

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Caner BEKLEN

BİNALARDA DOLGU DUVAR ETKİSİNİN İNCELENMESİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2009

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİNALARDA DOLGU DUVAR ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Caner BEKLEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 26/02/2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza.....

Doç. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY
Danışman

İmza.....

Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
Üye

İmza.....

Doç. Dr. S. Seren GÜVEN
Üye

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:.....

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu Çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2008YL3

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNALARDA DOLGU DUVAR ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Caner BEKLEN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY
Yıl: 2009, Sayfa: 148

Jüri: Doç. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY
Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
Doç. Dr. S. Seren GÜVEN

Bu çalışmada, taşıyıcı eleman olarak dikkate alınmayan dolgu duvarların deprem davranışına olan olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır. Öncelikle, dolgu duvar olarak kullanılan tuğlanın elastisite modülü ve dolgu duvar modelleri SAP2000 programı ile analiz edilmiştir. Bu amaçla, farklı düzlem çerçevelerin yatay yükler altında, dolgu duvarlar için eşdeğer basınç çubuğu modeli ve sonlu elemanlar modeli kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Bir bina 5 katlı ve 10 katlı modellenerek farklı kolon boyutları için deprem analizi yapılmıştır. Bu binada dolgu duvar malzemesi olarak tuğla ve gazbeton kullanılmıştır. Dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubuğu ile modellenmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, düzlem çerçeve ve üç boyutlu çerçevede dolgu duvarın olumsuz etkileri olan kısa kolon, yumuşak kat ve burulma düzensizliği araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, dolgu duvarların rijitlik, periyod, yatay deplasman, taban kesme kuvveti ve bina davranışını etkilediği görülmüştür. Anahtar Kelimeler: dolgu duvarlar, deprem analizi, tuğla ve gazbeton, eşdeğer basınç çubuğu, kısa kolon.

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION OF INFILL WALLS EFFECT IN BUILDINGS

Caner BEKLEN

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY
Year: 2009, Pages:148

Jury: Assoc. Prof. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY
Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
Assoc. Prof. Dr. S. Seren GÜVEN

In this study, effect of infill walls, which is not considered as a structural member in buildings, on advantages and disadvantages of dynamic behavior of buildings has been investigated. First, different models of infill walls have been analyzed by using a computer program called SAP2000. For this purpose, different kinds of planar frames were compared under lateral loads by two infill wall models, equivalent diagonal compression strut model and finite element model. Earthquake analysis of a building modeled as 5 and 10 story for different column sizes were carried out. In the building, brick and gas concrete were used as materials of the infill walls. And equivalent diagonal compression strut model was used for the infill walls. The results of analysis were compared for the frames with and without infill walls. In addition, to observe drawbacks of infill walls of 2D and 3D structures, short column effects, soft story and torsional irregularity were investigated. It is found that infill walls have significant effect on stiffness, period, lateral displacement, base shear force and structural behavior.

Keywords: infill-walls, earthquake analysis, brick and gasconcrete block, equivalent diagonal compression strut model, short column.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yüksek lisans eğitimim boyunca bana birçok konuda yardımcı olan, tez çalışmam süresince çalışmalarına yön veren ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY’a,

Yüksek lisans ders döneminde bana bilgilerini aktaran hocalarım Sayın Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR ve Prof. Dr. A. Kamil TANRIKULU’na,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman anlayış içinde olan ve destek veren Teknik Proje Yapı Denetim Genel Müdürü Sayın Mehmet DUYSAK ve tüm çalışma arkadaşlarıma,

Beni destekleyen ve yardımcı olan H. Eser Dilsiz, Levent NARİN, Kemal SOLAKYILDIRIM, Gürbüz ÇOMAK, Özgür SARI ve tüm arkadaşlarıma,

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü konuda yanımda olan Annem, Babam ve Kız Kardeşim Durdane’ye,

Nişanlım Dokuz Eylül Üniversitesi Kimya Öğretmenliği mezunu Fatma KAHRAMAN ve ailesine,

Teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
SİMGELER	IX
KISALTMALAR	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XX
1.GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
3. MATERYAL VE METOD	9
3.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007.....	9
3.1.1. Analiz Yöntemleri.....	9
3.1.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik Analiz).....	9
3.1.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi (Spektrum Analizi).....	10
3.1.1.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	10
3.2. Betonarme Yapının Dolgu Duvarı.....	10
3.3. Dolgu Duvar Dayanımları.....	11
3.3.1. Duvar Basınç Dayanımı.....	11
3.3.2. Duvar Kesme Dayanımı.....	11
3.4. Betonarme Yapıların Dolgu Duvarında Kullanılan Malzemeler.....	12
3.4.1. Tuğla.....	12
3.4.2. Gazbeton.....	12
3.5. Dolgu Duvar Malzemelerinin Elastisite Modülü.....	13
3.5.1. Tuğla Dolgu Duvar Elastisite Modülü.....	14

3.5.2. Gazbeton Dolgu Duvar Elastisite Modülü.....	16
3.6. Dolgu Duvarın Yapı içindeki Durumu.....	17
3.7. Betonarme Çerçeve Düzlemi İçindeki Dolgu Duvarların Davranışı.....	17
3.8. Dolgu Duvarların Yapıların Davranışına Etkileri.....	17
3.8.1. Yük Taşımaya Katkı.....	18
3.8.1.1. Düşey Yük Taşımaya Katkı.....	18
3.8.1.2. Deprem Yüğü Taşımaya Katkı.....	18
3.8.2. Rijitliğe Katkı.....	19
3.8.3. Sönüme Katkı.....	19
3.8.4. Titreşim Periyoduna Katkı.....	19
3.9. Dolgu Duvarların Yapı Davranışı Üzerine Olumsuz Etkileri.....	20
3.9.1. Burulma Etkileri.....	20
3.9.2. Yumuşak Kat Etkileri.....	21
3.9.3. Kısa Kolon Etkileri.....	22
3.10. Dolgu Duvar Analiz Yaklaşımları.....	23
3.10.1. Eşdeğer Basınç Çubuğı Yaklaşımı.....	23
3.10.2. Sonlu Elemanlar Yaklaşımı	23
3.11. Dolgu Duvar Modelleri	24
3.11.1. Eşdeğer Sanal Çubuk Modeli.....	24
3.11.1.1. Boşluklu Dolgu Duvarlar.....	27
3.11.2. Sonlu Eleman Ağ Modelleri.....	28
3.12. Duvarlı Çerçeve Deney Sonuçlarının Duvar Modelleriyle Karşılaştırılması...30	
3.12.1. Eşdeğer Basınç Çubuğı Modelinin Karşılaştırması.....	30
3.12.2. Sonlu Eleman Modelinin Karşılaştırması.....	31
3.13. DBYBHY 2007’de Dolgu Duvarları Modelleme Esasları.....	32
3.14. SAP2000 Yapı Analiz Programı.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1. Düzlem Çerçeve Örnekleri.....	34
4.1.1. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Düzlem Çerçeve.....	34
4.1.2. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Düzlem Çerçeve.....	36

4.1.3. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Düzlem Çerçeve.....	39
4.1.4. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Düzlem Çerçeve.....	41
4.1.5. Düzlem Çerçeve Örneklerinin Karşılaştırılması	44
4.2. Beş Katlı Otel Örneği.....	47
4.2.1. Analiz İçin Kullanılan Yapının Özellikleri.....	47
4.2.2. Binanın Kat Ağırlıkları.....	49
4.2.3. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması.....	50
4.3. Beş Katlı Otelin X Yönünde Deprem Analizi	53
4.3.1. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	53
4.3.2. Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı.....	54
4.3.3. Binada Deprem Yüğü Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri	54
4.3.4. Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	56
4.3.5. Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	57
4.3.6. Binanın Göreli Kat Ötelemesi.....	57
4.3.7. Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	58
4.3.8. Binanın İç Kuvvetleri.....	59
4.3.9. 5 Katlı Otelin X Yönünde Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması...61	
4.3.9.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	61
4.3.9.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması.....	61
4.3.9.3. Toplam Eşdeğer Yüğülerinin Karşılaştırılması.....	62
4.3.9.4. Deplasmanların Karşılaştırılması.....	63
4.3.9.5. Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	66
4.3.9.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	66
4.3.9.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması.....	66
4.3.9.8. İkinci Mertebe Kontrollerinin Karşılaştırılması	66
4.3.9.9. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	66
4.4. Beş Katlı Otelin Y Yönünde Deprem Analizi	68
4.4.1. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	68
4.4.2. Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı.....	69
4.4.3. Binada Deprem Yüğü Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri	69
4.4.4. Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	71

4.4.5. Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü	72
4.4.6. Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	72
4.4.7. Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	73
4.4.8. Binanın İç Kuvvetleri.....	74
4.4.9. 5 Katlı Otelin Y Yönünde Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması	76
4.4.9.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	76
4.4.9.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması.....	76
4.4.9.3. Toplam Eşdeğer Yüklerinin Karşılaştırılması.....	77
4.4.9.4. Deplasmanların Karşılaştırılması.....	78
4.4.9.5. Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	81
4.4.9.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	81
4.4.9.7. Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması.....	81
4.4.9.8. İkinci Mertebe Kontrollerinin Karşılaştırılması.....	81
4.4.9.9. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	81
4.5. Otelin 10 Katlı Modeli ve Y Yönünde Deprem Analizi	83
4.5.1. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	83
4.5.2. Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı.....	83
4.5.3. Binada Deprem Yüğü Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri	84
4.5.4. Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	85
4.5.5. Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	86
4.5.6. Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	88
4.5.7. Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	89
4.5.8. Binanın İç Kuvvetleri.....	90
4.5.9. 5 Katlı Otelin Y Yönünde Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması	92
4.5.9.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	92
4.5.9.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması.....	92
4.5.9.3. Toplam Eşdeğer Yüklerinin Karşılaştırılması.....	93
4.5.9.4. Deplasmanların Karşılaştırılması.....	94
4.5.9.5. Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	97
4.5.9.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	97
4.5.9.7. Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması.....	98

4.5.9.8. İkinci Mertebe Kontrollerinin Karşılaştırılması.....	98
4.5.9.9. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	98
4.6. Y Yönünde 5 ve 10 Katlı Deprem Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	100
4.6.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	100
4.6.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması.....	100
4.6.3. Binanın Toplam Eşdeğer Yüklerinin Karşılaştırılması.....	101
4.6.4. Deplasmanların Karşılaştırılması.....	101
4.6.5. Binanın Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	102
4.6.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması.....	102
4.6.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması.....	103
4.6.8. İkinci Mertebe Kontrollerinin Karşılaştırılması.....	103
4.6.9. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	103
4.7. 5 Katlı Dolgu Duvarı Düzensiz Bina Örneği (5DDB).....	106
4.7.1. Analiz İçin Kullanılan Yapının Özellikleri.....	106
4.7.2. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması.....	107
4.7.3. Kat Ağırlıklarının Hesaplanması	109
4.7.4. Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı.....	109
4.7.5. Toplam Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı.....	110
4.7.6. Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	110
4.7.7. A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	111
4.7.8. B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	112
4.8. Tek Katlı Düzlem Çerçevelerde Kısa Kolon Örnekleri.....	113
4.8.1. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modelleri.....	113
4.8.2. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellerinin 5m Açıklık için Analiz Sonuçları...114	
4.8.3. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellerinin 10m Açıklık için Analiz Sonuçları...115	
4.8.4. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellerinin Karşılaştırılması.....	116
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	126

SİMGELER

$A_{\text{Boşluk}}$	: Dolgu duvarda bulunan boşlukların alanları toplamı
A_{panel}	: Dolgu duvarın boşluksuz alanı
a_d	: Çubuk genişliği
E_c	: Çerçevenin elastisite modülü
E_m	: Eşdeğer sanal basınç çubuğu elastisite modülü
E_d	: Dolgu duvarın elastisite modülü
f'_m	: Dolgu duvar prizma basınç dayanımı
h'	: Kat yüksekliği
h_d	: Duvarın yüksekliği
h	: Dolgu duvar yüksekliği
h_k	: Kolon boyu
l	: Çerçeve açıklığı
l'	: Dolgu duvar genişliği
l_n	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
M_a	: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
$M_{\bar{u}}$	: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
t_d	: Duvarın kalınlığı
t	: Dolgu duvar kalınlığı
I_c	: Kolonun atalet momenti
I_k	: Kolonun atalet momenti
r_d	: Dolgu duvar köşegen uzunluğu
$\epsilon_{0.33}$	: Duvar prizma basınç dayanımının %33 ü olan $\sigma_{0.33}$ gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme
$\epsilon_{0.05}$	: Duvar prizma basınç dayanımının %5 i olan $\sigma_{0.05}$ gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme
w	: Eşdeğer sanal basınç çubuğu genişliği

λ	: Dolgu ile çerçevenin rijitlik parametresi
θ	: Eşdeğer sanal basınç çubuğun yatayla yaptığı açısı
η_{bi}	: Burulma Düzensizliği Katsayısı
η_{ki}	: Rijitlik Düzensizlik Katsayısı
θ_i	: İkinci Mertebe Gösterge Değeri
δ_i	: Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$	: Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
V_e	: Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti
V_t	: Taban kesme kuvveti

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
TBÇ	: Tuğla duvar sadece ağırlık olarak dikkate alınarak modellenen boş çerçeve
TDÇ	: Tuğla duvar ağırlık ve model olarak dikkate alınan çerçeve
GBÇ	: Gazbeton duvar sadece ağırlık olarak dikkate alınarak modellenen boş çerçeve
GDC	: Gazbeton duvar ağırlık ve model olarak dikkate alınan çerçeve

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1	Ebatlarına Göre Yatay Delikli Tuğlanın Özellikleri.....	12
Çizelge 3.2	Ebatlarına göre Gazbetonun Özellikleri.....	13
Çizelge 3.3.	Tuğla Duvar Elastisite Modülleri	15
Çizelge 3.4.	Gazbeton Duvarın Fiziksel Özellikleri.....	16
Çizelge 3.5.	Gazbeton Duvar Blokları	16
Çizelge 4.1.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri.....	35
Çizelge 4.2.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin İç Kuvvet Değerleri.....	35
Çizelge 4.3.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri.....	36
Çizelge 4.4.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri.....	37
Çizelge 4.5.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin (M33) Moment Değerleri....	37
Çizelge 4.6.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin (V22) Kesme Kuvveti ve (P) Eksenel Kuvvet Değerleri.....	38
Çizelge 4.7.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri.....	38
Çizelge 4.8.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri.....	39
Çizelge 4.9.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin (M33) Moment Değerleri....	40
Çizelge 4.10.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin (V22) Kesme Kuvveti ve (P) Eksenel Kuvvet Değerleri.....	40
Çizelge 4.11.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri.....	41
Çizelge 4.12.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri.....	42
Çizelge 4.13.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin (M33) Moment Değerleri	43
Çizelge 4.14.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin (V22) Kesme Kuvveti ve (P) Eksenel Kuvvet Değerleri.....	43
Çizelge 4.15.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri....	44
Çizelge 4.16.	5 Katlı Otelin Kat Ağırlıkları	49
Çizelge 4.17.	Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları.....	50
Çizelge 4.18.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyot Değerleri	53
Çizelge 4.19.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetleri.....	54

Çizelge 4.20.	5 katlı Otelin 1. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	54
Çizelge 4.21.	5 katlı Otelin 2. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	55
Çizelge 4.22.	5 katlı Otelin 3. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	55
Çizelge 4.23.	5 katlı Otelin 4. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	55
Çizelge 4.24.	5 katlı Otelin 5. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	56
Çizelge 4.25.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları	56
Çizelge 4.26.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları.....	57
Çizelge 4.27.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Göreli Kat Ötelenmesi Katsayıları.....	58
Çizelge 4.28.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları	58
Çizelge 4.29.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M22) Kolon Momenti.....	59
Çizelge 4.30.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M33) Kiriş Momenti.....	59
Çizelge 4.31.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (V33 Kolon ve (V22) Kiriş Kesme Kuvveti.....	60
Çizelge 4.32.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (P) Eksenel Kuvveti.....	60
Çizelge 4.33.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki Azalmalar.....	61
Çizelge 4.34.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetindeki Değişimler.....	62

Çizelge 4.35.	5 katlı Otelin 60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	64
Çizelge 4.36.	5 katlı Otelin 50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	64
Çizelge 4.37.	5 katlı Otelin 40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar	64
Çizelge 4.38.	5 katlı Otelin 30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	65
Çizelge 4.39.	5 katlı Otelin X yönünde TDÇ'nin TBC'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler.....	67
Çizelge 4.40.	5 katlı Otelin X yönünde GDÇ'nin GBÇ'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler.....	67
Çizelge 4.41.	5 katlı Otelin X yönünde GDÇ'nin TDÇ'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler.....	67
Çizelge 4.42.	5 katlı Otelin X yönünde GBÇ'nin TBC'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler	67
Çizelge 4.43.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyot Değerleri	68
Çizelge 4.44.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetleri	69
Çizelge 4.45.	5 katlı Otelin 1. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	69
Çizelge 4.46.	5 katlı Otelin 2. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları	70
Çizelge 4.47.	5 katlı Otelin 3. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	70
Çizelge 4.48.	5 katlı Otelin 4. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları	70
Çizelge 4.49.	5 katlı Otelin 5. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları	71

Çizelge 4.50.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları.....	71
Çizelge 4.51.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları.....	72
Çizelge 4.52.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Göreli Kat Ötelenmesi Katsayıları.....	73
Çizelge 4.53.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına İkinci Mertebe Katsayıları.....	73
Çizelge 4.54.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M22) Kolon Momenti.....	74
Çizelge 4.55.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M33) Kiriş Momenti.....	74
Çizelge 4.56.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (V33) Kolon ve (V22) Kiriş Kesme Kuvveti.....	75
Çizelge 4.57.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (P) Eksenel Kuvveti.....	75
Çizelge 4.58.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki Azalmalar.....	76
Çizelge 4.59.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetindeki Değişimler.....	77
Çizelge 4.60.	5 katlı Otelin 60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	79
Çizelge 4.61.	5 katlı Otelin 50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	79
Çizelge 4.62.	5 katlı Otelin 40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar	79
Çizelge 4.63.	5 katlı Otelin 30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	80

Çizelge 4.64.	5 katlı Otelin Y yönünde TDÇ'nin TBC'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar.....	82
Çizelge 4.65.	5 katlı Otelin Y yönünde GDÇ'nin GBÇ'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar.....	82
Çizelge 4.66.	5 katlı Otelin Y yönünde GDÇ'nin TDÇ'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar.....	82
Çizelge 4.67.	5 katlı Otelin Y yönünde GBÇ'nin TBC'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar.....	82
Çizelge 4.68.	10 Katlı Otelin Kat Ağırlıkları	83
Çizelge 4.69.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerleri.....	83
Çizelge 4.70.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetleri.....	84
Çizelge 4.71.	10 katlı Otelin 1. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	84
Çizelge 4.72.	10 katlı Otelin 6. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	84
Çizelge 4.73.	10 katlı Otelin 10. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	85
Çizelge 4.74.	10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları	85
Çizelge 4.75.	10 katlı Otelin Y Yönünde 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları.....	86
Çizelge 4.76.	10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 cm Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları.....	86
Çizelge 4.77.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları.....	87
Çizelge 4.78.	10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm Kolon Boyutlarına Göre Göreli Kat Ötelenmesi Katsayıları.....	88
Çizelge 4.79.	10 katlı Otelin Y Yönünde 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm Kolon Boyutlarına Göre Göreli Kat Ötelenmesi Katsayıları.....	88

Çizelge 4.80.	10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları.....	89
Çizelge 4.81.	10 katlı Otelin Y Yönünde 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları.....	89
Çizelge 4.82.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M22) Kolon Momenti.....	90
Çizelge 4.83.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M33) Kiriş Momenti.....	90
Çizelge 4.84.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (V33) Kolon ve (V22) Kiriş Kesme Kuvveti.....	91
Çizelge 4.85.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (P) Eksenel Kuvveti.....	91
Çizelge 4.86.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki Azalmalar.....	92
Çizelge 4.87.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetindeki Değişimler.....	93
Çizelge 4.88.	10 katlı Otelin 60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	95
Çizelge 4.89.	10 katlı Otelin 50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	95
Çizelge 4.90.	10 katlı Otelin 40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min... ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar	96
Çizelge 4.91.	10 katlı Otelin 30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar.....	96
Çizelge 4.92.	10 katlı Otelin Görelî Kat Ötelenmesi Değerlerindeki % Değişimler.....	98
Çizelge 4.93.	10 katlı Otelin Y yönünde TDC'nin TBC'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler.....	99
Çizelge 4.94.	10 katlı Otelin Y yönünde GDC'nin GBC'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler.....	99

Çizelge 4.95.	10 katlı Otelin Y yönünde GDÇ'nin TDC'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler.....	99
Çizelge 4.96.	10 katlı Otelin X yönünde GBÇ'nin TBÇ'ye Göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler.....	99
Çizelge 4.97.	Otelin Kat Ağırlıkları	100
Çizelge 4.98.	Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki % Artışlar.....	100
Çizelge 4.99.	Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetindeki % Artışlar.....	101
Çizelge 4.100.	Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm Kolon Boyutlarına Göre Deplasmanlardaki Azalmalar.....	102
Çizelge 4.101.	Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm Kolon Boyutlarına Göre Deplasmanlardaki Azalmalar.....	102
Çizelge 4.102.	60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modeller için İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	104
Çizelge 4.103.	50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modeller için İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	104
Çizelge 4.104.	40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modeller için İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	105
Çizelge 4.105.	30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modeller için İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	105
Çizelge 4.106.	5DDB'nin Kat Ağırlıkları	109
Çizelge 4.107.	5DDB'nin Rayleigh Oranı ile T_1 'in Hesabı.....	109
Çizelge 4.108.	5DDB'nin Toplam Eşdeğer Yüğü.....	110
Çizelge 4.109.	5DDB ve Model A'nın Deplasman Değerleri.....	110
Çizelge 4.110.	5DDB ve Model B'nin Deplasman Değerleri.....	111
Çizelge 4.111.	5DDB'nin Tüm Modelleri için Burulma Katsayıları.....	111
Çizelge 4.112.	5DDB'nin Tüm Modelleri için Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları.....	112
Çizelge 4.113.	Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellenin 5m için Bulunan (V22) Kesme Kuvveti Değerleri.....	114

Çizelge 4.114.	Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellenin 10m için Bulunan (V22)
	Kesme Kuvveti Değerleri.....115

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1	TS 4563'e Ait Yatay Delikli Tuğla.....	12
Şekil 3.2.	Gazbeton (Ytong).....	13
Şekil 3.3.	Prizma Testi Dolgu Duvar Gerilme-Şekil Değiştirme İlişkisi.....	14
Şekil 3.4.	Çerçeve İçindeki Dolgu Duvar Hasar Biçimleri.....	17
Şekil 3.5.	Yumuşak Kat Oluşumunun Muhtemel Nedenleri.....	21
Şekil 3.6.	Kısa Kolon Oluşumu.....	22
Şekil 3.7.	Çerçeve İçindeki Dolgu Düzleminin Üçgen veya Dikdörtgen Sonlu Elemanlar Ağı ile Modellenmesi.....	24
Şekil 3.8.	Dolgu Duvar Örnek Hasar Şekli.....	25
Şekil 3.9.	Dolgu Duvarın Çözümleme Modelinde Temsil Edilmesi.....	25
Şekil 3.10.	Dolgu Duvarlı Çerçevenin İki Ucu Mafsallı Çapraz Eşdeğer Sanal Çubukla Temsil Edilmesi.....	26
Şekil 3.11.	Dolgu Duvarda Kapı ve Pencere Boşluğu Bulunması.....	28
Şekil 3.12.	Betonarme Çerçeve ve Dolgu Duvar	28
Şekil 3.13.	Sonlu Eleman ve Çubuk Elemanlarının Birlikte Kullanılması.....	29
Şekil 3.14.	Sonlu Elemanlarla Oluşturulan Dolgu Duvarlı Çerçeve Modeli.....	29
Şekil 3.15.	Sonlu ve Çubuk Elemanların Bağlantı Elemanlarıyla Birlikte Kullanılması.....	30
Şekil 4.1.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modelleri.....	34
Şekil 4.2.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Basınç Çubuğu Modeli.....	36
Şekil 4.3.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli.....	37
Şekil 4.4.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modelleri.....	39
Şekil 4.5.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Basın Çubuğu Modeli.....	41
Şekil 4.6.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli.....	42
Şekil 4.7.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	45
Şekil 4.8.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	45

Şekil 4.9.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	46
Şekil 4.10.	Beş Katlı ve Beş Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	46
Şekil 4.11.	Otel Kalıp Planı.....	48
Şekil 4.12.	5 Katlı Otelin SAP2000 Model Planı.....	51
Şekil 4.13.	5 Katlı Otelin Duvarsız SAP2000 Modeli.....	51
Şekil 4.14.	5 Katlı Otelin Duvarlı SAP2000 Modeli.....	52
Şekil 4.15.	5 Katlı Otelin xz Düzleminden Duvar Modeli Görünüşü.....	53
Şekil 4.16.	5 Katlı Otelin yz Düzleminden Duvar Modeli Görünüşü.....	54
Şekil 4.17.	5 Katlı Otelin X Yönündeki Birinci Doğal Titreşim Periyod Değerleri Değişimi.....	61
Şekil 4.18.	5 Katlı Otelin X Yönündeki Taban Kesme Kuvveti Değerleri Değişimi.....	62
Şekil 4.19.	5 katlı Otelin 5. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasman Grafikleri.....	63
Şekil 4.20.	5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Maksimum Deplasman Grafikleri.....	65
Şekil 4.21.	5 katlı Otelin Y Yönü için Kalıp Planı.....	68
Şekil 4.22.	5 Katlı Otelin Y Yönündeki Birinci Doğal Titreşim Periyod Değerleri Değişimi.....	76
Şekil 4.23.	10 Katlı Otelin Y Yönündeki Taban Kesme Kuvveti Değerleri Değişimi.....	77
Şekil 4.24.	5 katlı Otelin 5. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasman Grafikleri.....	78
Şekil 4.25.	5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Maksimum Deplasman Grafikleri.....	80
Şekil 4.26.	10 Katlı Otelin Y Yönündeki Birinci Doğal Titreşim Periyod Değerleri Değişimi.....	92
Şekil 4.27.	10 Katlı Otelin Y Yönündeki Taban Kesme Kuvveti Değerleri Değişimi.....	93

Şekil 4.28.	10 katlı Otelin 10. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasman Grafikleri.....	94
Şekil 4.29.	10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Maksimum Deplasman Grafikleri.....	97
Şekil 4.30.	5DDB Kalıp Planı.....	107
Şekil 4.31.	Model A'nın xz Düzleminden A ve 5 Aksı Görünüşü.....	108
Şekil 4.32.	Model B'nin xz Düzleminden Görünüşü.....	108
Şekil 4.33.	Tek Katlı Çerçevelerde Açıklık Sayısının Artması ve Duvar Durumu.....	113
Şekil 4.34.	5 m Açıklık için Yükün Etkidiği Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklenen Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar....	114
Şekil 4.35.	5m Açıklık için İç Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklenen Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar.....	115
Şekil 4.36.	10 m Açıklık için Yükün Etkidiği Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklenen Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar....	116
Şekil 4.37.	10 m Açıklık için İç Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklenen Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar.....	116

1. GİRİŞ

Ülkemizin büyük bir bölümü 1. derece deprem kuşağı üzerinde bulunduğundan yapı sistemlerinin depreme karşı dayanıklı olmaları gerekmektedir. Yaşadığımız mekanlar genellikle çok katlı betonarme yapılardır. Mevcut analiz ve tasarım tekniklerinde çerçeve sistemli betonarme binaların sadece kolon, kiriş ve döşemelerinin sistemde taşıyıcı oldukları, dolgu duvarların yatay yükler altında taşıyıcı etkilerinin ihmal edildiği analizler yapılmaktadır. Dolgu duvarlar betonarme yapıların iç bölümlerinde ve dış kısımlarında kullanılmakta ve yapıyı dış ortamdan ayıran, yapıda mimari açıdan farklı mekanların oluşturulmasını sağlayan yapı elemanlarıdır. Dolgu duvarlar yapısal olmayan elemanlar olarak düşünülmesine karşın deprem yüklerine maruz kaldığında çerçeveye birlikte çalışmaktadır. Deprem sırasında binalarda oluşan hasarlar üzerinde yapılan gözlem ve araştırmalarda dolgu duvarlarda büyük kalıcı şekil değiştirmelerin olduğu saptanmıştır. Dolgu duvar deprem anında ilk çatlayan eleman olmasına rağmen, depremin ilk anında büyük oranda depreme karşı koymakta ve çatlayarak enerjinin bir kısmını sönmlemektedir. Yapılan araştırmalar dolgu duvarların yapının deprem davranışını büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir. Periyod, rijitlik, süneklik ve yük taşıma kapasitesi gibi taşıyıcı sistem davranış özelliklerine önemli derecede etkileri saptanmıştır. Bununla birlikte planda dolgu duvarların düzensiz yerleştirilmesi ve binayı kullananlar tarafından keyfi olarak kaldırılması burulmaya ve yumuşak kat oluşumuna neden olmaktadır. Proje yapılırken dikkate alınmayan yarım bir dolgu duvar deprem yükleri altında kolonların kısa kolon gibi davranarak hesaplanandan daha büyük kesme kuvveti almasına neden olmaktadır. Dolgu duvarların olumlu etkilerinde yararlanmak ve olumsuz etkilerinden korunmak için dolgu duvarlı çerçevenin modellenerek deprem analizi yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, öncelikle tuğla ve gazbeton dolgu duvar malzemelerinin elastisite modülleri ve dolgu duvar modelleri araştırılmıştır. Seçilen dolgu duvar malzemesi ve dolgu duvar modelleri kullanılarak iki boyutlu düzlem çerçeve ve üç boyutlu binalar duvarlı ve duvarsız modellenerek DBYBHY 2007'ye göre deprem analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre dolgu duvarın yapının davranışı, periyodu, taban kesme kuvveti ve deplasmanları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Smith (1962,1969), çalışmasında dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışını anlayabilmek için hem deneysel hem de analitik araştırmalar yapmıştır. Araştırmaların sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitlik ve dayanımının duvar boyutları ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra duvar ile kolon arasındaki temas uzunluğuna bağlı olduğunu göstermiştir. Dolgu duvarını eşdeğer basınç diyagonalı şeklinde varsayarak, bu eşdeğer diyagonalin genişliğini teorik olarak elde ettikten sonra, model deneylerle bu sonuçların doğruluğunu kontrol etmiştir. Yapılan deneysel ve teorik çalışmalar sonucunda, w basınç çubuğu genişliğinin, çerçevenin değişik açıklık/yükseklik oranına göre diyagonal uzunluğunun $1/4$ 'ü ile $1/11$ 'i arasında değiştiği sonucuna varmıştır.

Fiorata ve ark (1969), çalışmalarında tek katlı-tek açıklıklı, beş katlı-tek açıklıklı ve iki katlı-üç açıklıklı model çerçeve deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Deneysel çalışmalarda çerçeve donatısının miktarı, kalitesi ve yerleşim düzeni, kolonlara uygulanan düşey yükün şiddeti, duvar boşluklarının büyüklüğü, şekli ve konumları deney sonuçlarını etkilemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, dolgulu çerçeve sisteminin yatay yük etkisi altında, dolgu duvarlarda kayma çatlakları oluşuncaya kadar bir konsol kiriş gibi davrandığı, çatlak oluşuktan sonraki davranışın diyagonal takviyeli bir çerçevenin davranışına benzediği ileri sürülmüştür.

Ersoy ve ark (1971), çalışmalarında dolgulu çerçevelerin davranışını ve dayanımını incelemek amacıyla, değişik yükler altında dokuz adet betonarme dolgulu çerçeveyi denemişlerdir. Yapılan deneylerle bu çerçevelerin yük taşıma kapasitesi ve rijitliğine etkisi olacağı düşünülen çerçeve açıklığının çerçeve yüksekliğine oranı, dolgu kalınlığı, dolgu ile çerçeve arasında aderansın mevcut olup olmaması, çerçeveye etkiyen yatay yükün düşey yüke oranı gibi değişkenleri incelemişlerdir. Sonuç olarak, teorik çözüm metodu olarak da basınç çubuğu analojisini benimsemişlerdir.

Klinger ve Bertero (1976), çalışmalarında gerçek bir yapıdan alınan $1/3$ geometrik ölçekli, üç katlı ve bir açıklıklı deney elemanları üzerinde deneysel bir çalışma yürütmüşlerdir. Deney elemanları tersinir tekrarlanır yükler altında test

etmişler ve kolon elemanlarına eksenel yük uygulamışlardır. Artan yük aşamalarında çerçeve ile dolgu arasında köşe bölgeler haricinde ayrılmaların olduğunu ve ayrılmanın meydana gelmediği köşeler arsında diyagonal bir basınç çubuğunun olduğu gözlemiştir. Bu aşamadan sonra deney elemanları köşegen doğrultusunda çerçeveye mafsallar ile bağlı bir çubuğa sahip çerçeve gibi davranış sergilemişlerdir. Sonuç olarak dolgunun sistemin yanal dayanımını 4.5 kat arttırdığı, elemanların göreceli kat deplasmanını sınırladığı ve enerji tüketim kapasitesini de önemli ölçüde arttırdığını belirlemişlerdir.

Riddington ve Smith (1977), çalışmalarında dolgu duvarlı çerçeveleri çözmek için bir sonlu elemanlar programı geliştirmişlerdir. Üç tip dolgu duvarlı çerçeve çeşitli parametrelerin etkilerini incelemek için hesaplamışlardır. Bu parametreler dolgu duvar ve çerçeve birleşimlerinin özellikleri, dolgu duvarın uzunluğunun yüksekliğine oranı, relatif rijitlik parametresi ve kolon-kiriş birleşiminin rijitliği olarak belirlemişlerdir. Dolgu duvarlı çerçevenin yatay ötelenmesini hesaplamak için kullanılacak basınç çubuğunun efektif genişliğinin çubuk uzunluğunun 1/10'nuna eşit alınmasının güvenilir olduğunu önermişlerdir.

Meli ve Bazan (1980), çalışmalarında tuğla duvarların sismik davranışını analitik olarak araştırmışlardır. Tuğlanın davranışını lineer ve kırılma sonrası aşamada modelleyip lineer olmayan bilgisayar programı geliştirmek için kırılma kriterleri oluşturmuşlardır. Bu çalışmanın ışığında tuğla duvarların monotonik yatay yük altında lineer olmayan sonlu elemanlar analizinin duvarın yük-deformasyon eğrisi ve çatlak gelişiminin tahmininde başarılı olduğu fakat bu yaklaşımdaki nümerik eforun çok fazla olmasının pratik faydayı azalttığı sonucuna varmışlardır. Bu yüzden pratikte dolgu duvarlı binaların sismik analizinde eşdeğer çubuk yaklaşımı gibi basit modellerin kullanılmasını önermişlerdir.

Bertero ve Brokken (1981), çalışmalarında tuğla ve hafif beton dolgulu duvarlarının betonarme bina çerçevelerine olan etkilerini deneysel ve analitik olarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda bina çerçevelerinin sismik davranışının dolgu duvarlarının etkisiyle önemli ölçüde değiştiği sonucuna ulaşılmış ve hesaplarda dolgu duvarların yapısal sisteme etkilerinin göz önüne alınmasının duvarları yapısal

sistemden izole etme yöntemine göre daha pratik ve gerçekçi olduğu sonucuna varmışlardır.

Liau (1979, 1980, 1985), çalışmalarında depremi benzeştiren dinamik bir yükleme ile bir seri deney elemanı üzerinde çalışma yapmıştır. Deneysel çalışmasında bir açıklıklı dört katlı çelik çerçeve ve betonarme dolgu deney elemanları kullanmıştır. Bu çalışmada değişken olarak boşluk alanı etkisi, çerçeve ve dolgu arasındaki bağlantı detayı ve çerçevenin yükseklik/genişlik oranının etkileri incelemiştir. Bağlantı elemanı olan ve olmayan boşluksuz dolgular diyagonal basınç çubuğundaki ezilme sonucunda göçtüklerini test etmiştir. Çerçeve ve dolgu arasındaki bağlantı elemanlarının, boşluklu ve boşluksuz deney elemanlarında rijitlik ve dayanımı arttırdığını gözlemiştir. Ayrıca boşluğun sistemdeki rijitlik ve dayanımı düşürdüğünü sonucuna varmıştır.

Dhanasekar ve Page (1986), çalışmalarında tuğla dolgu duvar özelliklerinin dolgu duvarlı çerçeve davranışına etkilerini sonlu elemanlar metodunu kullanarak incelemişlerdir. Modelde dolgu duvarın lineer olmayan deformasyon özelliklerinin ve harç bağlantılarının dolgu duvar davranışına etkilerini göz önüne almışlardır. Dolgu duvarlı çerçevenin deneysel davranışının sonlu elemanlar modeli ile başarılı olarak temsil edebildiğini tespit etmişlerdir.

Achyutha ve ark (1986), çalışmalarında tuğla dolgu çerçevelerin analizi için sonlu eleman yöntemi kullanmışlardır. Çerçeveler boşluklu veya tam dolu olarak analiz etmişlerdir. Sonlu eleman modelinde çerçeve ve dolgu arasındaki ayrılma, kayma ve sürtünme kaybı dikkate almışlardır. Araştırmada dolguda yer alan bir adet boşluğun büyüklük olarak değişimi ve boşluk etrafına yerleştirilen rijit çubukların yerleşim şeklindeki değişimin, sistemin yanal rijitlik ve dolgu içindeki gerilme dağılımı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Model ve deneysel sonuçlar karşılaştırılarak modelin doğruluğunu etmişlerdir.

Wasti ve Gülkan (1993), çalışmalarında sonlu elemanlar metodunu kullanarak bir katlı ve bir açıklıklı değişken yükseklikte dolgu duvarlı çerçevelerin lineer olmayan davranışını incelemişlerdir. Dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğinin yatay yük seviyesinin bir fonksiyonu olduğunu ve yatay kırılma yüküne yaklaştıkça rijitliğin düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Çıtıpıtıoğlu ve ark (1997), çalışmalarında binaların yük taşımadığı varsayılan dolgu duvarları ile taşıyıcı sistemleri arasındaki etkileşim için tasarım pratiğinde kullanılabilecek bir yöntem geliştirmişlerdir. Basınç çubukları için kullanılabilecek kesit alanı, elastisite modülü, kırılma yükü gibi bazı özellikleri hesaplamak için grafik ve analitik yöntemler vermişlerdir. Sonuç olarak, yük taşımayan bölme duvarlarının eşdeğer statik deprem yükü altında elastik limit aşılmadan kırılabileceğini görmüşlerdir.

Özcebe ve ark (1998), çalışmalarında çeşitli sebeplerle depreme karşı yeterli dayanımı sağlayamayan ve sünek olmayan çerçeveli binaların dolgu duvarlar ile onarım ve güçlendirilmesi incelemişlerdir. Tek açıklıklı, iki katlı 1/3 ölçekli çeşitli yetersizliklere sahip çerçevelerin, boş halde ve sonra dolgu duvarlar eklenerek depremi benzeştiren yanal yükler altında davranışları incelemişlerdir. Deney sonuçları hasarlı ve hasarsız betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlar ile rehabilitasyonu, yanal rijitlik ve yanal dayanımda çok önemli artışlar sağlandığını görmüşlerdir.

Buonopane ve White (1999), çalışmalarında 1/2 ölçekli, iki açıklıklı ve iki katlı tuğla dolgulu betonarme çerçeve elemanı üzerinde, dinamik yükleme altında test ederek bu sistemi deprem davranışı üzerinde araştırmışlardır. Çalışmada deney sonuçlarını kullanarak sistemin yanal rijitlik ve deplasman kapasitesini tahmin etmek için farklı diyagonal çubuk biçimleri analitik olarak incelemişler ve sonuçlara en uygun olanı araştırmışlardır.

Canbay (2001), çalışmasında betonarme dolgu duvarı ile onarılmış olan boş çerçeveleri üç açıklıklı, iki katlı, 1/3 geometrik ölçeğe sahip bir deney elemanı üzerinde incelemiştir. Gerçek yapılarda uygulanan onarım işlemi sonucunda, yapıyı oluşturan diğer çerçeve elemanları ve betonarme dolgu duvarı ile onarılmış olan çerçeve arasındaki etkileşimin ve yük paylaşımının gerçeğe daha uygun bir şekilde incelenmesini amaçlamıştır. Sonuç olarak boş çerçeveye dolgu duvar eklenmesi sonucunda rijitliğin 15 kat, yatay yük taşıma kapasitesinin 4 kat arttığını gözlemiştir.

Anıl (2002), çalışmasında yerinde dökme kısmi dolgulu betonarme yapıların güçlendirilmesiyle yanal yükler altında kısmi dolgu duvar ile güçlendirilen betonarme çerçevelerin sünekliğini araştırmıştır. Tek katlı, tek açıklıklı, 1/3 oranında

9 adet numuneyi tersinir yanal yükler altında test etmiştir. Kısmi dolgu duvarın belirlenen yüksekliğini ve genişliğini değişik şekillerde yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kısmi duvarın genişlik/yükseklik oranının arttıkça çerçevenin yanal rijitlik ve dayanımının arttığını, dolgu duvar ve çerçeve arasındaki bağlantının dolgulu çerçeve sistem davranışına etki ettiğini belirlemiştir.

Sayın (2003), çalışmasında betonarme yapılarda taşıyıcı eleman olarak ele alınmayan, yalnızca ağırlık olarak sistem analizlerinde yer alan dolgu duvarları, SAP2000 ve Sta4cad yapı analiz programlarıyla modellemiştir. Dolgu duvarları, yapılmış olan deneysel ve analitik çalışmalar ışığında eşdeğer diyagonal basınç çubuğu ve panel olarak modellemiştir. Sisteme dahil olan dolgu duvarlar yapı analiz programlarıyla analiz karşılaştırması yapmıştır. Dolgu duvarın rijitlik, dayanım gibi özelliklerinin belirlenmesi durumunda yapılan modellemelerin sistem davranışını gerçeğe yakın olarak verdiğini gözlemiştir.

Çağlayan (2006), çalışmasında dolgulu betonarme çerçevelerin tüm eleman malzeme özelliklerinin gerçeğe daha yakın alındığı genel amaçlı sonlu elemanlar programı ile dolgulu çerçevelerin doğrusal olmayan çözümü gerçekleştirmiştir. Taşıyıcı sistemi oluşturan betonarme elemanları, çubuklar ile dolgu elemanlar eşdeğer diyagonal basınç çubukları ile modellemiştir. Betonarme elemanların mafsallaşmalarında kirişlerde moment ve kesme etkilerini, kolonlarda eksenel yük, moment ve kesme etkilerini, dolgularda da sadece eksenel yük etkilerini dikkate almıştır. Dolgu duvar etkisini dikkate almadan önceki kapasite kuvveti sonuçlarıyla hesaba aldığı durum arasında % 5 bir artış olduğunu görmüştür.

Çağatay ve Güzeldağ (2002), çalışmalarında Adana-Ceyhan'da 1998 yılında meydana gelen ve birçok endüstriyel binada gözlenen hasarlara neden olan kısa kolon-dolgu duvar ilişkisiyle ilgili çalışmalar yapmışlar ve kısa kolon oluşumunu önlemeye yönelik öneriler sunmuşlardır. Yapılan çalışmada kısa kolon davranışında etkili olan dolgu duvar ve diğer faktörleri araştırmışlardır. İlk olarak kısa kolon duvarlarının bulunduğu doğrultuda, değişik açıklıklara sahip yapılarda kısa kolon davranışını incelemişlerdir. Bu yapılarda kısa kolon doğrultusundaki açıklık miktarına bağlı olarak kısa kolon kesme kuvveti değerlerinin arttığını görmüşlerdir. Ayrıca, kısa kolon duvarlarının bulunmadığı doğrultuda, değişik açıklıklara sahip

yapılar üzerinde bu davranışı incelemiş ve bu doğrultuda bırakılan açıklık sayısının arttıkça kısa kolon kesme kuvvet değerlerinin duvarsız sistemde oluşan kesme kuvvet değerlerine oranla arttığını gözlemlemişlerdir.

Karşlıoğlu (2005), çalışmasında çok katlı binalarda bulunan tuğla duvarların yapı davranışına olan etkisini incelemiştir. 2 bodrum katı, 1 zemin katı, 1 asma katı ve 10 normal katı bulunan binanın çerçeve sistemini SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellemiş ve bu model ışığında dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız iki ayrı modelin dinamik analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, tuğla dolgu duvarın yapıya eklenmesiyle, periyot, yatay deplasman, taban kesme kuvveti ve yumuşak kat oluşumunda farklılıklar olduğunu gözlemlemiştir.

Çağatay (2005), çalışmasında kısa kolon oluşumuna neden olan dolgu duvar yüksekliğinin ve yapı açıklık sayısının binanın kısa kolon kesme kuvvetine etkileri incelemiş ve yapının dolgu duvarsız ve değişik oranlarda dolgu duvarlı olması durumunda boşluk oranının kesme kuvvetine etkisini araştırmıştır. Çalışmada tek açıklıklı bir yapıdan beş açıklıklı bir yapıya kadar olan açıklık sayısının yapının kısa kolon kesme kuvvetine olan etkisini incelemiştir. Yapının deprem analizini dolgu duvar uzunluğu yönünde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemini kullanarak SAP2000 programı ile yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda dolgu duvardaki boşlukların ve açıklık sayısının dolgu duvarların bağlandığı kolonların kesme kuvvetini önemli derecede etkilediğini görmüştür.

Güney ve Boduroğlu (2006), çalışmalarında simetrik ve asimetrik yapı modellerini hesaplayarak, farklı deprem etkileri altında tepkileri yorumlamışlardır. Taşıyıcı elemanlar ve duvarlar, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellemişlerdir. Yazılan programda sayısal integrasyon yapılarak, yapı dinamik tepki karakteristiklerini elde etmişler, bulunan verilerin karşılaştırılmasına dayanarak duvarların, yapıların dinamik ötelenme ve burulma tepkisine yaptığı katkıları göstermişlerdir.

Dündar (2006), çalışmasında bölme duvarların betonarme yapıların deprem davranışına etkilerini irdelemiştir. Bu amaçla ilk olarak düzlem modeller oluşturmuştur. Bölme duvarlar için sonlu elemanlar ve çoklu payandalı modelleri kullanarak SAP2000 yapı analiz programında farklı davranış özelliklerine sahip yapı

elemanlarının birbirleri ile etkileşimini modellemek amacıyla, temas bölgelerine bağlantı (link) elemanı yerleştirmek suretiyle analizler yapmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, duvarın yük dağılımını değiştirdiğini, taşıyıcı elemanlardaki kesit tesirlerinin bazı noktalarda duvarsız modellerdeki sistemlere göre daha yüksek çıkmasına sebep olduğunu belirlemiştir.

Mutlu (2007), çalışmasında deprem etkisindeki betonarme binalarda kısa kolon etkisinin taşıyıcı sistemde ve dolgu duvarlarda nasıl deprem hasarları meydana getirdiğini incelemiştir. Üç katlı bir binayı modellemiş, zemin katta farklı şekil ve boyutlarda bant pencereleri ele almıştır. Taşıyıcı elemanlar ile duvarları, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellemiştir. Sonuç olarak, tuğla duvarların bitişik oldukları kolonların şekil değiştirmelerini engellediğini ve kolon boyu çok kısaldığı için oluşan kesme kuvvetlerinde ani artmalar meydana geldiğini görmüştür.

Tetik (2007), çalışmasında dolgu duvarların ve planda duvar yerleşiminin yapı davranışına etkisini incelemek amacıyla değişik dolgu duvar yerleşimlerine sahip betonarme yapıları incelemiştir. Dolgu duvarların modellenmesi için iki ucu mafsallı çapraz pandül çubukları kullanmıştır. Sonuç olarak, dolgu duvarların yapının rijitliğini önemli ölçüde arttırdığını, bunun sonucunda da yapı periyodunda azalmaya neden olduklarını saptamıştır. Dolgu duvarlardaki boşlukların rijitlikte neden olduğu azalmayı incelemiş ve boşluksuz durumunda %56 mertebelerinde olan periyot azalma oranının %37'ye düştüğünü hesaplamıştır. İncelenen binalarda, dolgu duvarların yapı periyotlarında ortalama %50 - %70 oranında azalmaya neden olduklarını görmüştür.

Aruselman ve ark (2007), çalışmalarında betonarme çerçevelerde dolgu duvar etkisini araştırmak için çeyrek ölçekli, 5 katlı ve 3 açıklı çerçevenin orta açıklığına tuğla duvar örmüşler ve tersinir deprem yükleri altında test etmişlerdir. Sonuç olarak, çerçevenin bozulmaya başlamadan önce tuğla duvarda diyagonal çatlaklar oluştuğunu görmüşlerdir. Alt katta tuğla duvar yıkıldıktan sonra yumuşak kat davranışının olduğunu ve diyagonal çatlakların oluşmasından sonra alt kattaki dolgu duvarların etkisini yitirdiğini ve dolgu duvarın kirişlerden ayrıldığını tespit etmişlerdir.

3. MATERİYAL VE METOD

Bu bölümde ilk olarak deprem analizi için kullanılan DBYBHY 2007’de belirtilen konulara kısaca değinilecektir. Daha sonra bu tezin araştırma konusu olan binalardaki dolgu duvarların davranışı, modelleme biçimleri ve dolgu amacıyla kullanılan malzemelerin özellikleri hakkında bilgi verilecektir. Son olarak örneklerin modelleme ve analizlerinin yapıldığı SAP2000 adlı üç boyutlu yapı analiz programından kısaca bahsedilecektir.

3.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

Türk Deprem Yönetmeliği’nde, yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı olarak tasarımının ana ilkesi, binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanların hafif şiddetteki depremlerde herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılması olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdaki şiddetli deprem, bina önem katsayısı $I=1$ olan binalar için, 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olan depremdir.

3.1.1. Analiz Yöntemleri

Deprem etkisi altında bulunan bina veya bina türü yapıların, taşıyıcı sisteminde boyutlandırmaya esas olacak kesit tesirlerinin bulunmasında farklı üç çözüm yöntemi vardır.

3.1.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik Analiz)

Bu yöntemde taşıyıcı sistemi kolon, kiriş ve perdelerden oluşan yapılara etkileyen deprem yükleri, yapının kat hizaları seviyesinde etkileyen yatay yükler olarak kabul edilir. Bu yatay yüklerin, binanın birbirine dik iki doğrultuda ayrı ayrı etkideği varsayılarak, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kesit tesirleri bulunmaktadır.

3.1.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi (Spektrum Analizi)

Yapı davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan etkisinin ayrı ayrı bulunmasından sonra, uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen bir çözüm yöntemidir. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanmaktadır.

3.1.1.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Çözümü zaman alıcı olan bu yöntemde, gerçek deprem kayıtları veya onu temsil edebilecek kayıtlar kullanılarak, yapının dinamik analizi yapılmaktadır. Deprem yönetmeliği bu yöntemi, nükleer santraller gibi çok önemli yapıların tasarımında kullanılmasını önermektedir.

Bu çalışmada yukarıdaki analiz yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Atımtay (2000), depremin binada çok büyük elastik ötesi oluşumlara neden olduğunu, hangi hesap yöntemi kullanılırsa kullanılsın eksikler kalacağından bahsetmiştir. Ancak, kuvvetler dengesinin her zaman sağlanması gerektiğini ve bunun sağlanması şartıyla Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılacak basit bir yöntem olduğunu vurgulamıştır.

3.2. Betonarme Yapının Dolgu Duvarı

Bayülke (2003), dolgu duvarın yapının deprem ve düşey yükler altında davranışına, rijitlik, taşıma gücü, periyot ve sönüm gibi dinamik özelliklerine önemli katkıları olduğunu, bu katkıların yapı hesap ve tasarımında genellikle dikkate alınmamasının nedeni olarak dolgu duvar malzemelerinin dayanımlarının çok değişken olması yanında duvar dayanımına önemli katkısı olan işçiliğinin denetlenme zorluğundan da etkilenen duvar dayanımının çok değişken ve güvenilir olmamasından kaynaklandığı üzerinde durmuştur.

Yapılardaki yatay yük taşımayacağı varsayılan bütün duvarların deprem yükleri karşısında taşıma güçlerine ulaşana kadar perde duvar gibi davrandığı, betonarme

çerçevesi yapılarında kolonlar arasındaki dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü olduğu belirlenmiştir (FEMA-178).

3.3. Dolgu Duvar Dayanımları

Duvarların, duvar düzlemi içinde yatay derzlerine dik ve paralel etkiyen yükler altında dayanımları önemlidir. Derzlere dik yönde gelen yüklere dayanım duvarın basınç dayanımı, yatay yönde gelen yüklere dayanım kesme dayanımıdır. Deprem yükleri açısından duvarın kesme dayanımı önemlidir (Bayülke, 2003).

3.3.1. Duvar Basınç Dayanımı

Duvarın basınç dayanımı duvardaki blok, harç dayanımı, derzlere konulan harç kalınlığı ve kullanılan harcın tazeliği gibi birçok yapı tasarım aşamasında bilinmeyen ya da sayısal olarak belirtilmeyen faktörlere bağlıdır. Genellikle duvar basınç dayanımı tuğla ya da blok basınç dayanımının %25 - %50'si kadardır. Düşük basınç dayanımlı tuğladan yapılmış duvarın basınç dayanımı duvar bloğunun basınç dayanımının %50'si, yüksek basınç dayanımlı tuğla ya da bloktan yapılmış duvarda ise duvar dayanımı duvar bloğunun basınç dayanımının % 25'i kadardır (Bayülke, 1992).

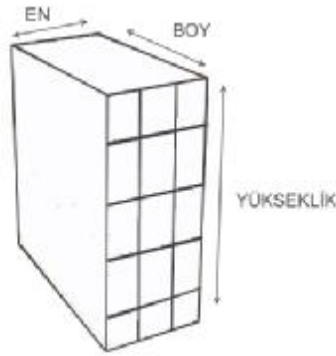
3.3.2. Duvar Kesme Dayanımı

Duvar çatlayınca tuğla ile harç arasındaki yapışma (aderans) yok olur, duvarın kesme dayanımı bu çatlak ara yüzeyindeki tuğlalar ya da bloklarla harç arasındaki sürtünme kuvveti ile oluşur ve çatlak genişleyip duvar blokları birbiri üzerinde kaydıkça sürtünme alanı azalacağı için sürtünmeye bağlı kesme dayanımı da giderek azalır. Duvardaki düşey yük büyük ise sürtünmeye bağlı kesme dayanımı daha yüksektir. Betonarme çerçevesi yapıların dolgu duvarlarının nominal kesme dayanımlarının 1.0 ile 2.0 kg/cm² arasında olduğu kabul edilebilir. 350 cm açıklığında ve 20 cm genişliğinde bir dolgu duvarın düzlemine paralel olarak taşıyabileceği kesme kuvveti $350 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1.0 \text{ kg/cm}^2 = 7000 \text{ kg}$ 'dır (Bayülke, 2003).

3.4. Betonarme Yapıların Dolgu Duvarında Kullanılan Malzemeler

3.4.1. Tuğla

Yatay delikli dolgu tuğlalarının basınç dayanımı düşüktür. Bunun bir nedeni boşluk oranlarının büyük olması, diğeri ise boşlukların doğrultusuna dik yönde yüklenmeleridir.



Şekil 3.1. TS 4563'e Ait Yatay Delikli Tuğla

Modelleme yapılırken dış duvarlarda 13.5'luk, iç duvarlarda ise 8.5'luk yatay delikli tuğla kullanılmıştır. Kullanılan tuğlaların özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ebatlarına Göre Yatay Delikli Tuğlanın Özellikleri

(<http://www.artugtugla.com>)

Özellik	8.5'luk Yatay Delikli Tuğla	13.5'luk Yatay Delikli Tuğla
Yükseklik x En x Boy (cm)	8.5 x 19 x 19	13.5 x 19 x 19
Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	4.0	5.2
1 adet Ağırlığı (kg)	2.0	3.0
1 m ² 'ye Düşen Tuğla Sayısı (Adet)	25	25 veya 33

3.4.2. Gazbeton

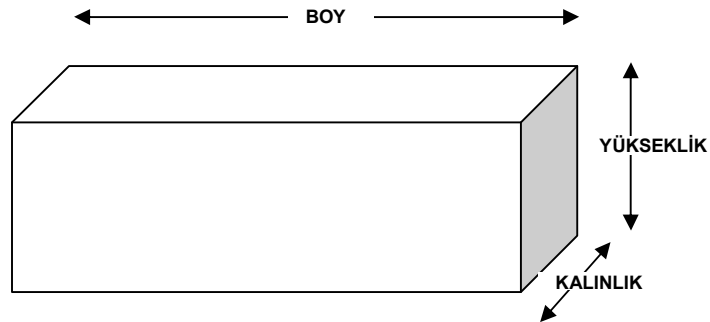
Ytong literatürde gazbeton olarak bilinen, hacim olarak %70-80 küçük, yuvarlak ve homojen gözeneklerden oluşan, hafif, depreme ve yangına dayanıklı

yapı malzemesidir. Betonarme yapı sistemlerinde dış ve iç dolgu duvar malzemesi olarak ya da yığma yapılarda taşıyıcı dış ve iç duvar malzemesi olarak kullanılırlar.

Modellerde dolgu duvar olarak G2 sınıfı gazbeton kullanılmıştır, Çizelge 3.2’de G2 sınıfı gazbetonun özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Ebatlarına göre Gazbetonun Özellikleri (<http://www.tgub.org.tr/>)

Özellik	İç Duvarlarda Kullanılan	Dış Duvarlarda Kullanılan
Boy x Yükseklik x Kalınlık (cm)	60 x 25 x 8.5	60 x 25 x 19
Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	2.5	2.5
1 Adet Ağırlığı (kg)	5.1	12
1 m²'ye Düşen Tuğla Sayısı (Adet)	6.66	6.66



Şekil 3.2. Gazbeton (Ytong)

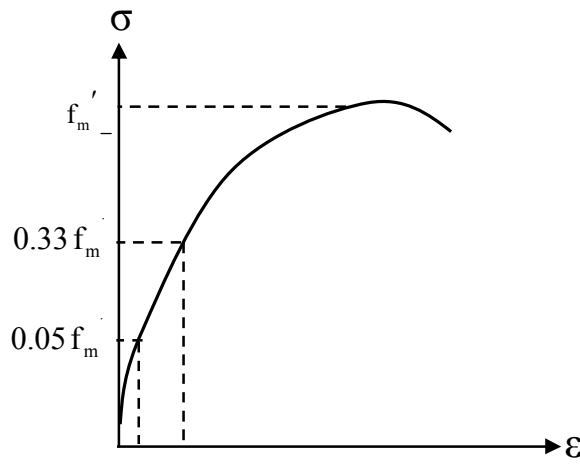
3.5. Dolgu Duvar Malzemelerinin Elastisite Modülü

Dolgu duvar davranışının çerçeve sistemlere etkisinde, duvarın rijitliğini etkileyen dolgu duvar elastisite modülünün önemi büyüktür. Dolgu duvar homojen bir eleman olmadığı için çeşitli (yatay, düşey, çapraz) yönlerdeki elastisite modülü birbirinden farklıdır.

Dolgu duvar elastisite modülü, malzemenin basınç dayanımına, yüksekliğine, harç tabakası basınç dayanımına ve harç tabakası yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca dolgu duvar elastisite modülü sıvalı ve sıvasız duvarlar için

farklı değerler almaktadır. Sıva kalınlığı da dolgu duvar elastisite modülünü değiştirmektedir.

ACI-530-95 standardına göre dolgu duvar prizma testinden elde edilen gerilme-şekil değiştirme bağıntısında en büyük gerilme değeri olan dolgu duvar prizma basınç dayanımının (f'_m) %33 ve %5 lik değerine karşılık gelen iki nokta arasındaki doğrunun eğimi, dolgu duvar elastisite modülü olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.3. Prizma Testi Dolgu Duvar Gerilme-Şekil Değiştirme İlişkisi

Dolgu duvar elastisite modülü (E_m) denklem (3.1) bağıntısıyla bulunabilmektedir.

$$E_m = \frac{\sigma_{0.33} - \sigma_{0.05}}{\epsilon_{0.33} - \epsilon_{0.05}} \quad (3.1)$$

Burada,

$\epsilon_{0.33}$: Duvar prizma basınç dayanımının %33 ü olan $\sigma_{0.33}$ gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme

$\epsilon_{0.05}$: Duvar prizma basınç dayanımının %5 i olan $\sigma_{0.05}$ gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme

3.5.1. Tuğla Dolgu Duvar Elastisite Modülü

Yapılan bazı çalışmalar incelenerek araştırmacıların çalışmalarında kullandıkları tuğla dolgu duvar elastisite modülleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. E_d basınç altındaki duvarın elastisite modülü ve E_c betonun elastisite modülüdür.

Çizelge 3.3. Tuğla Duvar Elastisite Modülleri

E_d (MPa)	E_c (MPa)	Çalışmayı Yapan, Yıl	Üniversite	E_d / E_c
5200	30000	Aydoğdu, 1995	YTÜ	1/6
6000	28500	Erkaya, 1996	İTÜ	1/5
1240	30000	Yalçın, 1999	İTÜ	1/24
5000	28500	Tüzün, 1999	DEÜ	1/6
2850	28500	Çağatay, 2002	ÇÜ	1/10
6000	12000	Öktem, 2003	İTÜ	1/2
15200	29600	Erçetin, 2004	CBÜ	1/2
1393	28500	Karşlıoğlu, 2005	KSÜ	1/20
700	25310	Dündar, 2006	ÇÜ	1/36
1650	25000	Özdoğu, 2006	SAÜ	1/15
17000	28500	Budak, 2006	YTÜ	1/1.7
714	29600	Çağlayan, 2006	CBÜ	1/40
1000	28000	Tarakçı, 2006	PAÜ	1/28
3000	32000	Dönmez, 2006	İTÜ	1/10
1000	-	DBYBHY, 2007	-	-

Yücesan (2005), yaptığı çalışmada nominal boyutları 215 x 105 x 65 mm olan, üzerinde 2.5 cm çaplı 5 x 2 düzeninde 10 adet delik bulunan pres tuğla kullanmıştır. Duvar elemanının elastisite modülünü belirleyebilmek için 3 ve 4 sıralı pres tuğladan oluşan 5'er numuneyi basınç kuvvetlerine maruz bırakmıştır. Deneyler sırasında numunedeki boy değişimini kaydetmiş ve bu verilerden gerilme-şekil değiştirme grafiklerini elde edilmiştir. Bu grafikleri kullanarak duvar elemanının y yönündeki elastisite modülünü 10 adet elastisite modülü değerinin ortalamaları ve standart sapma değerlerinden yola çıkarak %90 güvenlikte kullanılabilecek değer olarak 6781 MPa olarak belirlemiş ve x yönü için 4272 MPa olarak hesaplamıştır.

Bu çalışmada tuğla duvar için elastisite modülleri DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere 1000 MPa ve Çağatay (2002)'de kullanılan 2850 MPa olarak örneklerde kullanılmıştır.

3.5.2. Gazbeton Dolgu Duvar Elastisite Modülü

Karaduman (2004), yaptığı çalışmasında G2 sınıfı gazbeton kullanmış ve sıvasız olarak dolgu duvarın elastisite modülünü 1500 MPa olarak seçmiştir. Sıva etkisi göz önüne alındığında dolgu duvarın elastisite modülü 2091 MPa, birim hacim ağırlığı 400 kg/m^3 , basınç dayanımı ise 2.5 MPa olmaktadır.

Babayev ve ark (2002), yaptıkları çalışmalarında örgü amaçlı kullandıkları gazbeton bloklardan $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ olan küpler ve $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ olan prizmalar keserek dayanımları, elastisite modülü ve Poisson oranını deneysel olarak belirlemişlerdir. Bulunan değerler Çizelge 3.4’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.4. Gazbeton Duvarın Fiziksel Özellikleri

Özgül Ağırlığı (N/m^3)	Ortalama Küp Dayanımı (MPa)	Ortalama Prizmatik Dayanımı (MPa)	Ortalama Başlangıç Elastisite Modülü (MPa)	Ortalama Poisson Oranı
7500-8000	4.90	3.32	1620	0.21
9000	4.60	3.08	1570	0.20
8000-8500	3.60	2.64	1490	0.19

Sesigür ve ark (2007), yaptıkları çalışmalarında duvar panelinde gazbetonun elastisite modülünü 1750 MPa olarak tanımlamışlardır.

Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği resmi internet sitesinde duvar blokları için gazbetonun fiziksel özelliklerini Çizelge 3.5’de olduğu gibi açıklamıştır.

Çizelge 3.5. Gazbeton Duvar Blokları (<http://www.tgub.org.tr/>)

Malzeme Mukavemet Sınıfı	G2	G3	G4	Birim
Ortalama Basınç Dayanımı	2.5	3.5	5.0	MPa
Elastisite Modülü	1250	1750	2250	2750

Bu çalışmada gazbeton dolgu duvar için elastisite modülü, Karaduman (2004), yaptığı çalışmada kullandığı gibi 2091 MPa olarak seçilmiştir.

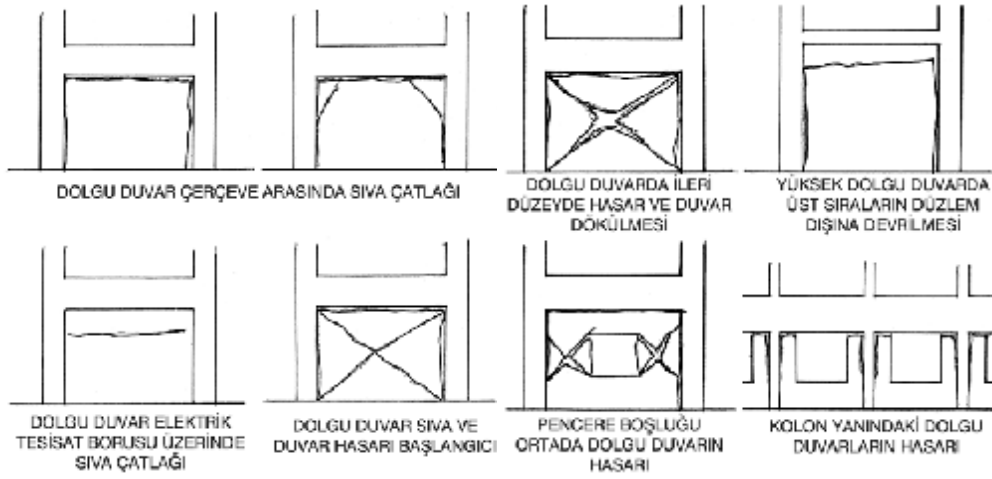
Gazbeton ile örülmüş dolgu duvarın kırılma dayanımı delikli tuğla ile örülmüş duvarın kırılma dayanımının yaklaşık iki katıdır (Çıtıpıtıoğlu ve ark, 1997).

3.6. Dolgu Duvarın Yapı içindeki Durumu

Dolgu duvarlar yapının betonarme çerçeve içindeki hacimlerini ayırmakta ve yapının dış kabuğunu oluşturmaktadır. Bu nedenle dolgu duvarlar çoğunlukla betonarme çerçevenin açıklıkların doldurmakta ve betonarme kolonlar ve kirişler tarafından kuşatılmış bir düzlem oluşturmaktadır.

3.7. Betonarme Çerçeve Düzlemi İçindeki Dolgu Duvarların Davranışı

Betonarme çerçeve içindeki duvarlar genellikle çerçeve tarafından korunur. Aynı zamanda çerçevenin hareketini kısıtlayıp yatay yük taşırlar. Önce dolgu duvar ile çerçeve arasında ayrışma ile başlayan hasar daha sonra daha yüksek deprem yatay yük düzeylerinde X-biçimine kesme çatlakları ile ilerlemektedir. Daha da yüksek yatay yük düzeylerinde X-çatlakları çok genişlemekte ve duvardan kırılmış ve çevresi tümü ile çatlamış duvar ve duvar parçaları dökülmüştür. Bu tür duvarların hasar aşamaları, çatlak biçimleri Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Çerçeve İçindeki Dolgu Duvar Hasar Biçimleri (Bayülke, 2003)

3.8. Dolgu Duvarların Yapıların Davranışına Etkileri

Dolgu duvarların çerçevelerle etkileşimi yapının yatay yükler altındaki yapının yük taşıma kapasitesi, rijitlik, sönüm ve titreşim periyodu gibi başlıca

kavramlar bakımından yapı sistemlerinin davranışını olumlu ve/veya olumsuz yönde etkilemektedir.

3.8.1. Yük Taşımaya Katkı

Dolgu duvarlı ve duvarsız çerçevelerin yatay yükler altında davranışlarını belirleme deneylerinde dolgu duvarlı betonarme çerçevenin yatay yüklere karşı dayanımlarının dolgu duvarsız çerçeveler göre en az iki kat daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Govindan ve ark, 1986).

Dolgu duvar malzemesinin çok boşluklu ve düşük dayanımlı dolgu duvardan olduğu durumlarda dolgu çerçevenin yatay yük taşımaya katkısının dolgu duvarsız çerçeveye göre en çok %40 kadar daha fazla olduğu tespit etmiştir (Vintzeleou, 1989).

Yaptıkları deneyler sonucunda, dolgu duvarlı yapının yatay yük taşıma kapasitesinin, dolgu duvarsız yapıya oranla 1.5 kat daha fazla olduğu, yumuşak katlı betonarme yapı ile duvarsız betonarme yapının yatay yük taşıma kapasitelerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Negro ve Verzeletti, 1996).

3.8.1.1. Düşey Yük Taşımaya Katkı

Altında dolgu ya da bölme duvarı olmayan kirişlerin daha çok sehim yaptığı bilinmekte ve gözlenmektedir. Bazı yapılarda altında dolgu duvarı olmayan kirişlerin açıklık ortalarında ya eğilme momenti ya da mesnetlerine yakın bölgelerinde kesme çatlakları ya da her iki tür çatlağın birlikte olduğu gözlemlenmiştir. Fakat aynı boyutta ve açıklıkta altında dolgu duvar olan kirişlerde bu çatlaklar görülmemiştir. Buna neden olarak kirişin düşey yükünü altındaki duvara aktarması gösterilmiştir (Bayülke, 2003).

3.8.1.2. Deprem Yüğü Taşımaya Katkı

Yapılardaki yatay yük taşımayacağı varsayılan bütün duvarların deprem yükleri karşısında taşıma güçlerine ulaşana kadar perde duvar gibi davrandığı,

betonarme çerçeveli yapılarda kolonlar arasındaki dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü olduğu belirlenmiştir (FEMA-178).

3.8.2. Rijitliğe Katkı

Govindan ve ark (1986), çalışmalarında tekrarlı yükler altında duvarsız ve duvarlı betonarme çerçevelerin rijitliklerinin değişimini incelemişlerdir. Rijitliği en üst katta birim yer değiştirme oluşması için gerekli kuvvet olarak tanımlamışlardır. Yükleme başlangıç safhalarında duvarlı betonarme çerçevenin duvarsız betonarme çerçeveden 5 kat daha rijit olduğunu ve yatay yükler altında dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğinin duvarsız çerçevenin 2.67 katı olduğunu tespit etmişlerdir.

Negro ve Verzeletti (1996), çalışmalarında iki tip çerçevenin en üst katta oluşan maksimum yer değiştirmelerini karşılaştırmış ve dolgu duvarlı çerçeve sisteminin oluşan maksimum deplasmanının basit çerçeveden yaklaşık 2.6 kat daha az olduğunu ve dolgu duvarlı çerçeve sisteminin rijitliğinin basit çerçeveye göre çok yüksek olduğunu gözlemişlerdir.

3.8.3 Sönüme Katkı

Dolgu duvarlar ile çerçevenin kolon ve kirişlerle olan ara yüzeylerindeki hareket, yapıya sönüm sağlamaktadır. Dolgu duvarla çerçevenin ayrışması, dolgu duvar içinde olan çatlaklar yapının sönümünü daha da artırır. Bu ara yüzeyler arasındaki hareketin sonucu oluşan sürtünme kuvvetleri önemli miktarda deprem enerjisi tüketir (Bayülke, 2003). Yapılan birçok deney sonucunda dolgu duvarlar, devirli sarsıntı şokları esnasında, bünyesinde oluşan kayama ve sürtünmeler, basınç uçlarındaki ezilmeler gibi davranışlarla, yapının enerji sönümü özelliğini de artırır (Zarnic, 1995).

3.8.4. Titreşim Periyoduna Katkı

Şiddetli depremlerde yapıların ölçülmüş periyotları ile analitik yöntemlerle hesaplanmış periyotları arasında önemli farklar vardır. Periyot hesaplarında dolgu duvarların katkısı dikkate alınmadan bulunan periyotlar yapıda alınmış deprem kuvvetli hareket kayıtlarından hesaplanmış periyotlara göre daha uzundur. Buna

karşılık dolgu duvarların rijitliğe olan katkısı da dikkate alınmış periyotlar ile depremde ölçülmüş periyotlar birbirine daha yakındır. Deprem kuvvetlerinin genliğinin büyümesi ve dolgu duvarda çatlak oluşması ile birlikte yapıların titreşim periyotları uzamakta ve yapının salt taşıyıcı çerçeve sistemi dikkate alınarak hesaplanmış periyoduna yaklaşmaktadır.

Dolgu duvarların varlığı düşük yatay yük düzeylerinde, yapının periyodunu kısaltır. Deprem sonucu duvarların çatlayıp hasarın başlaması ve giderek artması ile yapının periyodu uzamakta ve yalnızca taşıyıcı sistem dikkate alınarak bulunmuş periyoduna yaklaşmaktadır. Böylece dolgu duvarın yapının titreşim periyoduna katkısı azalmaktadır. Deprem sırasında yapı periyodundaki değişimler de yapıya gelen deprem yükünün düzeyini değiştirmektedir (Bayükle, 2003).

3.9. Dolgu Duvarların Yapı Davranışı Üzerine Olumsuz Etkileri

Yapılarda alanları bölmek için inşa edilen dolgu duvarların sadece yatay yük taşıma kapasitesinde artışa sebep olduğu, dolayısıyla dinamik etkiler altındaki davranışı olumlu yönde etkilediği yaygın bir düşüncedir. Buna karşılık, gerçekte dolgu duvarlar nedeniyle yapının davranışının değiştiği ve bu sebeple depremde oluşan hasarın beklenenden daha büyük olduğu sayısız örnek vardır. Dolgu duvarlar burulma, yumuşak kat ve kısa kolon gibi olumsuz yapı sistem davranışlarına neden olabilmektedir.

3.9.1. Burulma Etkileri

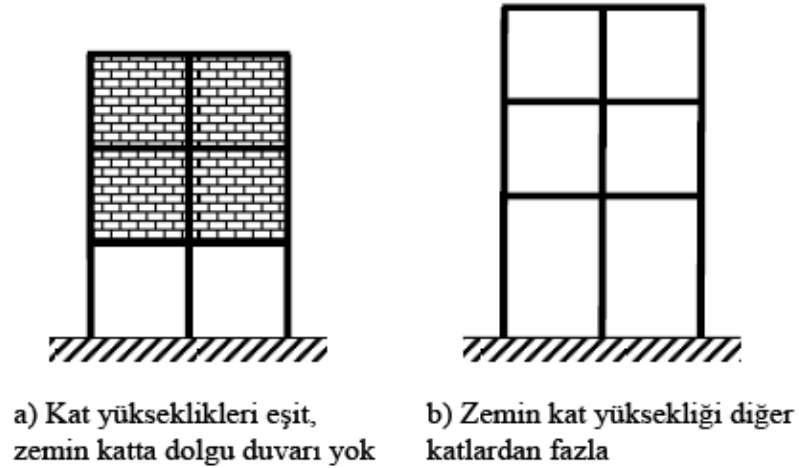
Dayanıksız ve kırılğan olmalarına rağmen dolgu duvarlar, yatay yükler altında yapının davranışını değiştirebilir ve taşıyıcı sistemin bazı elemanlarında hesaplarda öngörülmeeyen etkilere neden olabilir. Örneğin simetrik çok katlı bir yapıda dolgu duvarların, planda mimari nedenlerden dolayı düzenli yerleştirilmediği bir durumda tasarım aşamasında, dolgu duvarların göz ardı edilmesi ile çözülecek olan sistemin her doğrultusundaki çerçevelerin benzer etkilere maruz kalacağı söylenebilir. Gerçek durum da dolgu duvarlar nedeniyle duvar olan çerçevelerin rijitlikleri, diğerlerine nazaran daha büyük olacaktır. Sistemin tümü için düşünüldüğünde rijitlikteki bu artış nedeniyle yapının doğal periyodu küçülecek ve

sistemin rijitlik merkezinin kütle merkezinden uzaklaşması ile oluşacak eksantiriste nedeniyle yapıda, hesaplarda öngörülmeven burulma etkileri oluşacaktır.

3.9.2. Yumuşak Kat Etkileri

DBYBHY 2007’de birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i ’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} ’nin 2.0’den fazla olması durumunda yumuşak oluştuğu ifade edilmektedir.

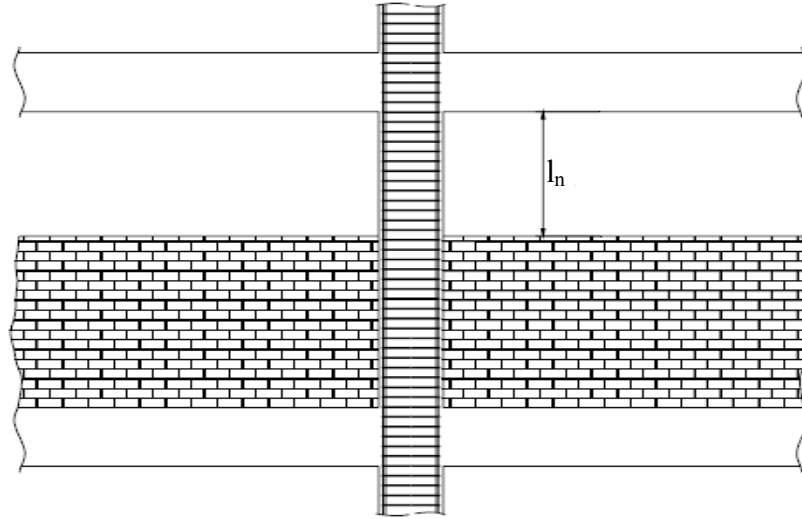
Yapısal hasarlar büyük ölçüde yumuşak katta toplanarak çoğunlukla binanın göçmesine yol açarlar. Göçme gerçekleşmemiş olsa bile hasar çok fazladır. Zemin katın yumuşak kat olması halinde önce bu kat kolonları kırılmakta ardından üst katlar bu katın üzerine yıkılmaktadır. Genellikle cadde ve sokaklarda zemin katın ticari amaçlı kullanımı yaygın olduğundan birçok binada bu katlarda kat yüksekliği diğer katlardan daha büyüktür ve bölme duvarları da eksiktir (Yüksel, 2008).



Şekil 3.5. Yumuşak Kat Oluşumunun Muhtemel Nedenleri (Yüksel, 2008)

3.9.3. Kısa Kolon Etkileri

Dolgu duvarların yapılar üzerinde oluşturabileceği olası diğer bir olumsuzluk ise, pencere veya boşluk gibi sebeplerden dolayı dolgu duvarların kat yüksekliği boyunca devam ettirilmemesi ile boşluk bırakılmasıdır. Tasarım aşamasında duvarın etkisi ihmal edildiğinde yatay kuvvetler altında, plastik kesitlerin kolonların alt ve üst uçlarında oluşması beklenir ve kolonlar hesaplanan kayma kuvvetini belirli güvenlikte taşıyabilecek şekilde tasarlanır. Ancak, gerçek davranışta dolgu duvarların varlığı nedeniyle, kolonun serbest açıklığı küçülecek ve kolon alt ucunda oluşması beklenen plastik kesit, duvarın üst bitim bölgesi seviyesinde oluşacaktır. Bu durumda kolonların, tasarlandıkları maksimum kuvvetten daha büyük kesme kuvvetlerine maruz kalmalarına sebep olmaktadır.



Şekil 3.6. Kısa Kolon Oluşumu (DBYBHY 2007)

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n \quad (3.2)$$

V_e : Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti

M_a : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

$M_{\bar{u}}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

l_n : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı

3.10. Dolgu Duvar Analiz Yaklaşımları

Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışı ve çerçeve sistemlere etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Araştırmalar sonucunda çeşitli modelleme türleri ve formüller sunulmuştur. Bugüne kadar yapılan çalışmalardan, dolgulu çerçeve sistemin analizi için geliştirilen yaklaşımlar, iki ana başlık altında toplanabilir.

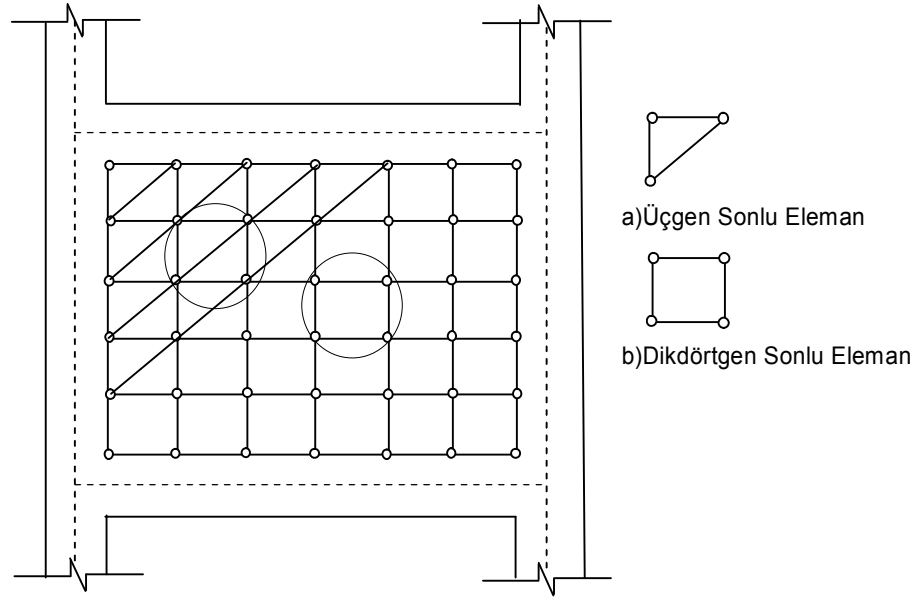
3.10.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Yaklaşımı

Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yaklaşımı, dolgulu çerçeveler için çok basit bir hesap tarzı getirmektedir. Bu yaklaşımda, kat hizalarına tesir eden yatay kuvvetler altındaki dolgunun, kuvvetin tesir ettiği bu düğüm noktası ile diyagonaldeki düğüm noktası arasında bir basınç çubuğu gibi davrandığı varsayılmaktadır (Smith, 1962).

3.10.2 Sonlu Elemanlar Yaklaşımı

Bu yaklaşımda sürekli bir ortam kabul edilen düzlem dolgu sistem, iki boyutlu üçgen veya dikdörtgenlerden oluşan elemanlar ile modellenir (Şekil 3.7). Bu modelleme ile sistem, sadece düğüm noktalarında denge ve süreklilik şartlarını sağlayan sonlu sayıda (bir veya birden fazla) elemanlardan oluşmuş çok yüksek dereceden hiperstatik bir düzlem gerilme problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Bilgisayar kullanımı ile çözümü mümkün olan bu yaklaşımda dolgu ile çerçeve arasındaki uygunluk tam olarak sağlanabilmektedir (Sayın, 2003).

Modellemede dolgu duvarın çerçeve sistemine etkisinin doğru şekilde yansıtılabilmesi için uygulamada, dolgu duvarı oluşturan elemanlar arasında boşluklar olmamalı, bu elemanlar birbirlerine harç vasıtasıyla kenetlenmeli ve yük aktarımının tam yapılabilmesi için çerçeve sistem ve dolgu duvar bağlantısı iyi yapılmalıdır.

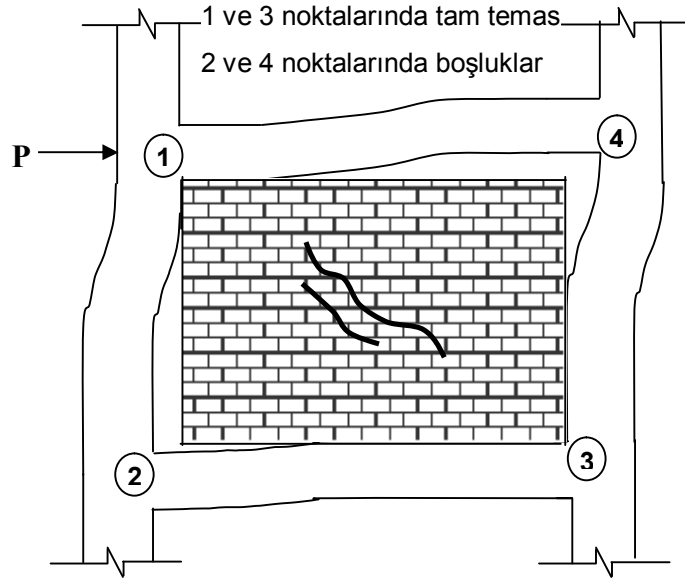


Şekil 3.7. Çerçeve İçindeki Dolgu Düzleminin Üçgen veya Dikdörtgen Sonlu Elemanlar Ağı ile Modellenmesi

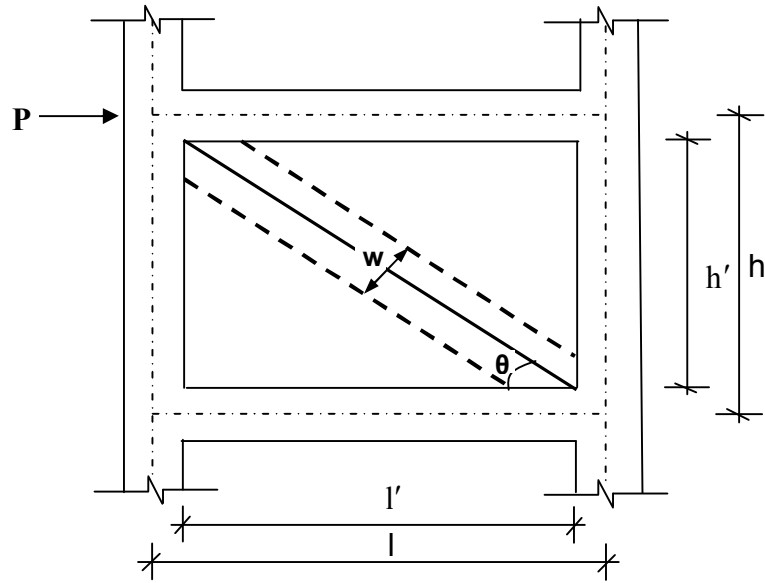
3.11. Dolgu Duvar Modelleri

3.11.1. Eşdeğer Sanal Çubuk Modeli

Stafford-Smith (1962, 1969), Mainstone (1974), Klingner ve Bertero (1976) dolgu duvarların doğrusal davranışlarını anlamak ve belirlemek üzere çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmalarda dolgu duvarlı çerçeve modellerinin yatay yükler altındaki deneysel testleri gösterilmiştir (Şekil 3.8). Modellerin test edilmesi sırasında, panelin merkezinde diyagonal çatlaklar gözlenmiş ve modelin karşılıklı çapraz yüklenmemiş köşelerinde çerçeveyle dolgu arasında boşluklar oluşmuş, bu sırada yüklenmiş iki çapraz köşede de tam bir temas gözlenmiştir. Dolgu duvarlı çerçevelerin analizini kolaylaştırmak için dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubukları olarak yerleştirilmiştir (Şekil 3.9).

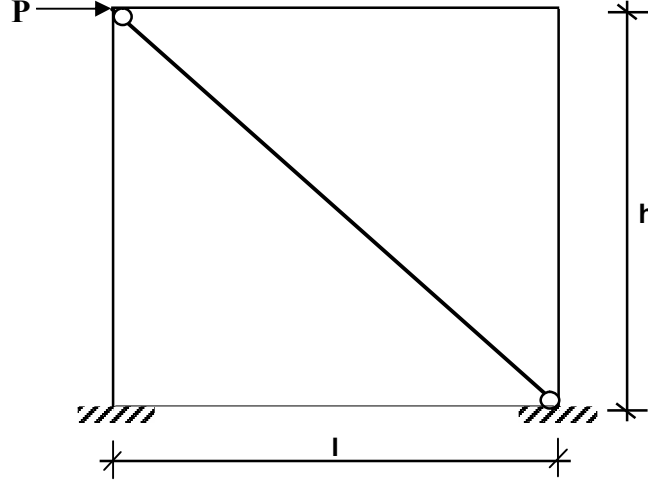


Şekil 3.8. Dolgu Duvar Örnek Hasar Şekli



Şekil 3.9. Dolgu Duvarın Çözümleme Modelinde Temsil Edilmesi

Basınç yükü taşıyan bölge dış yükler etkisindeki çerçeve sistemlerin statik çözümlemesinde bir eşdeğer sanal çubuk ile temsil edilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10. Dolgu Duvarlı Çerçevenin İki Ucu Mafsallı Çapraz Eşdeğer Sanal Çubukla Temsil Edilmesi

Eşdeğer çubuk kalınlığının belirlenmesi araştırmacıların yaptıkları kabuller doğrultusunda değişim göstermektedir. Paulay ve Priestley (1992), yaptıkları çalışmada çubuk kalınlığını dolgunun ya da çerçevenin özelliklerini dikkate almaksızın sabit bir değer olarak dolgunun diyagonal boyutlarının %12.5 - %25'i arasında kabul etmişlerdir. Smith ve Carter (1969), yaptıkları çalışmalarında ve Mainstone (1974), yaptığı çalışmada dolgu duvarı temsil eden eşdeğer sanal çubuk kalınlığı hesabı için denklem (3.3) ve denklem (3.4)'yü elde etmişlerdir.

$$w = 0.175 (\lambda h)^{-0.4} \sqrt{h' + l'} \quad (3.3)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin 2\theta}{4 E_c I_c h'}} \quad (3.4)$$

Denklem (3.6)'da kullanılan θ ifadesi denklem (3.5)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\theta = \tan^{-1} (h' / l') \quad (3.5)$$

Yukarıdaki denklemlerde kullanılan ifadeler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

w: Eşdeğer sanal basınç çubuğu genişliği

λ : Dolgu ile çerçevenin rijitlik parametresi

h: Kat yüksekliği

l: Çerçeve açıklığı

h' : Dolgu duvar yüksekliği

l' : Dolgu duvar genişliği

E_m : Eşdeğer sanal basınç çubuğu elastisite modülü

t: Dolgu duvar kalınlığı

θ : Eşdeğer sanal basınç çubuğun yatayla yaptığı açı

E_c : Çerçevenin elastisite modülü

I_c : Kolonun atalet momenti

3.11.1.1. Boşluklu Dolgu Duvarlar

Kapı ve pencere boşluklarının birlikte veya ayrı ayrı dolgu duvarda bulunması durumundan dolayı kaybedilen mukavemeti hesaba dahil etmek için eşdeğer çubuk genişliği bir azaltma faktörüyle çarpılmaktadır (Çağlayan, 2006).

$$w_{azaltılan} = w (R_1)_i (R_2)_i \quad (3.6)$$

$$(R_1)_i = 0.6 x \left(\frac{A_{Boşluk}}{A_{Panel}} \right)^2 - 1.6 x \left(\frac{A_{Boşluk}}{A_{Panel}} \right) + 1 \quad (3.7)$$

$A_{Boşluk}$: Dolgu duvarda bulunan boşlukların alanları toplamı

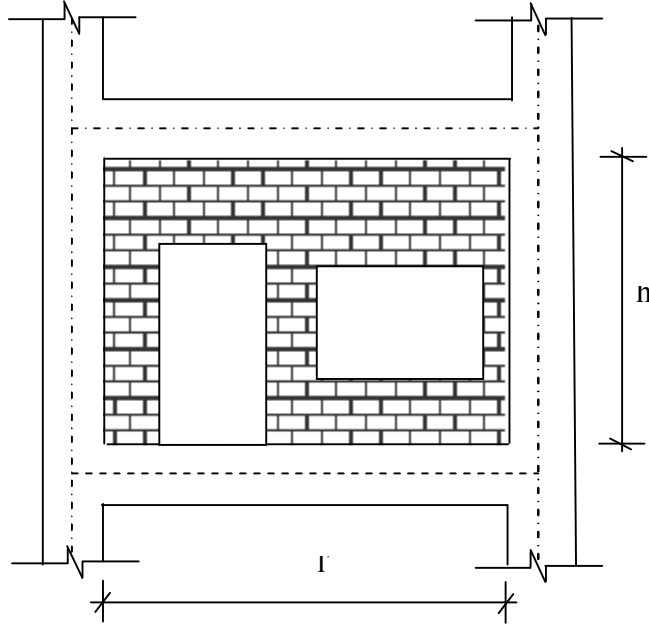
A_{panel} : Dolgu duvarın boşluksuz alanı

$(R_1)_i$: Boşluklu dolgu duvarlarda azaltma faktörünün tanımlanan boşluk durumuna göre değerlendirilmesi

$(R_2)_i$: Azaltma faktörünün var olan dolgu hasarlarına göre değerlendirilmesi

Şekil 3.11'de olduğu gibi dolgu duvarda pencere ve kapı boşluğu olduğu durumlarda eşdeğer basınç çubuğu genişliği hesabında azaltma faktörü R_1 değeri uygulanmalıdır. Dolgu duvarda herhangi bir hasar olmaması durumunda R_2 değeri 1

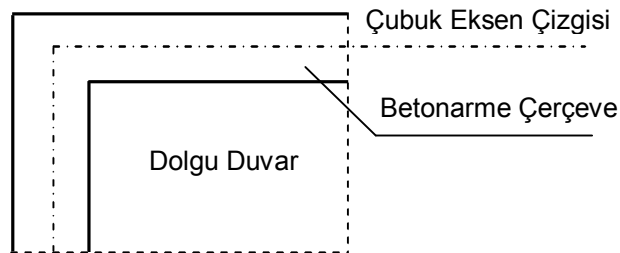
alınmalıdır. Ağır hasar durumunda ise, çerçeve ve dolgu duvar arasındaki kopmalar nedeni ile yatay rijitliğe katkısı çok düşük olacağından 0 olarak alınır. Bu durumda duvarın sadece bina ağırlığına etkisi olacak, yatay rijitliğe herhangi bir etkisi olmayacaktır.



Şekil 3.11. Dolgu Duvarda Kapı ve Pencere Boşluğu Bulunması

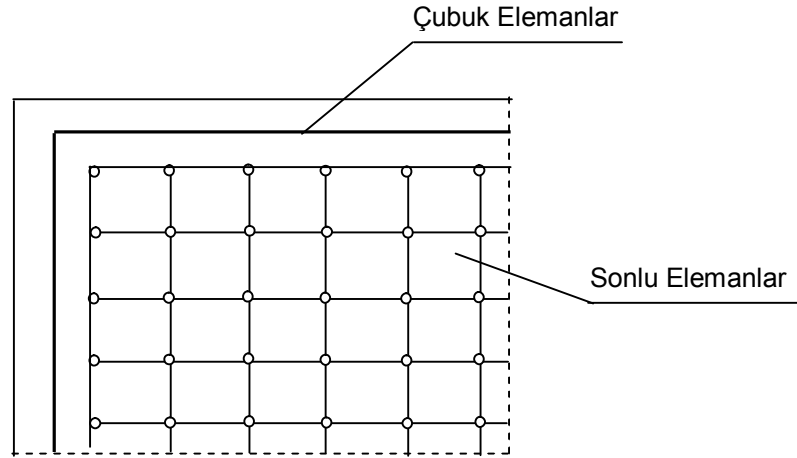
3.11.2. Sonlu Eleman Ağ Modelleri

Budak (1997), yaptığı araştırmalar sonucunda düzlemsel dolgu duvarlı çerçevelerin sonlu eleman yöntemi ile analizinde araştırmacıların genel olarak üç tip sonlu eleman ağı seçtiklerini belirlemiştir. Bu ağ modellerini Şekil 3.12’de gösterilen dolgu duvarlı çerçeve üzerinde açıklamıştır.



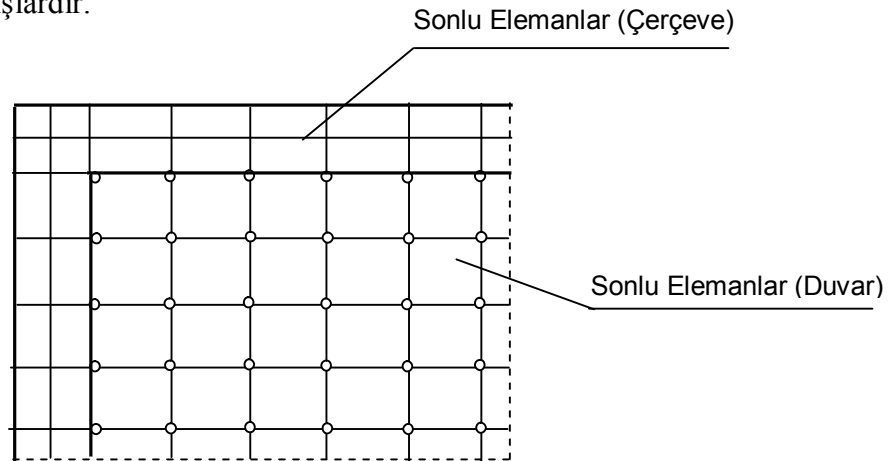
Şekil 3.12. Betonarme Çerçeve ve Dolgu Duvar

Birinci tip olarak belirlenen sonlu eleman ağ modelinde, çerçeve elemanlar çubuk elemanlarla, dolgu duvarlar serbestlik dereceleri çubuk elemanlara uygun sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 3.13). Çubuk elemanlar ve sonlu elemanlar ara yüzey boyunca birbirlerine komşu düğüm noktaları ile bağlanmışlardır.



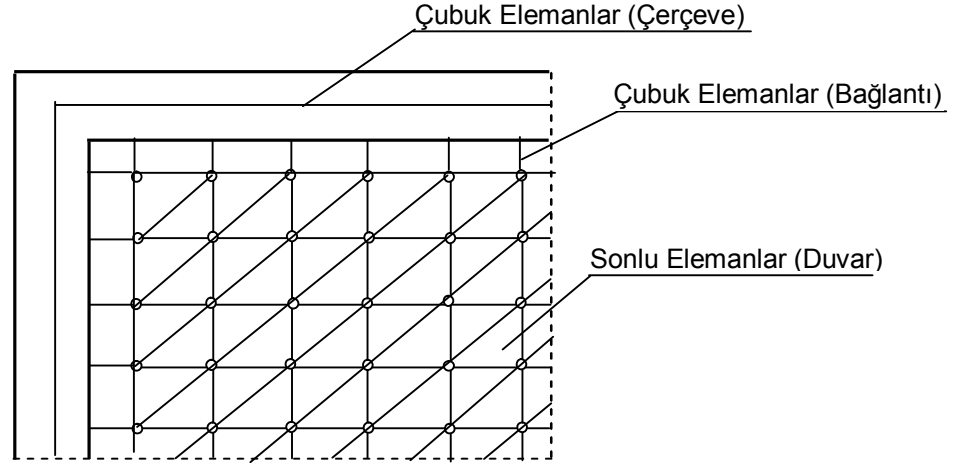
Şekil 3.13. Sonlu Eleman ve Çubuk Elemanlarının Birlikte Kullanılması

İkinci tip olarak belirlenen sonlu eleman ağ modelinde, çerçeve ve dolgu duvar sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 3.14). Çerçeve ve dolgu duvarı meydana getiren elemanlar ara yüzey boyunca birbirlerine komşu düğüm noktaları ile bağlanmışlardır.



Şekil 3.14. Sonlu Elemanlarla Oluşturulan Dolgu Duvarlı Çerçeve Modeli

Üçüncü tip olarak belirlenen sonlu eleman modelinde, çerçeve elemanlar çubuk elemanlarla, dolgu duvarlar sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 3.15). Çerçeve ve dolgu duvar arasındaki bağlantı, çubuk elemanlar olarak seçilen bağlantı elemanlarıyla sağlanmıştır.



Şekil 3.15. Sonlu ve Çubuk Elemanların Bağlantı Elemanlarıyla Birlikte Kullanılması

3.12. Duvarlı Çerçeve Deney Sonuçlarının Duvar Modelleriyle Karşılaştırılması

Dolgu duvarlı çerçeve deney sonuçlarını matematik bir modelle teorik olarak açıklayabilmek üzere yapılan bazı çalışmalar incelenmiştir.

3.12.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Modelinin Karşılaştırması

Govindan ve ark (1986), çalışmalarında yatay yüklere maruz kalan 7 katlı duvarlı betonarme çerçeveyle dolgu duvarsız betonarme çerçevenin davranışlarını karşılaştırmışlardır. Dolgu duvarların betonarme çerçevenin davranışına olan etkilerini göstermek üzere yapılan bu deneysel çalışma sonucunda yük taşıma kapasitesi, süneklik, enerji yutma kapasitesi ve göçme yükü parametreleri, yatay yüklere tabi tutulan iki çerçeve için karşılaştırılmış ve duvarın yapıya olan etkileri ortaya konulmuştur. Deprem gibi yatay yükler etkisinde binada oluşacak kesme kuvvetlerinin deneysel sonuçlarının Smith tarafından önerilen dolgu duvar basınç çubuğu olarak modellenmesiyle yaptığı analiz sonuçlarıyla %11.7 farkla yaklaşık aynı olduğu görülmüştür.

Yücesan (2005), dolgu duvarlı betonarme çerçevenin taşıyabileceği maksimum yükü daha kolay bulabilmek için kabuk gibi yüzeysel sonlu elemanların yer almadığı sadece gerçek ve sanal çubuk elemanlarından oluşan elemanları incelemiştir. Bunun için betonarme çerçeve elemanları gerçek çubuklarla, duvarda eşdeğer bir çubukla temsil etmiştir. Eşdeğer sanal elemanın mekanik özelliklerini deney sonuçlarına dayanan verilerden almıştır. Diyagonal basınç deneyleri ile ulaşılmış olan yük – şekil değiştirme grafiklerinden yararlanılarak numunelerin taşıyabileceği maksimum kuvveti bulmuştur. Bu numunelerin en büyük kuvvete ilk olarak ulaştıkları andaki şekil değiştirme değerini $\epsilon = 0.002$ olarak tespit etmiştir. Çevrenin tepe yer değiştirmesini 4.16 mm olarak hesaplamıştır. Modelde kiriş elemanını temsil eden çubuk elemana bu yer değiştirme değerini tanımlamış ve modeli çalıştırmıştır. Deneyden erişilen 256 kN kuvvete karşılık modelde 278 kN’luk bir karşı kuvvet elde etmiştir. Bu sonuç %95 yakındır.

3.12.2. Sonlu Eleman Modelinin Karşılaştırması

Yücesan (2005), düzlem çerçeveyi meydana getiren betonarme kısmı çubuk elemanlarla, tuğladan oluşan duvarı ise birinci tip kabuk sonlu eleman kullanarak modellemiştir. Bu kabuk elemanlar içinde harç ve tuğla fazları bulunan sanal elemanlardır. Deneyde duvar, betonarme elemanlara ankrajla bağlandığı için eleman düğüm noktalarını serbest bırakmamıştır. Hazırlandığı matematik modelde sınır şartı olarak kolon tabanlarında ankastre, duvar altında ise mafsallı birleşim kullanmıştır. Tuğla elemanının malzeme yönünden lineer olamayan özelliğini modelde yansıtmak ve uygun durumlarda kullanmak üzere kayma modülleri farklı diğer özellikleri tuğla kabuk elemanı ile aynı olan kabuk elemanlar tanımlamıştır. Ayrıca tuğla duvar ile kirişin arasını doldurmak için kullanılan harcı temsil etmek içinde kabuk eleman tanımlamıştır. Model kullanılırken, $\delta = 0.292$ mm yer değiştirme halinde deney numunesindeki çatlaklar için (15x15) bölmeli birinci tip sonlu elemanlar modeli oluşturmuştur. Kiriş üzerindeki noktalara 0.292 mm yer değiştirme vermiş ve modeli çalıştırarak karşı gelen taban kesme kuvvetini deney sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Modelden okunan karşı gelen kuvveti 48.21 kN, deney sonucunu ise 46 kN olarak belirlemiştir.

Dündar ve Tanrıkulu (2006), çalışmalarında inceledikleri dolgu duvarlı düzlem çerçeveyi üçüncü tip sonlu eleman ağ modelini kullanarak modellemişlerdir. Yapılan analizler neticesinde modellerin doğal frekanslarını Mallick-Severn'nin aynı modeller için elde etmiş olduğu deneysel değerlerle karşılaştırmış ve yakın değerler elde etmişlerdir.

3.13. DBYBHY 2007'de Dolgu Duvarları Modelleme Esasları

Dolgu duvarların yapı modelinde temsil edilmesi sırasında kullanılacak olan rijitlik ve dayanım özellikleri tanımlanmaktadır. Yapı modelinde betonarme çerçeve içinde düzenlenmiş ve köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 30'dan küçük olan dolgu duvarlar göz önüne alınacaktır. Duvar yüzey alanına oranı %10'u geçmeyen boşlukların bulunduğu duvarların yapı modeline katılmasına, boşlukların konumu köşegen basınç çubuğu oluşumunu engellememesi koşuluyla izin verilebilir. Dolgu duvarlar uygulanan deprem yönünde basınç kuvveti alan eşdeğer köşegen çubuk elemanları ile temsil edileceklerdir. Eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığı güçlendirilmiş dolgu duvar kalınlığına eşittir. Genişliği (a_d) denklem (3.8)'den hesaplanacaktır.

$$a_d = 0.175 (\lambda_d h_k)^{-0.4} r_d \quad (3.8)$$

Burada a_d çubuk genişliği (mm) , h_k kolon boyu (mm), r_d dolgu duvar köşegen uzunluğudur (mm). λ_d denklem (3.9)'den hesaplanacaktır.

$$\lambda_d = \left[\frac{E_d t_d \sin 2\theta}{4 E_c I_k h_d} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3.9)$$

Denklem (3.9)'de E_d ve E_c dolgu duvar ve çerçeve betonunun elastisite modülü, t_d ve h_d güçlendirilmiş duvarın kalınlığı ve yüksekliği (mm), I_k kolonun atalet momenti (mm^4) ve θ köşegenin yatay ile olan açısıdır. Köşegen basınç çubuk elemanının eksenel rijitliği denklem (3.10) ile hesaplanacaktır.

$$k_d = \frac{a_d t_d E_d}{r_d} \quad (3.10)$$

3.14. SAP2000 Yapı Analiz Programı

SAP2000'nin 1996 da yapılan ilk sürümü, SAP serileri içerisinde tamamı Windows uyumlu olan ilk sürümüdür. Bu özellik sınırsız kullanım ve üretim özelliğine sahip olan çok güçlü bir ara yüze olanak tanır. Modelin oluşturulması ve geliştirilmesi, analizin yapılması, boyutlamanın kontrolü ve optimizasyonu ile çıktıları baskıya hazırlama bu tek ara yüzle yapılabilmektedir. Tek bir yapısal model birçok farklı tipteki hesaplama ve boyutlama işleminde kullanılabilir.

Modelleme bilgileri, analiz sonuçları ve dizayn sonuçları gibi tüm SAP2000 verileri tablo veri yapısında incelenebilir. Bu tablo yapısındaki veriler ara yüz içerisinde düzenlenip görüntülenebildiği gibi, Microsoft Access veritabanı formatına, Microsoft Excel hesap tablosuna veya düz metin biçimine dönüştürülebilir. Export edilen bilgileri raporlar oluşturmak veya özel hesaplamalar yapmak için kullanabilmektedir. Bu tablo verileri SAP2000 dışında yeniden düzenlenmiş ya da yeniden oluşturulmuş modelleri SAP2000 içine çağırabilmek amacıyla da kullanılabilir. Bu import ve export yetenekleri diğer çok bilinen boyutlama ve çizim programlarından veri alma veya gönderme konusunda da rahatlıkla kullanılabilir.

SAP2000 yazılımı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan genel amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler özel grafik kullanıcı ara yüzü yardımı ile SAP2000 ekranı üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Herhangi bir yapı sisteminin SAP2000 yardımı ile analizinin yapılmasında genel olarak aşağıdaki yol izlenmektedir.

- Sistem modelinin oluşturulması
- Malzeme özelliklerinin tanımlanması
- Kesit özelliklerinin tanımlanması
- Yüklerin tanımlanması
- Çözüm (Analiz)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Düzlem Çerçeve Örnekleri

Tüm düzlem çerçeve örnekleri için kullanılan materyal ve modeller aşağıda tanımlanmıştır.

Kolon boyutları 30 x 30 cm ve kiriş boyutları 30 x 50 cm'dir.

Beton sınıfı: C20

Betonun elastisite modülü (E_c):28500 MPa

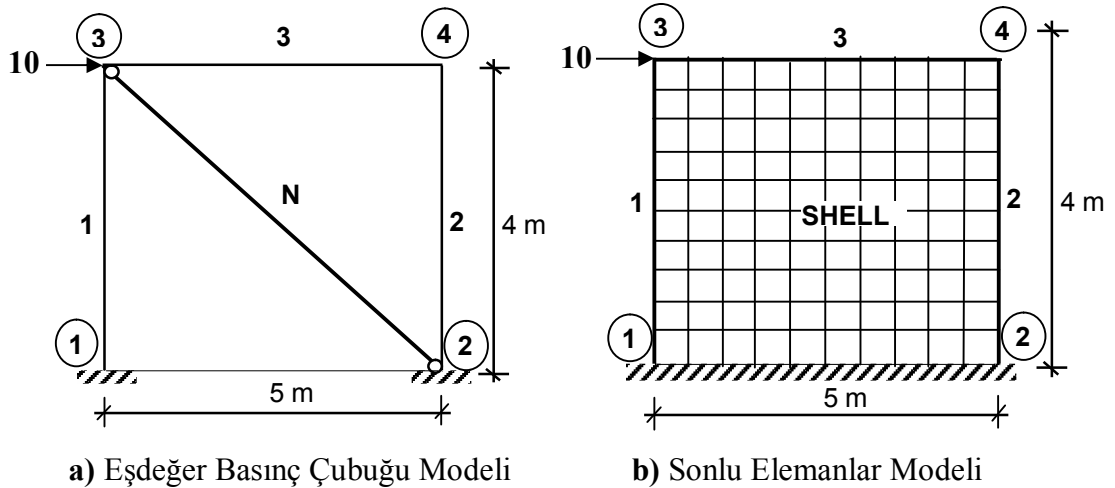
Duvarın Elastisite modülü (E_d):1000 MPa

Dolgu duvar kalınlığı (t_d):19 cm

Dolgu duvar iki ucu mafsallı çapraz eşdeğer sanal çubuk ve 10 x 10 dikdörtgen birinci tip sonlu elemanlar ağı ile shell eleman olarak modellenmiştir (Şekil 4.1). Shell elemanın kalınlığı 19 cm olarak seçilmiştir. Tüm shell elemanlar aynı özellikte tanımlanmıştır. Eşdeğer sanal basınç çubuğu genişliği 0.68 m olarak hesaplanmıştır.

4.1.1. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Düzlem Çerçeve

Tek katlı ve tek açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'luk bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.1. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modelleri

Yapılan analiz sonucunda elde edilen deplasman değerleri Çizelge 4.1, moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenen N çubuğu 8.47 t basınç kuvvetine maruz kalmıştır.

Çizelge 4.1. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	16.00	5.46	1.01
4	15.94	5.44	0.95

Çizelge 4.2. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin İç Kuvvet Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
(M33) Moment (t.m)				
1	0	10.47	3.56	1.03
	4	-9.56	-3.23	-0.86
2	0	10.44	3.54	1.04
	4	-9.53	-3.22	-0.74
3	0	9.86	3.23	0.86
	5	-9.53	-3.22	-0.74
(V22) Kesme Kuvveti (t)				
1	0	5.01	1.7	1.25
	4	5.01	1.7	1.16
2	0	4.99	1.69	1.27
	4	4.99	1.69	0.91
3	0	3.82	1.29	0.63
	5	3.82	1.29	0.57
(P) Eksensel Kuvvet(t)				
1	0	3.82	6.58	6.97
	4	3.82	6.58	6.87
2	0	-3.82	-1.29	-6.8
	4	-3.82	-1.29	-0.77
3	0	-4.99	-1.69	-8.47
	5	-4.99	-1.69	-1.18

Deplasman değerleri boş çerçeveye eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi ile 3 ve 4 noktalarında %65.88, sonlu eleman olarak modellenmesi ile 3 noktasında %93.69 ve 4 noktasında %94.04 azalma göstermiştir.

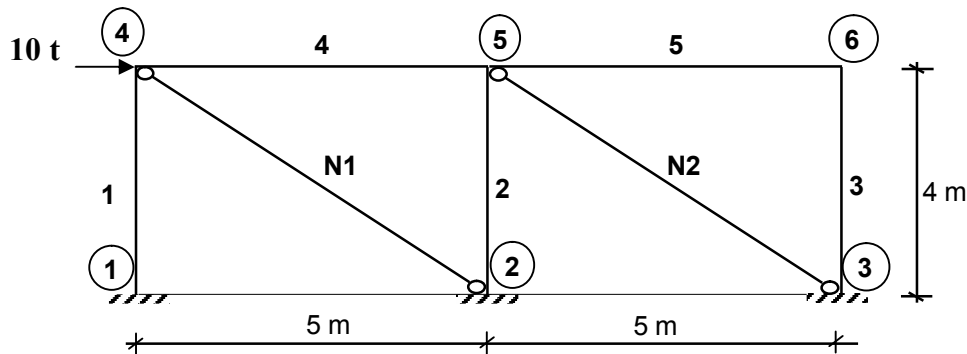
Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu eleman olarak modellenmesi sonucu elde edilen veriler boş çerçeveye göre karşılaştırılarak yüzde (%) değişimler $(1-(\text{dolgu duvar}/\text{boş çerçeve}))*100$ şeklinde hesaplanmıştır. Moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvetler için yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Çizelgelerde önüne (+) işareti koyularak gösterilen değerler yüzde (%) artış olduğunu, işaretsiz değerlerse azalma olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.3. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

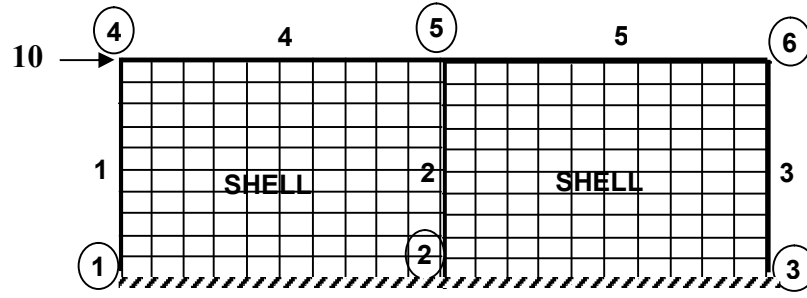
Eleman No	Eleman Boyu (m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	66.00	90.16	66.07	75.05	(+)72.25	(+)82.46
	4	66.21	91.00	66.07	76.85	(+)72.25	(+)79.84
2	0	66.09	90.04	66.13	74.55	66.23	(+)78.01
	4	66.21	92.24	66.13	81.76	66.23	79.84
3	0	67.24	91.28	66.23	83.51	66.13	(+)69.74
	5	66.21	92.24	66.23	85.08	66.13	76.35

4.1.2. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Düzlem Çerçeve

Tek katlı ve iki açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t’luk bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.2. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Basınç Çubuğu Modeli



Şekil 4.3. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli

Yapılan analiz sonucunda eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenen N1 çubuğu 4.66 t ve N2 çubuğu 4.37 t basınç kuvvetine maruz kalmıştır.

Çizelge 4.4. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	10.61	3.00	0.53
5	10.59	2.94	0.44
6	10.50	2.93	0.42

Çizelge 4.5. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin (M33) Moment Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	(M33) Momenti (t.m)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	6.78	1.92	0.52
	4	-6.01	-1.70	-0.49
2	0	7.35	2.05	0.60
	4	-7.22	-2.01	-0.50
3	0	6.71	1.86	0.48
	4	-5.94	-1.64	-0.32
4	0	6.01	1.70	0.49
	5	-3.63	-1.04	-0.27
5	0	3.59	0.97	0.23
	5	-5.94	-1.64	-0.32

Çizelge 4.6. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin (V22) Kesme Kuvveti ve (P) Eksenel Kuvvet Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	(V22) Kesme Kuvveti (t)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	3.20	0.90	0.64
	4	3.20	0.90	0.72
2	0	3.64	1.01	0.90
	4	3.64	1.01	0.76
3	0	3.16	0.88	0.60
	4	3.16	0.88	0.40
4	0	1.93	0.55	0.35
	5	1.93	0.55	0.25
5	0	1.93	0.52	0.22
	5	1.93	0.52	0.24
(P) Eksenel Kuvvet (t)				
1	0	1.93	3.46	3.73
	4	1.93	3.46	0.49
2	0	-0.02	2.83	-0.20
	4	-0.02	2.83	-0.02
3	0	-1.91	-0.52	-3.13
	4	-1.91	-0.52	-0.33
4	0	-6.80	-5.46	-9.03
	5	-6.80	-5.46	-5.00
5	0	-3.16	-0.88	-3.92
	5	-3.16	-0.88	-0.52

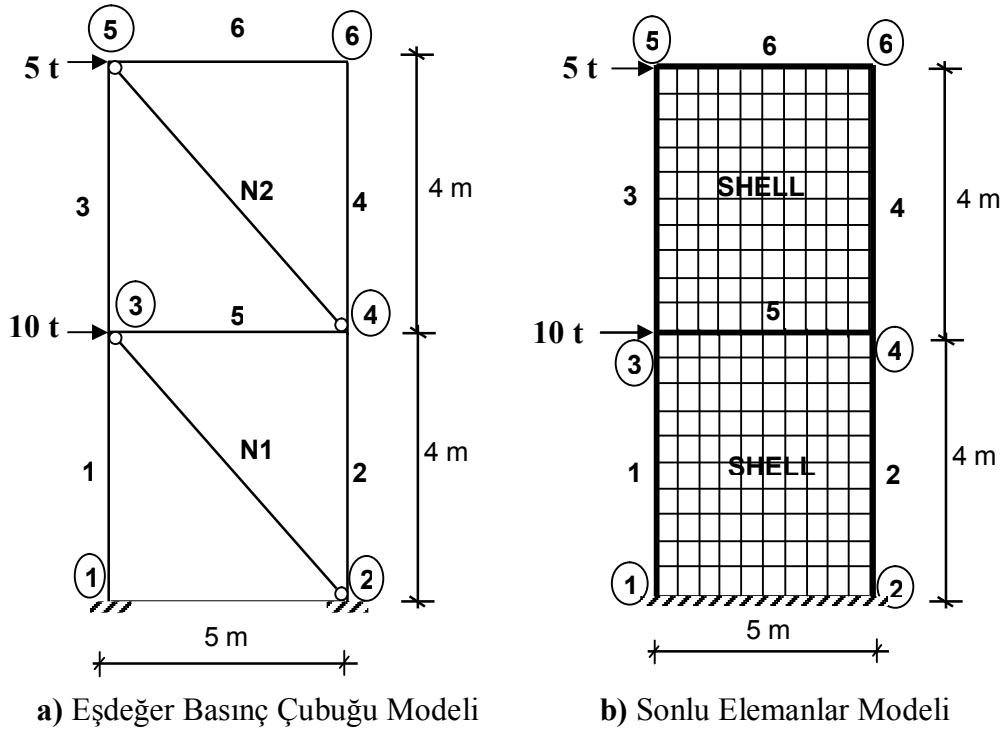
Çizelge 4.7. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	71.68	92.33	71.88	80.00	(+)79.27	(+)93.26
	4	71.71	91.85	71.88	77.50	(+)79.27	74.61
2	0	72.11	91.84	72.25	75.27	(+)140.0	0
	4	72.16	93.07	72.25	79.12	(+)140.0	0
3	0	72.28	92.85	72.15	81.01	72.77	(+)63.87
	5	72.39	94.61	72.15	87.34	72.77	82.72
4	0	71.71	91.85	71.50	81.87	19.71	(+)32.79
	4	71.35	92.56	71.50	87.05	19.71	26.47
5	0	72.98	93.59	73.06	88.60	72.15	(+)24.05
	5	72.39	94.61	73.06	87.56	72.15	83.54

Deplasman değerleri boş çerçeveye eşdeğer basınç çubuğu modellenmesi ile 4 noktasında %71.72, 5 noktasında %72.24 ve 6 noktasında %72.10, shell eleman modellenmesi ile 4 noktasında %95.00, 5 noktasında %95.85 ve 6 noktasında %96 azalma göstermiştir.

4.1.3. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Düzlem Çerçeve

İki katlı ve tek açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'luk bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.4. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modelleri

Çizelge 4.8. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	24.84	8.27	1.53
4	24.79	8.29	1.48
5	36.78	11.66	2.26
6	36.76	11.65	2.23

Yapılan analiz sonucunda eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenen N1 çubuğu 12.78 t ve N2 çubuğu 4.84 t basınç kuvvetine maruz kalmaktadır.

Çizelge 4.9. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin (M33) Moment Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	(M33) Momenti (t.m)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	15.91	5.27	1.58
	4	-14.13	-4.66	-1.25
2	0	15.87	5.32	1.58
	4	-14.10	-4.74	-1.08
3	0	4.40	1.00	0.06
	4	-5.58	-1.41	-0.43
4	0	4.42	1.42	0.24
	5	-5.60	-1.04	-0.36
5	0	18.53	5.85	1.32
	5	-18.52	-5.73	-1.32
6	0	5.58	1.42	0.43
	5	-5.60	-1.42	-0.36

Çizelge 4.10. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin (V22) Kesme Kuvveti ve (P) Eksenel Kuvvet Değerleri

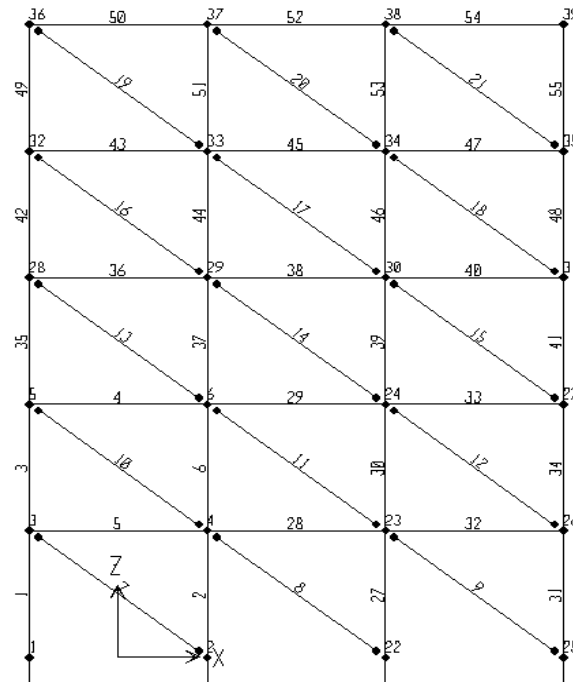
Eleman No	Eleman Boyu (m)	(V22) Kesme Kuvveti (t)			(P) Eksenel Kuvvet (t)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	7.51	2.50	1.91	9.65	13.87	14.14
	4	7.51	2.50	1.65	9.65	13.87	4.89
2	0	7.49	2.51	1.92	-9.65	-5.89	-14.02
	4	7.49	2.51	1.35	-9.65	-5.89	-4.96
3	0	-2.50	-0.61	-0.04	2.24	3.59	3.22
	4	-2.50	-0.61	-0.59	2.24	3.59	0.45
4	0	-2.50	-0.61	-0.35	-2.24	-0.57	-3.28
	5	-2.50	-0.61	-0.45	-2.24	-0.57	-0.37
5	0	7.41	2.30	1.22	-4.99	-1.87	-7.94
	5	7.41	2.30	1.23	-4.99	-1.87	-1.23
6	0	2.24	0.57	0.33	-2.50	-0.61	-4.22
	5	2.24	0.57	0.27	-2.50	-0.61	-0.37

Çizelge 4.11. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

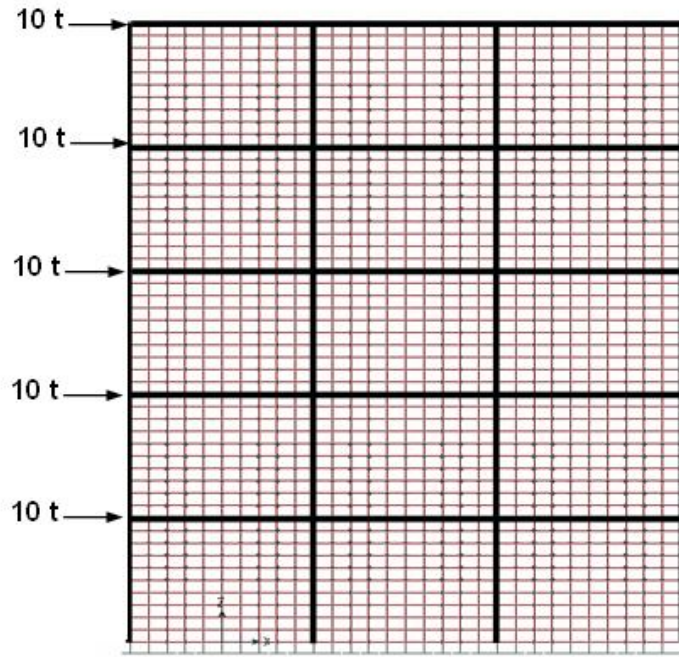
Eleman No	Eleman Boyu (m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	66.88	90.07	66.71	74.57	(+)43.73	(+)46.53
	4	67.02	91.15	66.71	78.03	(+)43.73	49.33
2	0	66.48	90.04	66.49	74.37	38.96	(+)45.28
	4	66.38	92.34	66.49	81.98	38.96	48.60
3	0	77.27	98.64	75.60	98.40	(+)60.27	(+)43.75
	5	74.73	92.29	75.60	76.40	(+)60.27	79.91
4	0	67.87	94.57	75.60	86.00	74.55	(+)46.43
	4	81.43	93.57	75.60	82.00	74.55	83.48
5	0	68.43	92.88	68.96	83.54	74.55	(+)46.43
	5	69.06	92.87	68.96	83.40	62.53	75.35
6	0	74.55	92.29	74.55	85.27	75.60	(+)68.80
	5	74.64	93.57	74.55	87.95	75.60	85.20

4.1.4. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Düzlem Çerçeve

Beş katlı ve üç açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'lık bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.5. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Basın Çubuğu Modeli



Şekil 4.6. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli

Yapılan analiz sonucunda 1, 3, 5, 28, 32 ve 36 noktalarında bulunan deplasman değerleri Çizelge 4.12, simetrik ve etkinin en fazla olduğu kısım olması nedeniyle 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu elemanlarda moment değerleri Çizelge 4.13, kesme kuvveti değerleri ve eksenel kuvvet değerleri Çizelge 4.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
3	41.87	10.35	1.77
5	82.00	19.41	3.34
28	112.54	26.42	4.70
32	133.21	31.33	5.79
36	144.04	34.11	6.60

Çizelge 4.13. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin (M33) Moment Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	(M33) Momenti (t.m)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	25.41	6.29	1.89
	4	-21.00	-5.20	-1.19
2	0	27.82	6.91	2.10
	4	-25.92	-6.43	-1.70
3	0	16.30	3.45	0.68
	4	-17.16	-3.67	-0.93
4	0	29.22	6.29	1.35
	5	-22.12	-4.63	-0.94
5	0	37.29	8.65	1.86
	5	-27.97	-6.40	-1.39
6	0	23.13	5.07	1.32
	5	-23.40	-5.13	-1.38

Çizelge 4.14. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin (V22) Kesme Kuvveti ve (P) Eksenel Kuvvet Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	(V22) Kesme Kuvveti (t)			(P) Eksenel Kuvvet (t)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	11.6	2.87	2.35	35.98	38.20	33.00
	4	11.6	2.87	1.56	35.98	38.20	22.69
2	0	13.43	3.34	3.07	-9.17	10.62	4.80
	4	13.43	3.34	2.03	-9.17	10.62	4.79
3	0	-8.36	-1.78	-0.82	22.92	25.47	20.36
	4	-8.36	-1.78	-1.25	22.92	25.47	13.38
4	0	10.27	2.18	1.22	-7.89	0.71	-9.00
	5	10.27	2.18	1.05	-7.89	0.71	-6.21
5	0	13.05	3.01	1.69	-6.76	3.24	-9.07
	5	13.05	3.01	1.50	-6.76	3.24	-5.80
6	0	-1.63	-2.55	-2.0	-4.55	9.71	4.62
	5	-1.63	-2.55	-2.13	-4.55	9.71	4.08

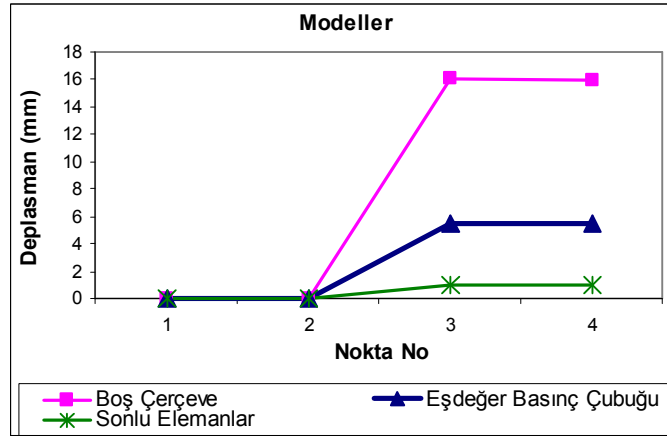
Çizelge 4.15. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	75.25	92.56	75.26	79.74	(+)6.17	8.28
	4	75.24	94.33	75.26	86.55	(+)6.17	36.94
2	0	75.16	92.45	75.13	77.14	(+)15.81	47.66
	4	75.19	93.44	75.13	84.88	(+)15.81	47.76
3	0	78.83	95.83	78.71	90.19	(+)11.13	11.17
	5	78.61	94.58	78.71	85.05	(+)11.13	41.62
4	0	78.47	95.38	78.77	88.12	91.00	(+)14.07
	5	79.07	95.75	78.77	89.78	91.00	21.29
5	0	76.80	95.01	76.93	87.05	52.07	(+)34.17
	5	77.12	95.03	76.93	88.51	52.07	14.20
6	0	78.08	94.29	(+)56.44	(+)22.7	(+)113.41	(+)1.54
	4	78.08	94.10	(+)56.44	(+)30.67	(+)113.41	10.33

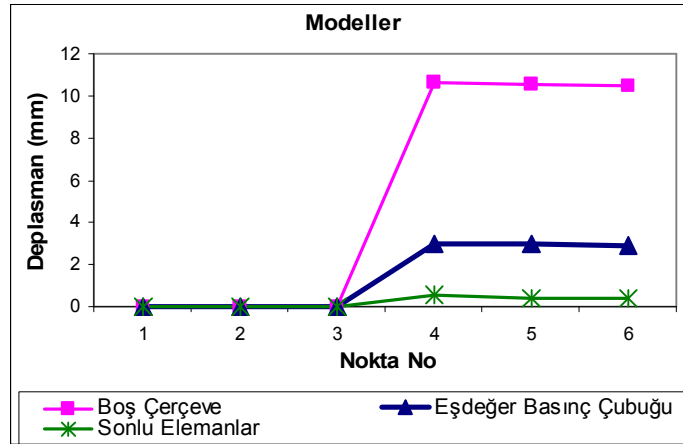
4.1.5. Düzlem Çerçeve Örneklerinin Karşılaştırılması

Yapılan analizler sonucunda dolgu duvar modeli düzlem çerçevelerin dolgu duvarsız modeli düzlem çerçevelere göre deplasman ve içi kuvvetlerindeki değişimler incelenmiştir. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi sonucu tüm düzlem çerçeve modelleri için boş çerçeveye göre deplasman değerleri %65.87 - %76.52 arasında azalma gösterirken, sonlu elemanlar modelinde bu değerler %93.68 - %96.00 arasında azalmıştır. Moment değerleri benzer şekilde karşılaştırıldığında eşdeğer basınç çubuğu modelinde %66.00 - % 78.83 arasında azalırken, sonlu elemanlar modelinde %90.04 - %98.64 arasında azalmıştır. Kesme kuvveti değerleri benzer şekilde karşılaştırıldığında eşdeğer basınç çubuğu modelinde %66.07 - %78.77 arasında olan azalmaya karşılık, sonlu elemanlar modelinde %74.37 - %98.64 arasında azalma görülmüştür. Eksenel kuvvet değerleri ise eşdeğer basınç çubuğu modelinde %6.17 - %140 arasında değişim gösterirken, sonlu elemanlar modelinde %1.54 - %95.75 arasında değişim göstermiştir. Dolgu duvarlı çerçeve duvarsız çerçeveye göre daha rijit davranış sergilemiştir. Ayrıca dolgu duvarın çerçeveden ayrılmasını ve kayma gerilmesini dikkate almadan birinci tip sonlu elemanlarla modellenmesinin doğru olmadığı görülmüştür.

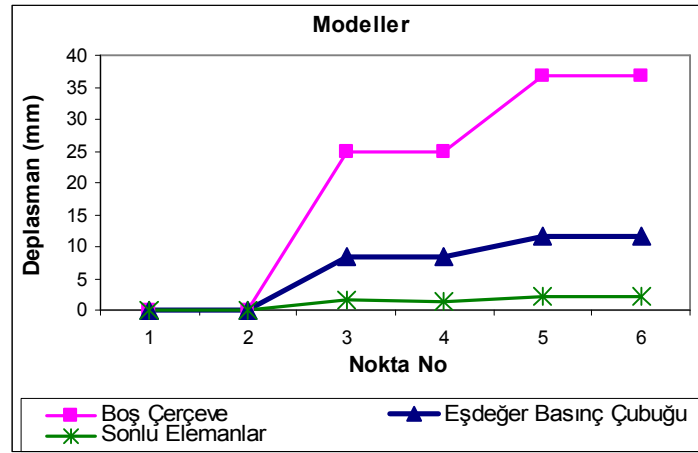
Düzlem çerçeve modellerinin yapılan analiz sonucu bulunan deplasman değerleri için grafikler çizilmiştir.



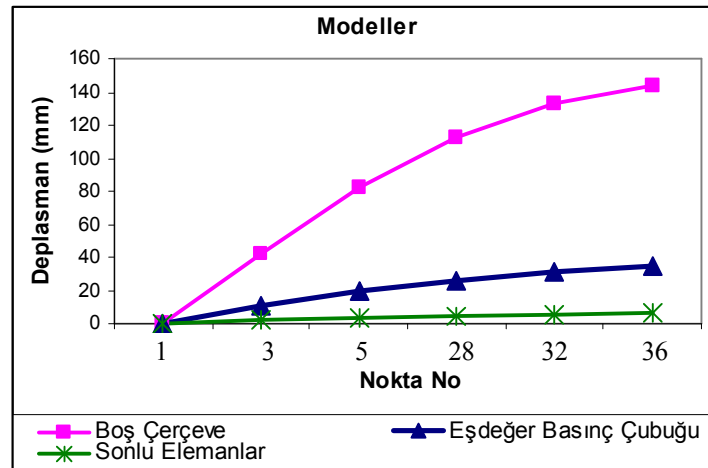
Şekil 4.7. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



Şekil 4.8. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



Şekil 4.9. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



Şekil 4.10. Beş Katlı ve Beş Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri

4.2. Beş Katlı Otel Örneği**4.2.1. Analiz İçin Kullanılan Yapının Özellikleri**

Bu örnekte toplam kat yüksekliği (H_N) 15 m olan, süneklik düzeyi yüksek, düzenli bir yapının deprem analizi eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılmıştır.

Veriler:

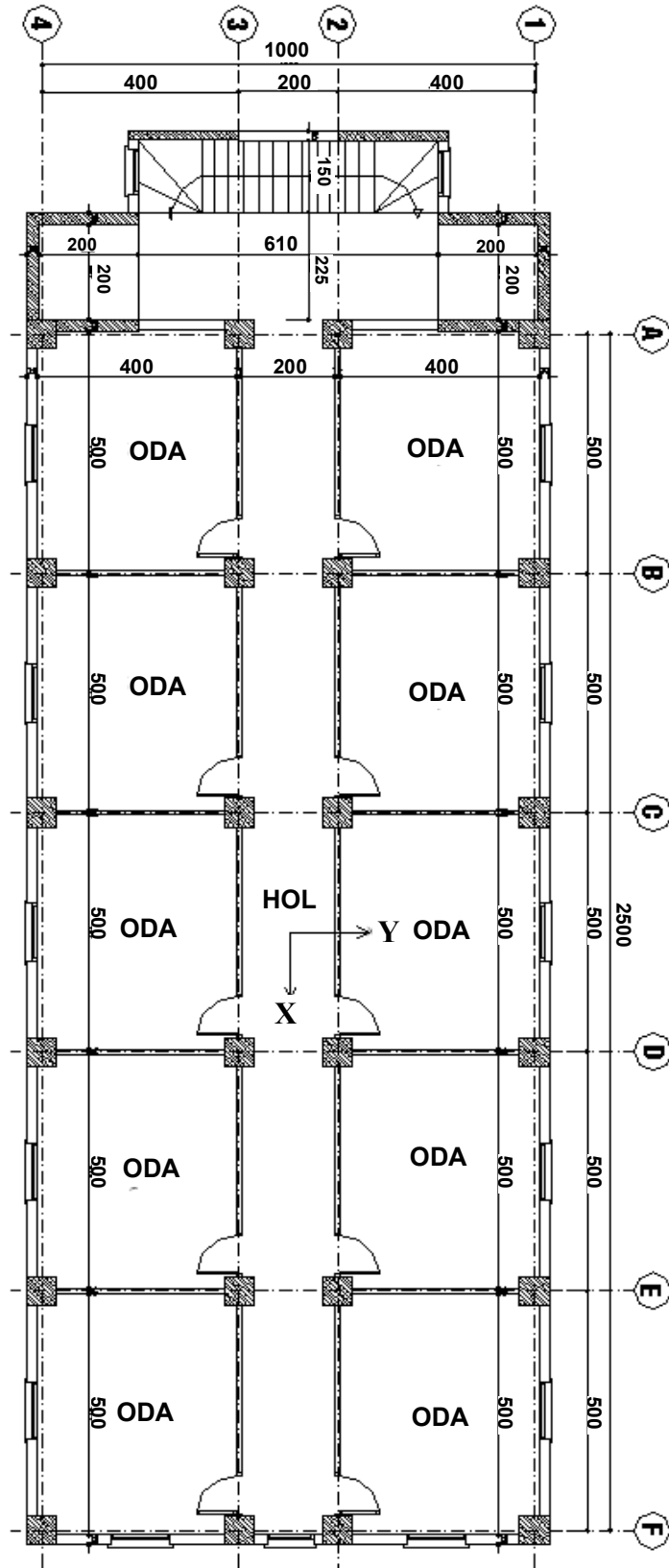
Döşeme	:12 cm
İç Duvar Kalınlığı (Tuğla ve Gaz beton)	:10 cm
Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla ve Gaz beton)	:20 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 50 cm
Kolon Boyutları	:60 x 60 cm
Beton Sınıfı	:C30
Betonun Elastisite Modülü(E_c)	:32000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (E_d)	:1000 MPa
Gaz Beton Duvarın Elastisite Modülü (E_d)	:2091 MPa

Bina Bilgileri:

Kat Sayısı	:5
Bodrum Kat Sayısı	:—
Taşıyıcı Sistem Türü	:B.A Çerçeve
Kat Yükseklikleri	:3 m

Deprem Bilgileri:

Deprem Bölgesi	:1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	:0.4
Yerel Zemin Sınıfı	:Z3
Spektrum Karakteristik Periyodları	: $T_A=0.15$ sn $T_B=0.60$ sn



Şekil 4.11. Otel Kalıp Planı

Şekil 4.6’da kalıp planı verilen otelin x yönündeki aksları A,B,C,D,E ve F ve aks aralıkları 5 m’dir. Y yönündeki akslar 1, 2, 3 ve 4 ve aks aralıkları 4 m, 2 m ve 4 m’dir. Holde bulunan pencere dışında tüm pencere boyutları 150 x 130 cm ve kapılar 90 x 220 cm’dir. Holdeki pencere boyutları 100 x 200 cm’dir. Bina A aksından derz ile ayrılmış gibi düşünülerek perde etkisi binadan ayrı tutulmuş ve böylece dolgu duvarın binaya olan etkisi analiz edilmiştir.

4.2.2. Binanın Kat Ağırlıkları

Kat ağırlıkları hesaplanırken, döşeme için (döşeme + tesviye + kaplama + sıva)’dan oluşan sabit yük 4.84 kN/m^2 olarak hesaplanmış ve hareketli yük normal katlarda 2 kN/m^2 , çatı katında 1.5 kN/m^2 olarak alınmıştır. Kiriş ve kolon ağırlıklarının hesaplanmasında tasarım yükü olarak 25 kN/m^3 , duvar ağırlıklarının hesaplanmasında boşluklu tuğla duvar için tasarım yükü 14.5 kN/m^3 ve gazbeton duvar için 7.0 kN/m^3 alınmıştır. Duvarın iç ve dış sıvası 1 cm kabul edilmiş ve kullanılan sıvanın tasarım yükü 20 kN/m^3 olarak alınmıştır. Bu değerler kullanılarak her katın ağırlığı hesaplanmış ve Çizelge 4.16’da gösterilmiştir. Normal kat ağırlıkları N, çatı kat ağırlıkları ise Ç olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı W ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. 5 Katlı Otelin Kat Ağırlıkları

Kolon Boyutları	Kat	$w_i(t)$			
		TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
		1	2	3	4
30 x 30	N	275.15	275.15	240.75	240.75
	Ç	220.51	220.51	207.55	207.55
	W	1321.11	1321.11	1170.55	1170.55
40 x 40	N	287.25	287.25	252.85	252.85
	Ç	228.19	230.02	217.22	217.22
	W	1377.19	1379.02	1228.62	1228.62
50 x 50	N	302.80	302.80	268.40	268.40
	Ç	243.74	243.74	232.77	232.77
	W	1454.94	1454.94	1306.37	1306.37
60 x 60	N	326.81	326.81	287.41	287.41
	Ç	262.75	262.75	251.78	251.78
	W	1569.99	1569.99	1401.42	1401.42

Tuğla ve gaz beton duvarın çok katlı yapı davranışına etkisini araştırmak amacıyla hazırlanan bu örnekte, 5 katlı bir otel projesi tasarlanmış ve SAP2000 üç boyutlu analiz programı ile deprem analizi yapılmıştır. Duvarlı ve duvarsız modeller için aşağıda belirtilen tanımlamalar yapılmıştır.

TBÇ: Tuğla duvar sadece ağırlık olarak dikkate alınarak modellenen boş çerçeve

TDÇ: Tuğla duvar ağırlık ve model olarak dikkate alınan çerçeve

GBÇ: Gazbeton duvar sadece ağırlık olarak dikkate alınarak modellenen boş çerçeve

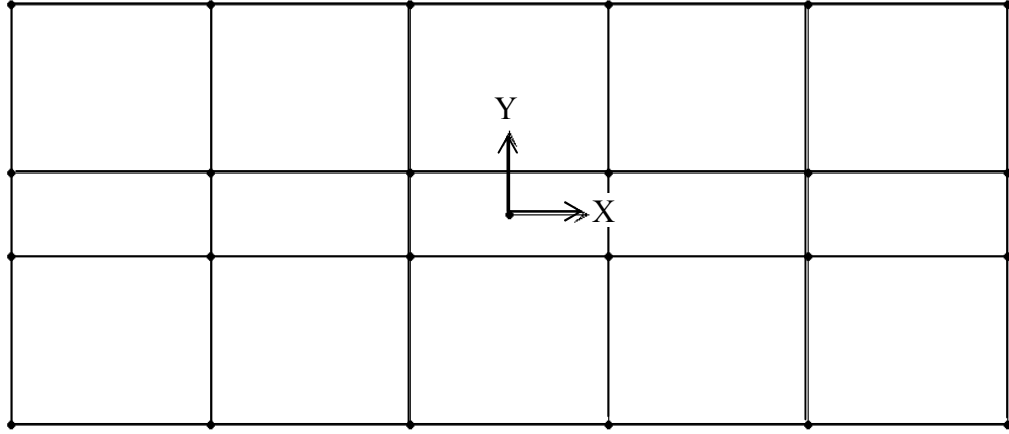
GDÇ: Gazbeton duvar ağırlık ve model olarak dikkate alınan çerçeve

4.2.3. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması

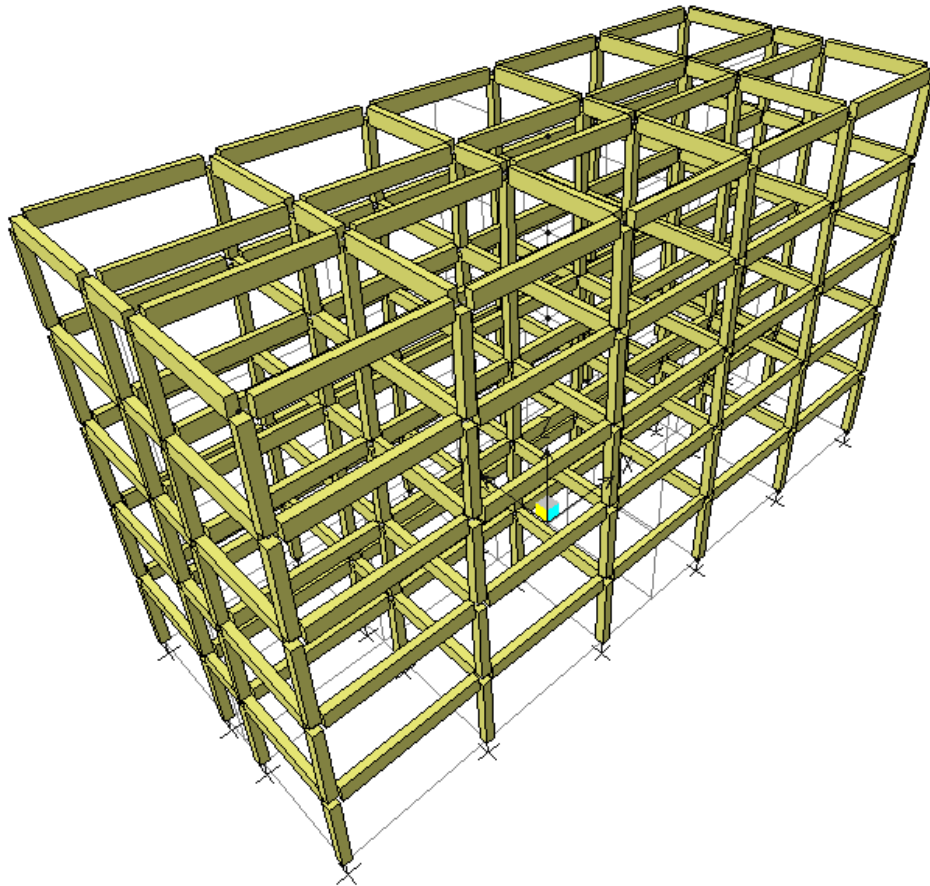
Tuğla ve gaz beton duvarın binaya yapısal katkısının incelenebileceği yapının analiz sürecinde, üç boyutlu analiz programı olan SAP2000 programı kullanılmıştır. Proje göre aks aralıkları tanımlanmış ve seçilen kesit ve malzemeye uygun kolon ve kirişler yerleştirilmiştir. Dolgu duvarı modellemek için iki ucu mafsallı eşdeğer basınç çubuğu kullanılmıştır. Dolgu duvardaki boşluk etkileri dikkate alınarak beş çeşit eşdeğer sanal çubuk kalınlığı hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Bunlar N1, N2, N3, N4 ve N5 olmak üzere adlandırılmış ve kullanılan duvar cinsine göre kalınlık ve elastisite modülü değiştirilmiştir.

Çizelge 4.17. Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w)

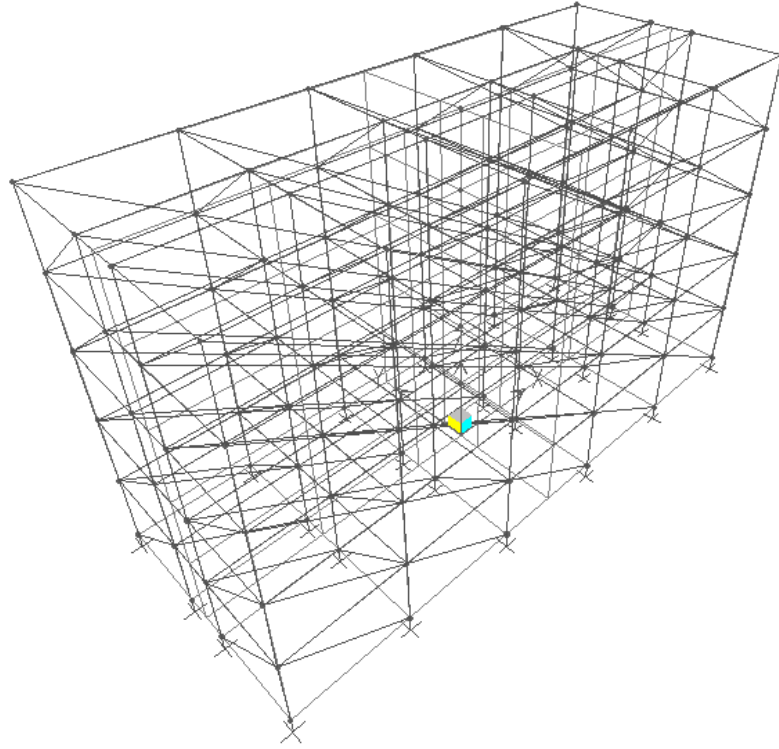
Dolgu Duvar Alanları			w (m)			
			TUĞLA DUVAR		GAZBETON DUVAR	
N	Açıklık (cm ²)	Boşluk (cm ²)	10 luk	20 lik	10 luk	20 lik
N1	500 x 300	150 x 130	-	0.65	-	0.60
N2	400 x 300	150 x 130	-	0.50	-	0.45
N3	500 x 300	90 x 220	0.70	-	0.64	-
N4	400 x 300	-	0.76	-	0.67	-
N5	200 x 300	100 x 200	0.22	-	0.17	-
N6	400 x 300	-	-	0.67	-	0.62



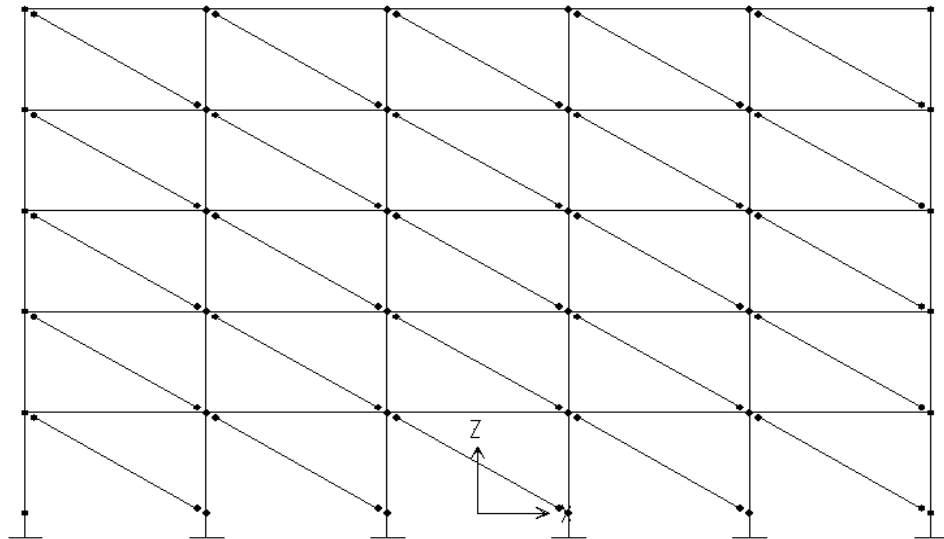
şekil 4.12. 5 Katlı Otelin SAP2000 Model Planı



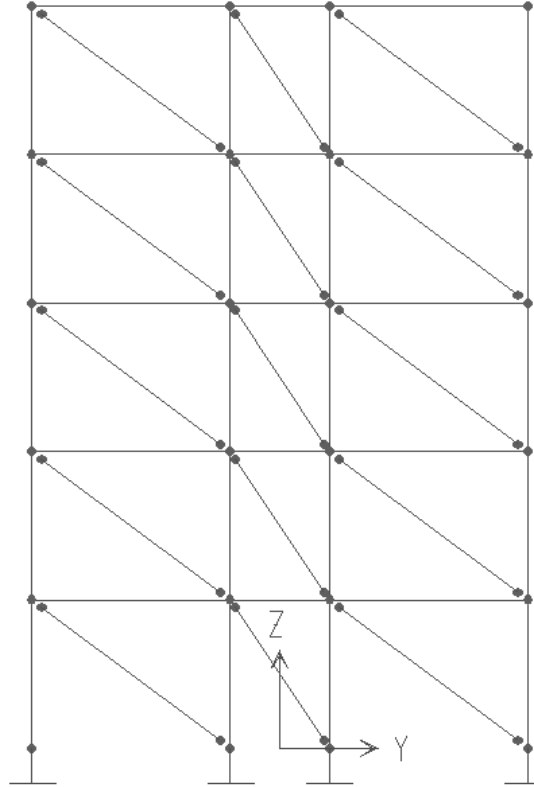
şekil 4.13. 5 Katlı Otelin Duvarsız SAP2000 Modeli



Şekil 4.14. 5 Katlı Otelin Duvarlı SAP2000 Modeli



Şekil 4.15. 5 Katlı Otelin xz Düzleminde Duvar Modeli Görünüşü



Şekil 4.16. 5 Katlı Otelin yz Düzleminde Duvar Modeli

4.3. Beş Katlı Otelin X Yönünde Deprem Analizi

4.3.1. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

5 katlı otelin x yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerleri

Kolon Boyutları	Periyod (sn)			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	0.91	0.67	0.86	0.43
40 x 40	0.66	0.49	0.63	0.39
50 x 50	0.56	0.45	0.54	0.37
60 x 60	0.52	0.42	0.41	0.36

4.3.2. Binanın Toplam Eşdeğer Yükü Hesabı

5 katlı otelin x yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) (V_t) hesaplanarak Çizelge 4.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetleri

Kolon Boyutları	V_t (t)			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	118.59	150.70	109.80	146.32
40 x 40	159.95	172.38	148.53	153.58
50 x 50	181.87	181.87	163.30	163.30
60 x 60	196.25	196.25	175.18	175.18

4.3.3. Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ($e_y=0.5$). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. 5 katlı Otelin 1. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	1. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d_i) _{min}	(d_i) _{max}	(d_i) _{min}	(d_i) _{max}	(d_i) _{min}	(d_i) _{max}	(d_i) _{min}	(d_i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0065	0.0069	0.0038	0.0041	0.0028	0.0029	0.0019	0.0021
TDÇ	0.0035	0.0037	0.0025	0.0027	0.0018	0.0019	0.0014	0.0015
GBÇ	0.0060	0.0064	0.0036	0.0038	0.0024	0.0025	0.0015	0.0016
GDÇ	0.0022	0.0024	0.0017	0.0018	0.0013	0.0014	0.0010	0.0011

Çizelge 4.21. 5 katlı Otelin 2. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	2. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0139	0.0147	0.0091	0.0096	0.0072	0.0076	0.0055	0.0057
TDÇ	0.0070	0.0075	0.0056	0.0060	0.0045	0.0048	0.0039	0.0041
GBÇ	0.0129	0.0137	0.0085	0.0090	0.0062	0.0065	0.0043	0.0045
GDÇ	0.0044	0.0047	0.0036	0.0038	0.0031	0.0033	0.0028	0.0029

Çizelge 4.22. 5 katlı Otelin 3. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	3. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0203	0.0215	0.0138	0.0146	0.0113	0.0119	0.0090	0.0094
TDÇ	0.0101	0.0108	0.0083	0.0088	0.0069	0.0073	0.0062	0.0065
GBÇ	0.0188	0.0200	0.0129	0.0136	0.0097	0.0102	0.0070	0.0074
GDÇ	0.0064	0.0068	0.0053	0.0056	0.0047	0.0049	0.0043	0.0046

Çizelge 4.23. 5 katlı Otelin 4. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	4. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0251	0.0265	0.0173	0.0182	0.0145	0.0152	0.0118	0.0123
TDÇ	0.0124	0.0132	0.0102	0.0109	0.0086	0.0091	0.0079	0.0084
GBÇ	0.0234	0.0247	0.0161	0.0170	0.0124	0.0131	0.0090	0.0095
GDÇ	0.0078	0.0083	0.0065	0.0069	0.0058	0.0062	0.0055	0.0058

Çizelge 4.24. 5 katlı Otelin 5. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	5. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
TBÇ	0.0277	0.0293	0.0193	0.0203	0.0164	0.0172	0.0136	0.0143
TDÇ	0.0136	0.0146	0.0113	0.0120	0.0097	0.0103	0.0090	0.0095
GBÇ	0.0259	0.0273	0.0180	0.0190	0.0141	0.0148	0.0103	0.0109
GDÇ	0.0087	0.0092	0.0072	0.0077	0.0065	0.0070	0.0062	0.0066

4.3.4. Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 4.25'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları (η_{bi})							
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
5	1.02	1.03	1.03	1.04	1.03	1.03	1.01	1.03
4	1.02	1.03	1.03	1.02	1.02	1.03	1.04	1.03
3	1.02	1.03	1.03	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03
2	1.02	1.03	1.03	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03
1	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
Kat No	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
5	1.03	1.03	1.03	1.04	1.03	1.04	1.03	1.03
4	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.04
3	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04
2	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
1	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03

4.3.5. Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Faklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı (η_{ki}) 2’den küçük çıkmıştır.

Çizelge 4.26. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları (η_{ki})							
	TBÇ		TDÇ		GBÇ		GDÇ	
	60 x 60 cm							
5	—	0.66	—	0.64	—	0.63	—	0.64
4	1.51	0.80	1.57	0.77	1.54	0.77	1.6	0.76
3	1.25	0.99	1.29	0.94	1.28	0.97	1.3	0.92
2	1.01	1.81	1.06	1.67	1.05	1.80	1.03	1.57
1	0.55	—	0.6	—	0.58	—	0.56	—
Kat No	50 x 50 cm							
5	—	0.60	—	0.59	—	0.61	—	0.59
4	1.66	0.76	1.69	0.75	1.63	0.77	1.68	0.76
3	1.31	0.93	1.34	0.89	1.3	0.93	1.32	0.88
2	1.07	1.61	1.12	1.46	1.07	1.61	1.14	1.37
1	0.62	—	0.69	—	0.62	—	0.73	—
Kat No	40 x 40 cm							
5	—	0.57	—	0.56	—	0.58	—	0.57
4	1.77	0.74	1.78	0.75	1.74	0.75	1.74	0.75
3	1.34	0.88	1.34	0.86	1.33	0.89	1.33	0.86
2	1.13	1.37	1.16	1.22	1.12	1.38	1.16	1.15
1	0.73	—	0.82	—	0.73	—	0.87	—
Kat No	30 x 30 cm							
5	—	0.55	—	0.55	—	0.56	—	0.58
4	1.83	0.74	1.81	0.75	1.79	0.76	1.73	0.76
3	1.35	0.86	1.34	0.86	1.32	0.86	1.32	0.87
2	1.16	1.14	1.17	1.03	1.16	1.14	1.15	1.00
1	0.88	—	0.97	—	0.88	—	1	—

4.3.6. Binanın Göreli Kat Ötelemesi

Faklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu göreli kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.27. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları ($(\delta_i)_{max}/h_i$)							
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
5	0.0052	0.0031	0.0036	0.0022	0.0053	0.003	0.0046	0.002
4	0.0078	0.005	0.0058	0.0033	0.0088	0.005	0.0077	0.0034
3	0.0098	0.0064	0.0075	0.0044	0.0116	0.0067	0.0099	0.0044
2	0.0098	0.0068	0.0078	0.0037	0.0124	0.0075	0.0106	0.0051
1	0.0055	0.0041	0.0043	0.0041	0.0077	0.0051	0.0066	0.0037
Kat No	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
5	0.0055	0.0031	0.0053	0.0021	0.0073	0.0036	0.0071	0.0024
4	0.0098	0.0056	0.0092	0.0035	0.0134	0.0065	0.0126	0.0042
3	0.0131	0.0075	0.0123	0.0047	0.0181	0.0087	0.0168	0.0055
2	0.0149	0.0087	0.0138	0.0055	0.0209	0.0101	0.0194	0.0063
1	0.0108	0.0071	0.0101	0.0047	0.0184	0.0098	0.017	0.0063

4.3.7. Binanın İkinci Mertebe Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri (θ_i) tüm kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 4.28. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Gösterge Değeri (θ_i)							
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
5	0.0027	0.0016	0.0019	0.0011	0.0028	0.0015	0.0025	0.0010
4	0.0049	0.0031	0.0036	0.0021	0.0055	0.0031	0.0048	0.0021
3	0.0070	0.0046	0.0054	0.0031	0.0083	0.0048	0.0072	0.0032
2	0.0082	0.0057	0.0064	0.0035	0.0103	0.0062	0.0089	0.0042
1	0.0046	0.0034	0.0036	0.0030	0.0065	0.0043	0.0055	0.0031
Kat No	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
5	0.0031	0.0016	0.0029	0.0011	0.0053	0.0020	0.0050	0.0013
4	0.0066	0.0035	0.0060	0.0022	0.0116	0.0044	0.0106	0.0026
3	0.0102	0.0054	0.0091	0.0034	0.0180	0.0068	0.0160	0.0039
2	0.0133	0.0072	0.0119	0.0045	0.0241	0.0092	0.0214	0.0052
1	0.0097	0.0059	0.0087	0.0039	0.0213	0.0090	0.0189	0.0052

4.3.8. Binanın İç Kuvvetleri

Yapılan deprem analizi sonucunda elde edilen moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet değerleri çizelgeler halinde gösterilmiştir. Tuğla duvar T, gazbeton duvar G ile gösterilmiştir. Ayrıca kolonlar için S, kirişler için K harfi kullanılmıştır.

Çizelge 4.29. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M22) Kolon Momenti

(M22) Kolon Momenti (t.m)						
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
			M _{alt}	M _{üst}	M _{alt}	M _{üst}
60 x 60	1. Kat 4-B	T	24.17	-2.77	18.63	-3.22
	1. Kat 4-B	G	19.21	-2.30	13.96	-2.87
50 x 50	1. Kat 4-B	T	19.24	-7.36	13.19	-5.64
	1. Kat 4-E	G	16.44	-6.28	9.56	-4.32
40 x 40	1. Kat 4-B	T	13.43	-8.97	9.01	-6.23
	1. Kat 4-E	G	12.67	-8.33	6.02	-4.22
30 x 30	1. Kat 4-B	T	8.68	-7.69	4.67	-4.16
	1. Kat 4-E	G	8.04	-7.12	2.98	-2.67

Çizelge 4.30. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M33) Kiriş Momenti

(M33) Kiriş Momenti (t.m)						
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
			M _{alt}	M _{üst}	M _{alt}	M _{üst}
60 x 60	2.Kat (A-B)-4	T	11.13	-10.85	7.41	-7.22
	2.Kat (A-B)-4	G	8.70	-8.47	5.07	-4.94
50 x 50	1.Kat (A-B)-4	T	12.34	-11.75	7.17	-6.83
	1.Kat (A-B)-4	G	10.58	-10.07	5.05	-4.76
40 x 40	1.Kat (A-B)-4	T	11.91	-10.6	7.38	-6.55
	1.Kat (A-B)-4	G	11.07	-9.85	5.33	-2.79
30 x 30	1. Kat (A-B)-4	T	11.01	-8.67	5.55	-4.35
	1. Kat (A-B)-4	G	10.20	-8.03	3.47	-2.70

Çizelge 4.31. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (V33) Kolon ve (V22) Kiriş Kesme Kuvveti

Kolon ve Kiriş Kesme Kuvveti (t)							
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları		Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
				S	K	S	K
	S	K		V33	V22	V33	V22
60 x 60	1. Kat 4-B	2.Kat (A-B)-4	T	8.93	4.40	7.28	2.93
	1. Kat 4-B	2.Kat (A-B)-4	G	7.17	3.43	5.61	2.00
50 x 50	1. Kat 4-B	1.Kat (A-B)-4	T	8.87	4.82	6.28	2.84
	1. Kat 4-E	1.Kat (A-B)-4	G	7.57	4.13	4.63	1.96
40 x 40	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	T	7.47	4.50	5.08	2.79
	1. Kat 4-E	1.Kat (A-B)-4	G	6.93	4.18	3.41	1.74
30 x 30	1. Kat 4-B	1. Kat (A-B)-4	T	5.46	3.93	2.94	1.98
	1. Kat 4-E	1. Kat (A-B)-4	G	5.05	3.65	1.87	1.23

Çizelge 4.32. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (P) Eksenel Kuvveti

(P) Eksenel Kuvvet (t)			
Kolon (cm ²)	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve	Duvarlı Çerçeve
60 x 60	T	18.64	16.42
	G	15.53	19.13
50 x 50	T	18.83	15.81
	G	15.61	18.79
40 x 40	T	16.59	15.19
	G	15.35	18.52
30 x 30	T	13.31	18.63
	G	12.44	18.33

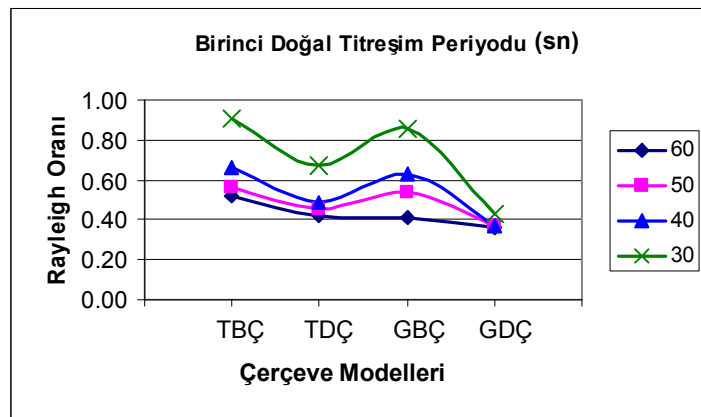
4.3.9. 5 Katlı Otelin X Yönünde Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Deprem analiz sonuçları karşılaştırılırken dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı sistemler karşılaştırılmıştır. Kolon kesitleri küçültülerek dolgu duvarın yapıya olan etkileri incelenmiştir.

4.3.9.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Tuğla duvar yerine gazbeton duvar kullanılmasıyla binanın toplam ağırlığı ortalama %10.78 oranında azalmıştır.

4.3.9.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.17. 5 Katlı Otelin X Yönündeki Birinci Doğal Titreşim Periyod Değerleri Değişimi

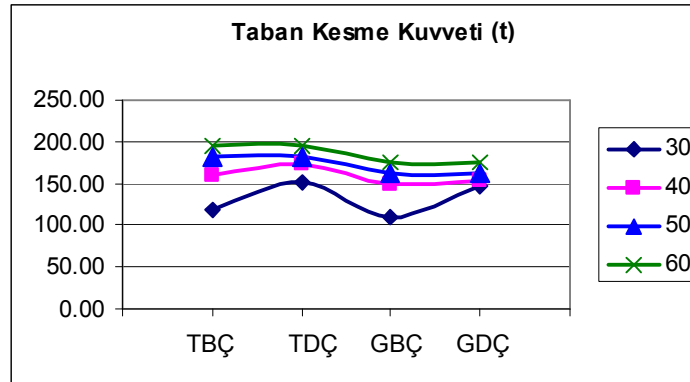
Ağırlığın azalmasına bağlı olarak yapının periyod değerleri %4.40 - %21.15 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı ve duvarsız modellerin periyod değerlerindeki azalmalar Çizelge 4.33’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki Azalmalar

Kolon Boyutları	TDÇ/TBÇ	GDÇ/GBÇ	GBÇ/TBÇ	GDÇ/TDÇ
	%			
30 x 30	26.08	50.57	4.40	35.82
40 x 40	25.76	38.10	4.55	20.41
50 x 50	19.64	31.48	3.57	17.78
60 x 60	19.23	12.20	21.15	14.29

Kolon boyutları küçüldükçe birinci doğal titreşim periyodu artmaktadır. Çerçeve sistemleri karşılaştırıldığında boş çerçeve yerine duvar modellenli çerçeve kullanıldığı zaman periyod değerleri %12.20 - %50.57 arasında azalmıştır. Tuğla duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda %26.08 olurken, gazbeton duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda % 50.57 olarak bulunmuştur.

4.3.9.3. Toplam Eşdeğer Yüklerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.18. 5 Katlı Otelin X Yönündeki Taban Kesme Kuvveti Değerleri Değişimi

Ağırlığın azalmasına bağlı olarak yapının kesme kuvveti değerleri ise %7.14 - %10.74 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı ve duvarsız modellerin kesme kuvveti değerlerindeki değişimler Çizelge 4.34’de gösterilmiştir.

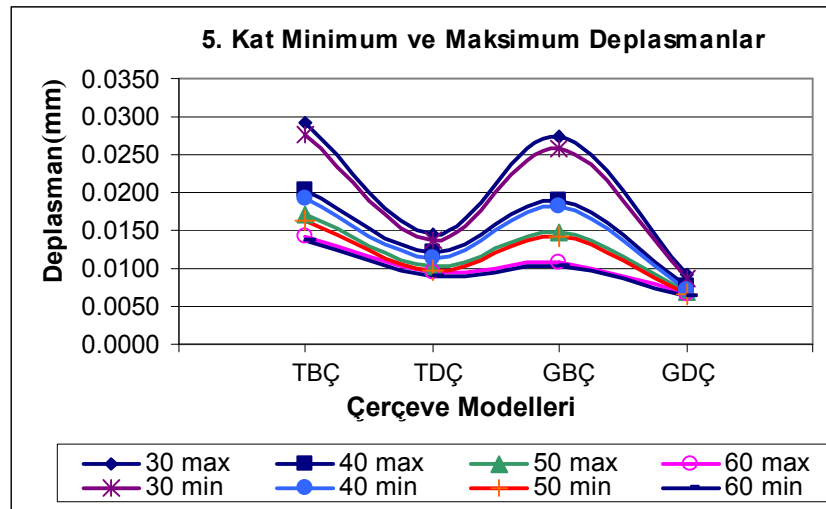
Çizelge 4.34. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetindeki Değişimler

Kolon Boyutları	V_t			
	TDÇ/TBÇ	GDÇ/GBÇ	GBÇ/TBÇ	GDÇ/TDÇ
	%			
30 x 30	(+)27.08	(+)33.26	7.41	2.91
40 x 40	(+)7.77	(+)3.40	7.14	10.91
50 x 50	0.00	0.00	10.21	10.21
60 x 60	0.00	0.00	10.74	10.74

Kolon boyutları küçüldükçe taban kesme kuvveti azalmaktadır. Taban kesme kuvveti çerçeve sistemleri karşılaştırıldığında boş çevre yerine dolgu duvar modellenli çerçeve kullanıldığında taban kesme kuvveti değerleri 60 x 60 ve 50 x 50 cm kolon boyutları için değişmemektedir. 40 x 40 cm kolon boyutlu sistemde TDÇ'de TBÇ'ye göre %7.77, GDÇ'de GBÇ'ye göre % 3.40 artmakta ve 30 x 30 cm kolon boyutlu modelde TDÇ'de TBÇ'ye göre %27.07, GDÇ'de GBÇ'ye göre %33.26 artmaktadır.

4.3.9.4. Deplasmanların Karşılaştırılması

Maksimum ve minimum deplasmanların çerçeve durumlarına göre grafikleri birlikte çizilerek dolgu duvar etkisinin deplasmanlara olan etkileri gösterilmiştir. Kolonların genişlik ve boyutları eşit olduğu için tek boyutla birlikte maksimum veya minimum deplasman olduğunu belirtmek için grafikler kolon boyutu max./min. şeklinde adlandırılmıştır.



Şekil 4.19. 5 katlı Otelin 5. Katının X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasman Grafikleri

Yeterli rijitliğe sahip olan 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri belirli bir grup içinde kalmış ve büyük eğrilikler göstermemiştir. Ancak yeterli rijitliğe sahip olmayan 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri daha

belirgin eğrilikler göstermişlerdir. 30 x 30 cm kolon boyutunda kolonların rijitliğinin yetersiz olmasından dolayı dolgu duvarlar rijitliği önemli ölçüde artırarak deplasmanların önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.35. 5 katlı Otelin 60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	33.65	33.26	39.42	39.27	24.32	23.67	30.90	30.54
4	32.74	32.33	39.07	39.10	23.38	22.69	30.59	30.42
3	31.44	31.03	38.22	38.04	22.41	21.79	30.08	29.74
2	29.25	28.75	35.75	35.76	21.76	21.08	28.94	28.85
1	26.29	25.37	32.68	30.25	21.13	20.98	27.97	26.14

Çizelge 4.36. 5 katlı Otelin 50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	40.81	40.44	53.65	53.14	13.81	13.83	32.51	32.20
4	40.29	39.91	52.90	52.67	14.31	13.87	32.41	32.17
3	39.31	38.99	51.96	51.57	14.31	14.29	32.17	31.96
2	37.55	37.17	49.76	49.30	14.46	14.42	31.18	30.95
1	32.72	31.32	44.02	43.21	13.97	13.52	28.42	28.50

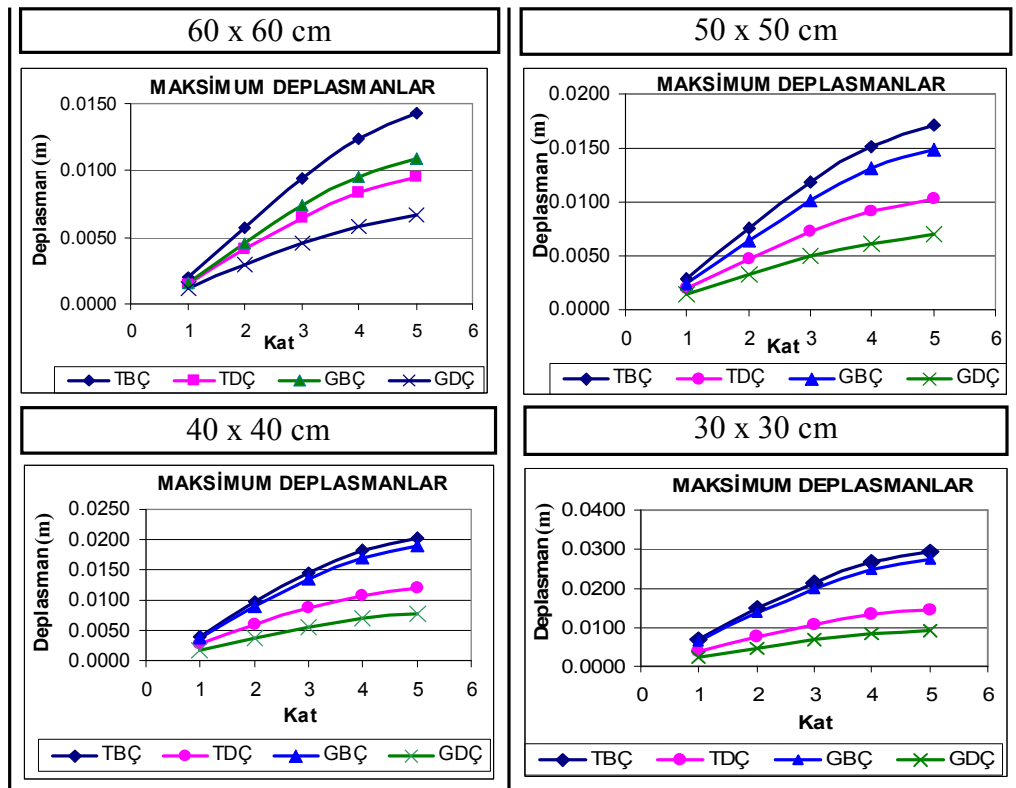
Çizelge 4.37. 5 katlı Otelin 40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	41.12	41.27	59.62	59.50	7.17	7.27	36.33	36.05
4	40.83	40.43	59.67	59.28	6.65	6.64	36.36	36.19
3	40.19	39.84	59.10	58.70	6.88	6.87	36.32	36.07
2	38.55	38.21	57.60	57.21	7.01	7.06	35.83	35.63
1	34.38	33.99	53.22	52.79	7.03	7.14	33.73	33.58

Çizelge 4.38. 5 katlı Otelin 30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	50.76	50.29	66.55	66.20	6.64	6.66	36.58	36.54
4	50.68	50.26	66.55	66.22	6.97	6.97	36.91	36.82
3	50.39	49.98	66.21	66.03	7.47	7.21	36.97	36.99
2	49.50	49.19	65.63	65.45	7.32	7.33	36.93	36.98
1	46.70	46.44	63.18	63.17	7.37	7.40	36.02	36.31

5 katlı otelin farklı kolon boyutlu modelleri için maksimum deplasman grafikleri 1. kattan 5. kata kadar çizilmiştir. Kat sayısı artıkça deplasmanlar artan bir grafik göstermiştir. Grafikler incelendiğinde TBÇ'nin grafiği en üstte yer alırken, GDÇ'nin grafiği en altta yer almıştır. TDÇ'nin grafiği GBÇ'nin grafiğinin altında yer almıştır.



Şekil 4.20. 5 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Maksimum Deplasman Grafikleri

Tuğla duvar yerine gazbeton duvar kullanılmasıyla binanın toplam ağırlığındaki azalmanın deplasmanlar üzerindeki etkisini görmek amacıyla GBÇ/TBÇ oranlaması yapılmıştır.

4.3.9.5. Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) 1.20'den küçük çıkmıştır.

4.3.9.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizliği Katsayısı (η_{ki}) 2'den küçük çıkmıştır.

4.3.10.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Tüm kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda hesaplanan göreli kat ötelemeleri 0.02'den küçük çıkmıştır. Ancak 30x30 kolon boyutu için 2. katta GDBÇ'de göreli kat ötelenmesi sınır değeri %4.6 aşarken, duvar modellenmesi ile sınır değerin %49.33 altında kalmıştır.

4.3.9.8. İkinci Mertebe Kontrollerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu İkinci Mertebe Gösterge Değeri (θ_i) 0.12'den küçük çıkmıştır.

4.3.9.9. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Deplasman analizi sonucu ortaya çıkan iç kuvvetler farklı kolon boyutları dikkate alınarak duvarlı ve duvarsız modeller karşılaştırılmış ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.39. 5 katlı Otelin X yönünde TDÇ'nin TBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	TDÇ/TBÇ					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	23	(+)16	19	33	33	33
50 x 50	31	23	29	42	42	41
40 x 40	33	31	32	38	38	38
30 x 30	46	46	46	50	50	50

Çizelge 4.40. 5 katlı Otelin X yönünde GDÇ'nin GBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	GDÇ/GBÇ					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	27	(+)25	22	42	42	42
50 x 50	42	31	39	52	53	53
40 x 40	52	49	51	52	72	58
30 x 30	63	63	63	34	34	34

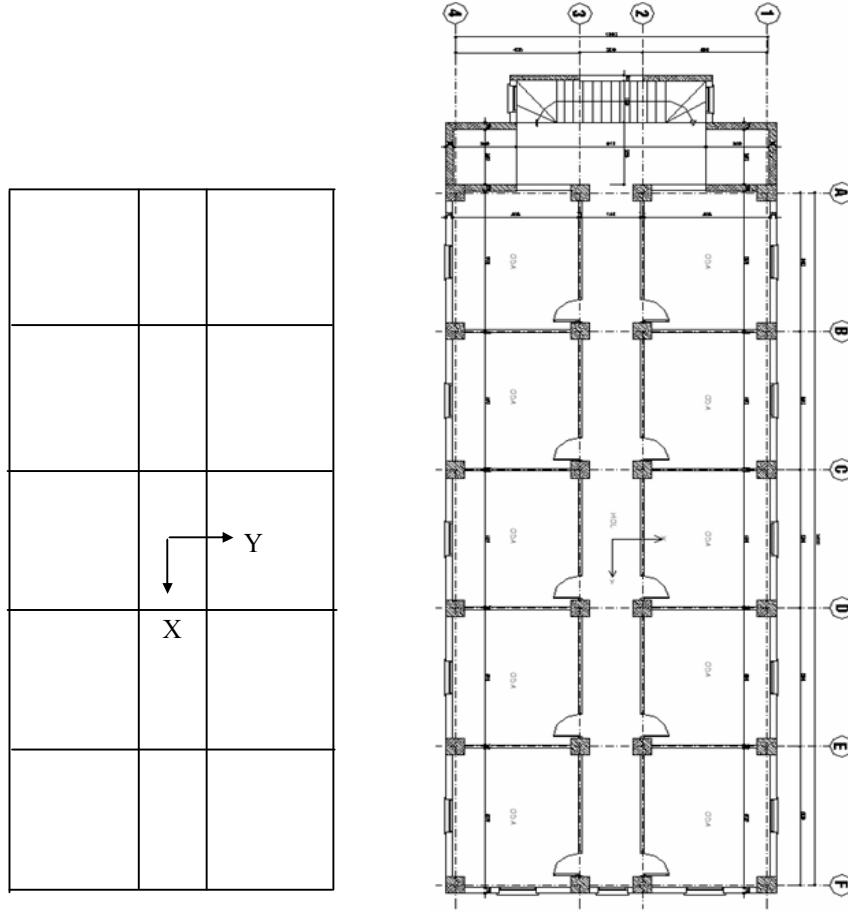
Çizelge 4.41. 5 katlı Otelin X yönünde GDÇ'nin TDÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	GDÇ/TDÇ					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	25	11	23	32	32	32
50 x 50	28	23	26	30	30	31
40 x 40	33	32	33	32	32	32
30 x 30	36	36	36	37	38	38

Çizelge 4.42. 5 katlı Otelin X yönünde GBÇ'nin TBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	GBÇ/TBÇ					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	21	17	20	22	22	22
50 x 50	15	15	15	14	14	14
40 x 40	6	7	7	7	7	7
30 x 30	7	7	8	7	7	7

4.4. Beş Katlı Otelin Y Yönünde Deprem Analizi



Şekil 4.21. 5 katlı Otelin Y Yönü için Kalıp Planı

4.4.1. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

5 katlı otelin y yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 4.43’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.43. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerleri

Kolon Boyutları	Periyod (sn)			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	0.90	0.67	0.85	0.54
40 x 40	0.63	0.54	0.60	0.46
50 x 50	0.53	0.47	0.50	0.41
60 x 60	0.48	0.43	0.46	0.39

4.4.2. Binanın Toplam Eşdeğer Yükü Hesabı

5 katlı otelin y yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) (V_t) hesaplanarak Çizelge 4.44’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.44. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetleri

Kolon Boyutları	V_t (t)			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	111.00	150.70	111.00	146.32
40 x 40	164.97	172.38	153.58	153.58
50 x 50	181.87	181.87	163.30	163.30
60 x 60	196.25	196.25	175.18	175.18

4.4.3. Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ($e_y=0.5$). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 4.45. 5 katlı Otelin 1. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	1. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
TBÇ	0.0050	0.0072	0.0031	0.0045	0.0020	0.0029	0.0015	0.0021
TDÇ	0.0042	0.0057	0.0025	0.0035	0.0016	0.0023	0.0013	0.0018
GBÇ	0.0050	0.0072	0.0029	0.0042	0.0018	0.0026	0.0013	0.0019
GDÇ	0.0029	0.0041	0.0019	0.0026	0.0013	0.0019	0.0010	0.0014

Çizelge 4.46. 5 katlı Otelin 2. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	2. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0106	0.0153	0.0073	0.0105	0.0051	0.0073	0.0040	0.0057
TDÇ	0.0083	0.0116	0.0056	0.0079	0.0040	0.0057	0.0034	0.0048
GBÇ	0.0107	0.0154	0.0068	0.0098	0.0046	0.0066	0.0036	0.0051
GDÇ	0.0059	0.0083	0.0041	0.0058	0.0032	0.0045	0.0026	0.0038

Çizelge 4.47. 5 katlı Otelin 3. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	3. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0155	0.0223	0.0110	0.0159	0.0080	0.0114	0.0065	0.0093
TDÇ	0.0121	0.0168	0.0084	0.0118	0.0062	0.0088	0.0054	0.0076
GBÇ	0.0156	0.0225	0.0103	0.0148	0.0072	0.0103	0.0058	0.0083
GDÇ	0.0087	0.0120	0.0061	0.0085	0.0048	0.0068	0.0042	0.0059

Çizelge 4.48. 5 katlı Otelin 4. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	4. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0192	0.0276	0.0139	0.0199	0.0102	0.0146	0.0085	0.0121
TDÇ	0.0150	0.0207	0.0105	0.0147	0.0079	0.0112	0.0070	0.0098
GBÇ	0.0194	0.0279	0.0130	0.0187	0.0092	0.0132	0.0076	0.0109
GDÇ	0.0109	0.0149	0.0076	0.0107	0.0061	0.0087	0.0054	0.0077

Çizelge 4.49. 5 katlı Otelin 5. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	5. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)		(m)		(m)		(m)	
TBÇ	0.0213	0.0306	0.0156	0.0223	0.0116	0.0166	0.0098	0.0140
TDÇ	0.0167	0.0230	0.0117	0.0164	0.0089	0.0127	0.0080	0.0113
GBÇ	0.0216	0.0310	0.0146	0.0210	0.0105	0.0150	0.0089	0.0126
GDÇ	0.0122	0.0167	0.0086	0.0120	0.0070	0.0098	0.0062	0.0088

4.4.4. Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 4.50'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.50. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları (η_{bi})							
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
5	1.17	1.17	1.17	1.16	1.17	1.16	1.17	1.15
4	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17
3	1.17	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17
2	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17
1	1.18	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.17
Kat No	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
5	1.17	1.16	1.17	1.15	1.19	1.14	1.17	1.12
4	1.18	1.17	1.18	1.16	1.17	1.15	1.18	1.15
3	1.18	1.17	1.18	1.16	1.18	1.16	1.18	1.14
2	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.18	1.18	1.17
1	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.15	1.18	1.17

4.4.5. Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Faklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizliği Katsayısı (η_{ki}) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 4.51. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları (η_{ki})							
	TBÇ		TDÇ		GBÇ		GDÇ	
	60 x 60 cm							
5	—	0.67	—	0.66	—	0.68	—	0.66
4	1.49	0.80	1.52	0.79	1.47	0.81	1.52	0.78
3	1.25	0.98	1.27	0.95	1.24	0.99	1.28	0.94
2	1.02	1.75	1.05	1.68	1.01	1.75	1.06	1.63
1	0.57	—	0.60	—	0.57	—	0.61	—
Kat No	50 x 50 cm							
5	—	0.62	—	0.62	—	0.63	—	0.62
4	1.60	0.78	1.61	0.77	1.58	0.78	1.61	0.77
3	1.29	0.93	1.29	0.91	1.28	0.94	1.29	0.90
2	1.07	1.55	1.10	1.47	1.07	1.56	1.11	1.43
1	0.64	—	0.68	—	0.64	—	0.70	—
Kat No	40 x 40 cm							
5	—	0.59	—	0.59	—	0.60	—	0.61
4	1.70	0.76	1.70	0.76	1.67	0.77	1.29	0.77
3	1.31	0.89	1.31	0.88	1.30	0.90	1.13	0.88
2	1.12	1.33	1.14	1.25	1.12	1.33	0.83	1.20
1	0.75	—	0.80	—	0.75	—	1.65	—
Kat No	30 x 30 cm							
5	—	0.56	—	0.59	—	0.58	—	0.62
4	1.79	0.76	1.71	0.77	1.73	0.76	1.60	0.77
3	1.31	0.86	1.31	0.89	1.31	0.87	1.29	0.90
2	1.16	1.13	1.13	1.02	1.15	1.13	1.11	1.05
1	0.89	—	0.98	—	0.89	—	0.96	—

4.4.6. Binanın Göreli Kat Ötelemesi

Faklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu göreli kat ötelemeleri (δ_i) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.52. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Göreli Kat Ötelemesi Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Göreli Kat Ötelemesi Katsayıları ($(\delta_i)_{max}/h_i$)							
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
5	0.0051	0.0039	0.0047	0.0030	0.0059	0.0039	0.0049	0.0030
4	0.0076	0.0059	0.0069	0.0046	0.0094	0.0063	0.0078	0.0049
3	0.0095	0.0076	0.0085	0.0058	0.0122	0.0082	0.0099	0.0063
2	0.0097	0.0079	0.0087	0.0062	0.0131	0.0091	0.0106	0.0070
1	0.0055	0.0047	0.0050	0.0038	0.0084	0.0062	0.0069	0.0049
Kat No	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
5	0.0063	0.0046	0.0061	0.0034	0.0080	0.0061	0.0083	0.0047
4	0.0108	0.0078	0.0102	0.0057	0.0141	0.0105	0.0144	0.0077
3	0.0142	0.0102	0.0134	0.0074	0.0186	0.0138	0.0189	0.0099
2	0.0160	0.0117	0.0149	0.0084	0.0216	0.0159	0.0217	0.0113
1	0.0120	0.0094	0.0112	0.0070	0.0192	0.0151	0.0193	0.0109

4.4.7. Binanın İkinci Mertebe Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri (θ_i) tüm kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 4.53. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları (θ_i)							
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
5	0.0023	0.0018	0.0022	0.0014	0.0024	0.0018	0.0023	0.0014
4	0.0041	0.0032	0.0038	0.0025	0.0046	0.0035	0.0042	0.0027
3	0.0059	0.0047	0.0053	0.0037	0.0069	0.0052	0.0062	0.0040
2	0.0070	0.0058	0.0063	0.0045	0.0085	0.0066	0.0077	0.0051
1	0.0040	0.0035	0.0036	0.0028	0.0055	0.0045	0.0050	0.0036
Kat No	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
5	0.0030	0.0021	0.0028	0.0016	0.0054	0.0031	0.0050	0.0023
4	0.0061	0.0043	0.0056	0.0031	0.0115	0.0064	0.0103	0.0043
3	0.0093	0.0065	0.0084	0.0047	0.0173	0.0096	0.0156	0.0064
2	0.0120	0.0085	0.0108	0.0061	0.0233	0.0125	0.0207	0.0082
1	0.0091	0.0069	0.0081	0.0051	0.0208	0.0123	0.0185	0.0079

4.4.8. Binanın İç Kuvvetleri

Yapılan deprem analizi sonucunda elde edilen moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet değerleri çizelgeler halinde gösterilmiştir. Tuğla duvar T, gazbeton duvar G ile gösterilmiştir. Ayrıca kolonlar için S, kirişler için K harfi kullanılmıştır.

Çizelge 4.54. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M22) Kolon Momenti

(M22) Kolon Momenti (t.m)						
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
			M _{alt}	M _{üst}	M _{alt}	M _{üst}
60 x 60	1. Kat 2-F	T	26.49	-7.03	23.08	-6.77
	1. Kat 2-F	G	23.68	-6.28	13.11	-4.06
50 x 50	1. Kat 2-F	T	22.85	-11.97	17.01	-9.27
	1. Kat 2-F	G	18.54	-9.70	13.70	-7.64
40 x 40	1. Kat 2-F	T	16.00	-12.21	12.67	-9.81
	1. Kat 2-F	G	14.90	-11.36	9.45	-7.38
30 x 30	1. Kat 2-F	T	9.38	-8.64	7.37	-6.82
	1. Kat 2-F	G	9.41	-8.67	5.33	-4.94

Çizelge 4.55. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre(M33) Kiriş Momenti

(M33) Kiriş Momenti (t.m)						
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
			M _{alt}	M _{üst}	M _{alt}	M _{üst}
60 x 60	1.Kat (2-3)-F	T	15.90	-15.90	13.56	13.56
	1.Kat (2-3)-F	G	15.83	-15.83	8.41	-8.41
50 x 50	1.Kat (2-3)-F	T	18.04	-18.04	13.11	-13.11
	1.Kat (2-3)-F	G	15.08	-15.08	10.46	-10.46
40 x 40	1.Kat (2-3)-F	T	14.07	-14.07	11.58	-1.58
	1.Kat (2-3)-F	G	13.85	-13.85	8.67	-8.67
30 x 30	1.Kat (2-3)-F	T	12.34	-8.99	9.12	-6.40
	1.Kat (2-3)-F	G	9.03	-12.39	4.25	-6.32

Çizelge 4.56. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (V33) Kolon ve (V22) Kiriş Kesme Kuvveti

Kolon ve Kiriş Kesme Kuvveti (t)							
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları		Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
				S	K	S	K
	S	K		V33	V22	V33	V22
60 x 60	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	T	11.17	15.90	9.95	13.56
	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	G	9.98	15.83	5.72	8.41
50 x 50	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	T	11.60	18.04	8.76	13.11
	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	G	9.42	15.08	7.11	10.46
40 x 40	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	T	9.40	14.07	7.50	11.59
	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	G	8.75	13.85	5.61	8.67
30 x 30	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	T	6.01	8.79	4.73	7.13
	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	G	6.03	8.82	3.43	5.44

Çizelge 4.57. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre(P) Eksenel Kuvvet

(P) Eksenel Kuvvet (t)			
Kolon Boyutları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve	Duvarlı Çerçeve
60 x 60	T	36.30	27.50
	G	34.30	24.66
50 x 50	T	30.84	26.80
	G	34.20	28.31
40 x 40	T	23.73	30.02
	G	22.33	15.54
30 x 30	T	17.41	30.21
	G	17.63	31.68

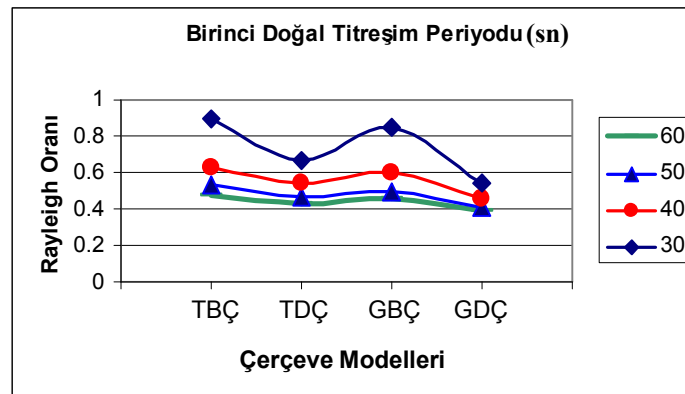
4.4.9. 5 Katlı Otelin Y Yönünde Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Deprem analiz sonuçları karşılaştırılırken dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı sistemler karşılaştırılmıştır. Kolon kesitleri küçültülerek dolgu duvarın yapıya olan etkileri incelenmiştir.

4.4.9.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Tuğla duvar yerine gazbeton duvar kullanılmasıyla binanın toplam ağırlığı ortalama %10.78 oranında azalmıştır.

4.4.9.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.22. 5 Katlı Otelin Y Yönündeki Birinci Doğal Titreşim Periyod Değerleri Değişimi

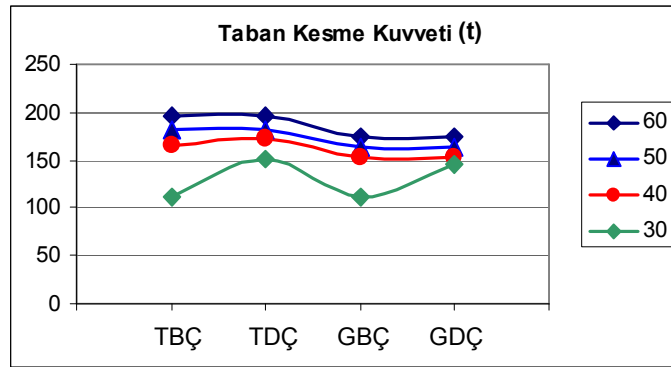
Ağırlığın azalmasına bağlı olarak yapının periyod değerleri %4.17 - %5.66 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı ve duvarsız modellerin periyod değerlerindeki azalmalar Çizelge 4.58’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.58. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki Azalmalar

Kolon Boyutları	TDÇ/TBÇ	GDÇ/GBÇ	GBÇ/TBÇ	GDÇ/TDÇ
	%			
30 x 30	25.56	36.47	5.56	19.40
40 x 40	14.29	23.33	4.76	14.81
50 x 50	11.32	18.00	5.66	12.77
60 x 60	10.42	15.22	4.17	9.30

Kolon boyutları küçüldükçe birinci doğal titreşim periyodu artmaktadır. Çerçeve sistemleri karşılaştırıldığında boş çevre yerine duvar modellenli çerçeve kullanıldığı zaman periyod değerleri %10.42 - %36.47 arasında azalma göstermiştir. Tuğla duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda %25.56 olarak, gazbeton duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda % 36.47 olarak bulunmuştur.

4.4.9.3. Toplam Eşdeğer Yüklerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.23. 5 Katlı Otelin Y Yönündeki Taban Kesme Kuvveti Değerleri Değişimi

Ağırlığın azalmasına bağlı olarak yapının kesme kuvveti değerleri ise %0 - %10.74 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı ve duvarsız modellerin kesme kuvveti değerlerindeki azalmalar Çizelge 4.59’de gösterilmiştir.

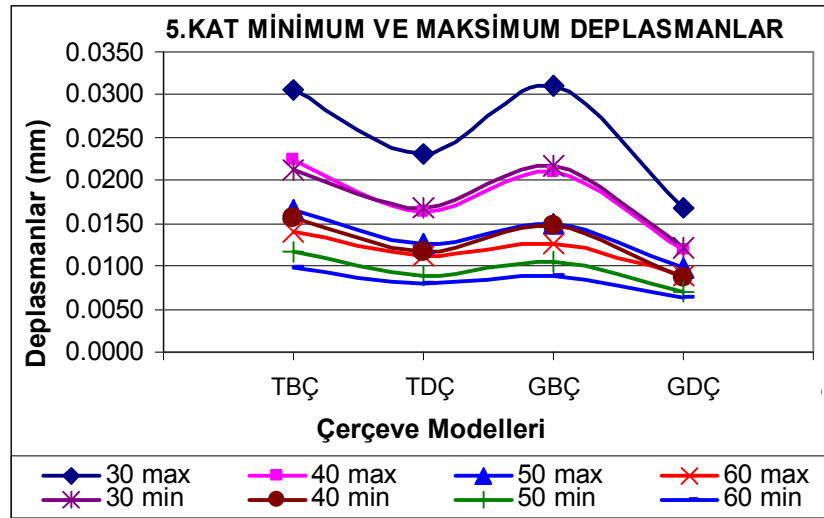
Çizelge 4.59. 5 Katlı Otelin Y Yönündeki Taban Kesme Kuvveti Değerleri Değişimi

Kolon Boyutları	V _t			
	TDÇ/TBÇ	GDÇ/GBÇ	GBÇ/TBÇ	GDÇ/TDÇ
	%			
30 x 30	(+)35.77	(+)31.82	0.00	2.91
40 x 40	(+)4.49	0	6.90	10.91
50 x 50	0	0	10.21	10.21
60 x 60	0	0	10.74	10.74

Taban kesme kuvveti çerçeve sistemleri karşılaştırıldığında boş çevre yerine duvar modellenli çerçeve kullanıldığında taban kesme kuvveti değerleri 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm kolon boyutları için değişmemektedir. 40 x 40 cm kolon boyutlu TDÇ'de TDBÇ'ye göre %4.49 artarken, GDÇ'de GDBÇ'ye göre aynı kalmakta ve 30 x 30 cm kolon boyutlu modelde TDÇ'de TDBÇ'ye göre %35.77, GDÇ'de GDBÇ'ye göre %31.82 artmaktadır.

4.4.9.4. Deplasmanların Karşılaştırılması

Maksimum ve minimum deplasmanların çerçeve durumlarına göre grafikleri birlikte çizilerek dolgu duvar etkisinin deplasmanlara olan etkileri gösterilmiştir. Kolonların genişlik ve boyutları eşit olduğu için tek boyutla birlikte maksimum veya minimum deplasman olduğunu belirtmek için grafikler kolon boyutu max./min. şeklinde adlandırılmıştır.



Şekil 4.24. 5 katlı Otelin 5. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasman Grafikleri

Yeterli rijitliğe sahip olan 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri belirli bir grup içinde kalmış ve büyük eğrilikler göstermemiştir. Ancak yeterli rijitliğe sahip olmayan 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri daha

belirgin eğrilikler göstermişlerdir. 30 x 30 cm kolon boyutunda kolonların rijitliğinin yetersiz olmasından dolayı dolgu duvarlar rijitliği önemli ölçüde artırarak deplasmanların önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.60. 5 katlı Otelin 60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	18.64	19.49	29.80	30.62	9.78	9.78	22.15	22.25
4	17.95	18.91	29.00	29.75	10.04	10.07	22.16	22.10
3	17.28	17.93	27.88	28.52	10.33	10.26	21.83	21.84
2	15.83	16.64	26.05	26.61	10.30	10.51	21.19	21.22
1	13.79	14.42	23.08	23.12	10.34	10.58	20.00	19.66

Çizelge 4.61. 5 katlı Otelin 50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	22.88	23.73	33.71	35.04	9.33	9.40	22.06	22.83
4	22.69	23.41	33.26	34.47	9.63	9.65	21.98	22.70
3	22.26	22.79	32.40	33.62	9.94	9.82	21.68	22.47
2	20.91	21.54	30.70	31.71	10.06	10.01	21.20	21.68
1	18.18	18.88	26.97	28.02	10.10	10.14	19.75	20.26

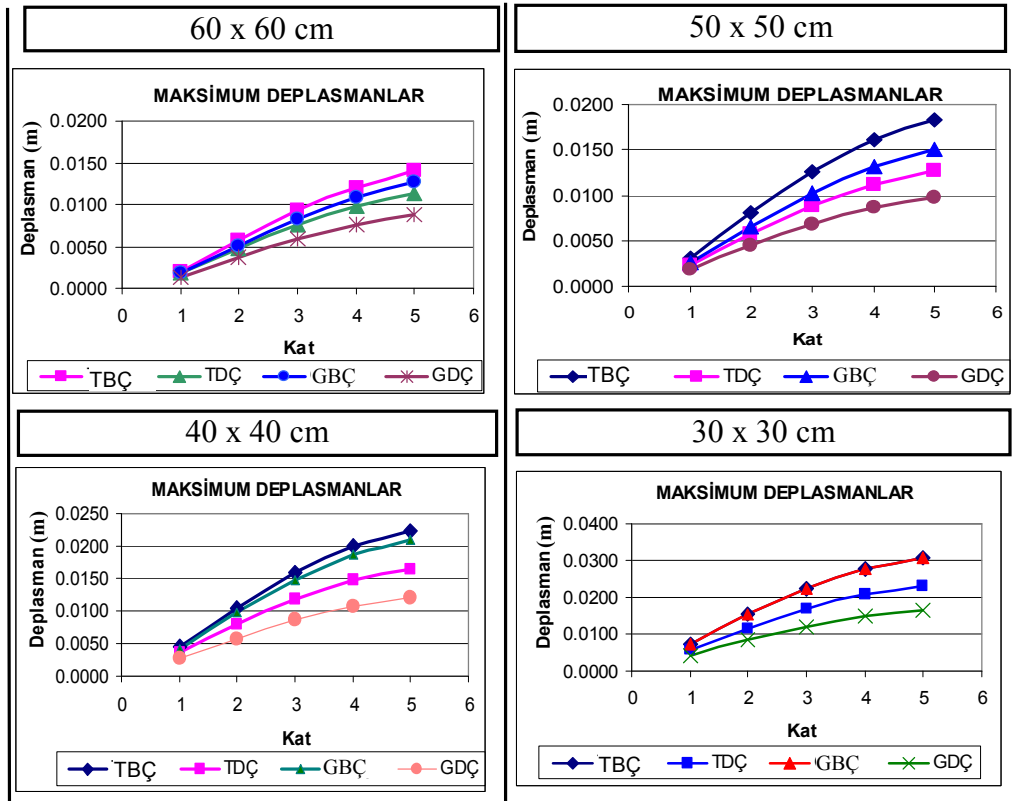
Çizelge 4.62. 5 katlı Otelin 40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	24.63	26.33	41.27	42.96	6.05	6.01	26.79	27.22
4	24.51	26.12	41.26	42.79	6.34	6.33	27.13	27.46
3	24.12	25.68	40.97	42.34	6.62	6.56	27.36	27.50
2	23.12	24.45	39.94	41.02	6.84	6.76	27.22	27.20
1	20.45	21.51	36.64	37.38	6.71	6.87	25.70	25.71

Çizelge 4.63. 5 katlı Otelin 30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
5	22.51	25.68	43.66	45.46	1.34	1.16	28.27	27.47
4	22.63	25.60	43.61	45.94	0.82	0.90	27.71	27.99
3	22.58	25.29	43.87	46.10	0.83	0.71	28.10	28.37
2	22.08	24.53	43.61	45.79	0.47	0.39	27.97	28.45
1	20.52	21.85	42.60	43.47	0.40	0.41	28.07	27.96

5 katlı otelin farklı kolon boyutlu modelleri için maksimum deplasman grafikleri 1. kattan 5. kata kadar çizilmiştir. Kat sayısı artıkça deplasmanlar artan bir grafik göstermiştir. Grafikler incelendiğinde TBÇ'nin grafiği en üstte yer alırken, GDÇ'nin grafiği en altta yer almıştır. TDÇ'nin grafiği GBÇ'nin grafiğinin altında yer almıştır.



Şekil 4.25. 5 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Maksimum Deplasman Grafikleri

Tuğla duvar yerine gazbeton duvar kullanılmasıyla binanın toplam ağırlığındaki azalmanın deplasmanlar üzerindeki etkisini görmek amacıyla GBÇ/TBÇ oranlaması yapılmıştır.

4.4.9.5. Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) 1.20'den küçük çıkmıştır.

4.4.9.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizliği Katsayısı (η_{ki}) 2'den küçük çıkmıştır.

4.4.9.7. Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Tüm kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda hesaplanan göreli kat ötelemeleri 0.02'den küçük çıkmıştır. Ancak 30 x 30 cm kolon boyutu için 2. katta TDBÇ'de göreli kat ötelenmesi sınır değeri %8 aşarken, duvar modellenmesi ile sınır değerin %20 altında kalmıştır. Yine bu kat için GDBÇ'de göreli kat ötelenmesi sınır değeri %8 aşarken, duvar modellenmesi ile sınır değerin %44 altında kalmıştır.

4.4.9.8. İkinci Mertebe Kontrollerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu İkinci Mertebe Gösterge Değerleri (θ_i) 0.12'den küçük çıkmıştır.

4.4.9.9. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Deplasman analizi sonucu ortaya çıkan iç kuvvetler farklı kolon boyutları dikkate alınarak duvarlı ve duvarsız modeller karşılaştırılmış ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.64. 5 katlı Otelin Y yönünde TDÇ'nin TBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar

Kolon Boyutları	TDÇ/TBÇ					
	KOLON			KİRİŞ		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	13	4	11	15	15	15
50 x 50	26	21	25	31	31	31
40 x 40	20	20	20	18	18	18
30 x 30	26	29	19	21	21	21

Çizelge 4.65. 5 katlı Otelin Y yönünde GDÇ'nin GBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar

Kolon Boyutları	GDÇ/GBÇ					
	KOLON			KİRİŞ		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	45	35	43	47	47	47
50 x 50	26	21	25	31	31	31
40 x 40	37	35	36	37	37	37
30 x 30	43	43	43	49	52	38

Çizelge 4.66. 5 katlı Otelin Y yönünde GDÇ'nin TDÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar

Kolon Boyutları	GDÇ/TDÇ					
	KOLON			KİRİŞ		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	40	40	40	38	38	38
50 x 50	19	19	19	20	20	20
40 x 40	25	25	25	25	25	25
30 x 30	28	28	28	24	24	24

Çizelge 4.67. 5 katlı Otelin Y yönünde GBÇ'nin TBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Azalmalar

Kolon Boyutları	GBÇ/TBÇ					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	11	11	11	0.44	0.44	0.44
50 x 50	19	19	19	16	16	16
40 x 40	7	7	7	2	2	2
30 x 30	0	0	0	0	0	0

4.5. Otelin 10 Katlı Modeli ve Y Yönünde Deprem Analizi

Her katın ağırlığı hesaplanmış ve Çizelge 4.64’de gösterilmiştir. Normal kat ağırlıkları N, çatı kat ağırlıkları ise Ç olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı W ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.68. 10 Katlı Otelin Kat Ağırlıkları

Kolon Boyutları	Kat	$w_i (t)$			
		TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
		1	2	3	4
30 x 30	N	275.15	275.15	240.75	240.75
	Ç	220.51	220.51	207.55	207.55
	W	2696.86	2696.86	2374.3	2374.3
40 x 40	N	287.25	287.25	252.85	252.85
	Ç	228.19	230.02	217.22	217.22
	W	2813.44	2815.27	2492.87	2492.87
50 x 50	N	302.80	302.80	268.40	268.40
	Ç	243.74	243.74	232.77	232.77
	W	2968.94	2968.94	2648.37	2648.37
60 x 60	N	326.81	326.81	287.41	287.41
	Ç	262.75	262.75	251.78	251.78
	W	3204.04	3204.04	2838.47	2838.47

4.5.1. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

10 katlı otelin y yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 4.69’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.69. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerleri

Kolon Boyutları	Periyod (sn)			
	TDBÇ	TDÇ	GDBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	1.90	1.43	1.78	1.19
40 x 40	1.38	1.17	1.28	1.01
50 x 50	1.19	1.04	1.11	0.90
60 x 60	1.08	0.97	1.02	0.85

4.5.2. Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı

10 katlı otelin y yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) (V_t) hesaplanarak Çizelge 4.70’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.70. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetleri

Kolon Boyutları	V_t (t)			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	133.48	167.27	125.09	173.01
40 x 40	183.00	208.07	170.36	192.77
50 x 50	221.36	245.14	203.95	240.15
60 x 60	250.51	273.51	232.27	268.15

4.5.3. Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ($e_y=0.5$). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 4.71. 10 katlı Otelin 1. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	1. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
TBÇ	0.0061	0.0088	0.0036	0.0051	0.0025	0.0036	0.0020	0.0028
TDÇ	0.0045	0.0064	0.0038	0.0044	0.0023	0.0033	0.0018	0.0026
GBÇ	0.0058	0.0083	0.0033	0.0048	0.0023	0.0033	0.0018	0.0026
GDÇ	0.0034	0.0050	0.0021	0.0030	0.0020	0.0028	0.0016	0.0023

Çizelge 4.72. 10 katlı Otelin 6. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	6. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
TBÇ	0.0412	0.0587	0.0286	0.0406	0.0239	0.0339	0.0217	0.0307
TDÇ	0.0303	0.0417	0.0235	0.0327	0.0206	0.0288	0.0191	0.0266
GBÇ	0.0386	0.0550	0.0266	0.0378	0.0221	0.0313	0.0202	0.0286
GDÇ	0.0240	0.0328	0.0159	0.0219	0.0172	0.0238	0.0162	0.0224

Çizelge 4.73. 10 katlı Otelin 10. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	10. KAT							
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar							
	30x30 cm		40x40 cm		50x50 cm		60x60 cm	
	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}	(d _i) _{min}	(d _i) _{max}
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
TBÇ	0.0582	0.0823	0.0410	0.0579	0.0348	0.0491	0.0318	0.0448
TDÇ	0.0444	0.0600	0.0343	0.0470	0.0301	0.0415	0.0278	0.0384
GBÇ	0.0545	0.0770	0.0382	0.0539	0.0321	0.0453	0.0298	0.0419
GDÇ	0.0362	0.0482	0.0235	0.0318	0.0253	0.0345	0.0238	0.0325

4.5.4. Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 4.74'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.74. 10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 ve 50 x 50 cm Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları (η_{bi})							
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
10	1.15	1.14	1.15	1.13	1.15	1.13	1.15	1.12
9	1.16	1.15	1.16	1.14	1.16	1.14	1.16	1.13
8	1.16	1.15	1.16	1.15	1.16	1.15	1.16	1.14
7	1.16	1.16	1.17	1.15	1.17	1.15	1.17	1.15
6	1.17	1.16	1.17	1.15	1.17	1.16	1.17	1.15
5	1.17	1.16	1.17	1.15	1.17	1.16	1.17	1.16
4	1.17	1.16	1.17	1.16	1.17	1.16	1.17	1.16
3	1.17	1.17	1.17	1.16	1.19	1.17	1.18	1.16
2	1.18	1.17	1.18	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
1	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18

Çizelge 4.75. 10 katlı Otelin Y Yönünde 40 x 40 ve 30 x 30 cm Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Burulma Katsayıları (η_{bi})							
	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
10	1.15	1.12	1.15	1.11	1.15	1.11	1.15	1.09
9	1.16	1.13	1.16	1.13	1.16	1.12	1.16	1.11
8	1.16	1.14	1.16	1.12	1.16	1.13	1.17	1.12
7	1.17	1.15	1.17	1.14	1.17	1.14	1.17	1.13
6	1.17	1.15	1.17	1.14	1.17	1.14	1.17	1.13
5	1.17	1.16	1.17	1.15	1.17	1.15	1.17	1.14
4	1.17	1.16	1.17	1.16	1.17	1.16	1.17	1.15
3	1.17	1.17	1.18	1.16	1.18	1.16	1.18	1.16
2	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17	1.18	1.17
1	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18

4.5.5. Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı (η_{ki}) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 4.76. 10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 cm Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları

Kat No	60 x 60 cm Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları (η_k)							
	TBÇ		TDÇ		GBÇ		GDÇ	
	60 x 60 cm							
10	—	0.74	—	0.74	—	0.75	—	0.76
9	1.34	0.80	1.35	0.80	1.33	0.81	1.32	0.81
8	1.24	0.85	1.25	0.85	1.24	0.86	1.23	0.86
7	1.18	0.89	1.18	0.89	1.17	0.89	1.17	0.90
6	1.12	0.92	1.12	0.92	1.12	0.93	1.11	0.93
5	1.08	0.96	1.08	0.95	1.08	0.96	1.08	0.95
4	1.04	1.00	1.05	0.99	1.04	1.00	1.05	0.99
3	1.00	1.12	1.01	1.09	1.00	1.12	1.01	1.07
2	0.89	1.87	0.92	1.79	0.89	1.87	0.93	1.74
1	0.53	—	0.56	—	0.53	—	0.58	—

Çizelge 4.77. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları

Kat No	Farlı Kolon Boyutlarına Göre Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları (η_k)							
	TBÇ		TDÇ		GBÇ		GDÇ	
	50 x 50 cm							
10	—	0.73	—	0.74	—	0.73	—	0.75
9	1.36	0.81	1.35	0.81	1.37	0.81	1.33	0.82
8	1.24	0.86	1.23	0.86	1.24	0.86	1.22	0.87
7	1.17	0.90	1.16	0.90	1.17	0.90	1.15	0.90
6	1.11	0.93	1.11	0.93	1.12	0.93	1.11	0.93
5	1.08	0.96	1.08	0.96	1.08	0.95	1.07	0.96
4	1.05	0.98	1.05	0.98	1.05	0.99	1.04	0.98
3	1.02	1.09	1.02	1.05	1.01	1.06	1.02	1.03
2	0.92	1.64	0.96	1.57	0.94	1.68	0.97	1.53
1	0.61	—	0.64	—	0.60	—	0.66	—
	40 x 40 cm							
10	—	0.72	—	0.74	—	0.71	—	0.75
9	1.40	0.80	1.35	0.82	1.40	0.80	1.33	0.86
8	1.25	0.86	1.22	0.87	1.24	0.86	1.17	0.87
7	1.17	0.89	1.16	0.90	1.17	0.90	1.15	0.91
6	1.12	0.93	1.11	0.93	1.12	0.92	1.10	0.94
5	1.08	0.95	1.07	0.96	1.08	0.95	1.06	0.97
4	1.05	0.98	1.04	0.98	1.05	0.98	1.03	0.99
3	1.02	1.02	1.02	1.09	1.02	1.02	1.01	1.02
2	0.98	1.43	0.92	1.14	0.98	1.43	0.98	1.30
1	0.70	—	0.88	—	0.70	—	0.77	—
	30 x 30 cm							
10	—	0.70	—	0.76	—	0.70	—	0.79
9	1.43	0.79	1.32	0.83	1.43	0.79	1.26	0.85
8	1.26	0.85	1.21	0.87	1.26	0.85	1.18	0.89
7	1.17	0.89	1.14	0.91	1.18	0.89	1.12	0.92
6	1.12	0.92	1.10	0.94	1.12	0.92	1.08	0.95
5	1.08	0.95	1.07	0.96	1.09	0.95	1.05	0.98
4	1.06	0.97	1.04	0.99	1.06	0.97	1.02	1.00
3	1.03	1.00	1.01	1.01	1.03	1.00	1.00	1.02
2	1.00	1.20	0.99	1.15	1.00	1.20	0.98	1.14
1	0.83	—	0.87	—	0.83	—	0.87	—

4.5.6. Binanın Görelî Kat Ötelemesi

Faklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu görelî kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.78. 10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm Kolon Boyutlarına Göre Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Görelî Kat Ötelenmesi ($(\delta_i)_{\max}/h_i$)							
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
10	0.0062	0.0052	0.0059	0.0045	0.0066	0.0057	0.0061	0.0048
9	0.0084	0.0071	0.0080	0.0061	0.0091	0.0077	0.0084	0.0065
8	0.0105	0.0089	0.0099	0.0075	0.0114	0.0095	0.0105	0.0079
7	0.0123	0.0105	0.0116	0.0088	0.0133	0.0111	0.0123	0.0092
6	0.0139	0.0117	0.0130	0.0099	0.0149	0.0124	0.0137	0.0102
5	0.0150	0.0128	0.0140	0.0106	0.0161	0.0134	0.0148	0.0110
4	0.0158	0.0134	0.0146	0.0112	0.0168	0.0141	0.0155	0.0115
3	0.0157	0.0135	0.0146	0.0114	0.0174	0.0143	0.0158	0.0118
2	0.0141	0.0125	0.0130	0.0106	0.0157	0.0138	0.0148	0.0114
1	0.0075	0.0070	0.0070	0.0061	0.0097	0.0088	0.0089	0.0075

Çizelge 4.79. 10 katlı Otelin Y Yönünde 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm Kolon Boyutlarına Göre Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre Görelî Kat Ötelenmesi ($(\delta_i)_{\max}/h_i$)							
	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
10	0.0074	0.0064	0.0069	0.0046	0.0098	0.0083	0.0091	0.0074
9	0.0104	0.0087	0.0097	0.0062	0.0141	0.0111	0.0132	0.0095
8	0.0130	0.0107	0.0121	0.0071	0.0179	0.0136	0.0167	0.0113
7	0.0153	0.0124	0.0142	0.0084	0.0210	0.0156	0.0197	0.0127
6	0.0171	0.0137	0.0159	0.0093	0.0237	0.0172	0.0222	0.0139
5	0.0185	0.0148	0.0172	0.0099	0.0257	0.0185	0.0241	0.0147
4	0.0195	0.0155	0.0181	0.0103	0.0272	0.0193	0.0255	0.0152
3	0.0199	0.0158	0.0186	0.0105	0.0281	0.0196	0.0263	0.0153
2	0.0195	0.0157	0.0182	0.0104	0.0283	0.0195	0.0265	0.0150
1	0.0137	0.0117	0.0127	0.0080	0.0235	0.0171	0.0220	0.0133

4.5.7. Binanın İkinci Mertebe Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri (θ_i) tüm kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 4.80. 10 katlı Otelin Y Yönünde 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları (θ_i)							
	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
10	0.00328	0.00255	0.00317	0.0021	0.00374	0.00288	0.00369	0.0025
9	0.00572	0.00446	0.00530	0.0036	0.00661	0.00505	0.00614	0.0041
8	0.00805	0.00629	0.00736	0.0049	0.00929	0.00706	0.00846	0.0056
7	0.01038	0.00810	0.00939	0.0063	0.01190	0.00899	0.01073	0.0070
6	0.01260	0.00985	0.01136	0.0076	0.01440	0.01084	0.01292	0.0083
5	0.01475	0.01154	0.01323	0.0088	0.01682	0.01264	0.01499	0.0096
4	0.01665	0.01309	0.01489	0.0100	0.01904	0.01429	0.01695	0.0108
3	0.01798	0.01428	0.01605	0.0109	0.02114	0.01576	0.01854	0.0119
2	0.01748	0.01426	0.01556	0.0110	0.02106	0.01641	0.01895	0.0125
1	0.00875	0.00746	0.00780	0.0060	0.01201	0.00992	0.01058	0.0077

Çizelge 4.81. 10 katlı Otelin Y Yönünde 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları

Kat No	Kolon Boyutlarına Göre İkinci Mertebe Katsayıları (θ_i)							
	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
10	0.00502	0.00389	0.00501	0.0030	0.00902	0.00635	0.00902	0.0056
9	0.00879	0.00658	0.00825	0.0048	0.01575	0.01024	0.01490	0.0081
8	0.01231	0.00901	0.01128	0.0061	0.02208	0.01376	0.02045	0.0104
7	0.01567	0.01137	0.01425	0.0076	0.02820	0.01712	0.02591	0.0126
6	0.01898	0.01360	0.01712	0.0090	0.03421	0.02030	0.03118	0.0146
5	0.02212	0.01573	0.01989	0.0103	0.04000	0.02335	0.03636	0.0165
4	0.02508	0.01773	0.02247	0.0115	0.04556	0.02615	0.04129	0.0182
3	0.02776	0.01954	0.02482	0.0125	0.05082	0.02863	0.04596	0.0196
2	0.02954	0.01947	0.02634	0.0134	0.05542	0.03089	0.05008	0.0207
1	0.01934	0.01603	0.01726	0.0096	0.04313	0.02515	0.03887	0.0169

4.5.8. Binanın İç Kuvvetleri

Yapılan deprem analizi sonucunda elde edilen moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet değerleri çizelgeler halinde gösterilmiştir. Tuğla duvar T, gazbeton duvar G ile gösterilmiştir. Ayrıca kolonlar için S, kirişler için K harfi kullanılmıştır.

Çizelge 4.82. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre(M22) Kolon Momenti

(M22) Kolon Momenti (t.m)						
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
			M _{alt}	M _{üst}	M _{alt}	M _{üst}
60 x 60	1. Kat 1-F	T	35.15	-7.77	33.21	-8.40
	1. Kat 1-F	G	32.60	-7.19	29.47	-8.07
50 x 50	1. Kat 2-F	T	25.68	-12.64	23.72	-12.24
	1. Kat 2-F	G	23.67	-11.64	26.40	-7.23
40 x 40	1. Kat 2-F	T	17.96	-13.35	14.04	-13.44
	1. Kat 2-F	G	16.72	-12.42	10.67	-8.11
30 x 30	1. Kat 2-F	T	11.38	-10.37	8.31	-7.57
	1. Kat 2-F	G	10.66	-9.72	6.45	-5.90

Çizelge 4.83. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (M33) Kiriş Momenti

(M33) Kiriş Momenti (t.m)						
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
			M _{alt}	M _{üst}	M _{alt}	M _{üst}
60 x 60	2.Kat (2-3)-F	T	25.24	-25.24	22.70	-22.70
	2.Kat (2-3)-F	G	23.40	-23.40	19.60	-19.60
50 x 50	2.Kat (2-3)-F	T	22.32	-22.32	18.36	-18.36
	2.Kat (2-3)-F	G	20.62	-20.62	17.55	-17.55
40 x 40	2.Kat (2-3)-F	T	17.29	-17.29	14.48	-14.48
	2.Kat (2-3)-F	G	16.09	-16.09	10.02	-10.02
30 x 30	2.Kat (1-2)-F	T	15.36	-11.29	10.44	-7.24
	2.Kat (1-2)-F	G	14.36	-11.04	7.06	-4.70

Çizelge 4.84. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (V33) Kolon ve (V22) Kiriş Kesme Kuvveti

Kolon ve Kiriş Kesme Kuvveti (t)							
Kolon Boyutları	Aks Aralıkları		Duvar Cinsi	Boş Çerçeve		Duvarlı Çerçeve	
				S	K	S	K
	S	K		V33	V22	V33	V22
60 x 60	1. Kat 1-F	2.Kat (2-3)-F	T	14.31	25.24	13.87	22.70
	1. Kat 1-F	2.Kat (2-3)-F	G	13.26	23.40	12.51	19.60
50 x 50	1. Kat 2-F	2.Kat (2-3)-F	T	12.77	22.32	11.98	18.36
	1. Kat 2-F	2.Kat (2-3)-F	G	11.77	20.62	11.21	17.55
40 x 40	2. Kat 2-F	2.Kat (2-3)-F	T	11.20	17.29	9.16	14.48
	2. Kat 2-F	2.Kat (2-3)-F	G	10.40	6.27	16.09	10.02
30 x 30	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	T	7.25	5.30	10.27	8.40
	1. Kat 2-F	1.Kat (2-3)-F	G	6.79	4.11	10.11	6.79

Çizelge 4.85. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre (P) Eksenel Kuvveti

(P) Eksenel Kuvvet (t)			
Kolon Boyutları	Duvar Cinsi	Boş Çerçeve	Duvarlı Çerçeve
60 x 60	T	71.62	89.36
	G	68.58	90.60
50 x 50	T	71.62	82.65
	G	63.56	83.75
40 x 40	T	60.03	76.52
	G	55.90	65.62
30 x 30	T	46.16	66.65
	G	43.21	71.41

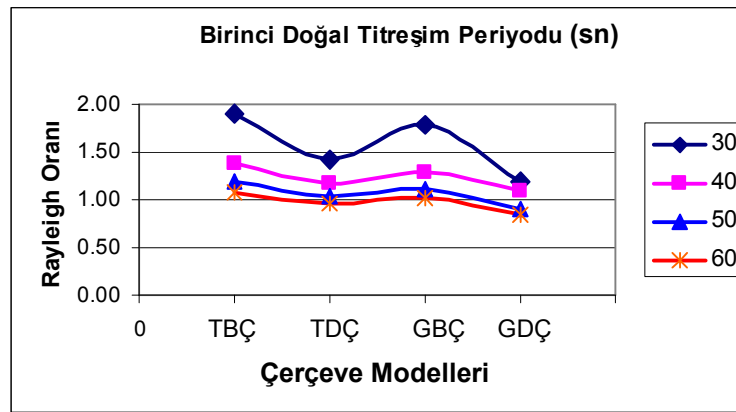
4.5.9. 10 Katlı Otelin Y Yönünde Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Deprem analiz sonuçları karşılaştırılırken dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı sistemler karşılaştırılmıştır. Kolon kesitleri küçültülerek dolgu duvarın yapıya olan etkileri incelenmiştir.

4.5.9.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Tuğla duvar yerine gazbeton duvar kullanılmasıyla binanın toplam ağırlığı ortalama %11.36 oranında azalmıştır.

4.5.9.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması



Şekil 4.26. 10 Katlı Otelin Y Yönündeki Birinci Doğal Titreşim Periyod Değerleri Değişimi

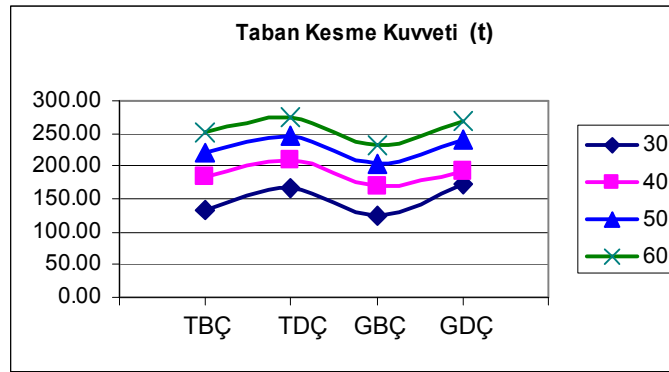
Ağırlığın azalmasına bağlı olarak yapının periyod değerleri %5.56 - %7.25 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı ve duvarsız modellerin periyod değerlerindeki azalmalar Çizelge 4.86’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.86. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki Azalmalar

Kolon Boyutları	TDÇ/TBÇ	GDÇ/GBÇ	GBÇ/TBÇ	GDÇ/TDÇ
	%			
30 x 30	24.74	33.15	6.32	16.78
40 x 40	15.22	21.09	7.25	13.68
50 x 50	12.61	18.92	6.72	13.46
60 x 60	10.19	16.67	5.56	12.37

Kolon boyutları küçüldükçe birinci doğal titreşim periyodu artmaktadır. Çerçeve sistemleri karşılaştırıldığında boş çevre yerine duvar modellenli çerçeve kullanıldığı zaman periyod değerleri %10.19 ile %33.15 arasında azalma göstermiştir. Tuğla duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda %24.74 olarak, gazbeton duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda % 33.15 olarak bulunmuştur.

4.5.9.3. Toplam Eşdeğer Yüklerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.27. 10 Katlı Otelin Y Yönündeki Taban Kesme Kuvveti Değerleri Değişimi

Ağırlığın azalmasına bağlı olarak yapının kesme kuvveti değerleri ise %6.29 - %7.87 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı ve duvarsız modellerin kesme kuvveti değerlerindeki azalmalar Çizelge 4.87’de gösterilmiştir.

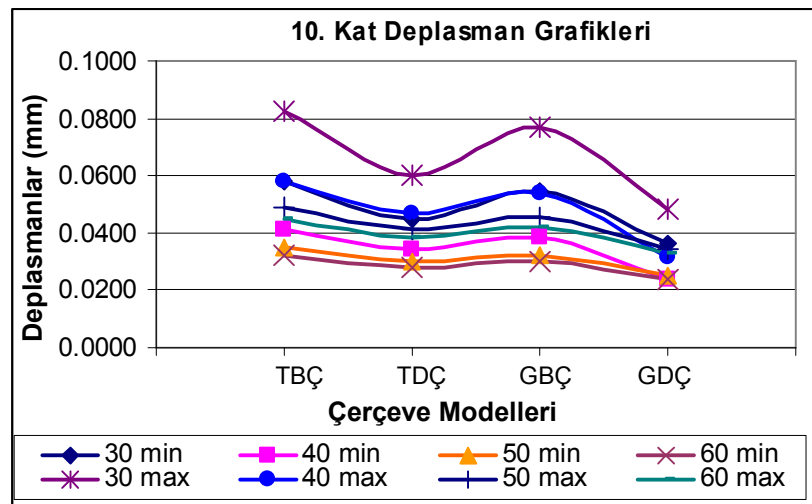
Çizelge 4.87. 10 katlı Otelin X Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetindeki Değişimler

Kolon Boyutları	V _t			
	TDÇ/TBÇ	GDÇ/GBÇ	GBÇ/TBÇ	GDÇ/TDÇ
	%			
30 x 30	(+)25.31	(+)38.31	6.29	(+)3.43
40 x 40	(+)13.70	(+)13.15	6.91	7.35
50 x 50	(+)10.74	(+)17.75	7.87	2.04
60 x 60	(+)9.18	(+)15.45	7.28	1.96

Kolon boyutları küçüldükçe taban kesme kuvveti azalmaktadır. Çerçeve sistemleri karşılaştırıldığında boş çevre yerine duvar modellenli çerçeve kullanıldığı zaman taban kesme kuvveti değerleri %9.18 ile %38.31 arasında azalma göstermiştir. Tuğla duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda %25.31 olarak, gazbeton duvarlı modelde en büyük azalma 30 x 30 cm kolon boyutunda % 38.31 olarak bulunmuştur. Gazbeton duvarlı modelde ağırlığın azalmasına rağmen taban kesme kuvveti tuğla duvarlı çerçeveye göre %3.43 artmıştır. Bu artışın nedeni dolgu duvar olarak gazbeton kullanılmasıyla yapı daha rijit davranış sergilemiş ve periyod değeri tuğla duvarlı çerçeveye göre %19.40 azalmıştır.

4.5.9.4. Deplasmanların Karşılaştırılması

Maksimum ve minimum deplasmanların çerçeve durumlarına göre grafikleri birlikte çizilerek dolgu duvar etkisinin deplasmanlara olan etkileri gösterilmiştir. Kolonların genişlik ve boyutları eşit olduğu için tek boyutla birlikte maksimum veya minimum deplasman olduğunu belirtmek için grafikler kolon boyutu max./min. şeklinde adlandırılmıştır.



Şekil 4.28. 10 katlı Otelin 10. Katının Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Minimum ve Maksimum Deplasman Grafikleri

10 katlı otelin 10. katı için çizilen deplasman grafiğinde 60 x 60 cm, 50 x 50 cm ve 40 x 40 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri belirli bir grup içinde kalmış ve büyük eğrilikler göstermemiştir. Ancak yeterli rijitliğe sahip olmayan 30 x 30 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri daha belirgin eğrilikler göstermişlerdir. 30 x 30 cm kolon boyutunda kolonların rijitliğinin yetersiz olmasından dolayı dolgu duvarlar rijitliği önemli ölçüde artırarak deplasmanların önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.88. 10 katlı Otelin 60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
10	12.50	14.16	19.79	21.93	6.97	7.21	14.71	15.61
9	12.65	14.04	20.19	22.25	6.64	6.62	14.70	15.54
8	12.57	13.89	20.18	22.10	6.75	6.74	14.87	15.63
7	12.43	13.71	20.04	21.89	6.87	6.87	14.97	15.69
6	12.21	13.47	19.86	21.57	6.96	6.96	15.07	15.68
5	11.94	13.04	19.49	21.07	7.06	7.05	15.02	15.63
4	11.37	12.47	18.85	20.19	7.08	7.14	14.92	15.34
3	10.59	11.44	17.65	18.80	7.13	7.15	14.46	14.86
2	9.17	9.77	15.40	16.38	7.23	7.17	13.59	13.97
1	6.60	7.09	11.48	12.21	7.11	7.09	11.96	12.21

Çizelge 4.89. 10 katlı Otelin 50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modelleri için Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
10	13.53	15.40	21.23	23.89	7.74	7.74	15.97	17.00
9	13.64	15.43	21.55	24.02	7.70	7.73	16.15	17.10
8	13.74	15.40	21.78	24.09	7.70	7.69	16.31	17.17
7	13.78	15.34	21.95	24.08	7.69	7.68	16.44	17.21
6	13.74	15.21	22.00	23.95	7.66	7.69	16.50	17.21
5	13.60	14.95	21.91	23.68	7.73	7.69	16.61	17.16
4	13.34	14.50	21.58	23.17	7.72	7.65	16.49	17.02
3	12.66	13.72	20.77	22.09	7.75	7.67	16.33	16.63
2	11.44	10.95	19.00	19.91	7.73	7.70	15.60	15.84
1	8.33	8.84	13.91	15.27	7.42	7.73	14.29	14.24

Çizelge 4.90. 10 katlı Otelin 40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modelleri için
Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

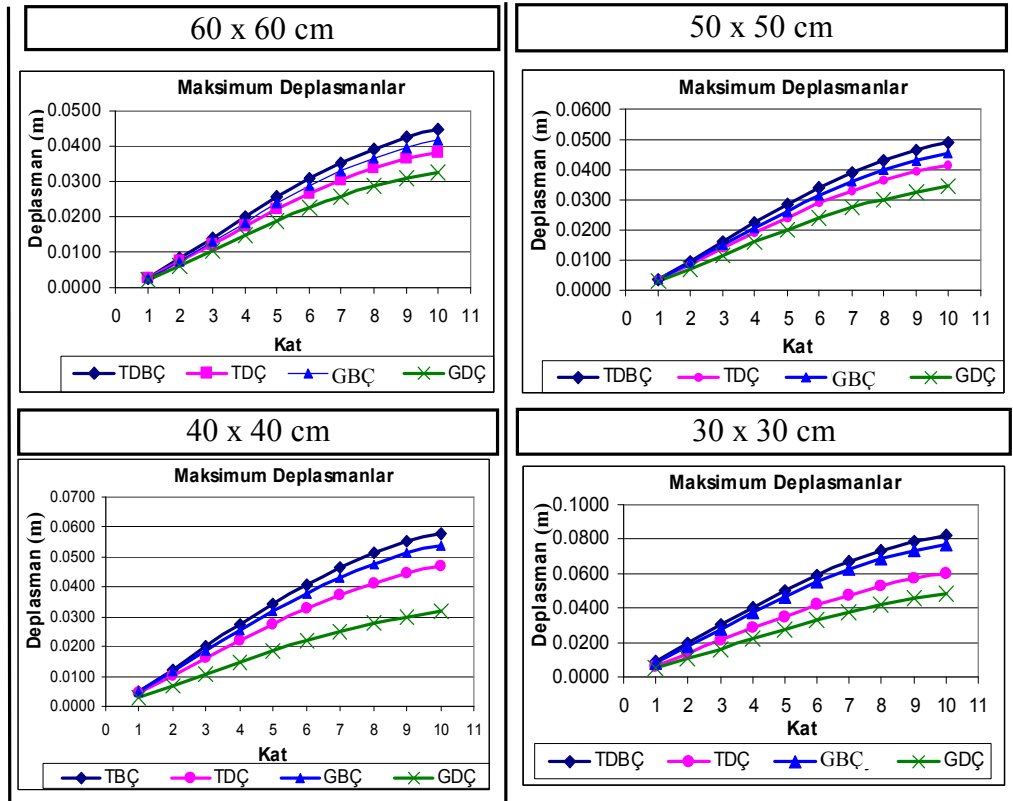
KAT	40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
10	16.37	18.80	38.49	41.07	6.87	6.88	31.50	32.42
9	16.75	19.06	39.03	41.46	6.87	6.88	31.79	32.65
8	17.07	19.24	39.51	41.88	6.89	6.90	32.09	32.99
7	17.32	19.35	39.95	41.96	6.86	6.89	32.36	32.99
6	17.58	19.42	40.29	42.11	6.90	6.90	32.55	33.12
5	17.72	19.37	40.60	42.16	6.88	6.91	32.78	33.21
4	17.72	19.17	40.77	42.05	6.92	6.90	32.99	33.26
3	17.50	18.67	40.63	41.65	6.96	6.87	33.04	33.19
2	16.57	17.50	39.93	40.52	6.90	6.90	32.97	32.88
1	13.73	14.23	36.94	37.03	6.72	6.82	31.82	31.59

Çizelge 4.91. 10 katlı Otelin 30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modelleri için
Min. ve Max. Deplasmanlarındaki Azalmalar

KAT	30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modeller							
	TDÇ/TBÇ		GDÇ/GBÇ		GBÇ/TBÇ		GDÇ/TDÇ	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	%		%		%		%	
10	23.72	27.11	33.66	37.48	6.37	6.37	18.57	19.70
9	24.52	27.68	34.87	38.35	6.34	6.35	19.19	20.17
8	25.24	28.15	35.96	39.09	6.35	6.33	19.78	20.59
7	25.89	28.57	36.99	39.75	6.32	6.32	20.36	20.98
6	26.53	28.93	38.00	40.34	6.33	6.32	20.96	21.36
5	27.10	29.23	39.00	40.88	6.30	6.30	21.59	21.73
4	27.67	29.46	39.96	41.35	6.29	6.30	22.22	22.10
3	28.06	29.57	40.83	41.68	6.26	6.31	22.91	22.42
2	28.06	29.15	41.29	41.54	6.28	6.28	23.51	22.67
1	26.71	27.10	40.17	39.47	6.35	6.35	23.56	22.24

Tuğla duvar yerine gazbeton duvar kullanılmasıyla binanın toplam ağırlığındaki azalmanın deplasmanlar üzerindeki etkisini görmek amacıyla GBÇ/TBÇ oranlaması yapılmıştır.

10 katlı otelin farklı kolon boyutlu modelleri için maksimum deplasman grafikleri 1. kattan 10. kata kadar çizilmiştir. Kat sayısı artıkcı deplasmanlar artan bir grafik göstermiştir. Grafikler incelendiğinde TDBÇ'nin grafiğı en üstte yer alırken, GDÇ'nin grafiğı en altta yer almıştır. TDÇ'nin grafiğı GBÇ'nin grafiğinin altında yer almıştır.



Şekil 4.29. 10 katlı Otelin Y Yönünde Farklı Kolon Boyutlarına Göre Deplasman Grafikleri

4.5.9.5. Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) 1.20'den küçük çıkmıştır.

4.5.9.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı (η_{ki}) 2'den küçük çıkmıştır.

4.5.9.7. Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Tüm çerçeve modellerinin 40 x 40 cm, 50 x 50 cm ve 60 x 60 cm kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda hesaplanan görelî kat ötelemeleri 0.02'den küçük çıkmıştır. Ancak 30 x 30 cm kolon boyutu için tuğla duvarlı boş çerçevede görelî kat ötelemesi sınır değeri %5.20 - %41.33 arasında aşarken, gazbeton duvarlı boş çerçevede %10.13 - 32.53 arasında aşmıştır. Duvarlı ve duvarsız modeller için görelî kat ötelenmesinde oluşan değişimler sınır değeri geçen Çizelge 4.92'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.92. 10 katlı Otelin Görelî Kat Ötelemesi Değerlerindeki % Değişimler

Kat No	30 TBÇ	30 TDÇ	30 GBÇ	30 GDÇ
	%(+)	%(-)	%(+)	%(-)
7	5.20	22.00	-	-
6	18.40	13.87	10.80	30.53
5	28.67	7.73	20.53	26.40
4	36.00	3.60	27.47	24.00
3	40.53	2.13	31.60	23.60
2	41.33	2.27	32.53	24.80
1	17.60	14.27	10.13	33.33

4.5.9.8. İkinci Mertebe Kontrollerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu İkinci Mertebe Gösterge Değeri (θ_i) 0.12'den küçük çıkmıştır.

4.5.9.9. İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Deplasman analizi sonucu ortaya çıkan iç kuvvetler farklı kolon boyutları dikkate alınarak duvarlı ve duvarsız modeller karşılaştırılmış ve sonuçlar % olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.93. 10 katlı Otelin Y yönünde TDÇ'nin TBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	TDÇ/TBÇ					
	KOLON			KİRİŞ		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	6	8(+)	3	10	10	10
50 x 50	8	3	6	18	18	18
40 x 40	21	21	21	16	16	16
30 x 30	27	27	27	32	36	18

Çizelge 4.94. 10 katlı Otelin Y yönünde GDÇ'nin GBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	GDÇ/GBÇ					
	KOLON			KİRİŞ		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	10	12(+)	6	16	16	16
50 x 50	12(+)	38	5	15	15	15
40 x 40	36	35	40	10	10	10
30 x 30	39	39	39	51	57	33

Çizelge 4.95. 10 katlı Otelin Y yönünde GDÇ'nin TDÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	GDÇ/TDÇ					
	KOLON			KİRİŞ		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	7	7	7	14	14	14
50 x 50	8	8	8	8	8	8
40 x 40	24	40	32	31	31	31
30 x 30	22	22	22	33	35	19

Çizelge 4.96. 10 katlı Otelin Y yönünde GBÇ'nin TBÇ'ye göre İç Kuvvetlerindeki % Değişimler

Kolon Boyutları	GBÇ/TBÇ					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
60 x 60	7	7	7	7	7	7
50 x 50	8	8	8	4	4	4
40 x 40	7	7	7	7	7	7
30 x 30	6	6	6	6	2	2

4.6. Y Yönünde 5 ve 10 Katlı Deprem Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

4.6.1. Kat Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Otelin kat ağırlıkları aynı tasarım yükleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kat sayısına bağlı olarak hesaplanan toplam bina ağırlıkları Çizelge 4.97’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.97. Otelin Kat Ağırlıkları

Kolon Boyutları	Kat Sayısı	$\sum w_i (t)$			
		TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
		1	2	3	4
30 x 30	5	1321.11	1321.11	1170.55	1170.55
	10	2696.86	2696.86	2374.30	2374.30
40 x 40	5	1377.19	1379.02	1228.62	1228.62
	10	2705.86	2714.86	2401.30	2410.30
50 x 50	5	1454.94	1454.94	1306.37	1306.37
	10	2968.94	2968.94	2648.37	2648.37
60 x 60	5	1569.99	1569.99	1401.42	1401.42
	10	3204.04	3204.04	2838.47	2838.47

4.6.2. Birinci Doğal Titreşim Periyodlarının Karşılaştırılması

Otelin y yönündeki 10 kat için hesaplanan birinci doğal titreşim periyodları ile 5 kat için hesaplanan birinci doğal titreşim periyodları hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.98).

Çizelge 4.98. Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve Farklı Kolon Boyutlarına Göre Periyod Değerlerindeki % Artışlar

Kolon Boyutları	Periyod % Artış Değerleri			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	111	113	109	120
40 x 40	119	117	113	139
50 x 50	125	121	122	120
60 x 60	125	126	122	118

5 katlı boş çerçeveye tuğla duvar örülmesi ile periyod değerindeki maksimum azalma %25.56 olurken, gazbeton örülmesi ile bu değer %36.47 olmuştur. 10 katlı boş çerçeveye tuğla duvar örülmesi ile periyod değerindeki maksimum azalma %24.74 olurken, gazbeton örülmesi ile bu değer %35.15 olmuştur.

4.6.3. Binanın Toplam Eşdeğer Yüklerinin Karşılaştırılması

Otelin y yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü, kat sayının artmasıyla birlikte %11 - %47 değerleri arsında artış göstermiştir (Çizelge 4.99).

Çizelge 4.99. Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve Farklı Kolon Boyutlarına Göre Taban Kesme Kuvvetindeki % Artışlar

Kolon Boyutları	V(T1) % Artış Değerleri			
	TBÇ	TDÇ	GBÇ	GDÇ
	1	2	3	4
30 x 30	21	11	13	18
40 x 40	11	21	11	26
50 x 50	22	35	25	47
60 x 60	28	39	33	53

4.6.4. Deplasmanların Karşılaştırılması

Çerçeve sistemlerinde deprem analizi sonunca meydana gelen minimum ve maksimum deplasman değerlerinde ağırlık ve dolgu duvarın etkisini incelemek amacıyla 5 katlı ve 10 katlı olarak çözülen otel binasında çerçeve sistemlerinin deplasmanları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.100. Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm Göre Deplasmanlardaki Azalmalar

Duvar Cinsi	Kat	60 x 60 cm				50 x 50 cm			
		Kat No	min. (%)	Kat No	max. (%)	Kat No	min. (%)	Kat No	max. (%)
T	5	5	18.64	5	19.49	5	22.88	5	23.73
	10	9	12.65	10	14.16	8	13.74	9	15.43
G	5	5	29.8	5	30.62	5	33.71	5	35.04
	10	9	20.19	10	22.25	6	22.00	8	24.09

Çizelge 4.101. Otelin Y Yönünde Kat Sayısına ve 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm Göre Deplasmanlardaki Azalmalar

Duvar Cinsi	Kat	40 x 40 cm				30 x 30 cm			
		Kat No	min. (%)	Kat No	max. (%)	Kat No	min. (%)	Kat No	max. (%)
T	5	5	24.63	5	26.33	4	22.63	5	25.68
	10	4	17.72	6	19.42	2	28.06	3	29.57
G	5	5	41.27	5	42.96	4	22.63	5	25.68
	10	4	40.77	5	42.16	2	41.29	3	41.68

4.6.5. Binanın Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu 5 katlı modellerde burulma düzensizliği katsayıları 1.12 - 1.19 arasında değer alırken 10 katlı modellerde 1.11 - 1.18 arasında değerler almıştır. Farklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu 5 katlı ve 10 katlı modellerde tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) 1.20'den küçük çıkmıştır.

4.6.6. Binanın Yumuşak Kat Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu 5 katlı modellerde burulma düzensizliği katsayıları 0.57 - 1.70 arasında değer alırken 10 katlı modellerde 0.53 - 1.43 arasında değerler almıştır. Farklı kolon boyutları dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu 5 katlı ve 10 katlı modellerde tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı (η_{ki}) k_2 'den küçük çıkmıştır.

4.6.7. Binanın Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

40 x 40 cm, 50 x 50 cm ve 60 x 60 cm kolon boyutları dikkate alınarak otelin 5 ve 10 katlı tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda hesaplanan göreli kat ötelemeleri 0.02'den küçük çıkmıştır. Ancak 30 x 30 cm kolon boyutu için 5 katlı modelde sadece 2. katta TDBÇ'de göreli kat ötelenmesi sınır değeri %8 aşarken, 10 katlı modelde 2 - 7. katlar arasında TDBÇ'de göreli kat ötelenmesi sınır değeri %5.20 - %41.33 arasına geçen değerler almıştır. 30 x 30 cm kolon boyutu için 5 katlı çözümde tuğla duvar modellenmesi ile göreli kat ötelemeleri sınır değerinin %20 altında kalırken, 10 katlı çözümde sınır değerinin %2.13-%22.00 altında kalan değerler almıştır. 30x30 kolon boyutu için 5 katlı modelde sadece 2. katta GDBÇ'de göreli kat ötelenmesi sınır değeri %8 aşarken, 10 katlı modelde 2 - 7. katlar arasında GDBÇ'de göreli kat ötelenmesi sınır değeri %10.13 - 32.53 arasına geçen değerler almıştır. 30 x 30 cm kolon boyutu için 5 katlı çözümde gazbeton duvar modellenmesi ile göreli kat ötelemeleri sınır değerinin %44 altında kalırken, 10 katlı çözümde sınır değerinin %23.60 - %33.33 altında kalan değerler almıştır.

4.6.8. Binanın İkinci Mertebe Kontrolü

Otel binasının tüm çerçeve sistemleri ve kolon boyutları için yapılan deprem analizi sonucu 5 ve 10 katlı modellerde İkinci Mertebe Gösterge Değeri (θ_i) 0.12'den küçük çıkmıştır.

4.6.9. Binanın İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Deplasman analizi sonucu ortaya çıkan iç kuvvetler kat sayısı ve farklı kolon boyutları dikkate alınarak duvarlı ve duvarsız modeller için karşılaştırılmış ve sonuçlar hesaplanmıştır.

Çizelge 4.102. 60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modeller için
İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Kat Sayısı	60 x 60 cm Kolon Boyutlu Modeller Karşılaştırmaları					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
TDÇ / TBÇ						
5	13	4	11	15	15	15
10	6	(+)8	3	10	10	10
GDÇ / GBÇ						
5	45	35	43	47	47	47
10	10	(+)12	6	16	16	16
GBÇ / TBÇ						
5	11	11	11	0	0	0
10	7	7	7	7	7	7
GDÇ / TDÇ						
5	40	40	40	38	38	38
10	7	7	7	14	14	14

Çizelge 4.103. 50 x 50 cm Kolon Boyutlu Modeller için
İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Kat Sayısı	50 x 50 cm Kolon Boyutlu Model Karşılaştırmaları					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
TDÇ / TBÇ						
5	26	23	24	27	27	27
10	8	3	6	18	18	18
GDÇ / GBÇ						
5	43	43	43	49	52	38
10	(+)12	38	5	15	15	15
GBÇ / TBÇ						
5	19	19	19	16	16	16
10	8	8	8	4	4	4
GDÇ / TDÇ						
5	19	19	19	20	20	20
10	8	8	8	8	8	8

Çizelge 4.104. 40 x 40 cm Kolon Boyutlu Modeller için
İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Kat Sayısı	40 x 40 cm Kolon Boyutlu Model Karşılaştırmaları					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
	TDÇ / TBÇ					
5	20	20	20	18	18	18
10	21	21	21	16	16	16
	GDÇ / GBÇ					
5	37	35	36	37	37	37
10	36	35	40	10	10	10
	GBÇ / TBÇ					
5	7	7	7	2	2	2
10	7	7	7	7	7	7
	GDÇ / TDÇ					
5	25	25	25	25	25	25
10	24	40	32	31	31	31

Çizelge 4.105. 30 x 30 cm Kolon Boyutlu Modeller için
İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Kat Sayısı	30 x 30 cm Kolon Boyutlu Model Karşılaştırmaları					
	Kolon			Kiriş		
	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)	M _{alt} (%)	M _{üst} (%)	V (%)
	TDÇ / TBÇ					
5	26	29	19	21	21	21
10	27	27	27	32	36	18
	GDÇ / GBÇ					
5	43	43	43	49	52	38
10	39	39	39	51	57	33
	GBÇ / TBÇ					
5	0	0	0	0	0	0
10	6	6	6	6	2	2
	GDÇ / TDÇ					
5	28	28	28	24	24	24
10	22	22	22	33	33	19

4.7. 5 Katlı Dolgu Duvarı Düzensiz Bina Örneği (5DDB)**4.7.1. Analiz İçin Kullanılan Yapının Özellikleri**

Bu örnekte dolgu duvarın binalar üzerinde meydana getirebileceği olumsuz etkiler incelenmiştir. Bina simetrik olarak modellenmiş ve tüm aks ara mesafeleri 5 m'dir. Binada bulunan dolgu duvarlar tüm modeller için boşluksuz olarak seçilmiştir.

Veriler:

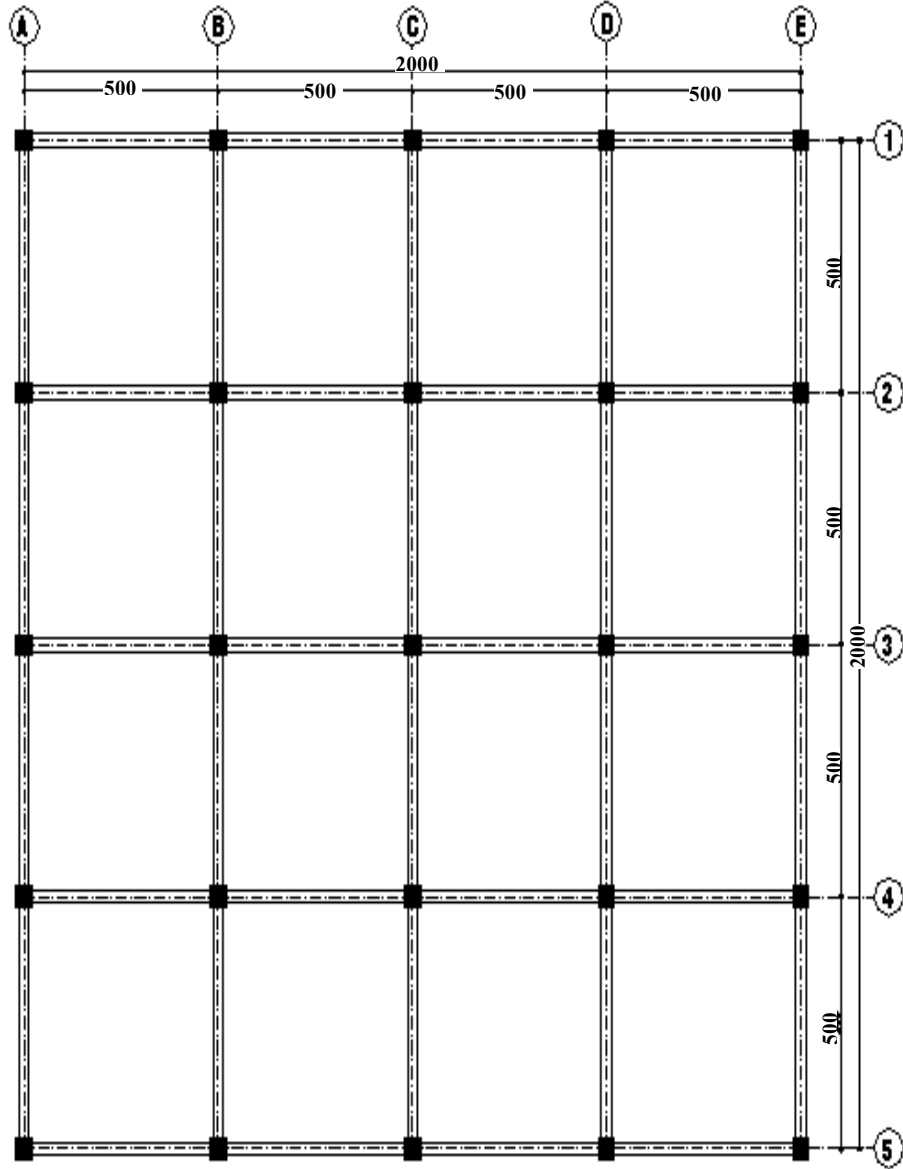
Döşeme	:12 cm
Tuğla İç Duvar Kalınlığı (t)	:10 cm
Tuğla Dış Duvar Kalınlığı (t)	:20 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 50 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü (E_c)	:28000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (E_d)	:2800 MPa
t=10 cm için eşdeğer basınç çubuğu kalınlığı (w)	:0.70 m
t=20 cm için eşdeğer basınç çubuğu kalınlığı (w)	:0.67 m

Bina Bilgileri:

Kat Sayısı	:5
Taşıyıcı Sistem Türü	:B.A Çerçeve
Kat Yükseklikleri	:3 m

Deprem Bilgileri:

Deprem Bölgesi	:1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	:0.4
Yerel Zemin Sınıfı	:Z3
Spektrum Karakteristik Periyotları	: $T_A=0.15$ sn $T_B=0.60$ sn

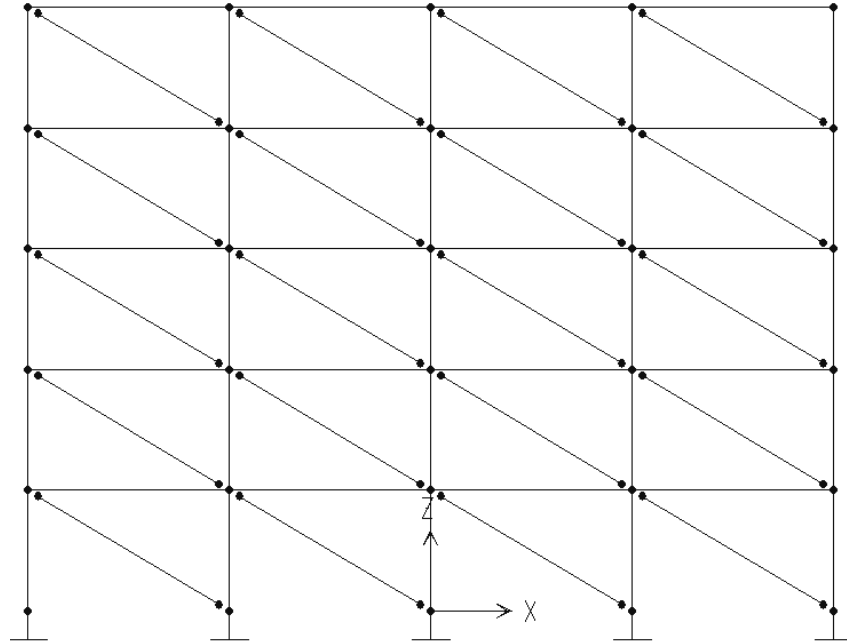


Şekil 4.30. 5DDB Kalıp Planı

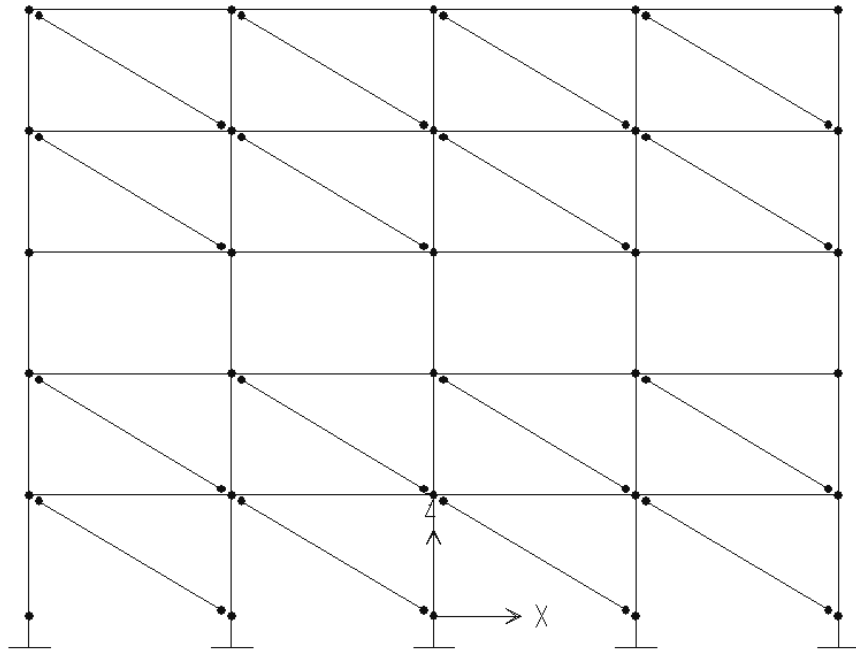
4.7.2. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması

Model A: Beş katlı binanın tüm katlarında A ve 5 aksı boyunca duvar bulunması ve bu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi durumu

Model B: Beş katlı binanın 3. katında duvarların kaldırılması ve diğer tüm katlarda duvar bulunması durumu



Şekil 4.31. Model A'nın xz Düzleminde A ve 5 Aksı Görünüşü



Şekil 4.32. Model B'nin xz Düzleminde Görünüşü

4.7.3. Kat Ağırlıklarının Hesaplanması

Döşeme için (döşeme+tesviye+kaplama+sıva)'dan oluşan sabit yük 4.84 kN/m^2 olarak hesaplanmış ve hareketli yük normal katlarda 2 kN/m^2 , çatı katında 1.5 kN/m^2 olarak alınmıştır. Kiriş ve kolon ağırlıklarının hesaplanmasında tasarım yükü olarak 25 kN/m^3 , duvar ağırlıklarının hesaplanmasında boşluklu tuğla duvar için tasarım yükü 14.5 kN/m^3 alınmıştır. Duvarın içi ve sıvası 1 cm kabul edilmiş ve kullanılan sıvanın tasarım yükü 20 kN/m^3 olarak alınmış ve kat ağırlıkları hesaplanmıştır (Çizelge 4.106).

Çizelge 4.106. 5DDB'nin Kat Ağırlıkları

Kat No	BOŞ ÇERÇEVE	MODEL A	DUVARLI ÇERÇEVE	MODEL B
$w_i (t)$				
5	290.40	290.40	335.20	335.20
4	328.00	328.00	415.00	415.00
3	328.00	328.00	415.00	415.00
2	328.00	328.00	415.00	415.00
1	328.00	328.00	415.00	415.00
Σ	1602.40	1602.40	1995.20	1995.20

Boş çerçeve modelinde beş katlı binanın tüm katlarında A ve 5 aksı boyunca duvar bulunması durumu sisteme sadece ağırlık olarak etki ettirilirken, Model A'da bu duvar, ağırlık ve eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenerek etki ettirilmiştir.

Duvarlı çerçeve modelinde beş katlı binanın tüm katlarında duvar bulunması durumu sisteme ağırlık ve eşdeğer basınç çubuğu olarak etki ettirilirken, Model B'de duvarlı çerçeve sisteminden farklı olarak 3. katın duvarları sadece ağırlık olarak etki ettirilmiştir.

4.7.4. Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

5DDB'nin doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır.

Çizelge 4.107. 5DDB'nin Rayleigh Oranı ile T_1 'in Hesabı

BOŞ ÇERÇEVE	MODEL A	DUVARLI ÇERÇEVE	MODEL B
0.76	0.63	0.46	0.55

Periyot değerleri karşılaştırıldığında Model A'nın periyot değeri boş çerçeveye göre %17.11 azalırken, Model B'nin periyot değeri duvarlı çerçeveye göre %19.57 artmaktadır.

4.7.5. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Otele etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) (V_t) hesaplanarak Çizelge 4.108'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.108. 5DDB'nin Toplam Eşdeğer Yüğü

V_t			
BOŞ ÇERÇEVE	MODEL A	DUVARLI ÇERÇEVE	MODEL B
165.20	192.57	249.40	249.40

Taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında Model A'nın taban kesme kuvveti değeri boş çerçeveye göre %16.57 artarken, Model B'nin taban kesme kuvveti değeri duvarlı çerçeveye göre değişmemektedir.

4.7.6. Deprem Yükları Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ($e_x=1m$). Eksantristeden dolayı her katta meydana gelen maksimum ve minimum deplasman Çizelge 4.109 ve Çizelge 4.110'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.109. 5DDB ve Model A'nın Deplasman Değerleri

Kat No	BOŞ ÇERÇEVE		MODEL A	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
5	0.0202	0.0246	0.0117	0.0268
4	0.0180	0.0218	0.0105	0.0239
3	0.0142	0.0173	0.0084	0.0190
2	0.0093	0.0114	0.0057	0.0126
1	0.0039	0.0048	0.0025	0.0054

Çizelge 4.110. 5DDB ve Model B'nin Deplasman Değerleri

Kat No	DUVARLI ÇERÇEVE		MODEL B	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
5	0.0090	0.0107	0.0132	0.0158
4	0.0081	0.0097	0.0123	0.0148
3	0.0066	0.0079	0.0104	0.0125
2	0.0045	0.0054	0.0049	0.0059
1	0.0021	0.0026	0.0021	0.0026

Maksimum ve minimum deplasman değerleri karşılaştırıldığında Model A'nın minimum deplasman değerleri boş çerçeveye göre %34.87-%42.13 arasında azalırken, maksimum deplasman değerleri %9.00-%12.63 arasında artmaktadır. Model B'nin minimum deplasman değerleri duvarlı çerçeveye göre %7.52-%57.60 arasında artarken, maksimum deplasman değerleri %7.54-%58.76 arasında artmaktadır.

4.7.7. A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Burulma düzensizliği Katsayıları (η_{bi}) Çizelge 4.111'de verilmiştir.

Çizelge 4.111. 5DDB'nin Tüm Modelleri için Burulma Katsayıları

Kat No	BOŞ ÇERÇEVE	MODEL A	DUVARLI ÇERÇEVE	MODEL B
	η_b			
5	1.10	1.39	1.07	1.07
4	1.10	1.40	1.08	1.08
3	1.10	1.41	1.08	1.09
2	1.10	1.40	1.09	1.09
1	1.10	1.36	1.10	1.10

Model A'da (Beş katlı binanın tüm katlarında A ve 5 aksı boyunca duvar bulunması ve bu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi durumu) dolgu duvarlar nedeniyle duvar olan çerçevelerin rijitlikleri, diğerlerine nazaran daha büyük olmaktadır. Sistemin tümü için düşünüldüğünde rijitlikteki bu artış nedeniyle yapının doğal periyodu küçülürken ve sistemin rijitlik merkezinin kütle merkezinden uzaklaşmasıyla eksantiriste nedeniyle yapıda, hesaplarda

öngörülme yen burulma etkileri oluşmaktadır. Model A için burulma katsayıları sınır değeri %13.01-%17.18 arasında geçmektedir.

4.7.8. B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak kat düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Rijitlik Düzensizlik Katsayısı (η_{ki}) kontrolü Çizelge 4.112’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.112. 5DDB’nin Tüm Modelleri için Yumuşak Kat Düzensizliği

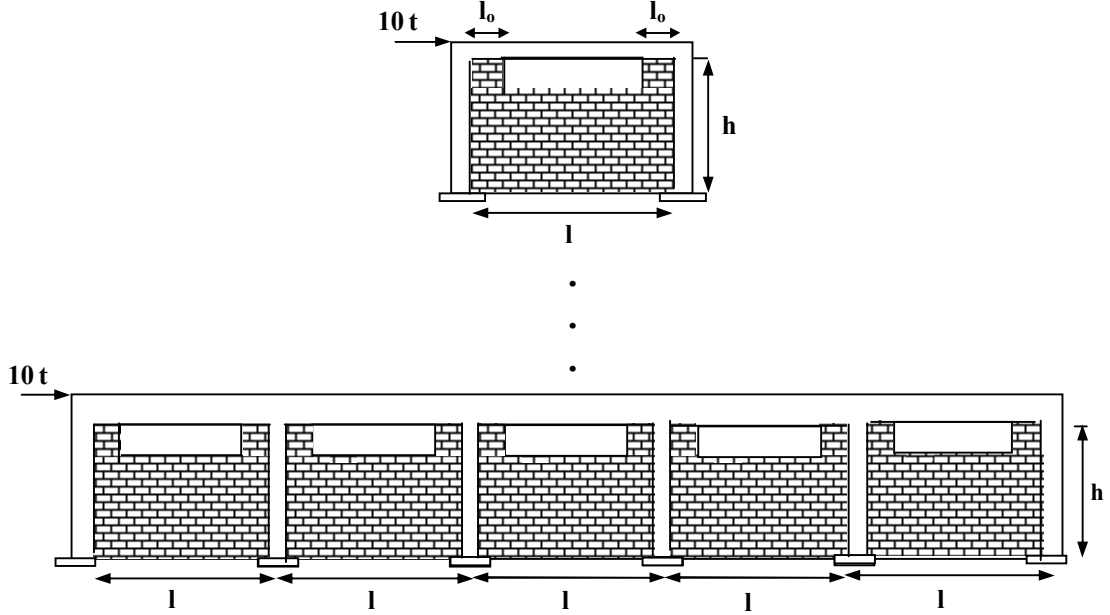
Kat No	$\eta_{ki} < 2$			
	BOŞ ÇERÇEVE		MODEL A	
5	—	0.60	—	0.59
4	1.68	0.77	1.70	0.76
3	1.31	0.90	1.32	0.88
2	1.11	1.39	1.13	1.31
1	0.72	—	0.76	—
Kat No	DUVARLI ÇERÇEVE		MODEL B	
5	—	0.57	—	0.47
4	1.76	0.75	2.11	0.35
3	1.33	0.86	2.86	1.97
2	1.17	1.11	0.51	1.27
1	0.90	—	0.79	—

DBYBHY 2007 de birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} Model B’de farklılık göstermiştir. Model B’de yumuşak kat düzensizliği katsayıları i’inci katın üst kata göre oranında 3. katta sınır değeri %47.34, 4. katta sınır değeri %5.36 geçerken, i’inci katın alt kata göre oranında sınır değerin altında kalmıştır.

Tüm modeller için görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri kontrolleri yapılarak sınır değerin altında kaldığı görülmüştür.

4.8. Tek Katlı Düzlem Çerçevelerde Kısa Kolon Örnekleri

4.8.1. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modelleri



Şekil 4.33. Tek Katlı Çerçevelerde Açıklık Sayısının Artması ve Duvar Durumu

Bu örnekte açıklık sayısı bir açıklıktan beş açıklığa kadar sırayla artırılmış ve l_0/l oranlarında duvar eklenerek analiz yapılmıştır.

Veriler:

Duvar Kalınlığı	:20 cm
Kiriş Boyutları	:30 x 50 cm
Kolon Boyutları	:50 x 50 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü(E_c)	:28000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü(E_d)	:2800 MPa (Çağatay,2002)
l (Dolgu duvar çerçeve uzunluğu)	:5 m ve 10 m
h (Dolgu duvar çerçeve yüksekliği)	:3 m
l_0 (Kısa kolon boyuna eklenen duvar uzunluğu)	:25 cm ve katları
l_n (Kısa kolon boyu)	:30 cm

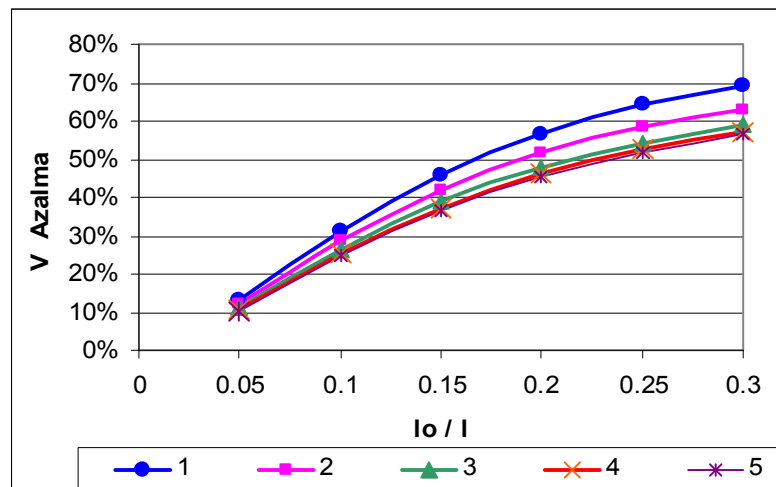
10 t'luk tekil yük çerçeve modellerine etki ettirilmiş ve bulunan kesme kuvveti değerleri çizelgeler halinde gösterilmiştir. Yükün ektiği noktadaki kolonlar için kesme kuvvetleri açıklık sayısına bağlı olarak açıklık sayısı ile benzer olarak 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak adlandırılırken, iç kolon kesme kuvvetleri için 1A, 2A, 3A, 4A ve 5A olarak adlandırılmıştır.

4.8.2. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modelinin 5 m Açıklık için Analiz Sonuçları

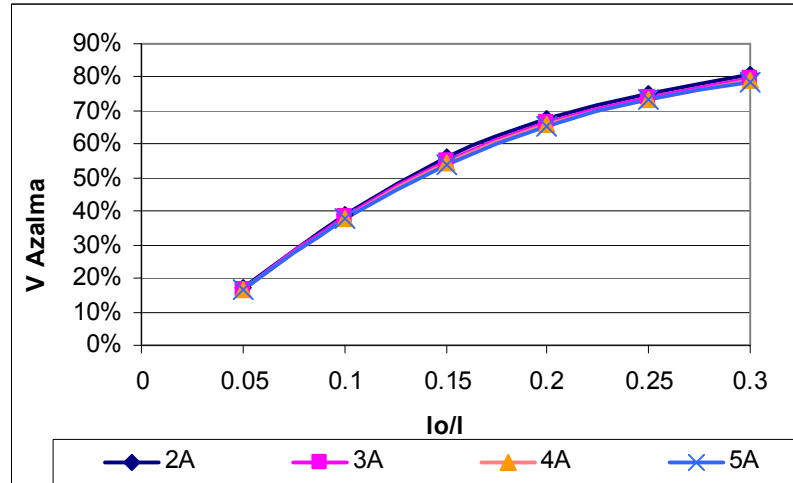
Kısa kolon etrafına 25 cm duvar düzenli artımlarla örülerek kesme kuvvetindeki değişim incelenmiş ve Çizelge 4.113'de gösterilmiştir. Her iki tarafı boş olan iç kolonlarda her iki yanında duvar örülmektedir.

Çizelge 4.113. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellenin 5 m için Bulunan Kesme Kuvveti Değerleri (V22)

Modeller	Kesme Kuvveti (t)								
	1	2		3		4		5	
	1	2	2A	3	3A	4	4A	5	5A
Duvarsız	5.06	3.19	3.87	2.43	2.84	2.04	2.33	1.81	2.03
1 sıra boş (450*30 cm)	5.36	3.43	4.42	2.91	3.38	2.74	3.03	2.68	2.90
1 sıra duvar (25 *30 cm)	4.66	3.01	3.67	2.59	2.81	2.44	2.52	2.40	2.42
2 sıra duvar (50*30 cm)	3.69	2.45	2.70	2.14	2.08	2.05	1.88	2.01	1.81
3 sıra duvar (75 *30 cm)	2.90	1.99	1.94	1.78	1.51	1.72	1.38	1.70	1.34
4 sıra duvar(100*30 cm)	2.32	1.66	1.43	1.52	1.13	1.47	1.03	1.46	1.01
5 sıra duvar(125*30 cm)	1.92	1.43	1.09	1.33	0.87	1.30	0.80	1.29	0.78
6 sıra duvar(150*30 cm)	1.64	1.27	0.86	1.19	0.69	1.17	0.64	1.17	0.63



Şekil 4.34. 5 m Açıklık için Yükün Etkiği Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklenen Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar



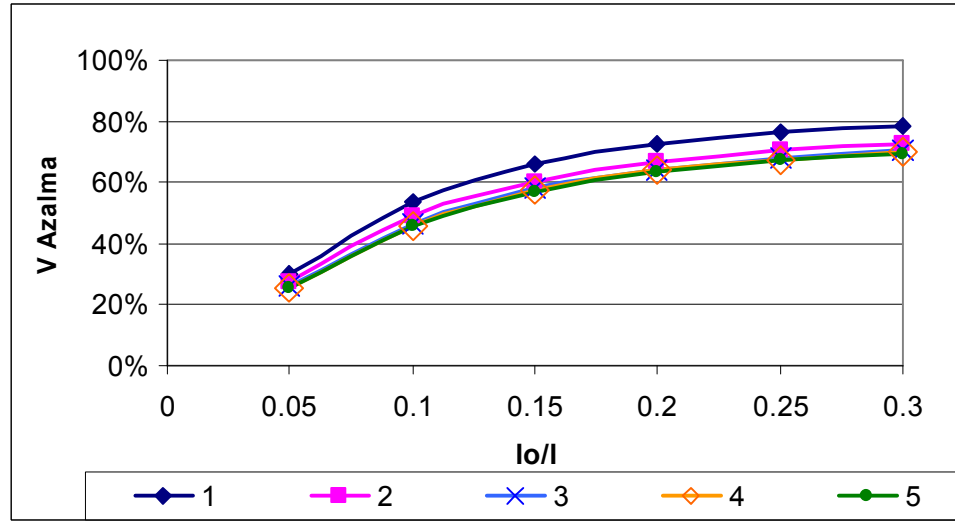
Şekil 4.35. 5 m Açıklık için İç Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklene Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar

4.8.3. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellinin 10 m Açıklık için Analiz Sonuçları

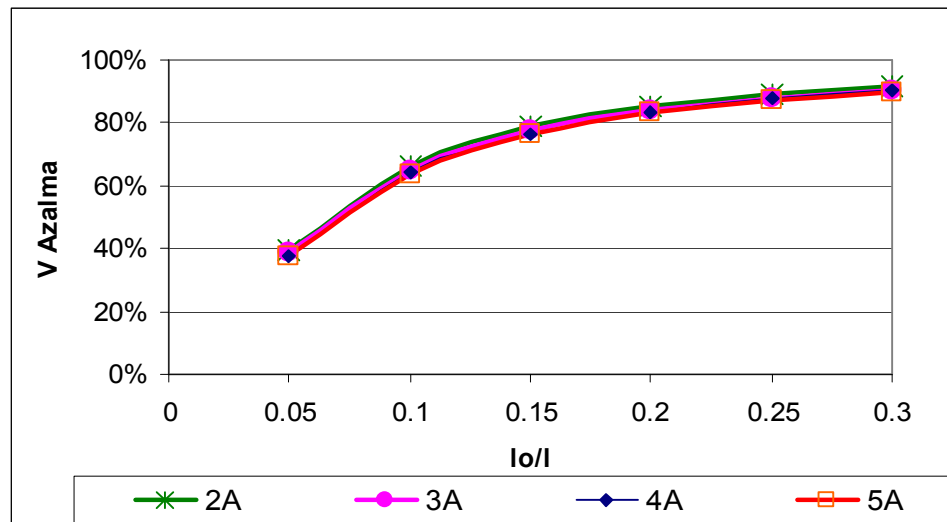
Kısa kolon etrafına 50 cm duvar düzenli artımlarla örülerek kesme kuvvetindeki değişim incelenmiş ve Çizelge 4.114’de gösterilmiştir. Her iki tarafı boş olan iç kolonlarda her iki yanında duvar örülmektedir.

Çizelge 4.114. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellenin 10 m için Bulunan Kesme Kuvveti Değerleri (V22)

Modeller	KESME KUVVETİ (t)								
	1	2		3		4		5	
	1	2	2A	3	3A	4	4A	5	5A
Duvarsız	5.10	3.38	3.68	2.67	2.79	2.32	2.34	2.12	2.10
1 sıra boş (950*30 cm)	5.60	3.99	4.17	3.67	3.44	3.59	3.26	3.57	3.22
1 sıra duvar (50*30 cm)	3.92	2.90	2.53	2.72	2.11	2.68	2.03	2.67	2.01
2 sıra duvar(100*30 cm)	2.59	2.04	1.41	1.96	1.21	1.94	1.17	1.94	1.17
3 sıra duvar(150*30 cm)	1.89	1.58	0.88	1.54	0.77	1.53	0.76	1.53	0.75
4 sıra duvar(200*30 cm)	1.53	1.33	0.60	1.31	0.54	1.30	0.53	1.30	0.53
5 sıra duvar(250*30 cm)	1.32	1.18	0.45	1.17	0.41	1.17	0.40	1.17	0.40
6 sıra duvar(300*30 cm)	1.19	1.10	0.35	1.09	0.32	1.09	0.32	1.09	0.32



Şekil 4.36. 10 m Açıklık için Yükün Etkiği Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklenen Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar



Şekil 4.37. 10 m Açıklık için İç Kolonda Kısa Kolon Açıklığı Boyunca Eklenen Duvar ile Kesme Kuvvetinde Oluşan Azalmalar

4.8.4. Tek Katlı Düzlem Çerçeve Modellerinin Karşılaştırılması

Duvarsız modellere duvar eklenerek kısa kolon meydana getirildiğinde kesme kuvveti değerleri 5m açıklık için %5.93 - %48.07 arasında artarken, 10m açıklık için kesme kuvveti değerleri %9.8 - %68.4 arasında artmaktadır.

Açıklığın % 20'si kadar duvar örülmesi, kesme kuvvetinde %50 - %80 arasında azalmalar meydana gelmesini sağlamıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada binalarda dolgu duvarların yapı davranışına etkileri deprem kuvvetleri altında incelenmiş ve sonuçlar sıralanmıştır:

- Tuğla duvarın elastisite modülü yapılan bazı çalışmalar sonucu araştırılmış ve araştırmacıların kullandıkları değerlerin betonun elastisite modülüne oranları tespit edilmiştir. Tuğla duvar elastisite modülü değerleri 713 MPa – 17000 MPa arasında değişmektedir. Bu değerler kullanılan beton sınıfına göre beton elastisite modülünün $1/40 - 1/2$ oranları arasında değerler almaktadır. Yücesan (2005), çalışmasında yüksek dayanımlı tuğla duvarların elastisite modülünü belirleyebilmek için yaptığı deneyler sonucunda duvar elemanının y yönündeki elastisite modülünü 10 adet elastisite modülü değerinin ortalamaları ve standart sapma değerlerinden yola çıkarak %90 güvenlikte kullanılabilecek değer olarak 6781 MPa olarak belirlemiş ve x yönü için 4272 MPa olarak hesaplamıştır. DBYBHY 2007’de boşluklu fabrika tuğlası için elastisite modülü 1000 MPa’dır. Tüm bu değerler göz önünde tutularak tuğla duvar elastisite modülü en az 1000 MPa ve en çok 4272 MPa’dan daha az bir değer olarak kullanılmalıdır. Binalarda kullanılan beton sınıflarının C20 – C50 arasında olduğunu kabul edersek, beton sınıfının elastisite modüllerinin $1/28 - 1/15$ arasında hesaplanan değerler 1000 MPa – 2467 MPa arasında değişmekte ve bu değer aralığı boşluklu tuğlanın elastisite modülü için uygun bir aralık olmaktadır. Kullandığımız harç ve malzeme özelliklerine göre tuğlanın elastisite modülü olarak beton elastisite modülünün $1/28 - 1/15$ oranları arasında değer kullanılabileceği düşünülebilir.
- Düzlem çerçevelerin analizi sonucunda dolgu duvar modelli çerçevelerle dolgu duvar modelsiz çerçevelerin deplasman değişimleri incelenmiştir. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi sonucu tüm düzlem çerçeve modelleri için boş çerçeveye göre deplasman değerleri %65.87 - %76.52 arasında azalırken, sonlu elemanlar modelinde bu değerler %93.68 - %96.00 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı çerçeve duvarsız çerçeveye göre daha rijit davranış sergilemiştir. Ayrıca dolgu duvarın

çerçeveden ayrılmasını ve kayma gerilmesini dikkate almadan birinci tip sonlu elemanlarla modellenmesinin doğru olmadığı görülmüştür.

Otel için yapılan deprem analizi sonuçları:

- Kapı ve pencere boşlukları dikkate alınarak yapılan hesaplar sonucu dolgu duvar malzemesi olarak tuğla yerine gazbeton kullanılmasıyla toplam bina ağırlığının yaklaşık ortalama %11 azaldığı görülmüştür. Ağırlığın azalmasıyla deprem yönü ve kat sayısına bağlı olarak binanın periyod değerleri %4.17 - %21.15 arasında, taban kesme kuvvet değerleri %0 - %10.74 arasında ve deplasman değerleri %6.26 - %24.32 arasında azalmıştır.
- Dolgu duvar modelsiz çerçeve yerine dolgu duvar modeli çerçeve kullanıldığında deprem yönü ve kat sayısına bağlı olarak deplasman değerleri tuğla duvar için %8.33 - %50.76 arasında azalırken, gazbeton duvar için %11.48 - %66.55 arasında azalmıştır.
- Binanın kolon boyutları küçüldükçe periyod değerleri artmıştır. Dolgu duvar modelsiz çerçeve yerine dolgu duvar modeli çerçeve kullanıldığında deprem yönü ve kat sayısına bağlı olarak periyod değerleri tuğla duvar için %10.19 - %26.08 arasında azalırken, gazbeton duvar için %12.20 - %50.57 arasında azalmıştır.
- Kolon boyutları küçüldükçe taban kesme kuvveti azalmaktadır. Dolgu duvar modelsiz çerçeve yerine dolgu duvar modeli çerçeve kullanıldığında deprem yönü ve kat sayısına bağlı olarak taban kesme kuvveti değerleri tuğla duvar için %4.49 - %35.77 arasında artarken, gazbeton duvar için %3.40 - %38.31 arasında artmıştır.
- Kolon boyutları küçültülerek yapılan deprem analizleri sonucunda yeterli rijitliğe sahip olan 60 x 60 cm ve 50 x 50 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri belirli bir grup içinde kalmış ve büyük eğrilikler göstermemiştir. Ancak yeterli rijitliğe sahip olmayan 40 x 40 cm ve 30 x 30 cm kolon boyutlarında maksimum ve minimum deplasman grafikleri daha belirgin eğrilikler göstermişlerdir. 30 x 30 cm kolon boyutunda kolonların rijitliğinin yetersiz olmasından dolayı dolgu duvarlar rijitliği önemli ölçüde artırarak deplasmanların önemli ölçüde azalmasına neden

olmuştur. 30 x 30 cm kolon boyutlu tuğla duvarlı çerçevede deplasman değerleri %20.52 - %50.76 arasında, gazbeton duvarlı çerçevede %33.66 - %66.55 arasında azalmıştır.

- Duvar modellenirken tuğla yerine gazbeton kullanılmasıyla deprem yönü ve kat sayısına bağlı olarak periyod değerleri %9.30 - %35.82 arasında, taban kesme kuvveti değerleri %1.96 - 10.91 arasında ve deplasman değerleri %11.96 - %36.36 arasında azalmıştır. Ancak 30 x 30 cm kolon boyutlu deprem analizi sonuçlarına göre taban kesme kuvveti değeri %3.43 artmıştır. Bunun nedeni gazbeton duvar modelli sistemde periyod değerine bağlı olarak spektral ivme katsayısının tuğla duvar modelli sistemden fazla olmasıdır.
- Göreli kat ötelemeleri değerleri dolgu duvar modelsiz çerçevede deprem yönü ve kat sayısına bağlı olarak %4.60 – %41.33 arasında sınır değeri geçerken, dolgu duvar modellenmesiyle, tuğla duvar için %2.13 - %22.00 arasında, gazbeton duvar için %24.00 - %49.33 arasında sınır değerin altında kalan değerler almıştır.

Dolgu duvarların bina içinde düzensiz olarak planlanarak deprem analizi sonuçları:

- Dolgu duvarlar 5 katlı bir binanın her iki yönü için sadece en dış akslar boyunca birbirini kesecek şekilde düzenlendiğinde analiz sonucu elde edilen burulma katsayılarının her kat için sınır değeri geçtiği görülmüştür. Ayrıca binanın 3. katının duvarlarının kaldırılmasıyla oluşturulan modelde yumuşak kat düzensizliği katsayıları i'inci katın üst kata göre oranında 3. katta sınır değeri %47.34, 4. katta sınır değeri %5.36 geçerken, i'inci katın alt kata göre oranında tüm katlarda katsayılar sınır değerin altında kalmıştır. DBYBHY 2007'de yumuşak kat düzensizliği için i'inci katın alt kata göre oranı tanımlamasının bu örnek için doğru sonuç vermediği görülmüştür.
- Duvarsız modellere duvar eklenerek kısa kolon meydana getirildiğinde kesme kuvveti değerleri 5m açıklık için %5.93 - %48.07 arasında artarken, 10m açıklık için kesme kuvveti değerleri %9.8 - %68.4 arasında artmaktadır. Açıklığın % 20'si kadar duvar örülmesi, kesme kuvvetinde %50 - %80 arasında azalmalar meydana gelmesini sağlamıştır.

Deprem davranışını değiştiren dolgu duvarlar doğru olarak belirlenerek yapı analizlerine dahil edilmelidir. Duvarlı deprem analizi sonucu elde edilen değerlerin binanın deprem sırasındaki gerçek davranışına yakın olması sağlanmalı ve binaların daha güvenli ve ekonomik olarak projelendirilmesine çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ACI 530-95, 1999. Building Code Requirements for Masonry Structures. ASCE 5-95, Washington.
- ACHYUTHA, H., JAGADISH, R., RAO., AND RAHMAN, S.S., 1986. Finite Element Simulation of Elastic Behaviour of Infilled Frames with Openings, Computers and Structures, Vol. 23, No. 5, pp. 685-696.
- ANIL, Ö., 20002. Betonarme Çerçevelerin Boşluklu Betonarme Dolgu Duvarlar İle Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 245s.
- ARULSELVAN, S., SUBRAMANIAN, K., PERUMALPILLAI, E.B. AND SANTHAKUMAR, A.R., 2007. RC Infilled Frame RC Plane Frame Interactions for Seismic Resistance, Journal of Applied Sciences 7 (7): 942-950.
- ATIMTAY, E., 2000. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Bizim Büro Basımevi, Ankara, Cilt No:1, 544s.
- AYDOĞDU, İ., 1995. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Davranışı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 29s.
- BABAYEV Z., EYYUBOV C., MURAT İ. AND ASKEROV C., 2002. Kireç Taşıyla Yapılmış Taşıyıcı Duvarların Düşey ve Yatay Yüklerin Etkisi Altındaki Davranışının Araştırılması. ACE Beşinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, İTÜ, İstanbul.
- BAYÜLKE, N., 2003. Betonarme Yapının Dolgu Duvarı. Türkiye Mühendislik Haberleri, 4, 426, 85-98.
- BROKKEN, S. AND T., BERTERO, V. V., 1981. Studies on Effect of Infills in Seismic Resistant R/C Construction. Rep. EERC 81-12, Univ. Of California, Berkeley, Calif.
- BUDAK, A., 1997. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Hesabı. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 125s.

- BUONOPANE S. G., WHITE, R. N., 1999. Pseudodynamic Testing of Masonary Infilled Reinforced Concrete Frames, ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 125, No. 6, pp. 578-589.
- CANBAY, E., 2001. Contribution of R/C Infills to the Seismic Behaviour of Structural System. A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, 162Ss.
- ÇAĞLAYAN, E., 2006. Betonarme Çerçevelerin Yatay Yüklere Göre Analizinde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 47s.
- ÇAĞATAY, İ. H., 2005. Failure Of An Industrial Building During A Recent Earthquake In Turkey. Engineering Failure Analysis, 12, 497-507.
- ÇAĞATAY, İ. H. ve GÜZELDAĞ, S., 2002. Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY- 98) SAP2000N Uygulamaları. Birsan Yayınevi, İstanbul, 213s.
- DHANASEKAR, M. AND PAGE, A. W. 1986. The Influence of Brick Masonary Infill Properties on the Behavior of Inlled Frames. Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 2, pp. 593-605.
- DÜNDAR, E., 2007. Çok Katlı Betonarme Yapılarda Bölme Duvarlarının Deprem Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 169s.
- ERÇETİN, İ., 2004. Düzensiz Betonarme Yapılarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 140s.
- ERKAYA T. A., 1999. Betonarme Çerçeve Yapılarda Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 71s.
- FEMA-178, 1989. A Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buildings (Preliminary). Earthquake Hazards Reduction Ser/es 47.
- FIORATO, A. E., SÖZEN, M. A. AND. GAMBLE, W. L., 1970. An Investigation of the Interaction of Reinforced Concrete Frames with Masonry Filler Walls. Univ. Of Illinois, Civ. Eng. Studies, Struct. Res. Series No.370.
- GÜLKAN, P. AND WASTI, T., 1993. Çerçeve Dolgu Etkileşmesi: Lineer Olmayan Bir İrdeleme. Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre, 25-27 Mayıs 1993, Bildiriler Kitabı, 39-52.

- GÜNEY, D. ve BODUROĞLU, M. H., 2006. Deprem Etkisi Altındaki Simetrik ve Asimetrik Yapıların, Lineer Olmayan Tepkilerine Dolgu Duvarlarının Katkısı. İTÜ Mühendislik dergisi/d, 5, 3, Kısım:2, 165-174.
- GOVINDAN, P., LAKSHMIPATY M., SANTHAKUMAR, A. R., 1986. Ductility of Infilled Frames. A.C.I. Journal, pp. 567-576.
- KARADUMAN, A., 2005. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yatay Yükler Altındaki Davranışları Üzerine Deneysel Bir Çalışma. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Pamukkale, 11, 3, 345-349.
- KARSLIOĞLU, Ö., 2005. Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 79s.
- KLINGER, R.E. AND BERTERO V., 1976. Infilled Frames in Earthquake-Resistant Construction. Report No. EERC 76-32, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- LIAUW, T.C. AND LEE, S.W., 1977. On The Behaviour And The Analysis of multistorey Infilled Frames Subject to Lateral Loading. Proc., Instn. Of Civ. Engrs., London, England, Part2, Vol.63, 641-656.
- LIAUW, T. C., 1979. Test on Multistory Infilled Frames Subjected to Dynamics Lateral Loading, ACI Journal, pp. 551-563.
- LIAUW, T. C., 1980. An Effective Structural System Against Earthquakes-Infilled Frames, Proceeding of the 7th WCEE, Vol. 4, Istanbul, pp. 481-185.
- LIAUW, T. C., AND KWAN, K. H., 1985. Initied Plastic Analysis for Infilled Frames. ASCE, Journal of Structural Division, Vol. 111, No. 7, pp. 1427-1448.
- LİVAOĞLU R. AND DOĞANGÜN A., 2003. Burulma Düzensizliği Olan Çok Katlı Yapılarda Rijit Ve Esnek Taraflarda Bulunan Elemanların Davranışlarının İrdelenmesi. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- MALLICK, D. AND V., SEVERN, R., T., 1968. Dynamic Characteristics of Infilled Frames. Proc. Inst. Civ. Engrs, 39, 261-287.

- MAINSTONE, R.J., 1974. Supplementary Note on the Stiffness and Strengths of Infilled Frames. Building Research Station, UK, Current Paper 13/74.
- MELI, R. AND BAZAN, E., 1980. Seismic Analysis Of Structures with Masonary Walls. Proceedings of Seventh World Conference on Earthquake Engineering, pp. 633-640.
- MUTLU M., 2007. Deprem Etkisindeki Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkisinin Doğrusal Olmayan Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- NEGRO P. AND VERZELETTI G., 1996. Effect of Infills on the Global Behaviour of R/C Frames:Energy Considerations from Pseudo-synamic Tests. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.25, No.7, pp. 753-773.
- ÖCEBE, G., ERSOY, U. AND TÜRK, M., 2003. Betonarme Çerçevelerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Depreme Karşı Onarım ve Güçlendirilmesi. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı.
- ÖKTEM, O., 2003. Betonarme Çerçeve Sistemlerinin Lineer Olmayan Hesabı ve Dolgu Duvarların Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 98s.
- ÖZDOĞU, O. Z., 2006. Deprem Etkisi Altındaki Binaların Davranışına Dolgu Duvarların Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 98s.
- PAULAY, T. AND PRIESTLEY M.J.N., 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. New York: John Wiley.
- RIDDINGTON, J. R. AND SIMITH, B.S., 1977. Analysis of Infilled Frames Subject to Racking with Design Recommendation. The Structural Engineer, No.6, Vol.55, pp. 263-268.
- SAYIN, B., 2003. Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi ve Güçlendirilmesi Teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- SESİĞÜR H., ÇELİK O. C. AND ÇILI F., 2007. Deprem Riski Düşük Bölgelerde Orta Yükseklikteki Donatılı Gazbeton Binaların Uygulanabilirliği. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.

- SMITH, B. S. AND CARTER , C., 1969. A Method of Anlaysis for Infilled Frames. Institution of Civil Engineers (ice), Vol. 44, pp. 31-48.
- SMITH, B. S., 1962. Lateral Stifness of Infilled Frames. ASCE Structural Division Journal, pp.183- 199.
- TARAKÇI, U., 2006. Mevcut Yapıların İncelenmesi Ve Dolgu Duvar Takviyesi İle Güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, 102s.
- TETİK, D., 2007. Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Serbest Titreşimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- THIRUVENGADAM, V., 1985. On the Natural Frequencies of Infilled Frames Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 13, 401-419.
- TÜZÜN, C., 1999. Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve Sistemlerin Dinamik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 104s.
- TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2007 tarih ve 26454 sayılı Resmî Gazete.
- VINTZELEOU, E. 1989. Infilling of Reinforced Concrete Frames as a Strengthening Intervention. Seminar on the Assesment and Redesign of Reinforced Concrete Structures, İzmir.
- YALÇIN, E., Dolgu Duvarları ve Konumlarının Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 67s.
- YÜCESAN, B., 2005. Betonarme Çerçeveelrin Güçlendirilmesinde Yüksek Dayanımlı Tuğla Duvarlar. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- YÜKSEL, İ., 2008. Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 260-276.
- ZARNIC, R. AND TOMASEVIC. M., 1995. Modelling of Response of Masonry Infilled Frame. 10th European Conference on Earthquake Engineering, Rotterdam.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Adana’da doğdum. Lise eğitimimi Ahmet KURTTEPELİ Lisesi’nde tamamladım. 2005’de Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldum. 2005 – 2006 yılları arasında YADİM’de İngilizce hazırlık eğitimi aldım. 2006 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimime başladım. Teknik Proje Yapı Denetim şirketinde Kontrol İnş. Müh. ve Prekon proje bürosunda çelik, betonarme ve sanat yapılarının projelendirilmesi üzerine görevler aldım. Üniversite hayatım boyunca Çukurova Üniversitesi Tiyatro Kolu üyeliği, İnşaat Mühendisleri Odası öğrenci üyeliği ve çeşitli spor salonu üyelikleri yanında Güzel Sanatlar Bölümünde klasik gitar ve şan dersleri aldım.