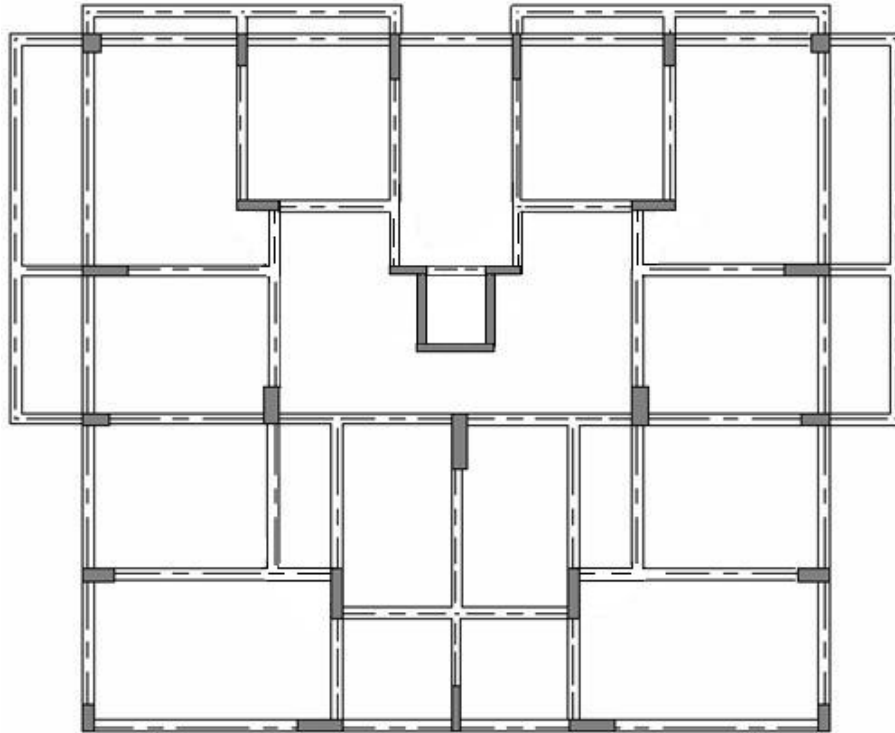
Şekil 6.16 Dağıstan-Kozanhan Apt. görünüş

Dolgu duvarların eksenel rijitlikleri önceki bölümlerde önerilen α ve β değerleri gözönüne alınarak hesaplanıp, mekanik modele dahil edilmiştir.

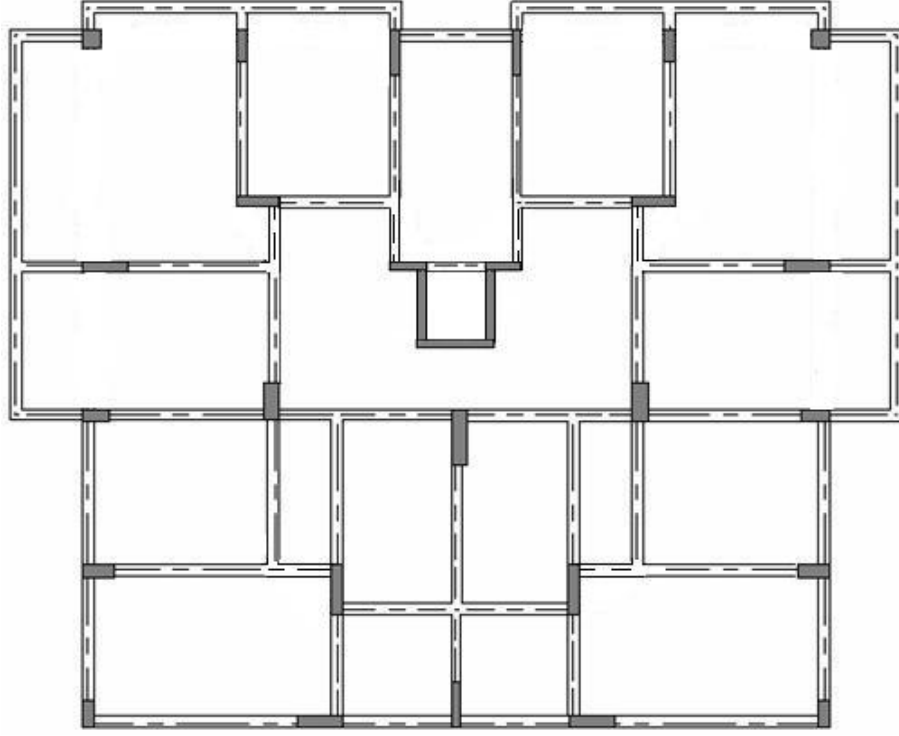
Yapının kat kalıp planları Şekil 6.17, Şekil 6.18 ve Şekil 6.19’da verilmiştir.



Şekil 6.17 Dağıstan-Kozanhan Apt. bodrum kat kalıp planı

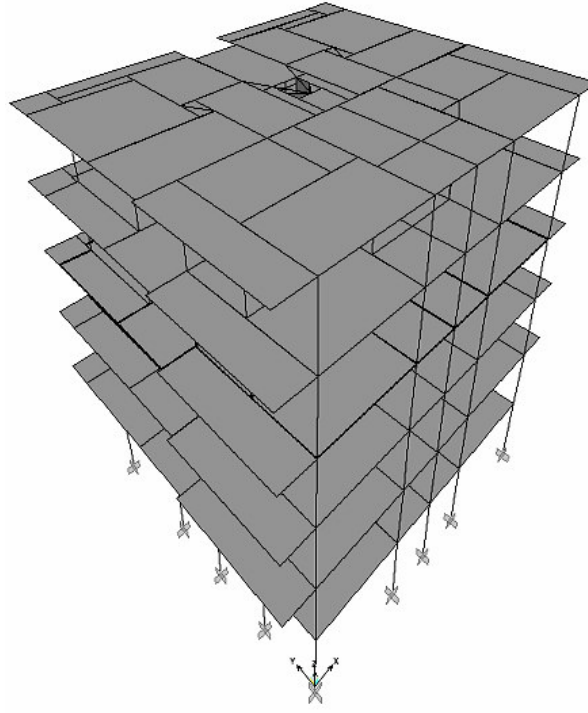


Şekil 6.18 Dağıstan-Kozanhan Apt. zemin kat kalıp planı

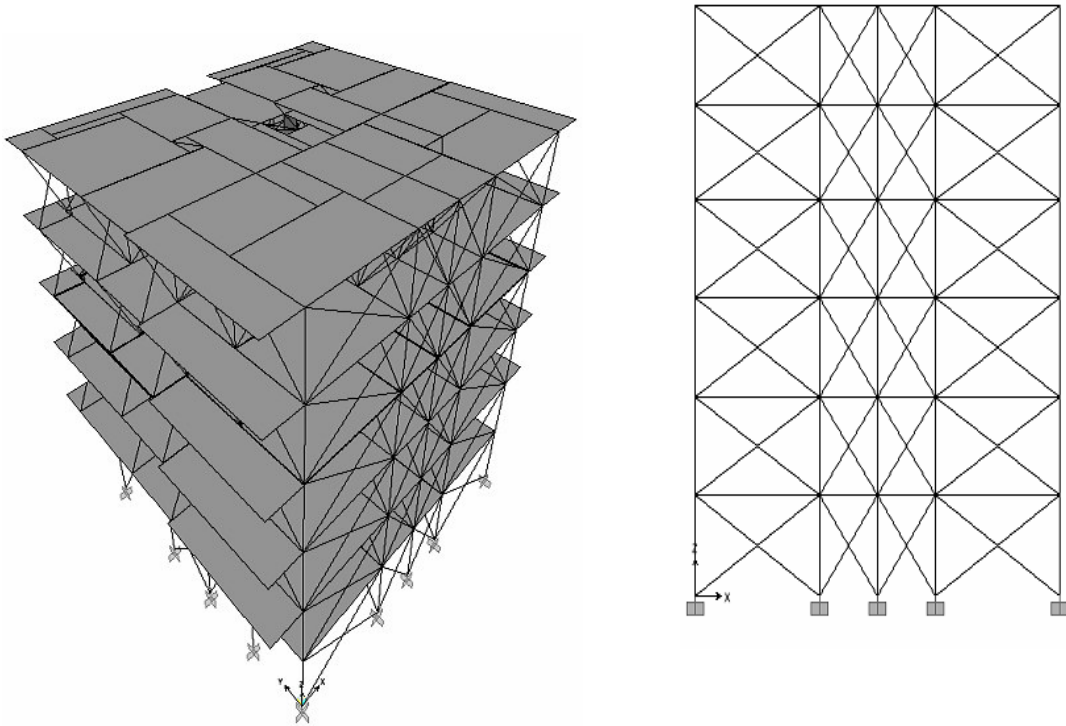


Şekil 6.19 Dağıstan-Kozanhan Apt. normal kat kalıp planı

Şekil 6.20’de binanın duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır.Duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.21’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.20 Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.21 Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.3.1. Dağıstan-Kozanhan Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.10’da verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.276	0.394	1720.77	37.93	63.17	x-x
					44.40	y-y
Çıplak Çerçeve	0.970	0.894	1828.34	37.93	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.10 Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Boşluklu dolgu duvarlı modelin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucu periyot azalma oranları Çizelge 6.11’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.276
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	71.55
T_{2d}	0.394
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	55.93

Çizelge 6.11 Dağıstan-Kozanhan Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot ilişkisi açısından %71’lik bu azalma , beklenen %69 oranındaki azalmaya uygundur.

Örnek sistem analiz sonucu ile karşılaştırılarak elde edilen beklenen azalma oranı, mevcut kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra elde edilen Çizelge 6.10’daki duvar alanları kullanılarak bulunmuştur.

Periyot azalması, kolon alanı/toplam kat alanı oranı 0.022 mertebesinde iken %71 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 6.12’de binanın yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.276
T ₁ hesaplanan	0.970	0.276
T ₂ ölçülen	-	0.286
T ₂ hesaplanan	0.894	0.394

Çizelge 6.12 Dağıstan-Kozanhan Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.4. Enver Parlak Apt.

Enver Parlak Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 2000 yılında projelendirilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Tüm kirişler yüksekliği 60 cm., genişliği 25 cm. olan dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.'dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C25, beton çeliği sınıfı S420'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z2

T_a : 0.15 sn.

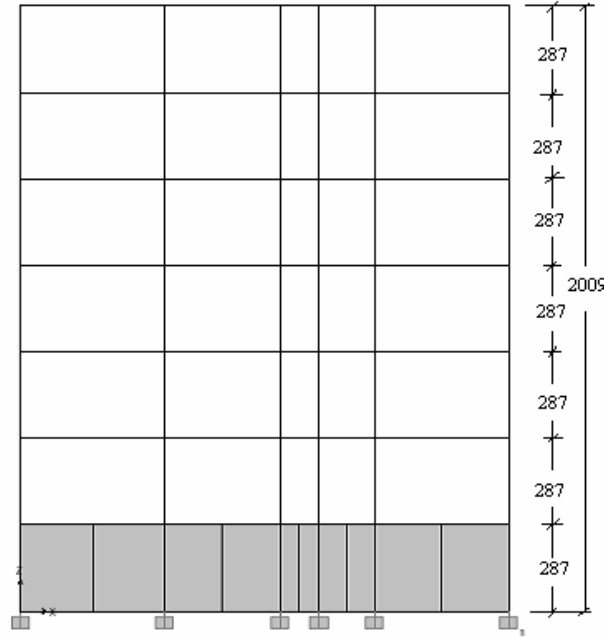
T_b : 0.40 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

:



Şekil 6.22 Enver Parlak Apt. kat yükseklikleri

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

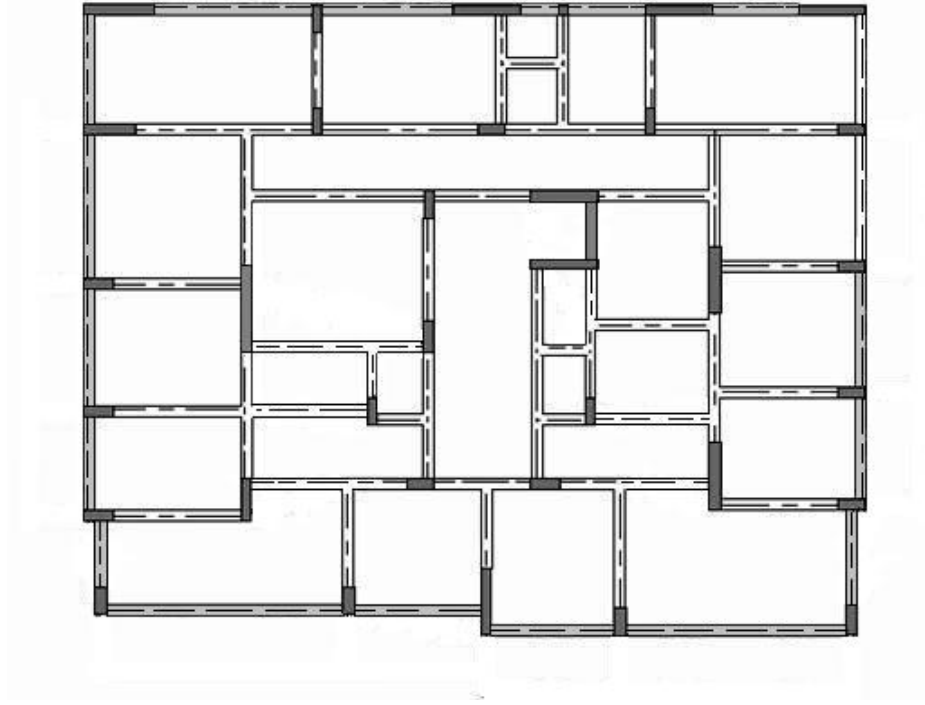
Çizelge 6.13 Enver Parlak Apt. kolon boyutları

Şekil 6.23’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

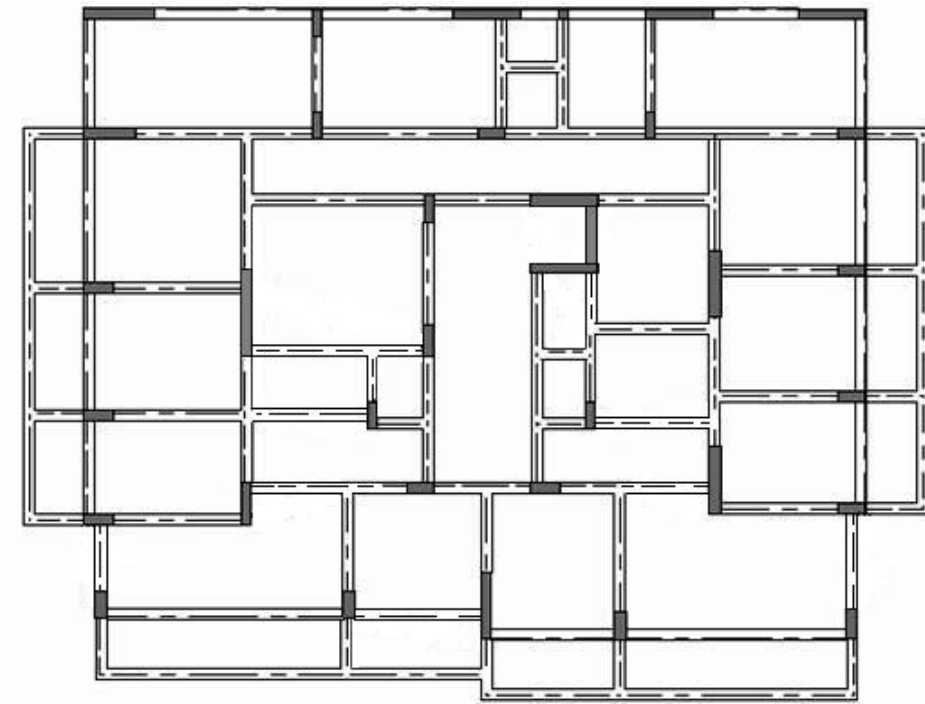


Şekil 6.23 Enver Parlak Apt. görünüş

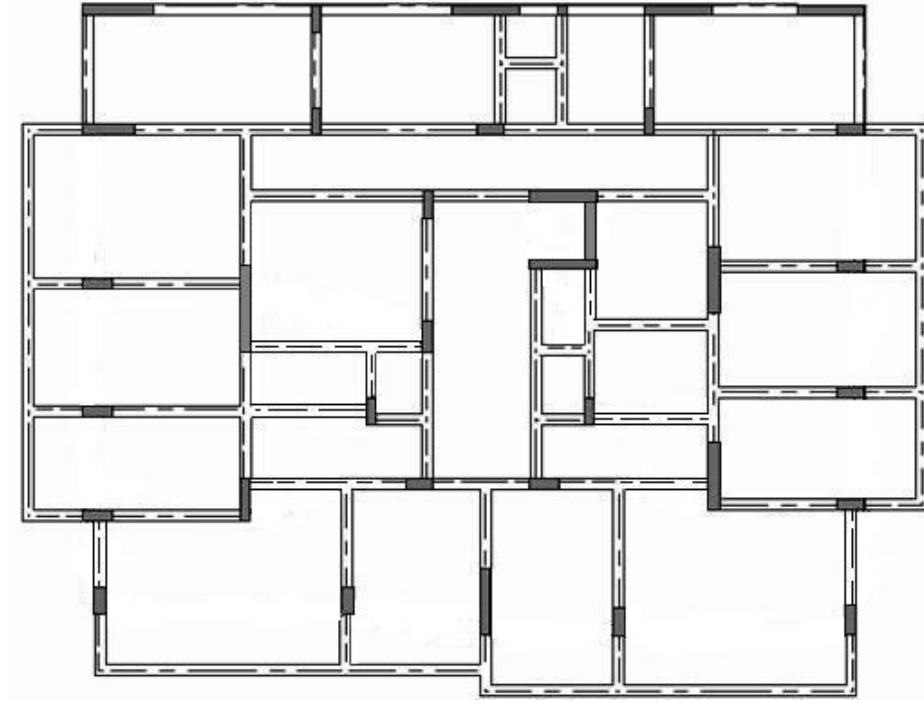
Yapının kat kalıp planları Şekil 6.24, Şekil 6.25 ve Şekil 6.26’da verilmiştir.



Şekil 6.24 Enver Parlak Apt. bodrum kat kalıp planı

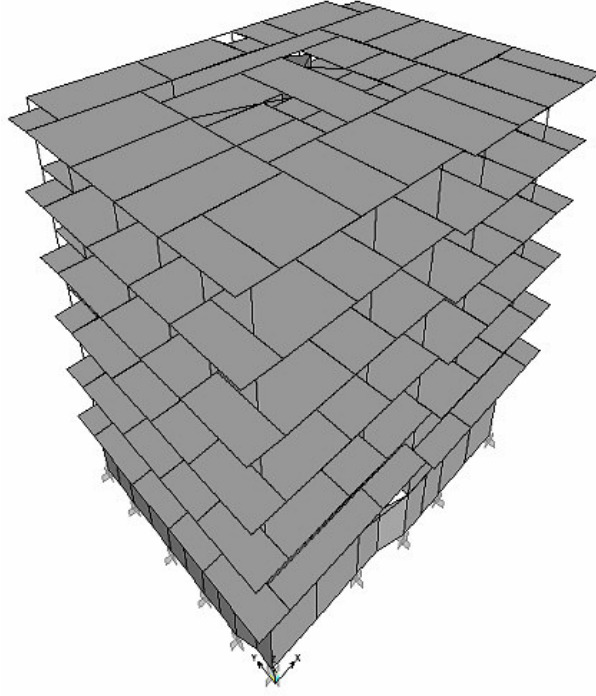


Şekil 6.25 Enver Parlak Apt. zemin kat kalıp planı

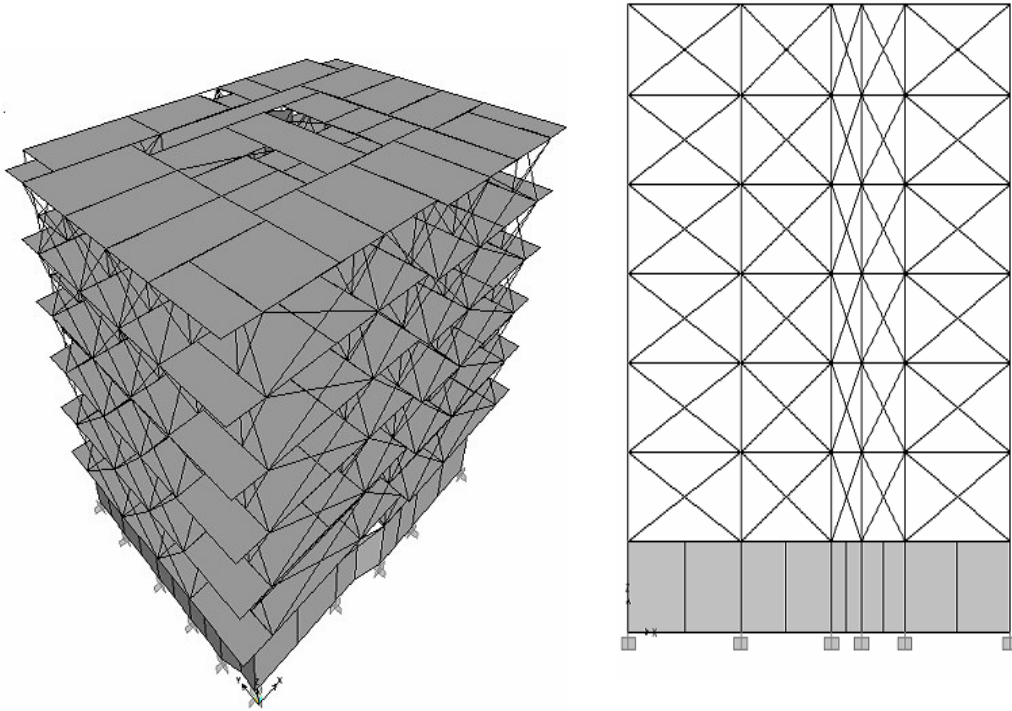


Şekil 6.26 Enver Parlak Apt. normal kat kalıp planı

Şekil 6.27’de görülen binanın duvarsız 3 boyutlu modeli üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.28’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.27 Enver Parlak Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.28 Enver Parlak Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.4.1. Enver Parlak Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.14’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.320	0.480	2457.32	75.83	99.51	x-x
					65.10	y-y
Çıplak Çerçeve	1.131	1.247	2621.93	75.83	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.14 Enver Parlak Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Dolgu duvarlı model periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucu periyotlardaki azalma oranları Çizelge 6.15’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.320
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	71.71
T_{2d}	0.480
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	61.51

Çizelge 6.15 Enver Parlak Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanının toplam kat alanına oranı ile periyot azalma oranı ilişkisi açısından incelendiğinde %72’lik azalma oranı, beklenen azalma oranı olan %74 ile uygun sonuç vermektedir.

Beklenen azalma oranı için Şekil 5.4’deki örnek model grafik karşılaştırmasında, kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra elde edilen Çizelge 6.14’deki duvar alanları kullanılmıştır.

Periyot azalması, kolon alanı/toplam kat alanı ilişkisi açısından incelendiğinde, kolon alanı/toplam kat alanı oranı 0.031 iken, azalma oranı %72 olmuştur.

Yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri Çizelge 6.16’da verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.320
T ₁ hesaplanan	1.131	0.320
T ₂ ölçülen	-	0.275
T ₂ hesaplanan	1.247	0.480

Çizelge 6.16 Enver Parlak Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.5. Koçyigit Apt.

Koçyigit Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 4 normal kattan oluşmaktadırdır. Yapı 2000 yılında projelendirilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Tüm kirişler yüksekliği 60 cm., genişliği 25 cm. olan dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.'dir. Balkon döşemeleri ise 15 cm. kalınlıktadır. Kullanılan betonun beton sınıfı C30, beton çeliği sınıfı S420'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T_a : 0.15 sn.

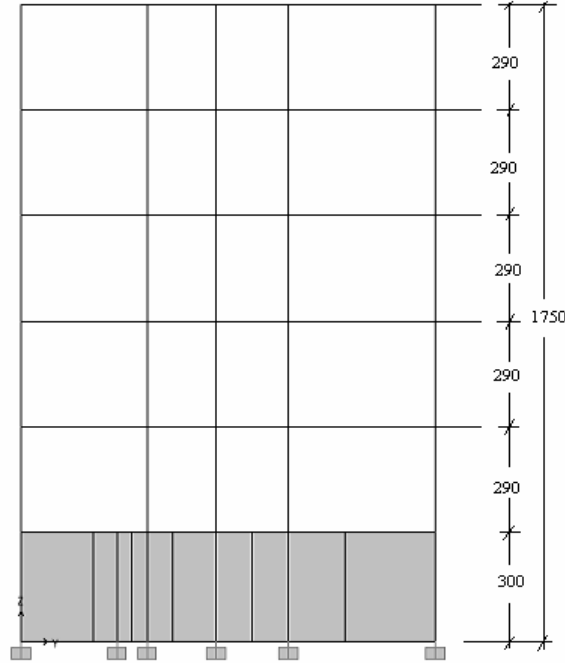
T_b : 0.60 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 7.00

:



şekil 6.29 Koçyigit Apt. kat yükseklikleri

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

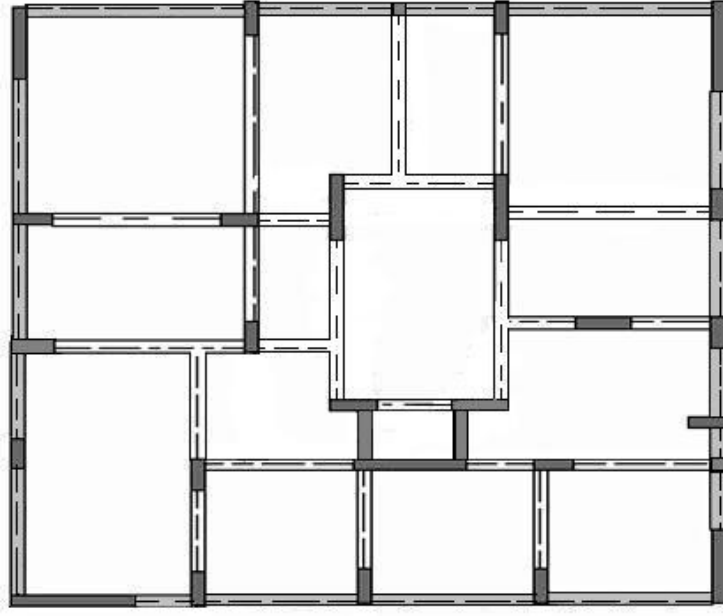
Çizelge 6.17 Koçyiğit Apt. kolon boyutları

Şekil 6.30'da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

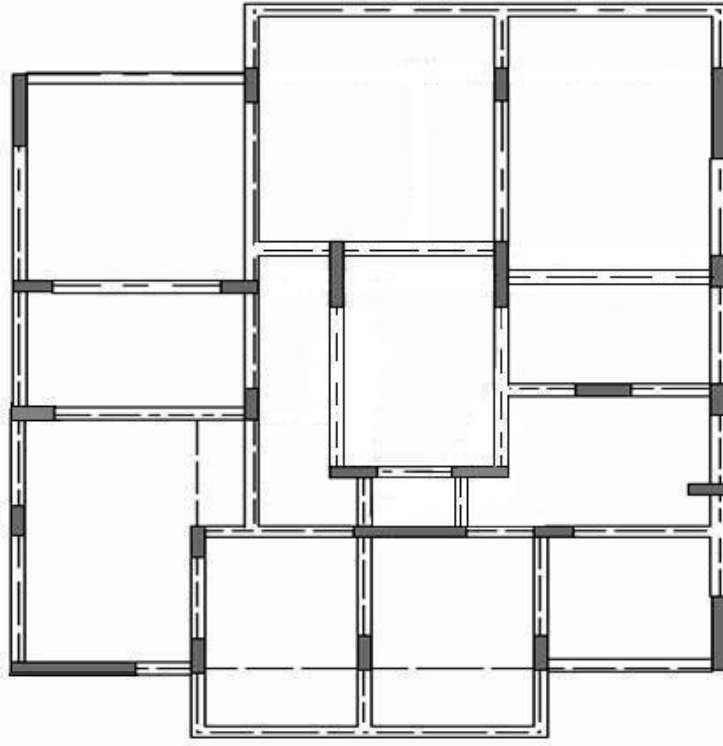


Şekil 6.30 Koçyiğit Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.31 ve Şekil 6.32'de verilmiştir.

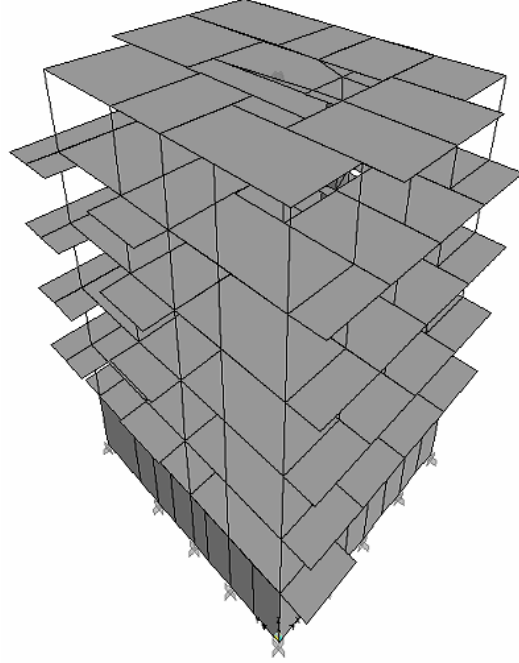


Şekil 6.31 Koçyigit Apt. bodrum kat kalıp planı

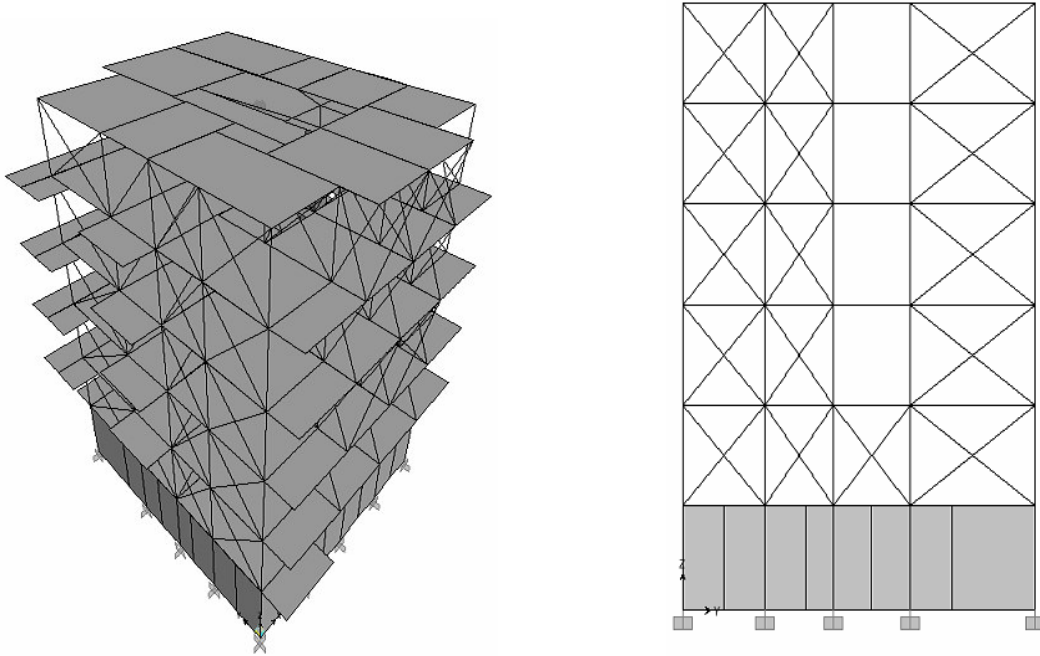


Şekil 6.32 Koçyigit Apt. zemin ve normal kat kalıp planı

Şekil 6.33’de binanın duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır. Duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.34’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.33 Koçyiğit Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.34 Koçyiğit Apt. duvarlı modelinin y-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.5.1. Koçyiğit Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.18’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.209	0.154	1176.23	48.10	16.81	x-x
					36.90	y-y
Çıplak Çerçeve	0.259	0.225	1229.94	48.10	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.18 Koçyiğit Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Boşluklu dolgu duvarlı modelin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması ile elde edilen periyot azalma oranları Çizelge 6.19’da verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.209
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	19.30
T_{2d}	0.154
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	31.55

Çizelge 6.19 Koçyiğit Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Örnek sistemde Çizelge 5.3’de ifade edilen duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı değerleri açısından sonuçlar incelendiğinde, %20’lik periyot azalmasının beklenen %23’lük azalma oranına yakın sonuç verdiği görülmektedir.

Örnek sistem analiz sonucu ile karşılaştırılarak elde edilen beklenen azalma oranı, mevcut kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra elde edilen Çizelge 6.18’deki duvar alanları kullanılarak bulunmuştur.

Periyot azalmasını, kolon alanı ve kat alanı ilişkisi açısından incelersek, %20 periyot azalma oranına karşılık, kolon alanı/toplam kat alanı oranının 0.041 olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.20’de ise yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.209
T ₁ hesaplanan	0.259	0.209
T ₂ ölçülen	-	0.193
T ₂ hesaplanan	0.225	0.154

Çizelge 6.20 Koçyiğit Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.6. Nezih Apt.

Nezih Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 1996 yılında projelendirilmiştir. Kirişler iki tip olup, 20/60 cm. ve 25/60 cm.'lik dikdörtgen keside sahiptir. İki tip döşeme mevcuttur. Döşeme kalınlıkları 12 cm. ve 35 cm.'dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S220'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T_a : 0.15 sn.

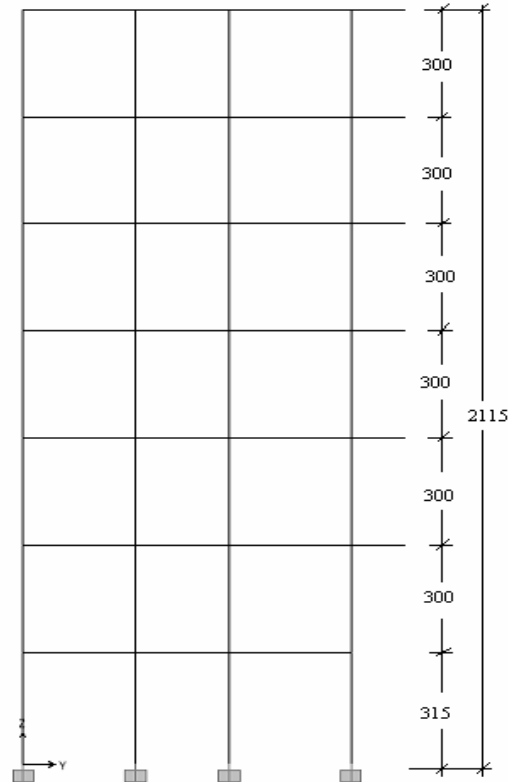
T_b : 0.60 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 4.00

:



Şekil 6.35 Nezih Apt. kat yükseklikleri

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

Çizelge 6.21 Nezih Apt. kolon boyutları

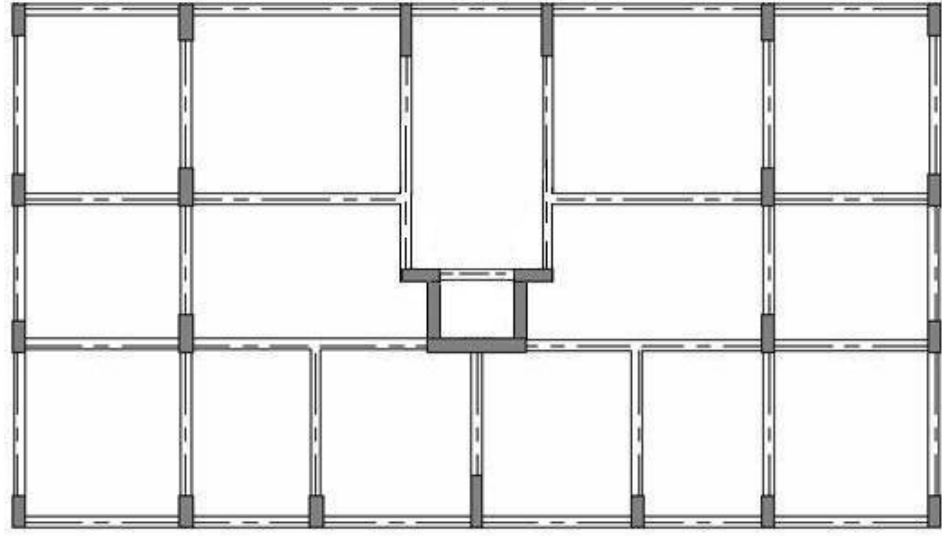
Şekil 6.36’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



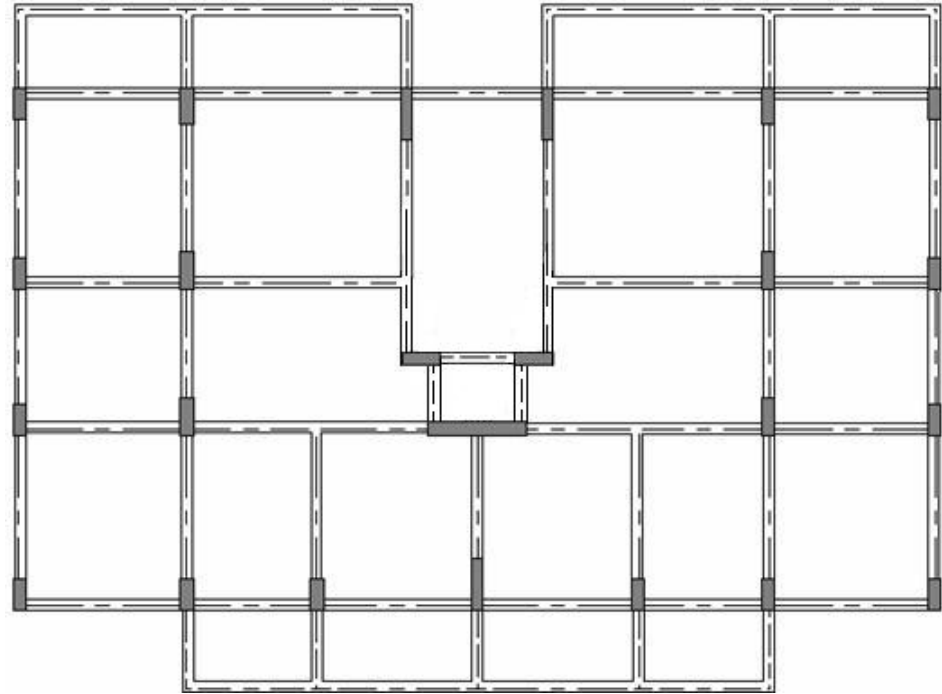
Şekil 6.36 Nezih Apt. görünüş

Dolgu duvarların aksenal rijitlikleri önceki bölümlerde önerilen α ve β değerleri gözönüne alınarak hesaplanıp, mekanik modele dahil edilmiştir.

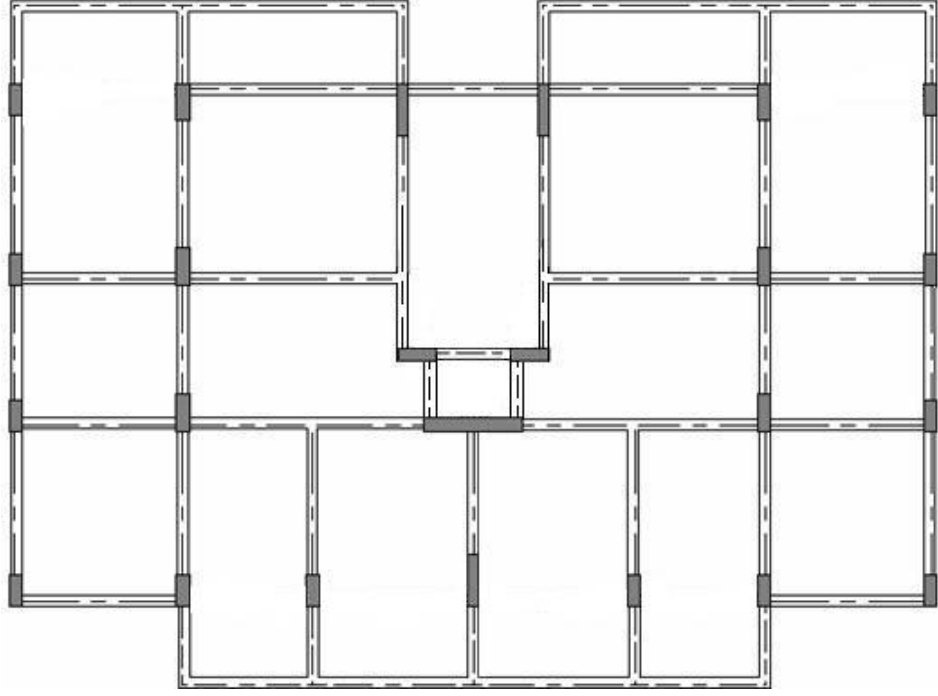
Yapının kat kalıp planları Şekil 6.37, Şekil 6.38 ve Şekil 6.39’da verilmiştir.



Şekil 6.37 Nezih Apt. bodrum kat kalıp planı

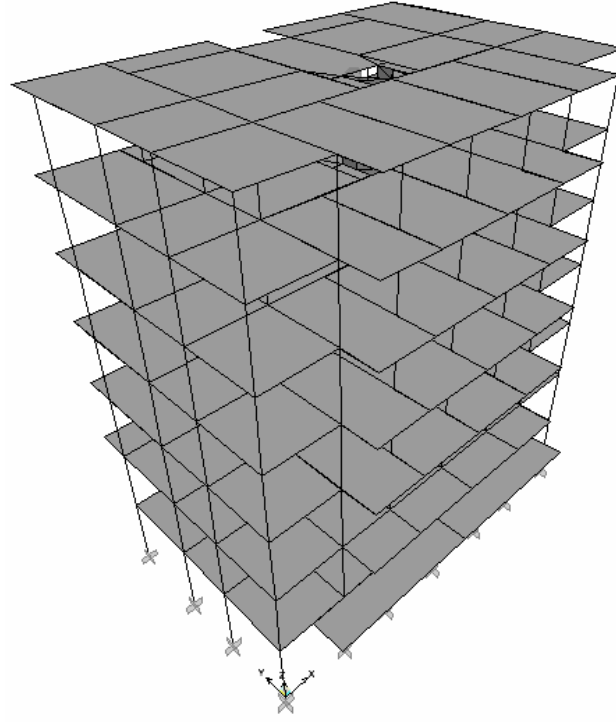


Şekil 6.38 Nezih Apt. zemin kat kalıp planı

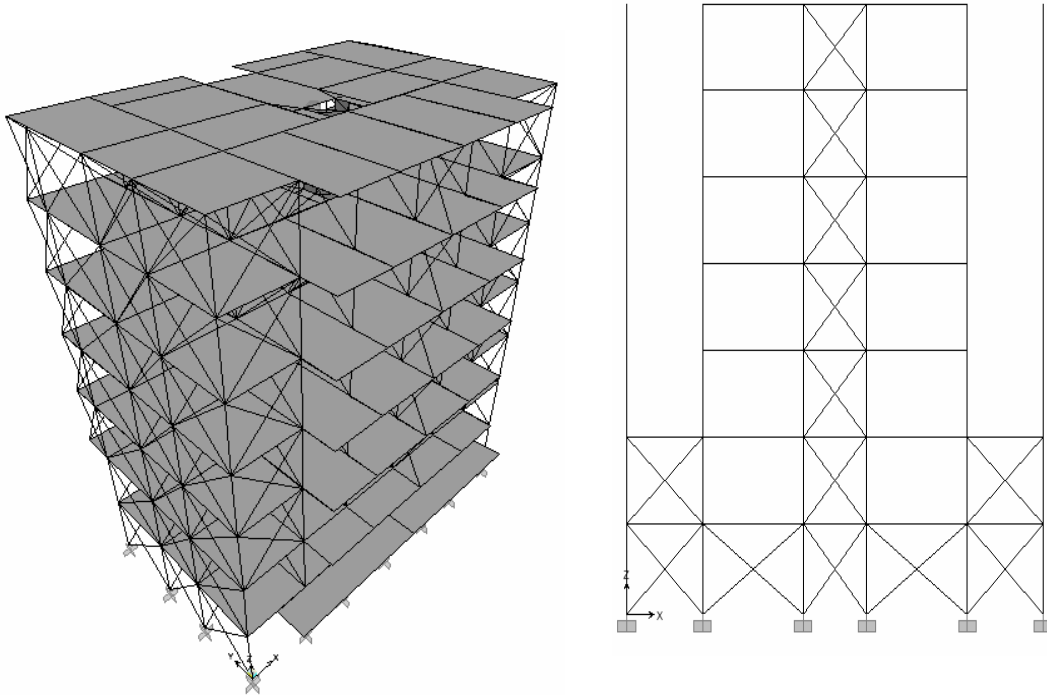


Şekil 6.39 Nezih Apt. normal kat kalıp planı

Şekil 6.40'da görülen binanın duvarsız 3 boyutlu görüntüsü üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.41'deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.40 Nezih Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.41 Nezih Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.6.1. Nezih Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.22’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.333	0.233	1347.87	34.78	37.44	x-x
					53.57	y-y
Çıplak Çerçeve	0.561	0.367	1438.88	34.78	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.22 Nezih Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Dolgu duvarlı modelin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması ile elde edilen periyot azalma oranları Çizelge 6.23’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.333
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	40.64
T_{2d}	0.233
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	36.51

Çizelge 6.23 Nezih Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanının toplam kat alanına oranı ile periyot azalma oranı ilişkisi açısından incelendiğinde, periyotta yaklaşık %54 civarında olması beklenen azalma oranı %41 olarak gerçekleşmiştir.

Örnek model grafik karşılaştırmasında, kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra hesaplanan Çizelge 6.22’deki duvar alanları kullanılarak beklenen azalma oranı elde edilmiştir.

Periyot azalması, kolon alanı/toplam kat alanı ilişkisi açısından incelendiğinde, kolon alanı/toplam kat alanı oranı 0.026 iken, azalma oranı %41 olmuştur.

Yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri Çizelge 6.24’de verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.333
T ₁ hesaplanan	0.561	0.333
T ₂ ölçülen	-	0.421
T ₂ hesaplanan	0.367	0.233

Çizelge 6.24 Nezih Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.7. Özyurt Apt.

Özyurt Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 2001 yılında projelendirilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda kısmi perde mevcuttur. Tüm kirişler yüksekliği 60 cm., genişliği 25 cm. olan dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.'dir. Balkon döşemeleri ise 15 cm. kalınlıktadır. Kullanılan betonun beton sınıfı C18, beton çeliği sınıfı S420'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z4

T_a : 0.20 sn.

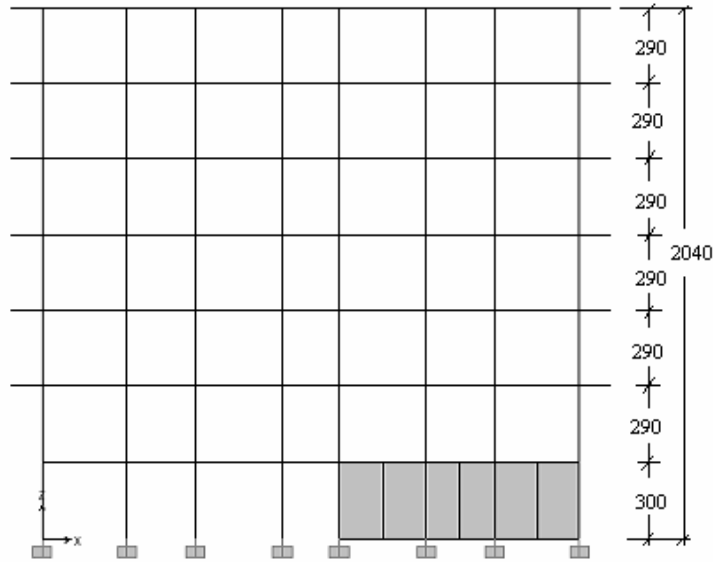
T_b : 0.90 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 7.00

:



Şekil 6.42 Özyurt Apt. kat yükseklikleri

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

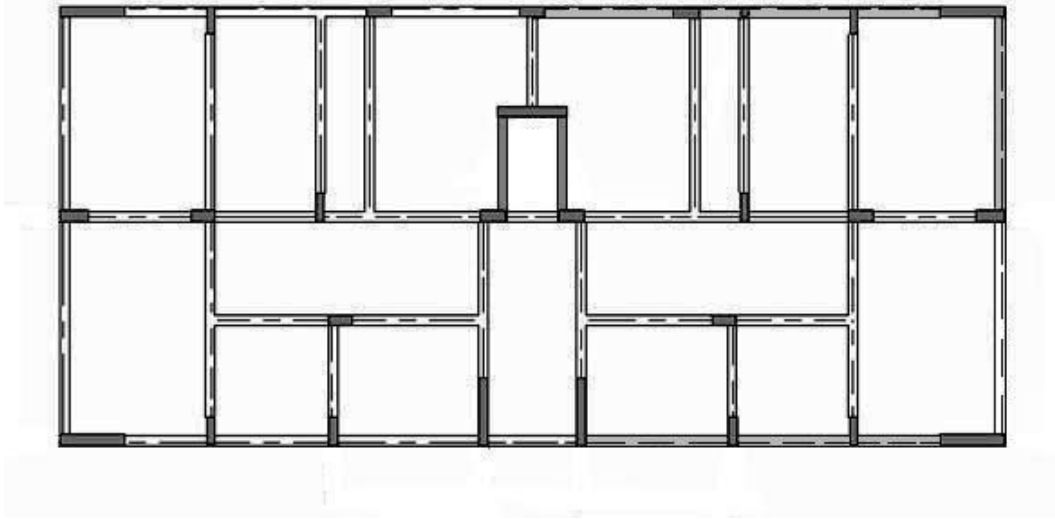
Çizelge 6.25 Özyurt Apt. kolon boyutları

Şekil 6.43’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.

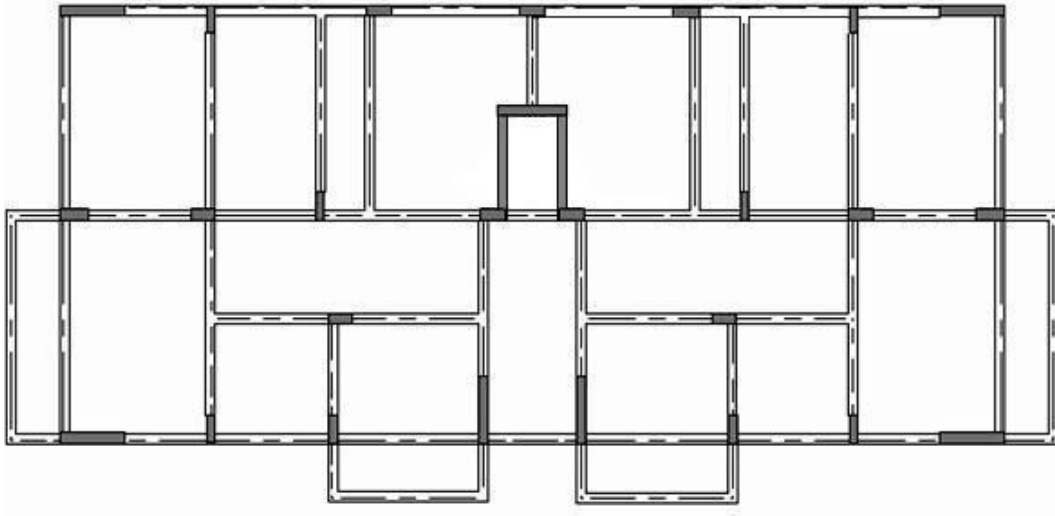


Şekil 6.43 Özyurt Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.44 ve Şekil 6.45’de verilmiştir.

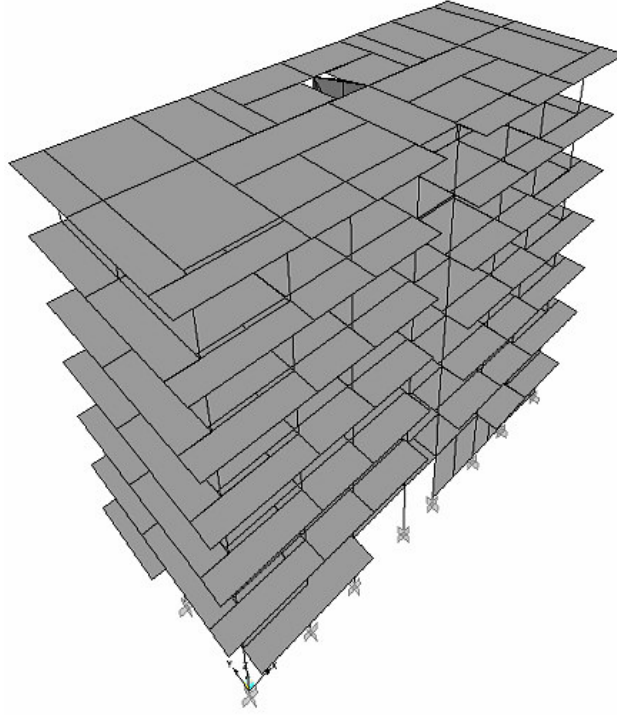


Şekil 6.44 Özyurt Apt. bodrum kat kalıp planı

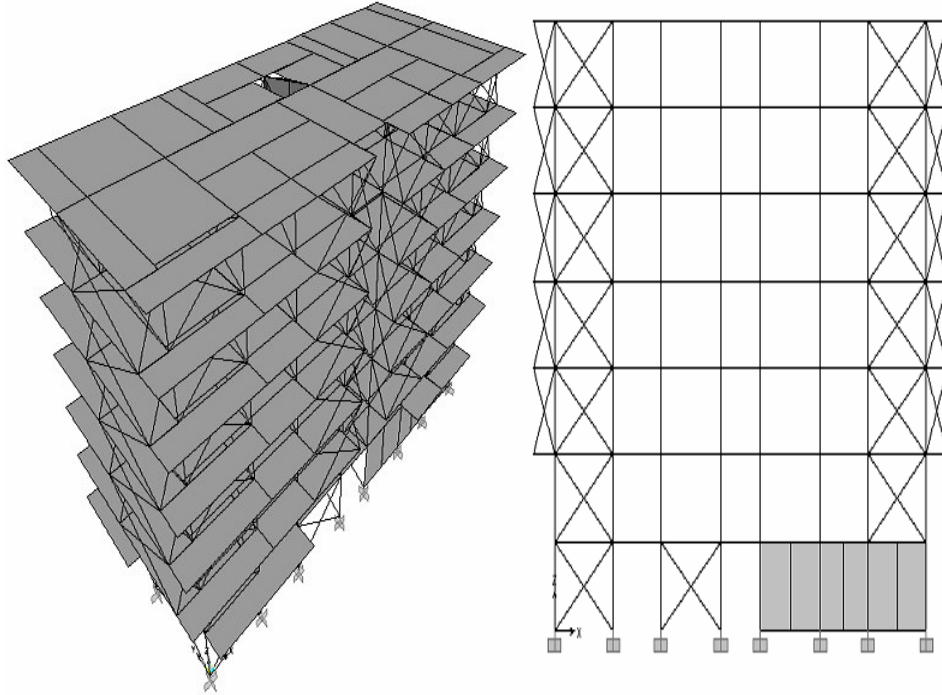


Şekil 6.45 Özyurt Apt. zemin ve normal kat kalıp planı

Şekil 6.46’da görülen binanın duvarsız 3 boyutlu görüntüsü üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.47’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.46 Özyurt Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.47 Özyurt Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.7.1. Özyurt Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.26’da verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.296	0.349	2413.17	61.25	65.37	x-x
					63.11	y-y
Çıplak Çerçeve	0.432	0.497	2541.65	61.25	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.26 Özyurt Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Dolgu duvarlı model periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucu periyotlardaki azalma oranları Çizelge 6.27’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.296
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	31.48
T_{2d}	0.349
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	29.78

Çizelge 6.27 Özyurt Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı ilişkisi açısından, periyotta yaklaşık %51 civarında olması beklenen azalma oranı %32 olarak gerçekleşmiştir.

Beklenen azalma oranı, mevcut kapı ve kapı+pencere boşlukları duvar alanından düşülerek elde edilen Çizelge 6.26’daki duvar alanları kullanılarak bulunmuş ve Şekil 5.4’deki örnek model grafik sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

%32 periyot azalması, kolon alanı/toplam kat alanı ilişkisi açısından incelendiğinde, 0.025 kolon alanı/toplam kat alanı oranına karşı gelmektedir.

Yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri Çizelge 6.28’de görülmektedir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.296
T ₁ hesaplanan	0.432	0.296
T ₂ ölçülen	-	0.440
T ₂ hesaplanan	0.497	0.349

Çizelge 6.28 Özyurt Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.8. Pembeköşk Apt.

Pembeköşk Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat, 4 normal kat ve 1 çatı katından oluşmaktadır. Yapı 2000 yılında projelendirilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Tüm kirişler yüksekliği 60 cm., genişliği 25 cm. olan dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.'dir. Balkon döşemeleri ise 15 cm. kalınlıktadır. Kullanılan betonun beton sınıfı C25, beton çeliği sınıfı S420'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z4

T_a : 0.20 sn.

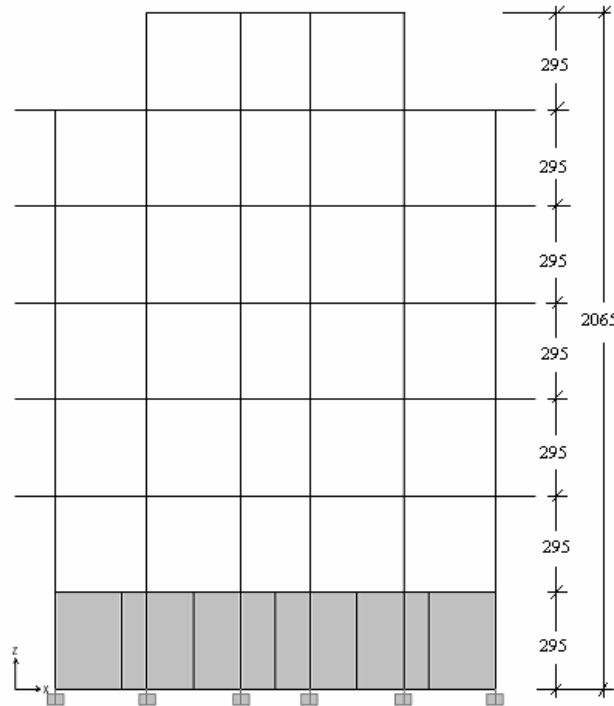
T_b : 0.90 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

:



Şekil 6.48 Pembeköşk Apt. kat yükseklikleri

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

Çizelge 6.29 Pembeköşk Apt. kolon boyutları

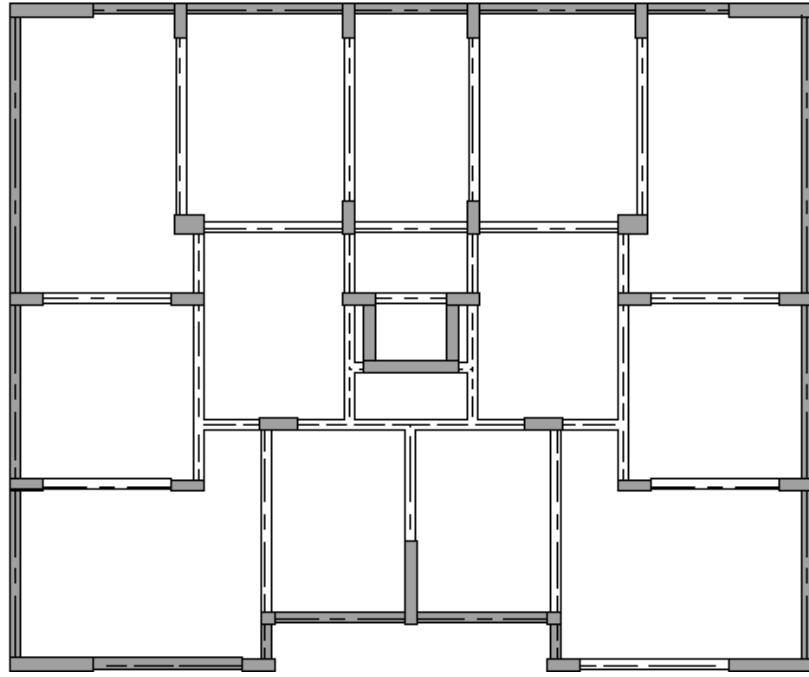
Şekil 6.49’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



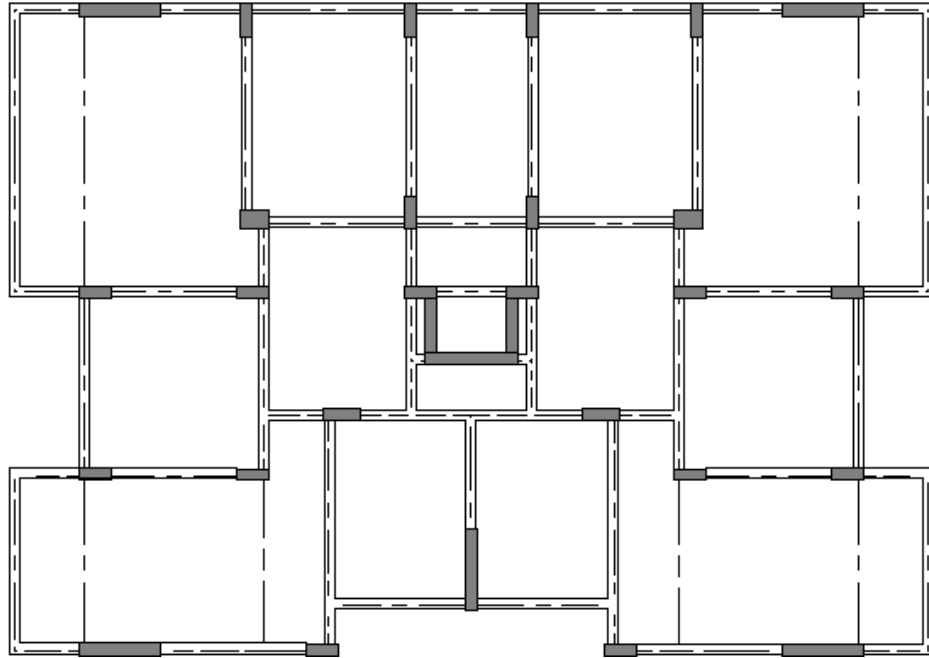
Şekil 6.49 Pembeköşk Apt. görünüş

Dolgu duvarların eksenel rijitlikleri önceki bölümlerde önerilen α ve β değerleri gözönüne alınarak hesaplanıp, mekanik modele dahil edilmiştir.

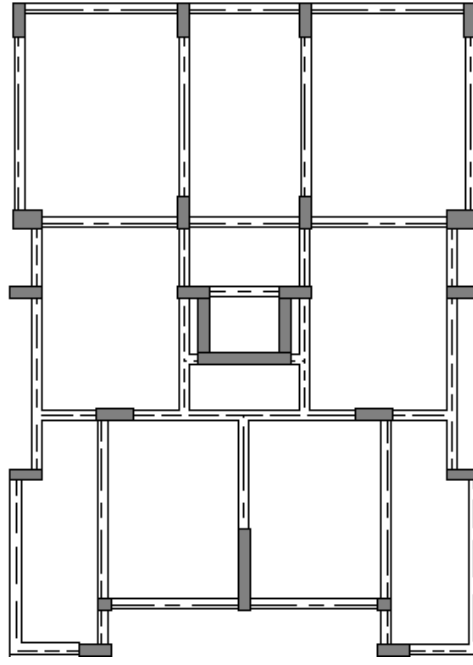
Yapının kat kalıp planları Şekil 6.50, Şekil 6.51 ve Şekil 6.52’de verilmiştir.



Şekil 6.50 Pembeköşk Apt. bodrum kat kalıp planı

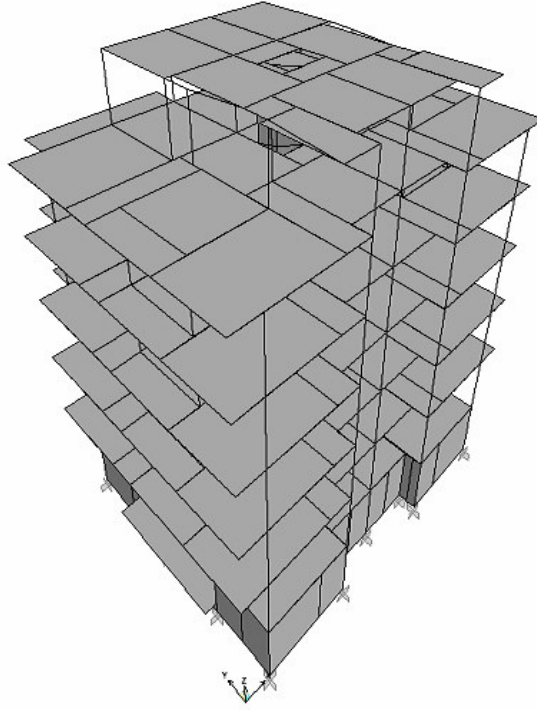


Şekil 6.51 Pembeköşk Apt. zemin ve normal kat kalıp planı

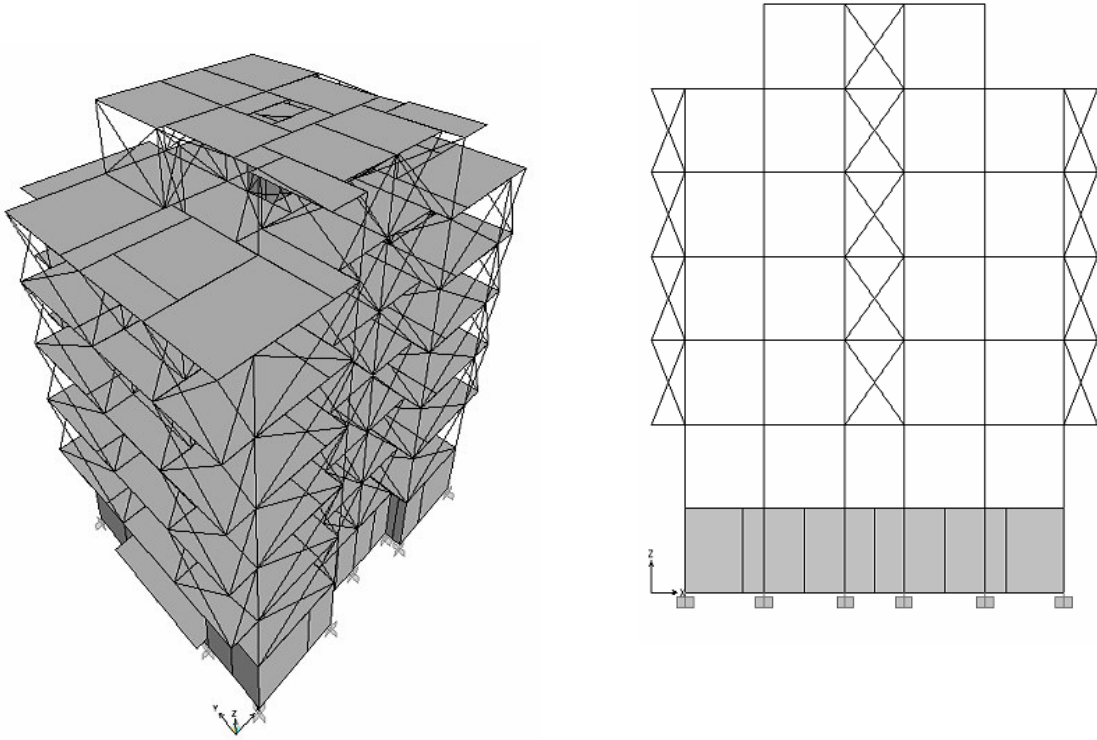


Şekil 6.52 Pembeköşk Apt. çatı kat kalıp planı

Şekil 6.53’de binanın duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır. Duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.54’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.53 Pembeköşk Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.54 Pembeköşk Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.8.1. Pembeköşk Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.30’da verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.307	0.382	1680.93	58.53	37.21	x-x
					45.91	y-y
Çıplak Çerçeve	0.661	0.811	1764.05	58.53	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.30 Pembeköşk Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Boşluklu dolgu duvarlı modelin analizi sonucu elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucundaki periyot azalma oranları Çizelge 6.31’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.307
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	53.55
T_{2d}	0.382
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	52.90

Çizelge 6.31 Pembeköşk Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanının toplam kat alanına oranı ile periyot azalma oranı ilişkisinde, periyotta yaklaşık %35 civarında olması beklenen azalma oranı %53 olarak gerçekleşmiştir.

Beklenen azalma oranı, mevcut kapı ve kapı+pencere boşluklarının duvar alanından düşülmesi sonucu Çizelge 6.30’da verilen duvar alanları kullanılarak örnek model grafik sonuçlarıyla kıyaslanmıştır.

Periyot azalması, kolon alanı ve kat alanı ilişkisi açısından incelendiğinde, %53 periyot azalma oranına karşılık, kolon alanı/toplam kat alanı oranının 0.035 olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.32’de yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.307
T ₁ hesaplanan	0.661	0.307
T ₂ ölçülen	-	0.296
T ₂ hesaplanan	0.811	0.382

Çizelge 6.32 Pembeköşk Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.9. Şahin Apt.

Şahin Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 3 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 1997 yılında projelendirilmiştir. Kirişler iki tip olup, 20/60 cm. ve 25/60 cm.'lik dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.'dir. Balkon döşemeleri ise 15 cm. kalınlıktadır. Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S220'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T_a : 0.15 sn.

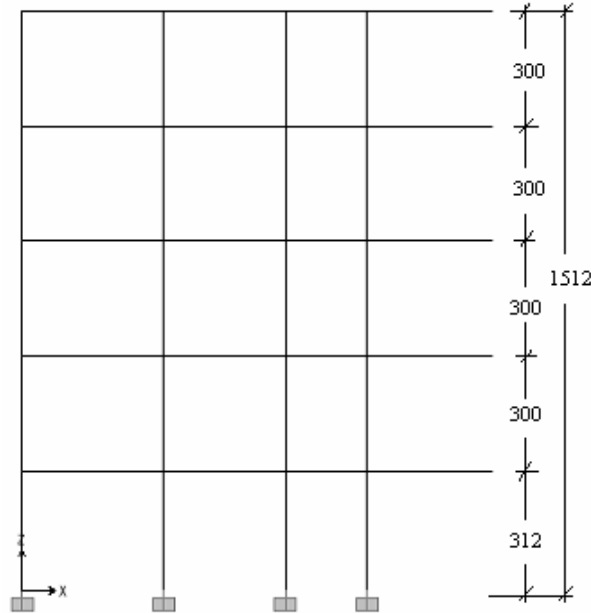
T_b : 0.60 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 4.00

:



Şekil 6.55 Şahin Apt. kat yükseklikleri

Kolon Boyutu (cm.)
20/100
20/125
20/135
20/150
25/50
25/60
25/85
50/25
60/25
70/25
70/30
90/25
110/20

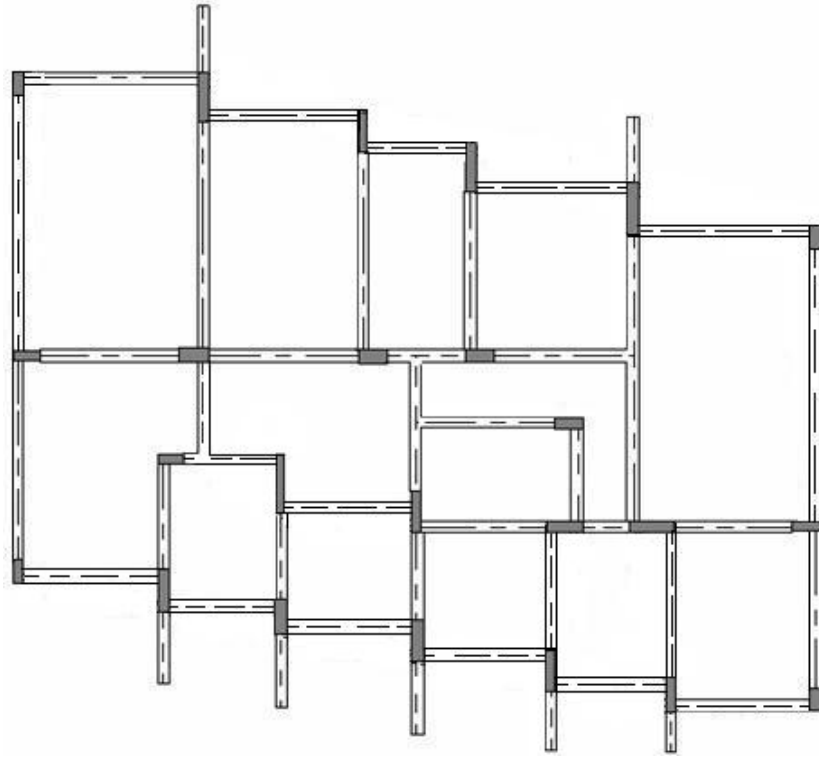
Çizelge 6.33 Şahin Apt. kolon boyutları

Şekil 6.56’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



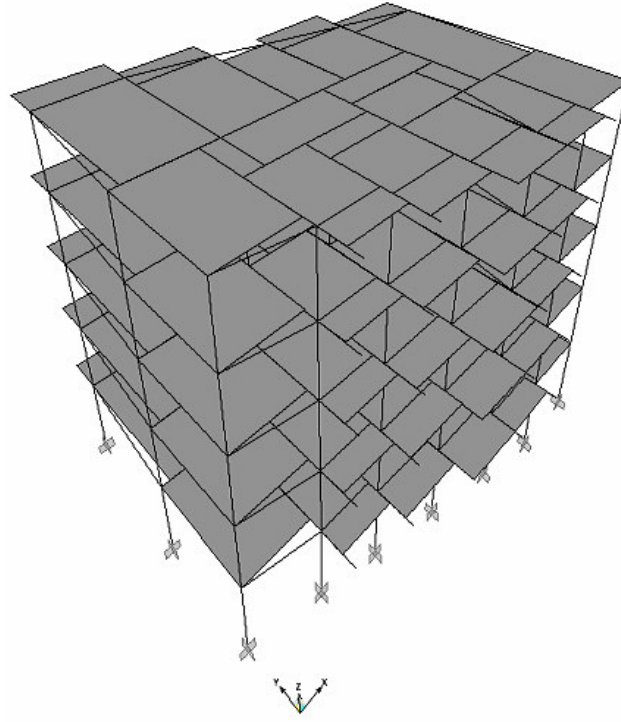
Şekil 6.56 Şahin Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planı Şekil 6.57’de verilmiştir.

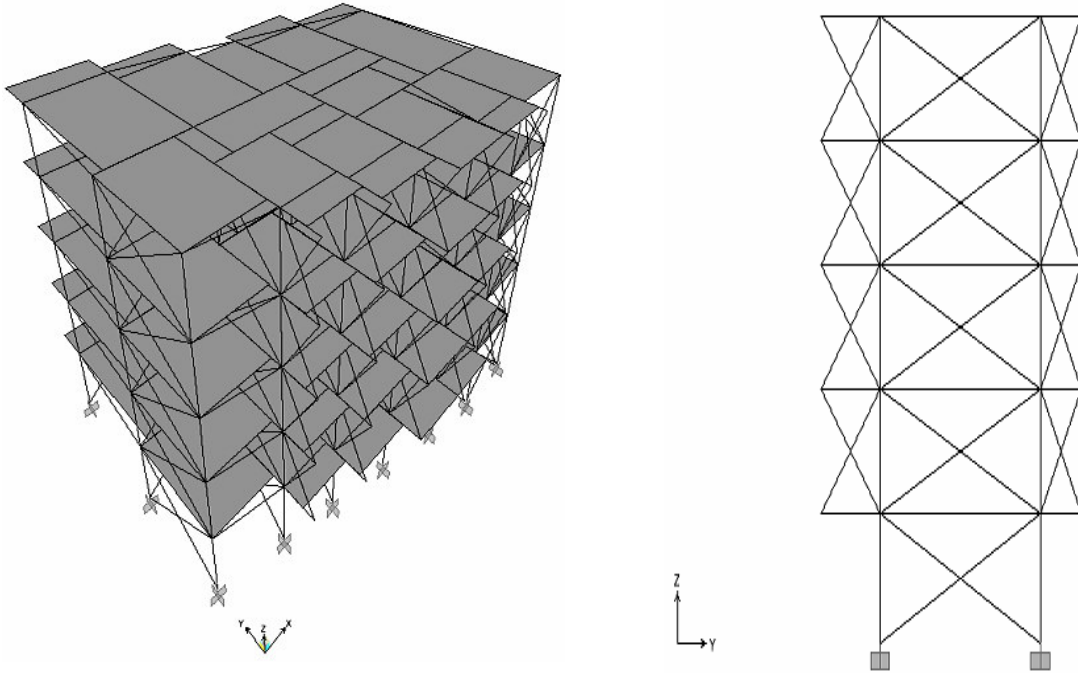


Şekil 6.57 Şahin Apt. bodrum, zemin ve normal kat kalıp planı

Binanın duvarsız 3 boyutlu görüntüsü Şekil 6.58’de verilmiştir. Bu model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.59’daki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.58 Şahin Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.59 Şahin Apt. duvarlı modelinin y-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.9.1. Şahin Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.34’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m ²)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m ²)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m ²)	
Dolgu Duvar	0.235	0.174	1381.93	23.45	24.05	x-x
					51.47	y-y
Çıplak Çerçeve	0.283	0.244	1437.45	23.45	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.34 Şahin Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Dolgu duvarlı modelin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması ile elde edilen periyot azalma oranları Çizelge 6.35’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.235
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	16.96
T_{2d}	0.174
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	28.69

Çizelge 6.35 Şahin Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı ilişkisi açısından, periyotta %27 oranında olması beklenen azalma %17 olarak gerçekleşmiştir.

Beklenen azalma oranı, kapı ve kapı+pencere boşluklarının duvar alanından düşülmesi sonucu elde edilen Çizelge 6.34’deki duvar alanları kullanılarak bulunmuş ve Şekil 5.4’deki örnek model grafik sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Periyot azalmasını, kolon alanı/toplam kat alanı ilişkisi açısından incelediğimizde, kolon alanı/toplam kat alanı oranı 0.017 iken, azalma oranı %17 olmuştur.

Çizelge 6.36’da yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.235
T ₁ hesaplanan	0.283	0.235
T ₂ ölçülen	-	0.222
T ₂ hesaplanan	0.244	0.174

Çizelge 6.36 Şahin Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.10. Şahiner Apt.

Şahiner Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 3 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 2000 yılında projelendirilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Tüm kirişler yüksekliği 60 cm., genişliği 25 cm. olan dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.'dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C30, beton çeliği sınıfı S420'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T_a : 0.15 sn.

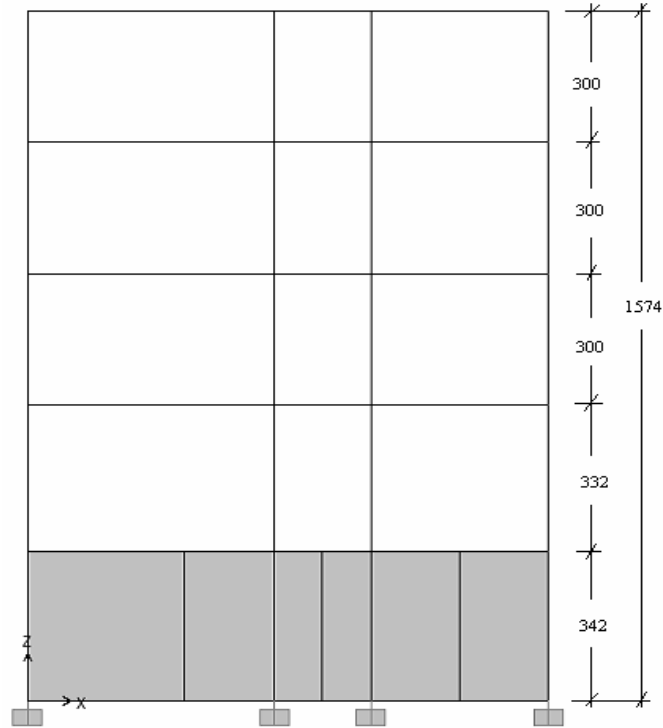
T_b : 0.60 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.80

:



Şekil 6.60 Şahiner Apt. kat yükseklikleri

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

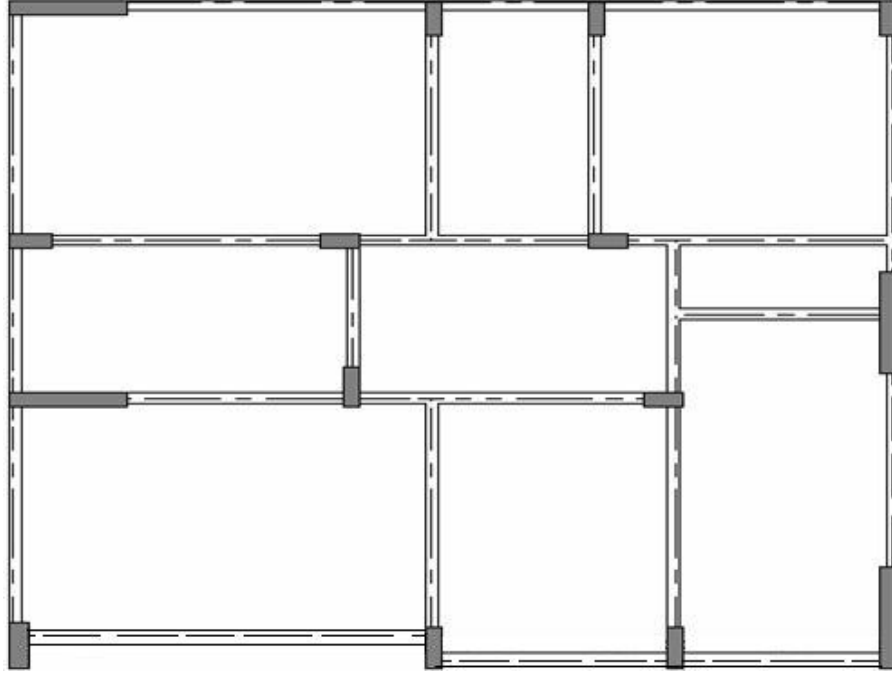
Çizelge 6.37 Şahiner Apt. kolon boyutları

Şekil 6.61’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



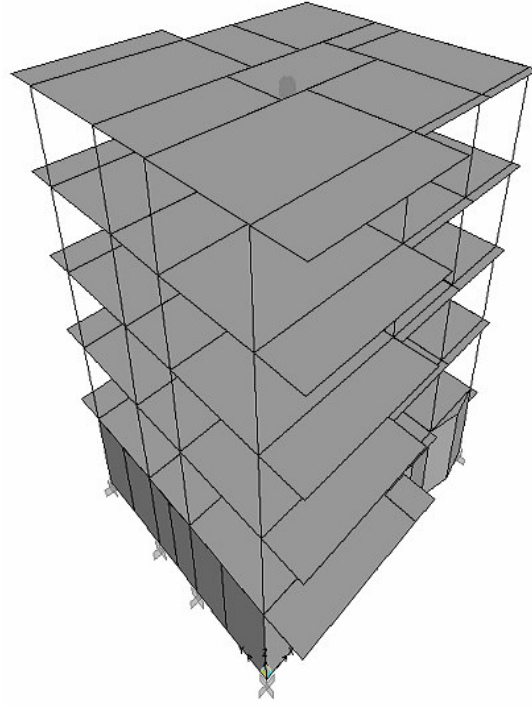
Şekil 6.61 Şahiner Apt. görünüş

Yapının kat kalıp planı Şekil 6.62’de verilmiştir.

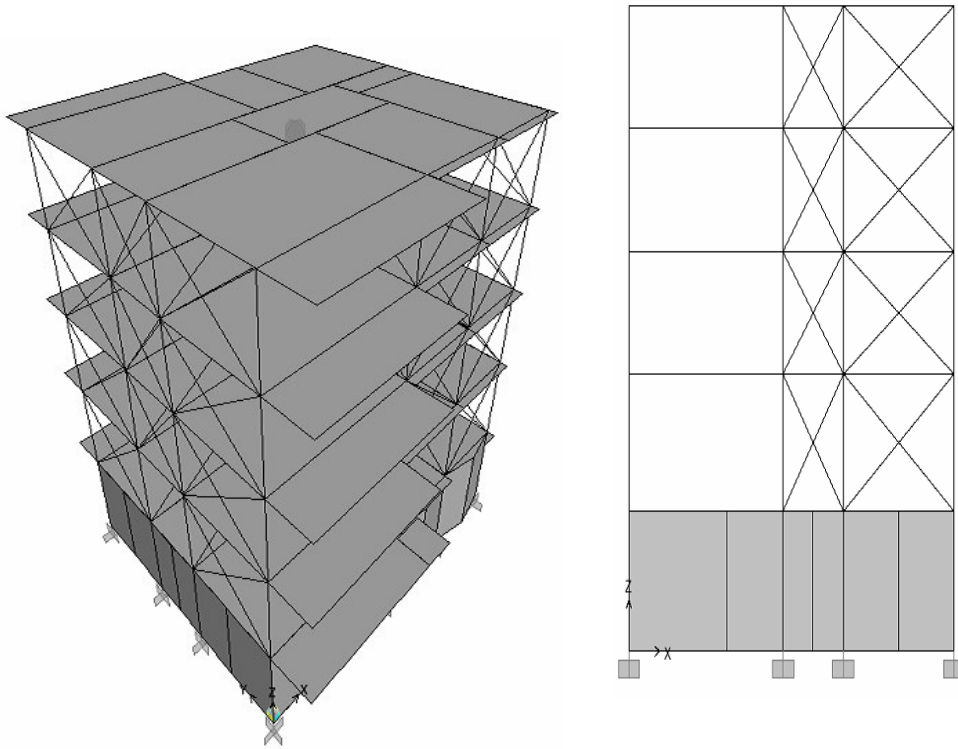


Şekil 6.62 Şahiner Apt. bodrum, zemin ve normal kat kalıp planı

Şekil 6.63’de binanın duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır. Duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.64’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.63 Şahiner Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.64 Şahiner Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.10.1. Şahiner Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.38’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.192	0.169	802.35	26.66	21.29	x-x
					23.90	y-y
Çıplak Çerçeve	0.349	0.321	847.54	26.66	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.38 Şahiner Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Dolgu duvarlı model analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucundaki periyot azalma yüzdeleri Çizelge 6.39’da verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.192
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	44.99
T_{2d}	0.169
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	47.35

Çizelge 6.39 Şahiner Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanının toplam kat alanına oranı ile periyot azalma oranı ilişkisi açısından incelendiğinde, %45’lik periyot azalmasının beklenen %49’luk azalma oranına yakın sonuç verdiği görülmektedir.

Beklenen azalma oranı için Şekil 5.4’deki örnek sistem grafik sonuçlarında, mevcut kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra elde edilen Çizelge 6.38’deki duvar alanları kullanılmıştır.

Periyot azalması, kolon alanı/toplam kat alanı oranı 0.033 mertebesinde iken %45 olarak gerçekleşmiştir.

Yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri ise Çizelge 6.40'da görülmektedir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.190
T ₁ hesaplanan	0.349	0.192
T ₂ ölçülen	-	0.210
T ₂ hesaplanan	0.321	0.169

Çizelge 6.40 Şahiner Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.11. Tolgahan Apt.

Tolgahan Apt. 1 bodrum kat, 1 zemin kat ve 3 normal kattan oluşmaktadır. Yapı 2000 yılında projelendirilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Tüm kirişler yüksekliği 60 cm., genişliği 25 cm. olan dikdörtgen keside sahiptir. Döşeme kalınlığı sabit olup, her katta 12 cm.'dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420'dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

T_a : 0.15 sn.

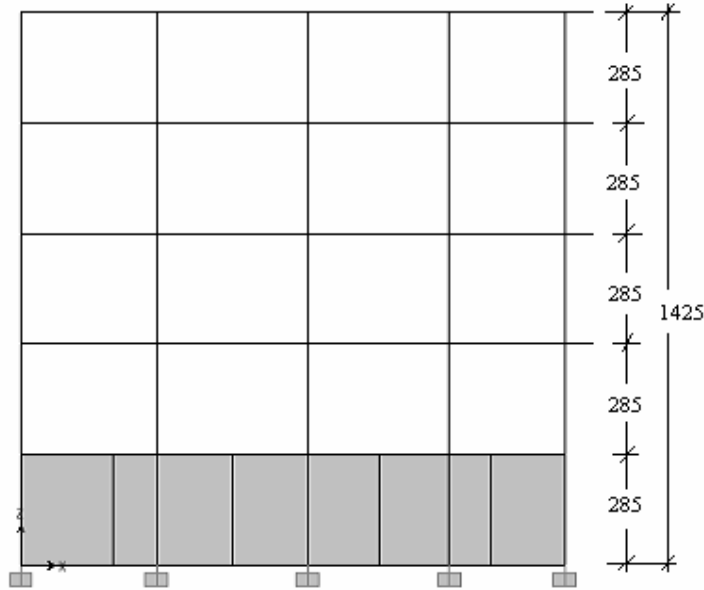
T_b : 0.60 sn.

Kullanım Amacı : Konut

Bina Önem katsayısı (I) : 1.00

Yapı Davranış Katsayısı (R) : 6.00

:



Şekil 6.65 Tolgahan Apt. kat yükseklikleri

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

Çizelge 6.41 Tolgahan Apt. kolon boyutları

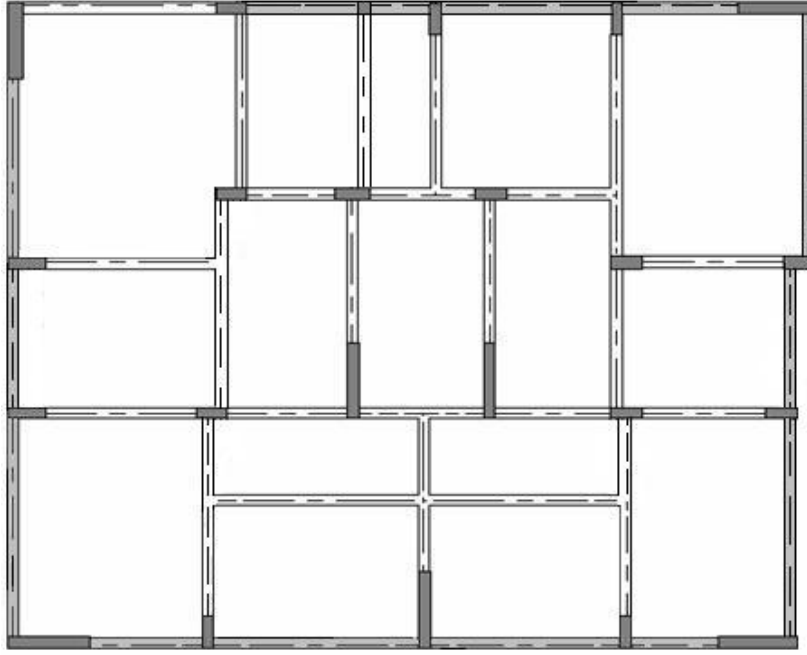
Şekil 6.66’da binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



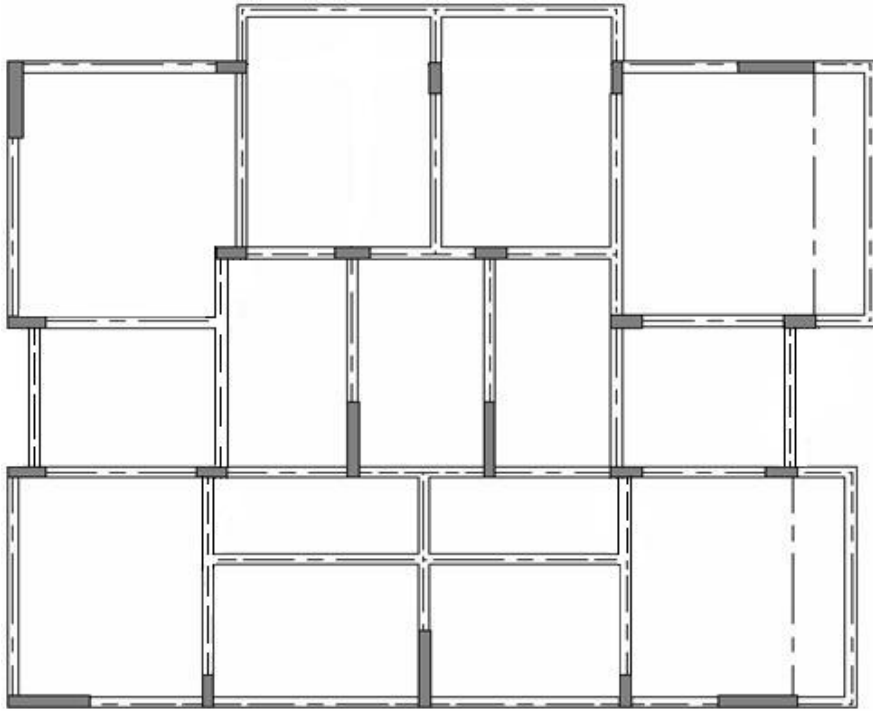
Şekil 6.66 Tolgahan Apt. görünüş

Dolgu duvarların aksenal rijitlikleri önceki bölümlerde önerilen α ve β değerleri gözönüne alınarak hesaplanıp, mekanik modele dahil edilmiştir.

Yapının kat kalıp planları Şekil 6.67 ve Şekil 6.68’de verilmiştir.

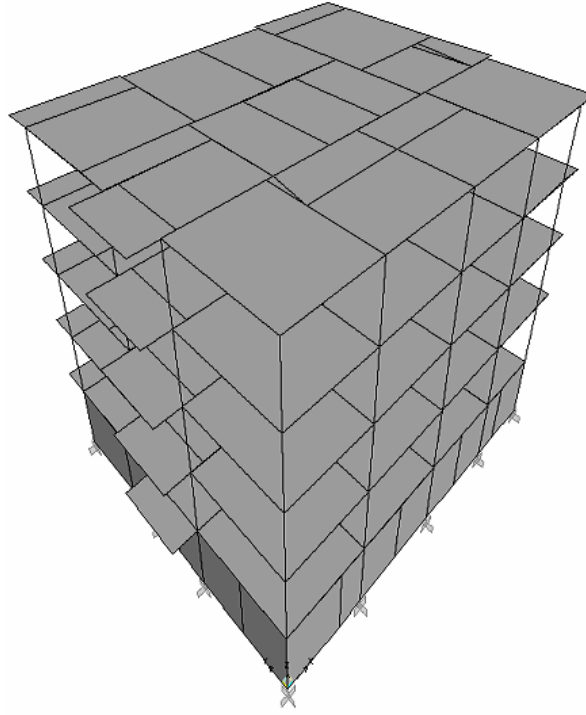


Şekil 6.67 Tolgahan Apt. bodrum kat kalıp planı

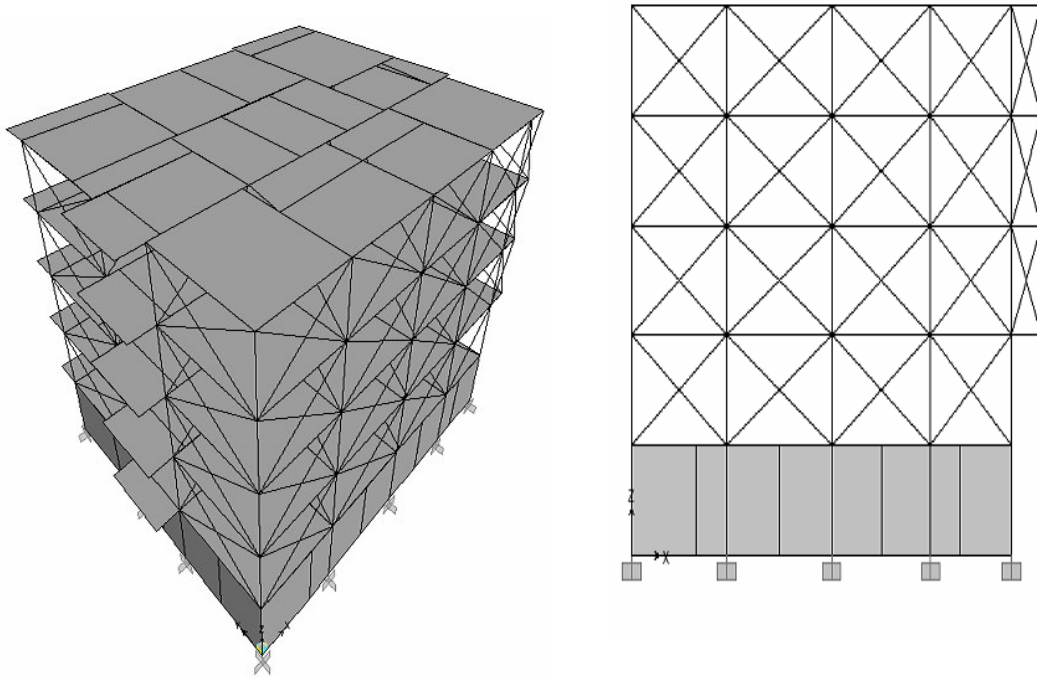


Şekil 6.68 Tolgahan Apt. zemin ve normal kat kalıp planı

Şekil 6.69'daki binanın duvarsız modeli üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.70'deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.69 Tolgahan Apt. duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.70 Tolgahan Apt. duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.11.1. Tolgahan Apt. Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.42’de verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.219	0.312	1413.08	41.03	37.99	x-x
					45.08	y-y
Çıplak Çerçeve	0.716	0.803	1496.15	41.03	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.42 Tolgahan Apt. duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Dolgu duvarlı model periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucunda periyotlardaki azalma oranları Çizelge 6.43’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.219
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	69.41
T_{2d}	0.312
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	61.15

Çizelge 6.43 Tolgahan Apt. duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı ilişkisi açısından, periyotta %52 oranında olması beklenen azalma %69 olarak gerçekleşmiştir.

Beklenen azalma oranı için Şekil 5.4’deki örnek model grafik karşılaştırmasında, kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra elde edilen Çizelge 6.42’deki duvar alanları kullanılmıştır.

Periyot azalmasını, kolon alanı/toplam kat alanı açısından incelendiğinde, Çizelge 6.42’den bu oranın 0.029 olduğu ve %69 azalma oranına karşılık geldiği görülmektedir.

Çizelge 6.44’de binanın yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri verilmiştir.

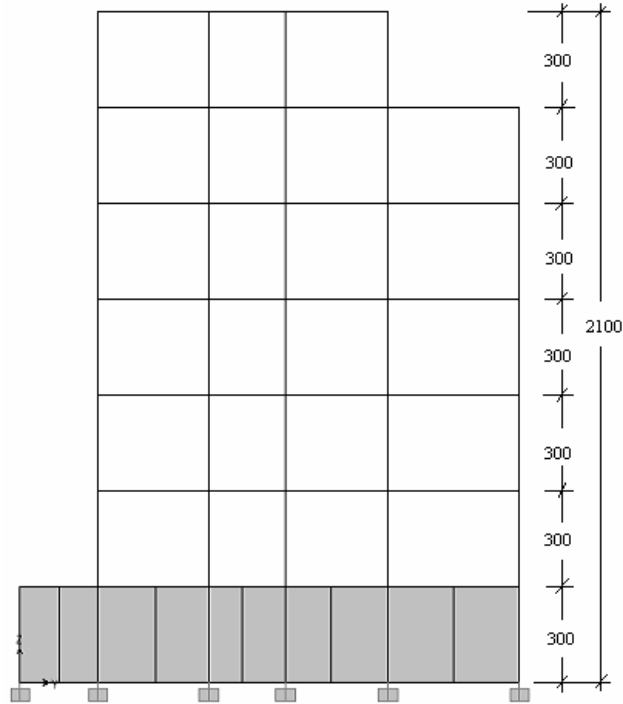
Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T ₁ ölçülen	-	0.219
T ₁ hesaplanan	0.716	0.219
T ₂ ölçülen	-	0.219
T ₂ hesaplanan	0.803	0.312

Çizelge 6.44 Tolgahan Apt. hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.12. Turca Center

Turca Center 1 bodrum kat, 1 zemin kat, 4 normal kat ve 1 çatı katından oluşmaktadır. Yapı 1997 yılında projelendirilmiştir. Kat yükseklikleri Şekil 6.71’de, yapıdaki kolon boyutları Çizelge 6.45’de gösterilmiştir. Yapının bodrum katında her iki doğrultuda da perde mevcuttur. Kirişler dört tiptir ve 25/60 cm., 35/60 cm., 35/50 cm. ve 35/80 cm.’lik dikdörtgen keside sahiptir. İki tip döşeme mevcuttur. Döşeme kalınlıkları 12 cm. ve 35 cm.’dir. Kullanılan betonun beton sınıfı C20, beton çeliği sınıfı S420’dir. Binaya ait diğer bazı bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
T_a	: 0.15 sn.
T_b	: 0.60 sn.
Kullanım Amacı	: Alışveriş Merkezi+Dershane
Bina Önem katsayısı (I)	: 1.40
Yapı Davranış Katsayısı (R)	: 4.00



Şekil 6.71 Turca Center kat yükseklikleri

Kolon Boyutu (cm.)	Kolon Boyutu (cm.)
20/20	30/50
20/105	30/70
20/120	50/50
25/25	60/60
25/50	70/70
25/60	75/25
25/70	80/20
25/80	80/25
25/85	85/25
25/90	90/25
25/105	160/20

Çizelge 6.45 Turca Center kolon boyutları

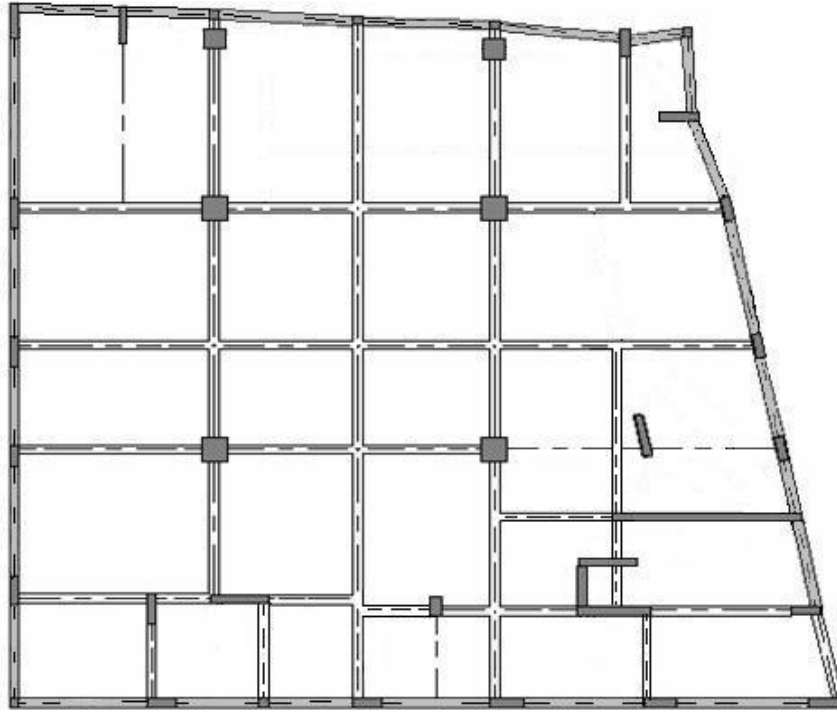
Şekil 6.72’de binanın genel görünüm resmi yer almaktadır.



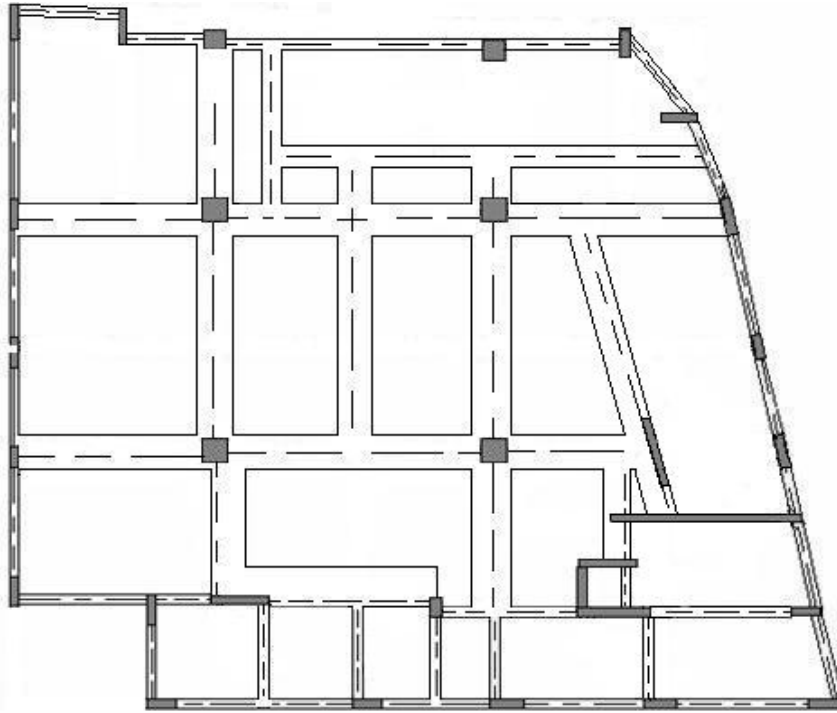
Şekil 6.72 Turca Center görünüş

Binadaki tüm dolgu duvarlar boşluklu ve gerçeğe uygun şekilde modele dahil edilmişlerdir. Dolgu duvarların eksenel rijitlikleri önceki bölümlerde önerilen α ve β değerleri gözönüne alınarak hesaplanıp, mekanik modele dahil edilmiştir.

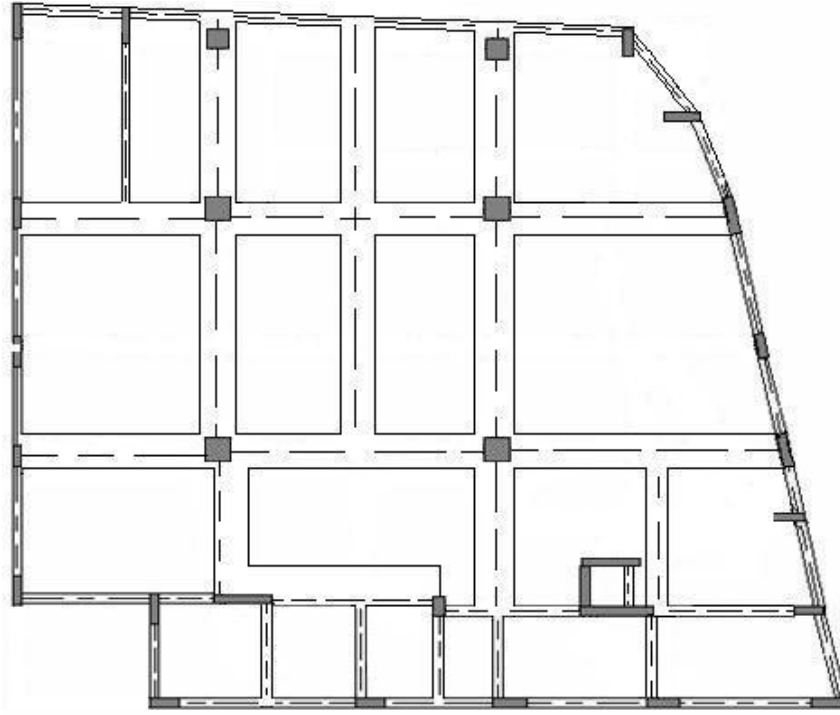
Yapının kat kalıp planları Şekil 6.73, Şekil 6.74, Şekil 6.75 ve Şekil 6.76’da verilmiştir.



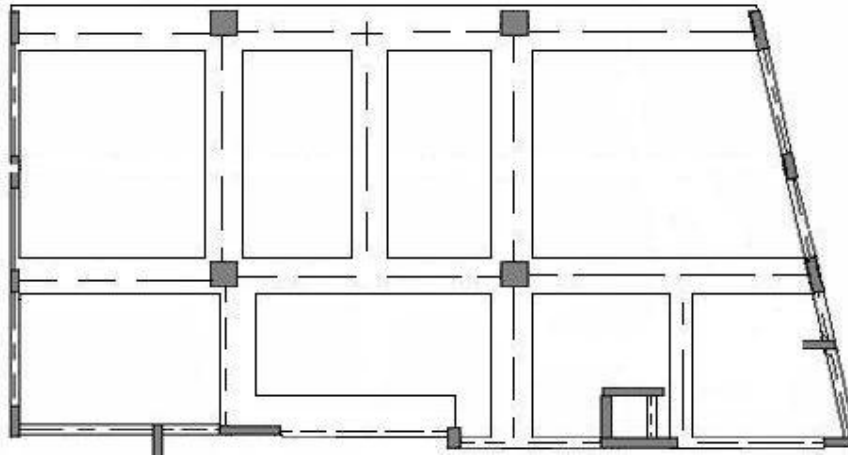
Şekil 6.73 Turca Center bodrum kat kalıp planı



Şekil 6.74 Turca Center zemin kat kalıp planı

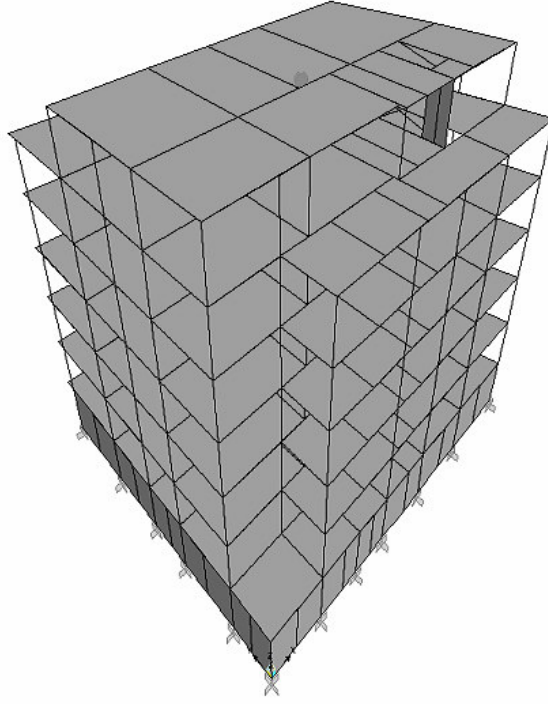


Şekil 6.75 Turca center normal kat kalıp planı

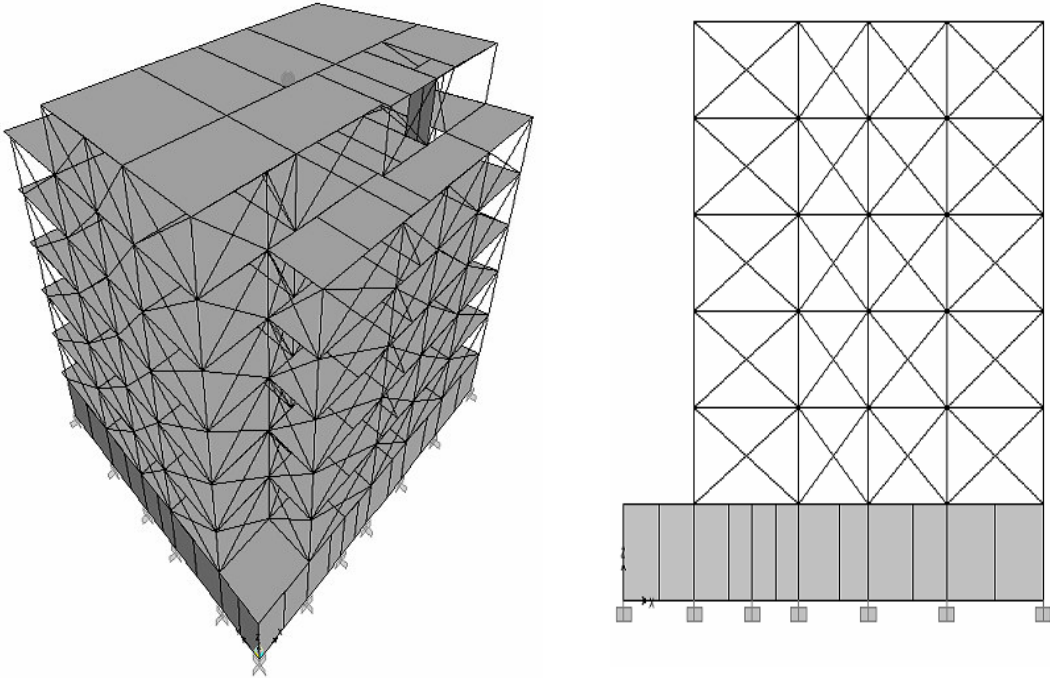


Şekil 6.76 Turca Center çatı kat kalıp planı

Şekil 6.77’de binanın SAP2000 programında hazırlanmış duvarsız 3 boyutlu görüntüsü yer almaktadır. Duvarsız model üzerine, dolgu duvarları temsil eden eşdeğer çapraz basınç çubukları yerleştirilerek Şekil 6.78’deki duvarlı model oluşturulmuştur.



Şekil 6.77 Turca Center duvarsız modelinin üç boyutlu görüntüsü



Şekil 6.78 Turca Center duvarlı modelinin x-z düzlemindeki ve üç boyutlu görüntüsü

6.12.1. Turca Center Çözümleme Sonuçları

Analiz sonucunda duvarsız ve duvarlı durum için elde edilen periyot değerleri; toplam kat alanları, toplam kolon-perde alanları ve toplam dolgu duvar alanlarıyla birlikte Çizelge 6.46’da verilmiştir.

	T_1	T_2	Toplam Kat Alanı (m^2)	Toplam Kolon ve Perde Alanı (m^2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m^2)	
Dolgu Duvar	0.266	0.463	2399.22	63.88	27.77	x-x
					29.42	y-y
Çıplak Çerçeve	0.745	0.888	2456.41	63.88	0	x-x
					0	y-y

Çizelge 6.46 Turca Center duvarlı ve duvarsız modellerinin analizi sonucu elde edilen periyot değerleri ile beton ve duvar alanları

Boşluklu dolgu duvarlı modelin analizinden elde edilen periyot değerlerinin, duvarsız modelden elde edilen periyot değerlerine oranlanması sonucu periyotlardaki azalma oranları Çizelge 6.47’de verilmiştir.

Periyot/Periyot Oranı	Periyot/Azalma Oranı
T_{1d}	0.266
$\%(T_{1d}/T_{1ç})$	64.29
T_{2d}	0.463
$\%(T_{2d}/T_{2ç})$	47.86

Çizelge 6.47 Turca Center duvarlı model periyotlarının duvarsız model periyotlarına oranı

Periyot değişim oranı, örnek sistemde Şekil 5.4 ile verilen ve Çizelge 5.3’de ifade edilen duvar alanı/toplam kat alanı-periyot ilişkisine göre ele alınırsa, periyotta yaklaşık %21 civarında olması beklenen azalma oranı %64 olarak gerçekleşmiştir.

Örnek sistem analiz sonucu ile karşılaştırılarak elde edilen beklenen azalma oranı, mevcut kapı ve kapı+pencere gibi boşluklar duvar alanından düşüldükten sonra elde edilen Çizelge 6.46’daki duvar alanları kullanılarak bulunmuştur.

Periyot azalması, kolon alanı/toplam kat alanı ilişkisi açısından incelendiğinde, kolon alanı/toplam kat alanı oranının 0.027 olduğu, buna karşılık periyotta %64 oranında azalma meydana geldiği görülmektedir.

Binanın yerinde ölçülen ve analiz sonucu bulunan periyot değerleri ise Çizelge 6.48’de verilmiştir.

Periyot	Çıplak Çerçeve	Dolgu Duvar
T_1 ölçülen	-	0.266
T_1 hesaplanan	0.745	0.266
T_2 ölçülen	-	0.296
T_2 hesaplanan	0.888	0.463

Çizelge 6.48 Turca Center hesaplanan ve ölçülen periyot değerleri

6.13. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde incelenen tüm yapıların, duvar alanı/toplam kat alanına göre periyot azalma oranları ile örnek sistem periyot azalma oranları karşılaştırmalı olarak Çizelge 6.49’da verilmiştir. Ayrıca toplam kolon ve perde alanları, toplam dolgu duvar alanları, toplam kat alanları, toplam kolon alanı/toplam kat alanı değerleri ve hesaplanan yalın çerçeve ile dolgu duvarlı çerçeve periyotları ve sonuçlar karşılaştırma amaçlı olarak yine Çizelge 6.49’da verilmiştir.

BİNA ADI	Toplam Kolon Alanı (m2)	Toplam Dolgu Duvar Alanı (m2)	Toplam Kat Alanı (m2)	Toplam Kolon Alanı/Top. Kat Alanı	Toplam Dolgu Duvar Alanı/Top. Kat Alanı	T _{1ç}	T _{2ç}	T _{1d}	T _{2d}	Mevcut Periyot Azalması (%)	Beklenen Periyot Azalması (%)
Aşçıoğlu	36.91	34.43 _{x-x}	1304.61	0.028	0.026	0.507	0.575	0.235	0.246	53	48
		40.33 _{y-y}									
Bilge	44.24	85.42	2112.09	0.021	0.040	1.064	1.493	0.296	0.554	72	74
		23.47									
Dağıstan	37.93	63.17	1720.77	0.022	0.036	0.970	0.894	0.276	0.394	71	69
		44.40									
Enver Parlak	75.83	99.51	2457.32	0.031	0.040	1.131	1.247	0.320	0.480	72	74
		65.10									
Koçyiğit	48.10	16.81	1176.23	0.041	0.014	0.259	0.225	0.209	0.154	20	23
		36.90									
Nezih	34.78	37.44	1347.87	0.026	0.0277	0.561	0.367	0.333	0.233	41	54
		53.57									
Özyurt	61.25	65.37	2413.17	0.025	0.027	0.432	0.497	0.296	0.349	32	51
		63.11									
Pembeköşk	58.53	37.21	1680.93	0.035	0.022	0.661	0.811	0.307	0.382	53	35
		45.91									
Şahin	23.45	24.05	1381.93	0.017	0.017	0.283	0.244	0.235	0.174	17	27
		51.47									
Şahiner	26.66	21.29	802.35	0.033	0.0265	0.349	0.321	0.192	0.169	45	49
		23.90									
Tolgahan	41.03	37.99	1413.08	0.029	0.027	0.716	0.803	0.219	0.312	69	52
		45.08									
Turca Center	63.88	27.77	2399.22	0.027	0.012	0.745	0.888	0.266	0.463	64	21
		29.42									

Çizelge 6.49 Analiz sonuçlarının karşılaştırılması

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dolgu duvarların yapıların serbest titreşim periyoduna etkileri dolgu duvar alanına ve dolgu duvardaki boşluk tiplerine göre incelenmiştir. Analizlerde öncelikle örnek bir bina modeli üzerinde çalışılmış, daha sonra mevcut 12 bina üzerinde inceleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Öncelikle dolgu duvarların, yapı dinamik davranışını büyük ölçüde etkilediği görülmüştür. Dolgu duvarların yapının rijitliğini önemli ölçüde arttırdığı, bunun sonucunda da yapı periyodunda azalmaya neden oldukları saptanmıştır.
2. Yapıların taşıyıcı sisteminde dolgu duvarları temsil etmek için, iki ucu mafsallı çapraz pandül çubukların kullanılmasının gerçeğe uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.
3. Dolgu duvarların boşluk içermemesi halinde, yapı periyodunda %60'a varan azalmalara neden olduğu gözlenmiştir.
4. Dolgu duvarlı 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. Aynı zamanda, dolgu duvarlardaki boşlukların rijitlikte neden olduğu azalma sık rastlanılan boşluk tipleri ele alınarak incelenmiş, boşluk tip ve oranlarının yapı periyodunda neden olduğu değişimler gözlenmiştir. α ve β katsayıları kullanılarak bu boşluk tipleri modellere yansıtılmıştır. Bunun sonucunda, dolgu duvarların boşluk içermemesi durumunda %56 mertebelerinde olan periyot azalma oranı %37'ye düşmüştür. Boşlukların duvar alanını azaltmasının doğal bir sonucu olarak, bulunan oranlar gerçekçi sonuç vermiştir.

6. Duvar alanı/toplam kat alanı-periyot azalma oranı ilişkisi, örnek modelde boşluksuz dolgu duvarlı model esas alınarak duvarların kademeli olarak sistemden çıkarılması yoluyla incelenmiştir. Mevcut binalarda duvar alanı/kat alanı oranları hesaplanıp, gözlenen periyot azalma oranları ile ilişkilendirilerek, bulunan yüzdesel sonuçlar örnek model sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar büyük oranda birbirine uygunluk sağlamıştır.
7. İncelenen 12 binada, yalın çerçeve/dolgu duvarlı çerçeve periyot değişimleri araştırılmıştır. Genel bir sonuç olarak, dolgu duvarların yapı periyotlarında ortalama %50-%70 oranında azalmaya neden oldukları görülmüştür.

Yapı tasarımında , taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri ihmal edilen ve sadece mimari bir yaklaşımla bölme amaçlı olarak dikkate alınan dolgu duvarların yapı davranışını gözardı edilemeyecek bir şekilde etkilediği açıktır. Sonuç olarak, dolgu duvarların etkilerini ihmal eden yaklaşımlar yapının güvenilirliğini azaltmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1998), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [2] Al Chaar, G., Issa, M., Sweeney, S., (2002), "Behavior of Masonry Infilled Nonductile Reinforced Concrete Frames", Journal of Structural Engineering, ASCE, 128 (8): 1055-1063.
- [3] Asteris, P. G., (2003), "Lateral Stiffness Of Brick Masonry Infilled Frames", Journal of Structural Engineering, 1 August 2003, Asce. 129 (8): 1071-1079.
- [4] Celep, Z., Kumbasar, N., (2000), "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Beta Dağıtım, İstanbul.
- [5] Çağdaş, S., (2004), "Uygulamalı SAP2000 Yapı Sistemlerinin Modellenmesi Statik ve Dinamik Analiz", Türkmen Kitabevi, İstanbul.
- [6] Ersin, U. D., (1997), "Küçük Titreşim Ölçümleri ve Dolgu Duvarlarının Mekanik Modele Yansıtılması", İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [7] FEMA-356, (2000), Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [8] Govindan, P., Lakshmipathy, M., Santhakumar, A. R., (1986), "Ductility Of Infilled Frames", Journal of American Concrete Institute, July-August 1986, 567-576.
- [9] Holmes, M., (1961), "Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling", Proc. Inst. Civ. Eng, 19, 473-478.
- [10] Karşlıoğlu, Ö., (2005), "Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri", K.S.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- [11] Liauw, T. C., Kwan, K. H., (1982), "Nonlinear Analysis of Multistorey Infilled Frames", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part 2, 73, 441-454.
- [12] 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.
- [13] May, I. M., Naji, J.H., (1991), "Nonlinear Analysis of Infilled Frames Under Monotonic and Cyclic Loading", Computers and Structures, 38 (2): 149-160.
- [14] Mehrabi, A., Shing, P., and others., (1996), "Experimental Evaluation of Masonry Infilled RC Frames", Journal of Structural Engineering, 228.
- [15] 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.
- [16] Paulay, T., Priestly, M. J. N., (1992), "Seismic Desing of Masonry Buildings", JohnWiley & Sons, Inc., New York.
- [17] SAP2000 User's Manual, (2005), Structural Analysis Program Advanced Version 10.0.1, Computers and Structures Inc.

- [18] Smith, S. B., (1966), "Behaviour of Square Infilled Frames", Journal of the Structural Division, ASCE, 92(ST1), 381-403.
- [19] Smith, S. B., Carter, C., (1969), "A Method of Analysis For Infilled Frames", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 44, 31-48.
- [20] TS 500, (2000), Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [21] Yüksel, E., İlki, A., Koyama, S., Karadoğan, F., (1995), "Küçük Titreşim Ölçümleri ve Yapıların Olası Deprem Davranışları", 3. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 326-335.
- [22] Zarnic, R., (1995), "Modelling of Masonry Infilled Frames", 10th European Conference on Earthquake Engineering, Duma, Rotterdam, 1481-1486.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	04.03.1978	
Doğum yeri	Eskişehir	
Lise	1992-1995	Eskişehir Gazi Lisesi
Lisans	1996-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2004-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2006-2007	Asya İnşaat A.Ş.
-----------	------------------