

**T.C.**  
**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME BİNA PERFORMANSINA DOLGU DUVARLARIN**  
**ETKİSİ**

**Osman AKYÜREK**

**Danışman**  
**Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ**

**II. Danışman**  
**Prof. Dr. Fuat DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**ISPARTA - 2014**

©2014 [Osman AKYÜREK]

## TEZ ONAYI

**Osman AKYÜREK** tarafından hazırlanan "**Betonarme Bina Performansına Dolgu Duvarların Etkisi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**                      **Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ**                      .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**II. Danışman**                      **Prof. Dr. Fuat DEMİR**                      .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Doç. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN**                      .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRKMEN**                      .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Yrd. Doç. Dr. Gülhan İNCE**                      .....

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

**Enstitü Müdürü**                      **Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER**                      .....

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Osman AKYÜREK**

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
1.GİRİŞ .....	1
2.LİTERATÜR ÖZETİ .....	4
3. BİNA DEPREM PERFORMANS SEVİYESİNİN DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ .....	10
3.1. Binalardan Bilgi Toplanması .....	13
3.2. Deprem Hesabına İlişkin Kurallar .....	13
3.3. Plastik Mafsalların Tanımlanması .....	14
3.4. Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi .....	14
3.5. Kapasite Eğrisinin Koordinat Dönüşümünün Yapılması .....	15
3.6. Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi .....	15
3.7. Tepe Yerdeğiştirme İstemi Seviyesindeki Eleman Hasarlarının Belirlenmesi .....	18
3.8. Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi .....	20
3.8.1. Hemen kullanım performans seviyesi .....	20
3.8.2. Can güvenliği performans seviyesi .....	20
3.8.3. Göçme öncesi performans seviyesi .....	21
3.8.4. Göçme durumu .....	21
4.KULLANILAN PROGRAMLARIN TANITIMI .....	21
4.1. Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme Programı(BESAM) .....	22
4.2. SAP 2000 Programı .....	24
4.3. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı (DELOP) .....	25
5. DOLGU DUVARLARIN MODELLENMESİ .....	26
6. MODEL BİNALARIN TANITILMASI VE MODELLENMESİ .....	30
6.1. Seçilen Model Binaların Tanıtımı .....	30
6.2. Performans Analizi Özelliklerinin Tanımlanması .....	38
6.2.1. Kolon ve kiriş elemanlardaki plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması .....	38

6.2.2. Dolgu duvarda aksenal yük mafsal özelliklerinin tanımlanması .....	39
7. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	46
7.1. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü .....	46
7.2. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirmede Kullanılacak Yöntemin Belirlenmesi.....	53
7.3. Bina Performans Değerlendirmesi .....	58
8. TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....	79
KAYNAKLAR .....	83
ÖZGEÇMİŞ .....	86

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## BETONARME BİNA PERFORMANSINA DOLGU DUVARLARIN ETKİSİ

Osman AKYÜREK

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ

II. Danışman: Prof. Dr. Fuat DEMİR

Tez çalışması kapsamında, bina planındaki dolgu duvar yerleşimlerinin binanın davranışına ve deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla farklı açıklık ve kat sayısına sahip taşıyıcı sistemi simetrik olan konut türü betonarme binalar seçilmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak tasarlanan bu binaların deprem performansı doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Dolgu duvar miktarı ve yerleşimi değişiminin görelî kat ötelemeleri, burulma düzensizliği katsayısı, binanın kapasite eğrisi, doğal titreşim periyodu, tepe yerdeğiştirme istemi, birinci kat kolonlarına ait hasar dağılımı, bina performans seviyesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan özellikle dolgu duvar yerleşiminin simetrik olmaması durumunda dolgu duvarların dikkate alınarak değerlendirmelerin yapılmasının uygun olacağı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Dolgu duvar, performans seviyesi, betonarme bina

2014, 86 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **THE EFFECTS OF INFILL WALL ON RC BUILDING PERFORMANCE**

**Osman AKYÜREK**

**Suleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hamide TEKELİ**

**Co-Supervisor: Prof. Dr. Fuat DEMİR**

The effects of infill walls in RC buildings on behavior of buildings and seismic performance were examined in this thesis. The number of span and story in the selected model RC buildings were varied. The seismic performances of RC buildings with and without infill wall were determined by using nonlinear method. The effects of rate and replacement of infill wall on inter story drift, torsional irregularity coefficient, capacity curve, fundamental period, sway demand in the roof story, damage level of columns in the base floor, building performance level were investigated in the model buildings. The obtained results showed that dissymmetrical replacement of infill wall in the building should be taken into account in structural analysis.

**Keywords:** Infill wall, performance, reinforced concrete building

**2014, 86 pages**



## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ' ye teşekkürlerimi sunarım. Değerli düşünce ve görüşleriyle beni her zaman yönlendiren Sayın Prof. Dr. Fuat DEMİR' e teşekkür ederim. Ayrıca değerli meslektaşlarım inşaat mühendisleri Hakan DİLMAÇ ve Kübra Tuğçe ERKAN' a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde 111M119 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Osman AKYÜREK  
ISPARTA, 2014

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1.DBYBHY 2007’de tanımlanan bina performans belirleme yöntemleri (Demir vd., 2013).....	11
Şekil 3.2. Burulma düzensizliği katsayının hesabı.....	13
Şekil 3.3. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu.....	16
Şekil 3.4. Doğrusal elastik olmayan (nonlineer) spektral yerdeğiştirme .....	18
Şekil 3.5. Eleman hasarının belirlenmesi .....	19
Şekil 4.1. DELOP’a ait bir görünüm.....	23
Şekil 4.2. DELOP’a ait bir görünüm.....	25
Şekil 5.1. Yatay yüke maruz çerçeve üzerindeki dolgu duvarın modellenmesi ..	26
Şekil 5.2. Dolgu duvarın sanal basınç çubuğu olarak modellenmesi.....	27
Şekil 5.3. Oluşturulan çerçeve modeli (Beklen, 2009) .....	28
Şekil 6.1. Seçilen üç açıklıklı model binalara ait kalıp planı.....	30
Şekil 6.2. Seçilen beş açıklıklı model binalara ait kalıp planı.....	31
Şekil 6.3. Kolon ve kiriş elemanlara ait kesit özellikleri ve donatı yerleşimi .....	32
Şekil 6.4. 3×3 açıklık sayısına ait model binalar için dolgu duvar yerleşimi .....	32
Şekil 6.5. 5×5 açıklık sayısına ait model binalar için dolgu duvar yerleşimi .....	33
Şekil 6.6. Kesite ait moment-dönme ilişkisi üzerinde sınır değerlerin tanımlanması .....	39
Şekil 6.7. Tek katlı ve tek açıklıklı dolgu duvarlı çerçeve modeli (Koca vd., 2013) .....	40
Şekil 6.8. Üretilen numuneye ait donatı şeması (Koca vd., 2013) .....	40
Şekil 6.9. Dolgu duvar basınç çubuğunun diyagonal uzunluğu .....	41
Şekil 6.10. Deney çerçevesinde tanımlanan dolgu duvar eksenel yük mafsalının özellikleri.....	42
Şekil 6.11. Deney çerçevesinin SAP 2000 modeli.....	43
Şekil 6.12. Dolgu duvarsız çerçeve için elde edilen kapasite eğrilerinin kıyaslanması.....	43
Şekil 6.13. Tam dolu dolgu duvarlı çerçeve için elde edilen kapasite eğrilerinin kıyaslanması.....	44
Şekil 6.14. Model binalarda tanımlanan dolgu duvar eksenel yük mafsalının özellikleri.....	45
Şekil 7.1. Çerçevesel yapıda oluşan görelî kat ötelemesi .....	46
Şekil 7.2. 3 katlı 3 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları .....	51
Şekil 7.3. 3 katlı 5 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları .....	51
Şekil 7.4. 5 katlı 3 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları .....	52
Şekil 7.5. 5 katlı 5 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları .....	52
Şekil 7.6. 3 katlı 3 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması .....	59
Şekil 7.7. 3 katlı 5 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması .....	59

Şekil 7.8. 5 katlı 3 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması	60
Şekil 7.9. 5 katlı 5 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması	60
Şekil 7.10. 3 katlı model binalarda kesme kuvveti kapasitesi artışının değişimi	62
Şekil 7.11. 5 katlı model binalarda kesme kuvveti kapasitesi artışının değişimi	62
Şekil 7.12. 3 katlı 3 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri	63
Şekil 7.13. 3 katlı 5 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri	64
Şekil 7.14. 5 katlı 3 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri	65
Şekil 7.15. 5 katlı 5 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri	66
Şekil 7.16. 3 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen periyot değerleri	73
Şekil 7.17. 5 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen periyot değerleri	74
Şekil 7.18. 3 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen periyot oranları	74
Şekil 7.19. 5 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen periyot oranları	75
Şekil 7.20. 3 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi değerleri	76
Şekil 7.21. 5 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi değerleri	76
Şekil 7.22. 3 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi oranları	77
Şekil 7.23. 5 katlı model binaların $A_{duvar}/A_{kat}$ oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi oranları	77

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri .....	10
Çizelge 5.1. Çerçeve de oluş an yer de ğ iştir me değ erleri (mm) .....	29
Çizelge 5.2. Taşı yıcı elemanlarda oluş an moment değ erleri (kNm) .....	29
Çizelge 5.3. Taşı yıcı elemanlarda oluş an kesme kuvveti değ erleri (kN).....	29
Çizelge 5.4. Taşı yıcı elemanlarda oluş an normal kuvvet değ erleri (kN) .....	29
Çizelge 6.1. 3 katlı 3 açıklıklı modele ait $A_{duvar}/A_{kat}$ oranları.....	34
Çizelge 6.2. 3 katlı 5 açıklıklı modele ait $A_{duvar}/A_{kat}$ oranları.....	35
Çizelge 6.3. 5 katlı 3 açıklıklı modele ait $A_{duvar}/A_{kat}$ oranları .....	36
Çizelge 6.4. 5 katlı 5 açıklıklı modele ait $A_{duvar}/A_{kat}$ oranları.....	37
Çizelge 6.5. Model binalarda kullanılan dolgu duvar özellikleri .....	44
Çizelge 6.6. Model binalarda kullanılan dolgu duvarın mafs al özellikleri.....	44
Çizelge 7.1. 3 katlı 3 açıklıklı model binanın öteleme sınır değ erleri.....	47
Çizelge 7.2. 3 katlı 5 açıklıklı model binanın öteleme sınır değ erleri.....	48
Çizelge 7.3. 5 katlı 3 açıklıklı model binanın öteleme sınır değ erleri.....	49
Çizelge 7.4. 5 katlı 5 açıklıklı model binanın öteleme sınır değ erleri.....	50
Çizelge 7.5. 3 katlı 3 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizli ğ i katsayısı .....	54
Çizelge 7.6. 3 katlı 5 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizli ğ i katsayısı .....	55
Çizelge 7.7. 5 katlı 3 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizli ğ i katsayısı .....	56
Çizelge 7.8. 5 katlı 5 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizli ğ i katsayısı .....	57
Çizelge 7.9. 3 açıklıklı model binaların kesme kapasitesi değ erlerinin kıyaslanması.....	61
Çizelge 7.10. 5 açıklıklı model binaların kesme kapasitesi değ erlerinin kıyaslanması.....	61
Çizelge 7.11. 3 katlı 3 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları .....	67
Çizelge 7.12. 3 katlı 5 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları .....	67
Çizelge 7.13. 5 katlı 3 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları .....	67
Çizelge 7.14. 5 katlı 5 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları .....	68
Çizelge 7.15. 3 katlı 3 açıklıklı model binaların performans sonuçları .....	69
Çizelge 7.16. 3 katlı 5 açıklıklı model binaların performans sonuçları .....	70
Çizelge 7.17. 5 katlı 3 açıklıklı model binaların performans sonuçları .....	71
Çizelge 7.18. 5 katlı 5 açıklıklı model binaların performans sonuçları .....	72

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$(EI)_e$	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$(\Delta_i)_{max}$	i. katta hesaplanan görelî kat ötelemelerinin en büyüğü
$(\Delta_i)_{min}$	i. katta hesaplanan görelî kat ötelemelerinin en küçüğü
$a_1^{(i)}$	Birinci moda ait modal ivme
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
$A_{duvar}$	Dolgu duvarın yatay kesit alanı
$a_{duvar}$	Eşdeğer basınç çubuğunun genişliği
$A_{kat}$	Bina yerleşim alanı
ATC	Applied technology council
BESAM	Betonarme elemanlarda sargı ve modelleme programı
BH	Belirgin hasar
CG	Can güvenliği performans seviyesi
$C_{R1}$	Spektral yerdeğiştirme oranı
$d_1^{(i)}$	Modal yerdeğiştirme istemi
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DELOP	Doğrusal elastik olmayan değerlendirme programı
$E_c$	Betonun elastisite modülü
$E_{duvar}$	Duvarın elastisite modülü
$f_c$	Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
$f_{duvar}$	Dolgu duvarın basınç dayanımı
FEMA	Federal emergency management agency
$f_{sy}$	Donatı çeliğinin akma dayanımı
GB	Göçme bölgesi
GÇ	Göçme hasar sınırı
GD	Göçme durumu performans seviyesi
GÖ	Göçme öncesi performans seviyesi
GV	Güvenlik hasar sınırı
$h$	Kirişin faydalı yüksekliği
$h_{duvar}$	Dolgu duvarın yüksekliği
$h_i$	i'inci katın yüksekliği
$h_k$	Çerçevenin yüksekliği
$I_k$	Kolonun atalet momenti
İH	İleri hasar
L	Çerçevenin açıklığı
$L_{duvar}$	Dolgu duvarlı olan aksların toplam uzunluğu
$L_p$	Plastik mafsallık boyu
$M_A$	Artık moment kapasitesi
$M_D$	Düşey yüklerden oluşan moment
$M_E$	Deprem yükleri altında oluşan moment
MH	Minimum hasar
$M_K$	Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi
MN	Minimum hasar sınırı

$M_{x1}$	X doğrultusunda doğrusal elastik davranış için birinci (hakim) moda ait etkin kütle
$N_A$	Artık moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
$N_D$	Düşey yüklerden oluşan eksenel kuvvet
$N_E$	Deprem yükleri altında oluşan eksenel kuvvet
$N_K$	Kesit moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
$R$	Deprem yükü azaltma katsayısı
$r$	Etki/kapasite oranı
$R_a(T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
$r_{duvar}$	Dolgu duvarın köşegen uzunluğu
$r_s$	Etki/kapasite oranının sınır değeri
$S_a$	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral ivme
$S_{ae1}$	Birinci moda ait elde edilen elastik spektral ivme
$S_{de1}$	Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme
$S_{di1}$	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$T_B$	İvme spektrumundaki karakteristik periyot
$t_{duvar}$	Dolgu duvarının kalınlığı
$T_1$	1. moda ait doğal titreşim periyodu
$u^{(i)xN1}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{(p)xN1}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
$V_{(i)x^1}$	X doğrultusu (i)'inci itme adımında elde edilen birinci moda ait taban kesme kuvveti
$V_e$	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
$V_r$	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
$W$	Bina ağırlığı
$\Gamma_{x1}$	X deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
$\delta_i$	Binanın i'inci katındaki etkin görel kat ötelemesi
$\Delta_i$	Binanın i'inci katındaki görel kat ötelemesi
$\eta_{bi}$	i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
$\theta$	Eşdeğer basınç çubuğunun yatay ile olan açısı
$\lambda$	Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
$\lambda_{duvar}$	Eşdeğer basınç çubuğu katsayısı
$\tau_{duvar}$	Dolgu duvarın kayma dayanımı
$\Phi_{xN1}$	Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği

## 1.GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan depremlerde ortaya çıkan can ve mal kayıplarının gelişmiş ülkelere göre fazla olması, binaların depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uygun projelendirilmesi ve inşa edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ancak bu durum, yeni yapılacak olan binalar için bir tedbir olsa da mevcut binalar için deprem güvenliklerinin kontrol edilmesine ve gerekli görülenlerin bir an önce güçlendirilmesine işaret etmektedir.

Mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesinde, her biri kendine özgü bir dizi problemler içerdiği için genel kuralların ortaya konulması zordur. Bu problemlerin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi ve sağlıklı çözümler önerilebilmesi; depremde hasar görece binaların azaltılması ve meydana gelebilecek can kayıplarının en aza indirilmesi açısından son derece önemlidir.

Yurdumuzda meydana gelen depremlerin büyük hasarlara neden olmasının en önemli sebeplerden biri, hangi yılda yapılmış olursa olsun binaların deprem etkileri dikkate alınmadan tasarlanmış olmalarıdır. Bu nedenle mevcut binalarımızın büyük çoğunluğu yeterli deprem performansına sahip değildir. Meydana gelmesi muhtemel bir depremde ortaya çıkabilecek deprem zararlarının en aza indirilebilmesi için, öncelikle güvenlik riski olan binaların belirlenmesi gerekir. Belirlenen bu binaların, güçlendirilmesi veya güçlendirmenin ekonomik olmaması durumunda yıkılması, deprem güvenliği açısından en etkili risk azaltma önlemleridir.

Ülkemizdeki deprem kayıplarının, gelişmiş ülkelere göre çok daha büyük boyutlarda olması, mevcut binaların deprem güvenliklerinin acilen belirlenmesini gündeme getirmiştir. Bu durum, "2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" e (DBYBHY 2007) mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili bir bölümün ilave edilmesine neden olmuştur. DBYBHY 2007, mevcut binaların değerlendirilmesinde, bu yönetmeliğin 7. bölümünde verilen esasların kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Dolgu duvarlar betonarme yapı sistemlerinde genellikle yapıyı bölümlere ayırmak için kullanılmaktadır. Dolgu duvarlar, mimari fonksiyonları yerine getirmek amacıyla yapılmalarına karşın yapının yanal yük dayanımını, rijitliğini ve enerji tüketme kapasitesini artırmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, dolgu duvarsız sistemlerin davranışı ile dolgu duvarlı sistemin davranışı arasında büyük farklılıklar bulunduğu belirtilmektedir. Ancak DBYBHY 2007' de dolgu duvarlar yapısal çözümlere sadece düşey yük olarak dâhil edilmektedir. Yapısal çözümlerde bu etkilerin dikkate alınması, gerçek davranışın model üzerine yansıtılabilmesi için oldukça önemli olmasına rağmen, malzeme özelliklerinin değişken olması, çerçeve ile etkileşiminin tam olarak ortaya konulamamış olmasından dolayı oldukça zordur. Yapı sisteminin deprem yüklemesi altındaki davranışı doğrusal olmadığından deneysel verilerle doğrulanmayan analitik yöntemleri kullanarak sistem davranışını çözümlmek hataları artıracaktır.

Yapılan tez çalışması kapsamında, bina planındaki dolgu duvar yerleşimlerinin simetrik olması ve olmaması durumunun ve dolgu duvar miktarı değişiminin binanın davranışına ve deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla farklı açıklık ve kat sayısına sahip taşıyıcı sistemi simetrik olan konut türü betonarme binalar seçilmiştir. Farklı yerleşime sahip dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak tasarlanan bu binaların deprem performansı doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu değerlendirme yönteminin uygulanabilmesi için SAP 2000 çözümlme programının yanında 111M119 numaralı Tübitak projesi kapsamında oluşturulan BESAM (**B**etonarme **E**lemanlarda **S**Argı ve **M**odelleme) ve DELOP (**D**oğrusal **E**Lastik **O**lmayan Değerlendirme **P**rogramı) programları kullanılmıştır.

Oluşturulan model binaların çözümlerinde kullanılacak dolgu duvar özelliklerinin tanımlanabilmesi için literatürde bulunan ve yazarında çalışmalarına katıldığı tek katlı ve tek açıklıklı betonarme çerçeve deney sonuçlarından yararlanılmıştır. Bu deneyler Tübitak 2209 projesi kapsamında Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Deprem



Mühendisliği Laboratuvarında yürütölmüştür. 1/3 ölçekli olarak üretilen betonarme çerçeveler hem dolgu duvarsız hem de tam dolu dolgu duvarlı olarak oluşturulmuş ve itme-çekme yatay yüklemesi altında deneyleri yapılmıştır. Aynı çerçeve modeli SAP 2000 çözümlene programı yardımıyla modellenmiş ve programdan elde edilen kapasite eğrisi sonuçları deneylerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan duvar özellikleri, çalışma kapsamında seçilen model binalar üzerinde uygulanarak çözümlenmeler yapılmıştır.

Model binaların çözümlerinden elde edilen sonuçlar, dolgu duvar yerleşiminin, yapı davranışını önemli derece etkilediğini göstermiştir. Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapılarda, dolgu duvar yerleşimlerinin simetrik olmaması sebebiyle yapı üzerindeki rijitlik merkezi değişmektedir. Böylece dolgu duvarların düzensiz yerleşimi nedeniyle taşıyıcı sistem elemanları ilave burulma etkilerine maruz kalmaktadır. Bu durum ise taşıyıcı sistemi düzenli olan bir binada, dolgu duvarların yerleşiminden dolayı tasarımda dikkate alınmayan düzensizliklerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla, taşıyıcı sistemin davranışının daha gerçekçi olarak belirlenebilmesi için yapılan çözümlenelerde binada bulunan dolgu duvarların dikkate alınması gerekmektedir. Ancak burada dolgu duvarın özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlanması oldukça önemlidir.

## 2.LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde, yatay yüke maruz dolgu duvarlı çerçevelerin yapısal davranışları üzerine yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda dolgu duvarların yapısal davranış üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlardan dolgu duvarların dayanımının hesaplarda göz önüne alınmasıyla bina davranışının değiştiği ve bina performansı ile yapının başlangıç rijitliğinin önemli oranda arttığı belirlenmiştir.

Kaltakçı ve Arslan (2005) yaptıkları çalışmada, betonarme çerçevelerin kapasite eğrilerine dolgu duvarların etkisini incelemiştir. Dolgu duvarların modellenmesi çapraz eleman kullanılarak yapılmıştır. Sistemin lineer olmayan hesabı statik yükler altında yapılarak potansiyel mafsallaşma bölgeleri ve çerçevelerin zarf eğrileri bulunmuştur. Böylece, yapının yatay rijitliğine önemli etkide bulunduğu bilinen dolgu duvarların, R katsayısını, dolayısıyla yapının sünekliğini, ne ölçüde değiştirdiği tespit edilmiştir.

İrtem vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış betonarme binaların performansına dolgu duvarların etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında bina taşıyıcı sisteminde duvarların olmadığı ve duvarların bulunduğu iki farklı durum için sabit düzey yükler ve orantılı olarak artan yatay deprem yükleri altında malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan teoriye göre analizleri yapılarak yapı davranışları karşılaştırılmıştır. Bunun için, düzenli bir betonarme bina ele alınarak "Kapasite Spektrum Yöntemi" ve "Deplasman Katsayıları Yöntemi" ile binanın performans seviyeleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından, taşıyıcı sistemde duvarların göz önüne alınması ile bina performansının arttığı ve bina davranışının duvarın konumuna göre değiştiği belirlenmiştir. Binaların performanslarının değerlendirilebilmesi için FEMA 356 ve ATC 40'daki kriterlerden yararlanılmıştır.

Kızıloğlu (2006) tarafından yapılan çalışmada, dolgu duvarların, kütle, rijitlik ve periyot açısından bina davranışına etkisi irdelenmiştir. Çalışmada, Deprem

Yönetmeliği'nde verilen periyot hesaplarında dolgu duvarların etkisi üzerine incelemeler yapılmıştır.

Özdoğu (2006) yaptığı çalışmada, deprem etkisindeki betonarme yapıların davranışına, dolgu duvar uygulama modellerinin etkisini incelemiştir. Bu amaçla toplam on kat olmak üzere, zemin kat yükseklikleri farklı 3 tip çerçeve ve her farklı çerçeve tipinde 4 farklı duvar modelleriyle, toplam 12 adet çerçeve sistemin zaman tanım alanında dinamik analizleri SAP 2000 programıyla yapılmıştır. Yapı modellerinin gerilme dağılımları ile yer değiştirmeleri, grafikler halinde sunularak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; zemin katta boş çerçeve sistemlerde, deprem yükleri altında, kolonların aşırı zorlandığı ve yüksek gerilmeler meydana geldiği görülmüştür. Dolgu duvar bulunan çerçeve sistemlerde ise taşıyıcı kolonlarda gerilmelerin düşük olduğu, dolgu duvarların, deprem altındaki taşıyıcı sistemin gerilme kapasitesini arttırdığı gözlenmiştir. Bant şeklinde pencere olan çerçeve sistemlerde ise, aşırı gerilmelerin pencere bölümündeki kolon üst bölgelerinde toplandığı görülmüştür.

Ersoy (2007) tarafından yapılan çalışmada eleman düzeyindeki güçlendirmeden de söz edilmekle birlikte, sistem iyileştirmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Sistem iyileştirmesi, çerçevelerden oluşan yetersiz veya kusurlu bir yanal yük taşıyıcı sistemin yerine, rijit düşey elemanlardan oluşan yeni bir sistem oluşturmak olarak tanımlanmıştır. Sistem iyileştirmesinde en yaygın olarak kullanılan teknik, "Dolgulu Çerçeve Yöntemi"dir. Bildiride, ODTÜ'de kırk yıldır sürdürülmekte olan dolgulu çerçeve yöntemini geliştirmeye yönelik deneysel araştırmalar anlatılmakta ve ülkemizde oluşan depremlerden sonra yapılan uygulamalar ve bu uygulamalardan öğrenilenler özetlenmiştir. Ayrıca, iki binli yıllarda geliştirilen, taşıyıcı olmayan mevcut bölme ve dolgu duvarların güçlendirilmesi ile oluşturulan bir sistem iyileştirilmesi tanıtılmakta ve bu sistemle ilgili deneysel araştırmalar irdelenmektedir.

Tetik (2007) yaptığı çalışmada, betonarme binaların tasarım ve projelendirilmesinde, taşıyıcı eleman olarak hesaba katılmayan dolgu duvarların, yapının deprem davranışı ve periyotları üzerindeki etkilerini

incelemiştir. Dolgu duvarların ve planda duvar yerleşiminin yapı davranışına etkisini incelemek amacıyla değişik dolgu duvar yerleşimlerine sahip betonarme binalar ele alınmıştır. Çalışmada, çerçevesel bir bina üzerinde duvar alanına bağlı olarak periyot araştırması yapılmış ve dolgu duvarların yapı periyodunu oldukça önemli derecede etkilediği vurgulanmıştır.

Peynirci (2007) yaptığı çalışmada, betonarme karkas binaların davranışına genellikle yatay yükler altında hesaba dahil edilmeyen dolgu duvarların etkisinin değerlendirilmesi incelenmiştir. Bu amaç kapsamında, dolgu duvarsız, tuğla dolgu duvarlı ve gaz beton dolgu duvarlı üç farklı çerçeve sisteminin DBYBHY 2007'e göre tasarım deprem kuvvetleri altında çözümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sucar (2008) tarafından yapılan çalışmada, 4 katlı bir konut binası 1975 Deprem Yönetmeliğine (eşdeğer deprem yükü yöntemi ile) göre tasarlanmıştır. Binanın, dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak doğrusal elastik hesap yöntemi ile performans analizleri yapılmıştır. Dolgu duvar modelinde kullanılan eşdeğer diyagonal basınç çubuklarının özellikleri, dolgu duvar yapımında kullanılan malzemelerin mekanik ve geometrik özelliklerine bağlı olarak belirlenmiştir. Dolgu duvarlı modelin performans analizinde, eşdeğer çubukların performansının değerlendirmesi yapılmayıp, eşdeğer çubukların, kolon ve kiriş elemanların performanslarına etkileri araştırılmıştır.

Dolsek ve Fajfar (2008), dört katlı dolgu duvarlı betonarme bir çerçevenin deprem davranışını doğrusal olmayan yöntemi kullanarak incelemiştir. Modeller dolgu duvarsız, boşluksuz dolgu duvarlı ve boşluklu dolgu duvarlı şeklinde oluşturulmuştur. Çözümleme sonuçları karşılaştırıldığında dolgu duvarların yapıdaki oluşan hasar dağılımını tamamen değiştirdiği gözlenmiştir.

Beklen (2009) yaptığı çalışmada, taşıyıcı eleman olarak dikkate alınmayan dolgu duvarların binanın deprem davranışına olan olumlu ve olumsuz etkilerini araştırmıştır. 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 elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bir bina 5 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.

Özer (2009) tarafından yapılan çalışmada, 8 katlı bir binaya SAP2000 ve ideCAD yapı analiz programları kullanılarak, yönetmeliklere uygun olarak düşey ve yatay yükler uygulanmıştır. Dolgu duvarlar literatürdeki deneysel ve analitik çalışmalar ışığında eşdeğer diyagonal basınç çubuğu olarak modellenmiştir. Lineer olmayan statik analiz yardımıyla binaya uygulanan deprem yükü karşısında dolgu duvarın davranışları ve bina performansına olan etkileri incelenmiştir.

Özdemir ve İrem (2009) yaptıkları deneysel çalışma için, tek katlı tek açıklıklı  $\frac{1}{2}$  ölçekli üç adet betonarme çerçeve üretmiştir. Numunelerden biri boş olarak deneye tabi tutulmuştur. İkinci numune duvar örülerek deneye tabi tutulmuş ve bölme duvar etkisi araştırılmıştır. Diğer numune ise dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması ile DBYBHY 2007'de verilen parametreler esas alınarak güçlendirilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan üç adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanır yatay yük etkisi altında test edilmiştir. Bu deneysel çalışmada bölme duvarın ve bölme duvar güçlendirmesinin çerçeve davranışına etkisi araştırılmış ve test edilen elemanların yatay yük taşıma kapasiteleri, rijitlik ve enerji tüketme kapasitelerindeki değişim incelenmiştir.

Tar (2010) tarafından yapılan çalışmada, dolgu duvarlar için önerilen modelleme teknikleri üzerinde durulmuş ve dolgu duvarların nümerik modele dahil edilmesi durumunda yapısal davranışı ne derece etkilediği araştırılmıştır.

Dönmez vd. (2010) yaptıkları çalışmada, betonarme çerçeve dolgu duvarlı sistemlerde çerçeve dolgu duvar etkileşimiyle sistemin dinamik değişkenlerinin nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır.

Sevil vd. (2010), sıvanmamış ve sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvara sahip betonarme tek açıklıklı iki katlı betonarme çerçeveler üreterek düşey ve yatay yükler altında deneylerini yapmışlardır. Çalışma kapsamında seçilen parametrelerin deney elemanlarının dayanım ve davranışlarına olan etkileri irdelenmiştir. Yapılan kuramsal çalışmaların sonuçları deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Gürpınar (2011) tarafından yapılan çalışmada, dolgu duvarların deprem yükleri altında yapının davranışına olan etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda, mevcut betonarme bir yapı olan Liman Han projesinin dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız durumlarının serbest titreşim periyodu ve öngörülen tasarım depremi için yapı performansı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Çankaya (2011) yaptığı çalışmada, dolgu duvarlı/duvarsız betonarme çerçevelerin dinamik parametrelerini araştırmış ve dinamik davranış üzerindeki etkisini incelemiştir. Ayrıca bu çalışmada çerçevelerin yanal kapasite ve enerji sönmüleme özellikleri de incelenmiştir. Bunun için 1/5 ölçekli, tek açıklıklı ve dört katlı dört adet betonarme çerçeve üretilmiş ve deney numuneleri tersinir yanal yükleme altında test edilmiştir.

Kaymak ve Tuna (2011) tarafından yapılan çalışmada, taşıyıcı eleman olarak dikkate alınmayan dolgu duvarların yatay yükler (monotonik yükler) altındaki çelik çerçeveler üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır. İki katlı iki açıklıklı düzlem çelik çerçeve tasarlanmış, dolgu duvarlı, dolgu duvarsız ve bant pencere kombinasyonları olmak üzere toplam 7 adet model oluşturulmuştur. Yapılan kabuller doğrultusunda, yerleştirilen simetrik ve asimetrik dolgu duvarların çerçeve sistem üzerindeki göçme yükü, enerji tüketimi, süneklik, yatay deplasman ve göçme yükündeki taban kesme kuvvetleri, ayrıca yumuşak kat ve bant pencere modellerde kısa kolon etkileri araştırılmıştır.

Kılıç (2012) tarafından yapılan çalışmada DBYBHY 2007' de "Bilgilendirme Eki 7f. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi İçin Yöntemler" bölümünde anlatılan bir güçlendirme yöntemi olan "Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi" metodunun deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. 1/2 ölçekli betonarme numuneler bir takım tasarım ve imalat hatalarına sahip olacak şekilde üretilmiştir. Bu numunelere DBYBHY 2007' de tarif edildiği şekilde dolgu duvar üzerine hasır çelik ve sıva uygulaması yapılarak, dayanım ve rijitliğe katkıları ve genel deprem davranışı incelenmiştir.

Güder (2012) tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY 2007'nin kurallarına uygun olarak tasarlanan bir konut binasının analiz modeline diyagonal duvar elemanlarının eklenmesiyle yönetmelikte belirtilen "yumuşak kat düzensizliğinin" ne ölçüde değiştiği gösterilmiş ve yine yönetmelik kurallarına uygun olarak "doğrusal olmayan eşdeğer artımsal itme analizi" ile dolgu duvarların bina davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Yakut vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, dolgu duvarların bina deprem davranışı üzerindeki etkisi analitik olarak incelenmiştir. Ülkemizin farklı bölgelerinde bulunan yaklaşık 28 adet betonarme bina üç boyutlu olarak SAP 2000 programı ile modellenmiştir. Yapılan itme analizi sonucunda binaların kapasite eğrileri elde edilmiştir. Her iki ana doğrultuda yapılan analizlerde dolgu duvarlı ve duvarsız modeller kullanılmıştır. Dolgu duvarlar eşdeğer çapraz çubuk elemanları ile literatürdeki öneriler dikkate alınarak modellenmiştir. Analiz sonuçlarının karşılaştırılması ile bina akma taban kesme kuvveti, bina periyodu ve bina rijitliğindeki değişimler dolgu duvar alanına bağlı olarak irdelenmiştir.

### 3. BİNA DEPREM PERFORMANS SEVİYESİNİN DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ

Belirli bir deprem etkisi altında, bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu performans olarak tanımlanmaktadır. İncelenen bir binada, üzerine etkiyen deprem yükü altında öngörülen hasar miktarının sınır durumları performans seviyeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın seviyesine ve bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına bakılarak belirlenir.

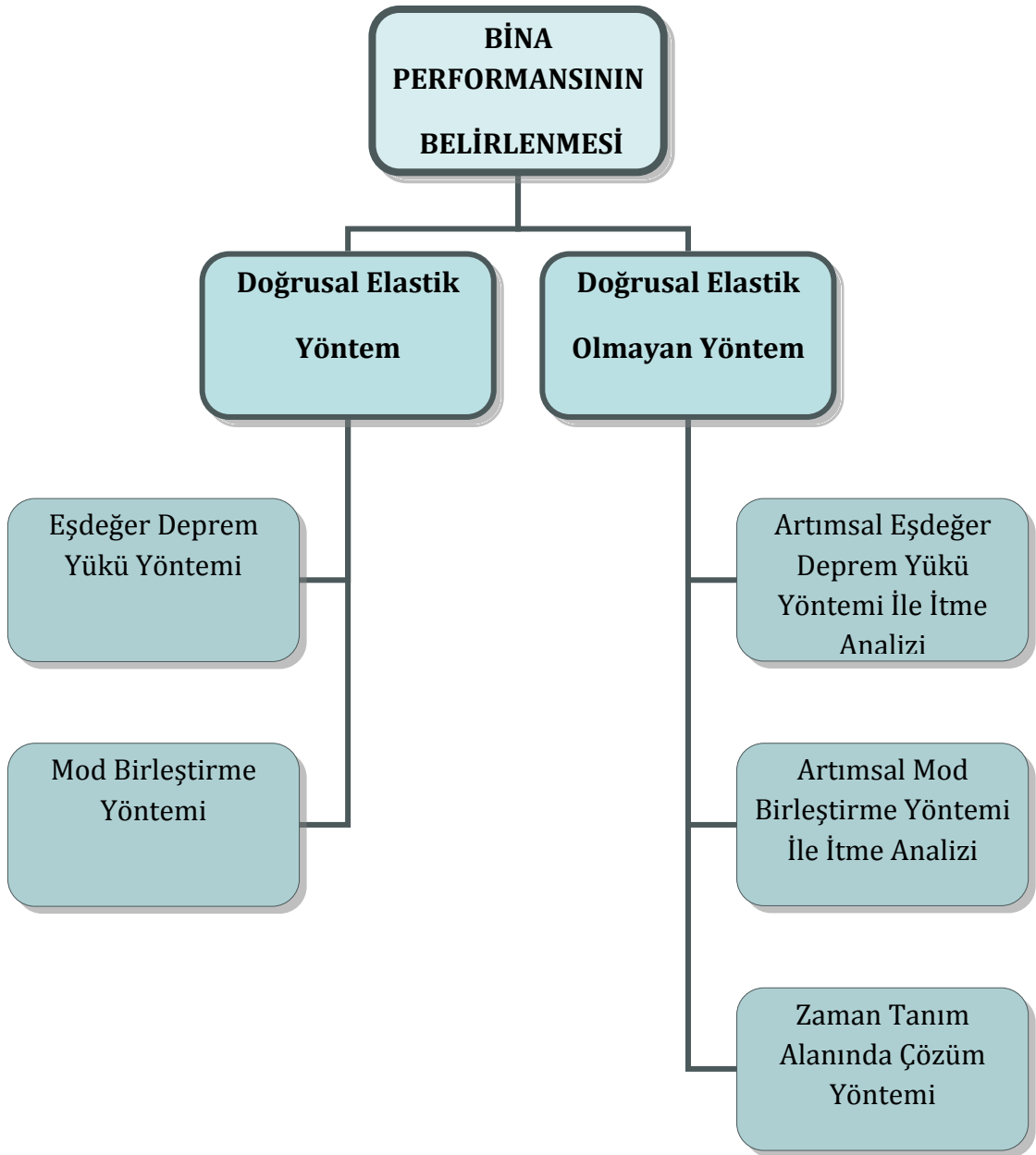
DBYBHY 2007 esaslarına göre bir binanın depreme karşı güvenli olup olmadığına, bina için belirlenen hedef performans seviyesinin deprem performans seviyesi ile kıyaslanmasıyla karar verilir. Binanın hedef performans seviyesi kullanım amacına bağlı olarak DBYBHY 2007’ de Çizelge 3.1’de verildiği gibi tanımlanmıştır.

Çizelge 3.1. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Depremin Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-



Mevcut binaların deprem performansının belirlenebilmesi için DBYBHY 2007'nin yedinci bölümü, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerin kullanımını önermektedir (Şekil 3.1). Ancak bu yöntemlerde kendi içerisinde alt yöntemlere ayrılır ve her bir yöntemin uygulanabilmesi için belli koşulları vardır.



Şekil 3.1.DBYBHY 2007'de tanımlanan bina performans belirleme yöntemleri (Demir vd., 2013)

DBYBHY 2007'de verilen doğrusal elastik yöntem kuvvet esaslı iken, doğrusal elastik olmayan yöntem şekildeğiştirme esaslıdır. Bu nedenle, doğrusal elastik olmayan yöntemde, elemanın hasar seviyesine, beton ve donatının şekildeğiştirme değerlerinin, DBYBHY 2007'de tanımlanan sınır şekildeğiştirme değerleriyle karşılaştırılması ile karar verilir. Elemanın hasar seviyesinden kat performans seviyesi, kat performans seviyesinden de bina performans seviyesi belirlenmektedir.

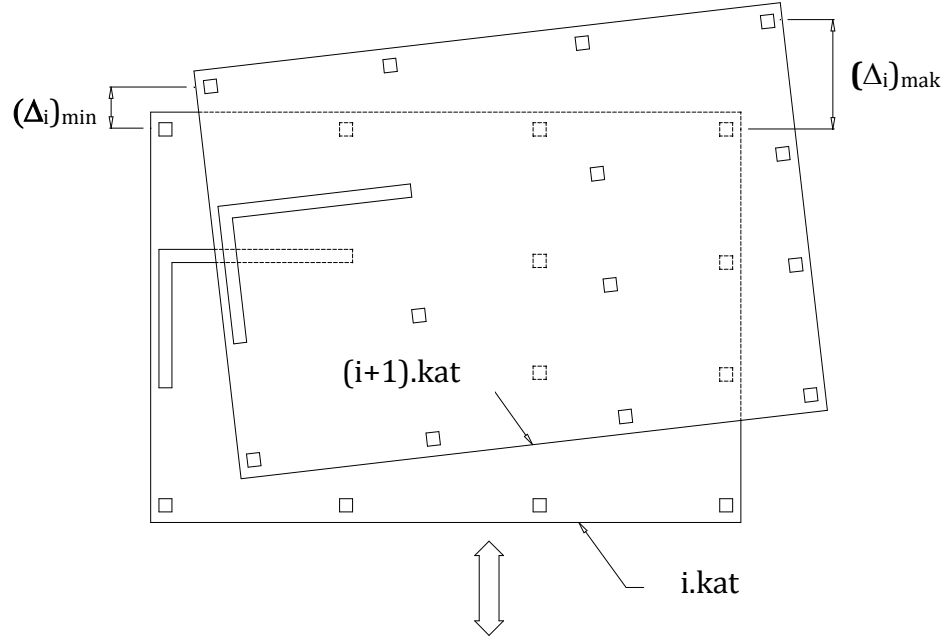
Tez çalışması kapsamında yapılan çözümlenmelerde doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemleri arasından “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için gerekli koşullar aşağıda tanımlanmıştır.

*“Binanın kat sayısının bodrum hariç 8’den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.”*

DBYBHY 2007'de burulma düzensizliği katsayısının ( $\eta_{bi}$ ) Denklem (3.1) ile hesaplanması öngörülmüştür. Burada  $(\Delta_i)_{min}$  ve  $(\Delta_i)_{max}$  binanın i. katında hesaplanan göreceli kat ötelemelerinin en küçük ve en büyük değerlerini göstermektedir.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \quad (3.1)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] / 2 \quad (3.2)$$



Şekil 3.2. Burulma düzensizliği katsayısının hesabı

"Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi" yönteminin uygulanması için izlenmesi gereken işlemler adım adım aşağıda özetlenmiştir.

### 3.1. Binalardan Bilgi Toplanması

DBYBHY 2007'de, binalardan toplanan bilginin kapsam ve güvenilirliğine bağlı olarak; Sınırlı, Orta ve Kapsamlı Bilgi Düzeyi olmak üzere üç bilgi düzeyi tanımlanmış ve bilgi düzeyi katsayıları sırasıyla 0.75, 0.90 ve 1.00 olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu katsayılar eleman kapasitelerine uygulanmaktadır.

### 3.2. Deprem Hesabına İlişkin Kurallar

DBYBHY 2007 esaslarına göre, performans değerlendirmesinde yapılacak deprem hesabında deprem yükü azaltma katsayısının ( $R_a(T)$ ) ve bina önem katsayısının ( $I$ ) bire eşit olarak uygulanması öngörülmektedir. Ayrıca hesaplarda betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri  $(EI)_e$  aşağıda verildiği şekilde kullanılmalıdır.

Kirişlerde:  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

Kolon ve perdelerde:  $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$  olması durumunda:  $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$  olması durumunda:  $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Burada  $N_D$ , çatlamaş kesit kullanılarak  $(g+nq)$  yüklemesinden elde edilen aksel yükü karşılık gelmektedir.  $N_D$ 'nin ara değerleri için enterpolasyon yapılabilir.

### 3.3. Plastik Mafsalların Tanımlanması

Yönetmelikte doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesinde yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallara hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğıştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır. Yapılan çözümlerinde Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü şekilde plastik mafsalları boyu olarak adlandırılan eşdeğer plastik şekildeğıştirme bölgesinin uzunluğu ( $L_p$ ), çalışan doğrultudaki kesit boyutu ( $h$ )'nin yarısına eşit alınmıştır ( $L_p = 0.5 h$ ). Kesite ait plastik mafsalların tanımlanmasında, kesitin moment-dönme ilişkisinden yararlanılmıştır. Moment-dönme ilişkisi ise, moment-eğrilik ilişkisinden yararlanarak elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda DBYBHY 2007'de öngörülen beton ve donatı özellikleri kullanılmıştır. Yönetmelik, sargılı beton için Mander modelini önermektedir.

### 3.4. Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi

Eleman kesitlerine ait plastik mafsalları özellikleri belirlenen binanın, öncelikle kütlelerle uyumlu düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analizi yapılmalıdır. Bu analizin sonuçları, yatay yük ile uygulanan artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır. Doğrusal olmayan itme analizi, birinci mod titreşim şekli ile uyumlu olarak eşdeğer deprem yüklerinin adım adım artırılması ile uygulanır. Yapılan itme analizi ile koordinatları "taban

kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi” olan kapasite eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, gözönüne alınan herhangi bir deprem doğrultusu için binanın en üst katında her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmediir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin bu deprem doğrultusundaki toplamıdır.

### 3.5. Kapasite Eğrisinin Koordinat Dönüşümünün Yapılması

Binaya ait kapasite eğrisinin elde edilmesinden sonra ikinci adım olarak kapasite eğrisinin koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” koordinatlarına dönüştürölerek modal kapasite eğrisi elde edilmelidir. Birinci moda ait modal ivme  $[a_1^{(i)}]$  Denklem (3.3)’te, modal yerdeğiştirme  $[d_1^{(i)}]$  Denklem (3.4)’te, modal katkı çarpanı  $[\Gamma_{x1}]$  Denklem (3.5)’te verildiği gibi DBYBHY 2007 esasları ile uyumlu olarak hesaplanmalıdır.

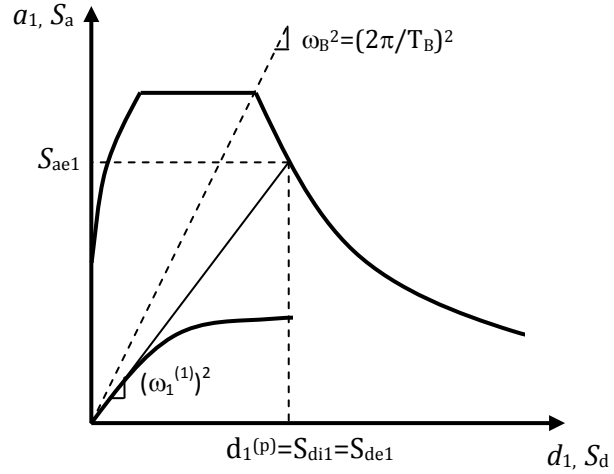
$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.3)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.4)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.5)$$

### 3.6. Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi

Binanın performans seviyesini belirleyebilmek için, öncelikle binanın hedef yerdeğiştirme istemi hesaplanmalıdır. Hedef yerdeğiştirmenin hesap edilebilmesi için, binaya ait modal kapasite eğrisi ile  $S_a$ - $S_d$  formatına dönüştürölmüş spektrum eğrisinin aynı grafik üzerinde çizilmesi gerekir. Birinci (hakim) titreşim moduna ait ve koordinatları  $(d_1, a_1)$  olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “spektral yerdeğiştirme ( $S_d$ )- spektral ivme ( $S_a$ )” olan davranış spektrumu Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu

Doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme ( $S_{de1}$ ), itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elde edilen elastik spektral ivme  $S_{ae1}$  değerinden yararlanılarak hesaplanır (Denklem 3.6).

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.6)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme  $S_{di1}$ , doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme  $S_{de1}$ 'e bağlı olarak Denklem (3.7) ile elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.7)$$

Burada  $C_{R1}$ ,  $T_1^{(1)}$  başlangıç periyodu ve ivme spektrumundaki karakteristik periyot  $T_B$ 'ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

- $T_1^{(1)} \geq T_B$  veya  $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$  olması durumunda (eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca)  $C_{R1}$ , Denklem (3.8)'de verildiği gibi dikkate alınır.

$$C_{R1} = 1 \quad (3.8)$$

- $T_1^{(1)} < T_B$  veya  $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$  olması durumunda ise, spektral yerdeğiştirme oranı  $C_{R1}$ , ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanır:

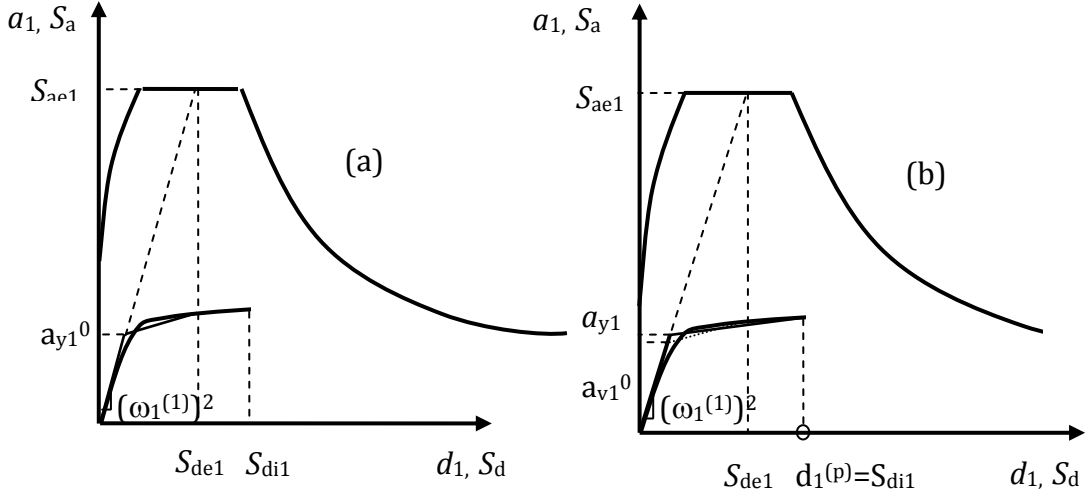
- İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, yaklaşık olarak iki doğrulu bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ( $i=1$ ) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere,  $(\omega_1^{(1)})^2$ , eşit alınır ( $T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$ ).

- Ardışık yaklaşımın ilk adımında  $C_{R1} = 1$  kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 3.3(a)'da görülen  $a_{y1} = a_{y1}^0$  esas alınarak  $R_{y1}$  ve  $C_{R1}$  değerleri, Denklem (3.9) ve Denklem (3.10)'de verildiği gibi hesaplanır. Bu bağıntıda  $R_{y1}$  birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.9)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.10)$$

- Denklem (3.10)'da elde edilen  $C_{R1}$  kullanılarak Denklem (3.7)'ye göre hesaplanan  $S_{di1}$  esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 3.3(b)'de gösterildiği gibi, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenmekte ve bunlara göre  $a_{y1}$ ,  $R_{y1}$  ve  $C_{R1}$  tekrar hesaplanmaktadır. DBYBHY 2007, ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştığında elde edilen değerlerin kullanılabilceğini kabul etmektedir.



Şekil 3.4. Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile, maksimum modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Modal yerdeğiştirme istemi,  $d_1^{(p)}$ , doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme  $S_{di1}$ 'e eşittir.

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.11)$$

Son itme adımında modal yerdeğiştirme istemi  $d_1^{(p)}$ 'nin Denklem (3.4)'te yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi  $u_{xN1}^{(p)}$  elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.12)$$

### 3.7. Tepe Yerdeğiştirme İstemi Seviyesindeki Eleman Hasarlarının Belirlenmesi

Eleman hasarına karar verebilmek için, binanın tepe yerdeğiştirme istemi seviyesindeki eleman kesitlerine ait belirlenen beton ve donatı şekildeğiştirme değerlerinin yönetmelikte verilen sınır değerlerle kıyaslanması gerekir. DBYBHY 2007'de, plastik şekildeğiştirmelerin hasar seviyesi için izin verilen üst sınırları Denklem (3.13), Denklem (3.14) ve Denklem (3.15)'teki gibi



tanımlanmaktadır. Bu denklemlerde verilen değerler sırasıyla, beton basınç birim şekildeğiştirmesinin (kısılması) ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmesinin (kısılması ve uzaması) üst sınırlarını temsil etmektedir. Burada  $\rho_s$  kesitte mevcut olan,  $\rho_{sm}$  ise kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını göstermektedir.

Minimum Hasar Sınırı (MN)

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.13)$$

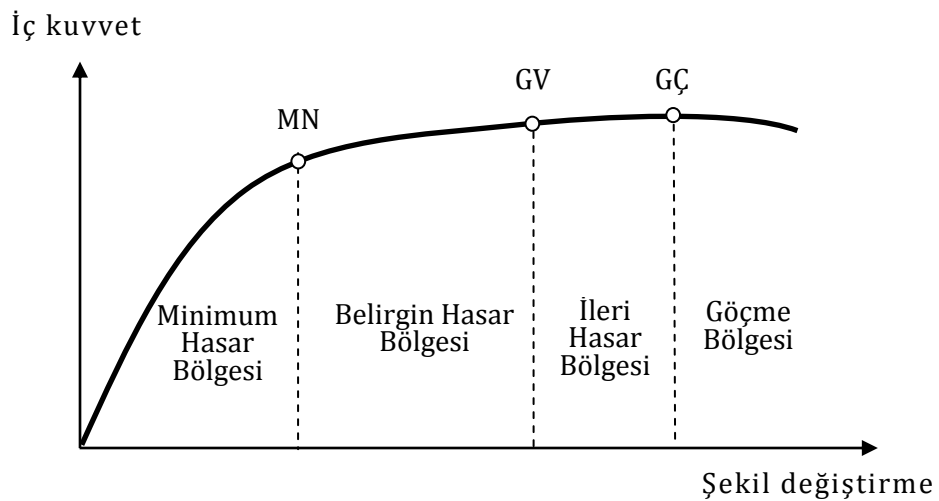
Güvenlik Hasar Sınırı (GV)

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.14)$$

Göçme Hasar Sınırı (GÇ)

$$(\epsilon_{cg})_{GÇ} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GÇ} = 0.060 \quad (3.15)$$

Hesaplanan şekildeğiştirmelerin, sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilmektedir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenir. Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar için Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar için Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar için İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar için ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Eleman hasarının belirlenmesi

Binanın performans seviyesi, tepe yerdeğiştirme istemi seviyesinde taşıyıcı elemanlarda tanımlanan hasar seviyelerine göre belirlenir.

### **3.8. Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi**

Bina performansı DBYBHY 2007’de, Hemen Kullanım, Can Güvenliği, Göçme Öncesi ve Göçme Durumu olmak üzere dört farklı seviyede tanımlanmıştır.

#### **3.8.1. Hemen kullanım performans seviyesi**

DBYBHY 2007 esaslarına göre bu performans seviyesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir.

“Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10’u *Belirgin Hasar Bölgesi*’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü *Minimum Hasar Bölgesi*’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*’nde olduğu kabul edilir.”

#### **3.8.2. Can güvenliği performans seviyesi**

DBYBHY 2007 esaslarına göre bu performans seviyesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir.

“(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30’u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesine geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesindeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesindedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Denk.(3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler.”

### **3.8.3. Göçme öncesi performans seviyesi**

DBYBHY 2007 esaslarına göre bu performans seviyesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir.

“(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si *Göçme Bölgesi*'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü *Minimum Hasar Bölgesi*, *Belirgin Hasar Bölgesi* veya *İleri Hasar Bölgesi*'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *Minimum Hasar Sınırı* aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Denk.(3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.”

### **3.8.4. Göçme durumu**

DBYBHY 2007 esaslarına göre bu performans seviyesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir.

“Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.”

#### 4.KULLANILAN PROGRAMLARIN TANITIMI

Bir binanın deprem performansını DBYBHY 2007 esaslarına göre belirleyebilmek için bilgisayar programlarının kullanımı zorunlu olmaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında uluslararası geçerliliği olan SAP 2000 programı ile Tübitak 111M119 araştırma projesi kapsamında oluşturulan BESAM (Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme) ve DELOP (Doğrusal Elastik Olmayan Program) programları koordineli bir şekilde kullanılmıştır.

##### 4.1. Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme Programı (BESAM)

DBYBHY 2007'nin 7. bölümünde verilen esaslar göz önüne alınarak betonarme elemanlarda beton dayanımı, donatı düzeni ve sargı etkisini dikkate almak için **B**etonarme **E**lemanlarda **S**argı ve **M**odelleme (BESAM) programı kullanılmıştır. BESAM programında, Mander sargılı beton modeli için DBYBHY 2007'de verilen gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi kullanılmıştır. Beton için oluşturulan bu sargı modeli kullanılarak kiriş kesitine ait eğilme momenti kapasitesi yanında, moment-eğrilik ilişkisi ve kolon kesitine ait normal kuvvet-eğilme momenti kapasite ilişkisi (karşılıklı etki diyagramı) elde edilebilmektedir. Programın veri girişine ait bir görünümü Şekil 4.1'de verilmiştir. Hesaplamalarda malzemenin güç tükenmesi değerleri ( $f_y$  ve  $f_c$  değerleri) gözönüne alınmaktadır. Bu sebepten BESAM ile elde edilen değerler güç tükenmesine karşı gelmekte olup, tasarıma yönelik değildir.

VERİ GİRİŞİ BÖLÜMÜ

Kayıtlı Veri Seç  YÜKLE

İsim =  Tip seç=

Kesit Bilgileri  
b(mm)=  h(mm)=  Pas Payı(mm)=

Kesit Bilgileri  
fck(MPa)=  f<sub>yk</sub>(MPa)=

Kesit Bilgileri  
Etriye Çapı(mm)=  Etriye Aralığı(mm)=

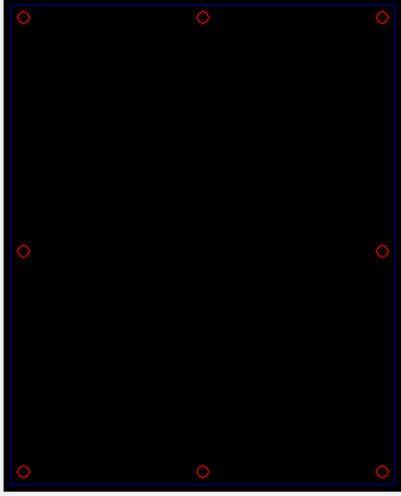
Donatı Çap=  b paralel alt donatı sayısı  Donatı Çap=  h paralel sol donatı sayısı

Donatı Çap=  b paralel üst donatı sayısı  h paralel sağ donatı sayısı

İsim  
Etriye Oranı=

Kesit Bilgileri  
Kuvvet(kN)=

DEVAM



Şekil 4.1. BESAM'a ait bir görünüm

Taşıyıcı elemanlarda betonun şekildeğiştirme davranışının sargılı modellenmesinde Mander modelini kullanabilen programlar uygulamada mevcuttur. Doğrusal elastik olmayan çözümlerinde BESAM programının diğer programlara göre üstünlükleri ve kullanıcı için sağladığı kolaylıklar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Program Mander sargı modelini kullanarak taşıyıcı elemanlar için moment-eğrilik ve moment-normal kuvvet ilişkilerini pratik bir şekilde hesaplayabilmektedir.
- Doğrusal elastik olmayan çözümler için öncelikle binanın taşıyıcı sistem elemanlarında plastik mafsalları tanımlamalarının yapılması gerekir. Bu yazılım ile elemanlara ait kesit ve malzeme özellikleri, donatı çapı ve düzeni tanımlandıktan sonra program çalıştırılarak, SAP 2000 programında açılmak üzere mafsalların tanımlandığı s2k uzantılı bir dosya hazırlanabilmektedir. Bunun için program hesap ettiği moment eğrilik ilişkilerinden yararlanarak moment-dönme ilişkilerine geçiş yapmaktadır.

- Doğrusal elastik olmayan yöntemde, elemanın hasar seviyesine şekildeğiştirme değerin yönetmelikteki sınır değerlerle kıyaslanması sonucunda karar verilmektedir. Dolayısıyla hasarın belirlenebilmesi için sınır değerlerin bilinmesi önem arz etmektedir. Mevcut programların büyük bir kısmında, DBYBHY 2007'de verilen sınırlamalar bulunmamaktadır veya bu sınırlamaların düzenlenmesi gerekmektedir. BESAM programında bu sınırlamalar düzenlenerek plastik mafsal tanımında gerekli tüm bilgiler SAP 2000 programının kullanabileceği şekilde elde edilebilmektedir.
- Binaya ait kapasite eğrisinin SAP 2000 programı ile elde edilmesinden sonra, depremin binadan yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi gerekir. Bunun için öncelikle kapasite eğrisinin koordinatları "modal yerdeğiştirme - modal ivme" koordinatlarına dönüştürülmeli ve modal kapasite diyagramı elde edilmelidir. Tüm bu işlemler, gerekli verilerin programa tanımlanması ile DBYBHY 2007'ye uygun olarak hesaplanabilmektedir. Tepe yerdeğiştirme istemi sonuçları program tarafından txt veya xls formatında kullanıcıya sunulmaktadır.

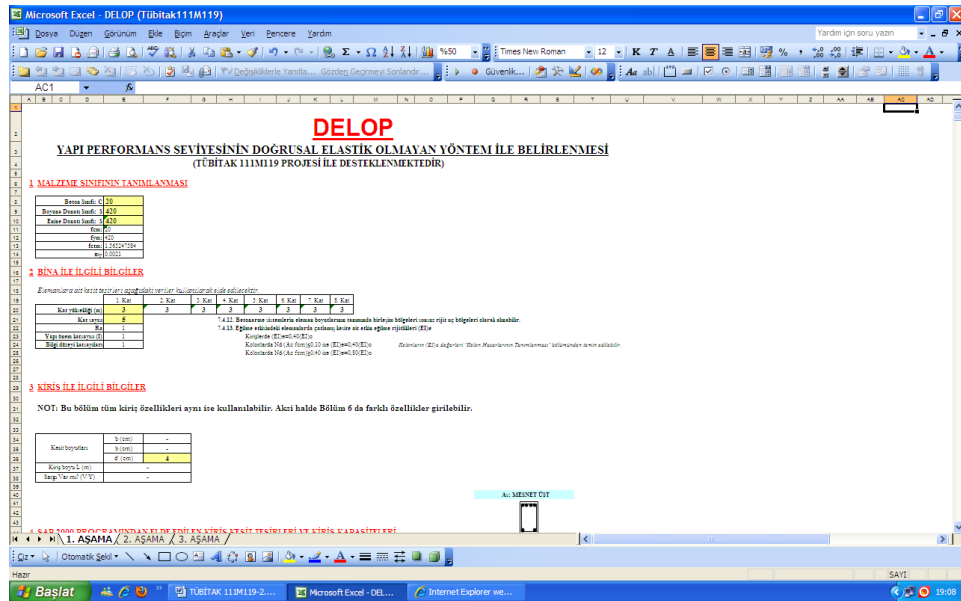
#### **4.2. SAP 2000 Programı**

Tüm yapılar için bütünleştirilmiş çözüm ve tasarım için hazırlanmış yazılım programı olan SAP 2000 ile simetrik ve simetrik olmayan binaların 3 boyutlu olarak modellenmesi, çözümlemesi, tasarımı ve optimizasyonu hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Bu programda; kolon ve kirişleri çubuk eleman olarak modellenebilir. Kat döşemeleri için yatay düzlemde rijit diyafram kabulü yapılabilir. Betonarme ve çelik binaların çözümlemeleri mod birleştirme, zaman tanım alanında hesap ve lineer olmayan statik itme (pushover) yöntemleri kullanılarak kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu çalışmada SAP 2000 programının 14.0.0 versiyonu kullanılarak lineer olmayan statik itme hesapları yapılmıştır. Bunun için eleman kesitlerine ait plastik mafsal özellikleri BESAM programı ile belirlenen binanın, öncelikle kütlelerle uyumlu düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analizi yapılmış, daha sonrasında bu analizin sonuçları, yatay

yük ile uygulanan artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır.

### 4.3. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı (DELOP)

**Doğrusal ELastik Olmayan Değerlendirme Programı (DELOP)**, yönetmelikte verilen koşullarla uyumlu olarak, binanın hedef performans seviyesini sağlayıp sağlamadığının kontrolünü kendi bünyesinde yapan bir Excel yazılımıdır. Ancak programın, SAP2000 ve BESAM programları ile uyumlu bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Şekil 4.2'de programın kullanımına ilişkin bir görünüm verilmiştir. Program, üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada giriş, ikinci aşamada kolon elemanlar için gerekli kontroller yapılmakta, üçüncü aşamada ise, binanın performans seviyesine karar verilmektedir. DELOP programı, uluslararası geçerliliği olan SAP 2000 sonlu elemanlar programı ile ilişkili olarak kullanılabilen ve bina türü yapılar için yönetmelikte verilen performans koşullarının kontrolünü daha pratik şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır.

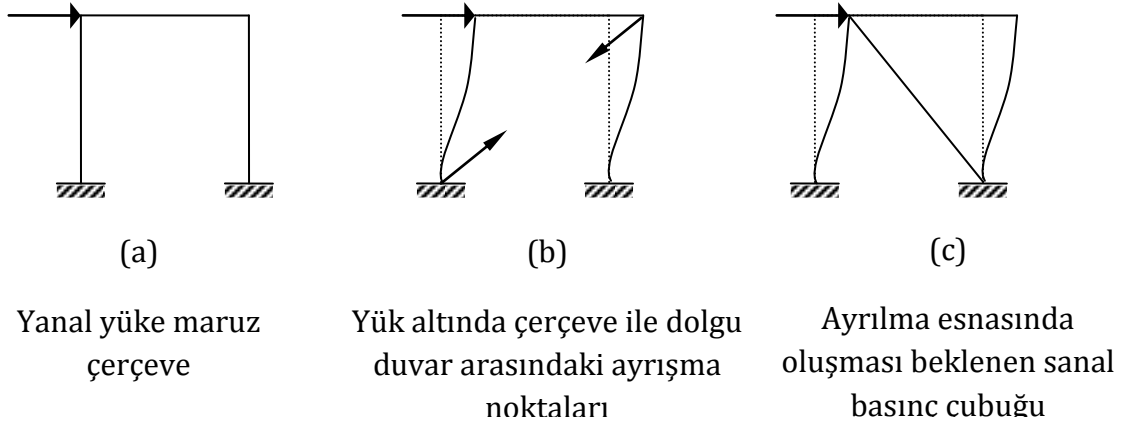


Şekil 4.2. DELOP'a ait bir görünüm

## 5. DOLGU DUVARLARIN MODELLENMESİ

Yapıların çoğu ülkemizde çerçeve sistemlerden oluşmakta ve çeşitli bölme duvar modelleri ile yapı sistemleri doldurulmaktadır. Bu yapılar tasarım aşamasında sadece taşıyıcı sistemleri kolon, kiriş ve döşeme gibi birbirine bağlanmış rijit elemanlar ile analiz edilmekte, duvar gibi mimari ve estetik oluşturan ara bölmelerin hiçbiri analizlerde göz önünde bulundurulmamakta ve hesaplara katılmamaktadır. Hesaplarda göz ardı edilen bölme duvar elemanları, taşıyıcı sistem olarak bir görev yapmasa da, depremden dolayı büyük yatay yükler etkisindeki yapılarda taşıyıcı çerçeve sistemlerin çalışmasını ve davranışlarını olumlu veya olumsuz yönde etkilemektedirler (Özdoğan, 2006).

Deprem yükü altında ötelenen çerçevenin bir yüzünde dolgu duvar ile çerçeve arasında ayrışma meydana gelirken, öbür yüzünde sanal bir basınç çubuğu meydana gelir (Şekil 5.1).



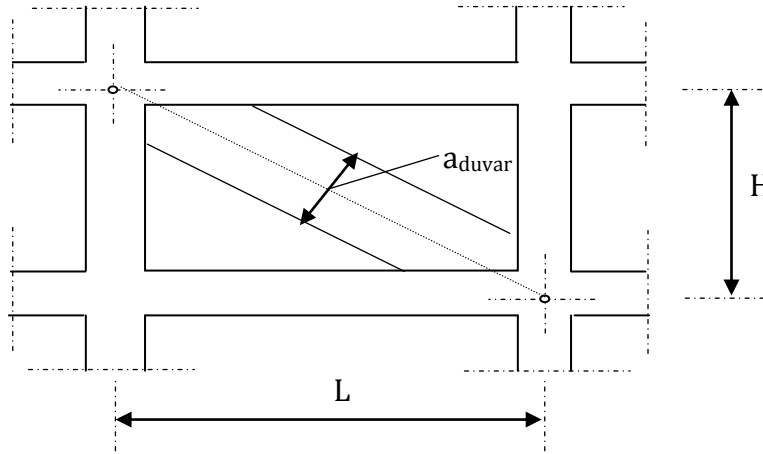
Şekil 5.1. Yatay yüke maruz çerçeve üzerindeki dolgu duvarın modellenmesi

Yapılan çalışmalar dolgu duvarların, basınç çubuğu şeklinde çalışarak çerçevenin rijitliğini bir miktar artırdığını ortaya koymuştur. Mevcut paket programlar bu etkiyi genellikle ihmal ederek dolgu duvarları sadece düşey yük olarak dikkate almaktadır. Bu rijitlik artışının hesaplarda dikkate alınmaması, güvenli tarafta kaldığını düşündürse de bazı durumlarda olumsuzluklara da neden olabilmektedir. Örneğin, geçmiş depremlerde alt katı dükkan ve üst



katları konut olarak tasarlanan çoğu yapıda yumuşak kat hasarları gözlenmiştir. Aynı zamanda taşıyıcı sistemi simetrik olan yapılarda, dolgu duvar yerleşimlerinin simetrik olmaması durumu yapı üzerindeki rijitlik dağılımını değiştirerek ilave burulma etkilerinin ortaya çıkmasına da neden olabilmektedir. Dolayısıyla, yapısal analizler yapılırken dolgu duvarların dikkate alınmasının, ileride ortaya çıkması muhtemel bazı hasarların önlenmesinde etkili olacağı düşünülmektedir.

Dolgu duvarların yapı davranışına katkısını dikkate almak için literatürde geliştirilmiş ve kabul görmüş farklı yöntemler mevcuttur. Bu metotlar arasında hesap kolaylığı açısından en çok tercih edilen yöntem, Polyakov (1956) tarafından geliştirilen dolgu duvarların diyagonal basınç çubuklarıyla modellenmesidir (Şekil 5.2). Bu yöntem dolgu duvarların tam dolu olması durumunu yansıtmaktadır.



Şekil 5.2. Dolgu duvarın sanal basınç çubuğu olarak modellenmesi

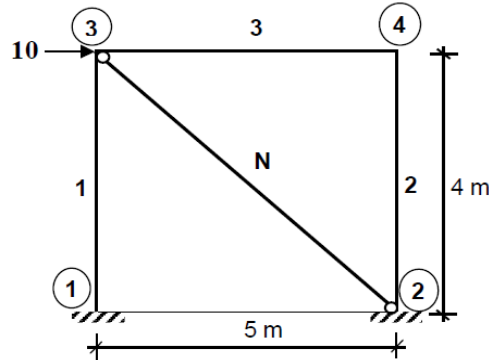
Dolgu duvarların modellemesinde kullanılacak sanal basınç çubuğunun genişliği hesabı DBYBHY 2007'de Denklem (5.1)'deki gibi önerilmiştir.

$$a_{\text{duvar}} = 0.175 (\lambda_{\text{duvar}} h_k)^{-0.4} r_{\text{duvar}} \quad (5.1)$$

$$\lambda_{\text{duvar}} = \left[ \frac{E_{\text{duvar}} t_{\text{duvar}} \sin 2\theta}{4 E_c I_k h_{\text{duvar}}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5.2)$$

Burada  $a_{duvar}$ , eşdeğer sanal basınç çubuğunun kalınlığını;  $h_k$ , çerçevenin yüksekliğini;  $L$ , çerçevenin genişliğini;  $E_c$ , betonun elastisite modülünü;  $E_{duvar}$ , duvarın elastisite modülünü;  $t_{duvar}$ , dolgu duvarın kalınlığını;  $\theta$ , diyagonal çubuğunun açısını;  $r_{duvar}$ , dolgu duvarın köşegen uzunluğu;  $h_{duvar}$ , dolgu duvarın yüksekliğini;  $I_k$ , kolonun atalet momentini ifade etmektedir.

Beklen (2009) çalışmasında örnek olması açısından Şekil 5.3'de verilen tek katlı ve tek açıklıklı çerçevenin dolgu duvar modellenmesini yapmıştır. Örnek modelde kolon boyutları 300 mm × 300 mm, kiriş boyutları 300 mm × 500 mm olarak seçilmiştir. Beton sınıfı C 20, betonun elastisite modülü ( $E_c$ ) 28500 MPa, dolgu duvarın elastisite modülü ( $E_d$ ) 1000 MPa, dolgu duvar kalınlığı ( $t_{duvar}$ ) 190 mm ve dolgu duvar basınç çubuğunun yüksekliği ( $a_{duvar}$ ) 680 mm olarak dikkate alınmıştır. Betonarme çerçeveye 10 ton büyüklüğünde deprem yükü etki ettirilmiştir.



Şekil 5.3. Oluşturulan çerçeve modeli (Beklen, 2009)

Şekil 5.3'de verilen çerçeve ve dolgu duvar modeli tez çalışması kapsamında SAP 2000 programı yardımıyla oluşturulmuş ve çözümlenmeler yapılmıştır. Elde edilen yerdeğiştirme sonuçları Çizelge 5.1'de, moment değerleri Çizelge 5.2'de, kesme kuvveti değerleri Çizelge 5.3'de, eksenel yük değerleri ise Çizelge 5.4'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde literatürde verilen sonuçların çok yaklaşık olarak elde edildiği görülebilir.

Çizelge 5.1. Çerçeve de oluşan yerdeğiştirme değerleri (mm)

Nokta no	Dolgu duvarsız		Dolgu duvarlı	
	Beklen (2009)	Tez çalışması	Beklen (2009)	Tez çalışması
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	16.00	15.69	5.46	5.34
4	15.94	15.63	5.44	5.33

Çizelge 5.2. Taşıyıcı elemanlarda oluşan moment değerleri (kNm)

Nokta no	Eleman Boyu (m)	Dolgu duvarsız		Dolgu duvarlı	
		Beklen (2009)	Tez çalışması	Beklen (2009)	Tez çalışması
1	0	104.70	104.70	35.60	35.60
	4	-95.60	-95.60	-32.30	-32.30
2	0	104.40	104.40	35.40	35.40
	4	-95.30	-95.30	-32.20	-32.20
3	0	98.60	98.60	32.30	32.30
	5	-95.30	-95.30	-32.20	-32.20

Çizelge 5.3. Taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti değerleri (kN)

Nokta no	Eleman Boyu (m)	Dolgu duvarsız		Dolgu duvarlı	
		Beklen (2009)	Tez çalışması	Beklen (2009)	Tez çalışması
1	0	50.10	50.10	17.00	17.00
	4	50.10	50.10	17.00	17.00
2	0	49.90	49.90	16.90	16.90
	4	49.90	49.90	16.90	16.90
3	0	38.20	38.20	12.90	12.90
	5	38.20	38.20	12.90	12.90

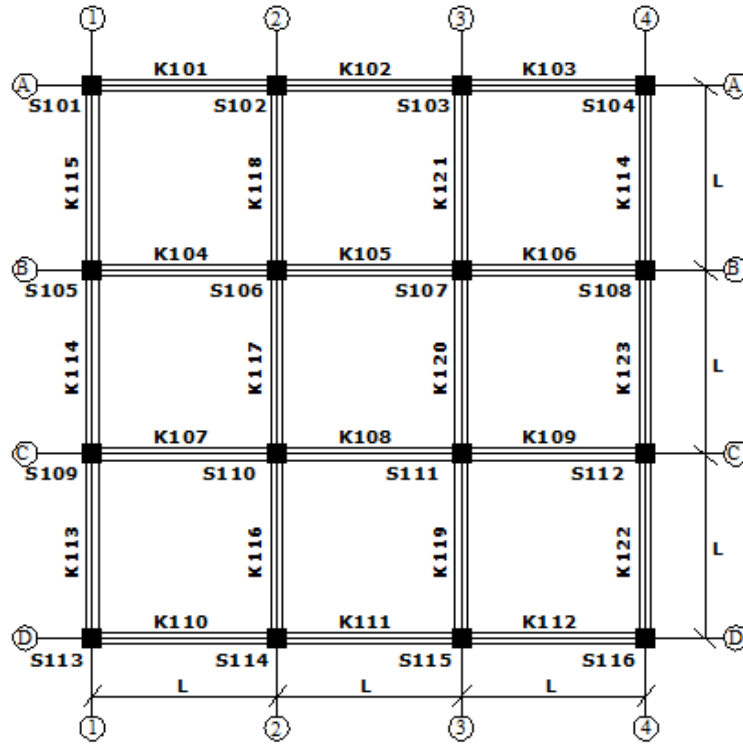
Çizelge 5.4. Taşıyıcı elemanlarda oluşan normal kuvvet değerleri (kN)

Nokta no	Eleman Boyu (m)	Dolgu duvarsız		Dolgu duvarlı	
		Beklen (2009)	Tez çalışması	Beklen (2009)	Tez çalışması
1	0	38.20	38.20	65.80	65.80
	4	38.20	38.20	65.80	65.80
2	0	-38.20	-38.20	-12.90	-12.90
	4	-38.20	-38.20	-12.90	-12.90
3	0	-49.90	-49.90	-16.90	-16.90
	5	-49.90	-49.90	-16.90	-16.90

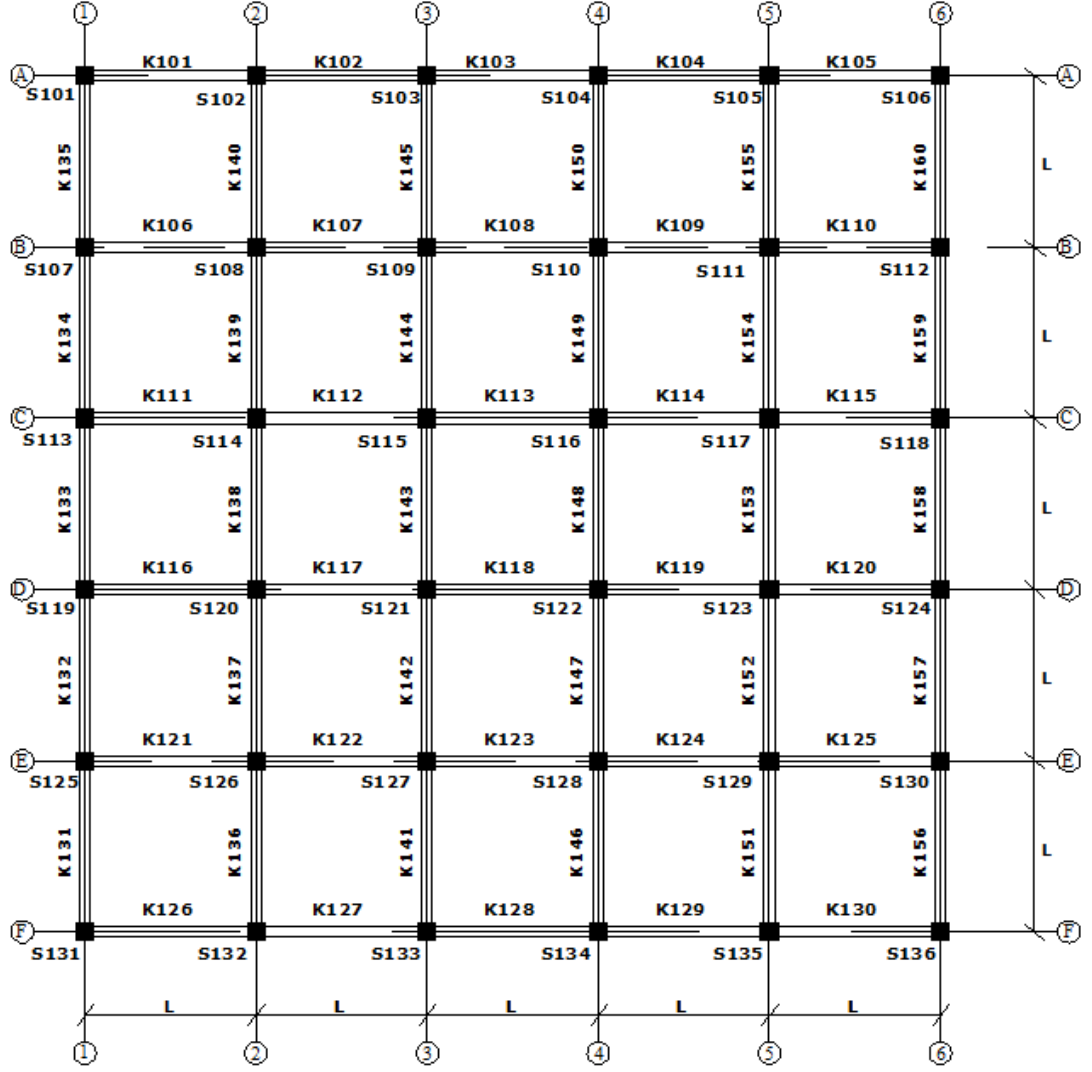
## 6. MODEL BİNALARIN TANITILMASI VE MODELLENMESİ

### 6.1. Seçilen Model Binaların Tanıtımı

Çalışma kapsamında yapılan çözümlemelerde kullanılan model binaların açıklık sayıları 3×3 ve 5×5, kat adetleri ise 3 ve 5 olarak seçilmiştir. Dolayısıyla toplamda dört farklı bina grubu oluşturulmuştur. Modellere ait kalıp planları Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de verilmiştir. Bu model binaların açıklık mesafeleri 4 m ve kat yükseklikleri 3 m olarak seçilmiştir. Her bir kat seviyesinde rijit diyafram etkisi dikkate alınmıştır.

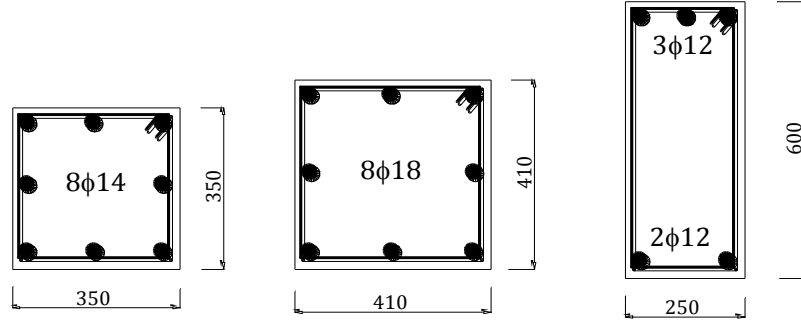


Şekil 6.1. Seçilen üç açıklıklı model binalara ait kalıp planı



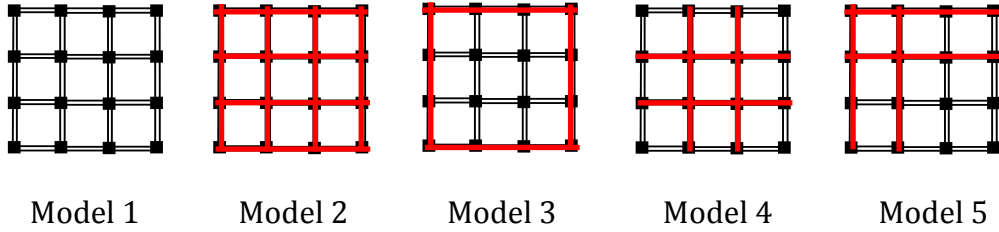
Şekil 6.2. Seçilen beş açıklıklı model binalara ait kalıp planı

Model binaların beton sınıfı C20, donatı sınıfı S420, sargı donatısı  $\emptyset 8/100$  mm olarak dikkate alınmıştır. Üç katlı bina modeline ait kolon boyutları  $350\text{mm} \times 350\text{mm}$ , beş katlı bina modeline ait kolon boyutları  $410\text{mm} \times 410\text{mm}$ , tüm bina modellerine ait kiriş boyutları ise  $250\text{mm} \times 600\text{mm}$  olarak seçilmiştir. Eleman boyutları tüm katlarda aynı olacak şekilde dikkate alınmıştır. Kolon elemanlara ait donatı oranı %1-1.2 arasında seçilmiştir. Kolon ve kiriş elemanlara ait donatı yerleşimlerinin detayları Şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.3. Kolon ve kiriş elemanlara ait kesit özellikleri ve donatı yerleşimi

Her bir bina grubuna ait modeller öncelikle dolgu duvarsız olarak dikkate alınmıştır. Daha sonra planda dört farklı dolgu duvar yerleşimi öngörülmüştür. Oluşturulan modeller yardımıyla dolgu duvar miktarı ve yerleşimi değişiminin yapısal davranış ve performans üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Farklı dolgu duvar yerleşimlerine ait görünüm 3×3 açıklık sayısına ait model binalar için Şekil 6.4'te, 5×5 açıklık sayısına ait model binalar için Şekil 6.5'te verilmiştir. Dolayısıyla bir bina grubu için beş farklı model oluşturulmuş olup, dört bina grubu için toplamda 20 adet çözümleme yapılmıştır.



Model 1

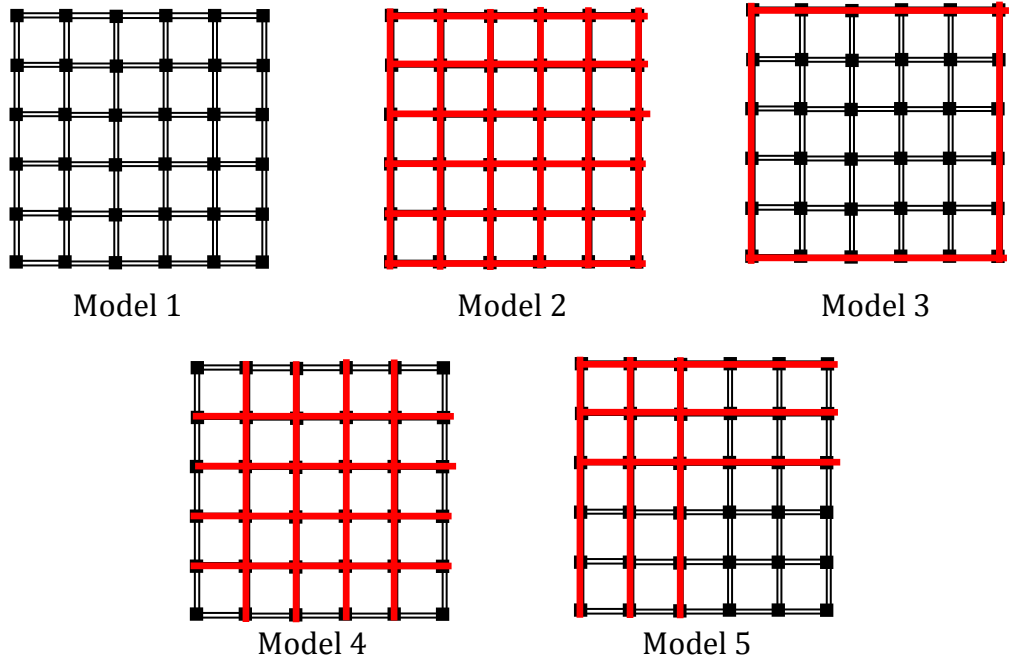
Model 2

Model 3

Model 4

Model 5

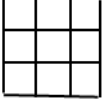

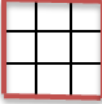
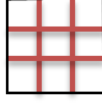

Şekil 6.4. 3×3 açıklık sayısına ait model binalar için dolgu duvar yerleşimi



Şekil 6.5. 5×5 açıklık sayısına ait model binalar için dolgu duvar yerleşimi

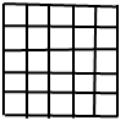
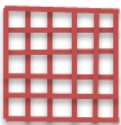
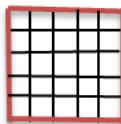
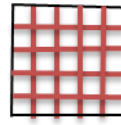
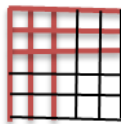
Model binalar için kat içerisindeki duvar alanının kat alanına oranı hesap edilmiştir. Hesaplanan değerler 3 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 6.1'de, 3 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 6.2'de, 5 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 6.3'te, 5 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.1. 3 katlı 3 açıklıklı modele ait  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranları

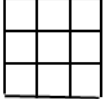

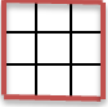
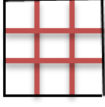

		L (m)	Kolon Boyutu (cm x cm)	$A_{kat}$ (m <sup>2</sup> )	$t_{duvar}$ (mm)	$a_{duvar}$ (mm)	$L_{duvar}$ (m)	$A_{duvar}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{duvar}/A_{kat}$
3 katlı 3 açıklıklı modeller	Model 1 	4	35×35	144	200	630	0	0	0
	Model 2 	4	35×35	144	200	630	96	19.2	0.133
	Model 3 	4	35×35	144	200	630	48	9.6	0.067
	Model 4 	4	35×35	144	200	630	48	9.6	0.067
	Model 5 	4	35×35	144	200	630	48	9.6	0.067



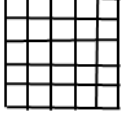
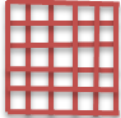
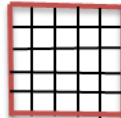
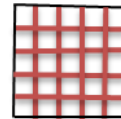
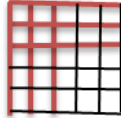
Çizelge 6.2. 3 katlı 5 açıklıklı modele ait  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranları

		L (m)	Kolon Boyutu (cm x cm)	$A_{kat}$ (m <sup>2</sup> )	$t_{duvar}$ (mm)	$a_{duvar}$ (mm)	$L_{duvar}$ (m)	$A_{duvar}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{duvar}/A_{kat}$
3 katlı 5 açıklıklı modeller	Model 1 	4	35×35	400	200	630	0	0	0
	Model 2 	4	35×35	400	200	630	240	48	0.120
	Model 3 	4	35×35	400	200	630	80	16	0.040
	Model 4 	4	35×35	400	200	630	160	32	0.080
	Model 5 	4	35×35	400	200	630	120	24	0.060

Çizelge 6.3. 5 katlı 3 açıklıklı modele ait  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranları

		L (m)	Kolon Boyutu (cm x cm)	$A_{kat}$ (m <sup>2</sup> )	$t_{duvar}$ (mm)	$a_{duvar}$ (mm)	$L_{duvar}$ (m)	$A_{duvar}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{duvar}/A_{kat}$
5 katlı 3 açıklıklı modeller	Model 1 	4	41×41	144	200	580	0	0	0
	Model 2 	4	41×41	144	200	580	96	19.2	0.133
	Model 3 	4	41×41	144	200	580	48	9.6	0.067
	Model 4 	4	41×41	144	200	580	48	9.6	0.067
	Model 5 	4	41×41	144	200	580	48	9.6	0.067

Çizelge 6.4. 5 katlı 5 açıklıklı modele ait  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranları

		L (m)	Kolon Boyutu (cm x cm)	$A_{kat}$ (m <sup>2</sup> )	$t_{duvar}$ (mm)	$a_{duvar}$ (mm)	$L_{duvar}$ (m)	$A_{duvar}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{duvar}/A_{kat}$
5 katlı 5 açıklıklı modeller	Model 1 	4	41×41	400	200	580	0	0	0
	Model 2 	4	41×41	400	200	580	240	48	0.120
	Model 3 	4	41×41	400	200	580	80	16	0.040
	Model 4 	4	41×41	400	200	580	160	32	0.080
	Model 5 	4	41×41	400	200	580	120	24	0.060

Üç açıklıklı bina incelendiğinde Model 3, Model 4 ve Model 5'e ait duvar miktarlarının aynı olduğu, fakat plandaki duvar yerleşimlerinin farklı olduğu görülebilir. Model 3 ve Model 4'te verilen dolgu duvar yerleşimleri simetrik olmasına rağmen, Model 5'te simetrik değildir. Beş açıklıklı binada ise tüm modellerde dolgu duvarın planda yerleşimi ve miktarı değiştirilmiştir. Dolayısıyla seçilen model binalardan elde edilen sonuçlar ile hem dolgu duvar yerleşiminin hem de dolgu duvar miktarının davranışa ve incelenen parametrelere etkisi yorumlanabilmektedir.

## **6.2. Performans Analizi Özelliklerinin Tanımlanması**

DBYBHY 2007'ye göre, konut türü binaların 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi için Can Güvenliği (CG) hedef performans seviyesini sağlaması gerekir. Çalışma kapsamında konut türü binalar incelendiği için hedef performans seviyesi "Can Güvenliği" olarak seçilmiştir.

Oluşturulan 20 adet model binanın doğrusal elastik olmayan yöntem kullanılarak performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Çözümlenelerde binaların bilgi düzeyi kapsamlı olarak dikkate alınmıştır. Sistem, öncelikle kütlelerle uyumlu düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analiz ile çözümlenmiştir. Bu analizin sonuçları, yatay yük ile uygulanan artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır.

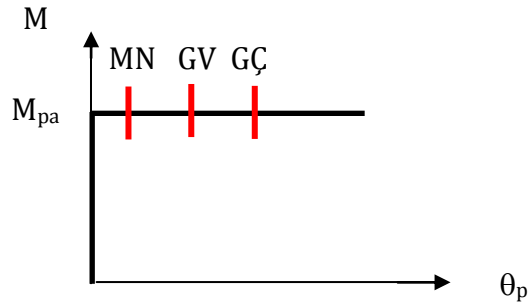
Doğrusal elastik olmayan çözümlenmenin yapılabilmesi için öncelikle binanın taşıyıcı sistem elemanlarında plastik mafsalları tanımlamalarının yapılması gerekir. Çalışma kapsamında kullanılan plastik mafsalları özellikleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

### **6.2.1. Kolon ve kiriş elemanlardaki plastik mafsalları özelliklerinin tanımlanması**

BESAM yazılımı ile kolon ve kiriş elemanlara ait kesit ve malzeme özellikleri, donatı çapı ve düzeni tanımlandıktan sonra program çalıştırılarak, SAP 2000 programında açılmak üzere mafsalların tanımlandığı s2k uzantılı bir dosya hazırlanmıştır. Bunun için program tarafından hesaplanan moment eğrilik ilişkilerinden yararlanılarak moment-dönme ilişkileri elde edilmiştir. Yapılan çözümlenelerde kiriş elemanlara  $M_3$ , kolon elemanlara ise  $PM_2M_3$  mafsalları atanmıştır.

Kesite ait plastik mafsalların tanımlanmasında, kesitin moment-dönme ilişkisinden yararlanılmıştır. Moment-dönme ilişkisi, moment-eğrilik ilişkisinden yararlanılarak elde edilmiştir. Bunun için, 2007 DBYBHY' de önerilen

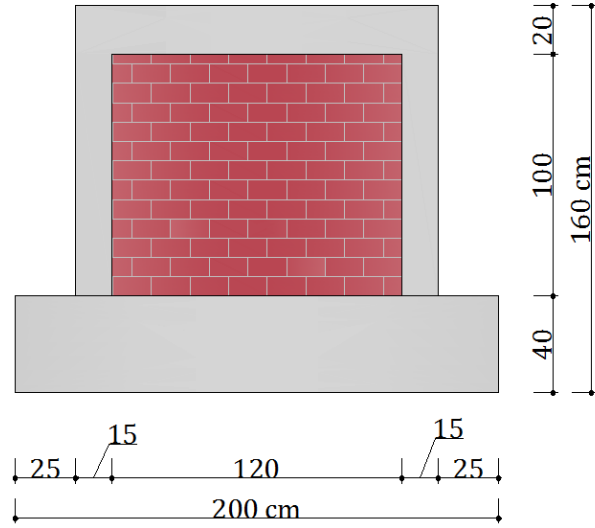
yıgılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Yapılan çözümlerinde Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü şekilde plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesi'nin uzunluğu ( $L_p$ ), çalışan doğrultudaki kesit boyutu ( $h$ )'nin yarısına eşit alınmıştır ( $L_p = 0.5 h$ ). Bunun yanında BESAM programında kesit hasar sınırları, 2007 DBYBHY' de verildiği şekliyle dikkate alınmıştır. Programda, şekil değiştirme sınırlarına karşılık gelen moment-dönme değerleri belirlenerek, elemanların hasar sınırları plastik mafsal üzerinde tanımlanmıştır (Şekil 6.6).



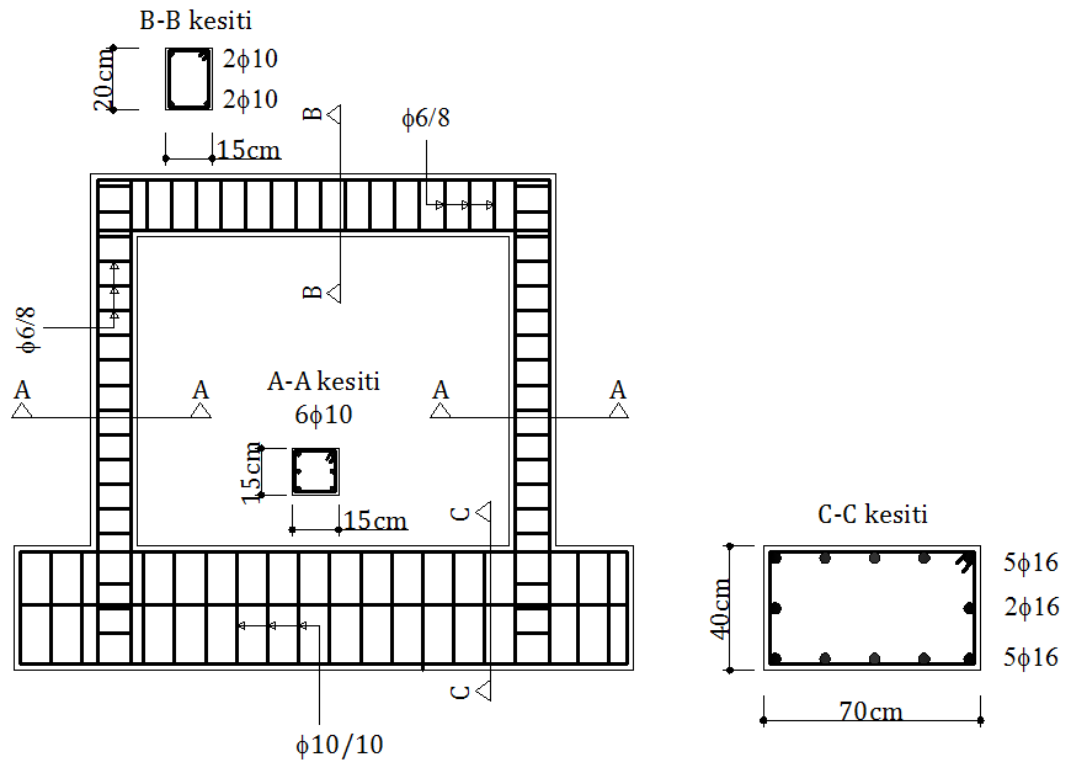
Şekil 6.6. Kesite ait moment-dönme ilişkisi üzerinde sınır değerlerin tanımlanması

### 6.2.2. Dolgu duvarda aksenal yük mafsal özelliklerinin tanımlanması

Dolgu duvara atanacak aksenal yük mafsal özelliklerinin belirlenebilmesi için literatürde bulunan ve yazarında çalışmalarına katıldığı tek katlı ve tek açıklıklı betonarme çerçeve deney sonuçlarından yararlanılmıştır. Bu deneyler Koca vd. (2013) tarafından Tübitak 2209 projesi kapsamında Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında yapılmıştır. 1/3 ölçekli olarak üretilen betonarme çerçeveler hem dolgu duvarsız hem de tam dolu dolgu duvarlı olarak oluşturulmuş ve itme-çekme olarak yatay yük altında deneyleri yapılmıştır. Deneyler sırasında üretilen numunelerin boyut ve kesit özelliklerine ait görünüm Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de verilmiştir.



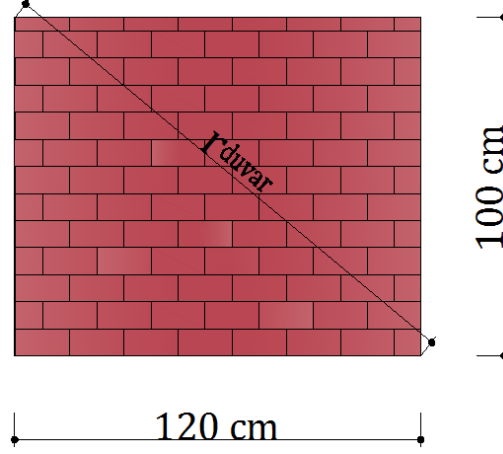
Şekil 6.7. Tek katlı ve tek açıklıklı dolgu duvarlı çerçeve modeli (Koca vd., 2013)



Şekil 6.8. Üretilen numuneye ait donatı şeması (Koca vd., 2013)

Deney çerçevesi modeli SAP 2000 çözümleme programı yardımıyla modellenmiştir. Çerçeve modelinde kolon elemanlara  $PM_2M_3$ , kiriş elemana ise  $M_3$  mafsali atanmıştır. Bu mafsali özellikleri BESAM programı yardımıyla elde edilmiştir. Dolgu duvar ise basınç çubuğu olarak modellenmiş ve üzerine P

eksenel yük mafsalı atanmıştır. Dolgu duvar mafsalına ait özellikler ile ilgili yapılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Hesaplamalarda dikkate alınan duvar modeli Şekil 6.9'da görülmektedir.



Şekil 6.9. Dolgu duvar basınç çubuğunun diyagonal uzunluğu

$$\tan \Theta = 110/135$$

$$\Theta = 40^\circ$$

$$E_c = 28500 \text{ Mpa}$$

$$E_{\text{duvar}} = 1000 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{duvar}} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$t_{\text{duvar}} = 120 \text{ mm}$$

$$h_{\text{duvar}} = 1000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{duvar}} = \left[ \frac{E_{\text{duvar}} t_{\text{duvar}} \sin 2\theta}{4 E_c I_k h_{\text{duvar}}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (6.1)$$

$$\lambda_{\text{duvar}} = \left[ \frac{1000 \times 120 \times \sin 80}{4 \times 28500 \times \frac{150^4}{12} \times 1000} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$\lambda_{\text{duvar}} = 0.002230881$$

$$a_{\text{duvar}} = 0.175 (\lambda_{\text{duvar}} h_k)^{-0.4} r_{\text{duvar}} \quad (6.2)$$

$$a_{\text{duvar}} = 0.175 (0.002230881 \times 1100)^{-0.4} 1560$$

$$a_{\text{duvar}} = 190 \text{ mm}$$

### **Duvar modelinde kullanılacak diyagonalin boyutları:**

$$t_{\text{duvar}} = 120 \text{ mm}$$

$a_{\text{duvar}} = 190 \text{ mm}$  olarak bulunmuştur.

### **Elastik aksenal yük taşıma kapasitesi:**

$$N = f_{\text{duvar}} \times A \quad (6.3)$$

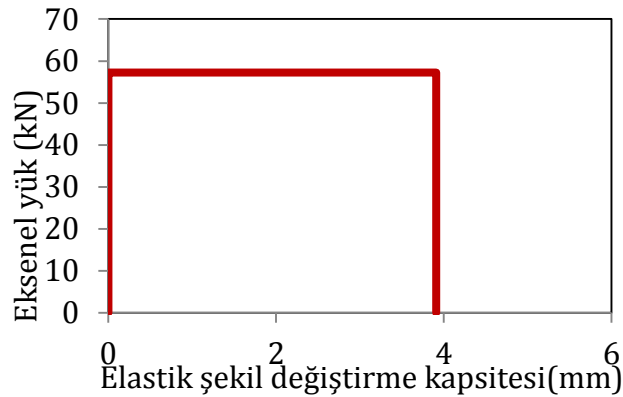
$$N = 2.5 \times (120 \times 190)$$

$$N = 57.27 \text{ kN}$$

### **Eksenel kısalma hesabı:**

$$\Delta = \left( \frac{N \times L}{E \times A} \right) = \left( \frac{57.27 \times 1560}{1000 \times (120 \times 190)} \right) = 3.91 \text{ mm} \quad (6.4)$$

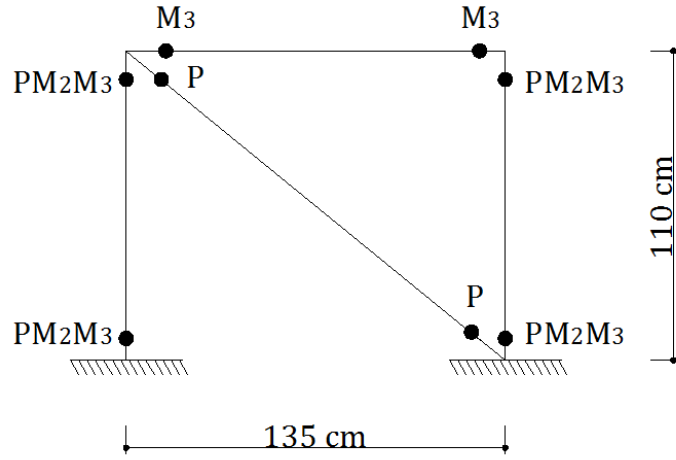
Deney çerçevesi içerisindeki dolgu duvara ait elde edilen aksenal yük mafsalı özellikleri SAP 2000 programında Şekil 6.10'da verildiği şekilde tanımlanmıştır.



Şekil 6.10. Deney çerçevesinde tanımlanan dolgu duvar aksenal yük mafsalının özellikleri

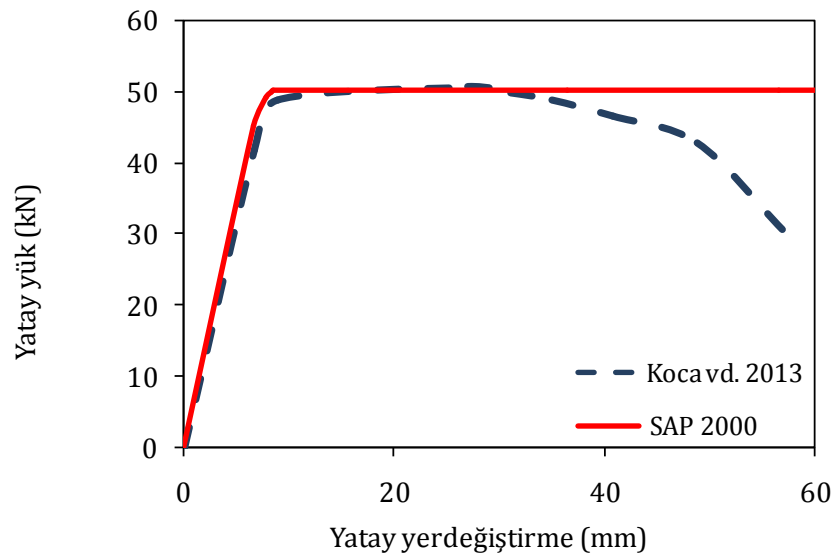


SAP 2000 programında mafsalları tanımlanarak atanan deney çerçevesine ait bir görünüm Şekil 6.11’de verilmiştir.

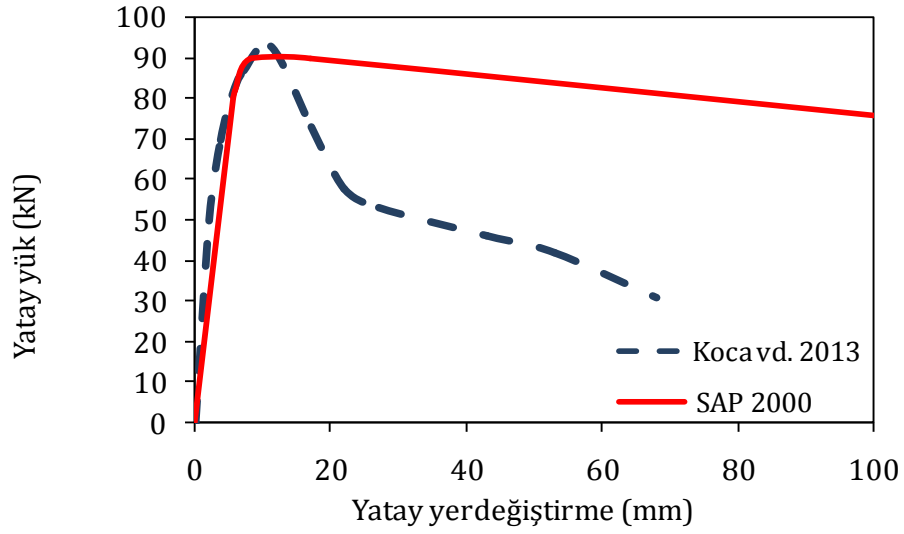


Şekil 6.11. Deney çerçevesinin SAP 2000 modeli

SAP 2000 programında dolgu duvarlı ve tam dolu dolgu duvarlı olarak modellenen deney çerçevelerinin nonlinear statik analizleri yapılmıştır. Çözümlenmelerden elde edilen kapasite eğrileri, deney sonuçlarından elde edilen zarf eğrileri ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar dolgu duvarlı çerçeve için Şekil 6.12’de, dolgu duvarlı çerçeve için Şekil 6.13’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 6.12. Dolgu duvarlı çerçeve için elde edilen kapasite eğrilerinin kıyaslanması



Şekil 6.13. Tam dolu dolgu duvarlı çerçeve için elde edilen kapasite eğrilerinin kıyaslanması

Elde edilen sonuçların incelenmesinden ve SAP 2000 programı ile elde edilen kapasite eğrilerinin deney sonuçları ile oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Dolayısıyla deney çerçevesinde seçilen dolgu duvar özellikleri ve takip edilen hesap adımları çalışma kapsamında oluşturulan model binalarda aynen uygulanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6'da verilmiştir.

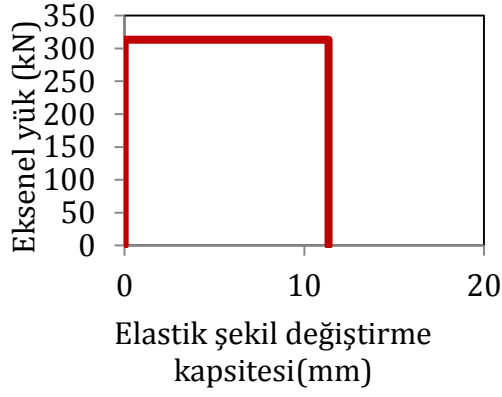
Çizelge 6.5. Model binalarda kullanılan dolgu duvar özellikleri

Kat adedi	Kolon boyutu (cm)	Kiriş boyutu (cm)	H (mm)	L (mm)	H <sub>dolgu</sub> (mm)	L <sub>dolgu</sub> (mm)	R <sub>dolgu</sub> (mm)
3	35/35	25/60	3000	4000	2700	3650	4540
5	41/41	25/60	3000	4000	2700	3590	4492

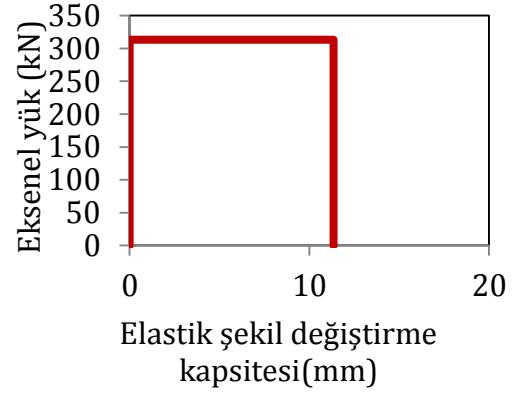
Çizelge 6.6. Model binalarda kullanılan dolgu duvarın mafsallık özellikleri

Kat adedi	t <sub>duvar</sub> (mm)	a <sub>duvar</sub> (mm)	Eksenel yük kapasitesi (kN)	Elastik şekil değiştirme kapasitesi (mm)
3	200	630	313.51	11.35
5	200	580	288.55	11.23

Çalışma kapsamında seçilen model binalarda kullanılan dolgu duvar eksenel yük mafsalı özellikleri SAP 2000 programında Şekil 6.14' de verilen şekilde tanımlanmıştır.



(a) 3 katlı bina



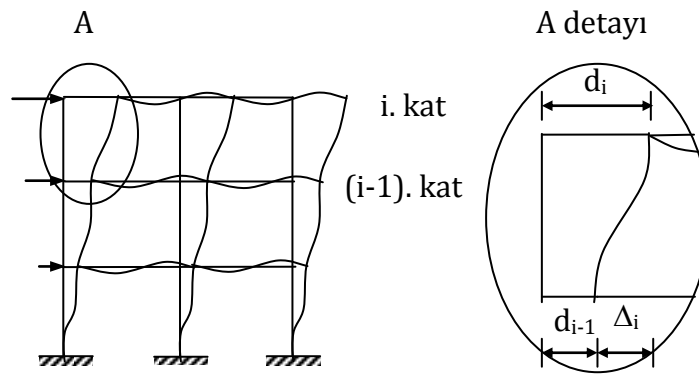
(b) 5 katlı bina

Şekil 6.14. Model binalarda tanımlanan dolgu duvar eksenel yük mafsalının özellikleri

## 7. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 7.1. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Depreme maruz betonarme binaların ne kadar öteleme yaptığı, binanın deprem güvenliği açısından, son derece önemli bir parametredir. Bu yüzden, DBYBHY 2007'de depreme maruz binanın ötelemesi üzerine kısıtlamalar getirilmektedir. Birbirine komşu olan iki katın yatay yer değiştirmelerinin farkına görelî (rölatif) kat ötelemesi denilir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Çerçeveli yapıda oluşan görelî kat ötelemesi

DBYBHY 2007'de görelî kat ötelemesi için aşağıdaki kontrollerin yapılması öngörülmektedir. Azaltılmış görelî kat ötelemesi ( $\Delta_i$ ) Denklem (7.1)'de verildiği gibi hesaplanır. Burada  $d_i$  ve  $d_{i-1}$ , her bir deprem doğrultusu için binanın i. ve (i-1). katlarında hesaplanan yatay yer değiştirmeyi göstermektedir. Her bir deprem doğrultusu için etkin görelî kat ötelemesi ( $\delta_i$ ) Denklem (7.2)'de verildiği gibi hesaplanabilir. Buradaki R ise deprem kuvveti azaltma katsayısını simgelemektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (7.1)$$

$$\delta_i = R \times \Delta_i \quad (7.2)$$

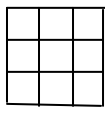

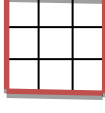
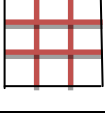
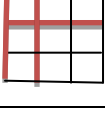
DBYBHY 2007'de i. kat içerisindeki  $\delta_i$  etkin görelî kat ötelemesi değerlerinin kat içerisindeki en büyük değerine  $(\delta_i)_{\max}$  Denklem (7.3) ile verilen sınırlama getirilmiştir. Burada  $h_i$ , i. katın kat yüksekliğini göstermektedir.

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02$$

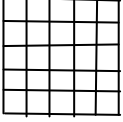
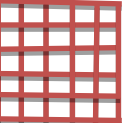
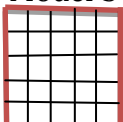
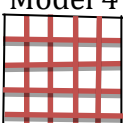
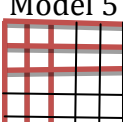
$$(7.3)$$

Dolgu duvar miktar ve yerleşiminin bu sınırlama üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar 3 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.1 ve Şekil 7.2'de, 3 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.2 ve Şekil 7.3'te, 5 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.3 ve Şekil 7.4'te, 5 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.4 ve Şekil 7.5'te verilmiştir.

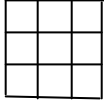

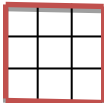
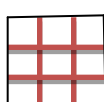
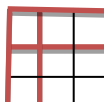
Çizelge 7.1. 3 katlı 3 açıklıklı model binanın öteleme sınır değerleri

Bina Türü	Kat	$d_i$ (m)	$\Delta_i$ (m)	$\delta_i = \Delta_i \times R$ (m)	$h_i$ (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$	
3 katlı 3 açıklıklı model binalar	Model 1 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.018	3	0.006
		2	0.004	0.002	0.017	3	0.006
		3	0.005	0.001	0.008	3	0.003
	Model 2 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.001	0.001	0.010	3	0.003
		2	0.002	0.001	0.009	3	0.003
		3	0.003	0.001	0.004	3	0.001
	Model 3 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.013	3	0.004
		2	0.003	0.001	0.012	3	0.004
		3	0.004	0.001	0.006	3	0.002
	Model 4 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.013	3	0.004
		2	0.003	0.001	0.012	3	0.004
3		0.004	0.001	0.006	3	0.002	
Model 5 	0	0.000	-	0.000	-	0.000	
	1	0.001	0.001	0.011	3	0.004	
	2	0.003	0.001	0.010	3	0.003	
	3	0.003	0.001	0.005	3	0.002	

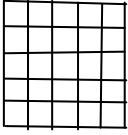
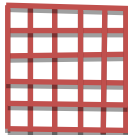
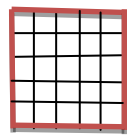
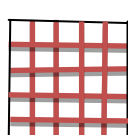
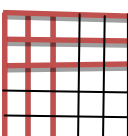
Çizelge 7.2. 3 katlı 5 açıklıklı model binanın öteleme sınır değerleri

		Bina Türü	Kat	$d_i$ (m)	$\Delta_i$ (m)	$\delta_i = \Delta_i \times R$ (m)	$h_i$ (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$
3 katlı 5 açıklıklı model binalar	<b>Model 1</b> 	0	0.000	-	0.000	-	0.000	
		1	0.003	0.003	0.020	3	0.007	
		2	0.005	0.002	0.019	3	0.006	
		3	0.006	0.001	0.009	3	0.003	
	<b>Model 2</b> 	0	0.000	-	0.000	-	0.000	
		1	0.001	0.001	0.011	3	0.004	
		2	0.003	0.001	0.009	3	0.003	
		3	0.003	0.001	0.005	3	0.002	
	<b>Model 3</b> 	0	0.000	-	0.000	-	0.000	
		1	0.002	0.002	0.016	3	0.005	
		2	0.004	0.002	0.014	3	0.005	
		3	0.005	0.001	0.007	3	0.002	
	<b>Model 4</b> 	0	0.000	-	0.000	-	0.000	
		1	0.002	0.002	0.013	3	0.004	
		2	0.003	0.001	0.011	3	0.004	
		3	0.004	0.001	0.006	3	0.002	
	<b>Model 5</b> 	0	0.000	-	0.000	-	0.000	
		1	0.001	0.001	0.012	3	0.004	
		2	0.003	0.001	0.010	3	0.003	
		3	0.003	0.001	0.005	3	0.002	

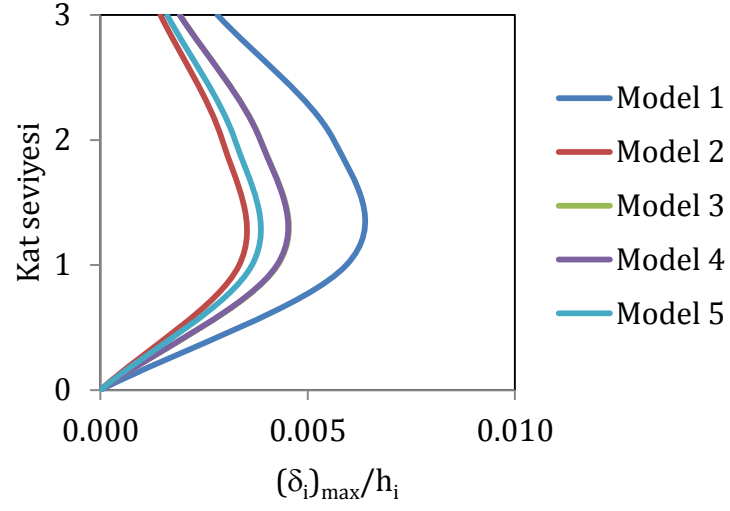
Çizelge 7.3. 5 katlı 3 açıklıklı model binanın öteleme sınır değerleri

Bina Türü	Kat	$d_i$ (m)	$\Delta_i$ (m)	$\delta_i = \Delta_i \times R$ (m)	$h_i$ (m)	$(\delta_i)_{max}/h_i$	
5 katlı 3 açıklıklı model binalar	Model 1 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.020	3	0.001
		2	0.006	0.003	0.024	3	0.001
		3	0.008	0.003	0.021	3	0.001
		4	0.010	0.002	0.015	3	0.001
		5	0.011	0.001	0.008	3	0.000
	Model 2 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.013	3	0.001
		2	0.004	0.002	0.015	3	0.001
		3	0.005	0.002	0.013	3	0.001
		4	0.006	0.001	0.009	3	0.000
		5	0.007	0.001	0.005	3	0.000
	Model 3 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.016	3	0.001
		2	0.004	0.002	0.019	3	0.001
		3	0.006	0.002	0.016	3	0.001
		4	0.008	0.001	0.011	3	0.000
		5	0.009	0.001	0.006	3	0.000
	Model 4 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.016	3	0.001
		2	0.004	0.002	0.019	3	0.001
		3	0.006	0.002	0.016	3	0.001
		4	0.008	0.001	0.011	3	0.000
		5	0.008	0.001	0.006	3	0.000
	Model 5 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
1		0.002	0.002	0.014	3	0.001	
2		0.004	0.002	0.017	3	0.001	
3		0.006	0.002	0.014	3	0.001	
4		0.007	0.001	0.010	3	0.000	
5		0.008	0.001	0.005	3	0.000	

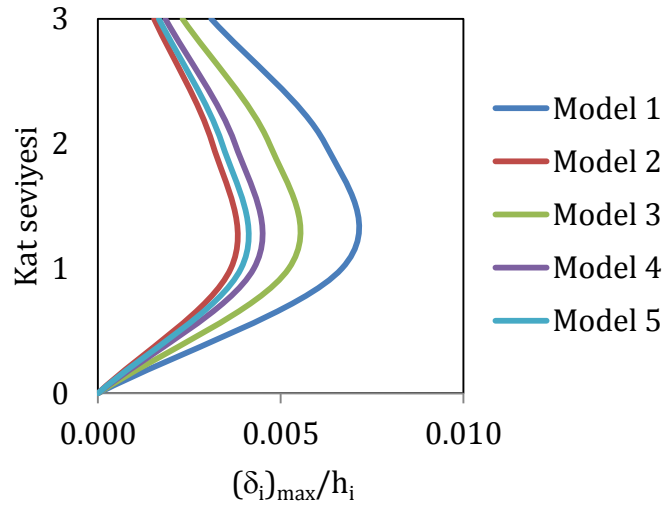
Çizelge 7.4. 5 katlı 5 açıklıklı model binanın öteleme sınır değerleri

Bina Türü	Kat	$d_i$ (m)	$\Delta_i$ (m)	$\delta_i = \Delta_i \times R$ (m)	$h_i$ (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$	
5 katlı 5 açıklıklı model binalar	Model 1 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.003	0.003	0.022	3	0.007
		2	0.006	0.003	0.026	3	0.009
		3	0.009	0.003	0.022	3	0.007
		4	0.011	0.002	0.015	3	0.005
		5	0.012	0.001	0.008	3	0.003
	Model 2 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.001	0.001	0.010	3	0.003
		2	0.003	0.001	0.010	3	0.003
		3	0.004	0.001	0.009	3	0.003
		4	0.004	0.001	0.006	3	0.002
		5	0.005	0.000	0.003	3	0.001
	Model 3 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.019	3	0.006
		2	0.005	0.003	0.022	3	0.007
		3	0.007	0.002	0.018	3	0.006
		4	0.009	0.002	0.013	3	0.004
		5	0.010	0.001	0.006	3	0.002
	Model 4 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
		1	0.002	0.002	0.016	3	0.005
		2	0.004	0.002	0.018	3	0.006
		3	0.006	0.002	0.015	3	0.005
		4	0.008	0.001	0.011	3	0.004
		5	0.008	0.001	0.005	3	0.002
	Model 5 	0	0.000	-	0.000	-	0.000
1		0.002	0.002	0.015	3	0.005	
2		0.004	0.002	0.017	3	0.006	
3		0.006	0.002	0.014	3	0.005	
4		0.007	0.001	0.010	3	0.003	
5		0.008	0.001	0.005	3	0.002	

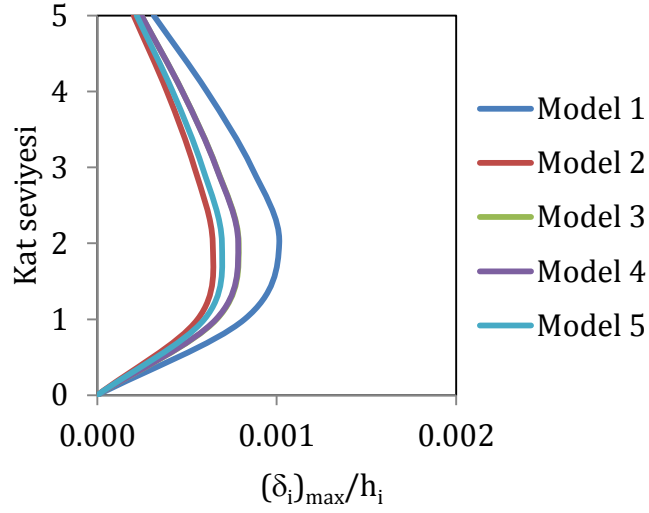




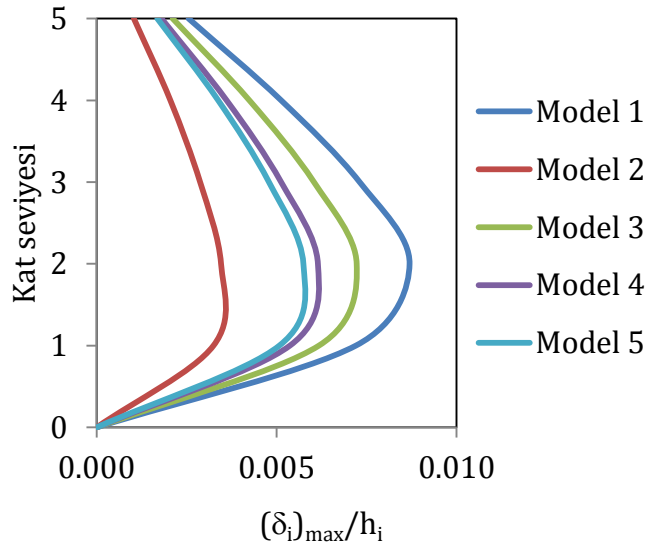
Şekil 7.2. 3 katlı 3 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları



Şekil 7.3. 3 katlı 5 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları



Şekil 7.4. 5 katlı 3 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları



Şekil 7.5. 5 katlı 5 açıklıklı model binaların öteleme sınırlamaları

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde dolgu duvar miktarının ve yerleşiminin kat ötelemelerini önemli derecede etkilediği görülmüştür. Göreli kat ötelemeleri genellikle en büyük birinci katta ortaya çıkmaktadır. Ancak kat adedi ve açıklık sayısının artmasıyla en büyük göreli kat ötelemeleri ikinci katta da ortaya çıkabilmektedir. Dolgu duvarın dikkate alınmasıyla göreli kat öteleme sınırlamaları yaklaşık üç kat azaltılabilmektedir.

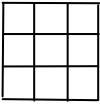

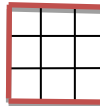
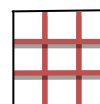
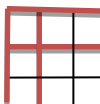
Üç açıklıklı binadaki Model 3, Model 4 ve Model 5 incelendiğinde dolgu duvar miktarlarının aynı olduğu, fakat plandaki duvar yerleşimlerinin farklı olduğu görülebilir. Model 3 ve Model 4'te verilen dolgu duvar yerleşimleri simetrik olmasına rağmen, Model 5'te simetrik değildir. Görelî kat ötelemeleri açısından dolgu duvar yerleşimi simetrik olan Model 3 ve Model 4'te aynı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak dolgu duvar yerleşimi simetrik olmayan Model 5'te diğerleriyle aynı miktarda dolgu duvar bulunmasına rağmen dolgu duvarların görelî kat ötelemelerine etkisi fazla gözlenememiştir. Elde edilen sonuçlardan dolgu duvarsız binanın sonuçları (Model 1) ile dolgu duvar yerleşimi simetrik olmayan (Model 5) binanın sonuçlarının oldukça yakın olduğu ortaya çıkmıştır.

Beş açıklıklı model binalarda ise dolgu duvarlı modellerin tamamında farklı miktarda ve farklı yerleşimde dolgu duvar mevcuttur. Model 2, Model 3 ve Model 4'te dolgu duvarın plandaki yerleşimi simetrik iken Model 5'te simetrik değildir. Elde edilen sonuçlarda dolgu duvar miktarı arttıkça görelî kat ötelemelerinin azaldığı dikkati çekmektedir.

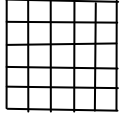
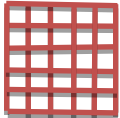
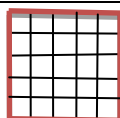
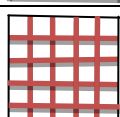

## **7.2. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirmede Kullanılacak Yöntemin Belirlenmesi**

Tez çalışması kapsamında yapılan çözümlenmelerde doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemleri arasından "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi" yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için hesaplanması gereken burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle model binalar için her kat seviyesinde en küçük ve en büyük görelî kat ötelemesi değerleri elde edilerek burulma düzensizliği katsayıları hesap edilmiştir. Elde edilen sonuçlar 3 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.5'de, 3 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.6'da, 5 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.7'de, 5 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.8'de verilmiştir.

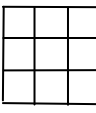


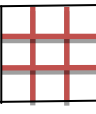

Çizelge 7.5. 3 katlı 3 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizliği katsayısı

	Model numarası	Model planı	Kat seviyesi	$(\Delta_i)_{\min}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\max}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (mm)	$\eta_{bi}$
3 katlı 3 açıklıklı model binalar	Model 1		3	1.2	1.2	1.2	1.00
			2	2.3	2.3	2.3	1.00
			1	2.5	2.5	2.5	1.00
	Model 2		3	0.6	0.6	0.6	1.00
			2	1.2	1.2	1.2	1.00
			1	1.4	1.4	1.4	1.00
	Model 3		3	0.9	0.9	0.9	1.00
			2	1.8	1.8	1.8	1.00
			1	2.0	2.0	2.0	1.00
	Model 4		3	0.7	0.7	0.7	1.00
			2	1.4	1.4	1.4	1.00
			1	1.6	1.6	1.6	1.00
	Model 5		3	0.6	1.0	0.8	1.22
			2	1.3	2.0	1.6	1.22
			1	1.5	2.2	1.8	1.20

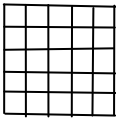
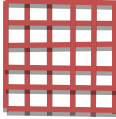
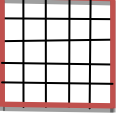
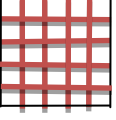
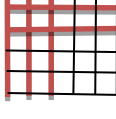
Çizelge 7.6. 3 katlı 5 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizliği katsayısı

	Model numarası	Model planı	Kat seviyesi	$(\Delta_i)_{\min}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\max}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (mm)	$\eta_{bi}$
3 katlı 5 açıklıklı model binalar	Model 1		3	1.2	1.2	1.2	1.00
			2	2.3	2.3	2.3	1.00
			1	2.5	2.5	2.5	1.00
	Model 2		3	0.6	0.6	0.6	1.00
			2	1.2	1.2	1.2	1.00
			1	1.4	1.4	1.4	1.00
	Model 3		3	0.9	0.9	0.9	1.00
			2	1.8	1.8	1.8	1.00
			1	2.0	2.0	2.0	1.00
	Model 4		3	0.7	0.7	0.7	1.00
			2	1.4	1.4	1.4	1.00
			1	1.6	1.6	1.6	1.00
	Model 5		3	0.6	1.0	0.8	1.22
			2	1.3	2.0	1.6	1.22
			1	1.5	2.2	1.8	1.20

Çizelge 7.7. 5 katlı 3 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizliği katsayısı

	Model numarası	Model planı	Kat seviyesi	$(\Delta_i)_{\min}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\max}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (mm)	$\eta_{bi}$
5 katlı 3 açıklıklı model binalar	Model 1		5	1.0	1.0	1.0	1.00
			4	1.8	1.8	1.8	1.00
			3	2.6	2.6	2.6	1.00
			2	3.0	3.0	3.0	1.00
			1	2.5	2.5	2.5	1.00
	Model 2		5	0.6	0.6	0.6	1.00
			4	1.2	1.2	1.2	1.00
			3	1.6	1.6	1.6	1.00
			2	1.9	1.9	1.9	1.00
			1	1.7	1.7	1.7	1.00
	Model 3		5	0.7	0.7	0.7	1.00
			4	1.4	1.4	1.4	1.00
			3	2.0	2.0	2.0	1.00
			2	2.4	2.4	2.4	1.00
			1	2.0	2.0	2.0	1.00
	Model 4		5	0.7	0.7	0.7	1.00
			4	1.4	1.4	1.4	1.00
			3	2.0	2.0	2.0	1.00
			2	2.4	2.4	2.4	1.00
			1	2.0	2.0	2.0	1.00
Model 5		5	0.7	0.9	0.8	1.13	
		4	1.3	1.6	1.5	1.13	
		3	1.8	2.3	2.0	1.14	
		2	2.1	2.7	2.4	1.13	
		1	1.8	2.2	2.0	1.11	

Çizelge 7.8. 5 katlı 5 açıklıklı model binalar için elde edilen burulma düzensizliği katsayısı

	Model numarası	Model planı	Kat seviyesi	$(\Delta_i)_{\min}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\max}$ (mm)	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ (mm)	$\eta_{bi}$
5 katlı 5 açıklıklı model binalar	Model 1		5	1.0	1.0	1.0	1.00
			4	1.9	1.9	1.9	1.00
			3	2.7	2.7	2.7	1.00
			2	3.3	3.3	3.3	1.00
			1	2.7	2.7	2.7	1.00
	Model 2		5	0.4	0.4	0.4	1.00
			4	0.8	0.8	0.8	1.00
			3	1.1	1.1	1.1	1.00
			2	1.3	1.3	1.3	1.00
			1	1.2	1.2	1.2	1.00
	Model 3		5	0.8	0.8	0.8	1.00
			4	1.6	1.6	1.6	1.00
			3	2.3	2.3	2.3	1.00
			2	2.7	2.7	2.7	1.00
			1	2.3	2.3	2.3	1.00
	Model 4		5	0.7	0.7	0.7	1.00
			4	1.4	1.4	1.4	1.00
			3	1.9	1.9	1.9	1.00
			2	2.3	2.3	2.3	1.00
			1	2.0	2.0	2.0	1.00
Model 5		5	0.6	0.9	0.7	1.15	
		4	1.3	1.7	1.5	1.15	
		3	1.8	2.5	2.1	1.16	
		2	2.2	2.9	2.5	1.15	
		1	1.9	2.5	2.2	1.13	

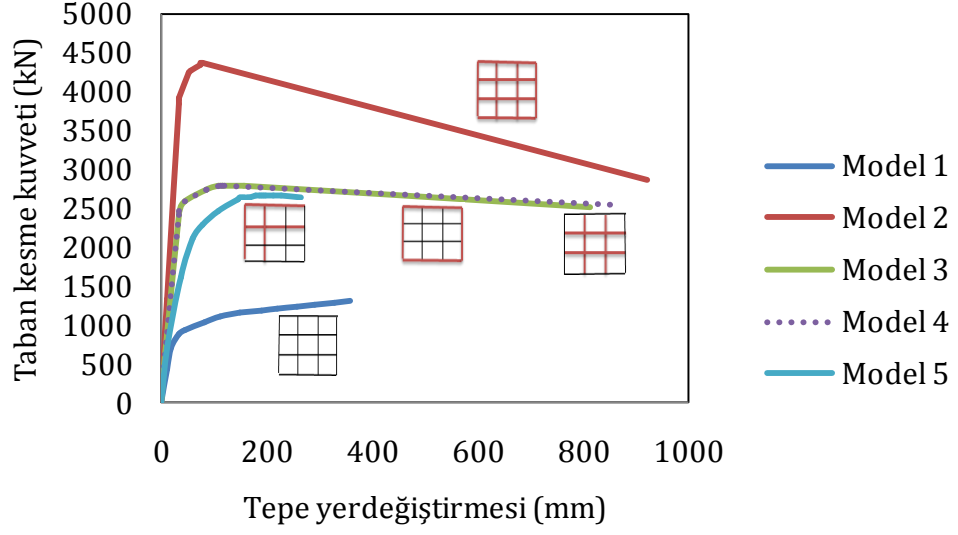
Elde edilen sonuçlar incelendiğinde burulma düzensizliği katsayısı açısından tüm modellerin “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi” yöntemi ile çözümlenmesinin uygun olduğu görülmektedir. Ancak elde edilen sonuçlar dolgu duvar yerleşimlerinin etkisini değerlendirmek amacıyla incelenirse, taşıyıcı sistemi ve dolgu duvar yerleşimi simetrik olan Model 2, Model 3 ve Model 4 için burulma düzensizliği katsayısının bire eşit veya bire çok yakın olduğu görülür. Taşıyıcı sistemi düzenli olduğu halde dolgu duvar yerleşimi düzensiz ve simetrik olmayan Model 5’te ise burulma düzensizliği

katsayısı her ne kadar yönetmelikte verilen sınır değeri aşmasa da yaklaşık olarak 1.2 civarında elde edilmiştir. Bu durum ise taşıyıcı sistemi düzenli olan binalarda dolgu duvar yerleşiminin simetrik olmamasından kaynaklanan düzensizliklerin ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bu nedenle yapılacak çözümlerinde taşıyıcı sistemin yanında dolgu duvarlarında etkisi dikkate alınarak gerekli tahkik ve kontrollerin yapılması daha uygun olacaktır.

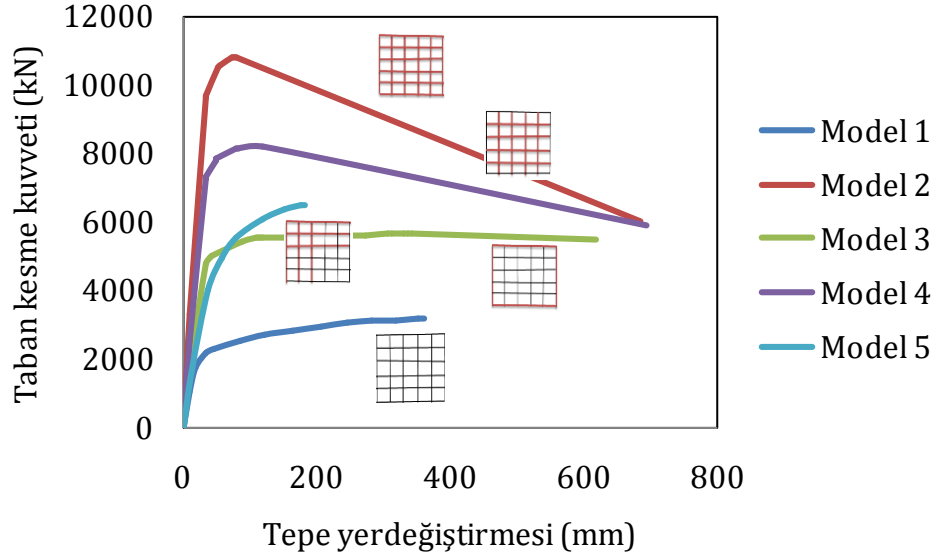
### **7.3. Bina Performans Değerlendirmesi**

Çalışma kapsamında seçilen model binaların performans değerlendirilmesi "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi" yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle BESAM programı yardımıyla kesitlerin plastik mafsallık özellikleri tanımlanmıştır. Daha sonra SAP 2000 programı yardımıyla binanın, ilk olarak kütlelerle uyumlu düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analizi yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, yatay yük ile uygulanan artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda model binalara ait elde edilen kapasite eğrileri 3 katlı 3 açıklıklı model binalar için Şekil 7.6'da, 3 katlı 5 açıklıklı model binalar için Şekil 7.7'de, 5 katlı 3 açıklıklı model binalar için Şekil 7.8'de, 5 katlı 5 açıklıklı model binalar için Şekil 7.9'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

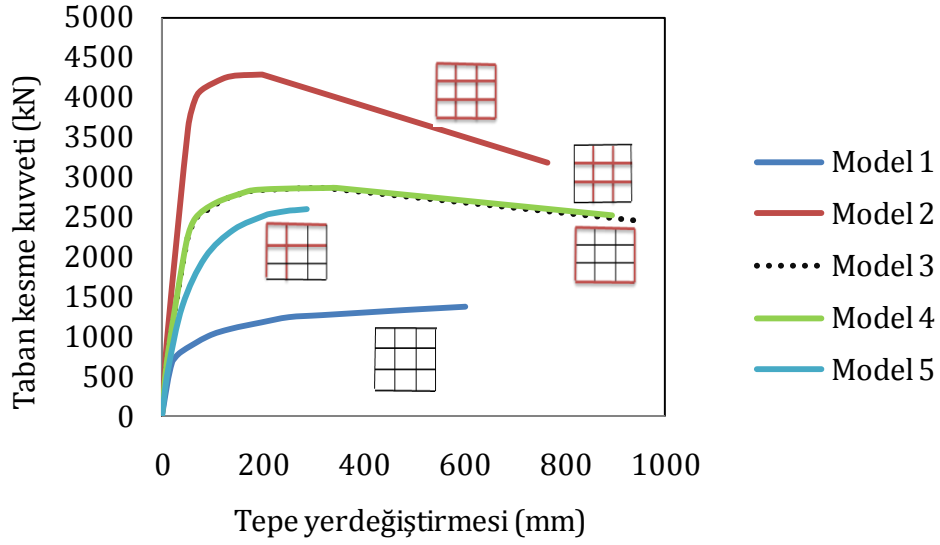




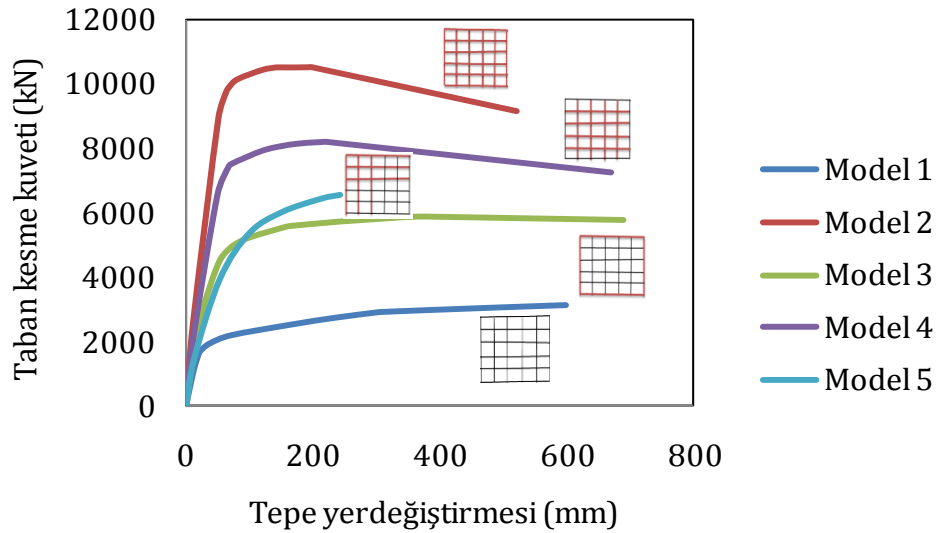
Şekil 7.6. 3 katlı 3 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması



Şekil 7.7. 3 katlı 5 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması



Şekil 7.8. 5 katlı 3 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması








Şekil 7.9. 5 katlı 5 açıklıklı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması

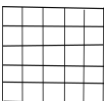

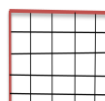
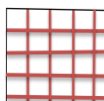
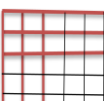
Şekil 7.6 ile Şekil 7.9 arasındaki grafiklerde, dolgu duvarlı binaların kesme kuvveti kapasitelerinin dolgu duvarsız binaya göre önemli derecede artış gösterdiği görülmektedir. Üç açıklıklı ve aynı duvar alanına sahip Model 3 ile Model 4 binalarının kapasite eğrileri üst üste elde edilmiştir. Ancak aynı miktarda dolgu duvara sahip olan ve dolgu duvar yerleşimi düzenli olmayan Model 5 binasında ise kararlı bir eğri elde edilememiş ve kapasite artışı daha düşük değerlerde kalmıştır. Beş açıklıklı model binalar incelendiğinde ise her

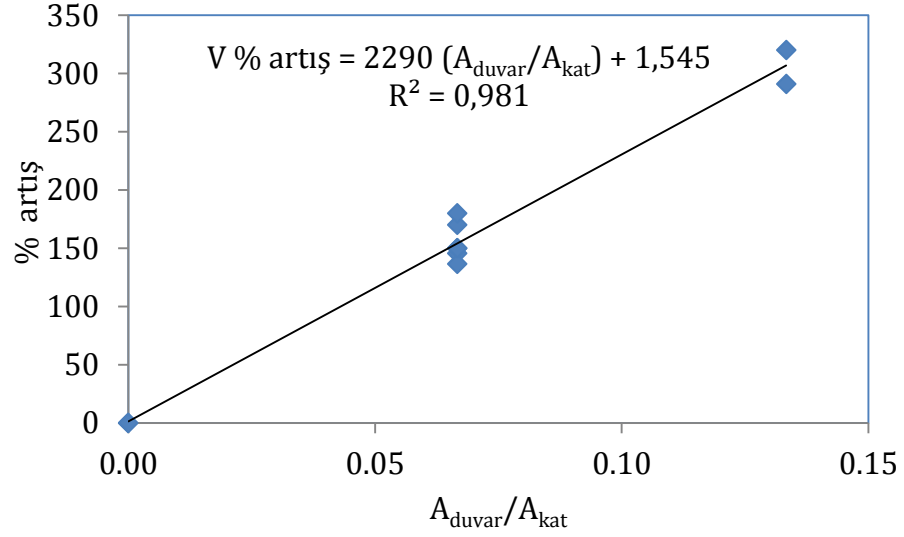
bir model binadaki dolgu duvar yerleşimi ve miktarlarının farklı olduğu görülebilmektedir.  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına bağlı olarak kesme kuvveti kapasitesindeki % olarak artış miktarları 3x3 açıklıklı binalar için Çizelge 7.9'da, 5x5 açıklıklı binalar için ise Çizelge 7.10'da verilmiştir. Ayrıca aralarındaki ilişkinin daha net bir şekilde anlaşılabilmesi için 3 katlı binalar için Şekil 7.10'da, 5 katlı binalar için Şekil 7.11'de grafik olarak gösterilmiştir. Tablo ve grafiklerde bahsedilen artış miktarı, dolgu duvarlı binaların kesme kuvveti kapasitelerinin dolgu duvarsız binalarınki ile kıyaslanması sonucunda elde edilen artış miktarına karşı gelmektedir.

Çizelge 7.9. 3 açıklıklı model binaların kesme kapasitesi değerlerinin kıyaslanması

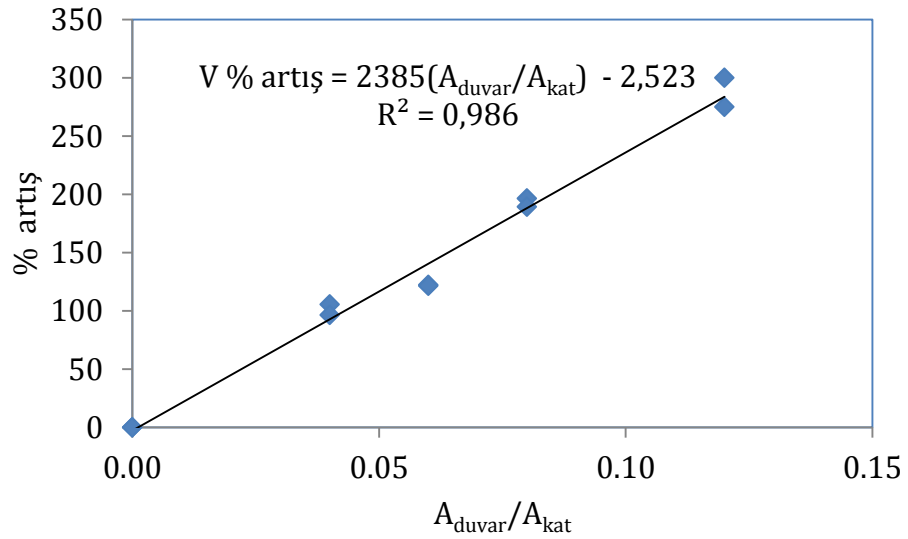
	Kat adedi	Model 1 	Model 2 	Model 3 	Model 4 	Model 5 
$A_{duvar}/A_{kat}$	3	0.00	0.13	0.07	0.07	0.07
$V_{bina}$ (kN)		1100	4300	2700	2750	2600
Yüzde artış		-	291	145	150	136
$A_{duvar}/A_{kat}$	5	0.00	0.13	0.07	0.07	0.07
$V_{bina}$ (kN)		1000	4200	2700	2800	2500
Yüzde artış		-	320	170	180	150

Çizelge 7.10. 5 açıklıklı model binaların kesme kapasitesi değerlerinin kıyaslanması

	Kat adedi	Model 1 	Model 2 	Model 3 	Model 4 	Model 5 
$A_{duvar}/A_{kat}$	3	0.00	0.12	0.04	0.08	0.06
$V_{bina}$ (kN)		2700	10800	5550	8000	6000
Yüzde artış		-	300	106	196	122
$A_{duvar}/A_{kat}$	5	0.00	0.12	0.04	0.08	0.06
$V_{bina}$ (kN)		2800	10500	5500	8100	6200
Yüzde artış		-	275	96	189	121



Şekil 7.10. 3 katlı model binalarda kesme kuvveti kapasitesi artışının değişimi

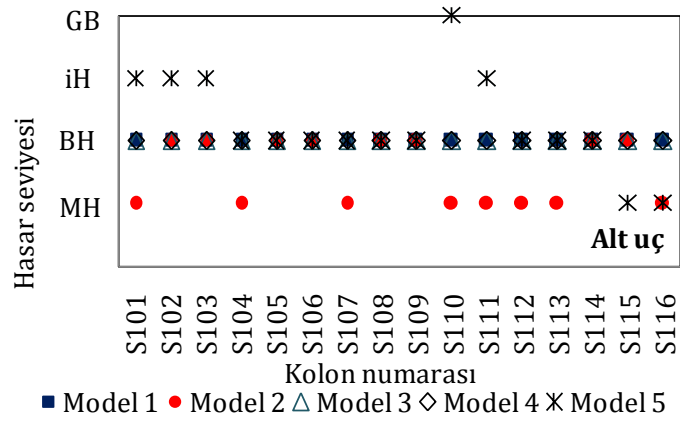


Şekil 7.11. 5 katlı model binalarda kesme kuvveti kapasitesi artışının değişimi

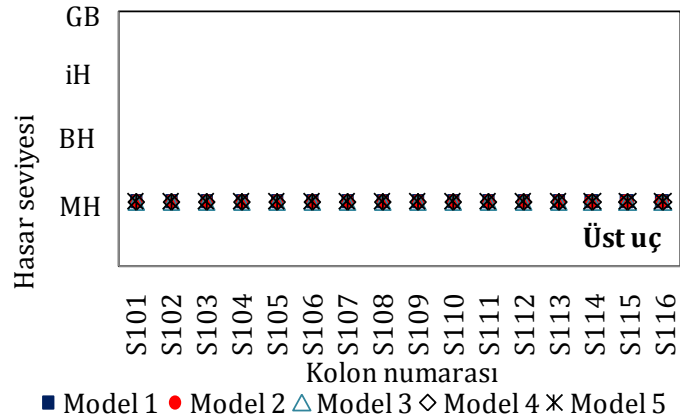
Şekil 7.10 ve Şekil 7.11 değerlendirildiğinde, dolgu duvar alanının kat alanına oranı ile kesme kuvveti kapasitesinde ortaya çıkan % artış miktarı arasında oldukça doğrusal bir ilişki elde edildiği görülebilir.

Model binaların performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için öncelikle elde edilen kapasite eğrileri ve ilgili veriler BESAM programına tanıtılmıştır. BESAM programının çalıştırılması ile binaya ait tepe yerdeğiştirme istemi

değeri bulunmuştur. BESAM programı ile elde edilen tepe yerdeğiştirme istemi, SAP 2000 programında artırsal itme analizinin son adımı olarak kaydedilmiştir. Bu durumda, SAP 2000 programından elde edilen eleman hasarları, binanın yerdeğiştirme istemi seviyesindeki eleman hasarlarına karşılık gelmektedir. Birinci kat kolonlarının alt ve üst uçlarına göre elde edilen hasar seviyeleri 3 katlı 3 açıklıklı model bina için Şekil 7.12'de, 3 katlı 5 açıklıklı model bina için Şekil 7.13'de, 5 katlı 3 açıklıklı model bina için Şekil 7.14'de, 5 katlı 5 açıklıklı model bina için Şekil 7.15'de verilmiştir.

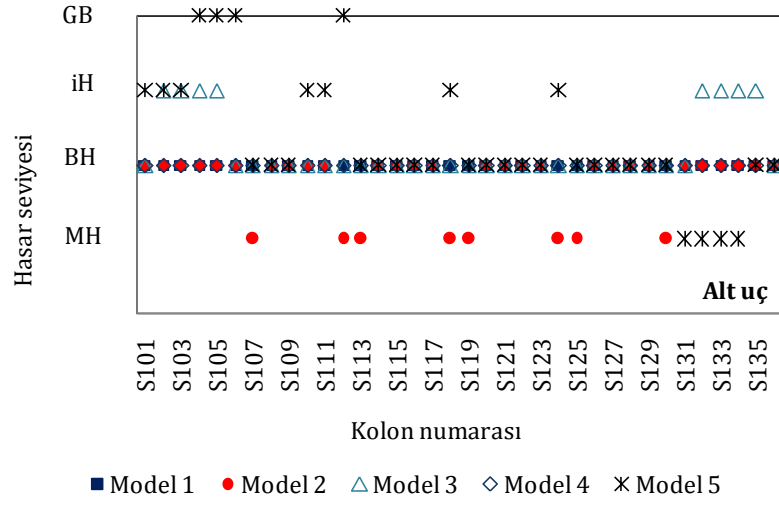


(a)

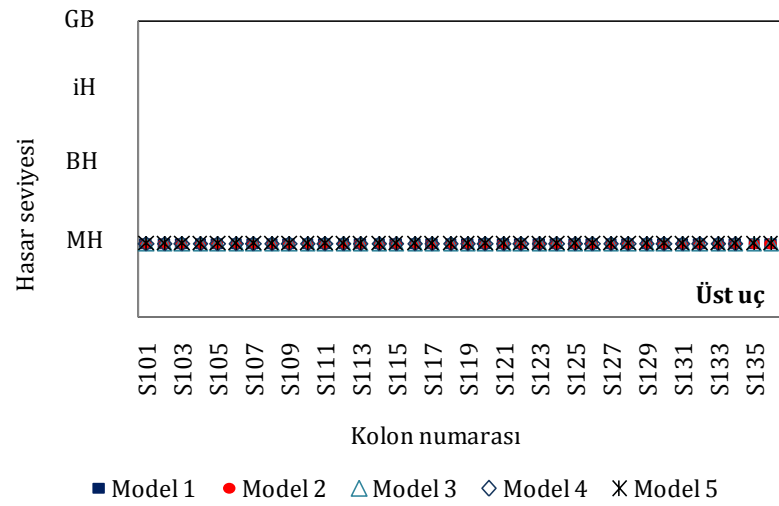


(b)

Şekil 7.12. 3 katlı 3 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri

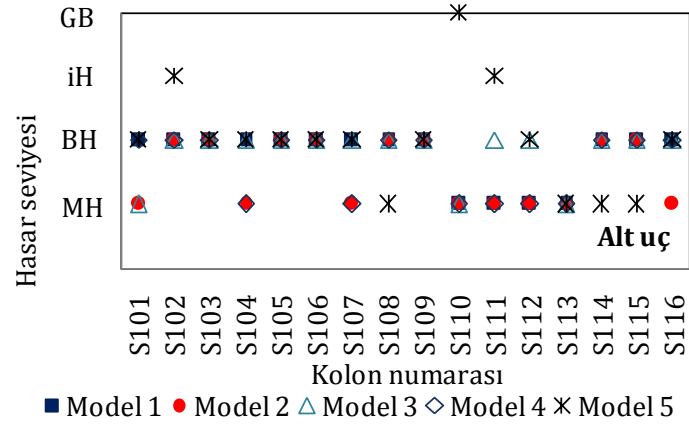


(a)

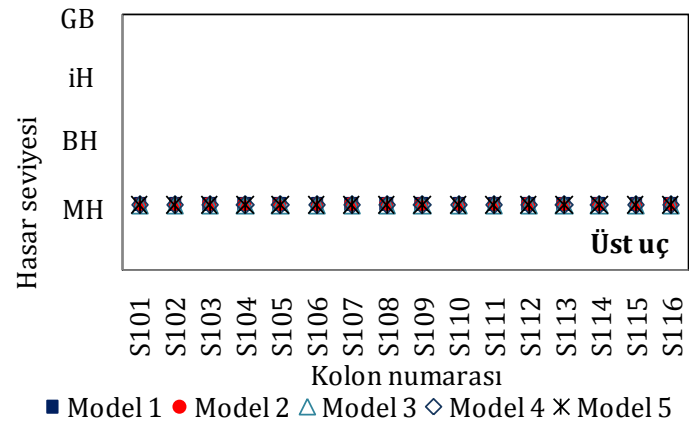


(b)

Şekil 7.13. 3 katlı 5 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri

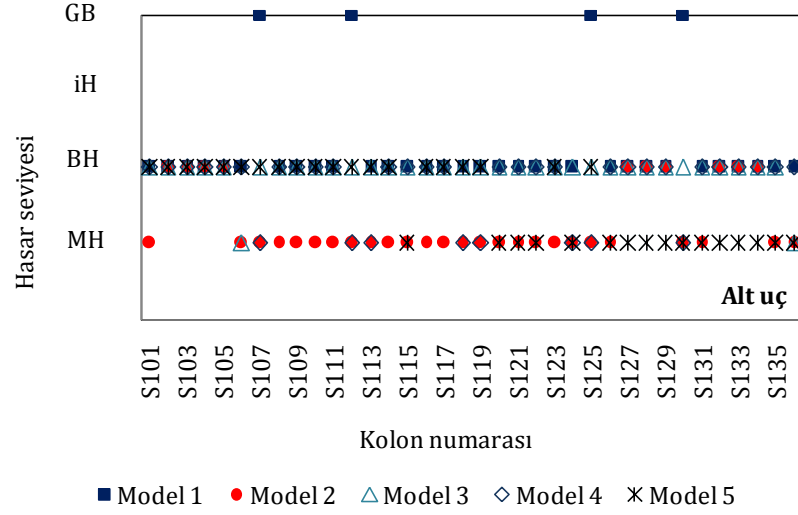


(a)

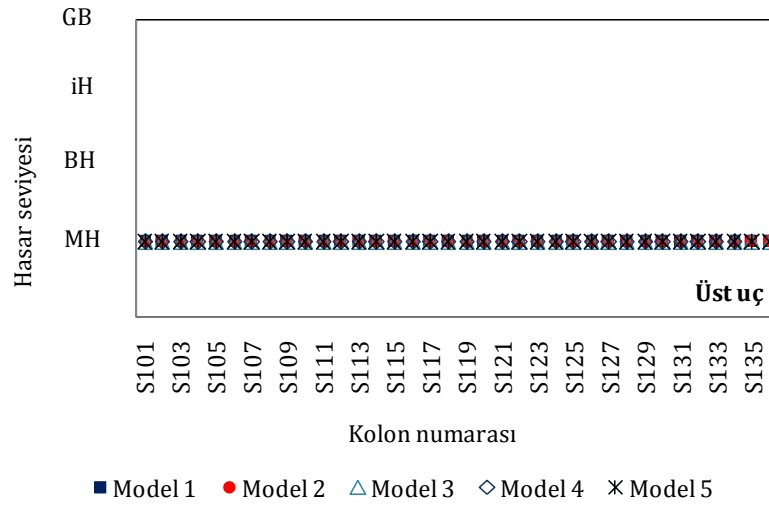


(b)

Şekil 7.14. 5 katlı 3 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri



(a)



(b)

Şekil 7.15. 5 katlı 5 açıklıklı model binanın birinci kat kolonlarına ait hasar seviyeleri

Birinci kat kolon hasarlarının kat içerisinde % olarak dağılımı 3 katlı 3 açıklıklı model için Çizelge 7.11'de, 3 katlı 5 açıklıklı model için Çizelge 7.12'de, 5 katlı 3 açıklıklı model için Çizelge 7.13'de, 5 katlı 5 açıklıklı model için Çizelge 7.14'de verilmiştir.



Çizelge 7.11. 3 katlı 3 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
MH	0	0	8	50	0	0	0	0	2	13
BH	16	100	8	50	16	100	16	100	9	56
İH	0	0	0	0	0	0	0	0	4	25
GB	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Toplam	16	100	16	100	16	100	16	100	16	100

Çizelge 7.12. 3 katlı 5 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
MH	0	0	3	19	0	0	0	0	0	0
BH	16	100	13	81	12	75	16	100	7	44
İH	0	0	0	0	4	25	0	0	5	31
GB	0	0	0	0	0	0	0	0	4	25
Toplam	16	100	16	100	16	100	16	100	16	100

Çizelge 7.13. 5 katlı 3 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
MH	4	25	8	50	3	19	6	38	4	25
BH	12	75	8	50	13	81	10	63	9	56
İH	0	0	0	0	0	0	0	0	2	13
GB	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Toplam	16	100	16	100	16	100	16	100	16	100

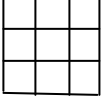

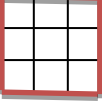
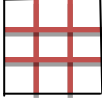
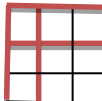
Çizelge 7.14. 5 katlı 5 açıklıklı modele ait 1. kat kolonlarına ait hasar dağılımları

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
MH	0	0	12	75	1	6	3	19	1	6
BH	14	88	4	25	15	94	13	81	15	94
İH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GB	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	16	100	16	100	16	100	16	100	16	100

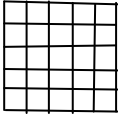
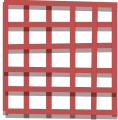
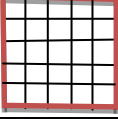
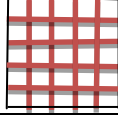
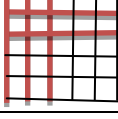
Şekil 7.12 ile Şekil 7.15 arasındaki grafiklerde kolon üst uç hasarının tüm modeller için MH seviyesinde kaldığı görülmektedir. Kolon alt ucu hasarı ise dolgu duvarın durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde sisteme dolgu duvar ilave edilmesi ile elemanlarda meydana gelen hasar seviyesinin azaldığı görülmüştür. Ancak simetrik olmayan yerleşime sahip Model 5 binasında kolon elemanlarda rijitlik değişimine bağlı olarak ortaya çıkan hasar seviyeleri bazı kolonlarda artarken bazı kolonlarda azalmaktadır.

Kesitlere ait elde edilen hasar seviyesi sonuçları DELOP programına aktararak, gerekli kontroller yapılmış ve binaya ait performans seviyesi belirlenmiştir. Model binalara ait elde edilen birinci mod doğal titreşim periyodu, tepe yerdeğiştirme istemi ve performans seviyesi sonuçları 3 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.15'de, 3 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.16'da, 5 katlı 3 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.17'de, 5 katlı 5 açıklıklı model binalar için Çizelge 7.18'de verilmiştir.

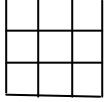
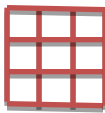
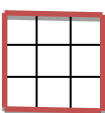
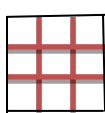

Çizelge 7.15. 3 katlı 3 açıklıklı model binaların performans sonuçları

		$A_{\text{duvar}}/A_{\text{kat}}$	Periyot T( sn)	Tepe yerdeğiştirme istemi (mm)	Performans seviyesi
3 katlı 3 açıklıklı modeller	Model 1 	0	0.37	96	CG
	Model 2 	0.133	0.27	42	CG
	Model 3 	0.067	0.31	65	CG
	Model 4 	0.067	0.31	64	CG
	Model 5 	0.067	0.33	80	GD

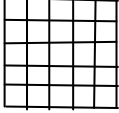
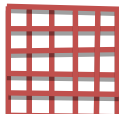
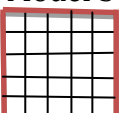
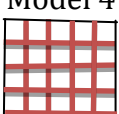
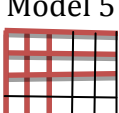
Çizelge 7.16. 3 katlı 5 açıklıklı model binaların performans sonuçları

		$A_{duvar}/A_{kat}$	Periyot T( sn)	Tepe yerdeğiştirme istemi (mm)	Performans seviyesi
3 katlı 5 açıklıklı modeller	Model 1 	0	0.38	100	CG
	Model 2 	0.120	0.28	45	CG
	Model 3 	0.040	0.34	78	GÖ
	Model 4 	0.080	0.30	59	CG
	Model 5 	0.060	0.35	86	GD

Çizelge 7.17. 5 katlı 3 açıklıklı model binaların performans sonuçları

		$A_{duvar}/A_{kat}$	Periyot T (sn)	Tepe yerdeğiştirme istemi (mm)	Performans seviyesi
5 katlı 3 açıklıklı modeller	Model 1 	0	0.52	155	CG
	Model 2 	0.133	0.41	91	CG
	Model 3 	0.067	0.46	121	CG
	Model 4 	0.067	0.46	121	CG
	Model 5 	0.067	0.48	137	GD

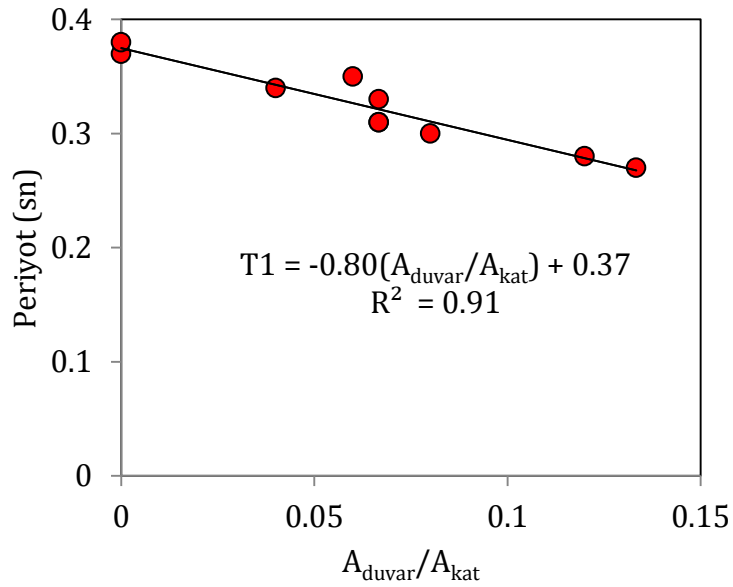
Çizelge 7.18. 5 katlı 5 açıklıklı model binaların performans sonuçları

		$A_{duvar}/A_{kat}$	Periyot T( sn)	Tepe yerdeğiştirme istemi (mm)	Performans seviyesi
5 katlı 5 açıklıklı modeller	Model 1 	0	0.53	147	GD
	Model 2 	0.120	0.34	83	CG
	Model 3 	0.040	0.49	129	CG
	Model 4 	0.080	0.45	113	CG
	Model 5 	0.060	0.49	133	CG

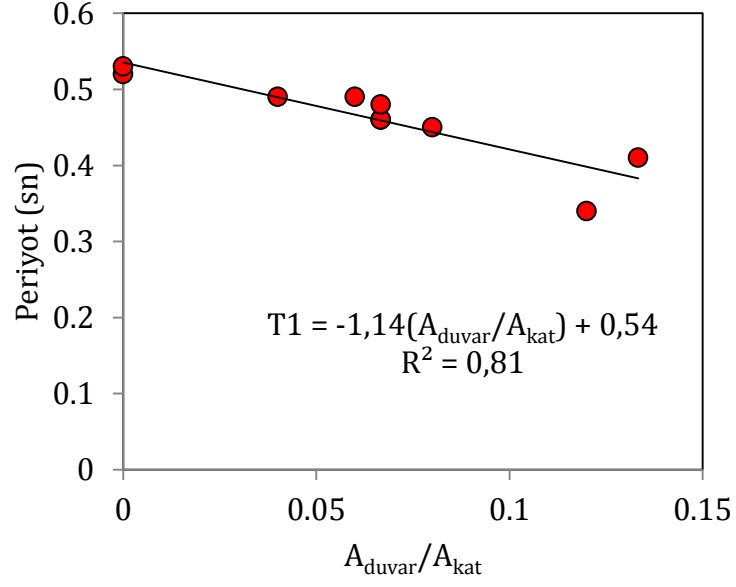
Model binaların performans seviyesi sonuçları genel olarak incelendiğinde dolgu duvarsız çerçevenin CG performans seviyesini sağladığı gözlenmiştir. Planda simetrik yerleşimli dolgu duvarlara sahip binalarda performans seviyesi yine CG olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolgu duvarların dikkate alınmasının kolon elemanlarda ortaya çıkan hasar seviyesini azaltmasına rağmen, performans seviyesinde herhangi bir değişim görülmemiştir. Bunun nedeni kolon boyutlarının başlangıçta büyük seçilmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak, düzensiz şekilde dolgu duvar yerleşimine sahip Model 5 binasının performans seviyesi genelde GD olarak karşımıza çıkmaktadır. Planda düzensiz olarak yerleştirilen dolgu duvarların bulunduğu model binalarda rijitlik dağılımının değişmesiyle elemanlardaki kesme kuvveti dağılımı da değişmektedir. Bir taraftaki elemanlarda hasar seviyesi azalırken diğer tarafta artmaktadır.

Performans seviyesinin GD çıkmasının nedeni bir ile dört adet arasında değişen elemanda GB hasar seviyesinin görülmesidir.

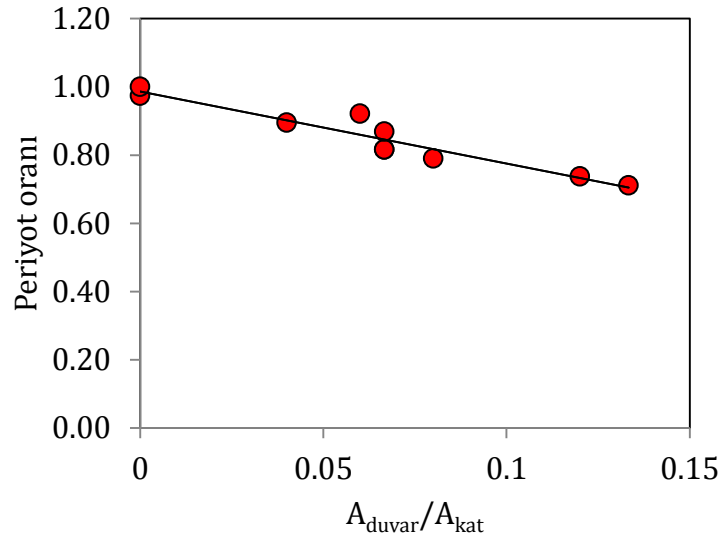
Çözümlenelerde elde edilen 1. moda ait doğal titreşim( $T_1$ ) periyodunun  $A_{\text{duvar}}/A_{\text{kat}}$  oranına bağlı olarak değişimi 3 katlı model binalar için Şekil 7.16'da, 5 katlı model binalar için ise Şekil 7.17'de verilmiştir. Ayrıca, dolgu duvarın farklı miktar ve plan yerleşimine sahip model binalarda doğal periyot değeri dolgu duvarsız modelin periyot değerine oranlanarak grafikler elde edilmiştir. Elde edilen grafikler 3 katlı model binalar için Şekil 7.18'de, 5 katlı model binalar için ise Şekil 7.19'da verilmiştir.



Şekil 7.16. 3 katlı model binaların  $A_{\text{duvar}}/A_{\text{kat}}$  oranına göre belirlenen periyot değerleri

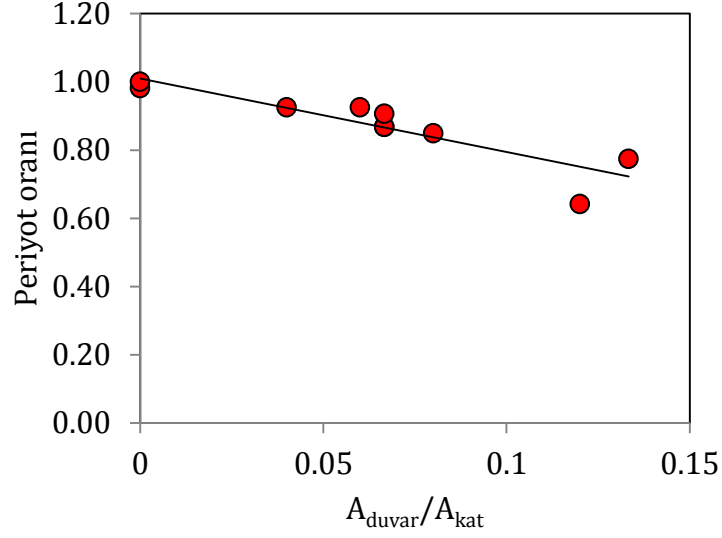


Şekil 7.17. 5 katlı model binaların  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına göre belirlenen periyot değerleri



Şekil 7.18. 3 katlı model binaların  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına göre belirlenen periyot oranları

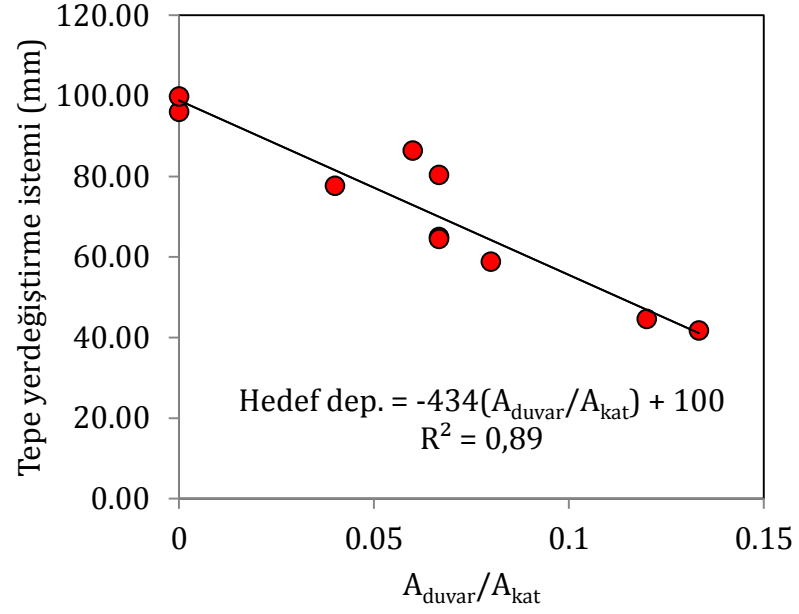




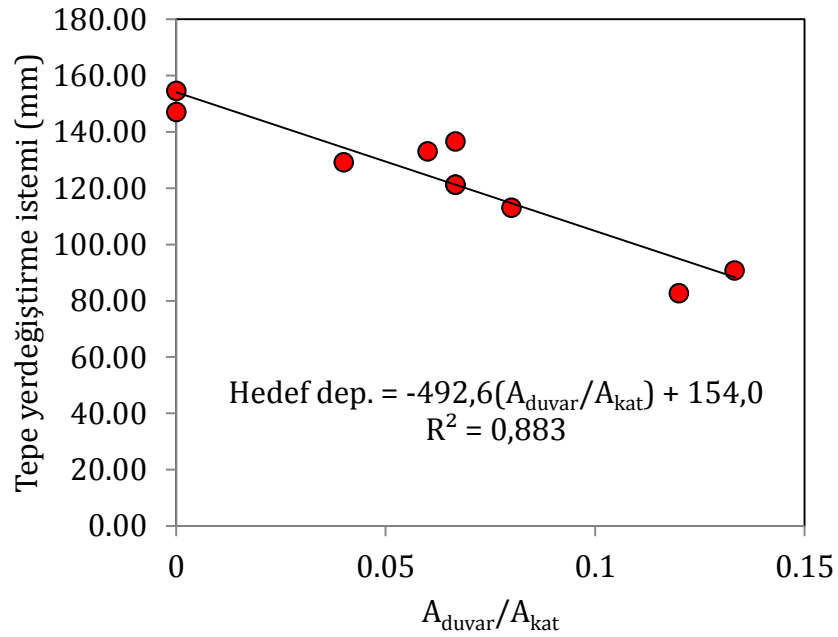
Şekil 7.19. 5 katlı model binaların  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına göre belirlenen periyot oranları

Yukarıdaki grafiklere bakıldığı zaman dolgu duvar alanı arttıkça yapının periyodunun azaldığı görülmektedir. Kolon boyutları tüm model binalarda aynı alınmıştır. Periyot değerleri  $A_{duvar}/A_{kat}$  ile orantılı olarak değişmektedir. Dolgu duvarsız olarak belirlenen yapı periyodu Şekil 7.19'da verilen grafikten  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına bağlı olarak belirlenen katsayı ile çarpılarak dolgu duvarlı yapının periyodu yaklaşık olarak elde edilebilir.

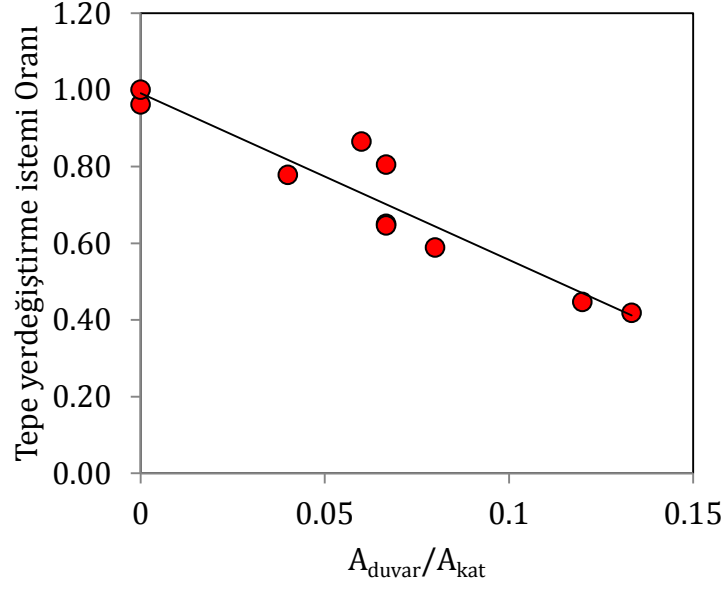
Her bir model bina için hesaplanan tepe yerdeğiştirme istemi değerinin  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına bağlı olarak değişimi 3 katlı model binalar için Şekil 7.20'de, 5 katlı model binalar için ise Şekil 7.21'de verilmiştir. Ayrıca, farklı miktarda ve plan yerleşimine sahip model binaların tepe yerdeğiştirme istemi değerleri dolgu duvarsız model binaninkine oranlanarak grafikler tekrar çizilmiştir. Bu grafikler 3 katlı model binalar için Şekil 7.22'de, 5 katlı model binalar için ise Şekil 7.23'de verilmiştir.



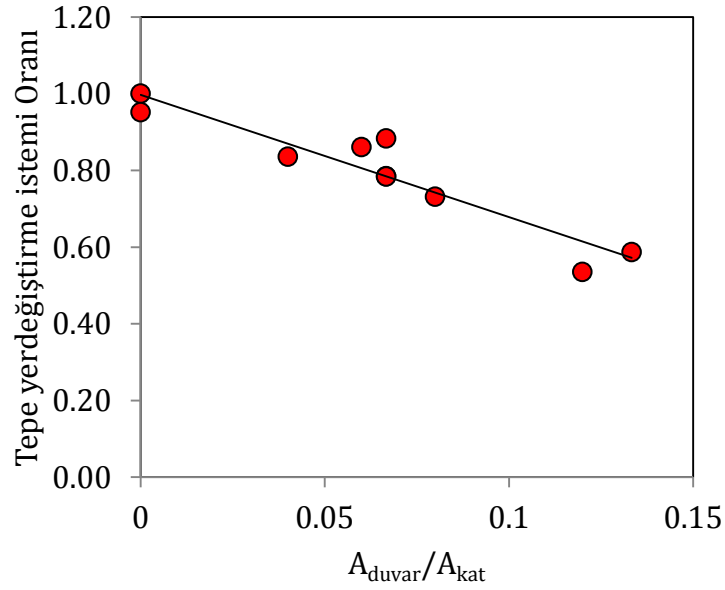
şekil 7.20. 3 katlı model binaların  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi değerleri



şekil 7.21. 5 katlı model binaların  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi değerleri



Şekil 7.22. 3 katlı model binaların  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi oranları



Şekil 7.23. 5 katlı model binaların  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına göre belirlenen tepe yerdeğiştirme istemi oranları

Yukarıdaki grafiklerden anlaşılacağı üzere dolgu duvar alanı arttıkça binanın tepe yerdeğiştirme istemi değerinin azaldığı görölmektedir. Bu değerler  $A_{duvar}/A_{kat}$  ile orantılı olarak değişmektedir. Dolgu duvarsız olarak belirlenen binanın tepe yerdeğiştirme istemi değeri Şekil 7.23'te verilen grafikten

$A_{duvar}/A_{kat}$  oranına bağlı olarak belirlenen katsayı ile çarpılarak dolgu duvarlı yapının değeri yaklaşık olarak elde edilebilir.

## 8. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Dolgu duvarların yapısal davranış üzerinde etkili olduğu bilinmesine rağmen dolgu duvarlar hala, yapısal çözümlerinde dikkate alınmamaktadır. Bu ise dolgu duvarların davranışlarının tanımlanmasındaki zorluktan kaynaklanmaktadır. Hesaplarda göz ardı edilen bölme duvar elemanları, taşıyıcı çerçeve sistemlerin deprem davranışlarını olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Bu amaçla tez çalışması kapsamında, DBYBHY 2007'ye göre taşıyıcı sistemde dolgu duvarların dikkate alınmasının bina performansına olan etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan çözümlerinde kullanılan model binaların açıklık sayıları 3×3 ve 5×5, kat adetleri ise 3 ve 5 olarak seçilmiştir. Dolayısıyla toplamda dört farklı bina grubu oluşturulmuştur. Her bir bina grubuna ait modeller öncelikle dolgu duvarsız olarak dikkate alınmıştır (Model 1). Daha sonra planda dört farklı dolgu duvar yerleşimi öngörülmüştür. Model 2 tüm açıklıklarda, Model 3 sadece dış akslarda, Model 4 sadece iç akslarda dolgu duvarın tanımlandığı modellere karşılık gelmektedir. Model 2, Model 3 ve Model 4'te verilen dolgu duvar yerleşimleri simetriktir. Model 5'te ise simetrik olmayan düzensiz bir dolgu duvar yerleşimi öngörülmüştür. Model binalardan elde edilen sonuçlar ile hem dolgu duvar yerleşiminin hem de dolgu duvar miktarının davranışa ve incelenen parametrelere etkisi yorumlanabilmektedir. Oluşturulan tüm modellerin doğrusal elastik olmayan yöntem (Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi) ile performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Çözümler sonucunda elde edilen yorumlar aşağıda yapılmıştır.

1. Dolgu duvar miktarının ve yerleşiminin kat ötelemelerini önemli derecede etkilediği görülmüştür. Göreli kat ötelemeleri genellikle en büyük birinci katta ortaya çıkmaktadır. Ancak kat adedi ve açıklık sayısının artmasıyla en büyük göreli kat ötelemeleri ikinci katta da ortaya çıkabilmektedir. Dolgu duvarın dikkate alınmasıyla göreli kat öteleme sınırlamaları yaklaşık üç kat azaltılabilmektedir. Göreli kat ötelemeleri açısından dolgu duvar yerleşimi simetrik olan Model 3 ve

Model 4'te aynı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak dolgu duvar yerleşimi simetrik olmayan Model 5'te diğerleriyle aynı miktarda dolgu duvar bulunmasına rağmen dolgu duvarların görelî kat ötelemelerine etkisi fazla gözlenememiştir. Elde edilen sonuçlardan dolgu duvarsız binanın sonuçları (Model 1) ile dolgu duvar yerleşimi simetrik olmayan (Model 5) binanın sonuçlarının oldukça yakın olduğu ortaya çıkmıştır.

2. Burulma düzensizliği katsayısı açısından tüm modellerin “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi” yöntemi ile çözümlenmesinin uygun olduğu görülmüştür. Ancak elde edilen sonuçlar dolgu duvar yerleşimlerinin etkisini değerlendirmek amacıyla incelenirse, taşıyıcı sistemi ve dolgu duvar yerleşimi simetrik olan Model 2, Model 3 ve Model 4 için burulma düzensizliği katsayısının bire eşit veya bire çok yakın olduğu görülür. Taşıyıcı sistemi düzenli olduğu halde dolgu duvar yerleşimi simetrik olmayan Model 5'te ise burulma düzensizliği katsayısı her ne kadar yönetmelikte verilen sınır değeri aşmasa da yaklaşık olarak 1.2 civarında elde edilmiştir. Bu durum ise taşıyıcı sistemi düzenli olan binalarda dolgu duvar yerleşiminin simetrik olmamasından kaynaklanan düzensizliklerin ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bu nedenle yapılacak çözümlerinde taşıyıcı sistemin yanında dolgu duvarlarında etkisi dikkate alınarak gerekli tahkik ve kontrollerin yapılması daha uygun olacaktır.
3. Dolgu duvarlı binaların kesme kuvveti kapasiteleri dolgu duvarsız binaya göre önemli derecede artış göstermiştir. Bu artış ile  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranı arasında oldukça doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Üç açıklıklı ve aynı duvar alanına sahip Model 3 ile Model 4 binalarının kapasite eğrileri üst üste elde edilmiştir. Ancak aynı miktarda dolgu duvara sahip olan ve dolgu duvar yerleşimi düzenli olmayan Model 5 binasında ise kararlı bir eğri elde edilememiş ve kapasite artışı daha düşük değerlerde kalmıştır.
4. Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemine göre belirlenen birinci kat kolon üst uç hasarının tüm modeller için MH seviyesinde kaldığı görülmektedir. Kolon alt ucu hasarı ise dolgu duvarın durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde sisteme dolgu duvar ilave edilmesi ile elemanlarda

meydana gelen hasar seviyesinin azaldığı görülmüştür. Ancak simetrik olmayan yerleşime sahip Model 5 binasında kolon elemanlarda rijitlik değişimine bağlı olarak ortaya çıkan hasar seviyeleri bazı kolonlarda artarken bazı kolonlarda azalmaktadır.

5. Model binaların performans seviyesi sonuçları genel olarak incelendiğinde dolgu duvarsız çerçevenin CG performans seviyesini sağladığı gözlenmiştir. Planda simetrik yerleşimli dolgu duvarlara sahip binalarda performans seviyesi yine CG olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolgu duvarların dikkate alınmasının kolon elemanlarda ortaya çıkan hasar seviyesini azaltmasına rağmen, performans seviyesinde herhangi bir değişim görülmemiştir. Bunun nedeni kolon boyutlarının başlangıçta büyük seçilmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak, düzensiz şekilde dolgu duvar yerleşimine sahip Model 5 binasının performans seviyesi genelde GD olarak karşımıza çıkmaktadır. Planda düzensiz olarak yerleştirilen dolgu duvarların bulunduğu model binalarda rijitlik dağılımının değişmesiyle elemanlardaki kesme kuvveti dağılımı da değişmektedir. Bir taraftaki elemanlarda hasar seviyesi azalırken diğer tarafta artmaktadır. Performans seviyesinin GD çıkmasının nedeni bir ile dört adet arasında değişen elemanda GB hasar seviyesinin görülmesidir.
6. Dolgu duvarın düzgün ve simetrik yerleştirildiği durumlarda (Model 2, Model 3, Model 4) yapı periyodu genel olarak azalmaktadır. Ancak dolgu duvarı simetrik olmayan modelin (Model 5) doğal titreşim periyodu aynı miktarda simetrik dolgu duvara sahip (Model 3 ve Model 4) modellere göre daha büyük olmaktadır. Periyot değerleri  $A_{duvar}/A_{kat}$  ile orantılı olarak değişmektedir. Dolgu duvarsız yapının periyodu  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına bağlı olarak belirlenen katsayı ile çarpılarak dolgu duvarlı yapının periyodu yaklaşık olarak elde edilebilir.
7. Dolgu duvar alanı arttıkça binanın tepe yerdeğiştirme istemi değerinin azaldığı görülmektedir. Bu değerler  $A_{duvar}/A_{kat}$  ile orantılı olarak değişmektedir. Dolgu duvarsız olarak belirlenen binanın tepe yerdeğiştirme istemi değeri  $A_{duvar}/A_{kat}$  oranına bağlı olarak belirlenen katsayı ile çarpılarak dolgu duvarlı yapının değeri yaklaşık olarak elde edilebilir.

Sonuç olarak dolgu duvarlar yapının davranışını etkileyen elemanlardır. Özellikle taşıyıcı sistemi düzenli ancak dolgu duvar yerleşimi düzensiz olan binalarda kritik çözümleri elde edebilmek için dolgu duvarların hesaplara dahil edilmesi önem arz etmektedir.



## KAYNAKLAR

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Beklen, C., 2009. Binalarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 126s.Adana.
- Betonarme Elemanlarda SA**rgı ve **M**odelleme (BESAM), 2013. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (111M119).
- Çankaya, A.M. 2011. Dynamic Behavior of Reinforced Concrete Frames With Infill Walls. The Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology, Master of Science, 132s. İzmir.
- Demir, F., Tekeli, H., Güler, K., Celep, Z., 2013. Binaların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yeni Bir Yaklaşım. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Grubu, 135s. Proje No, 111M119.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Doğrusal E**lastik **Q**lmayan **P**rogram (DELOP),2013. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (111M119).
- Dolsek, M., Fajfar, P., 2008. The Effect of Masonry Infills on the Seismic Response of a Four-Storey Reinforced Concrete Frame a Deterministic Assessment. Engineering Structures, 30, 1991–2001.
- Dönmez, C., Altınay, M., Aktaş, E., Özen, S., 2010. Modal Deney Yöntemi İle Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Çerçeve Bölme Duvar Etkileşiminin İncelenmesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Grubu, 128s. Proje No, 104I107.
- Ersoy, U., 2007. Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Uygulama ve Araştırmalar. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- Fema-356, 2005. Prestandart and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington.
- Güder, O., 2012. Dolgu Duvarların Yapısal Analizlerde Göz Önüne Alınmasının Düşey Düzensizlik Ve Deprem Performansına Etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96s. İstanbul.

- Gürpınar, Z., 2011. Rijit Ötelenme Hareketine Maruz Mevcut Dolgu Duvarlı Bir Yapının Deprem Performansının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 165s. İstanbul.
- İrtem, E., Türker, K., Hasgöl, U., 2009. Dolgu Duvarlarının Betonarme Bina Davranışına Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 8(6), 133-145.
- Kaltakçı, M.Y., Arslan, M.H., 2005. Taşıyıcı Olmayan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranış Katsayısına Olan Etkisinin İncelenmesi. Kocaeli Deprem Sempozyumu, 598-605.
- Kaymak, F., Tuna, E.T., 2011. Kısmi ve Tam Dolgu Duvarlı Çelik Çerçeveslerin Yatay Yükler Altındaki Davranışının Elasto-Plastik Analiz Yöntemi İle İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26(2), 435-445.
- Kılıç, A., 2012. Betonarme Çerçevesli Yapılarda Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116s. Konya.
- Kızıloğlu, M.Y., 2006. Deprem Etkisi Altında Dolgu Duvarların Betonarme Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s. İstanbul.
- Koca, N., 2013. Betonarme Çerçeveslerin Deprem Davranışına Dolgu Duvarların Etkisi. 2209 - Üniversite Öğrencileri Yurt İçi / Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı, Sonuç Raporu, 11s. Isparta.
- Özdemir, H., Eren, İ., 2005. Bölme Duvarının ve Bölme Duvar Güçlendirilmesinin Çerçeve Davranışına Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 4(4), 3-13.
- Özdoğu, O.Z., 2006. Deprem Etkisi Altındaki Binaların Davranışına Dolgu Duvarların Etkisi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s. Sakarya.
- Özer, Ö., 2009. Betonarme Bina Analizinde Dolgu Duvarların Yatay ve Düşey Yüklerle Karşı Davranışı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s. Konya.
- Peynirci, R., 2007. Betonarme Çerçeve Sistemlerde Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Katkısı. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s. Afyon.

- Polyakov, S. 1956. Masonry in Framed Buildings. Gosudarstvennoe Izdatel Stvo Literaturny Po Stroitel Stvui Arkitektuze Moscow. Translated by Crains G.L.
- SAP 2000, 2011. Computers and Structures, Inc., v.15.0.0, Structural Analysis Program, Berkeley, CA, USA.
- Sevil, T., Baran, M., Canbay, E., 2010. Tuğla Dolgu Duvarların Betonarme Çerçevesel Yapıların Davranışına Etkilerinin İncelenmesi; Deneysel ve Kuramsal Çalışmalar. International Journal of Engineering Research and Development, 2(2).
- Sucar, İ., 2008. Betonarme Yapılarda Yatay Yükler Etkisinde Dolgu Duvarların Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 122s. Balıkesir.
- Tar, Ö.İ., 2010. Dolgu Duvarların Modellenmesinde Kullanılan Eş Değer Basınç Çubuğu Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s. İstanbul.
- Tetik, D. 2007. Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Serbest Titreşimine Etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 128s. İstanbul.
- Yakut, A., Binici, B., Demirel, O.İ., Özcebe, G., 2013. Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013 – Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Osman AKYÜREK  
Doğum Yeri ve Yılı : Konya, 1989  
Medeni Hali : Bekâr  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : akyurekosman42@gmail.com



## Eğitim Durumu

Lise : Beyşehir Lisesi, 2006  
Lisans : SDÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği