

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

**DÜZENLİ VE SİMETRİK PERDE DUVAR YERLEŞİMİNE SAHİP
BETONARME BİNALARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ**

Gökhan Barış SAKCALI

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

**II. Danışman
Prof. Dr. Fuat DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016**



© 2016 [Gökhan Barış SAKCALI]

TEZ ONAYI

Gökhan Barış SAKCALI tarafından hazırlanan "**Düzenli ve Simetrik Perde Duvar Yerleşimine Sahip Betonarme Binaların Performans Değerlendirmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği 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. Alp CANER
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. İlyas Devran ÇELİK
Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

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

Gökhan Barış SAKCALI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. AMAÇ ve KAPSAM.....	4
3. KAYNAK ÖZETLERİ	6
4. BETONARME PERDE DUVARLARIN DAVRANIŞI	10
4.1. Perde Duvarların Konstrüktif Kuralları	11
4.2. Perde Duvarlarda Güç Tükenme Şekilleri.....	13
4.3. Perde Duvar-Çerçeve Etkileşimi.....	15
4.4. Perde Duvarların Modellenmesi.....	16
4.4.1. Perde duvarlar için doğrusal davranış modeli.....	16
4.4.1.1. Orta-dikme çubuk modeli	16
4.4.1.2. Sonlu elemanlar kabuk modeli	16
4.4.2. Perde duvarlar için doğrusal olmayan davranış modeli	17
4.4.2.1. Sürekli sonlu eleman modeli	17
4.4.2.2. Çok katmanlı kabuk modeli.....	18
4.4.2.3. Plastik mafsallı (PMM) orta-dikme çubuk modeli.....	19
4.5. Perde Duvar Miktarı	20
5. BETONARME BİNALARDA DEPREM GÜVENLİĞİ İNCELEMESİ	23
5.1. Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi	25
5.2. Hedef Yerdeğiştirme İstem Seviyesinin Belirlenmesi	27
5.3. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi	31
5.4. Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi	32
5.5. Bina Hedef Performans Seviyesinin Belirlenmesi	34
6. KULLANILAN PROGRAMLARIN TANITILMASI	36
6.1. Betonarme Elemanlarda Sargı Modelleme (BESAM) Programı	36
6.2. Doğrusal Elastik Olmayan Program (DELOP).....	37
6.3. SAP 2000	38
7. MODEL BİNALARIN ÇÖZÜM SONUÇLARI.....	39
7.1. Seçilen Model Binaların Tanıtılması.....	39
7.2. Sonuçların Kıyaslanması.....	42
7.2.1. Birinci moda ait temel periyot değerleri	42
7.2.2. Kapasite eğrileri.....	44
7.2.3. Hedef yerdeğiştirme istemi	49
7.2.4. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumuna bağlı elde edilen sonuçlar.....	51
7.2.5. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki kesit tesirlerinin dağılımı.....	56
7.2.6. Perde duvarlarda ortaya çıkan toplam kesme kuvveti diyagramları.....	63

7.2.7. Perde duvarlarda ortaya çıkan toplam kesme moment diyagramları.....	68
7.2.8. Görelî kat ötelenmeleri.....	73
7.2.9. Bina performans seviyesi sonuçları	76
8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ.....	91



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DÜZENLİ VE SİMETRİK PERDE DUVAR YERLEŞİMİNE SAHİP BETONARME BİNALARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Gökhan Barış SAKCALI

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ

II. Danışman: Prof. Dr. Fuat DEMİR

Bu çalışmada perde duvarların betonarme bina performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmada iki, dört, altı ve sekiz katlı betonarme bir binanın perde duvarlı ve perde duvarsız modelleri oluşturularak çözümlemeleri yapılmıştır. Model binaların doğrusal elastik olmayan çözüm yöntemi kullanılarak performans seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmada, perde duvar alanının kat alanına oranı farklı kolon boyutları ve perde duvar yerleşimleri için incelenmiştir. Model binalar için kapasite eğrileri ve perde duvarlarında meydana gelen kesme kuvveti ve moment grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar şekil ve çizelgelerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Betonarme bina, doğrusal elastik olmayan yöntem, perde duvar, performans.

2016, 91 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PERFORMANCE EVALUATION OF REGULAR AND SYMMETRICAL SHEAR WALLED REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

Gökhan Barış SAKCALI

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

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hamide TEKELİ

Co-Supervisor: Prof. Dr. Fuat DEMİR

In this study, the effects of shear wall on the building performance are investigated. For this reason, two, four, six and eight stories buildings with/without shear wall are modeled and analyzed in this study. The performance levels of model buildings are determined by using nonlinear method. The ratios of shear walls total area to building area were investigated for different column dimensions and shear wall configuration. Capacity curves of the model buildings and shear force and moment graphics of shear walls are obtained. The obtained results are given in figures and tables comparatively.

Keywords: Reinforced concrete building, nonlinear analysis, shear wall, performance.

2016, 91 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ ve 2. Danışmanım Prof. Dr. Fuat DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

4214-YL1-14 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

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

Gökhan Barış SAKCALI
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Konsol perde duvar davranışı	10
Şekil 4.2. Perde duvar donatı detayı.....	12
Şekil 4.3. Perde duvarda meydana gelen sünek ve gevrek kırılma biçimleri	13
Şekil 4.4. Perde duvarların güç tükenme biçimleri	14
Şekil 4.5. Perde duvar-çerçeve etkileşimi	15
Şekil 4.6. Perde duvar orta dikme çubuk modeli.....	16
Şekil 4.7. Çok katmanlı kabuk modeli	17
Şekil 4.8. Perde duvar sonlu elemanlar kabuk modeli	19
Şekil 4.9. Perde duvarın eşdeğer matematik modeli	20
Şekil 5.1. Deprem güvenliği incelenmesinde kullanılan yöntemler	23
Şekil 5.2. Yığılı plastik davranış modeli	26
Şekil 5.3. Plastik mafsalların atanması.....	27
Şekil 5.4. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu	28
Şekil 5.5. Doğrusal elastik olmayan (nonlineer) spektral yerdeğiştirme	30
Şekil 5.6. Kesit hasar bölgeleri.....	31
Şekil 6.1. BESAM programına ait bir görünüm	36
Şekil 6.2. Perde duvar kesiti	37
Şekil 6.3. Perde duvar kesiti etkileşim diyagramı.....	37
Şekil 6.4. DELOP programı ile kat ve bina performans seviyelerinin belirlenmesi	38
Şekil 7.1. Seçilen bina modeli	39
Şekil 7.2. Kolon ve kiriş kesit özellikleri	40
Şekil 7.3. Farklı miktarlarda perde duvar yerleşimi	41
Şekil 7.4. Perde duvarın kesit özellikleri	41
Şekil 7.5. Model binalar için oluşturuluna SAP 2000 modeli.....	42
Şekil 7.6. Periyodun model binalara bağlı değişimi	44
Şekil 7.7. İki katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri	45
Şekil 7.8. Dört katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri	46
Şekil 7.9. Altı katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri	47
Şekil 7.10. Sekiz katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri	48
Şekil 7.11. Bina modellerine ait hedef yerdeğiştirme istem değerleri.....	50
Şekil 7.12. İki katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları	64
Şekil 7.13. Dört katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları.....	65
Şekil 7.14. Altı katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları.....	66
Şekil 7.15. Sekiz katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları	67
Şekil 7.16. İki katlı binalarda perde duvar toplam moment diyagramları	69
Şekil 7.17. Dört katlı binalarda perde duvar toplam moment diyagramları	70
Şekil 7.18. Altı katlı binalarda perde duvar toplam moment diyagramları .	71
Şekil 7.19. Sekiz katlı binalarda perde duvar toplam moment diyagramları	72
Şekil 7.20. İki katlı yapılarda görel kat ötelenmesi	73
Şekil 7.21. Dört katlı yapılarda görel kat ötelenmesi	74
Şekil 7.22. Altı katlı yapılarda görel kat ötelenmesi	75
Şekil 7.23. Sekiz katlı yapılarda görel kat ötelenmesi	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Perde duvar oranı.....	21
Çizelge 4.2. Önerilen perde duvar oranı	22
Çizelge 5.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	24
Çizelge 5.2. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	35
Çizelge 7.1. Model binalara ait birinci mod titreşim periyot değerleri.....	43
Çizelge 7.2. Model binalara ait hedef yerdeğiştirme istem değerleri	49
Çizelge 7.3. İki katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumuna bağlı elde edilen sonuçlar	52
Çizelge 7.4. Dört katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumuna bağlı elde edilen sonuçlar	53
Çizelge 7.5. Altı katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumuna bağlı elde edilen sonuçlar	54
Çizelge 7.6. Sekiz katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumuna bağlı elde edilen sonuçlar	55
Çizelge 7.7. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki binaya ait toplam taban kesme kuvveti kapasitesinin bina ağırlığına oranı.....	57
Çizelge 7.8. İki katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları.....	59
Çizelge 7.9. Dört katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları.....	60
Çizelge 7.10. Altı katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları	61
Çizelge 7.11. Sekiz katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları	62
Çizelge 7.12. Perde duvarın tabanından moment sıfır noktasına olan mesafe	68
Çizelge 7.13. İki katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları.....	77
Çizelge 7.14. Dört katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları.....	79
Çizelge 7.15. Altı katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları.....	81
Çizelge 7.16. Sekiz katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Bina alanı
$a_1^{(i)}$	(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
ABYBHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
A_c	Kolon veya perde duvarın brüt kesit alanı
A_{ch}	Boşluksuz perde duvarın brüt en kesit alanı
ΣA_g	Herhangi bir katta bulunan perde duvar elemanlarının en kesit alan toplamı
A_p	Perde duvar alanı miktarı
ΣA_p	Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
a_{y1}	Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
BESAM	Betonarme Elemanların Sargı ve Modelleme Programı
b_w	Kirişin gövde genişliği, perde duvar gövde kalınlığı
C_{R1}	Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
CG	Can Güvenliği
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
N_D	Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perde duvarda oluşan eksenel kuvvet
$d_1^{(i)}$	(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yer değiştirme
$(EI)_e$	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cd}	Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{cm}	Mevcut beton basınç dayanımı
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
FEMA	Federal Emergency Management Agency
f_{yd}	Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
GD	Göçme Durumu
GÖ	Göçme Öncesi
H	Bina yüksekliği
HK	Hemen Kullanım
h	Kat yüksekliği
H_{cr}	Kritik perde duvar yüksekliği
H_w	Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde duvar yüksekliği
l_b	Kenetlenme boyu
L_p	Plastik mafsal boyu
l_n	Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği
l_w	Perde duvar veya bağ kirişli perde duvar parçasının plandaki uzunluğu
M_1	Birinci moda ait modal kütle
M_2	Elemanın y yönündeki eğilme momenti
M_3	Elemanın x yönündeki eğilme momenti
M_{x1}	x deprem doğrultusundaki birinci (hakim) moda ait etkin kütle
n	Kat sayısı
P	Normal kuvvet
R_{y1}	Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
$S_{ae1}^{(1)}$	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme

$S_{de1}^{(1)}$	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme
S_{di}	Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme
T_1	Başlangıçtaki ($i=1$) itme adımında birinci titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
T_B	İvme spektrumundaki karakteristik periyot
$U_{xN1}^{(i)}$	Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
V	Toplam taban kesme kuvveti kapasitesi
V_d	Tasarım kesme kuvveti
ΣV_{ke}	Kolonların taşıdığı toplam kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde duvar kesitine ait kesme kapasitesi
ΣV_{pe}	Perde duvarların taşıdığı toplam kesme kuvveti
V_t	Binaya etkiyen taban kesme kuvveti
V_{x1}	x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait taban kesme kuvveti
W	Bina ağırlığı
α_s	Süneklik düzeyi yüksek perde duvarların tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
ϵ_{cg}	Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cu}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi
ρ_{sh}	Perde duvardaki yatay gövde donatılarının hacimsel oranı
ρ_s	Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranı
ρ_x, ρ_y	İlgili doğrultulardaki enine donatı hacimsel oranı
ρ_{sm}	Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
ϕ_p	Plastik eğrilik istemi
θ_p	Plastik dönme istemi
Δ	Çatı yerdeğiştirmesi
Γ_{x1}	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
Φ_{xN1}	Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
$\omega_1^{(1)}$	Başlangıçtaki itme adımında birinci titreşim moduna ait doğal açısal frekans
ω_B	İvme spektrumundaki karakteristik periyoda karşı gelen doğal açısal frekans

1. GİRİŞ

Deprem, yer kabuğunda meydana gelen soğuma ve ısınma sonucu yeryüzünde oluşturduğu enerjiye denir. Dünyamızda birçok doğal afet olmasına karşın depremin ne zaman, nasıl, ne etkide meydana geleceği öngörülemediği için en çok can ve mal kaybı verilen doğal afettir.

Ülkemiz topraklarının, nüfusunun ve sanayisinin büyük bir çoğunluğu deprem bölgesi içerisinde bulunmaktadır. Günümüzde önceden kestirilmesi ve önlenmesi mümkün olmayan deprem afetine karşı alınacak en akılcı önlem biçimi, kuskusuz depreme dayanıklı yapıların inşa edilmesidir. Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımının temel ilkeleri ise ilgili yönetmelik ve standartlarla belirlenmiştir.

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda meydana gelen şiddetli depremlerin ardından binalarda yapılan incelemeler doğrultusunda, perde duvarlı binaların depreme karşı olan direncinin çerçeveli sistemlere oranla çok daha iyi olduğu ve daha az hasar gördüğü tespit edilmiştir (Öztürk, 2005).

Ülkemizin ve daha birçok ülkenin deprem yönetmeliği, şiddetli depremler altında yapının elastik kalamayacağı varsayımına göre hazırlanmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, elastik sınırlar ötesinde şekil değiştirme olacağı varsayıldığından, şiddetli depremlerde büyük yer değiştirmeler kaçınılmaz olacaktır. Yatay ötelenme rijitliği küçük olan bir yapı, deprem etkisi altında büyük ötelenmeler yapar. Yatay ötelenmenin büyük olması, ikinci mertebe momentlerinin oluşmasına; görelî kat ötelenmelerinin büyük olması ise, taşıyıcı olmayan elemanların da hasar görmesine yol açar. Bu hasarın maliyeti taşıyıcı sistemin maliyetinden daha büyüktür.

Ülkemizdeki nüfus artışı, daha düşük alanlara daha yüksek katlı binaların yapılma zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Betonarme binalarda yükseklik arttıkça deprem, rüzgâr gibi yatay yüklerde de artma meydana gelmektedir. Dolayısıyla yatay yükün karşılanabilmesi için, bina planına etkin şekilde çalışan

perde duvar yerleştirme gereksinimi ortaya çıkar. Böylece binaların hem ekonomik hem de deprem güvenli tasarımı sağlanmış olur. Perde duvar deprem yönetmeliğinde uzun kenarının kısa kenarına oranı en az yedi katı olan düşey taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanır. Perde duvarlar deprem, rüzgâr gibi yatay yüklerden dolayı binalarda meydana gelen kesme kuvvetinin büyük bir kısmını karşılayıp yatay ötelenme sırasında diğer düşey taşıyıcı elemanlar olan kolonlara gelen kesme kuvvetini azaltır. Böylece kolonların hasar seviyelerini ciddi seviyede azaltarak yapının performans seviyesini artırır.

Ülkemizde etkin fay hatlarının bulunması binaların depreme dayanıklı olarak tasarlanmasının zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Bina planına simetrik olarak yerleştirilen perde duvarların hem bina güvenliğini sağladığı hem de yerdeğiştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda hasarları önleme bakımından etkili davrandıkları belirlenmiştir (Celep, 2015). Dolayısıyla betonarme perde duvarların temel görevi, tersinir deprem yükleri altında binanın yatay ötelenme rijitliğini artırarak, katlar arasında yatay ötelenmeleri sınırlandırmaktır (Atımtay, 2001). Bina planına yerleştirilen perde duvar miktarı, binanın deprem davranışında etkili olmaktadır. Çok sayıda küçük, rijitliği az olan perde duvarların bina içinde düzenli bir şekilde dağılmasının sağlanması uygun olmaktadır (Bayülke, 2001). Binada simetrik yerleştirilen perde duvarları binanın kütle ve rijitlik merkezinin yaklaşmasını sağlar. Bu da binadaki burulma düzensizliğini ciddi miktarda azaltır. Perde duvarlar çerçevelerle birlikte kullanıldıklarında binaya süneklik kazandırdığı ve deprem kuvveti etkisinde dayanımını artırdığı bilinmektedir.

Yürürlükte bulunan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007), farklı deprem seviyeleri için depreme dayanıklı bir binada tanımlanan performans hedeflerini aşağıdaki gibi belirlemiştir.

- ✓ Düşük şiddetli bir depremde, taşıyıcı sistem elemanları elastik sınır içinde kalmalıdır.

- ✓ Orta şiddetli bir depremde, taşıyıcı olmayan ve taşıyıcı yapı elemanlarında hasar olabilir, ancak onarımı ekonomik sınırlar içerisinde kalmalıdır.
- ✓ Şiddetli bir depremde ise taşıyıcı sistemde ağır hasar oluşabilir. Onarılması ekonomik olmayabilir, ancak yapı yıkılmamalı ve can kaybı olmamalıdır (DBYBHY, 2007).

Binaların depremde hasar görmesinin nedenleri arasında en önemlisi taşıyıcı sistemin uygun seçilmesi, bunun yanında kötü kalitede malzeme kullanımı, hesap hataları, donatıda detaylandırma hataları, işçilik, üretim gibi hatalardan bir veya birden fazla hatanın bir arada bulunması olarak sayılabilir. Yapıya perde duvar yerleştirildiğinde bu hataların bazılarının tolere edilerek binanın yıkılmasının önlenemediği gözlenmiştir.

Son yıllarda meydana gelen büyük depremlerde hasar gören betonarme binaların büyük çoğunluğunun taşıyıcı sisteminin sadece çerçevelerden oluştuğu görülmüştür. Taşıyıcı sisteme perde duvar yerleştirmesi ile binanın toptan göçmesinin önlenmediği gibi, perde duvarların yapılara gelen deprem kuvvetini karşılamada önemli bir rol üstlendiği bilinmektedir (Alıcıoğlu, 2013). Bu sonuç, binalarda perde duvar yerleştirilmesinin gereksinimini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada; konut türü betonarme çerçevelerden oluşan simetrik ve düzenli bir kalıp planı üzerine farklı oranlarda perde duvar yerleştirilerek perde duvar miktarı değişiminin bina performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Performans değerlendirmeleri doğrusal elastik olmayan yöntemler arasından “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak yapılmıştır.

2. AMAÇ ve KAPSAM

Binadaki kat sayısı arttıkça yatay yükler etkili olmaya ve kolon boyutları aşırı büyümeye başlar. Çok büyük kolon boyutları mimari açıdan sakıncalar doğurur. Bunun için perde duvar kullanımına geçilir. Bu durumda yatay kuvvetlerin büyük çoğunluğu perde duvarlar tarafından karşılanır. Böylece ihtiyaç duyulan kolon alanları küçülebilir.

Perdeli-çerçevesel binalarda yatay yükü perde duvar ve çerçeve ortaklaşa taşır. Perde duvar yatay yükler altında “eğilme kirişi” gibi davranırken, çerçeve ise “kayma kirişi” davranışı gösterir. Perde duvarın yer değiştirme eğrisi “dışbükey”, çerçevenin yer değiştirme eğrisi ise “içbükey” olur. Ancak perdeli-çerçevesel binalarda perde duvar ve çerçeve birlikte çalışarak, üst katlarda çerçeve perde duvarı, alt katlarda perde duvar çerçeveyi sınırlandırır.

Deprem riski ile karşı karşıya olan ülkemizin bu zamana kadar karşılaştığı ağır bilançolar can ve mal kayıpları düşünüldüğünde, binaları depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uygun olarak yapma zorunluluğu ve yeterli miktarda perde duvarların yerleştirilme gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Perde duvarlar, şiddetli depreme maruz çok katlı binalarda önemli hasarlara neden olan görelî kat ötelemelerini önemli ölçüde azaltır (Aktan ve Kırâç, 2010). Son yıllarda meydana gelen depremlerde ortaya çıkan hasarlar incelendiğinde perdeli-çerçevesel binalarda perde duvarların deprem kuvvetini karşılayarak depremdaki hasarlarının azaltılmasında son derece etkili olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle betonarme binalarda betonarme perde duvar yerleştirilmesinin ve yeterli miktarının sağlanmasının önemi büyüktür.

Literatürde, binaya yerleştirilmesi için gerekli perde duvar miktarının belirlenmesi ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Gerekli perde duvar miktarı genel olarak kat sayısına bağlı ve perde duvarın alanının bina alanına oranı olarak ifade edilmiştir (Tekel, 2006; Şahin vd., 2013; Aktan ve Kırâç, 2010). Ancak yapılan bu çalışmaların büyük çoğunluğunda gerekli perde duvar miktarı, sabit

kolon boyutları kullanılarak hesaplanmış ve lineer elastik yöntemlerle sınırlı kalmıştır. Yapılan tez çalışmasında perde duvar miktarı yanında kolon boyutları da değiştirilerek binanın doğrusal elastik olmayan çözümlemeleri yapılmıştır. Seçilen tüm parametrelerin bina performans seviyesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dolayısıyla yapılan çalışma ile yeni yapılacak konut türü betonarme binalarda yerleştirilmesi gereken perde duvar miktarı, kolon boyutları, kat sayısı ve belli bir malzeme sınıfı parametrelerine bağlı olarak belirlenmiştir. Yapılan çözümlemelerden, göreceli kat ötelenmeleri, kata göre perde duvardaki kesme kuvveti ve moment diyagramlarının dağılımı, perde duvarların taşıdığı toplam taban kesme kuvveti kapasitesi, binaya ait kapasite eğrileri, taşıyıcı elemanlara ait hasar seviyesi yüzdeleri kıyaslanmış ve parametrelere bağlı olarak değişimleri incelenmiştir.

3. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde perde duvarlar ile ilgili yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunların büyük çoğunluğunda perde duvar yerleşiminin bina davranışı üzerindeki etkisi lineer elastik çözümlerle incelenmiştir.

Aktan ve Kır   (2010), aynı yapı modeli üzerinde farklı perde duvar yerleşiminin, yapının görelî kat ötelenmesi, perde duvarların aldığı kesme kuvveti oranı (α_s katsayısı), yerdeğıştirmeleri ve burulma katsayıları üzerindeki etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlardan, perde duvar yerleşiminin bu parametreler üzerinde önemli derecede etkili olduğı gözlenmiştir.

Körlü vd. (2004), betonarme binalara perde duvar ekleyerek güçlendirme çalışması yapmıştır. Değışik perde duvar düzenine sahip binalar çözümlenmiştir. Sonuç olarak perde duvar takviyesi yapılan binalarda rijitliğin arttığı, periyodun azaldığı, kesiti yetersiz kolon elemanların perde duvar ilavesi ile kesitlerinin yeterli duruma geldiğı, perde duvar ile güçlendirme sayesinde kolonlarda mantolamaya ihtiyacın kalmadığı, görelî kat ötelemesinin azaldığı, uygun perde duvar yerleşimi ile burulmanın azaltıldığı gözlenmiştir.

Tekel (2006), tarafından yapılan çözümlemelerde kullanmak üzere kat alanı 325 m² olan bir doğrultuda beş, diğ r doğrultuda üç açıklıklı bir bina modeli seçmiştir. Binanın her bir doğrultusunda % 1 oranında perde duvar yerleştirilmiş ve kat sayısına bağılı olarak perde duvar kesme kuvveti oranı ve perde duvar moment oranının nasıl değıştiğı incelenmiştir. Bu inceleme için deprem yönetmeliğ nde verilmiş farklı yaklaşımlar göz önüne alınmıştır. Yönetmelikte bulunan farklı yaklaşımlardan elde edilen binanın devrilme momenti sonuçlarının oldukça farklı olduğı, kesme kuvveti farkının ise nispeten birbirine yakın seviyede olduğı gözlenmiştir. Ayrıca, yüksekliğı on kata kadar olan binalarda perde duvarın devrilme momentinden daha çok kesme kuvvetini taşıdığı, on kattan daha fazla yükseklikteki binalarda ise devrilme momentinin daha etkili olduğı gözlenmiştir.

Döndüren ve Karaduman (2007) tarafından yapılan çalışmada, farklı geometriye sahip 15 adet perdeli-çerçevesi bina modeli ele alınmış ve “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem” kullanılarak performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Yapılan çözümlemelerden binalardaki yerdeğiştirme, periyot, taban kesme kuvveti, devrilme momenti ve katlardaki burulma düzensizliği sonuçları incelenmiştir. Sonuçlarda en büyük kesme kuvveti, periyot ve yerdeğiştirmeye sahip binanın elips geometrik şekline sahip olduğu, en düşük kesme kuvveti, periyot ve yerdeğiştirmeye sahip binanın ise daire geometrik şekline sahip olduğu gözlenmiştir.

Çömlekoğlu (2009) tarafından yapılan çalışmada, betonarme binadaki perde duvarların, bina dinamik davranışı ve perde duvar miktarının kolon hasar seviyeleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu araştırma için 24 adet 5 ve 8 katlı bina modeli seçilmiş ve model üzerine her iki doğrultuda % 0.51 - 2.17 arasında değişen oranlarda perde duvar yerleştirilmiştir. Performans hesaplarında zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan performans analiz yöntemi kullanılmıştır. Her bir bina modeline yedi farklı deprem kaydı uygulanmıştır. Yapılan incelemelerde katlar arasındaki yer değiştirme, periyot, taban kesme kuvveti gibi parametreler ele alınmıştır. Çözümlemeler sonucunda, binaya en az % 1 perde duvar konulması gerektiği vurgulanmıştır. Perde duvar miktarının % 1.5'ten fazla olması durumunda perde duvar alanının artırılmasının davranışta etkili olmadığı gözlenmiştir.

Fahjan vd. (2011) çalışmalarında, perde duvarların doğru bir şekilde modellenmesinin binanın doğrusal ve doğrusal olmayan davranışında önemli bir etken olduğunu vurgulamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, bina türü yapıların yapısal analizinde başlıklı ve başlıksız olarak modellenen perde duvarların doğrusal ve doğrusal olmayan modelleri üzerinde çalışılmıştır. Orta dikme çubuk model kabulünü yapabilmek için FEMA 356 (2000)'da önerilen model, Fiber ve Kabuk modellerin sonuçları kıyaslanmıştır. Başlıklı ve başlıksız perde duvarlarda tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrisinin fiber ve kabuk modelde 100 mm ötelenmeye kadar benzerlik gösterdiği, FEMA 356 (2000) ve fiber modelinin 100 mm ötelenme düzeyinden sonra taban kesme kuvvetinin

çok katlı kabuk modeline göre daha yüksek olarak ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bu fark FEMA 356 (2000) ve fiber modellerinde kullanılan plastik mafsalin elasto-plastik kabulü ile oluşturulmasından kaynaklanmaktadır. Performans noktalarının, FEMA 356 (2000) ve Fiber modellerde benzer olmasına karşın çok katlı kabuk modellerinde diğer modellerden % 15 daha küçük çıktığı gözlenmiştir.

Aracı (2012), deprem güvenliği yetersiz olan binalara deprem perde duvarı ekleyerek güçlendirilmesi ve performansının “Can Güvenliği” hedef performans seviyesine çıkarılmasını sağlayacak uygun perde duvar yerleşiminin ve yeterli perde duvar miktarının belirlenmesini amaçlamıştır. Bu çalışma için 12 adet perdeli ve perdesiz bina modeli dikkate alınmıştır. Analizlerde doğrusal elastik analiz yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ne göre performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Çalışmada, binalarda perde duvarın simetrik yerleştirilmesi gereken perde duvarları bir noktada toplamak yerine binanın dış eksenlerine dağıtmanın performans düzeyini artıracığı vurgulanmıştır.

Erken (2012) tarafından yapılan çalışmada, konut türü on katlı betonarme bir binanın planı üzerinde farklı perde duvar yerleşimi oluşturarak beş farklı taşıyıcı sistem oluşturulmuş ve farklı perde duvar yerleşiminin binada meydana gelen yerdeğiştirmeleri ne oranda etkilediği gözlenmiştir. Çözümlemelerde Doğrusal Elastik Yöntemler arasından “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ve “Mod Birleştirme Yöntemi” kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yapıdaki perde duvar miktarının yanında perde duvar yerleşiminin önemli olduğu vurgulanmıştır.

Alıcıoğlu (2013), model bir binayı perdeli-çerçeve ve sadece çerçeve olarak modellemiş ve model binaları doğrusal elastik olmayan statik analiz yöntemini kullanarak çözümlemiştir. Elde ettiği sonuçlardan binaya ait kapasite eğrisini, enerji tüketme kapasitesini ve kat ötelenmelerini kıyaslamıştır. Perdeli çerçeve binaların çerçeve binalara kıyasla daha rijit ve sünek davrandığı, aynı zamanda daha yüksek performans sergilediği vurgulanmıştır.

Avşar vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, 17 Ağustos Kocaeli depreminde yıkılmış veya ağır hasar görmüş 2 adet betonarme bina ele alınmış ve bu binaların depremde iyi performans sağlayabilmesi için gerekli olan perde duvar miktarı araştırılmıştır. Bunun içinde Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYBHY, 1975)'e uygun olarak (nervürsüz donatı, düşük dayanımlı beton) tasarlanan binalara perde duvar yerleştirilmiştir. Analizler Kocaeli' de meydana gelen en büyük depreme göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntem ile çözümlenerek bina performans seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan bina alanının % 1'i oranında perde duvara sahip binaların davranışının konsol eleman davranışıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Çalışmada sonuç olarak, % 1 perde oranı kritik perde oranı olarak kabul edilmiş ve binalarda % 1 perde yerleştirilmesi ile bina performansının Can Güvenliği seviyesine çıkarılabileceği vurgulanmıştır.

Günel (2013), betonarme perde duvar alanlarının kat alanına oranı değişiminin mevcut orta katlı binaların deprem yükleri altındaki davranışına etkisini incelemiştir. Birbirine dik % 0 ve % 2.5 arasında perde duvar oranlarına sahip, beş katlı okul binası model olarak seçilmiştir. Mevcut binaların yapısal özellikleri göz önüne alınarak farklı perde oranları için kat planları, kat sayıları yapısal elemanların kesit özellikleri ve malzeme dayanımları dikkate alınarak tasarlanan yirmi 4 adet binanın doğrusal olmayan zaman tanım alanı yöntemiyle yedi farklı yer kaydı değeri için çözümlemeleri yapılmıştır. Perde duvar oranı arttıkça çatı katı ötelenmelerinin ve plastik deformasyonların azaldığı gözlenmiştir. Çalışmada, perde oranının % 1.5'e kadar artması performans üzerinde olumlu katkı sağlarken, % 1.5'i aştığı durumda katkısının azaldığı vurgulanmıştır.

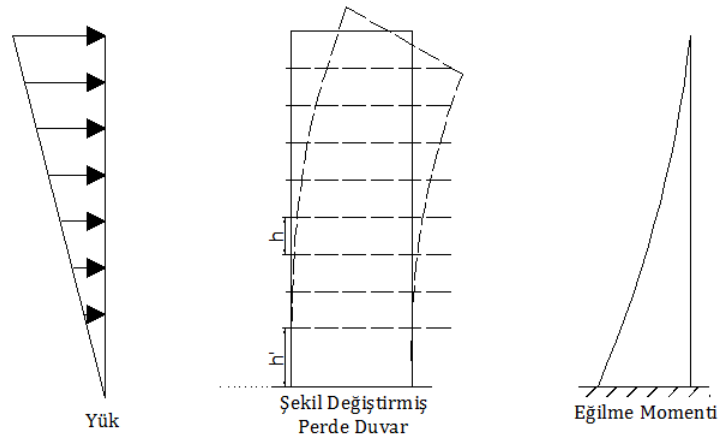
Uçar vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, mevcut yedi katlı bir binayı güçlendirmek amacıyla binaya üç farklı yerleşim düzenine sahip perde duvar eklenmiş ve görel kat ötelenmesinde, yapısal performans analizinde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılabilmesi için gereken koşullar incelenmiştir. Sonuç olarak, perde duvar eklenmesinin bina periyodunu ve yatay yer değiştirmesini azalttığı, bina rijitliğini ise artırdığı gözlenmiştir.

4. BETONARME PERDE DUVARLARIN DAVRANIŞI

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır (TS 500, 2000). Düşey yüklerin yanı sıra, perde düzlemi içinde etkiyen yatay yükleri taşımak için tasarlanırlar. Bir yapıda çerçeve sistemle birlikte kullanılabildiği gibi tek başına da kullanılabilirler. Perdelerin ana görevi, yapının yatay ötelenme rijitliğini artırmak, katlar arasında yatay ötelenmeleri sınırlamak ve tersinir deprem yükleri altında yapıya süneklik sağlamaktır (Atımtay, 2001). Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar.

Perde duvarlar deprem etkisi altında yapıda oluşan kesme kuvvetlerinin büyük çoğunluğunu üzerine alarak kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerini ve meydana gelecek hasarları oldukça azaltırlar.

Yüksek bir yapıda bulunan perde duvar yatay yükler altında konsol kiriş gibi davranır (Şekil 4.1). Perdeler, kat seviyelerinde kat döşemeleri ile bağlandığı için, ince kesitlerine rağmen yanal burkulma tehlikesi genellikle söz konusu değildir. Konsol perdeler, yatay yüklerden oluşan eğilme momenti yanında, düşey yüklerden gelen, eksenel normal kuvvet etkisi altındadır. Karşılıklı etki diyagramından hareketle, kesitin tasarımı yapılabilir (Celep, 2015).



Şekil 4.1. Konsol perde duvar davranışı (Celep, 2015)

Deprem etkilerine maruz perde duvarların etkili bir biçimde çalışabilmeleri, kat planı içinde nasıl yerleştirildiklerine bağlıdır. Perde duvarların yerleşiminde esas unsur, elastik ötesi şekil değiştirmelerin yapı planı içinde olabildiğince düzgün dağıtılması, bir bölgede toplanmamasıdır (Atımtay, 2001). Perde duvarlar yapıda olabildiğince dış eksenlere ve simetrik olarak dağıtılmalıdır. Böylece yapılarda meydana gelebilecek kütle ve rijitlik merkezleri yakın olacağı için burulma düzensizliği engellenebilir.

4.1. Perdelerin Konstrüktif Kuralları

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanları olarak tanımlanmaktadır (TS 500, 2000). DBYBHY (2007)'de donatı ve beton yerleşimi için perdelerde minimum kalınlık olarak 200 mm ve kat yüksekliği/20 (perde uç bölgesinde: kat yüksekliği/12) oranları tanımlanmıştır. Perde duvarlarda kesme kuvveti etkisini karşılamak ve uygun bir sünek davranışın sağlanması için gövde donatısına ihtiyaç vardır. DBYBHY (2007)'de tanımlanan donatı düzeni Şekil 4.2'de verilmiştir. Bu kurallar perde duvarların konsol olarak davrandığı kabulüne dayanır. Perde uç bölgesi tanımına eğilme momenti etkili olurken, gövde donatısı tanımına kesme kuvveti etkili olmaktadır.

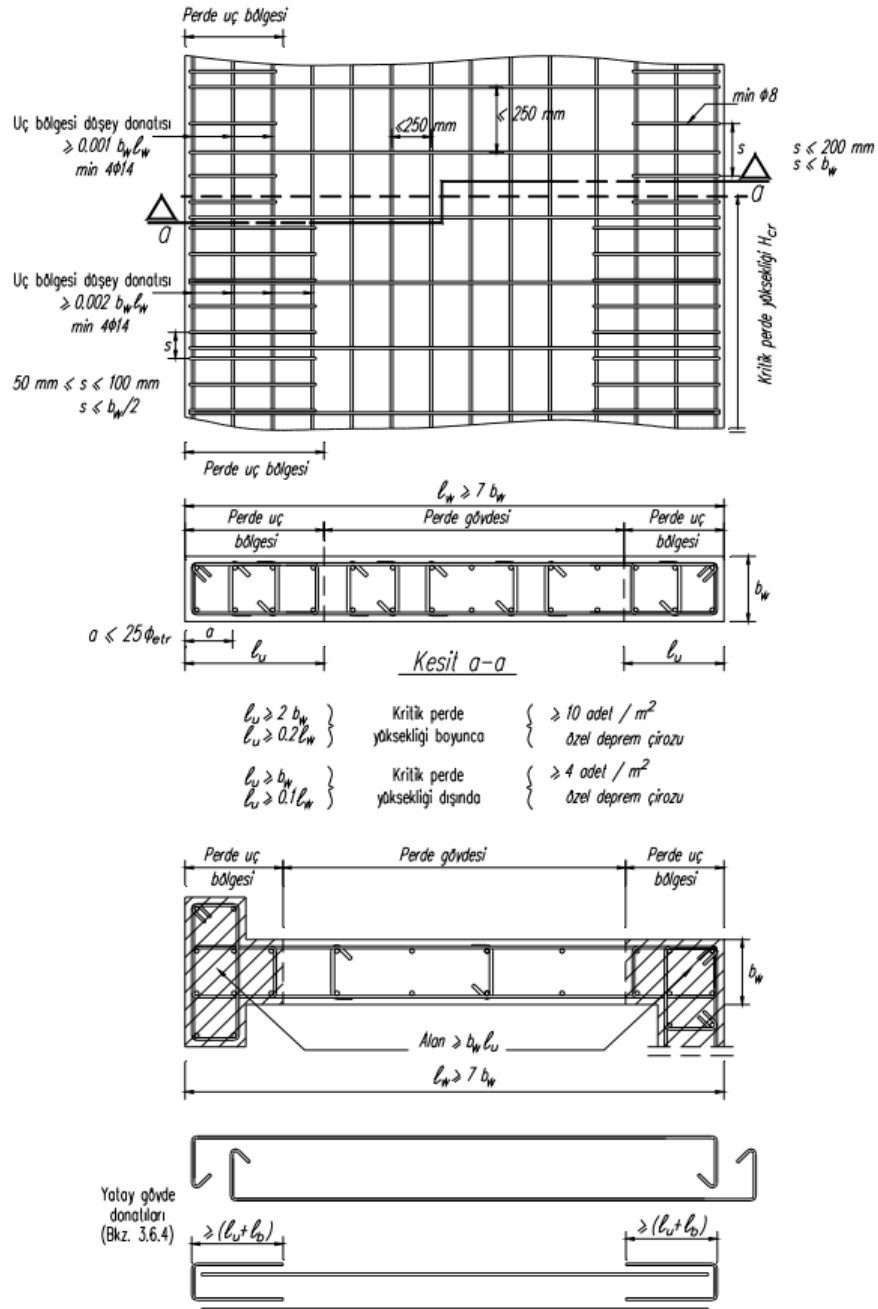
DBYBHY (2007)'de perdelerde bulunan düşey donatı oranının 0.001'den az olmaması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca perdelerde uç bölgelerde donatı miktarı $4\phi 14$ 'den az olmamalıdır. Perde uç bölgelerindeki etriyelerin en küçük çapı 8 mm olarak seçilmeli, etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık ise etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmamalıdır.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun % 20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2\ell_w$ değerini aşmamak üzere, Denklem (4.1) ve Denklem (4.2)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenir. Buna göre tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için DBYBHY (2007)'de belirlenen enine donatının en az $2/3$ 'ü yerleştirilmelidir. Düşey

doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacak şekilde seçilmelidir (Şekil 4.2). Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilir.

$$H_{cr} \geq l_w \quad (4.1)$$

$$H_{cr} \geq H_w/6 \quad (4.2)$$

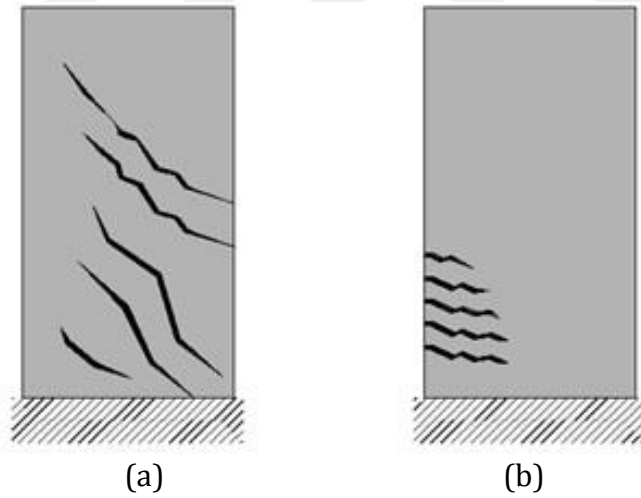


Şekil 4.2. Perde duvar donatı detayı (DBYBHY, 2007)

4.2. Perdelerde Güç Tükenme Şekilleri

Bina, meydana gelebilecek bir deprem kuvvetine karşı deprem yönetmeliğinde bulunan şartlara uygun olarak bir öngörüye göre tasarlanır. Ancak deprem öngörülemez bir doğal afet olduğu için tasarımdan daha büyük bir deprem meydana gelebilir. Yapıda deprem sırasında meydana gelecek güç tükenmesinin sünek bir şekilde karşılanması ve toptan göçmenin önlenmesi gerekir (Şekil 4.3).

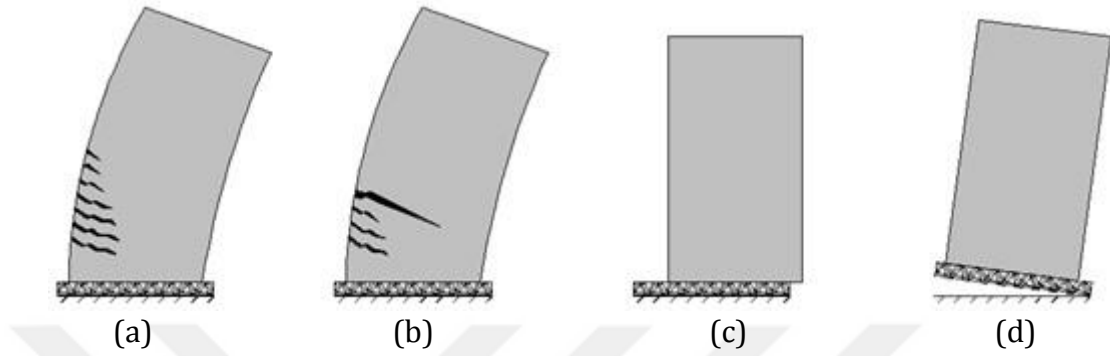
Elemanlarda kesit kapasitelerinin olabildiğince birbirine yakın bulunması ile kesitler arasında yardımlaşma sonucu güç tükenmesinin birbirini izlemesi sağlanabilir. Böylece taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışında hasarın bir kesitte yoğunlaşması önlenerek, yayılı olarak ortaya çıkması, yerel büyük bir hasar yerine, dağılı küçük hasarlar ile depremin karşılanması sağlanır (Celep, 2008).



Şekil 4.3. Perde duvarda meydana gelen sünek ve gevrek kırılma biçimleri; (a) gevrek davranış, (b) sünek davranış (Celep, 2008)

Şartnamelere uygun tasarlanmış ve uygun donatı atılmış perde duvarlarda küçük şiddetli depremlerde çok büyük hasarlar gözlenmez, orta şiddetli depremlerde taşıyıcı olmayan sistemlerde hasar gözlenebilir ve büyük şiddetli depremlerde ise yapıların taşıyıcı sistemlerinde büyük hasarlar oluşabilir ancak perde duvarda meydana gelen güç tükenmesi sayesinde toptan göçmeler

meydana gelmez. Perdelerin göçme biçimleri çeşitli şekillerde olabilir. Perdelerde meydana gelen güç tükenme biçimleri Şekil 4.4'te verilmiştir. Perdelerde güç tükenmesi, eğilme güç tükenmesi, kesme kuvveti güç tükenmesi, toptan kayma göçmesi ve devrilme göçmesi şeklinde ortaya çıkabilir.



Şekil 4.4. Perde duvarların güç tükenme biçimleri; (a) eğilme güç tükenmesi, (b) kesme kuvveti güç tükenmesi, (c) toptan kayma göçmesi, (d) devrilme göçmesi (Celep, 2015)

Eğilme göçmesinde, perdenin en büyük moment oluşan taban bölgesindeki donatı elastik sınırı geçerek yatay plastik sınır içinde uzar ve akma bölgesindeki belirli bir uzamadan sonra pekleşme ile donatıdaki sabit gerilme tekrar yükselmeye başlar. Bunun sonucu olarak, donatıdaki çekme kuvveti şiddeti de artar. Kesit içindeki kuvvet çiftlerinin büyümesiyle kesitin taşıyabileceği moment de artar. Oluşan bu pekleşmeli momentin ardından perde kesitindeki şekil değiştirmeye bağlı göçme meydana gelir (Şekil 4.4.a). Kesme kırılmasında, betonun kesme dayanımı yüksek olup, betonda kesme kuvvetlerine bağlı olarak ortaya çıkan eğik asal çekme gerilmelerinden dolayı kesit kesme kapasitesine ulaşarak göçer (Şekil 4.4.b). Diğer göçme biçimi perde ve temel birleşiminde kayma ile meydana gelir. Yanal deprem kuvvetinden dolayı oluşan gerilmelere bağlı perde temel birleşiminde yeterli filiz donatısının olmaması nedeni ile perdenin rijit bir kütle hareketi yaparak yatay düzlem üzerinde kayması sonucu oluşan göçmedir (Şekil 4.4.c). Son göçme şekli de eğilme ve taban kaymasının bir arada olması ile meydana gelen göçme şeklidir (Şekil 4.4.d) (Öztürk, 2005).

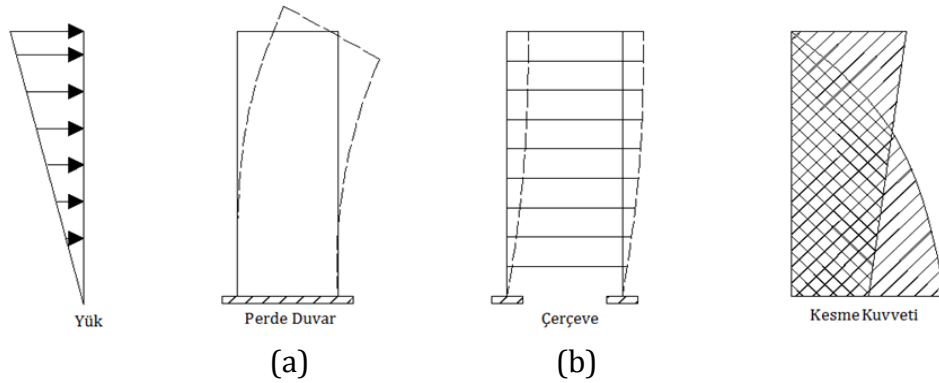
Perdelerdeki hasarın sünek olarak ortaya çıkması ve kesme kırılmasının önlenmesi zorunludur. Bunun sağlanması için perde duvar elemanlarda kesme kuvvetine DBYBHY (2007)'de Denklem (4.3)'te verilen üst sınır getirilmiştir.

$$V_d \leq V_r = \min[A_{ch}(0.65 f_{cta} \rho_{sh} f_{yd}); 0.22 A_{ch} f_{cd}] \quad (4.3)$$

Burada A_{ch} perde kesit alanını ve ρ_{sh} perde yatay donatı oranını göstermektedir. Süneklik düzeyi yüksek perdelerin ileri derecede süneklik göstermeleri için, yönetmelikte ayrıca ek koşullar öngörülmüştür. Örneğin, perdeler konsol kirişe benzer davranış gösterdiği için, en çok zorlanan kesiti temele birleştiği bölgededir. Süneklik düzeyi yüksek perdeler için aşırı yüklemelerde H_{cr} kritik perde yüksekliği olarak tanımlanan perde alt bölgesi uç bölgelerinde daha büyük donatı oranları öngörülmüştür (Celep, 2015).

4.3. Perde Duvar-Çerçeve Etkileşimi

Sadece perde duvarlardan oluşan sistemlerde deprem etkisi altında en büyük göreceli kat ötelemesi üst katlarda meydana gelirken (Şekil 4.5.a), sadece kolon ve kiriş taşıyıcı elemanlardan oluşan çerçeve binalarda alt katlarda meydana gelir (Şekil 4.5.b). Perde ve çerçevenin birlikte kullanıldığı perdeli-çerçeve binalarda ise alt katlarda perde duvar çerçevenin ötelenmesini sınırlandırırken, üst katlarda çerçeve perde duvarın ötelenmesini sınırlandırır. İki sistem yatay yükün taşınmasında birbirine yardım ederken, üst katlarda perdeye etkiyen yük işaret değiştirir.



Şekil 4.5. Perde duvar-çerçeve etkileşimi; (a) perde duvar davranışı, (b) çerçeve duvar davranışı (Celep, 2015)

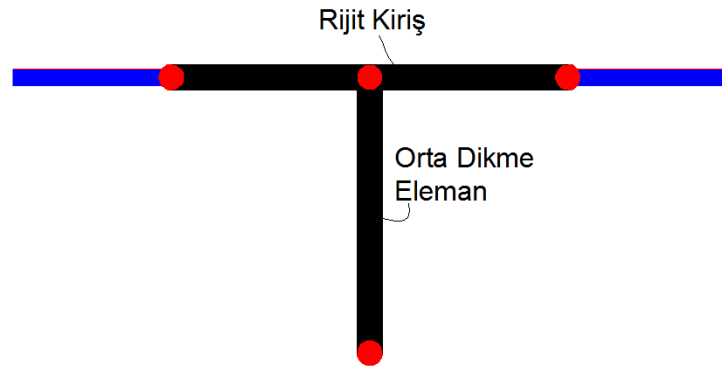
4.4. Perde Duvarların Modellenmesi

Büyük oranda kesme kuvveti taşıyan betonarme perde duvarlar yapısal analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkilediği için, perde duvarların doğru bir şekilde modellenmesi bina türü yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan çözümleri açısından büyük önem taşımaktadır (Fahjan vd., 2011).

4.4.1. Perde duvarlar için doğrusal davranış modeli

4.4.1.1. Orta- dikme çubuk modeli

Perde rijitliğini tarif etmek için kullanılan en yaygın modelleme tekniği orta-dikme çubuk elemanı modelidir. Bu modelde kesişen kirişler ile döşeme bileşenlerini uygun bağlantılarına izin vermek için yatay çubuk elemanları (rijit kirişler) kullanılmaktadır. Rijit kirişler bu modelde sonsuz rijit atanması durumunda, özellikle perdeye bağlanan diğer yapısal elemanlarda gerçekçi olmayan kesit etkilerinin oluşmasına neden olur. Bu modeller perde duvarlı binaların doğrusal ve doğrusal olmayan çözümlerinde yaygın olarak kullanılır (Fahjan vd., 2011).

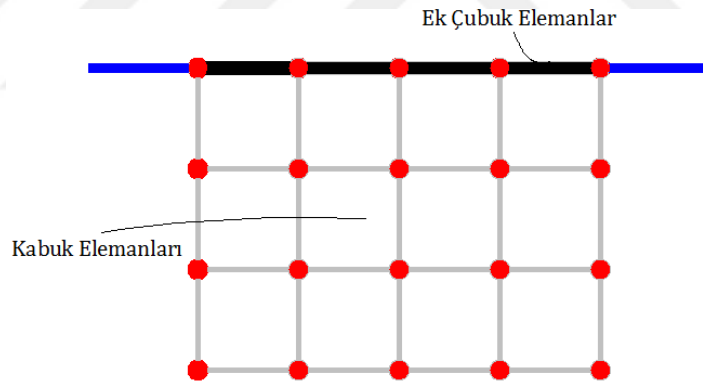


Şekil 4.6. Perde duvar orta dikme çubuk modeli (Fahjan vd., 2011)

4.4.1.2. Sonlu elemanlar kabuk modeli

Perde duvar modellenmesinde kabuk modellerin kullanılması daha gerçekçi sonuçlar verebilir. Analiz ve tasarım yazılımlarının çoğunda kabuk elemanlarının düzlem içi dönme serbestlik derecesiyle (drilling degree of

freedom) birlikte her düğümde altı serbestlik derecesine sahip olduğu varsayılır. Bu serbestlik derecelerinin kullanımı, kabuk eleman modelini 3-boyutlu çubuk elemanları ile uyumlu konuma getirir. Bu nedenle, kabuk elemanlar ile perde duvar modellenmesinde gerçekçi bir davranış elde etmek için ağ sistemi oluşturulmasına ihtiyaç duyulur. Kabuk elemanların en büyük avantajı birbiriyle etkileşimli olan karmaşık perde duvar sisteminin modellenmesini sağlamasıdır. Kabuk eleman dönme denklemleri düzlem içi dönme serbestlik derecesini içermesine rağmen, çözümsel sonuçları, dönme serbestlik derecesinden elde edilen sonuçların yükleme şartları ve ağ sıklığına tutarsız ve aşırı duyarlı olduğunu göstermiştir. Bu durum, duvarla aynı düzlemdeki kirişlerin perde duvara bağlandığı noktadaki eğilme momentinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu problemi çözmek için mühendislik uygulamalarında perde duvara bağlı kirişler genellikle perdenin kabuk elemanları içine doğru uzanan ek çubuk elemanları (rijit kirişler) kullanılarak modellenir (Fahjan vd.,2011).



Şekil 4.7. Çok katmanlı kabuk modeli (Fahjan vd., 2011)

4.4.2. Perde duvarlar için doğrusal olmayan davranış modeli

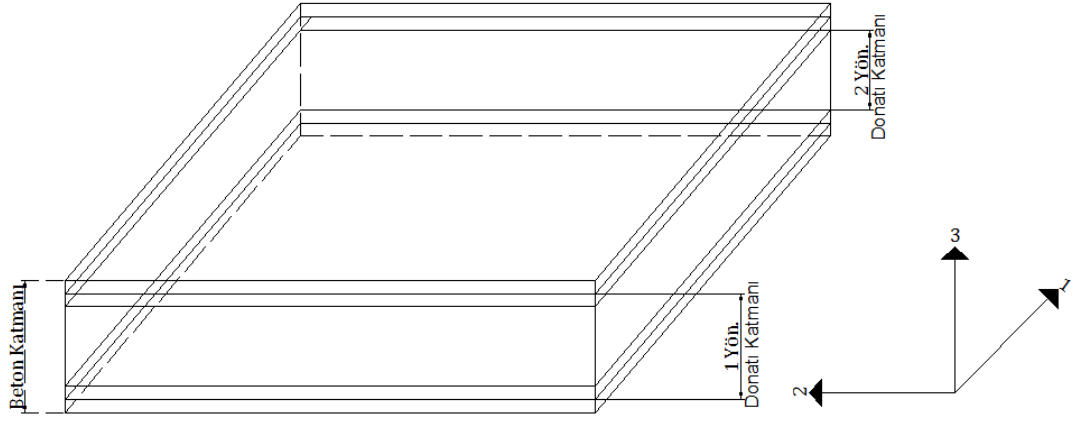
4.4.2.1. Sürekli sonlu eleman modeli

Perde duvarların modellenmesinde, doğrusal olmayan katı elemanların kullanıldığı sürekli elemanlar için farklı yazılımlar kullanılabilir. Bu elemanlar beton ve donatı model detaylarında üstünlük sunarlar (Nicolae ve Reynouard, 2000). Donatı üç farklı yönde tanımlanabilir. Sürekli eleman modellerinin

oluşturulmasında daha fazla miktarda girdi parametrelerine ihtiyaç duyulmasına rağmen az sayıdaki betonarme eleman parçalarının analizinde daha verimli olurlar. Öte yandan, sürekli elemanlar modeli normal büyüklükteki bina yapılarının tasarımı ve analizinde pratik olarak henüz uygulanabilir değildir (Fahjan vd., 2011).

4.4.2.2. Çok katmanlı kabuk elemanı

Çok katmanlı kabuk elemanları ile perde duvarların modellenmesinde çok katmanlı kabuk elemanları kullanılır. Çok katmanlı kabuk elemanı, kompozit malzeme mekaniği prensiplerine dayanır ve bu düzlem/düzlem dışı eğilme çifti ve düzlemsel eğilme-kesme çifti gibi betonarme perdelerin doğrusal olmayan davranışlarını model üzerine yansıtır (Miao vd., 2006). Kabuk elemanı, farklı kalınlıklardaki birkaç katmandan oluşur ve bu katmanlar farklı özellikteki malzemelerden meydana gelebilir (Şekil 4.8). Bu, donatı çeliğinin birden fazla katman içine yayılabilmesi anlamına gelir. Sonlu elemanların hesabı sırasında bir eleman için eksenel gerilme ve orta katman eğriliği elde edilebilir. Düzlem kesitlerin düzlem kaldığı varsayımına göre, diğer katmanların eğilmeleri ve gerilmeleri malzemelerin yapısal bağlantıları vasıtasıyla hesaplanabilir. Üstelik prensiplerden görülmektedir ki, perdenin yapısal performansı malzeme davranışının temel prensipleri ile doğrudan ilgilidir. Performansa dayalı tasarımda kullanılmak üzere, sünek betonarme elemanların performans esasları ATC 40 (1996) ve FEMA 356 (2000) belgelerinde eleman uçlarındaki plastik dönme cinsinden tarif edilmiştir. Bu nedenle, mühendislik uygulamaları için bu modelin daha da geliştirilmesi gerekmektedir (Fahjan vd., 2011).



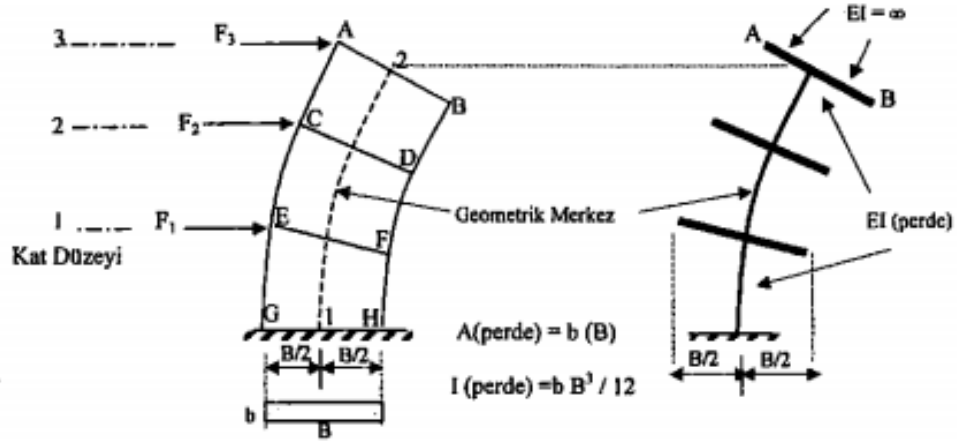
Şekil 4.8. Perde duvar sonlu elemanlar kabuk modeli (Fahjan vd., 2011)

4.4.2.3. Plastik mafsallı (PMM) orta-dikme çubuk modeli

Bu modellemede, orta-dikme ve rijit kiriş elemanlarından oluşmaktadır. Doğrusal olmayan malzeme davranışı, orta-dikme elemanındaki bir plastik mafsallı ile modellenebilir. Plastik mafsallı yapısal model, plastik eğilmenin beklendiği bölgeye bir elasto-plastik yay elemanı yerleştirilerek oluşturulur. İki elasto-plastik yay arasındaki eleman elastik olarak modellenir. Elastik olmayan şekil değiştirmelerin tamamının bu yay ile meydana geldiği varsayılır (Otani, 1980). Orta-dikme çubuk elemanın doğrusal olmayan modeli genellikle iki doğrusal parçalı (bilineer) moment-dönme ilişkisine ve plastik mafsallı kavramına dayanır. Plastik mafsalların (P-M-M Etkileşimli) modeli, mafsallı plastik davranışını kabul eden tanımlarla hesaplanır. Plastik mafsallı tanımları mühendislik uygulamalarında perdelerin doğrusal olmayan analizinde doğrudan kullanılabilir.

Yapılan çalışmada perde duvar modellemesi için doğrusal olmayan plastik mafsallı orta dikme çubuk modeli kullanılmıştır. Bu modelleme yöntemi literatürde geniş kolon antolojisi olarak ta bilinir. Bu modelde, Şekil 4.9'da görüldüğü gibi perde elemanın geometrik merkezine dik olacak şekilde alınan her kesit içinde, düzlem kesitler düzlem olarak kalmaktadır. Yapılan çözümlemelerde bu davranışı yansıtabilmek için temel kotundan başlayarak yapı üst kotuna kadar uzanan sürekli perdenin çerçeve ile birleşim düzeylerinde düğüm noktaları oluşturulmuştur. Bu kat düzeylerinde, perde kesitinin düzlem

kaldığı gözlemini yansıtabilmek için, uzunlukları perde kesit genişliğinin yarısına eşit ($B/2$) ve eğilme rijitlikleri sonsuz olan ($EI=\infty$) çubuk elemanlar kullanılmıştır (Atımtay, 2001).



Şekil 4.9. Perde duvarın eşdeğer matematik modeli (Atımtay, 2001)

4.5. Perde Duvar Miktarı

Binanın kat sayısı arttıkça yapı ağırlığının artmasına bağlı olarak yatay deprem kuvvetlerinin ve kolon eksenel kuvvetlerinin de artması söz konusudur. Bu durum, çok katlı binaların alt kat kolonlarında kesit boyutlarının aşırı büyümesinden dolayı mimari açıdan bazı zorlukları ortaya çıkarmaktadır. Çok katlı binalarda perde duvar kullanımı daha ekonomik olup yapının deprem yükleri altındaki performansını da önemli ölçüde artırmaktadır. Yeni yapılacak bir binada, tasarımcı mühendisin planda ne kadar perde duvar yerleştirmesi gerektiğini bilmesi son derece faydalı olacaktır. Genellikle binaya konulacak perde miktarı bina alanının % 1'i olarak kabul edilmektedir. Ancak bu oran bazı binalarda düşük oranda kalabilirken, bazı binalarda fazla olarak ortaya çıkabilmektedir.

DBYBHY (2007)'de Denklem (4.4) ve Denklem (4.5)'te verilen iki koşulun sağlanması durumunda perde kalınlığının azaltılabileceği belirtilmektedir.

$$\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0.002 \quad (4.4)$$

$$V_t / \Sigma A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad (4.5)$$

Burada ΣA_g , herhangi bir kat içerisindeki deprem doğrultusuna paralel doğrultuda çalışan perde duvar alanını; ΣA_p , toplam kat alanını; V_t , taban kesme kuvvetini; f_{ctd} , betonun tasarım çekme dayanımını temsil etmektedir. DBYBHY (2007)'de verilen bu denklemler; Tekel (2006) tarafından düzenlenerek Denklem (4.6) ve (4.7) olarak basitleştirilmiştir.

$$\frac{\Sigma A_g}{A_p} = 0.002 n \quad (4.6)$$

$$\frac{\Sigma A_g}{A_p} = 0.0038 n \quad (4.7)$$

Burada n , binadaki kat sayısını; A_p , bir kat alanını; A_g herhangi bir katta bulunan perde elemanlarının en kesit alan toplamı temsil etmektedir.

Çizelge 4.1. Perde duvar oranı (Tekel, 2006)

Kat Sayısı	$\frac{\Sigma A_g}{A_p} (\%)$	
	Denklem 4.6	Denklem 4.7
1	0.2	0.38
2	0.4	0.76
3	0.6	1.14
4	0.8	1.52
5	1	1.90
6	1.2	2.28
7	1.4	2.66
8	1.6	3.04
9	1.8	3.42
10	2	3.80

Atımtay (2000)'nin yapmış olduğu çalışmada, binalarda kat seviyesine bağlı olarak bulunması gereken perde oranı değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Burada önerilen perde duvar miktarları her bir doğrultuda yerleştirilmesi gereken perde duvar alanının (A_p) bir kat alanına (A) oranını ifade etmektedir.

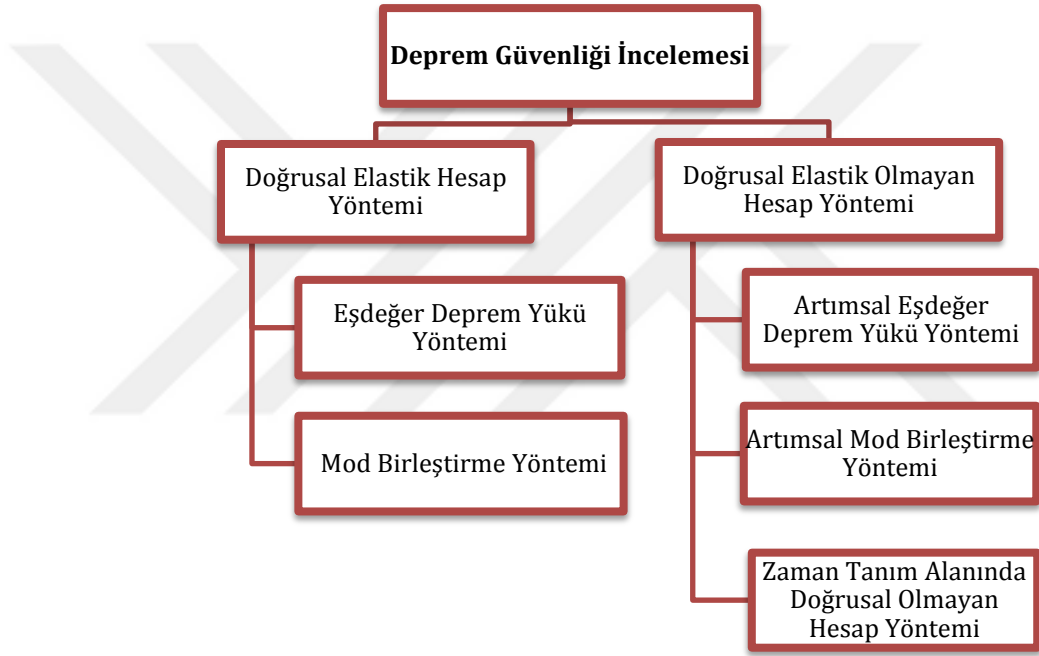
Çizelge 4.2. Önerilen perde duvar oranı (Atımtay, 2000)

Kat sayısı	Perde duvar oranı (A_p/A)
1	0.0013
2	0.0025
3	0.0038
4	0.0050
5	0.0053
6	0.0079
7	0.0088
8	0.0101
9	0.0114
10	0.0126
15	0.0190
20	0.0250

Ersoy (1993) yapmış olduğu çalışma sonucunda, perde miktarının plan alanına oranının ‰ 1.5'i olması gerektiğini öne sürmüştür. Projecilerin de genellikle bu çalışmalara uygun tasarım yoluna gittikleri gözlenmektedir.

5. BETONARME BİNALARDA DEPREM GÜVENLİĞİ İNCELEMESİ

Deprem bölgesinde bulunan mevcut binaların deprem güvenliğinin incelenmesi ve gerekli olanların güçlendirilmesi için uygulanacak hesap yöntemleri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007)'in 7. bölümünde belirtilmiştir. Yönetmelikte binaların deprem güvenliği incelemesinde, bu bölümde belirtilen doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden birinin kullanımı zorunlu kılınmıştır. Bu yöntemlerde kendi içerisinde alt yöntemlere ayrılır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Deprem güvenliği incelemesinde kullanılan yöntemler

Bu tez çalışmasında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri arasından “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için DBYBHY (2007)’de tanımlanan koşullar aşağıda sunulmuştur.

“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.”

Yöntemin uygulanabilmesi için ilk aşama binalardan bilgi toplanmasıdır. Taşıyıcı sistem elemanlarına ait detaylar ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir (DBYBHY, 2007). DBYBHY (2007), bilgi düzeyini sınırlı, orta ve kapsamlı olarak üç sınıfa ayırmaktadır (Çizelge 5.1). Bilgi düzeyine bağlı olarak tanımlanan katsayılar eleman kapasitelerine uygulanmaktadır.

Çizelge 5.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Yapılan hesaplarda yönetmeliğin öngördüğü eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

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: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Eksenel basınç kuvvetinin (N_D) ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin

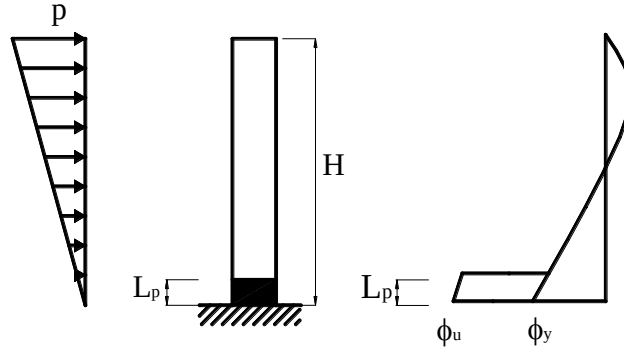
kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

Performans değerlendirmesinin ilk adımını kesitlere ait plastik mafsalların atanması ve artan yanal yük altında kapasite eğrisinin elde edilmesi oluşturur. Hesaplarda elde edilen kapasite eğrisi, “modal yer değiştirme-modal ivme” eğrisine dönüştürülür. Spektrum eğrisinin (spektral ivme-periyot) ise spektral ivme-spektral yerdeğiştirme eğrisine dönüşümü yapılarak “modal yerdeğiştirme-modal ivme” eğrisi ile aynı grafik üzerinde çizilir. Bu grafiklerden elde edilen hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki taşıyıcı elemanlarda meydana gelen şekil değiştirme değerleri, DBYBHY (2007)’de tanımlanan sınır değerlerle kıyaslanarak eleman hasar seviyeleri belirlenir. Kat içerisindeki taşıyıcı sistem elemanlarının hasar seviyelerinin dağılımına bağlı olarak kat performans seviyesi, kat performans seviyelerinin kıyaslanması ile bina performans seviyesi belirlenir. Bina kullanım amacına bağlı olarak belli bir deprem seviyesi için tanımlanan hedef performans seviyesi ile bina performans seviyesi kıyaslanır ve binanın deprem güvenliğinin olup olmadığına karar verilir.

5.1. Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılarak performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için kolon ve kiriş elemanların her iki mesnet bölgesine, perde elemanların ise her katta sadece alt ucuna plastik mafsalların tanımlanması gerekir. Kiriş elemanlara M_3 mafsali atanırken, kolon ve perde elemanlara eksenel yük etkisi de dâhil edilerek P- M_2 - M_3 mafsali atanır. Kesite ait plastik mafsalların tanımlanmasında, kesitin moment-dönme ilişkileri kullanılır. Moment-dönme ilişkisi, moment-eğrilik ilişkisinden yararlanarak elde edilebilir (Denklem 5.1). Bunun için, DBYBHY (2007)’de önerilen yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Basit eğilme durumunda, plastik mafsall

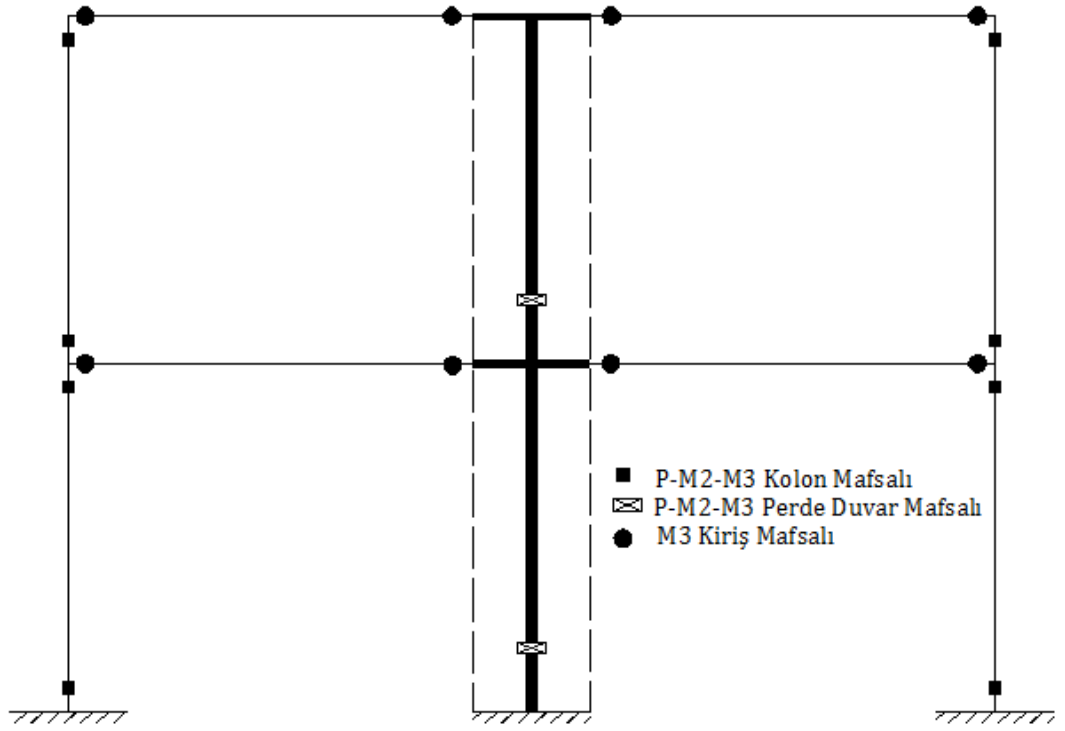
hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır (Şekil 5.2.).



Şekil 5.2. Yığılı plastik davranış modeli

$$\varphi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (5.1)$$

Yapılan tez çalışmasında, DBYBHY (2007)'nin öngördüğü şekilde plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan eşdeğer plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmıştır ($L_p = 0.5h$). Şekil 5.3'te betonarme perdeli-çerçevesel bir modele ait atanan plastik mafsallar tanımlanmıştır.



Şekil 5.3. Plastik mafsalların atanması

Plastik mafsalların tanımlanmasının ardından sistem, öncelikle kütlelerle uyumlu düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analiz ile çözümlenmektedir. 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 yapılır. Yapılan itme analizi ile koordinatları “taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme” olan kapasite eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirme, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan herhangi bir deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirme. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin bu deprem doğrultusundaki toplamıdır.

5.2. Hedef Yerdeğiştirme İstem Seviyesinin Belirlenmesi

Hedef yer değiştirme istem seviyesinin belirlenebilmesi için kapasite eğrisinin koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” koordinatlarına dönüştürülerek modal kapasite eğrisi elde edilir. Birinci moda ait modal ivme

$[a_1^{(i)}]$ Denklem (5.2)'de, modal yer değıştirme $[d_1^{(i)}]$ Denklem (5.3)'te, modal katkı çarpanı $[\Gamma_{x1}]$ Denklem (5.4)'te verildiğı gibi hesaplanabilir.

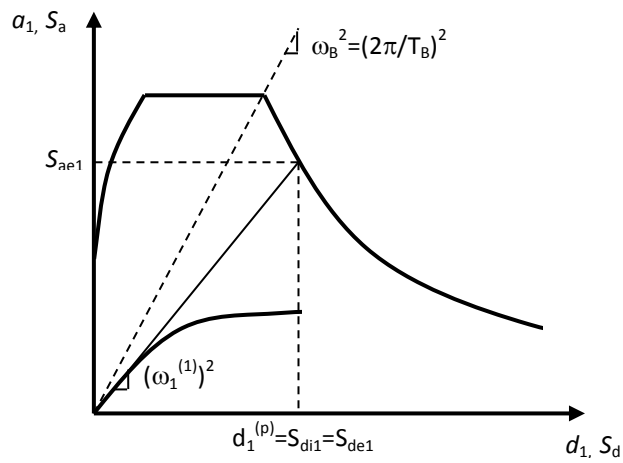
$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (5.2)$$

$$d_i^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1}\Gamma_{x1}} \quad (5.3)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (5.4)$$

Burada, V_{x1} , deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci modu; M_{x1} , x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hâkim) moda ait etkin kütle; $u_{xN1}^{(i)}$, binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değıştirmesi, $u_{xN1}^{(p)}$ binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yer değıştirmesi, Γ_{x1} x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı ve M_1 birinci kata ait modal kütle ifade etmektedir.

Binaya ait elde edilen modal kapasite eğrisi ile S_a - S_d formatına dönüştürölmüş spektrum eğrisi aynı grafik üzerinde çizilmelidir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu

Doğrusal elastik spektral yer değiştirme (S_{de1}), itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elde edilen elastik spektral ivme S_{ae1} değerinden yararlanılarak hesaplanır (Denklem 5.5).

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (5.5)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme S_{di1} , doğrusal elastik (linear) spektral yer değiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak Denklem (5.6) ile elde edilir.

$$S_{d1} = C_{R1} S_{de1} \quad (5.6)$$

Burada C_{R1} , $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodu ve ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B 'ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır (Demir vd., 2013).

- $T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$ olması durumunda (eşit yer değiştirme kuralı uyarınca) C_{R1} , Denklem (5.7)'de verildiği gibi dikkate alınır.

$$C_{R1} = 1 \quad (5.7)$$

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

- İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, BESAM (Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme Programı) programı ile 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 ($T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$).

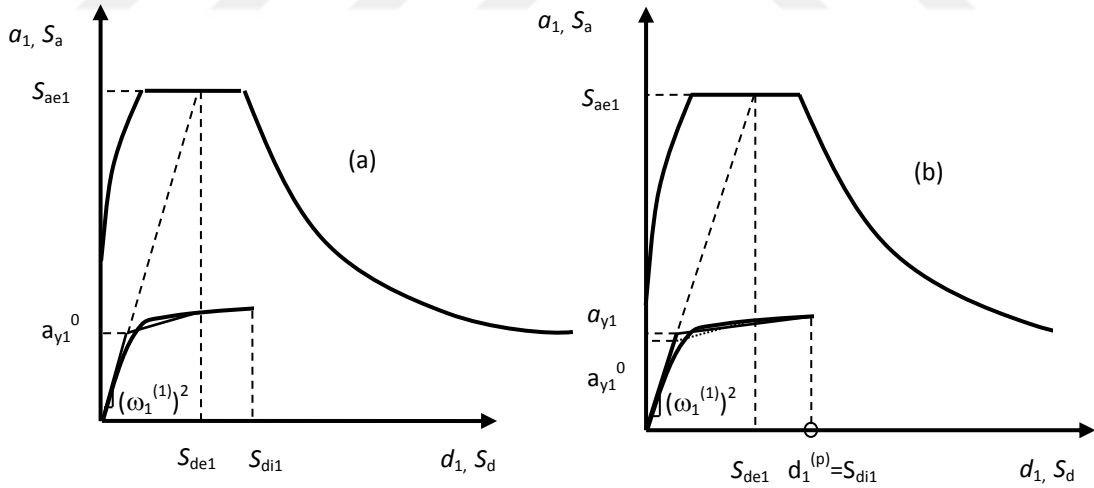
- Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 5.5.a'da

görülen $a_{y1}=a_{y1}^0$ esas alınarak R_{y1} ve C_{R1} değerleri, Denklem (5.8) ve Denklem (5.9)'da verildiği gibi hesaplanır. Bu bağıntıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (5.8)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B/T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (5.9)$$

- Denklem (5.9)'da elde edilen C_{R1} kullanılarak Denklem (5.10)'a göre hesaplanan S_{di1} esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 5.5.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 kullanılabileceğini kabul etmektedir.



Şekil 5.5. Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme

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

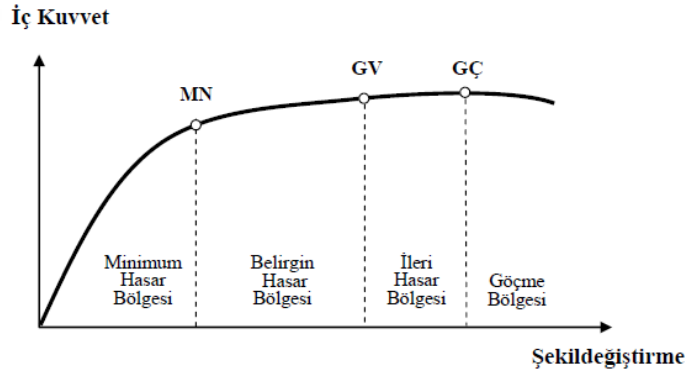
$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (5.10)$$

Son itme adımında modal yer değıştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denklem (5.11)'de yerine konulması ile x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğıştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir.

$$u_{xN1}^{(P)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (5.11)$$

5.3. Eleman Hasarlarının Belirlenmesi

Hedef yer değıştirme istem seviyesindeki taşıyıcı elemanlarda beton ve donatıya ait meydana gelen şekil değıştirme değeri ile DBYBHY (2007)'de belirtilen sınır birim şekil değıştirme değeriyle o yapı elemanında meydana gelecek hasar seviyesi belirlenir. DBYBHY (2007)'de dört farklı hasar seviyesi tanımı mevcuttur. Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 5.6.).



Şekil 5.6. Kesit hasar bölgeleri

DBYBHY (2007)'de;

Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değıştirmesi (ϵ_{cu}) ile donatı çeliğı birim şekil değıştirmesi (ϵ_s) üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$$

$$(\epsilon_s)_{MN} = 0.01$$

Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için şekil değiştirme üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135$$

$$(\varepsilon_{cu})_{GV} = 0.04$$

Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için şekil değiştirme üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018$$

$$(\varepsilon_{cu})_{GC} = 0.06$$

olarak tanımlanmıştır.

Burada, ρ_s mevcut enine donatının hacimsel oranını, ρ_{sm} gerekli enine donatının hacimsel oranını ifade eder.

5.4. Bina Performans Seviyesinin Belirlenmesi

DBYBHY (2007)'de dört farklı bina performans seviyesi tanımlanmaktadır. Eleman hasarlarının dağılımına bağlı olarak kat, kata bağlı olarak ta bina performans seviyesi tanımlanır. DBYBHY (2007)'de bu performans seviyeleri için verilen koşullar aşağıda tanımlanmıştır.

Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi:

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, kiriş dışındaki diğer elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir.

Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi

(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 Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki 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 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.

Göçme Öncesi (GÖ) Performans Düzeyi

(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.

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

Göçme Durumu (GD) Performans Düzeyi

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır.

5.5. Bina Hedef Performans Seviyesinin Belirlenmesi

Yeni yapılacak konut tipi binalar için DBYBHY (2007)'de tanımlanan ivme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır. Bunlardan biri 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, DBYBHY (2007)'de tanımlanan spektrum ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır. Diğerinde ise, 50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise DBYBHY (2007)'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.

DBYBHY (2007), mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (DBYBHY, 2007)

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem 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 kıslalar, 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	-

6. KULLANILAN PROGRAMLARIN TANITILMASI

Yapılan tez çalışmasında bina performans seviyelerinin belirlenebilmesi için üç farklı program birlikte kullanılmıştır.

6.1. Betonarme Elemanlarda Sargı Modelleme (BESAM) Programı

Çalışma kapsamında kullanılacak taşıyıcı sistem elemanlarına ait plastik mafsallar, BESAM (2013) programı yardımıyla hazırlanmıştır. BESAM programında bahsedildiği gibi kesite ait moment-eğrilik, moment-dönme, normal kuvvet-moment ilişkileri kolayca elde edilebilmektedir. Bunun yanında hedef yerdeğiştirme istem seviyesinin belirlenmesi aşamasında da ilgili programdan yararlanılmaktadır. Programa ait bir görünüm Şekil 6.1’de verilmiştir.

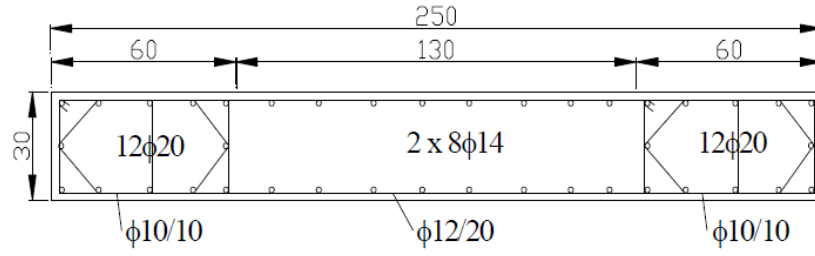
The screenshot displays the BESAM program's 'Yeni Kesit Ekle' (Add New Section) window. The interface is organized into several sections:

- Kesit Bilgileri (Section Information):** Includes fields for 'Kesit No:' (1), 'Kesit Adı:' (Kolon), and 'Kesit Türü:' (Kolon).
- Kesit Boyutları (Section Dimensions):** Includes fields for 'b:' (300 mm) and 'h:' (300 mm).
- Malzeme Özellikleri (Material Characteristics):** Includes fields for 'Beton Sınıfı:' (20) and 'Donatı Sınıfı:' (420).
- Etriye Özellikleri (Reinforcement Characteristics):** Includes fields for 'Etriye Çapı:' (8 mm), 'Etriye Aralığı:' (100 mm), 'Etriye Kol Sayısı X:' (2.0), and 'Etriye Kol Sayısı Y:' (2.0).
- Basınç Bloğu (Pressure Block):** Includes radio buttons for 'Dikdörtgen Basınç Bloğu' and 'Mander Basınç Bloğu'.

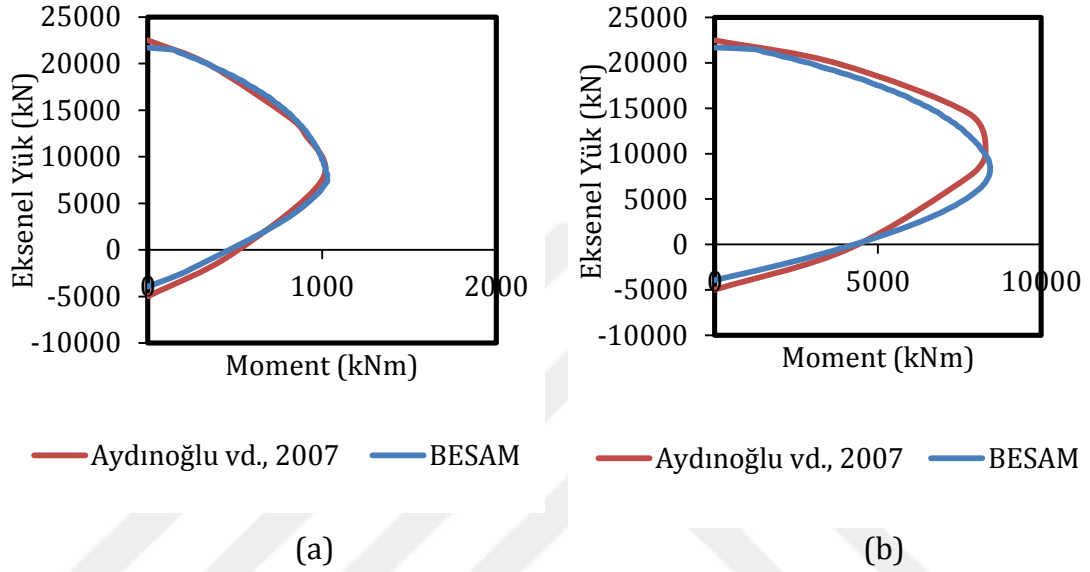
At the bottom of the window, there are three buttons: 'Vazgeç', 'Kaydet', and 'Kaydet ve Donatıları Düzenle'.

Şekil 6.1. BESAM programına ait bir görünüm

Şekil 6.2’de kesiti verilen perde duvar elemana ait BESAM programından her iki yön için elde edilen etkileşim diyagramı sonuçları literatürdeki sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Şekil 6.3.a’da verilen etkileşim diyagramı, perde duvar elemanın kısa doğrultuda, Şekil 6.3.b’de ise uzun doğrultuda çalışmasını temsil etmektedir.



Şekil 6.2. Perde duvar kesiti (Aydinoğlu vd., 2007)



Şekil 6.3. Perde duvar kesiti etkileşim diyagramı; (a) kısa doğrultuda çalışma durumu, (b) uzun doğrultuda çalışma durumu

6.2. Doğrusal Elastik Olmayan Program (DELOP)

Tez çalışması kapsamında binaların deprem performans seviyesinin belirlenebilmesi için Doğrusal Elastik Olmayan Program (DELOP) kullanılmıştır (Şekil 6.4). Bu program DBYBHY (2007)'de belirtilen şartlar göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Model binalardaki taşıyıcı sistem elemanlarına BESAM programı yardımıyla plastik mafsalların tanımlanmasının ardından SAP 2000 programında elemanlara ait hasar seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilen hasar seviyeleri ve kesme kuvveti değerleri DELOP programına aktarılarak DBYBHY (2007) esasları çerçevesinde binanın performans seviyesi belirlenmiştir.

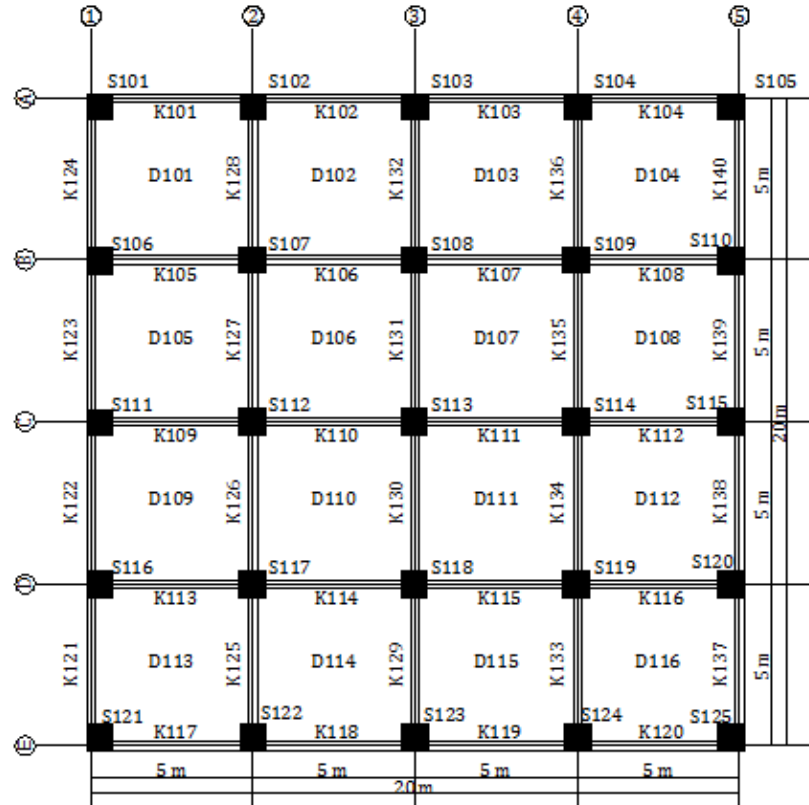
<

7. MODEL BİNALARIN ÇÖZÜM SONUÇLARI

Çalışma kapsamında, yeni yapılacak konut türü betonarme binalarda yerleştirilmesi gereken perde duvar miktarı, kolon boyutları, kat sayısı ve belirli bir malzeme sınıfı parametrelerine bağlı olarak belirlenmiştir. Yapılan çözümlemelerden, görelî kat ötelenmeleri, kata göre perde kesme kuvveti ve moment diyagramlarının dağılımı, perdelerin taşıdığı toplam taban kesme kuvveti kapasitesi, binaya ait kapasite eğrileri, taşıyıcı elemanlara ait hasar seviyesi yüzdeleri kıyaslanmış ve parametrelere bağlı olarak değişimleri incelenmiştir.

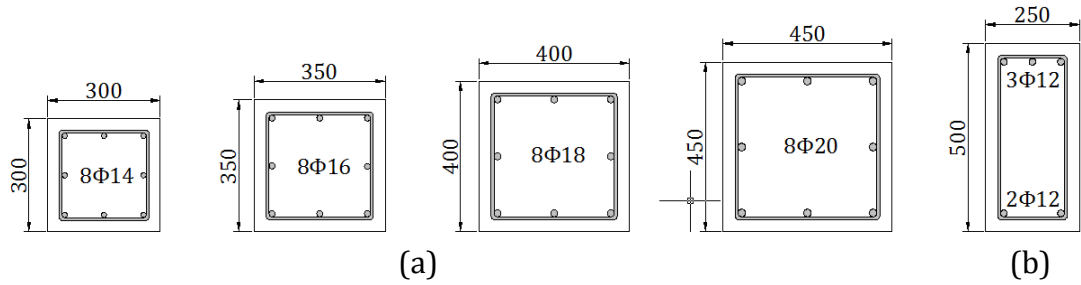
7.1. Seçilen Model Binaların Tanıtılması

Çalışma kapsamında, düzenli taşıyıcı sisteme sahip konut türü betonarme binalar model olarak seçilmiştir. Bina modeline ait kalıp planı Şekil 7.1’de verilmiştir.



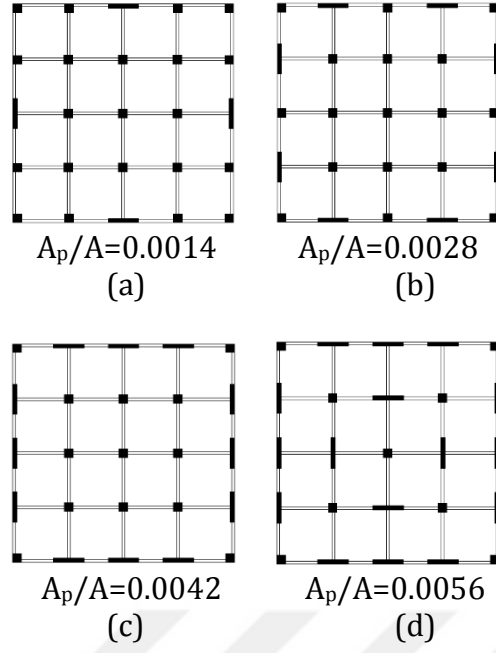
Şekil 7.1. Seçilen bina modeli

Model binaya ait kat sayısı 2, 4, 6 ve 8 olarak dikkate alınmıştır. Kat yükseklikleri tüm katlarda eşit ve 3.0 m olarak, taşıyıcı sistemin eksen açıklıkları ise, x ve y doğrultularında eşit sayıda 4×4 ve eşit mesafede 5 m olarak seçilmiştir. Beton sınıfı **C20**, donatı sınıfı **S420**, Sargılama durumu **Var** olarak dikkate alınmıştır. Sargılamanın **Var** olması mesnet bölgesinde **Ø8/10** etriye sıklaştırmasının yapılması anlamına gelmektedir. Modellerin tamamının 1. derece deprem bölgesinde ve Z4 yerel zemin sınıfında bulunan konut türü binalar olduğu kabul edilmiştir. Kolon boyutları kat içerisinde ve tüm katlar boyunca aynı olacak şekilde seçilmiştir. Oluşturulan model bina çözümleri kolon boyutlarının 300×300, 350×350, 400×400, 450×450 olması durumları için tekrarlanmıştır. Kolonlara ait donatı oranı % 1.2 - % 1.4 arasında seçilmiştir. Kolonlara ait donatı yerleşim krokisi Şekil 7.2.a'da gösterilmiştir. Kiriş boyutları tüm modellerde aynı ve 250×500 mm olarak hesaplara katılmıştır (Şekil 7.2.b). Kirişlerdeki mesnet üst donatısı 3Ø12, alt donatısı ise 2Ø12 olarak dikkate alınmıştır.



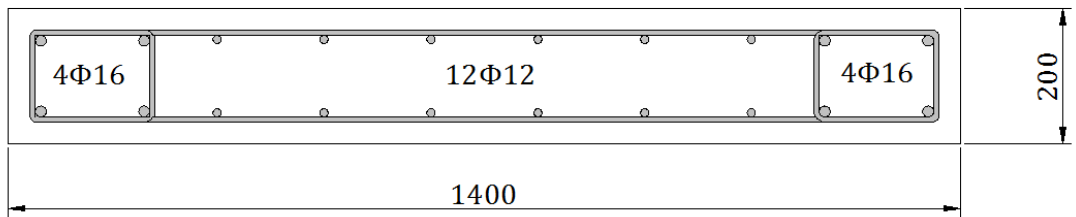
Şekil 7.2. Kolon ve kiriş kesit özellikleri; (a) kolon kesitleri, (b) mesnetteki kiriş kesiti

Perde duvar miktarı değişiminin betonarme bina performansına etkisini incelemek amacıyla Şekil 7.1'de verilen konut türü betonarme çerçevesi bina modeli üzerine farklı miktarlarda perde duvar yerleştirilerek perdeli-çerçevesi model binalar oluşturulmuştur (Şekil 7.3). Model binadaki perde duvar oranı (A_p/A), kat içerisindeki bir doğrultudaki perde alanının kat alanına oranı olarak elde edilmiştir.



Şekil 7.3. Farklı miktarlarda perde duvar yerleşimi; (a) Perde oranı 0.0014 olduğu kesit, (b) Perde oranı 0.0028 olduğu kesit, (c) Perde oranı 0.0042 olduğu kesit, (d) Perde oranı 0.0056 olduğu kesit

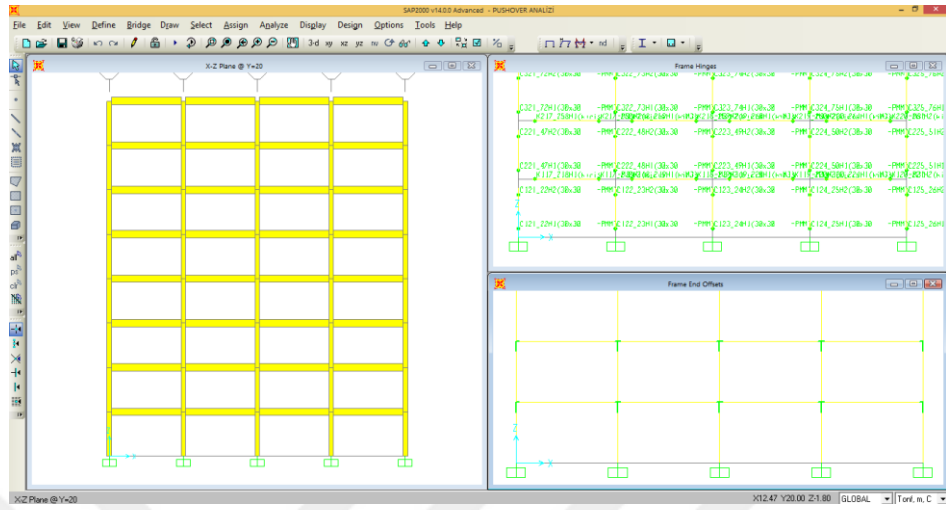
Perde duvarlar her iki doğrultuda ve simetrik olarak yerleştirilmiştir. Perde duvar oranı, perde boyutları değiştirilmeden model bina üzerine yeni perde duvar ilave edilmesi ile değiştirilmiştir. Tüm modellerde perde boyutları DBYBHY (2007)'de verilen en küçük boyutları sağlayacak şekilde 200×1400 mm olarak sabit şekilde dikkate alınmıştır. Çözümlemelerde dikkate alınan perde kesiti ve donatısı Şekil 7.4'te verilmiştir.



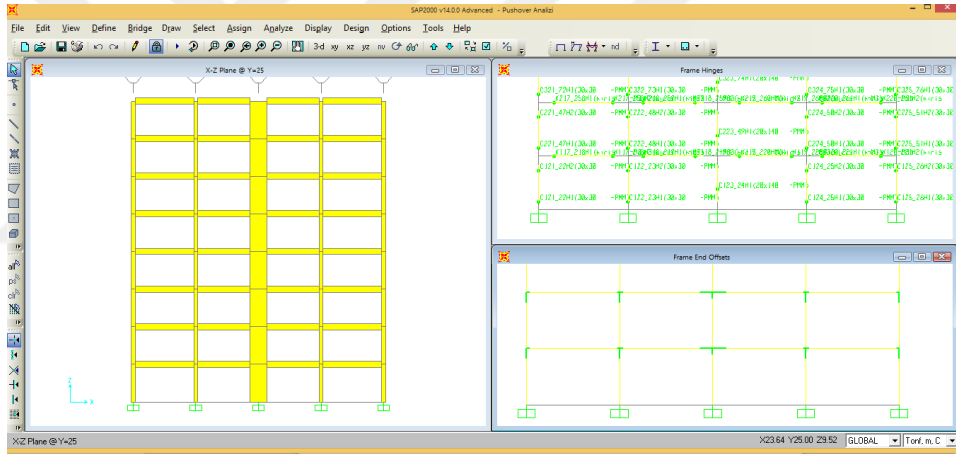
Şekil 7.4. Perde duvarın kesit özellikleri

Modellemelerde rijit diyafram etkisi tüm katlarda dikkate alınmıştır. Çerçeve ve perdeli-çerçeve model binalara ait SAP 2000 programı ile hazırlanan bina modelleri Şekil 7.5'te verilmiştir. Kolon, kiriş ve perde duvar modelinde çubuk elemanlar kullanılmıştır. Kolon ile kiriş ve perde duvar ile kiriş kesişim bölgeleri

sonsuz rijit elemanlar olarak atanmıştır. Seçilen model binalar simetrik olduğu için binalar sadece x doğrultusunda çözümlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 7.5. Model binalar için oluşturulan SAP 2000 modeli; (a) çerçeve bina, (b) perdeli-çerçeve bina

7.2. Sonuçların Kıyaslanması

7.2.1. Birinci moda ait temel periyot değerleri

Çok katlı binaların en önemli dinamik özelliği doğal titreşim periyodudur. Binaların birinci moda ait doğal titreşim periyodu, binanın ağırlığı ve bina taşıyıcı sisteminin yatay yüklere karşı ötelenme rijitliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla binaların deprem davranışının belirlenmesinde önemli bir

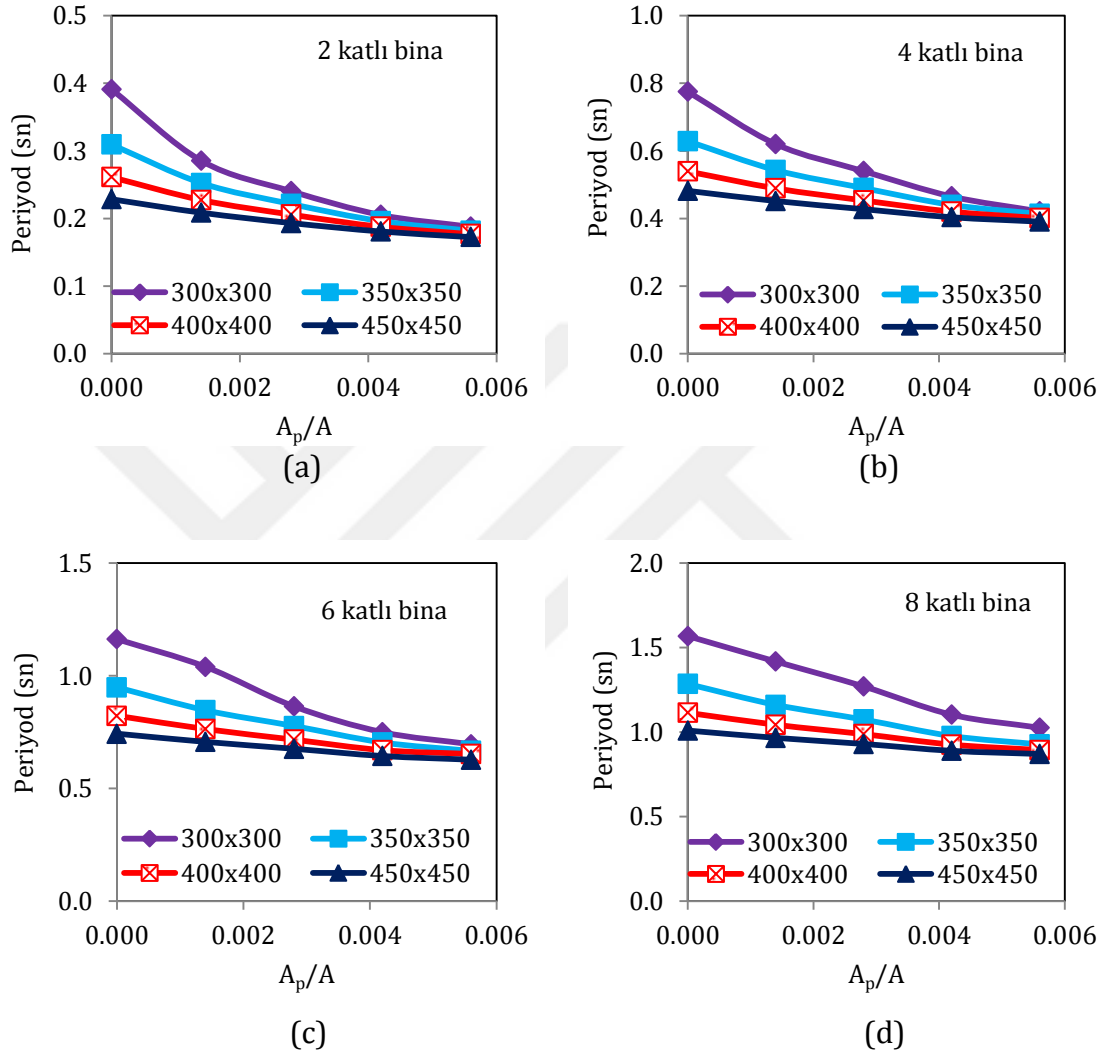
göstergedir. Çalışma kapsamında oluşturulan binalara ait doğal periyot değerleri kat sayısı, kolon boyutu ve perde duvar oranına bağlı olarak Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Model binalara ait birinci mod titreşim periyot değerleri

Bina Adı	Perde duvar oranı (A_p/A)	Kat Sayısı			
		2	4	6	8
Model 1-300x300	0.0000	0.3909	0.7753	1.1625	1.5683
Model 2-300x300	0.0014	0.2853	0.6202	1.0399	1.4178
Model 3-300x300	0.0028	0.2404	0.5401	0.8642	1.2703
Model 4-300x300	0.0042	0.2052	0.4652	0.7498	1.1032
Model 5-300x300	0.0056	0.1877	0.4209	0.6961	1.0261
Model 1-350x350	0.0000	0.3093	0.6288	0.9489	1.2848
Model 2-350x350	0.0014	0.2524	0.5432	0.8471	1.1613
Model 3-350x350	0.0028	0.2215	0.4901	0.7772	1.0745
Model 4-350x350	0.0042	0.1961	0.4403	0.7042	0.9771
Model 5-350x350	0.0056	0.1819	0.4136	0.66679	0.9277
Model 1-400x400	0.0000	0.2611	0.5394	0.8228	1.1146
Model 2-400x400	0.0014	0.2273	0.4892	0.7638	1.0437
Model 3-400x400	0.0028	0.2058	0.4535	0.7167	0.9881
Model 4-400x400	0.0042	0.1877	0.4204	0.6701	0.9263
Model 5-400x400	0.0056	0.1769	0.4012	0.6532	0.8943
Model 1-450x450	0.0000	0.2285	0.4819	0.7432	1.0095
Model 2-450x450	0.0014	0.2086	0.4518	0.7068	0.9662
Model 3-450x450	0.0028	0.1933	0.4276	0.6762	0.9303
Model 4-450x450	0.0042	0.1808	0.4038	0.6441	0.8895
Model 5-450x450	0.0056	0.1725	0.3908	0.6277	0.8708

Elde edilen sonuçlardan, bina modellerine ait kolon boyutlarının ve binaya yerleştirilen perde duvar miktarının artmasıyla doğal periyot değerlerinin önemli derecede azaldığı görülmüştür. Burada perde duvar ilavesinin periyot üzerindeki etkisinin kolon boyutlarının artırılmasına göre çok daha etkili olduğu açıkça görülmektedir. Dolayısıyla binaya az miktarda bile olsa perde duvar yerleştirilmesiyle binanın ötelenme rijitliğinde önemli bir artış

sağlanabilmektedir. Kat sayısının artması, bina ağırlığında artışa neden olduğundan binanın doğal periyot değerinde artma meydana gelmektedir. Binalara ait elde edilen periyot değerleri perde duvar alan oranına (A_p/A) ve kat sayısına bağlı olarak Şekil 7.6’da verilmiştir.

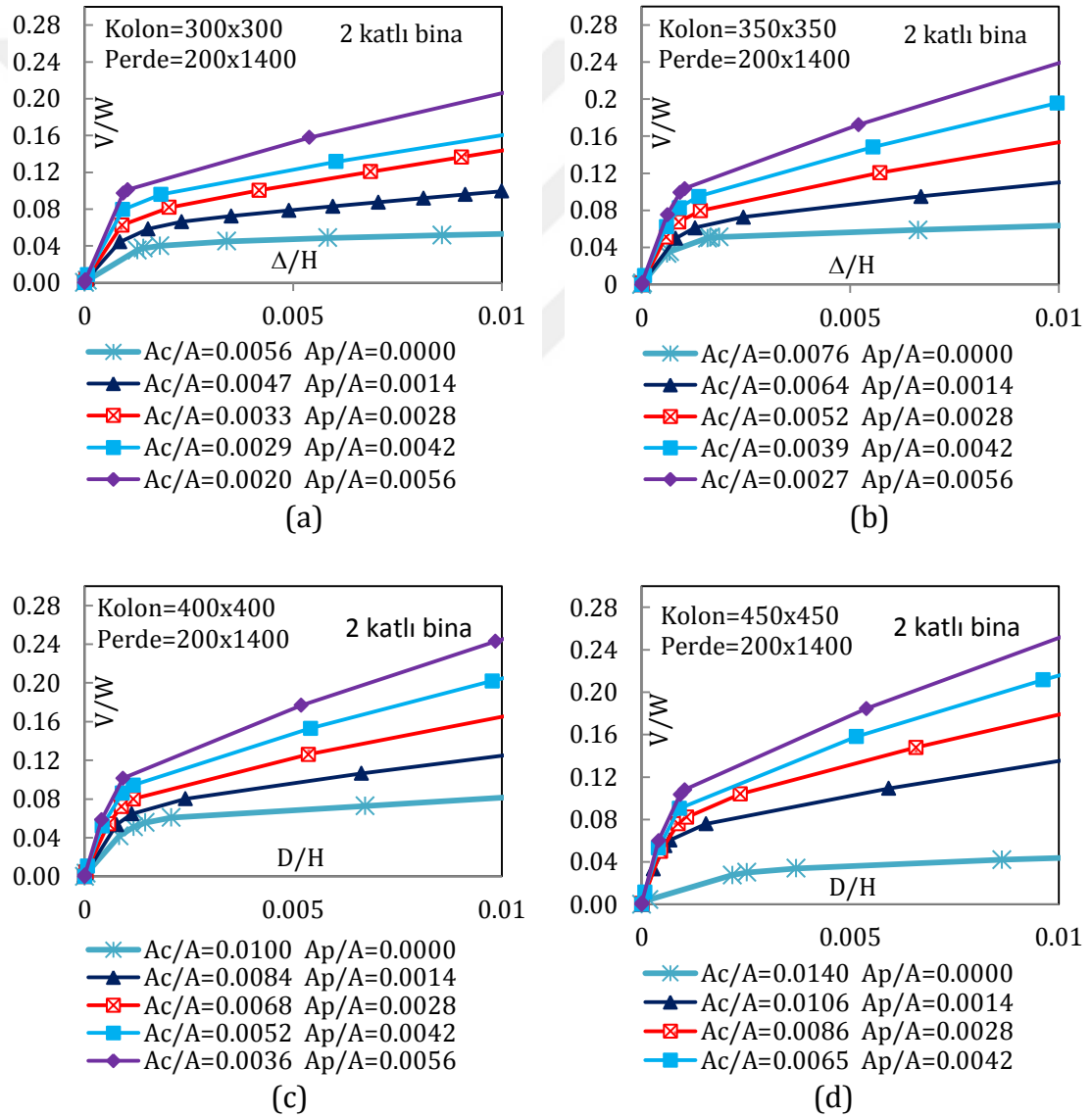


Şekil 7.6. Periyodun model binalara bağlı değişimi; (a) 2 katlı bina, (b) 4 katlı bina, (c) 6 katlı bina, (d) 8 katlı bina

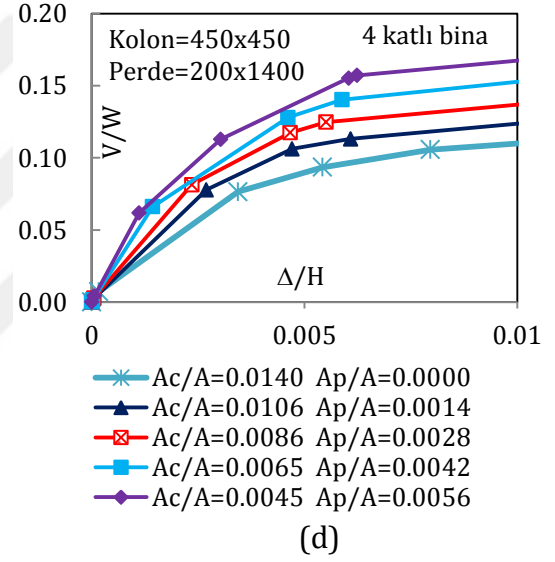
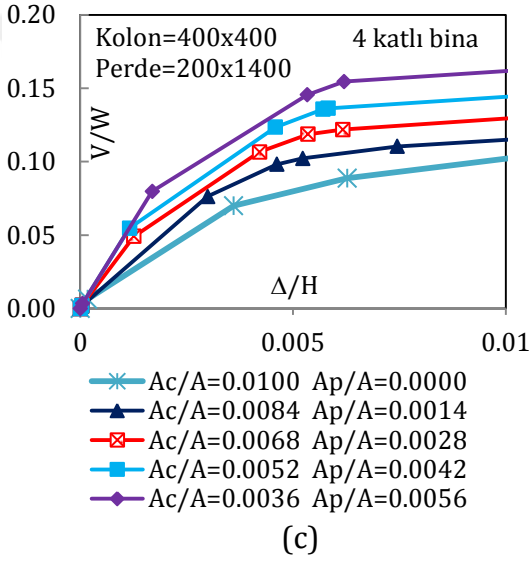
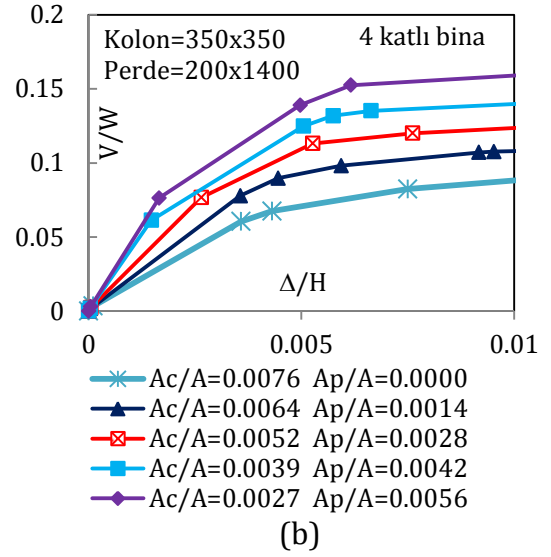
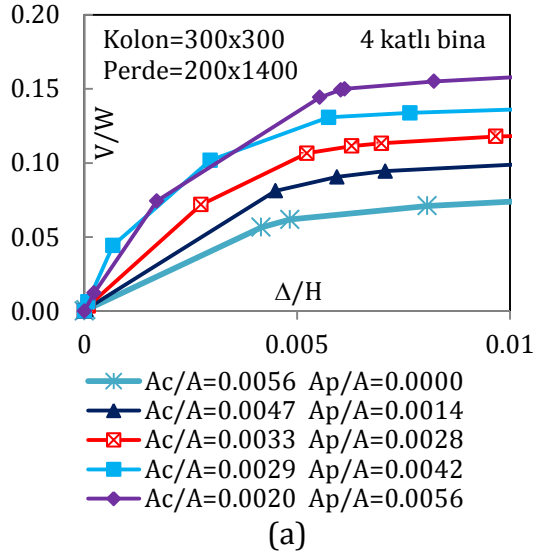
7.2.2. Kapasite eğrileri

Doğrusal olmayan itme analizi, birinci mod titreşim şekli ile uyumlu olarak eşdeğer deprem yüklerinin adım adım artırılması ile yapılır. Model binalara ait yapılan itme analizi ile koordinatları “taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi” olan kapasite eğrisi elde edilmiştir. Tepe yerdeğiştirmesi,

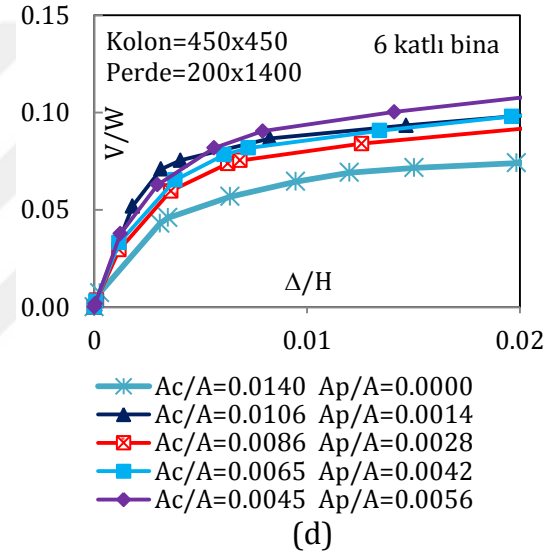
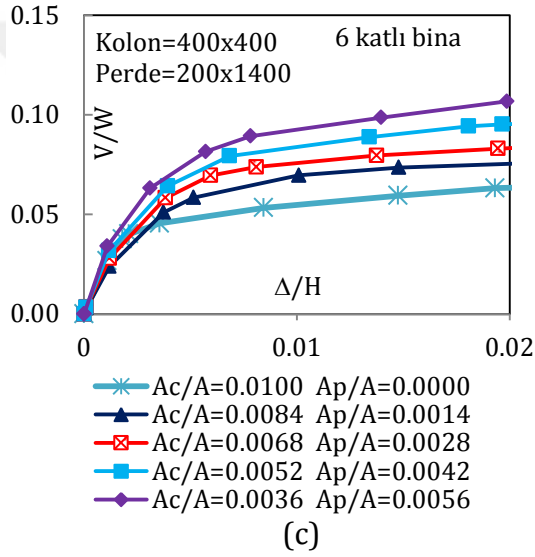
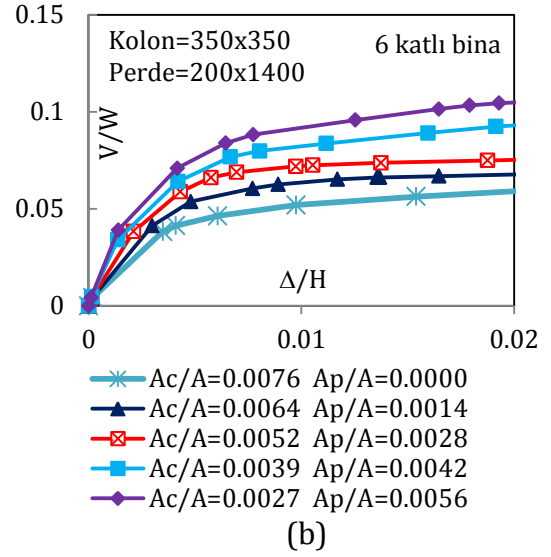
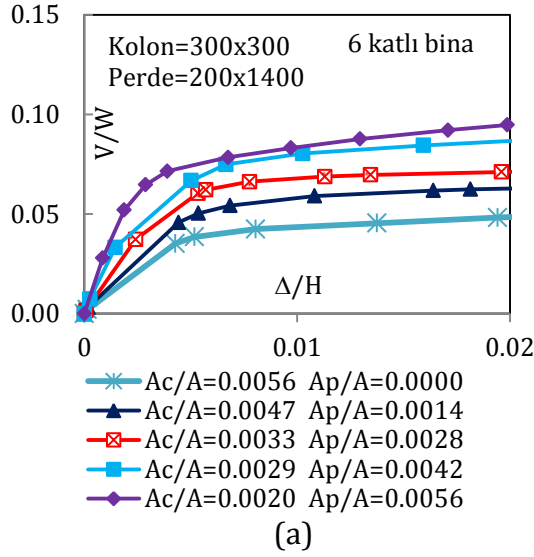
binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan herhangi bir deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin bu deprem doğrultusundaki toplamıdır. Her bir model bina için, kapasite eğrilerine ait düşey eksen bina ağırlığına yatay eksen ise bina yüksekliğine oranlanarak boyutsuzlaştırılmıştır. Boyutsuzlaştırılan kapasite eğrileri iki katlı bina modelleri için Şekil 7.7’de, dört katlı bina modelleri için Şekil 7.8’de, altı katlı bina modelleri için Şekil 7.9’da ve sekiz katlı bina modelleri için Şekil 7.10’da verilmiştir.



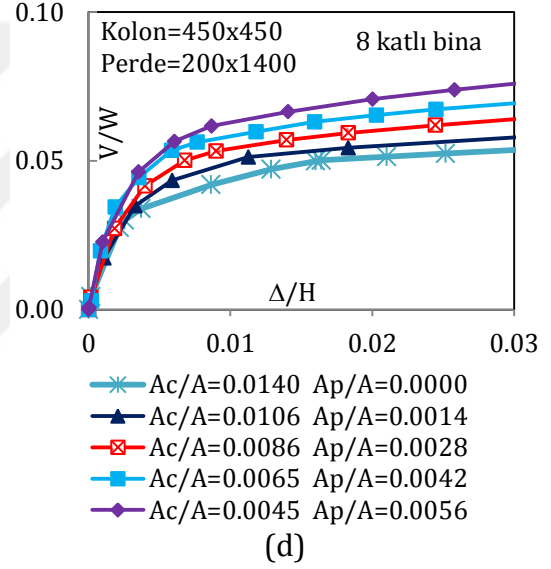
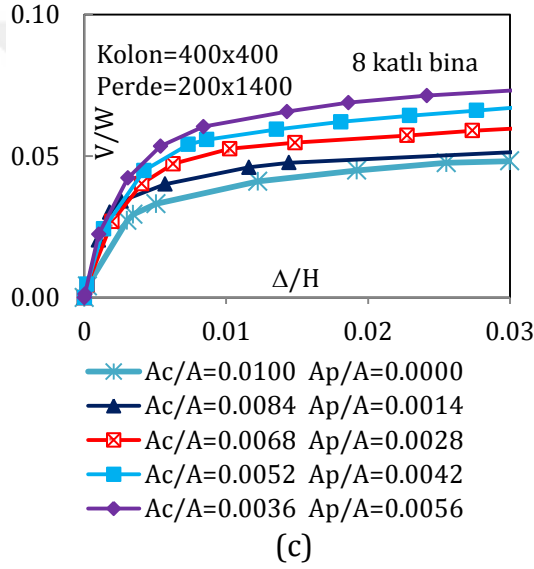
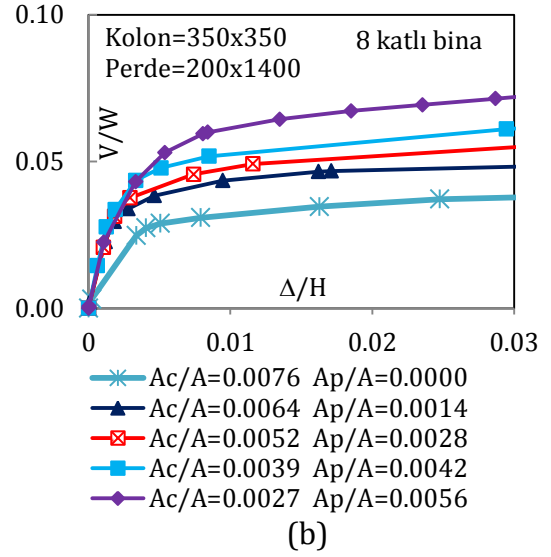
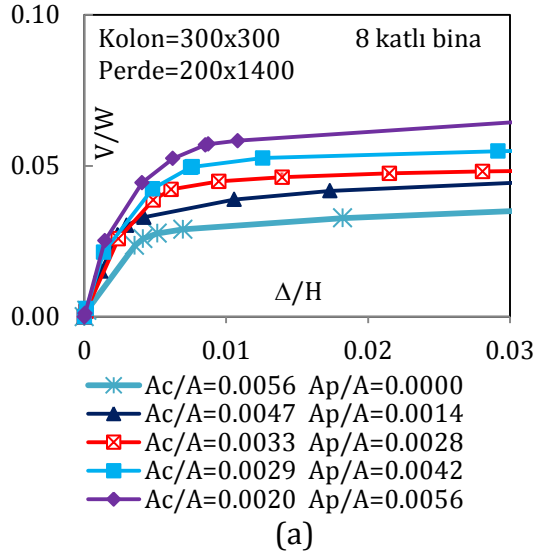
Şekil 7.7. İki katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



Şekil 7.8. Dört katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



Şekil 7.9. Altı katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



Şekil 7.10. Sekiz katlı bina modellerine ait kapasite eğrileri; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450

Elde edilen grafikler incelendiğinde; binadaki kolon boyut artışı, V/W oranında küçük miktarda artış meydana getirirken, perde duvar ilavesinin bu değerde önemli artışlar ortaya çıkardığı gözlenmektedir. Binadaki taşıyıcı sistem eleman boyutlarının aynı olması durumunda binanın kat sayısındaki artış ile binanın V/W oranında gözle görülür bir düşüşün ortaya çıktığı gözlenmektedir.

7.2.3. Hedef yerdeğiştirme istemi

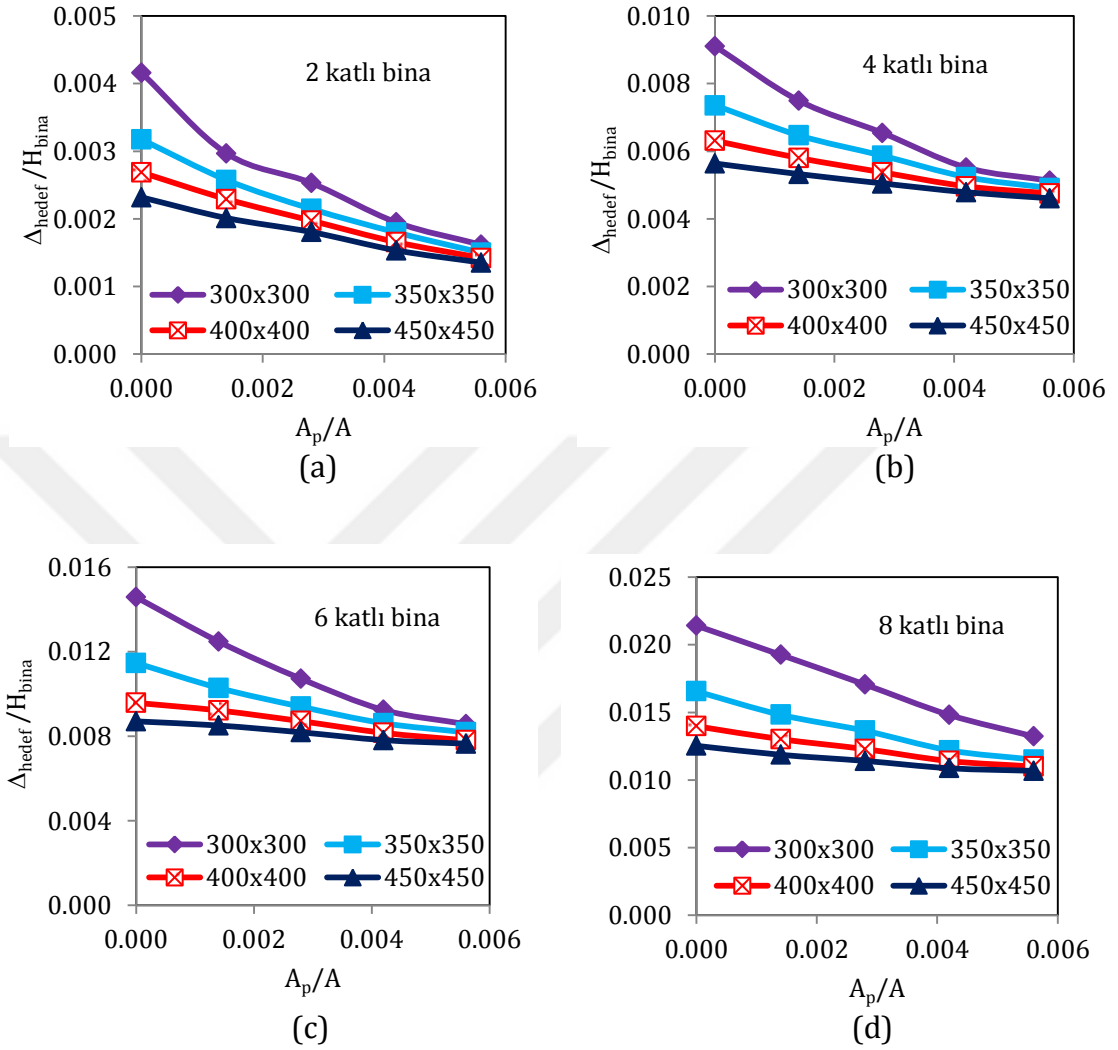
Model binalara ait DBYBHY (2007)'de tanımlanan hedef yerdeğiştirme isteminin binaların kat sayısı, kolon boyutu ve yerleştirilen perde duvar miktarına bağlı olarak değişimi izelge 7.2'de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Model binalara ait hedef yerdeğiştirme istem değerleri (mm)

Bina Adı	Perde duvar oranı (A_p/A)	Kat Sayısı			
		2	4	6	8
Model 1-300x300	0.0000	99.85	218.62	350.02	513.98
Model 2-300x300	0.0014	71.27	179.98	299.58	462.25
Model 3-300x300	0.0028	61.74	157.06	257.35	409.55
Model 4-300x300	0.0042	71.17	132.47	221.93	355.56
Model 5-300x300	0.0056	38.80	123.08	205.81	317.42
Model 1-350x350	0.0000	76.19	176.63	275.25	397.46
Model 2-350x350	0.0014	61.79	155.30	246.96	355.82
Model 3-350x350	0.0028	51.54	140.85	225.60	327.51
Model 4-350x350	0.0042	43.18	125.71	206.84	292.68
Model 5-350x350	0.0056	36.00	117.83	196.54	276.24
Model 1-400x400	0.0000	64.48	151.47	230.02	335.54
Model 2-400x400	0.0014	55.02	139.22	221.31	312.53
Model 3-400x400	0.0028	47.37	129.03	209.19	294.91
Model 4-400x400	0.0042	39.75	119.09	195.91	273.73
Model 5-400x400	0.0056	34.12	114.05	187.40	264.03
Model 1-450x450	0.0000	55.64	135.3	208.95	300.78
Model 2-450x450	0.0014	48.30	127.8	204.27	284.80
Model 3-450x450	0.0028	43.33	121.17	196.52	273.95
Model 4-450x450	0.0042	36.81	114.9	187.66	260.95
Model 5-450x450	0.0056	32.48	110.62	183.65	256.29

Çizelge 7.2 incelendiğinde hedef yerdeğiştirme isteminin kolon boyutu ve perde duvar miktarının artması ile azaldığı, ancak binadaki kat sayısının artması ile hedef yerdeğiştirme istem seviyesinin önemli derecede arttığı gözlenmiştir. Çizelgede verilen hedef yerdeğiştirme istem değerleri boyutsuzlaştırılarak bina

yüksekliğine oranlanmış ve perde duvar oranının kat alanına oranı parametresine bağlı olarak Şekil 7.11’de verilmiştir.



Şekil 7.11. Bina modellerine ait hedef yerdeğiştirme istem değerleri; (a) 2 katlı bina, (b) 4 katlı bina, (c) 6 katlı bina, (d) 8 katlı bina

7.2.4. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumuna bağlı elde edilen sonuçlar

Şekil değiştirmeye göre değerlendirmede temel amaç, dayanıma göre tasarımın aksine, öncelikle taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesinin nonlineer (doğrusal olmayan) analiz ile saptanması, daha sonra yönetmelikte tanımlanan eşit yerdeğiştirme kuralından yararlanılarak, göz önüne alınan depremin etkisi altında eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin süneklik isteminin elde edilmesidir. Dikkat edilirse, dayanıma göre tasarım yaklaşımında dayanım azaltma katsayısı R_y , yönetmelikte öngörülen süneklik kapasitesi μ cinsinden hesaplanır. Şekil değiştirmeye göre değerlendirmede ise eşit yerdeğiştirme kuralına ait bağıntılar tersten ifade edilmiştir ve bu kez süneklik istemi μ , nonlineer hesap sonucunda bulunan dayanım azaltma katsayısı R_y cinsinden hesaplanmaktadır (Aydınoğlu vd., 2007).

Model binalara ait modal kapasite diyagramından elde edilen bazı parametreler iki katlı bina için Çizelge 7.3'te, dört katlı bina için Çizelge 7.4'te, altı katlı bina için Çizelge 7.5'te ve sekiz katlı bina için Çizelge 7.6'da verilmiştir. Burada tanımlanan enerji tüketme miktarı, hedef yerdeğiştirme istem seviyesine kadar bina kapasite eğrisinin altında kalan alan olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7.3. İki katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu bağlı elde edilen sonuçlar

Bina Adı	S _a	a _y	S _{Day}	R _{y1}	C _{R1}	Süneklik	Enerji Tük. Miktarı (kNm)
Model 1-300x300	9810	1253	18.25	7.82	2.13	4.43	137017
Model 2-300x300	9810	1813	12.52	5.41	2.75	4.39	144105
Model 3-300x300	9810	3085	12.42	3.18	2.47	3.91	197184
Model 4-300x300	9810	2206	8.63	4.44	3.62	4.19	127079
Model 5-300x300	9449	2388	7.71	3.95	3.83	3.88	116884
Model 1-350x350	9810	1669	12.69	5.87	2.58	4.82	124812
Model 2-350x350	9810	1815	10.44	5.40	3.09	4.61	127977
Model 3-350x350	9810	2235	9.09	4.38	3.36	4.39	129159
Model 4-350x350	9696	2408	7.90	4.02	3.69	4.23	123010
Model 5-350x350	9279	2527	6.91	3.67	3.87	4.02	111444
Model 1-400x400	9810	1529	12.12	6.41	3.06	4.23	114018
Model 2-400x400	9810	1815	9.30	5.40	3.41	4.61	120658
Model 3-400x400	9810	2272	8.86	4.31	3.59	4.14	121611
Model 4-400x400	9448	2380	6.83	3.96	3.83	4.51	113355
Model 5-400x400	9131	2528	6.11	3.61	3.95	4.32	105056
Model 1-450x450	9810	1637	9.34	5.99	3.44	4.69	111527
Model 2-450x450	9810	2269	7.73	4.32	3.54	4.87	114480
Model 3-450x450	9612	2242	7.32	4.28	3.80	4.59	115287
Model 4-450x450	9245	2441	6.50	3.78	3.92	4.39	105208
Model 5-450x450	9001	2420	5.66	3.72	4.08	4.43	100476

Çizelge 7.4. Dört katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu bağlı elde edilen sonuçlar

Bina Adı	S _a	a _y	S _{Day}	R _{y1}	C _{R1}	Süneklik	Enerji Tük. Miktarı (kNm)
Model 1-300x300	9810	570	34.18	17.21	1.15	5.03	125949
Model 2-300x300	9810	794	31.74	12.34	1.41	4.26	136555
Model 3-300x300	9810	954	26.52	10.27	1.60	4.37	137137
Model 4-300x300	9810	1218	23.79	8.050	1.82	4.10	137306
Model 5-300x300	9810	1072	19.91	9.14	1.97	4.53	135512
Model 1-350x350	9810	571	27.20	17.15	1.40	5.09	113795
Model 2-350x350	9810	798	26.84	12.29	1.60	4.43	123011
Model 3-350x350	9810	905	22.63	10.83	1.76	4.63	127044
Model 4-350x350	9810	1011	22.32	9.69	1.93	4.17	126094
Model 5-350x350	9810	1095	19.38	8.95	2.04	4.47	130138
Model 1-400x400	9810	594	23.90	16.49	1.62	4.92	104090
Model 2-400x400	9810	798	23.13	12.29	1.61	5.04	129652
Model 3-400x400	9810	930	23.53	10.54	1.89	4.10	117965
Model 4-400x400	9810	1043	22.04	9.40	2.02	4.02	120724
Model 5-400x400	9810	1053	17.12	9.31	2.10	4.92	127013
Model 1-450x450	9810	669	22.85	14.64	1.80	4.56	102492
Model 2-450x450	9810	790	20.74	12.41	1.91	4.67	110398
Model 3-450x450	9810	916	19.22	10.70	2.00	4.73	117994
Model 4-450x450	9810	972	18.16	10.09	2.10	4.69	120146
Model 5-450x450	9810	1084	18.28	9.05	2.15	4.47	125135

Çizelge 7.5. Altı katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu bağlı elde edilen sonuçlar

Bina Adı	S_a	a_y	S_{Day}	R_{y1}	C_{R1}	Süneklik	Enerji Tük. Miktarı (kNm)
Model 1-300x300	7993	347	50.58	23.02	1	5.41	120948
Model 2-300x300	8739	486	50.93	17.96	1	4.70	145234
Model 3-300x300	9810	556	45.01	17.63	1.04	4.28	133238
Model 4-300x300	9810	570	37.19	17.19	1.18	4.46	129278
Model 5-300x300	9810	694	28.02	14.12	1.27	5.46	129696
Model 1-350x350	9402	380	41.02	24.69	1	5.23	108392
Model 2-350x350	9810	470	38.47	20.85	1.06	4.91	116527
Model 3-350x350	9810	554	39.14	17.69	1.15	4.41	121958
Model 4-350x350	9810	590	36.52	16.61	1.26	4.25	120479
Model 5-350x350	9810	602	29.67	16.28	1.33	4.94	125854
Model 1-400x400	9810	444	25.72	22.07	1.09	7.12	100396
Model 2-400x400	9810	460	35.14	21.32	1.167	4.82	109405
Model 3-400x400	9810	542	35.72	18.07	1.24	4.43	114355
Model 4-400x400	9810	562	31.92	17.45	1.32	4.62	116041
Model 5-400x400	9810	611	29.34	16.05	1.37	4.81	119965
Model 1-450x450	9810	348	28.07	28.11	1.33	5.26	82341
Model 2-450x450	9810	477	33.15	20.56	1.26	4.71	104443
Model 3-450x450	9810	548	32.79	17.89	1.31	4.54	110700
Model 4-450x450	9810	571	30.91	17.16	1.37	4.58	111902
Model 5-450x450	9810	616	27.89	15.90	1.40	4.93	117093

Çizelge 7.6. Sekiz katlı binalarda modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu bağlı elde edilen sonuçlar

Bina Adı	S_a	a_y	S_{Day}	R_{y1}	C_{R1}	Süneklik	Enerji Tük. Miktarı (kNm)
Model 1-300x300	6290	272	63.08	23.12	1	6.21	127938
Model 2-300x300	6819	363	52.22	18.76	1	6.65	149687
Model 3-300x300	7446	405	66.49	18.36	1	4.57	145763
Model 4-300x300	8335	426	61.32	19.54	1	4.19	134492
Model 5-300x300	8833	450	53.57	19.59	1	4.39	135827
Model 1-350x350	7379	258	55.64	28.57	1	5.54	99624
Model 2-350x350	8000	379	45.22	21.07	1	6.04	123814
Model 3-350x350	8513	418	42.54	20.36	1	5.85	124460
Model 4-350x350	9185	481	43.25	19.07	1	5.13	122711
Model 5-350x350	9575	424	43.80	22.54	1	4.76	121045
Model 1-400x400	8267	265	45.66	31.13	1	5.69	96147
Model 2-400x400	8713	358	32.78	24.32	1	7.33	110420
Model 3-400x400	9104	365	46.69	24.94	1	4.82	110586
Model 4-400x400	9586	384	44.73	24.91	1	4.65	109776
Model 5-400x400	9810	418	41.50	23.44	1	4.81	114757
Model 1-450x450	6439	470	67.62	13.68	1	5.59	211724
Model 2-450x450	9268	313	42.15	29.57	1	5.19	98175
Model 3-450x450	9553	360	42.44	26.53	1	4.93	103184
Model 4-450x450	9810	463	38.93	21.16	1.01	5.10	112350
Model 5-450x450	9810	416	41.23	23.55	1.03	4.71	111420

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

- S_{Day} ve R_{y1} değerlerinin; perde miktarının ve kolon boyutlarının artması ile kayda değer bir azalma gösterdiği, ancak kat sayısının artmasıyla bu değerde artışın ortaya çıktığı,
- C_{R1} değerinde ise diğer parametrelerin aksine perde miktarının ve kolon boyutunun artması ile bir artış gösterdiği, ancak kat sayısının artmasıyla bu değerde azalmanın meydana geldiği,

gözlenmiştir.

7.2.5. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki kesit tesirlerinin dağılımı

Model binalara ait hedef yerdeğiştirme seviyesindeki toplam taban kesme kuvveti kapasitesi bina ağırlığına oranlanarak (V/W) birimsizleştirilmiştir. Bu oranlar binadaki kolon boyutu, perde duvar miktarı ve kat sayısına bağlı olarak Çizelge 7.7’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kolon boyutu ve perde duvar miktarının artması ile hedef yerdeğiştirme seviyesindeki V/W oranının arttığı, kat sayısının artışı ile ise bu oranın azaldığı gözlenmiştir.

Çizelge 7.7. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki binaya ait toplam taban kesme kuvveti kapasitesinin bina ağırlığına oranı

Bina adı	Kat Sayısı			
	2	4	6	8
Model 1-300x300	0.183	0.085	0.048	0.035
Model 2-300x300	0.225	0.103	0.062	0.042
Model 3-300x300	0.348	0.120	0.070	0.047
Model 4-300x300	0.389	0.137	0.082	0.053
Model 5-300x300	0.450	0.158	0.086	0.059
Model 1-350x350	0.214	0.095	0.066	0.042
Model 2-350x350	0.282	0.110	0.068	0.044
Model 3-350x350	0.354	0.125	0.082	0.050
Model 4-350x350	0.406	0.140	0.084	0.054
Model 5-350x350	0.457	0.160	0.093	0.063
Model 1-400x400	0.174	0.107	0.058	0.042
Model 2-400x400	0.215	0.120	0.072	0.039
Model 3-400x400	0.259	0.131	0.086	0.054
Model 4-400x400	0.256	0.144	0.087	0.058
Model 5-400x400	0.280	0.162	0.093	0.063
Model 1-450x450	0.200	0.113	0.067	0.047
Model 2-450x450	0.223	0.133	0.074	0.051
Model 3-450x450	0.245	0.137	0.082	0.055
Model 4-450x450	0.260	0.151	0.087	0.059
Model 5-450x450	0.284	0.166	0.095	0.066

Binadaki hem perde miktarının hem de kolon boyutlarının artmasıyla, V/W oranı artmaktadır. Model binalar arasında, en az V/W oranına sahip olan bina 8 katlı Model 1-300x300 binası, en fazla V/W oranına sahip bina ise 2 katlı Model 5-450x450 binasıdır.

Belirlenen toplam taban kesme kuvvetinin düşey taşıyıcı elemanlar arasındaki paylaşımı iki katlı binalar için Çizelge 7.8'de, dört katlı binalar için Çizelge 7.9'da, altı katlı binalar için Çizelge 7.10'da ve sekiz katlı binalar için Çizelge 7.11'de verilmiştir. Burada verilen ΣV_{pe}^1 değeri uzun kenarı deprem doğrultusuna paralel olan perdeler tarafından taşınan toplam kesme kuvvetini, ΣV_{pe}^2 kısa kenarı deprem doğrultusuna paralel olan perdeler tarafından taşınan toplam kesme kuvvetini, ΣV_{ke} ise kolonların karşıladığı toplam kesme kuvvetini temsil etmektedir. Bu kuvvetler, kattaki toplam kesme kuvvetine bölünerek kesme kuvveti oranları hesaplanmıştır.

Çizelge 7.8. İki katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları

Bina adı	Kesme kuvveti (kN)			Kesme kuvveti oranı (%)		
	ΣV_{pe^1}	ΣV_{pe^2}	ΣV_{ke}	V_{pe^1}	V_{pe^2}	V_{ke}
Model 1-300x300	0	0	1468	0.00	0.00	1.00
Model 2-300x300	1074	52	670	0.60	0.03	0.37
Model 3-300x300	1995	137	649	0.72	0.05	0.23
Model 4-300x300	2493	167	455	0.80	0.05	0.15
Model 5-300x300	3122	234	245	0.87	0.06	0.07
Model 1-350x350	0	0	1715	0.00	0.00	1.00
Model 2-350x350	1054	73	1128	0.49	0.03	0.48
Model 3-350x350	1906	119	806	0.67	0.04	0.28
Model 4-350x350	2544	153	551	0.78	0.05	0.17
Model 5-350x350	3150	192	313	0.86	0.05	0.09
Model 1-400x400	0	0	1389	0.00	0.00	1.00
Model 2-400x400	322	53	1344	0.19	0.03	0.78
Model 3-400x400	877	101	1092	0.42	0.05	0.53
Model 4-400x400	1199	132	716	0.59	0.06	0.35
Model 5-400x400	1632	191	418	0.73	0.09	0.19
Model 1-450x450	0	0	1601	0.00	0.00	1.00
Model 2-450x450	287	44	1453	0.16	0.02	0.81
Model 3-450x450	703	81	1172	0.36	0.04	0.60
Model 4-450x450	1167	123	793	0.56	0.06	0.38
Model 5-450x450	1590	185	494	0.70	0.08	0.22

Çizelge 7.9. Dört katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları

Bina adı	Kesme kuvveti (kN)			Kesme kuvveti oranı (%)		
	ΣV_{pe}^1	ΣV_{pe}^2	ΣV_{ke}	V_{pe}^1	V_{pe}^2	V_{ke}
Model 1-300x300	0	0	1360	0.00	0.00	1.00
Model 2-300x300	687	97	857	0.42	0.06	0.52
Model 3-300x300	1051	182	695	0.55	0.09	0.36
Model 4-300x300	1485	177	526	0.68	0.08	0.24
Model 5-300x300	1964	241	323	0.78	0.10	0.13
Model 1-350x350	0	0	1517	0.00	0.00	1.00
Model 2-350x350	486	74	1205	0.28	0.04	0.68
Model 3-350x350	929	123	952	0.46	0.06	0.48
Model 4-350x350	1378	162	707	0.61	0.07	0.31
Model 5-350x350	1944	224	394	0.76	0.09	0.15
Model 1-400x400	0	0	1708	0.00	0.00	1.00
Model 2-400x400	332	63	1521	0.17	0.03	0.79
Model 3-400x400	826	105	1163	0.39	0.05	0.56
Model 4-400x400	1313	149	845	0.57	0.06	0.37
Model 5-400x400	1890	212	495	0.73	0.08	0.19
Model 1-450x450	0	0	1811	0.00	0.00	1.00
Model 2-450x450	295	168	1669	0.14	0.08	0.78
Model 3-450x450	760	94	1343	0.35	0.04	0.61
Model 4-450x450	1304	144	974	0.54	0.06	0.40
Model 5-450x450	1882	187	587	0.71	0.07	0.22

Çizelge 7.10. Altı katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları

Bina adı	Kesme kuvveti (kN)			Kesme kuvveti oranı (%)		
	ΣV_{pe}^1	ΣV_{pe}^2	ΣV_{ke}	V_{pe}^1	V_{pe}^2	V_{ke}
Model 1-300x300	0	0	1157	0.00	0.00	1.00
Model 2-300x300	558	132	806	0.37	0.09	0.54
Model 3-300x300	863	176	639	0.51	0.10	0.38
Model 4-300x300	1338	177	443	0.68	0.09	0.23
Model 5-300x300	1520	280	253	0.74	0.14	0.12
Model 1-350x350	0	0	1590	0.00	0.00	1.00
Model 2-350x350	399	89	1102	0.25	0.06	0.69
Model 3-350x350	1053	136	923	0.50	0.06	0.44
Model 4-350x350	1311	139	567	0.65	0.07	0.28
Model 5-350x350	1695	206	339	0.76	0.09	0.15
Model 1-400x400	0	0	1389	0.00	0.00	1.00
Model 2-400x400	322	53	1344	0.19	0.03	0.78
Model 3-400x400	877	101	1092	0.42	0.05	0.53
Model 4-400x400	1199	132	716	0.59	0.06	0.35
Model 5-400x400	1632	192	418	0.73	0.09	0.19
Model 1-450x450	0	0	1601	0.00	0.00	1.00
Model 2-450x450	287	44	1453	0.16	0.02	0.81
Model 3-450x450	703	81	1172	0.36	0.04	0.60
Model 4-450x450	1167	123	793	0.56	0.06	0.38
Model 5-450x450	1590	185	494	0.70	0.08	0.22

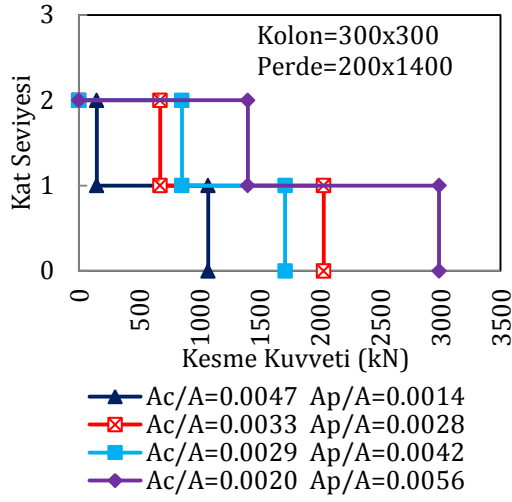
Çizelge 7.11. Sekiz katlı binalarda perde duvar ve kolon kesme kuvveti oranları

Bina adı	Kesme kuvveti (kN)			Kesme kuvveti oranı (%)		
	ΣV_{pe}^1	ΣV_{pe}^2	ΣV_{ke}	V_{pe}^1	V_{pe}^2	V_{ke}
Model 1-300x300	0	0	1135	0.00	0.00	1.00
Model 2-300x300	637	81	642	0.47	0.06	0.47
Model 3-300x300	708	233	557	0.47	0.16	0.37
Model 4-300x300	1101	217	377	0.65	0.13	0.22
Model 5-300x300	1376	273	243	0.73	0.14	0.13
Model 1-350x350	0	0	1355	0.00	0.00	1.00
Model 2-350x350	560	61	711	0.42	0.05	0.53
Model 3-350x350	858	153	587	0.54	0.10	0.37
Model 4-350x350	1049	203	465	0.61	0.12	0.27
Model 5-350x350	1491	205	313	0.74	0.10	0.16
Model 1-400x400	0	0	1355	0.00	0.00	1.00
Model 2-400x400	320	88	852	0.25	0.07	0.68
Model 3-400x400	591	105	1023	0.34	0.06	0.60
Model 4-400x400	1082	133	638	0.58	0.07	0.34
Model 5-400x400	1464	188	362	0.73	0.09	0.18
Model 1-450x450	0	0	1498	0.00	0.00	1.00
Model 2-450x450	173	40	1403	0.11	0.02	0.87
Model 3-450x450	598	83	1084	0.34	0.05	0.61
Model 4-450x450	1036	119	731	0.55	0.06	0.39
Model 5-450x450	1399	181	525	0.66	0.09	0.25

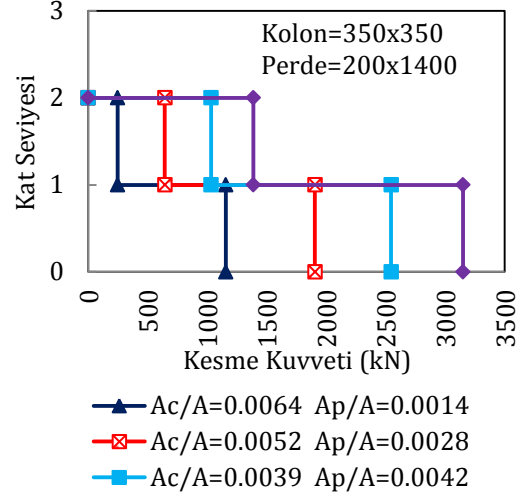
Çizelge 7.8, Çizelge 7.9, Çizelge 7.10, Çizelge 7.11 incelendiğinde perde duvar miktarının artması ile binalarda karşılanan kesme kuvveti kapasitesinin de arttığı gözlenmiştir. Aynı miktarda perde duvara sahip model binalarda kolon boyutu artışı ile perde duvarın taşıdığı kesme kuvveti yüzdesi azalmaktadır.

7.2.6. Perde duvarlarda ortaya çıkan toplam kesme kuvveti diyagramları

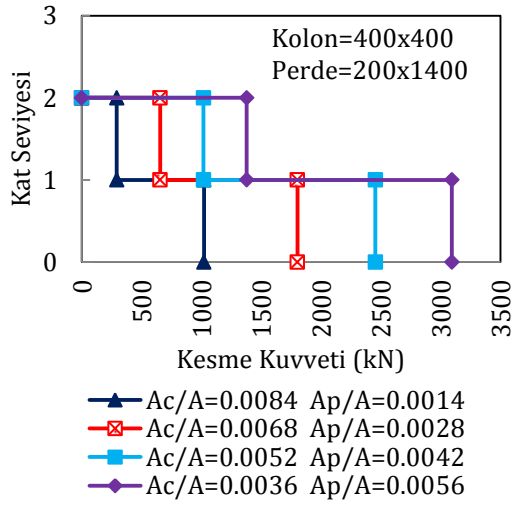
Seçilen model binaların hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki, perde duvarların karşıladığı kesme kuvvetleri toplamalarının kat sayısına bağlı olarak değişimi Şekil 7.12, Şekil 7.13, Şekil 7.14 ve Şekil 7.15'te verilmiştir. Diyagramlarda sadece perde duvarların karşılamış olduğu kesme kuvveti incelendiği için Model 1 (perdesiz) binalar bulunmamaktadır.



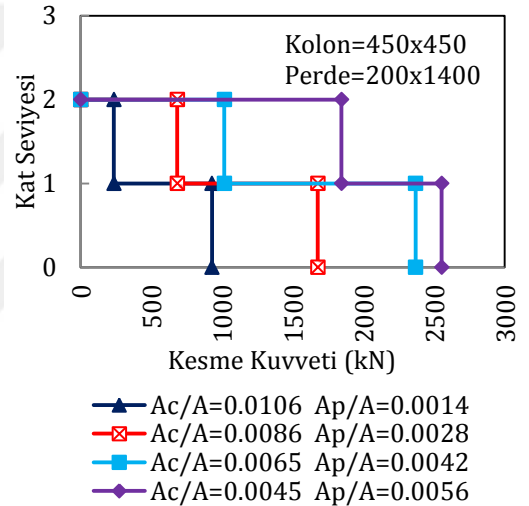
(a)



(b)

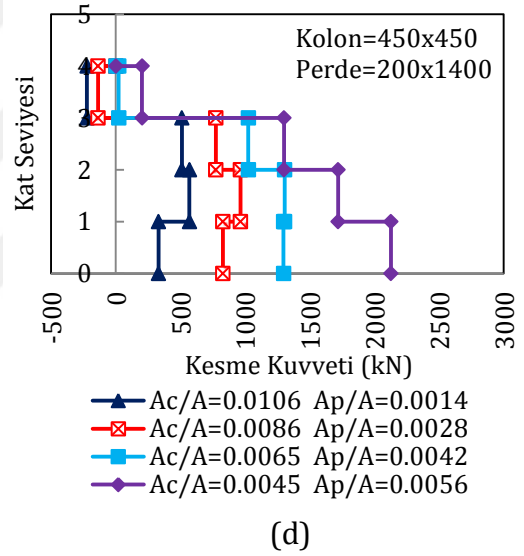
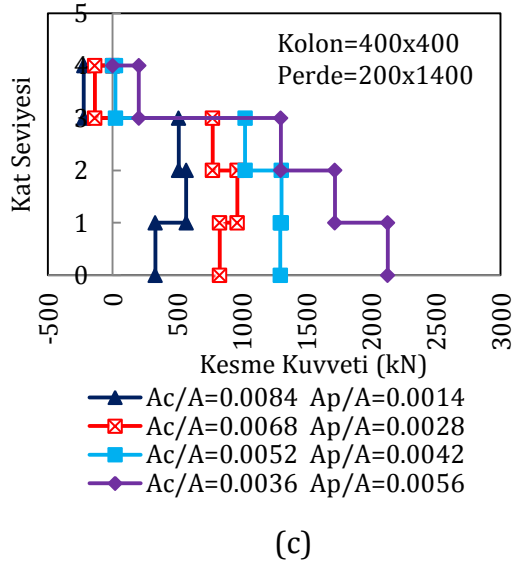
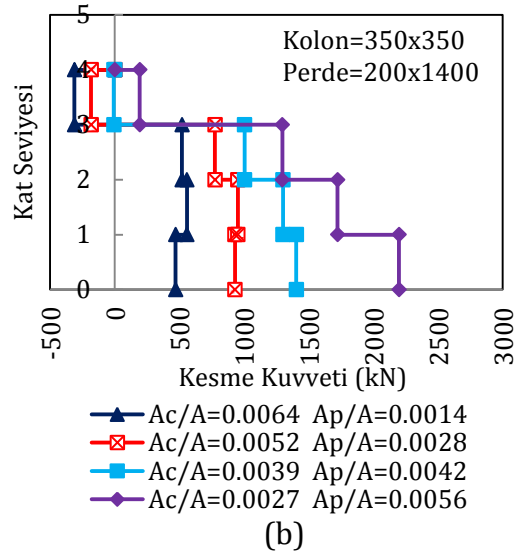
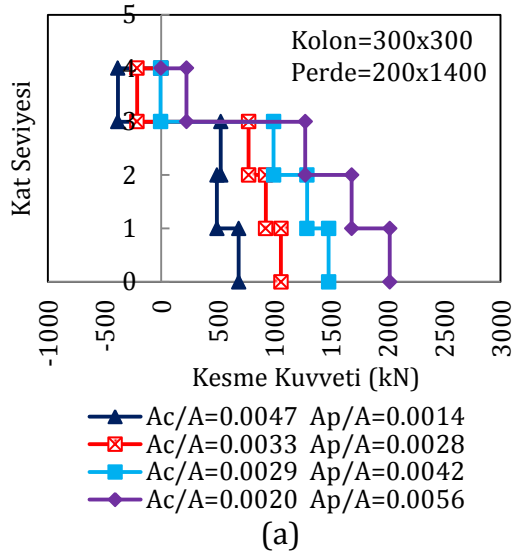


(c)

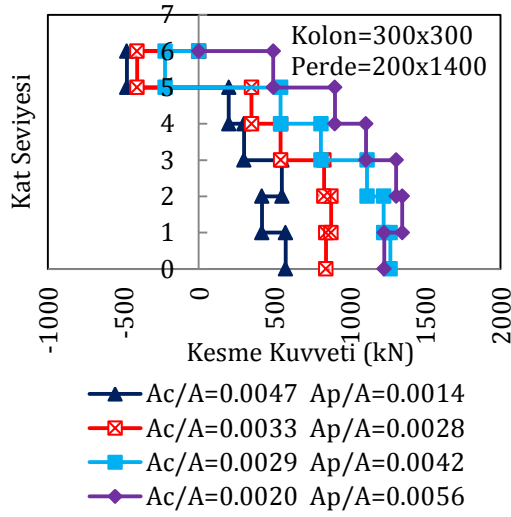


(d)

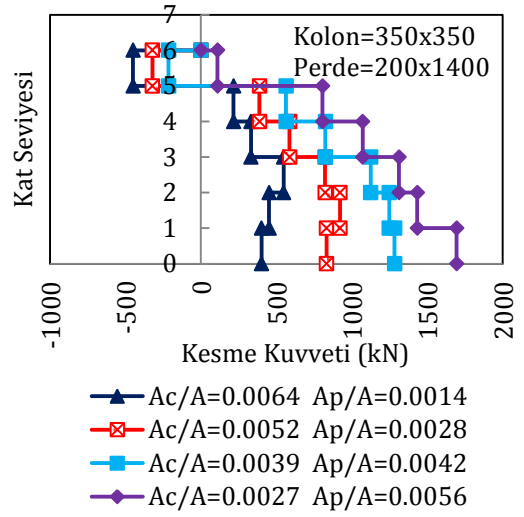
Şekil 7.12. İki katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



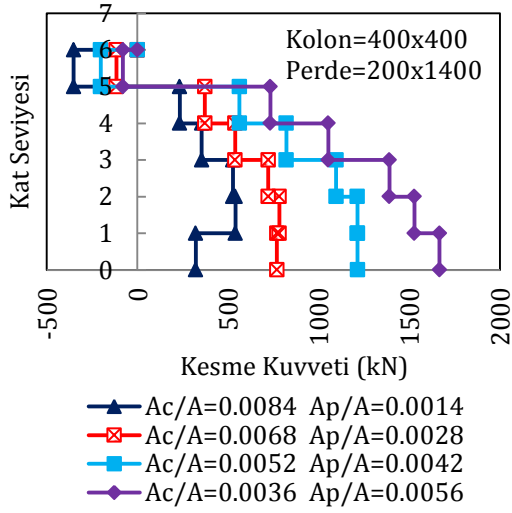
Şekil 7.13. Dört katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



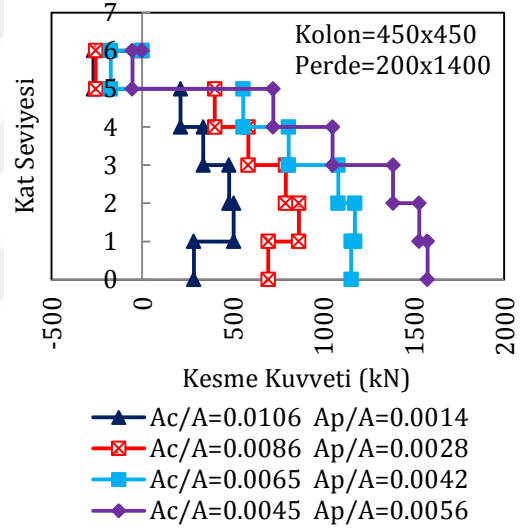
(a)



(b)

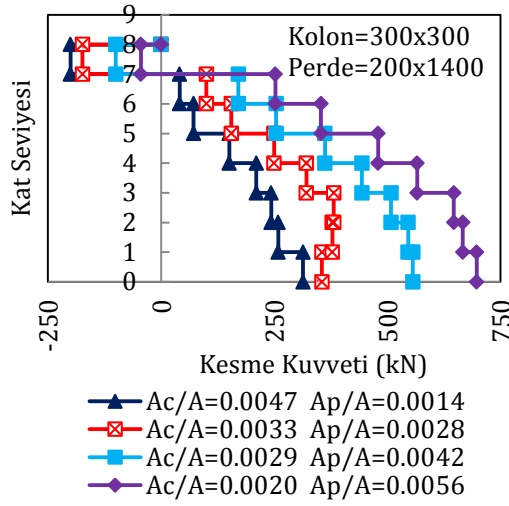


(c)

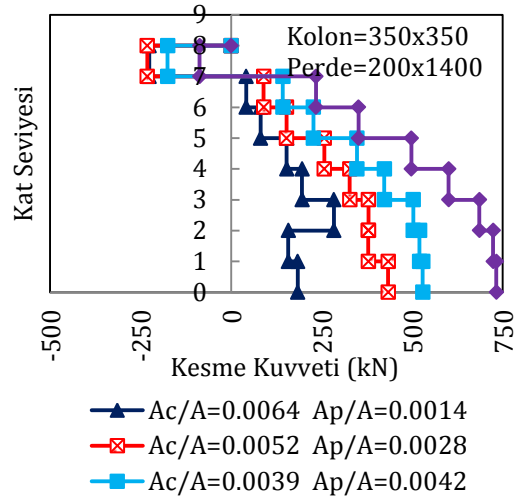


(d)

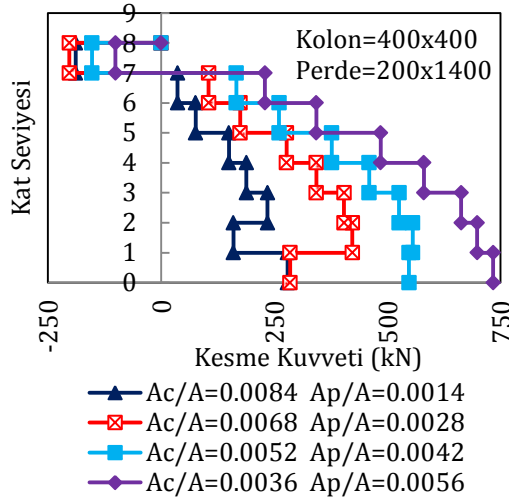
Şekil 7.14. Altı katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



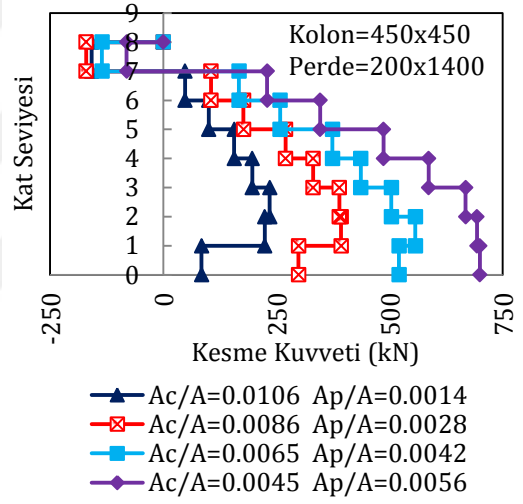
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 7.15. Sekiz katlı binalarda kesme kuvvet diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450

Şekil 7.12 ile Şekil 7.15 arasındaki grafikler incelendiğinde genellikle binalarda perde duvarın artmasıyla perde duvarların taşıdığı kesme kuvveti miktarı da artmaktadır. Ayrıca kat sayısı az olan iki katlı binalarda çerçevenin etkili olmadığı bu nedenle pozitiften negatif bölgeye geçmediği gözlenmiştir. Kat sayısı arttıkça üst katlarda çerçeve perdenin hareketini sınırlandırdığı için kesme kuvveti negatif olarak zorlamaktadır. Kesme kuvveti genel olarak alt kata doğru artmaktadır. Ancak bazı katlarda azalma gözlenmektedir. Bunun

muhtemel nedeni, bu katlarda perde duvarlarda meydana gelen mafsallaşmalar olarak gözlenmiştir.

7.2.7. Perde duvarlarda ortaya çıkan toplam moment diyagramları

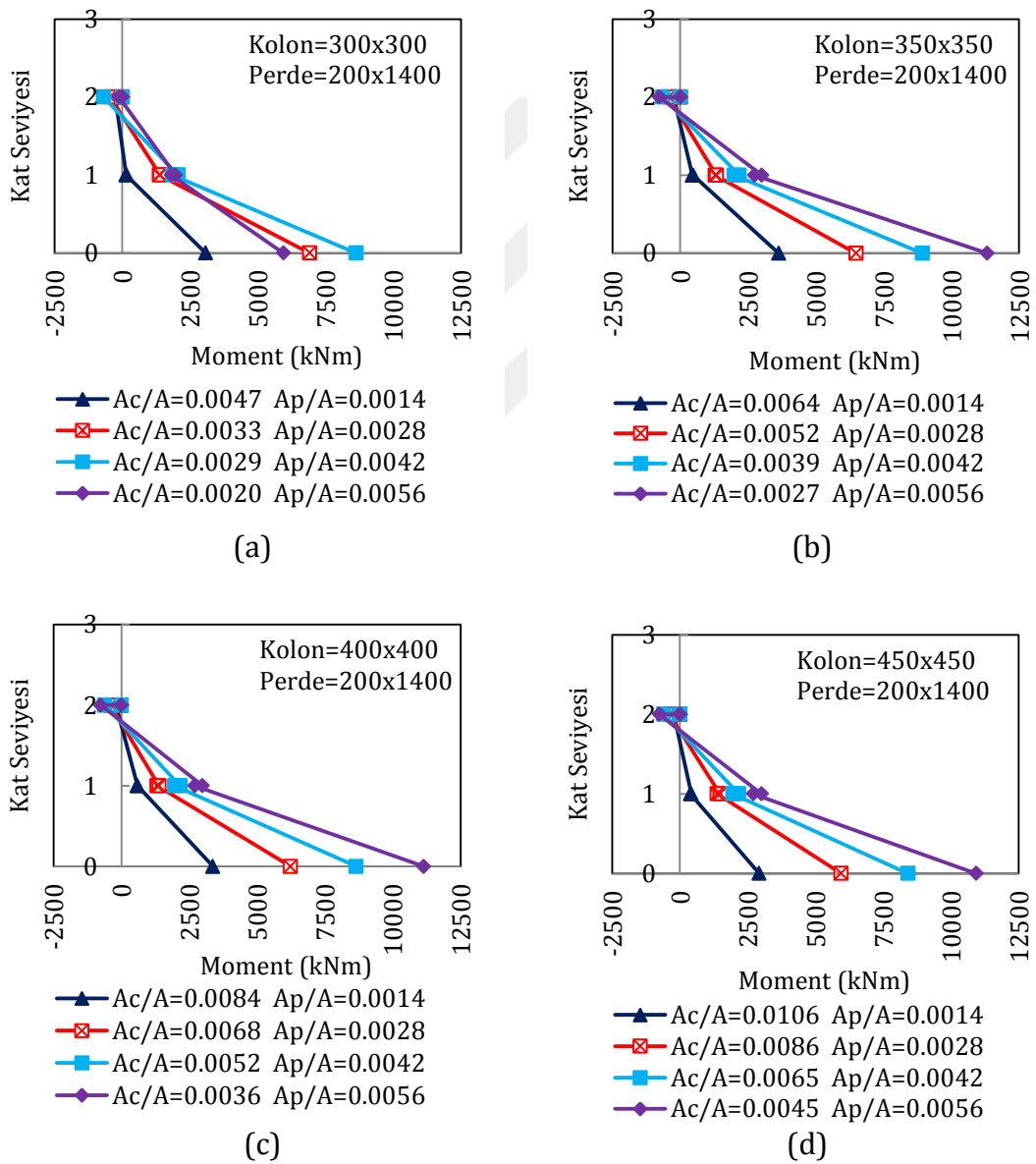
Model binalarda perde duvar miktarının artması ile perde duvarların taşıyabildiği moment taşıma kapasitesin de artış ortaya çıkmaktadır. Çizelge 7.12’de perde duvar miktarına bağlı olarak perde duvar tabanından moment sıfır noktasına olan mesafenin değişimi verilmiştir.

Çizelge 7.12. Perde duvarın tabanından moment sıfır noktasına olan mesafe (m)

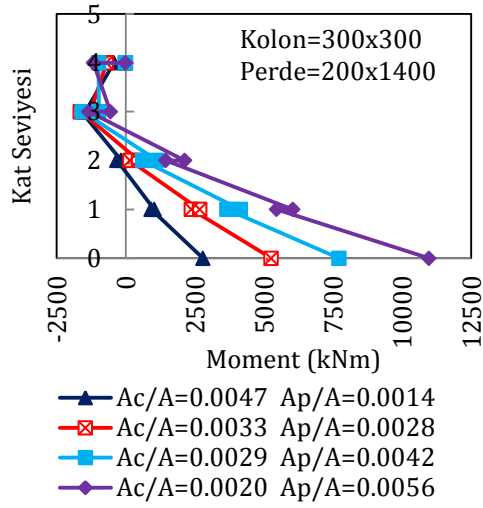
Bina Adı	Kat Sayısı			
	2	4	6	8
Model 1-300x300	-	-	-	-
Model 2-300x300	3.96	5.18	7.00	9.41
Model 3-300x300	5.00	6.61	8.21	10.55
Model 4-300x300	5.03	7.15	9.52	12.75
Model 5-300x300	5.11	7.67	10.03	13.64
Model 1-350x350	-	-	-	-
Model 2-350x350	4.58	5.56	7.44	8.60
Model 3-350x350	5.02	6.82	8.21	10.10
Model 4-350x350	5.11	7.26	10.03	10.69
Model 5-350x350	5.12	7.78	10.63	13.23
Model 1-400x400	-	-	-	-
Model 2-400x400	4.75	6.58	8.21	8.78
Model 3-400x400	5.11	7.01	9.42	11.02
Model 4-400x400	5.12	7.34	10.10	12.52
Model 5-400x400	5.16	7.72	10.65	13.23
Model 1-450x450	-	-	-	-
Model 2-450x450	4.80	6.84	9.03	10.69
Model 3-450x450	5.12	7.22	9.86	11.24
Model 4-450x450	5.14	7.52	10.21	11.59
Model 5-450x450	5.17	7.79	10.67	13.31

Sonuçlar incelendiğinde binalarda perde duvar miktarının artması ile moment sıfır noktasının yukarı doğru yükseldiği gözlenmiştir.

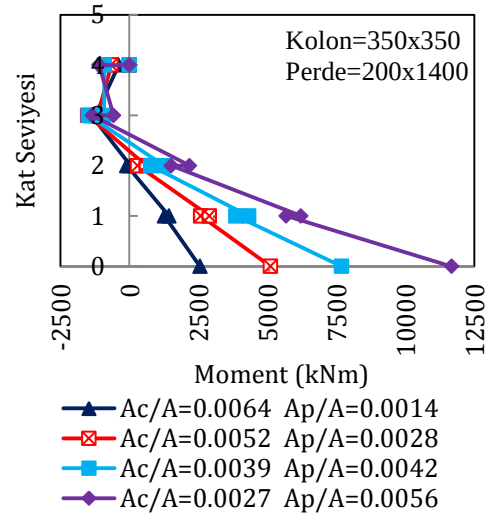
Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki model binalarda, perde duvarların karşıladığı moment değerleri toplamının kat sayısına bağlı olarak değişimi Şekil 7.16, Şekil 7.17, Şekil 7.18 ve Şekil 7.19 da verilmiştir. Diyagramlarda sadece perde duvarların karşılamış olduğu kesme kuvveti incelendiği için Model 1 (perdesiz) binaları bu grafiklerde yer almamaktadır.



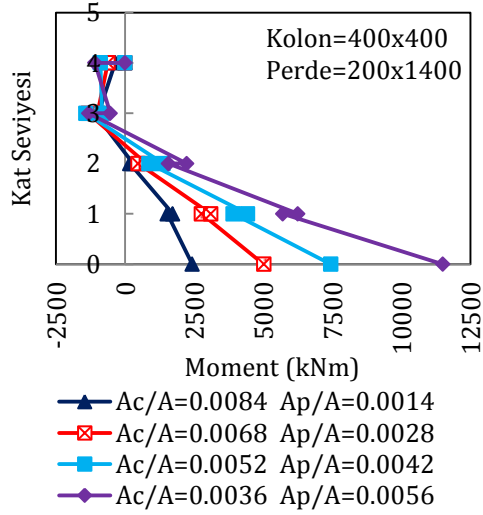
Şekil 7.16. İki katlı binalarda perde toplam moment diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



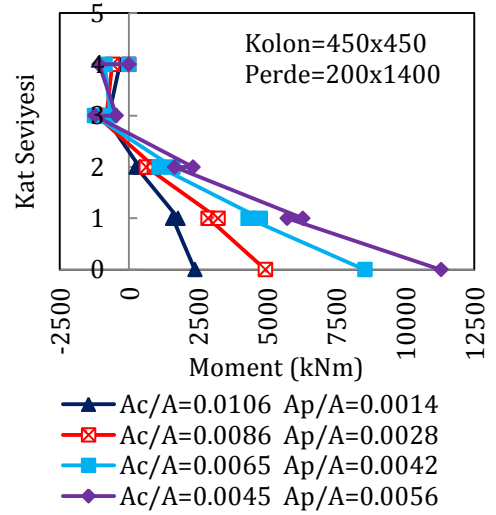
(a)



(b)

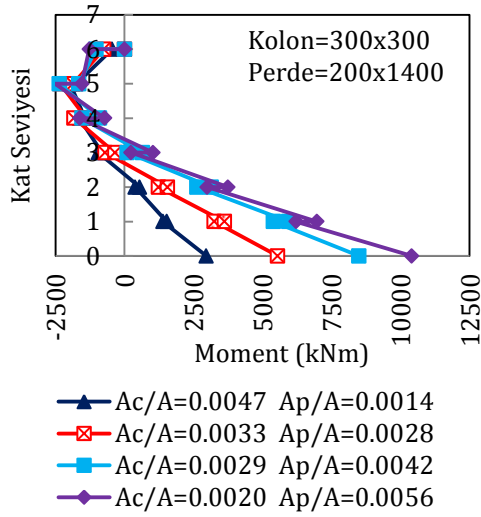


(c)

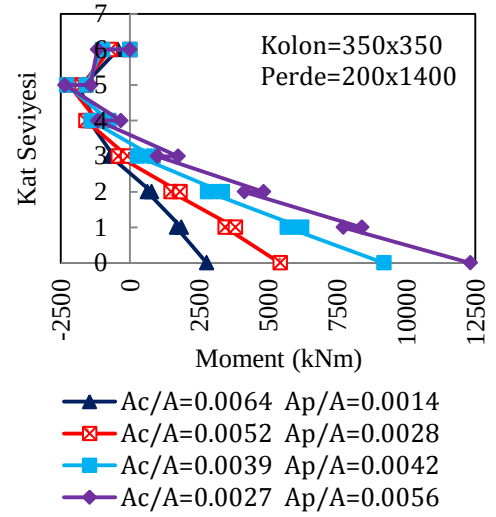


(d)

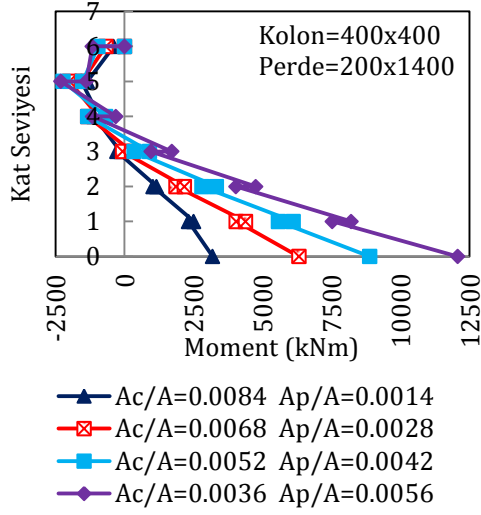
Şekil 7.17. Dört katlı binalarda perde toplam moment diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



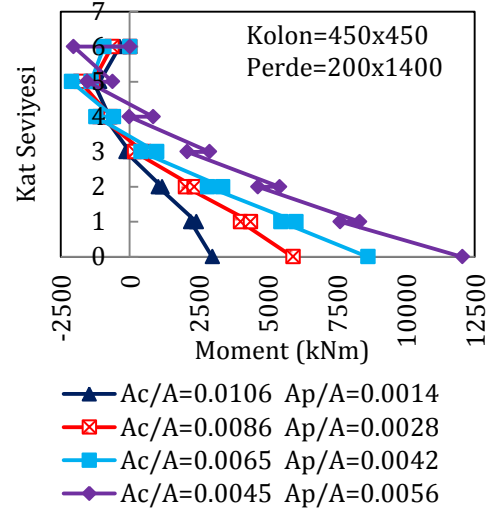
(a)



(b)

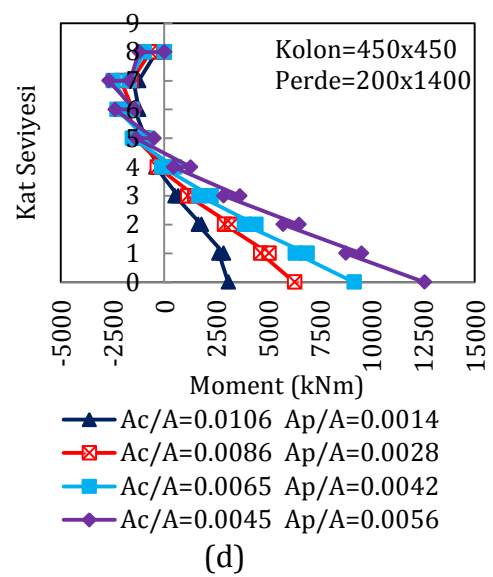
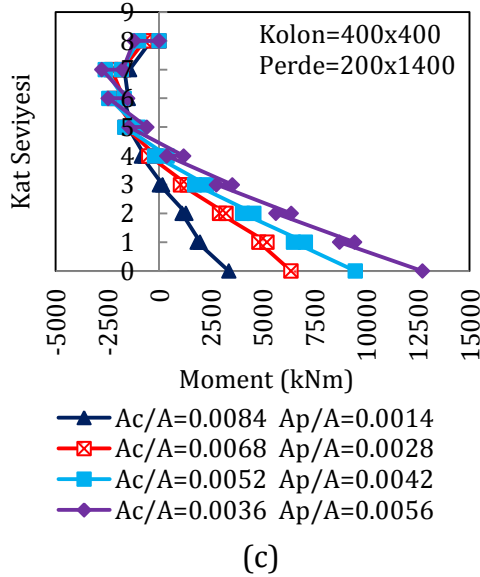
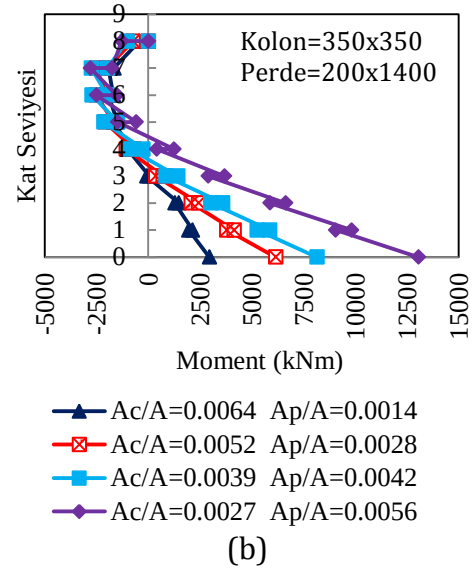
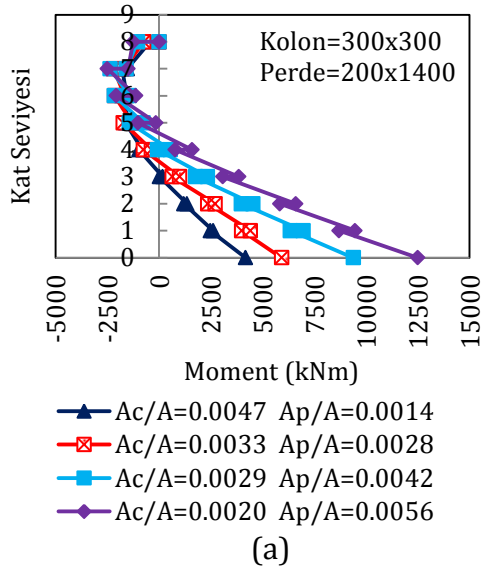


(c)



(d)

Şekil 7.18. Altı katlı binalarda perde toplam moment diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450

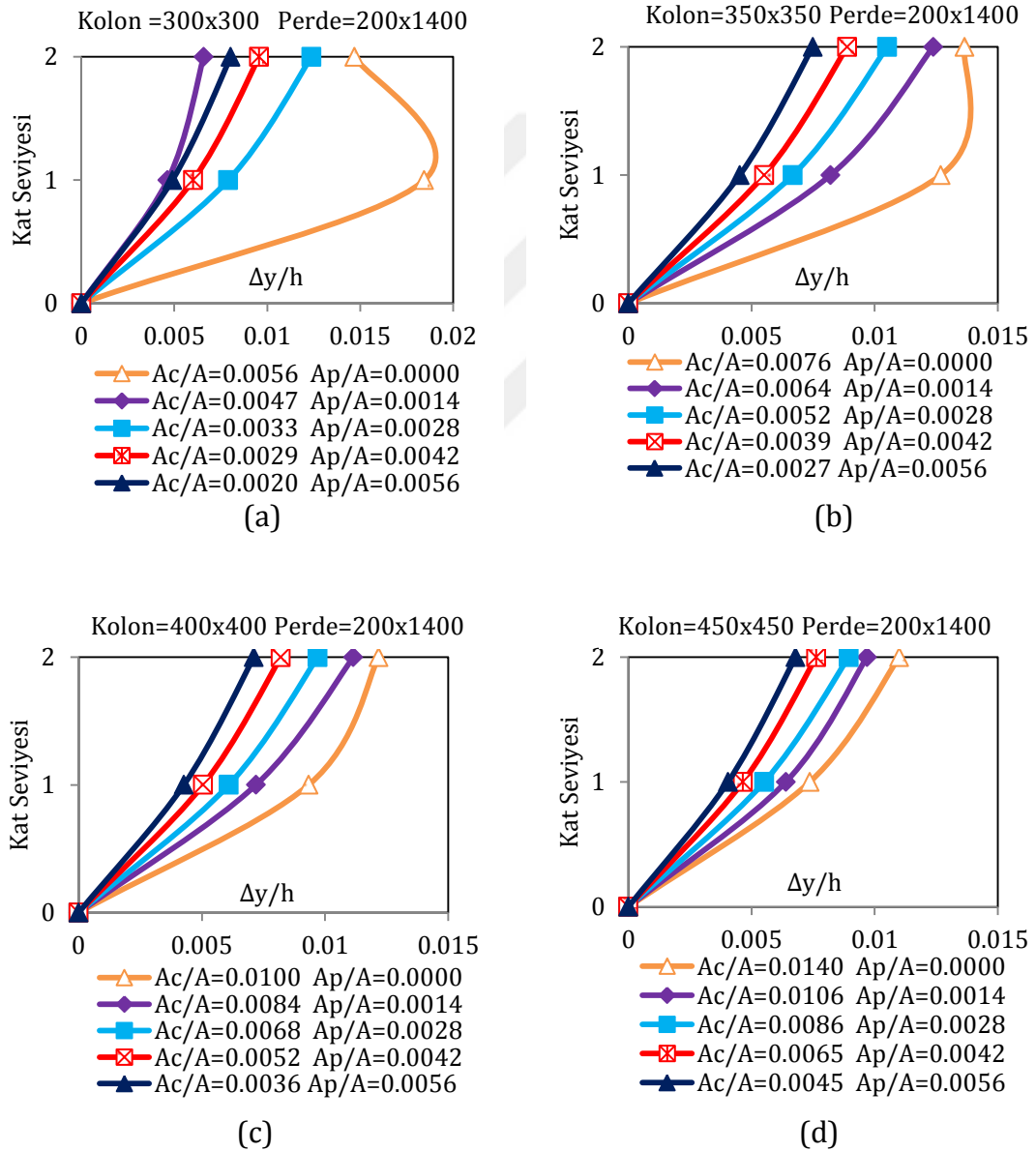


Şekil 7.19. Altı katlı binalarda perde toplam moment diyagramları; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450

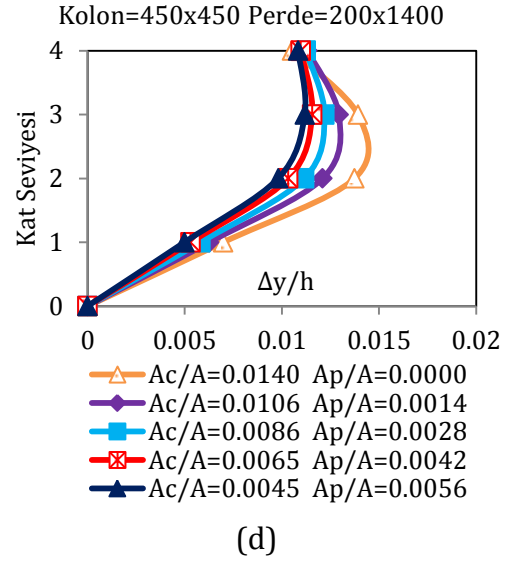
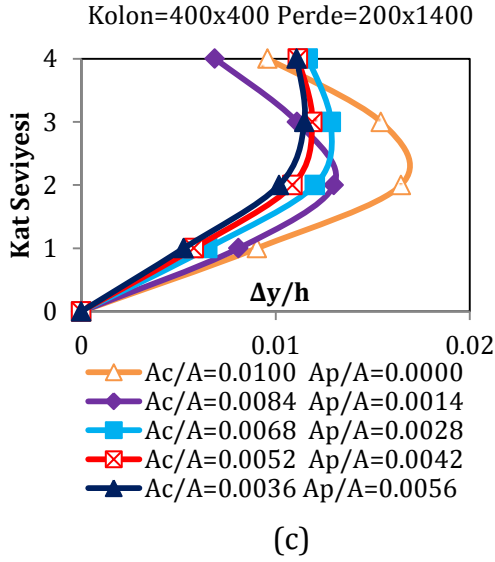
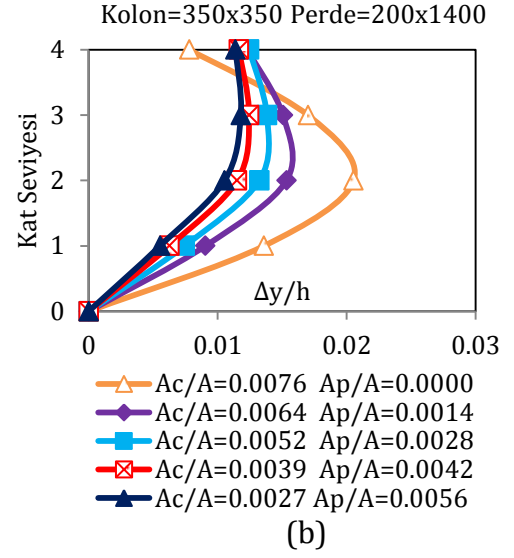
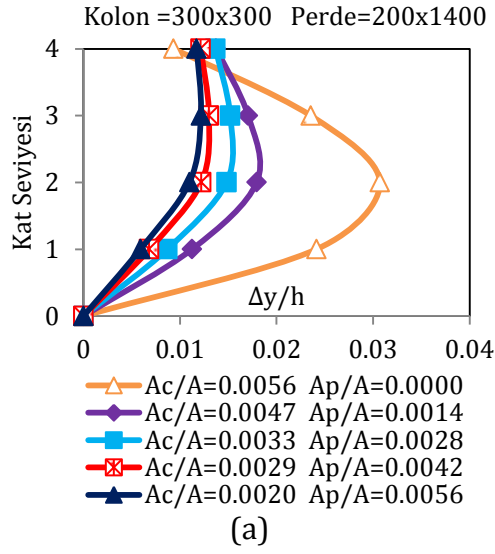
Şekil 7.16, Şekil 7.17, Şekil 7.18, Şekil 7.19 incelendiğinde perde duvar miktarının artması ile tabanda meydana gelen moment taşıma kapasitelerinin artış gösterdiği gözlenmiştir. İki katlı binalardaki perde duvarlarda ortaya çıkan moment diyagramı konsol kiriş davranışına benzer olarak gözlenirken, davranışta çerçevenin etkisi gözlenmemiştir. Kat sayısı arttıkça perde ve çerçeve arasındaki etkileşimden dolayı moment üst katlarda negatif değerlerle zorlanmaktadır.

7.2.8. Göreli kat ötelenmeleri

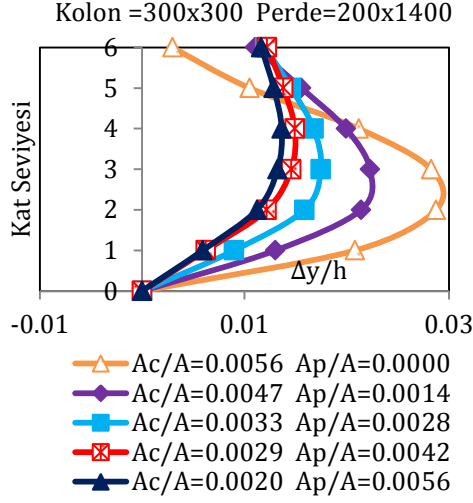
Görelî kat ötelenmesi, yeni yapılacak binalarda yeterli rijitliği sağlamak için kontrol edilmektedir. Bunun yanında performans değerdendirilmelerinde de önemli bir gösterge olarak dikkate alınmaktadır. Burada model binalara ait hedef yerdeğiştirme istem seviyesinde oluşan her bir kat seviyesindeki göreli kat ötelenmelerinin değışimleri Şekil 7.20, Şekil 7.21, Şekil 7.22, Şekil 7.23'te verilmiştir.



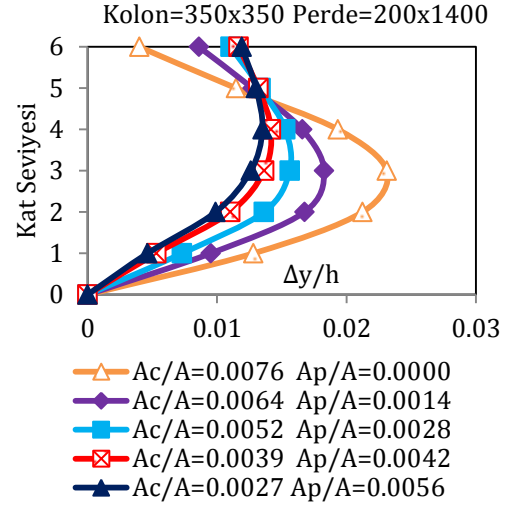
Şekil 7.20. İki katlı yapılarda göreli kat ötelenmesi; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu: 450x450



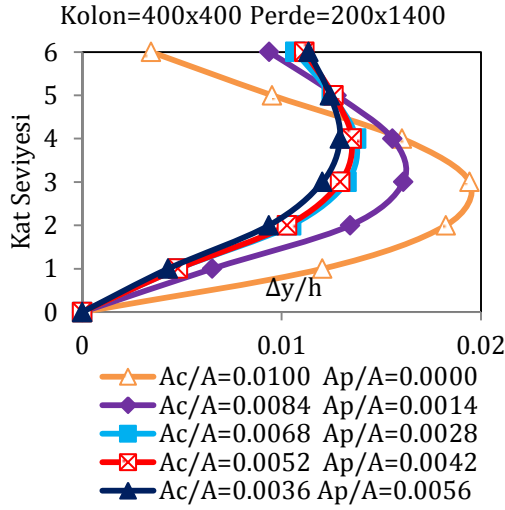
Şekil 7.21. Dört katlı yapılarda göreceli kat ötelenmesi; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu



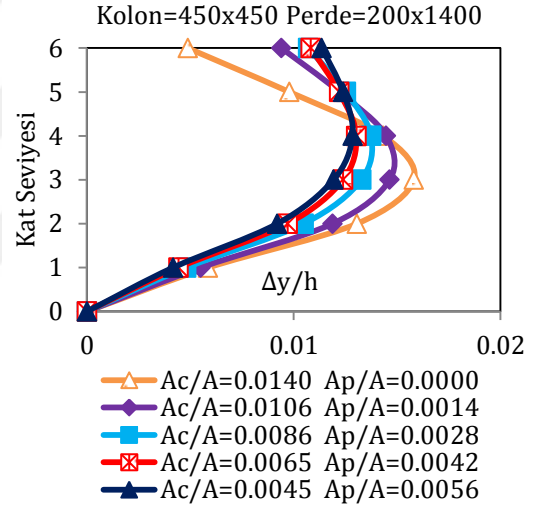
(a)



(b)

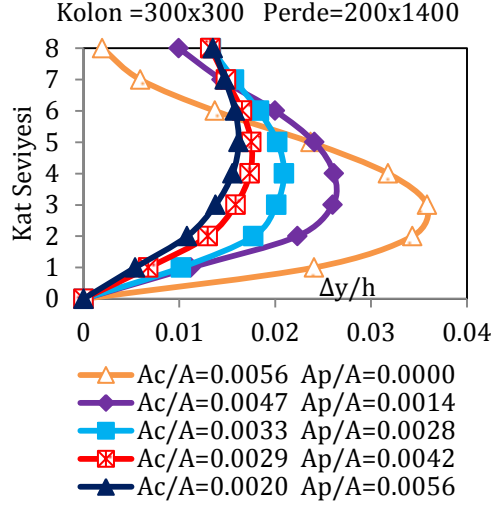


(c)

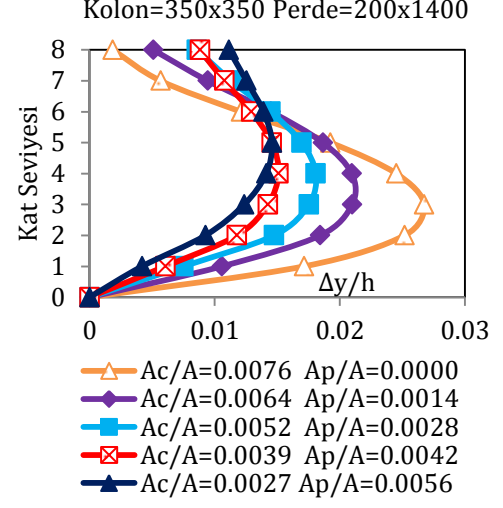


(d)

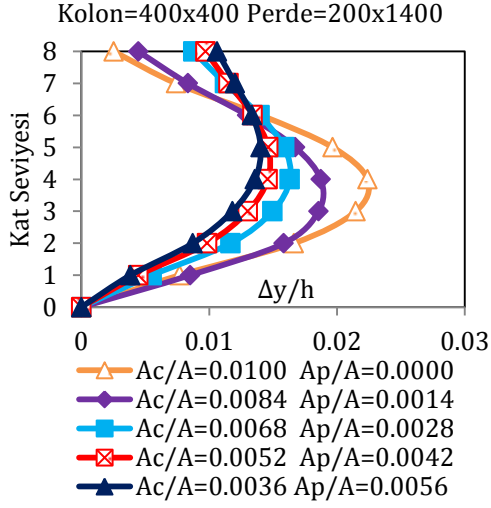
Şekil 7.22. Altı katlı yapılarda göreceli kat ötelenmesi; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu



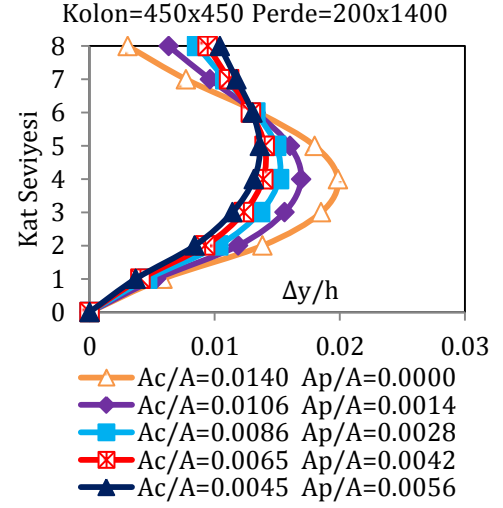
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 7.23. Sekiz katlı yapılarda görece kat ötelenmesi; (a) kolon boyutu: 300x300, (b) kolon boyutu: 350x350, (c) kolon boyutu: 400x400, (d) kolon boyutu

Şekil 7.20, Şekil 7.21, Şekil 7.22, Şekil 7.23 incelendiğinde binalarda perde duvar miktarının artması ile görece kat ötelenme değerlerinde gözle görülür derecede düşüş gözlenmiştir.

7.2.9. Bina performans seviyesi sonuçları

Model binalardaki hedef yerdeğiştirme istem seviyesinde belirlenen performans seviyesi sonuçları kat sayısına bağlı olarak Çizelge 7.13 ile Çizelge 7.16 arasında

verilmiştir. Çizelgelerde aynı zamanda düşey taşıyıcı elemanlarda meydana gelen hasarlar ve bu elemanların hasara bağlı olarak taşıdığı kesme kuvveti yüzdeleri de verilmiştir.

Çizelge 7.13. İki katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları

Model Adı /Kolon boyutu	A_c/A	A_p/A	Performans Seviyesi	1. Kat Kolon+Perde Hasar Yüzdeleri			
				MH	BH	İH	GB
Model 1-300×300	0.0056	0.0000	GD	0	0	0	100
Model 2-300×300	0.0047	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-300×300	0.0033	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-300×300	0.0029	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-300×300	0.0020	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-350×350	0.0076	0.0000	GD	0	0	96	4
Model 2-350×350	0.0064	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-350×350	0.0052	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-350×350	0.0039	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-350×350	0.0027	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-400×400	0.0100	0.0000	GÖ	0	0	100	0
Model 2-400×400	0.0084	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-400×400	0.0068	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-400×400	0.0052	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-400×400	0.0036	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-450×450	0.0140	0.0000	HK	100	0	0	0
Model 2-450×450	0.0106	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-450×450	0.0086	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-450×450	0.0065	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-450×450	0.0045	0.0056	HK	100	0	0	0

Çizelge 7.13 incelendiğinde tamamen çerçevesi iki katlı model binalar arasında sadece 450 mm kolon boyutlarına sahip modelde “Hemen Kullanım” performans seviyesinin, diğer modellerde ise “Göçme Durumu” performans seviyesinin sağlandığı gözlenmiştir. İki katlı binalarda az miktarda perde duvar eklenmesiyle bile performans seviyesi “Göçme Durumu”ndan “Hemen Kullanım” performans seviyesine yükseltilmiştir. Ancak belli bir seviyeden sonra perde duvar artışının etkisi gözlenmemiştir. Aynı gözlem diğer kolon boyutlarında da ortaya çıkmaktadır. Model 1-450×450 binasındaki gibi kolon yerleşimi yapıldığında perde duvar yerleşimine ihtiyaç duyulmadan bina performans seviyesinin “Hemen Kullanım” olarak elde edildiği gözlenmiştir.



Çizelge 7.14. Dört katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları

Model Adı /Kolon boyutu	A_c/A	A_p/A	Performans Seviyesi	1. Kat Kolon+Perde Hasar Yüzdeleri			
				MH	BH	İH	GB
Model 1-300×300	0.0056	0.0000	GD	0	0	0	100
Model 2-300×300	0.0047	0.0014	GD	8	0	84	8
Model 3-300×300	0.0033	0.0028	CG	64	0	36	0
Model 4-300×300	0.0029	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-300×300	0.0020	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-350×350	0.0076	0.0000	GD	0	0	88	12
Model 2-350×350	0.0064	0.0014	GD	64	0	24	12
Model 3-350×350	0.0052	0.0028	CG	88	0	12	0
Model 4-350×350	0.0039	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-350×350	0.0028	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-400×400	0.0100	0.0000	GD	96	0	0	4
Model 2-400×400	0.0084	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-400×400	0.0068	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-400×400	0.0052	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-400×400	0.0036	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-450×450	0.0140	0.0000	HK	100	0	0	0
Model 2-450×450	0.0106	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-450×450	0.0086	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-450×450	0.0065	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-450×450	0.0045	0.0056	HK	100	0	0	0

Çizelge 7.14 incelendiğinde, 300 ve 350 mm kolon boyutlarına sahip Model 1 ve Model 2 binalarında “Göçme Durumu” performans seviyesinin sağlandığı gözlenmiştir. Kolon boyutlarının 450 mm seçildiği tüm model binalarda “Hemen Kullanım” performans seviyesi sağlanmaktadır.

Kat sayısı arttıkça hasar seviyesine bağlı olarak belirlenen kesme kuvveti oranlarıda artış göstermektedir. Örneğin Model 2-300×300 binasının iki katlı modelinde düşey taşıyıcı elemanların tamamı “Minimum Hasar” bölgesinde iken aynı model binanın dört katlısında düşey taşıyıcı elemanların kesme kuvvetlerinin hasara göre dağılımı % 8 “Minimum Hasar” bölgesinde, % 84 “İleri Hasar” bölgesinde, % 8 “Göçme Hasar” bölgesinde bulunmaktadır.

Çizelge 7.15. Altı katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları

Model Adı /Kolon boyutu	A_c/A	A_p/A	Performans Seviyesi	1. Kat Kolon+Perde Hasar Yüzdeleri			
				MH	BH	İH	GB
Model 1-300×300	0.0056	0.0000	GD	0	0	0	100
Model 2-300×300	0.0047	0.0014	GD	8	0	84	8
Model 3-300×300	0.0033	0.0028	GD	64	0	32	4
Model 4-300×300	0.0029	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-300×300	0.0020	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-350×350	0.0076	0.0000	GD	0	0	84	16
Model 2-350×350	0.0064	0.0014	GD	48	0	44	8
Model 3-350×350	0.0052	0.0028	GD	96	0	0	4
Model 4-350×350	0.0039	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-350×350	0.0027	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-400×400	0.01	0.0000	GD	0	60	36	4
Model 2-400×400	0.0084	0.0014	GD	96	0	0	4
Model 3-400×400	0.0068	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-400×400	0.0052	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-400×400	0.0036	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-450×450	0.0140	0.0000	HK	100	0	0	0
Model 2-450×450	0.0106	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-450×450	0.0086	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-450×450	0.0065	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-450×450	0.0045	0.0056	HK	100	0	0	0

Çizelge 7.15 incelendiğinde 300 ve 350 mm kolon boyutlarına sahip Model 1, Model 2 ve Model 3 binalarında; aynı zamanda 400 mm kolon boyutlarına sahip Model 1 ve Model 2 binalarında “Göçme Durumu” performans seviyesinin sağlandığı gözlenmiştir. Kolon boyutlarının 450 mm seçildiği tüm model binalarda “Hemen Kullanım” performans seviyesi sağlanmaktadır.



Çizelge 7.16. Sekiz katlı model binalarda elde edilen bina performans sonuçları

Model Adı /Kolon boyutu	Ac/A	Ap/A	Performans Seviyesi	1. Kat Kolon+Perde Hasar Yüzdeleri			
				MH	BH	İH	GB
Model 1-300×300	0.0056	0.0000	GD	0	0	0	100
Model 2-300×300	0.0047	0.0014	GD	0	40	40	20
Model 3-300×300	0.0033	0.0028	GD	24	0	72	4
Model 4-300×300	0.0029	0.0042	GÖ	64	0	36	0
Model 5-300×300	0.0020	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-350×350	0.0076	0.0000	GD	0	0	0	100
Model 2-350×350	0.0064	0.0014	GD	8	0	80	12
Model 3-350×350	0.0052	0.0028	GD	88	0	0	12
Model 4-350×350	0.0039	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-350×350	0.0027	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-400×400	0.0100	0.0000	GD	72	0	0	28
Model 2-400×400	0.0084	0.0014	GD	72	0	28	0
Model 3-400×400	0.0068	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-400×400	0.0052	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-400×400	0.0036	0.0056	HK	100	0	0	0
Model 1-450×450	0.0140	0.0000	HK	100	0	0	0
Model 2-450×450	0.0106	0.0014	HK	100	0	0	0
Model 3-450×450	0.0086	0.0028	HK	100	0	0	0
Model 4-450×450	0.0066	0.0042	HK	100	0	0	0
Model 5-450×450	0.0045	0.0056	HK	100	0	0	0

Elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde kolon boyutları ve perde duvar miktarı arttıkça düşey taşıyıcı sistem elemanlarında ortaya çıkan hasar azalmakta ve bina performans seviyesi yükselmektedir.

Kolon boyutları arttıkça bina performans seviyesinin “Can Güvenliği” ya da “Hemen Kullanım” performans seviyesine yükseltilebilmesi için gerekli olan perde duvar miktarı azalmaktadır.



8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışmasında, konut türü yeni yapılacak betonarme binaların deprem güvenliğinin sağlanması için gerekli perde duvar miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen simetrik ve düzenli model binalarda, kat sayısı, açıklık sayısı, kolon elemanlarının boyutları ve perde duvar miktarı değiştirilerek “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi” yöntemi ile performans değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan çözümlmelerden elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

1. Bina modellerine ait kolon boyutlarının ve binaya yerleştirilen perde duvar miktarının artmasıyla doğal periyot değerlerinin önemli derecede azaldığı görülmüştür. Perde duvar ilavesinin periyot üzerindeki etkisinin kolon boyutlarının artırılmasına göre çok daha etkili olduğu açıkça görülmektedir. Dolayısıyla binaya az miktarda bile olsa, perde duvar yerleştirilmesi binanın ötelenme rijitliğinde önemli bir artış sağlayabilmektedir. Kat sayısının artması bina ağırlığında artışa neden olduğundan, binanın doğal periyot değerinin artmaktadır.
2. Binadaki kolon boyut artışı; V/W oranında küçük miktarda artış meydana getirirken, perde duvar ilavesinin bu değerde önemli artışlar ortaya çıkardığı gözlenmiştir. Binadaki taşıyıcı sistem eleman boyutlarının aynı olması durumunda binanın kat sayısındaki artış ile binanın V/W oranında gözle görülür bir düşüşün ortaya çıktığı gözlenmektedir.
3. Hedef yerdeğiştirme isteminin kolon boyutu ve perde duvar miktarının artması ile azaldığı, ancak binadaki kat sayısının artması ile hedef yerdeğiştirme istem seviyesinin önemli derecede arttığı gözlenmiştir.
4. S_{Day} ve R_{y1} değerlerinin; perde miktarının ve kolon boyutlarının artması ile kayda değer bir azalma gösterdiği, ancak kat sayısının artmasıyla bu değerde artışın ortaya çıktığı gözlenmiştir. C_{R1} değerinde ise diğer

parametrelerin aksine perde miktarı ve kolon boyutunun artması ile artışın olduğu, ancak kat sayısının artmasıyla bu değerde azalmanın meydana geldiği görülmüştür.

5. Binadaki hem perde miktarının hem de kolon boyutlarının artmasıyla, V/W oranı da artmaktadır. Model binalar arasında, V/W oranı en az olan bina 8 katlı Model 1-300x300 binası iken, en fazla olan bina 2 katlı Model 5-450x450 binasıdır.
6. Perde duvar miktarının artması ile binalarda karşılanan kesme kuvveti yüzdesinin de arttığı gözlenmiştir. Aynı miktarda perde duvara sahip model binalarda kolon boyutu artışı ile perde duvarın taşıdığı kesme kuvveti yüzdesi azalmaktadır.
7. Model binalarda perde duvar miktarının artmasıyla perde duvarların taşıdığı kesme kuvveti miktarı da artmaktadır. Ayrıca kat sayısı az olan iki katlı binalarda çerçevenin etkili olmadığı, bu nedenle kesme kuvvetinin pozitiften negatif bölgeye geçmediği gözlenmiştir. Kat sayısı arttıkça üst katlarda çerçeve perdenin hareketini sınırlandırdığı için kesme kuvveti negatif olarak zorlamaktadır. Kesme kuvveti genel olarak alt kata doğru artmaktadır. Ancak bazı katlarda azalma gözlenmektedir. Bunun muhtemel nedeni, bu katlarda perde duvarlarda meydana gelen mafsallaşmalar olduğu tahmin edilmektedir.
8. Binalarda perde duvar miktarının artması ile moment sıfır noktasının yartmasına neden olmaktadır.
9. Perde duvar miktarının artması ile binaların taban bölgesinde meydana gelen moment taşıma kapasitelerinde artış gözlenmiştir. İki katlı binalardaki perde duvarlarda ortaya çıkan moment diyagramı, konsol kiriş davranışına benzer iken bu binaların davranışında çerçevenin etkisi

gözlenmemiştir. Perde ve çerçeve arasındaki etkileşim nedeniyle kat sayısı arttıkça üst katlarda moment negatif değerlere zorlanmaktadır.

10. Binalarda perde duvar miktarının artması ile görelî kat ötelenme değerlerinde gözle görülür derecede düşüş gerçekleşmektedir.
11. İki katlı binaların performans seviyesi, az miktarda bile olsa perde duvar eklenmesiyle “Göçme Durumu”ndan “Hemen Kullanım” performans seviyesine yükseltilmiştir. Ancak belli bir seviyeden sonra perde duvar miktarı artışının bina performans seviyesine etkisi gözlenmemektedir.
12. Kat sayısı artmasıyla hasar seviyesine bağılı olarak belirlenen kesme kuvveti oranları da artmaktadır.
13. Kolon boyutları ve perde duvar miktarı arttıkça düşey taşıyıcı sistem elemanlarında ortaya çıkan hasar azalmakta ve bunun sonucunda da bina performans seviyesi artmaktadır.
14. Bina performans seviyesinin “Can Güvenliğı” ya da “Hemen Kullanım” seviyesine yükseltilebilmesi için kolon boyutları arttıkça gerekli olan perde duvar miktarı azalmaktadır.
15. Bu çalışmanın literatüre en önemli katkısı, simetrik ve düzenli binalarda deprem güvenliğinin sağlanabilmesi için gerekli olan perde duvar miktarının belirlenmesinde kat alanı ve kat sayısı parametrelerinin yanında kolon alanlarının da kullanılmasının gerekliliğı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- ABYBHY, 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Aktan, S., Kırac, N., 2010. Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri. Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 16-32.
- Alıcıoğlu, M.B., 2013. Betonarme Yapılarda Perde Duvar Kullanımının Önemi. Manisa Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Yapı Denetim Şube Müdürlüğü, Manisa.
- ATC 40, 1996. Applied Technology Council Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Redwood City, California.
- Aracı, E., 2012. Betonarme Perde Konumlarının Bina Deprem Performansına Olan Etkisinin Bilgisayar Destekli İrdelenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 114s, Antalya.
- Atımtay, E., 2000. Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Betonarme Yapılar). Bizim Büro, Cilt 1-2, 1005s., Ankara.
- Atımtay, E., 2001. Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Temel Kavramlar Ve Hesap Yöntemleri. Bizim Büro, Cilt: 1-2., 871s., Ankara.
- Avşar, Ö., Yurdakul, Ö., Tunaboyu, O., 2013. Betonarme Perde Duvar Oranının Binaların Sismik Performansına Etkisi. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay, 1-8.
- Aydinoğlu, N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H., 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler El Kitabı. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 202s., Ankara.
- Bayülke, N., 2001. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı. İMO İzmir Şubesi Yayınevi, İzmir.
- BESAM, 2013. Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme Programı. Tübitak 111M119.
- Celep, Z., 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme. Beta Dağıtım, 226 s., İstanbul.
- Celep, Z., 2015. Betonarme Yapılar. Beta Yayınları, 861s. İstanbul.
- Çömlekoğlu, H.G., 2009. Effect of Shear Walls on The Behavior of Reinforced Concrete Buildings Under Earthquake Loading. Middle East Technical University Natural and Applied Sciences M. Sc. Thesis, 141s., Ankara.

- Demir, F., Celep, Z., Güler, K., Tekeli, H., 2013. Binaların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yeni Bir Yaklaşım. 111M119 Numaralı Tübitak Projesi.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Döndüren, M. S., Karaduman A., 2007. Çok Katlı Binaların Deprem Analizi. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Teknik-Online Dergi, 6(1), 31-41.
- Erken, S., 2012. Betonarme Yapıların Taşıyıcı Sistem Seçiminde Perde Yerleşiminin Davranışa Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 181s., İstanbul.
- Ersoy, U., 1993. 1992 Erzincan Depreminden Alınması Gereken Dersler. 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 395-403, İstanbul.
- Fahjan, Y.M., Başak, K., Kubin, J., Tan, M.T., 2011. Perdeli Betonarme Yapılar için Doğrusal Olmayan Analiz Metotları. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran, İstanbul, 1-12.
- FEMA 356, 2000. Pre-standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation. American Society Of Civil Engineering, Reston, Virginia.
- Günel, A.O., 2013. Influence of the Shear Wall Area to Floor Area Ratio on the Seismic Performance of Existing Reinforced Concrete Buildings. Middle East Technical University Natural and Applied Sciences M. Sc. Thesis, 153s., Ankara.
- Körlü, M.S., Deneme, İ.Ö., Hüseyin, Y.R., 2004. Betonarme Yapıların Perde Takviyesi ile Güçlendirilmesi. Ç.Ü. Müh. Mim .Fak. Dergisi, 19(1), 149-157.
- Miao, Z.W., Lu, X.Z., Jiang, J.J., Ye, L.P., 2006. Nonlinear FE Model for RC Shear Walls Based on Multi-layer Shell Element and Microplane Constitutive Model. Computational Methods in Engineering And Science, 21-23 Aug., Sanya, Hainan, China.
- Nicolae, I., Reynoard, J.M., 2000. Nonlinear Analysis Of Reinforced Concrete Shear Wall Under Earthquake Loading. Journal Of Earthquake Engineering, 4(2), 183-213.
- Otani, S., 1980. Nonlinear Dynamic Analysis Of Reinforced Concrete Building Structures. Canada J. Civil Engineering, 7(2), 333-344.
- Öztürk, T., 2005. Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı, İMO İstanbul Şubesi, İstanbul.

SAP 2000, 2011. Computers and Structures, Inc., v.14.0.0. Structural Analysis Program, Berkeley, CA, USA.

Şahin, H., Alyamaç, K.E., Erdoğan, A.S., 2013. Perdeli Çerçeve Yapılarda Zemin Sınıfı ve Kat Adedi Dikkate Alınarak Gerekli Perde Oranının Tespiti. SDU International Journal of Technologic Sciences, 5(1), 74-86.

Tekel, H., 2006. Betonarme Yapılarda % 1 Oranında Perde Kullanımının Değerlendirilmesi. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 444-445, 57-63.

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

Uçar, T., Toumatarı, S.G., Ertutar, Y., 2014. Çerçeve Düzlemi İçinde Eklenen Perdelerin Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3 (1), 56-68.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gökhan Barış SAKCALI
Doğum Yeri ve Yılı : Eğirdir/ISPARTA, 1991
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : gokhan.sakcali@btu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Eğirdir Anadolu Lisesi, 2009
Lisans : SDÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 2013

Mesleki Deneyim

Ardahan Üniversitesi	2014
Arslan Group Kentsel Dönüşüm	2015
Bursa Teknik Üniversitesi	2016-...