

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN MOMENT, KESME KUVVETİ VE
EKSENEL YÜK (MVP) ETKİLEŞİM TABANLI YENİ BİR YÖNTEM İLE
SİSMİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Harun CEYLAN
DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL

VAN-2018

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN MOMENT, KESME KUVVETİ VE
EKSENEL YÜK (MVP) ETKİLEŞİM TABANLI YENİ BİR YÖNTEM İLE
SİSMİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Harun CEYLAN

VAN-2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL danışmanlığında, Harun CEYLAN tarafından sunulan "Mevcut Betonarme Binaların Moment, Kesme Kuvveti Ve Eksenel Yük (Mvp) Etkileşim Tabanlı Yeni Bir Yöntem İle Sismik Performanslarının Belirlenmesi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 06/04/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/ oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ramazan Özçelik

İmza: 

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL

İmza: 

Üye : Doç. Dr. Mücip TAPAN

İmza: 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20 tarih ve
..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../20

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Harun CEYLAN



ÖZET

MEVCUT BETONARME BİNALARIN MOMENT, KESME KUVVETİ VE EKSENEL YÜK (MVP) ETKİLEŞİM TABANLI YENİ BİR YÖNTEM İLE SİSMİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

CEYLAN, Harun

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL

Nisan 2018, 93 sayfa

Bu çalışmada 2011 Van depremlerinden etkilenmiş 146 bina, 2002 Afyon Depreminden etkilenmiş 18 bina ve 2003 Bingöl Depreminden etkilenmiş 28 binanın verileri kullanılarak betonarme binaların deprem güvenirliliğinin belirlenebilmesi için mevcut ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine alternatif olabilecek moment, kesme kuvveti ve eksenel yük etkileşim tabanlı ikinci kademe değerlendirme yöntemleri kategorisinde yer alabilecek bir ana yöntem ve bu yönteme alternatif olabilecek yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu tez kapsamında geliştirilen formülasyonlar “Bütünsel Değerlendirme Metodu” (MVP Yöntem 2) esas alınmak üzere “Bina Doğrultularına Göre Değerlendirme Metodu” (MVP Yöntem 1), “Moment Tabanlı Metot” (MVP Yöntem 3), “Kesme Kuvveti Tabanlı Metot” (MVP Yöntem 4) ve son olarak da “Eksenel Yük Tabanlı Metot” (MVP Yöntem 5) olmak üzere beş farklı yaklaşımda kullanılabilir. Bu yaklaşımlarda binaların almış oldukları performans puanlarına göre binalar, düşük hasar riskli (DHR) ve yüksek hasar riskli (YHR) olmak üzere iki farklı kategoride değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan veri tabanındaki binaların performanslarının doğru bir şekilde tahmin edilmesinde, tez kapsamında geliştirilen yöntemlerden MVP Yöntem 2’de %89,1’lik, MVP Yöntem 1’de %86,5’lik, MVP Yöntem 3’te %80’lik, MVP Yöntem 4’te %86,5’lik ve MVP Yöntem 5’te ise %81,8’lik başarı oranları elde edilmiştir. Bu bilgiler göz önüne alındığında MVP yöntemlerinin incelenen diğer yöntemlere nazaran betonarme binaların sismik hasar görebilirliğini basit hesaplarla daha iyi bir şekilde doğru tahmin edebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Deprem performansı, MVP Yöntemi, Betonarme bina

ABSTRACT

MOMENT, SHEAR FORCE AND AXIAL FORCE (MVP) INTERACTION BASED NEW METHOD FOR SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

CEYLAN, Harun
M.Sc., Civil Engineering Department
Supervisor : Asst. Prof. Dr. Barış ERDİL
April 2018, 93 pages

The aim of this study is to develop a new preliminary seismic performance evaluation method for existing reinforced concrete buildings based on moment, shear force and axial force interaction. The proposed method being alternative for the existing preliminary seismic evaluation methods consists of main method and alternative methods derived from the main method, considering data from 146 buildings experienced 2011 Van Earthquakes, 18 buildings damaged in 2002 Afyon Earthquake and 28 buildings shaken in 2003 Bingöl Earthquake.

Within this thesis, the developed equations being based on “Total Interaction Method or Moment-Shear-Axial Interaction Method” (MVP Method 2) can be utilized in four other different ways: Evaluation Considering Principal Direction of The Building (MVP Method 1), Moment Based Method (MVP Method 3), Shear Based Method (MVP Method 4) and Axial Based Method (MVP Method 5). Reinforced concrete buildings are evaluated either being in low vulnerable state (LW) or high vulnerable state (HW) regarding their seismic performance scores calculated using the abovementioned approaches.

From the 192 buildings utilized in this study, 89.1% of the buildings’ seismic performance was successfully predicted in MVP Method 2, the rate was 86.5% in MVP Method 1, it was 80% in MVP Method 3, 86.5% in MVP Method 4 and 81.8% in MVP Method 5. Considering these information, MVP Methods utilizing simple equations are found to be more successful in evaluating the seismic performance of reinforced concrete buildings when compared to the available methods.

Keywords: Preliminary seismic performance evaluation, MVP, Reinforced Concrete Buildings.



Babama,

ÖN SÖZ

Araştırmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyerek destek olan, sadece tez süresince değil, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yol gösteren, bilgisi, kişiliği ve tecrübesi ile bana rehber olan, kendisinden çok şey öğrendiğim, idolüm olarak gördüğüm, danışmanım, değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL'e, inşaat mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Doç. Dr. Murat Muvafık'a ve bölümdeki hocalarıma ayrıca beni bu günlere getiren bütün çalışmalarım boyunca desteklerini eksik etmeyen anneme, babama ve her türlü desteklerinden ötürü kardeşlerime, eşime ve canım oğluma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2018

Harun CEYLAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
EKLER DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı	3
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Hassan ve Sözen Yöntemi (1997)	5
2.2. Özcebe ve ark. Yöntemi (2003).....	6
2.3. Yakut Yöntemi (2004).....	8
2.4. Tezcan ve ark. Yöntemi (2011)	10
2.5. Japon Sismik İndeks Yöntemi (JBDPA, 2001)	11
2.6. Otani Yöntemi (2000).....	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. İncelenen binaların genel özellikleri.....	17
3.1.2. Bina kat sayıları (n) ile hasar ilişkisi	18
3.1.3. Beton basınç dayanımı (f _{ck}) ile hasar ilişkisi.....	19
3.1.4. Zemin kat alanı ile hasar ilişkisi	21
3.1.5. Düşey taşıyıcı eleman alanları ile hasar ilişkisi.....	21
3.1.6. Düzensizlik durumları ile hasar ilişkisi	22
3.1.6.1. Yumuşak/Zayıf kat	22
3.1.6.2. Kısa kolon.....	24
3.1.6.3. Ağır çıkma	26
3.1.6.4. Çerçeve düzensizliği.....	27

	Sayfa
3.2. Yöntem	29
3.2.1. MVP (Moment, Kesme Kuvveti ve Eksenel Yük Etkileşimi) Yöntemi... 29	29
3.2.2. MVP Yöntemi'nin genel tanımı	30
3.2.3. Moment kapasitesi ve talep	31
3.2.4. Kesme kuvveti kapasitesi ve talep	35
3.2.5. Eksenel kuvvet kapasitesi ve talep	40
3.2.6. Ağır çıkma indeksi " α "	41
3.2.7. Yumuşak kat indeksi " β "	42
3.2.8. Kısa kolon indeksi " γ "	43
3.2.9. Burulma indeksi " φ "	44
3.2.10. Genel MVP puanı	47
4. BULGULAR	49
4.1. MVP Yöntem 1 (Bina doğrultularına göre değerlendirme).....	50
4.2. MVP Yöntem 2 (Bütünsel değerlendirme).....	52
4.3. MVP Yöntem 3 (<i>M</i> Metot)	53
4.4. MVP Yöntem 4 (<i>V</i> Metot)	54
4.5. MVP Yöntem 5 (<i>P</i> Metot)	55
4.6. Sonuç	56
5. TARTIŞMA.....	57
5.1. Yöntemlerde Ele Alınan Parametreler.....	57
5.2. Yöntemlerde Kullanılan Parametrelerin Nihai Performans Puanlarına Etkileri .	60
5.2.1. Beton dayanımının nihai performans puanına etkisi	60
5.2.2. Perde Duvar Alanının (<i>A_{sw}</i>) Nihai Performans Puanına Etkisi.....	61
5.2.3. Dolgu duvar alanının (<i>A_{iw}</i>) nihai performans puanına etkisi	63
5.2.4. Kolon alanının (<i>A_c</i>) nihai performans puanına etkisi	64
5.2.5. Kat sayısının (<i>n</i>) nihai performans puanına etkisi	64
5.3. Yöntemlerde Kullanılan Parametrelerin ilgili Yöntemdeki Ağırlıkları.....	65
5.4. Yöntemlerin Bina Hasar Durumlarını Doğru Tahmin Etme Oranları.....	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	77
EKLER	81

	Sayfa
Ek 1. ERC_5 binası için sayısal uygulama.....	81
Ek 2. VANMRK_10 binası için sayısal uygulama.....	86
ÖZ GEÇMİŞ	93



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. 1903-2014 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen VI-XI şiddetindeki deprem sayıları ve etkileri (KRDAE, 2018).....	1
Çizelge 3.1. İncelenen binaların yapım yılları.....	18
Çizelge 4.1. MVP Yöntem 1’e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi	51
Çizelge 4.2. MVP Yöntem 2’ye göre MVP puanlarının değerlendirilmesi	53
Çizelge 4.3. MVP Yöntem 3’e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi	54
Çizelge 4.4. MVP Yöntem 4’e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi	55
Çizelge 4.5. MVP Yöntem 5’e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi	56
Çizelge 5.1. İkinci kademe yöntemlerinde genel olarak dikkate alınan parametreler....	59
Çizelge 5.2. Yöntemlerin içerdiği parametrelerin birbirlerine göre ağırlıkları, %	66
Çizelge 5.3. İkinci kademe değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması	72



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Hassan ve Sözen Yöntemi (1997) akış diyagramı.....	6
Şekil 2.2. Özcebe ve ark. Yöntemi (2003) akış diyagramı.....	7
Şekil 2.3. Yakut Yöntemi (2004) akış diyagramı.....	9
Şekil 2.4. Tezcan ve ark. Yöntemi (2011) akış diyagramı.....	10
Şekil 2.5. Japon Sismik İndeks Yöntemi akış diyagramı.....	12
Şekil 2.6. Otani Yöntemi (2000) akış diyagramı.....	14
Şekil 3.1. Van, Afyon ve Bingöl depremlerinden etkilenen binaların hasar durumları .	17
Şekil 3.2. Van depreminde zarar görmüş yüksek bir bina.....	18
Şekil 3.3. Kat sayısı (n) ile hasar ilişkisi.....	19
Şekil 3.4. Van depreminde yıkılmış beton dayanımı kötü olan yapılar.....	20
Şekil 3.5. Beton dayanımı (fck) ile hasar ilişkisi.....	20
Şekil 3.6. Zemin kat alanı (Afloor) ile hasar ilişkisi.....	21
Şekil 3.7. (Ac + Asw) ile hasar ilişkisi.....	22
Şekil 3.8. Deprem sırasında yumuşak kat davranışı (Önel ve Akbulut, 2003).....	23
Şekil 3.9. Van depremlerinde yumuşak kat düzensizliğinden kaynaklanan bina hasarları.....	24
Şekil 3.10. Deprem sırasında kısa kolon davranışı (Celep ve Kumbasar, 2004).....	25
Şekil 3.11. Van depremlerinde kısa kolon düzensizliğinden kaynaklanan bina hasarları.....	25
Şekil 3.12. Deprem sırasında ağır çıkma davranışı.....	26
Şekil 3.13. Van depremlerinde ağır çıkma düzensizliğinden kaynaklanan bina hasarları.....	27
Şekil 3.14. a. Çerçeve süreksizliği örneği, b. simetrik olmayan yapısal sistem örneği..	27

Şekil	Sayfa
Şekil 3.15. a. Gedikbulak Köyü'ndeki okulun yapısal planı, b. okulun depremden sonraki durumu (Erdil ve Ceylan, 2018)	28
Şekil 3.16. Binalarda çıkıntı bulunma durumu (DBYBHY, 2007)	28
Şekil 3.17. Düzensizlik durumları ile hasar ilişkisi	29
Şekil 3.18. Tipik bir binanın eşdeğer konsol kolon varsayımı	31
Şekil 3.19. Tipik bir binada (üstten görünüş) moment kolu mesafesinin varsayımı	32
Şekil 3.20. Farklı plana sahip binalardaki L_x ve L_y uzunlukları	33
Şekil 3.21. Tipik bir bina üzerinde dış momentin gösterimi	34
Şekil 3.22. V_r ile $V_r(\text{code})$ arasındaki ilişki I.....	35
Şekil 3.23. V_r ile $V_r(\text{code})$ arasındaki ilişki II	36
Şekil 3.24. Kesme kuvveti hesabında donatı etkisi	37
Şekil 3.25. V_r ile $V_r(\text{code})$ arasındaki ilişki III.....	37
Şekil 3.26. Kolon ve perde duvarlarda enine donatı arasındaki mesafe koşulları a. perde duvar, b. kolon (DBYBHY, 2007)	38
Şekil 3.27. V_r ile $V_r(\text{code})$ arasındaki ilişki IV	38
Şekil 3.28. Tipik bir planda kolon ve perde duvarların güçlü oldukları yönlere göre yerleşimi	39
Şekil 3.29. Binaların birim ağırlıkları.....	40
Şekil 3.30. Binalardaki ağır çıkma etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller. 41	41
Şekil 3.31. Binalardaki yumuşak kat etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller	43
Şekil 3.32. Binalardaki kısa kolon etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller . 44	44
Şekil 3.33. Binalardaki burulma etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller	45
Şekil 3.34. Üç farklı burulma derecesine maruz kalmış binalar için örnek gösterim.....	46
Şekil 4.1. Farklı yönlerdeki MVP puanlarının karşılaştırılması.....	50

Şekil	Sayfa
Şekil 4.2. MVP Yöntem 1'e ilişkin değerlendirme sonuçları	51
Şekil 4.3. MVP Yöntem 2'ye ilişkin değerlendirme sonuçları	52
Şekil 4.4. MVP Yöntem 3'e ilişkin değerlendirme sonuçları	53
Şekil 4.5. MVP Yöntem 4'e ilişkin değerlendirme sonuçları	55
Şekil 4.6. MVP Yöntem 5'e ilişkin değerlendirme sonuçları	56
Şekil 5.1 Yöntemlerde kullanılan parametre sayıları	58
Şekil 5.2 Yöntemlerdeki beton dayanımı etkisi.....	61
Şekil 5.3 Yöntemlerdeki perde duvar alanı etkisi.....	62
Şekil 5.4. Yöntemlerdeki dolgu duvar alanı etkisi	63
Şekil 5.5. Yöntemlerdeki kolon alanı etkisi	64
Şekil 5.6. Yöntemlerdeki bina kat sayısı etkisi	65
Şekil 5.7. Ele alınan binalar için Hassan ve Sözen Yöntemi (1997) sonuçları	67
Şekil 5.8. Ele alınan binalar için Tezcan ve ark. (2011) Yöntemi (P25) sonuçları	68
Şekil 5.9. Ele alınan binalar için JBDPA Yöntemi (2001) sonuçları	69
Şekil 5.10. Ele alınan binalar için Otani Yöntemi (2000) sonuçları.....	70
Şekil 5.11. Ele alınan binalar için Yakut Yöntemi (2004) sonuçları.....	71



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Birim alan
A_c	Zemin katta bulunan toplam kolon kesit alanı
A_{ce}	Zemin kattaki etkili kolon alanı
A_{ch}	Eleman kesit alanı
A_{ci}	Zemin katta bulunan deprem yönüyle uyumlu toplam kolon alanı
$A_{çıkma}$	Toplam çıkma alanı
A_{floor}	Zemin kat alanı
ΣA_{floor}	Toplam kat alanı
A_{mwi}	Zemin katta bulunan ve deprem yönü ile uyumlu dolgu duvar kesit alanı
A_{sc}	Kısa kolonların toplam enkesit alanını
A_{si}	Boyuna donatı alanı
A_{sw}	Zemin katta bulunan toplam perde duvar kesit alanı
A_{swi}	Zemin katta bulunan deprem yönüyle uyumlu toplam perde duvar kesit alanı
A_{sww}	Kesme donatısı toplam kesit alanı
A_{sw1}	İki tarafında kolon bulunan perdelerin toplam enkesit alanı
A_{sw2}	Bir tarafında kolon bulunan perdelerin toplam enkesit alanı
A_{sw3}	Her iki tarafında da kolon bulunmayan perdelerin toplam enkesit alanı
A_{tr}	Kolonun taşıdığı etkili alanı
A_{wt}	Zemin kattaki etkili duvar alanı
$BCPI$	Temel kapasite indeksi
b_w	Eleman genişliği
C	Bileşke basınç kuvveti

c	Deprem yönü ile uyumu sağlayan eleman katsayısı
C_A	Yapısal düzensizlik katsayısı
C_A, ef	Bileşke enkesit alanı indeksi
C_{AF}	Düşey ve yatay süreksizlik katsayısı
C_{AP}	Burulma ve ağır çıkma katsayısı
C_{AS}	Yumuşak kat katsayısı
C_{ASC}	Kısa kolon katsayısı
C_C	Kolonların taşıma gücü
CI	Kolon İndeksi
C_M	İşçilik ve malzeme kalitesi
CPI	Kapasite indeks puanı
C_{SC}	Kısa kolonların taşıma gücü
C_W	Perdelerin taşıma gücü
e	Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk}	Betonun karakteristik çekme dayanımı
F_{SC}	Kısa kolonların süneklik indeksi
f_{si}	Donatıdaki gerilme
F_W	Perdelerin süneklik indeksi
f_y	Boyuna donatı akma gerilmesi
f_{ywd}	Etriyelerin tasarım akma dayanımı
f_i	Düzeltilme katsayıları
H	Bina yüksekliği
H_1	Zemin kat yüksekliği
H_2	Birinci kat yüksekliği
HI_{IO}	Hemen kullanım hasar indeksi
HI_{LS}	Can güvenliği hasar indeksi
h	Eleman derinliği
$h_{kritik kat}$	Kritik kat yüksekliği
h_0	Bina yüksekliğine bağlı parametre
h_i	Kritik kat yüksekliği
h_{i+1}	Kritik kat üstündeki katın yüksekliği

I_A, ef	Bileşke atalet momenti indeksi
I_{ci}	Zemin katta bulunan tüm kolon kesitlerinin eksenlere göre hesaplanmış atalet momentleri toplamı
I_{swi}	Zemin katta bulunan tüm perde duvar kesitlerinin eksenlere göre hesaplanmış atalet momentleri toplamı
i	Deprem yönü
L_i	Binanın plandaki deprem yönüyle uyumlu çevre uzunluğu
l_n	Kısa kolon yüksekliği
M_d	Deprem yükünden dolayı oluşan dış moment
$mnlstfi$	Normalize edilmiş minimum yatay rijitlik indeksi
$mnlsci$	Normalize edilmiş minimum yatay dayanım indeksi
M_{ri}	Binanın moment kapasitesi
n	Bina kat adeti
n_f	Zemin katta bulunan eksenlere göre sürekli çerçeve sayısı
n_1	Kesitin sadece çekme bölgesini hesaplayabilmek için kullanılan katsayı
n_2	Kesitin sadece bileşke çekme kuvveti ile bileşke basınç kuvveti arasındaki mesafeyi hesaplayabilmek için kullanılan katsayı
nrs	Normalize edilmiş çerçeve süreklilik puanı
nrr	Çerçeve süreklilik oranı
or	Çıkma oranı
P	Kuvvet
P_d	Binanın dış eksenel yükü
PG	Performans grupları
P_{min}	Belirlenen puanlar içindeki minimum puanı
P_r	Binanın eksenel yük kapasitesi
P_w	Ağırlıklı ortalama puanı
Q_u	Maksimum kat kesme kapasitesi
R	Deprem yükü azaltma katsayısı
R_s	Rijitlik oranı
r_a	Kritik kat ve bir üstündeki katın kolon, perde duvar ve dolgu duvarların efektif alanı

r_e	Elastik yarıçap
r_y	Kritik kat ve bir üstündeki katın kolon, perde duvar ve dolgu duvarların efektif atalet momenti
s	Etriye aralığı
S_a	Spektral ivme değeri
ssi	Yumuşak kat indeksi
S_t	Minimum taban kesme katsayısı
T	Bileşke çekme kuvveti
t	Topoğrafik konum katsayısı
V_c	Düşey taşıyıcı elemanların kesme kuvveti kapasitesi
V_{code}	Deprem yönetmeliğine göre bulunan bina taban kesme kuvveti
V_d	Deprem yükünden dolayı oluşan taban kesme kuvveti
V_{ri}	Binanın taban kesme kuvveti kapasitesi
V_y	Bina akma dayanımı
V_{yw}	Dolgu duvar etkisi
V_w	Etriye katkısı
WI	Duvar İndeksi
W_i	Belirlenen kattaki zati ve hareketli yükler
W_{ik}	İncelenen kat üzerindeki yapının ağırlığı
W_1	Binanın toplam zati ve hareketli yükler
z	Moment kolu
α	Ağır çıkma indeksi
α_d	Düzeltilme çarpanı
β	Yumuşak kat indeksi
β_d	Düzeltilme çarpanı
γ	Kısa kolon indeksi
γ_i :	Deprem etkisi altında belirlenen kattaki ötelenme
$\bar{\gamma}$:	Deprem etkisi altında her kattaki ortalama ötelenme
φ	Burulma indeksi
ρ	Kolon ve perdelerdeki ortalama boyuna donatı oranı
ρ_{sh}	Etriye oranı

σ	Gerilme
Σ	Toplam

Kısaltmalar**Açıklama**

ABYYHY, 1997	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997
DBYBHY, 2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007
kN	Kilonewton
kNm	Kilonewtonmetre
METU, SERU	Middle East Technical University, Structural Engineering Research Unit (Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yapı Mühendisliği Araştırma Ünitesi)
MPa	Megapascal



EKLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil E.1.1. ERC_5 binasının üç boyutlu modeli	81
Şekil E.1.2. ERC_5 binasının üstten görünüşü ve (Lx, Ly)'nin belirlenmesi	82
Şekil E.1.3. ERC_5 binasının plan görüntüsü.	82
Çizelge E.1.1. ERC_5 Bina Bilgileri	83
Şekil E.2.1. VANMRK_10 binasının üç boyutlu modeli	86
Şekil E.2.2. VANMRK_10 binasının üstten görünüşü ve (Lx, Ly)'nin belirlenmesi	87
Şekil E.2.3. VANMRK_10 binasının plan görüntüsü	87
Çizelge E.2.1. VANMRK_10 Bina Bilgileri	88



1. GİRİŞ

Türkiye, dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer aldığından değişik büyüklüklerde çok sık depremlere maruz kalmaktadır. Bugüne kadar yaşanan depremlerle, toplam can kaybı sıralamasında Çin, Japonya ve İtalya'dan sonra gelmekte, ancak can kaybına yol açan depremlerin yıl olarak tekrarında birinci sırada yer almaktadır (Özel ve Solmaz, 2012). Ülke topraklarının yaklaşık yarısı (% 42'si) I. Derece deprem bölgesinde, % 24'ü de II. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır. 1935 yılında I. Derece deprem bölgesinde yaşayan nüfus 7,1 milyondan 2010 yılında 32,3 milyona, II. Derece deprem bölgesinde yaşayanlar 3,7 milyondan 20,5 milyona çıkmıştır. 2014 yılı sonunda ise 77.695.904 kişiye ulaşan nüfusun I ve II. derece deprem bölgesinde yaşayanların sayısı 55,2 milyona ulaşmıştır (Avcı, 2011; TÜİK, 2015).

Tablo 1.1'den görüleceği üzere Türkiye'de 1903'ten bu yana VI şiddetinde 24, VII şiddetinde 19, VIII şiddetinde 47, IX-X şiddetinde 2, X şiddetinde 4 ve X-XI şiddetinde 1 olmak üzere toplam 119 adet deprem kaydedilmiştir. Yaşanan bu depremlerde 83.088 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, yüzbinlerce vatandaşımız yaralanmış ve 587.302 bina hasar almıştır (KRDAE, 2018).

Çizelge 1.1. 1903-2014 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen VI-XI şiddetindeki deprem sayıları ve etkileri (KRDAE, 2018)

Şiddet	Sayı	Can Kaybı	Hasarlı Bina
VI	24	46	4639
VII	19	163	5825
VIII	47	8031	142552
IX	22	13707	174273
IX-X	2	7959	60865
X	4	20214	82428
X-XI	1	32968	116720
Toplam	119	83088	587302

Sadece 1980-2014 yılları arasında meydana gelen depremlerde 24.534.800\$ ekonomik kayıp oluşmuştur (Şahin ve Kılınç, 2016). Ancak bu depremlerde meydana gelen ekonomik zararlar bununla sınırlı kalmamakta deprem sonrası acil kurtarma, rehabilitasyon, insani yardım malzemeleri ve yeniden yapılanma harcamaları vs. gibi

durumlardan ötürü 1980-2012 yılları arasında meydana gelen depremlerin ülke ekonomisine yüklediği maliyet 13 milyar dolar civarındadır (Akar, 2013).

Ülke topraklarımızın yaklaşık %92'sinin deprem bölgelerinde bulunması, bu topraklarda yaşayan nüfusun yaklaşık %96'sının bu bölgeler üzerinde yaşaması, son yüz yılda yaşanan 100'ü aşkın deprem, bu depremlerde yaşanan can kayıpları ve oluşan ekonomik zararlar göz önüne alındığında ülkemizdeki mevcut yapı stoğunun olası bir depreme karşı güvenilirliğinin sorgulanması gerekliliği büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla can ve mal kayıplarını en aza indirebilmek için özellikle mevcut binaların deprem etkisi altındaki davranışının, diğer bir deyişle performansının belirlenmesi, daha sonra da olası bir yetersizlik durumunda gereken tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Yapı stoğundaki mevcut bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilebilmesi için uygulanacak hesap kuralları ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY, 2007) "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" başlığı altında açıklanmıştır.

Ülkemizdeki yapı stoğu dikkate alındığında, mevcut binaları DBYBHY (2007)'de verilen hesap ilkelerine göre incelemenin zaman, bu işi yapacak nitelikli personel sayısı ve maliyet açısından ilk aşamada uygun olmayacağı görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı binaların deprem güvenliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesini sağlayabilecek bazı hızlı ve pratik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla sadece riskli olabilecek binaları ayırt etmek ve detaylı inceleme için öncelik sıralaması yapmak amacıyla belirli kabullere dayanarak çok fazla detaya inilmeden çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiş ve önerilmiştir (Erben, 2015; Ergun, 2007; Yakut, 2014; Altınar, 2008; Işık, 2013; Bal ve ark., 2007; Karasu, 2007; Özmen, 2005; Ersin, 2010; Coşkun, 2007).

Literatürde, binaların deprem performanslarının belirlenebilmesi amacıyla genel olarak üç aşamadan oluşan kademeli değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Sokak Taraması Yöntemi, Görsel Tarama Yöntemi veya Walk-Down Method olarak da adlandırılan birinci kademe değerlendirme yöntemlerinde, ele alınan yapı stoğundaki binalara teknik personel tarafından dışardan (bina içerisine girmeden) bakılarak belirli ölçütlere göre binaya bir nihai puan verilir ve bu puan esas alınarak binaların risk

sıralamasına göre önceliklendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntem, ele alınan yapı stoğunun bir bütün olarak gözden geçirilmesi ve binaların risk sıralamasının yapılması hasebiyle kademeli değerlendirme yöntemleri içerisinde ilk adımı oluşturmaktadır. Bu yönetime örnek olarak uluslararası literatürde FEMA 154 (1988) ve ATC 21 yöntemleri, ulusal literatürde ise Riskli Binaların Tespiti Yönetmeliği (6306 Sayılı Kanun, 2012) ve Sucuoğlu ve Yazgan (2003) yöntemleri gösterilebilir.

İkinci kademe değerlendirme yöntemlerinde ise sokak taraması yöntemlerinde ele alınan yapı stoğundaki riskli sayılabilecek binaların içerisine girildikten sonra, taşıyıcı sisteme ait eleman boyutları çizilerek rölöve üzerinde gösterilir. Binanın yapısal ve mimari bilgileri toplandıktan sonra fazlaca detaya girmeden kısa zamanda sonuca götürecek şekilde geliştirilen formülasyonlarla binaya bir puan verilir ve tercih edilen bir sınır puan ile karşılaştırılarak bina hakkında değerlendirmelerde bulunulur. Bu değerlendirme sonucunda riskli olduğuna kanaat getirilen binalar için daha ayrıntılı değerlendirme yapılması önerilmektedir. Bu yönetime örnek olarak uluslararası literatürde FEMA 310 (1998), Otani (2000) ve JBDPA (2001) yöntemleri, ulusal literatürde ise Hassan ve Sözen (1997), Özcebe ve ark. (2003), Yakut (2004) ve Tezcan ve ark. (2011) yöntemleri gösterilebilir.

Üçüncü kademe değerlendirme yöntemlerinde ise ikinci kademe değerlendirme yöntemlerinde riskli sayılabilecek binaların ilgili yönetmeliklerde belirtilen hesap kurallarına göre ayrıntılı performans analizi yapılarak bu binalar değerlendirilmektedir. Örneğin DBYBHY (2007)'de "Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri" ve "Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri" olmak üzere iki ayrı hesap yaklaşımı önerilmektedir.

1.1. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı

Bu çalışmada 2011 yılı 23 Ekim ve 9 Kasım tarihlerinde Van'da meydana gelen depremlerden etkilenmiş 32'si Van iline bağlı Erciş ilçesinde, 114'ü Van merkezde olan 146 bina (Erdil, 2016), 2002 Afyon Depreminden etkilenmiş 18 bina ve 2003 Bingöl Depreminden etkilenmiş 28 binanın verileri (SERU) kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, kapsamı doğrultusunda bina stoğunda bulunan betonarme binaların deprem güvenirliliğinin belirlenebilmesi için mevcut ikinci kademe

değerlendirme yöntemlerine nazaran daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşabilen, verdiği sonuçlara daha çok güvenilebilecek moment, kesme kuvveti ve eksenel yük etkileşim tabanlı ikinci kademe değerlendirme yöntemleri kategorisinde yer alacak bir yöntem geliştirmektir.



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

İkinci kademe değerlendirme yöntemleri hem binanın sokak taraması neticesinde edinilen bilgileri hem de taşıyıcı sistem eleman boyutları ile malzeme özelliklerini bir arada değerlendirerek binaların hasar görülebilirliği üzerinde çıkarımlarda bulunmaya çalıştığından dolayı sokak taraması yöntemlerinden daha güvenilir; kapsamlı değerlendirme yöntemlerinden ise zaman açısından daha az maliyetli olmaktadır. Gerek ülkemizde gerekse yurt dışında depremlerde mevcut yapıların göstereceği performansın değerlendirilmesi için kullanılan birçok ikinci kademe değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir.

Bu çalışmada ülkemiz bina verilerini kullanarak geliştirilen dört yöntem (Hassan ve Sözen 1997; Özcebe ve ark. 2003; Yakut 2004; Tezcan ve ark., 2011) ile Japonya'da bulunan bina verilerini kullanarak geliştirilen iki yöntem (Otani 2000, JBDPA 2001) ele alınmıştır.

2.1. Hassan ve Sözen Yöntemi (1997)

Binaların kolon ve duvar boyutlarını göz önüne alarak binanın deprem performansının ve mevcut hasar durumunun hızlı ve basit bir şekilde belirlenmesini amaçlayan Hassan ve Sözen Yöntemi (1997)'nde; Erzincan depreminde hasar görmüş olan toplam 46 bina üzerinde çalışılmıştır. Bu yöntemin işleme prensibi: zemin kattaki etkili duvar alanının (A_{wt}) binanın temel üstündeki toplam kat alanına ($\sum A_{floor}$) oranı olan Duvar İndeksi (WI) ve zemin kattaki etkili kolon alanının (A_{ce}) temel üstündeki toplam kat alanına oranı olan Kolon İndeksi (CI) hesaplandıktan sonra bu indekslerin bir grafikte işlenmesi ile elde edilen sonuç grafiğinin değerlendirilmesi şeklindedir. Bu işlem binanın hem x-yönü hem de y-yönü için test edilerek bina için kritik olan sonuç ile nihai değerlendirme yapılması önerilmektedir. Bu yöntemde A_c : zemin katta bulunan toplam kolon kesit alanını, A_{swi} : zemin katta bulunan ve deprem yönü ile uyumlu perde duvar kesit alanını, A_{mwi} : zemin katta bulunan ve deprem yönü ile uyumlu toplam dolgu duvar kesit alanını ifade etmektedir. Bu yöntem ile ilgili oluşturulan akış diyagramı Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

<p>1. Kolon İndeksinin (CI) Bulunması:</p> $CI, \% = \frac{A_{ce}}{\sum A_{floor}} 100 \quad \text{burada;} \quad A_{ce} = \frac{A_c}{2}$
<p>2. Duvar İndeksinin (WI, x ve WI, y) Bulunması:</p> $WI, \% = \frac{A_{wt}}{\sum A_{floor}} 100 \quad \text{burada;} \quad A_{wt} = A_{swi} + \frac{A_{mwi}}{10}$
<p>3. Değerlendirme:</p>

Şekil 2.1. Hassan ve Sözen Yöntemi (1997) akış diyagramı

2.2. Özcebe ve ark. Yöntemi (2003)

Özcebe ve ark. (2003) tarafından 1999 Düzce Depremi'nde hasar görmüş 484 adet bina verileri kullanılarak istatistiksel bir tabana oturtulmuş olan bu yöntemde, kat sayısı, yumuşak katın varlığı, katlardaki çıkma oranı, çerçeve sürekliliği, yatay rijitlik indeksi ve yatay dayanım indeks parametreleri kullanılarak SPSS paket programı yardımıyla diskriminant analizi yapılmış ve bu analiz sonucunda “Can Güvenliği” ve “Hemen Kullanım” performans düzeylerine göre puanlamalar oluşturulmuştur. Bu yöntemde kullanılan n : kat adetini, $mnlstfi$: normalize edilmiş minimum yatay rijitlik indeksini, I_{ci} : zemin katta bulunan tüm kolon kesitlerinin eksenlere göre hesaplanmış atalet momentlerinin toplamını, I_{swi} : zemin katta bulunan tüm perde duvar kesitlerinin eksenlere göre hesaplanmış atalet momentlerinin toplamını, $\sum A_{floor}$: toplam kat alanını, $mnlsci$: normalize edilmiş minimum yatay dayanım indeksini, A_{ci} : zemin katta bulunan kolon kesitlerinin eksenlere göre hesaplanmış efektif alanlarının toplamını, A_{swi} : zemin katta bulunan perde duvar kesitlerinin eksenlere göre hesaplanmış efektif alanlarının toplamını, A_{mwi} : zemin katta bulunan dolgu duvar kesitlerinin eksenlere

göre hesaplanmış efektif alanlarının toplamını, nrs : normalize edilmiş çerçeve süreklilik puanını, nrr : çerçeve süreklilik oranını, A_{tr} : kolonun taşıdığı etkili alanı, n_f : zemin katta bulunan sürekli çerçeve sayısını (eksenlere göre), A_{floor} : zemin kat alanını, ssi : yumuşak kat indeksini, H_1 : zemin kat yüksekliğini, H_2 : birinci kat yüksekliğini, or : çıkma oranını, $A_{çıkma}$: toplam çıkma alanını, HI_{IO} : hemen kullanım hasar indeksini, HI_{LS} : can güvenliği hasar indeksini, CV : karşılaştırılacak sınır değeri ve PG : performans gruplarını ifade etmektedir. Bu yöntem ile ilgili oluşturulan akış diyagramı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

<p>1. Normalize Edilmiş Minimum Yatay Rijitlik İndeksinin ($mnlstfi$) Bulunması</p> $I_n = \frac{I_{ci} + I_{swi}}{\Sigma A_{floor}} 1000$ <p>(x ve y yönü için ayrı ayrı hesaplanmalı ve minimum I_n değeri alınmalıdır)</p>
<p>2. Normalize Edilmiş Minimum Yatay Dayanım İndeksinin ($mnlst$) Bulunması</p> $A_n = \frac{A_{ci} + A_{swi} + 0,1A_{mwi}}{\Sigma A_{floor}} 1000$ <p>(x ve y yönü için ayrı ayrı hesaplanmalı ve minimum A_n değeri alınmalıdır)</p> <p>$(A_{ci})_{\theta} = k_{\theta}A_c$</p> <p>$k_{\theta}$ değeri deprem yönü ile uyumlu kolonun uzun kenarının çakışması durumunda “2/3”, çakışmaması durumunda “1/3”, kolonun kare olması durumunda “1/2” alınmaktadır. Perde duvar ve dolgu duvarlarda ise deprem yönü ile uzun kenarın çakışması durumunda “1” diğer durumda “0” alınmaktadır.</p>
<p>3. Normalize Edilmiş Çerçeve Süreklilik Puanının (nrs) Bulunması</p> $nrr = \frac{A_{tr}(n_{fx}-1)(n_{fy}-1)}{A_{floor}}$ <p>$n_{fx} \geq 3$ ve $n_{fy} \geq 3$ olması durumunda $A_{tr}=25 \text{ m}^2$, diğer durumda $12,5 \text{ m}^2$ alınmalıdır. Elde edilen nrr sonucuna göre;</p> <ul style="list-style-type: none"> • $0 < nrr \leq 0,5$ ise $nrs = 1$ • $0,5 < nrr \leq 1$ ise $nrs = 2$ • $1 < nrr$ ise $nrs = 3$ alınmalıdır.
<p>4. Yumuşak Kat İndeksinin (ssi) Bulunması</p> $ssi = \frac{H_1}{H_2}$
<p>5. Çıkma Oranının (or) Bulunması</p> $or = \frac{A_{çıkma}}{A_{floor}}$

Şekil 2.2. Özcebe ve ark. Yöntemi (2003) akış diyagramı

6. Hemen Kullanım Hasar İndeksinin (HI_{IO}) ve Can Güvenliği Hasar İndeksinin (HI_{LS}) Bulunması						
<ul style="list-style-type: none"> • $HI_{LS} = 0,620n - 0,246mnlstfi - 0,182mnlsci - 0,699nrs + 3,269ssi + 2,728or - 4,905$ • $HI_{IO} = 0,808n - 0,334mnlstfi - 0,107mnlsci - 0,687nrs + 0,508ssi + 3,884or - 2,868$ 						
7. Zemin Türü ve Faya Olan Mesafeye Bağlı CM Değerleri*						
Zemin Türü	Kayma Dalgası Hızı (m/s)	Mesafe (km)				
		0-4	4-5	9-5	16 25	>26
B	>760	0,778	0,824	0,928	1,128	1,538
C	360-760	0,864	1,000	1,240	1,642	2,414
	180-360	0,97	1,180	1,530	2,099	,177
E	<180	1,082	1,360	1,810	2,534	3,900
8. HI_{LS} ve HI_{IO}'nun CV Sınır Değerleriyle Karşılaştırılması*						
<ul style="list-style-type: none"> • $CV_{LS} = CM(-0,090.n^3 + 1,498.n^2 - 7,518.n + 11,885)$ • $CV_{IO} = CM(-0,085.n^3 + 1,416.n^2 - 6,951.n + 9,979)$ 						
9. Performans Gruplarının (PG) Hesaplanması*						
<ul style="list-style-type: none"> • $HI_{LS} > CV_{LS}$ ise $PG_{LS} = 1$ • $HI_{LS} < CV_{LS}$ ise $PG_{LS} = 0$ • $HI_{IO} > CV_{IO}$ ise $PG_{IO} = 1$ • $HI_{IO} < CV_{IO}$ ise $PG_{IO} = 0$ 						
10. Nihai Değerlendirme*						
<ul style="list-style-type: none"> • $PG_{LS} = 0$ ve $PG_{IO} = 0$ ise <i>Güvenli Yapı</i> • $PG_{LS} = 1$ ve $PG_{IO} = 1$ ise <i>Güvensiz Yapı</i> • <i>Diğer durumlarda ise Ara Bölgedeki Yapı</i> 						
* ile gösterilen bölümler Özcebe (2004) tarafından düzenlenmiştir.						

Şekil 2.2. (devam ediyor)

2.3. Yakut Yöntemi (2004)

Taban kesme kuvveti tabanlı olarak Yakut (2004) tarafından 1992 Erzincan Depremi'nden etkilenen 43 adet, 2002 Afyon Depremi'nden etkilenen 18 adet, 2003 Bingöl Depremi'nden etkilenen 28 adet ve 1999 depremlerinden etkilenen 131 adet binanın verileri kullanılarak geliştirilen yöntemde; göz önüne alınan deprem yönü ile uyumlu olacak şekilde binanın zemin katındaki kolon, perde duvar ve dolgu duvar parametreleri kullanılarak toplam kesme kuvveti kapasitesi belirlenmiş ve deprem yönetmeliği esas alınarak elde edilen taban kesme kuvveti ile karşılaştırılmıştır. Bulunan değerlere binanın mimari ve yapısal düzensizlikleri yansıtılarak bina performans puanı elde edilmiş ve önceden belirlenmiş bir sınır değer ile bu puan

karşılaştırılarak olası bir deprem durumunda göz önüne alınan binanın hasar görme riski tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemde V_c : düşey taşıyıcı elemanların kesme kuvveti kapasitesini, c : deprem yönü ile uyumlu eleman katsayısını, α_d : düzeltme çarpanını (0,65 olarak öngörülmektedir), b_w : eleman genişliğini, h : eleman derinliğini, f_{ctk} : betonun karakteristik basınç dayanımını, V_y : bina akma dayanımını, n : kat adetini, V_{yw} : dolgu duvar etkisini, A_{mwi} : deprem yönü ile uyumlu dolgu duvar alanını, A_{floor} : toplam zemin kat alanını, V_{code} : deprem yönetmeliğine göre bulunan bina taban kesme kuvvetini, $BCPI$: temel kapasite indeksini, C_A : yapısal düzensizlik katsayısını, C_{AS} : yumuşak kat katsayısını (0,135), C_{ASC} : kısa kolon katsayısını (0,052), C_{AP} : burulma ve ağır çıkma katsayısını (0,055), C_{AF} : düşey ve yatay süreksizlik katsayısını (0,035), C_M : işçilik ve malzeme kalitesini, CPI : kapasite indeks puanını ifade etmektedir. Bu yöntem ile ilgili oluşturulan akış diyagramı Şekil 2.3’de gösterilmiştir.

<p>1. Bina Kesme Kapasitesinin (V_c) Bulunması:</p> $V_c = c\alpha f_{ctk}b_w h$ <p>c değeri; deprem yönü ile uyumlu olacak şekilde kolonun o yöndeki uzun kenarı için “2/3”, diğer yön için “1/3” alınmaktadır. Perde duvarlarda ise deprem yönü ile uyumlu olacak şekilde uzun kenar için “1” diğer yön için “0” alınmaktadır.</p>								
<p>2. Bina Akma Dayanımının (V_y) Bulunması:</p> $V_y = \frac{V_c}{0,95e^{0,125n}}$								
<p>3. Dolgu Duvar Etkisinin (V_{yw}) Bulunması:</p> $V_{yw} = A_y(46 \frac{A_{mwi}}{A_{floor}} + 1)$								
<p>4. Temel Kapasite İndeksinin ($BCPI$) Bulunması:</p> $BCPI = \frac{V_{yw}}{V_{code}}$								
<p>5. Yapısal Düzensizlik Katsayısının (C_A) Bulunması:</p> $C_A = 1 - (C_{AS} + C_{ASC} + C_{AP} + C_{AF})$								
<p>6. İnşaat ve Malzeme Kalitesinin (C_M) Bulunması:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Kalite</th> <th>C_M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kötü</td> <td>$1 - 0,55(1 - C_A)$</td> </tr> <tr> <td>Orta</td> <td>$1 - 0,55(1 - C_A)/3$</td> </tr> <tr> <td>İyi</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Kalite	C_M	Kötü	$1 - 0,55(1 - C_A)$	Orta	$1 - 0,55(1 - C_A)/3$	İyi	1
Kalite	C_M							
Kötü	$1 - 0,55(1 - C_A)$							
Orta	$1 - 0,55(1 - C_A)/3$							
İyi	1							
<p>7. Kapasite İndeks Puanının (CPI) Bulunması:</p> $CPI = C_A C_M BCPI$								
<p>8. Değerlendirme:</p> <p>$CPI > 1,2$ olması durumunda yapı “GÜVENLİ”dir sonucuna varılabilir.</p>								

Şekil 2.3. Yakut Yöntemi (2004) akış diyagramı

2.4. Tezcan ve ark. Yöntemi (2011)

Tezcan ve ark. (2011) tarafından ülkemizde meydana gelen depremlerden etkilenen 323 adet bina verileri kullanılarak geliştirilen ve “P25 Puanlama Yöntemi” olarak bilinen bu yöntemde, dayanım ve rijitlik indeksinin yanı sıra on dört adet parametre ve bina yüksekliğinin etkileşiminden oluşan temel puanı, kısa kolon, yumuşak/zayıf kat, çerçeve süreksizliği, çekiçleme, zemin sıvılaşması ve zemin tipi puanı olmak üzere yedi puan içerisindeki en kritik puan ile binanın bulunduğu deprem bölgesi, bina tipi, konumu ve düzeltme katsayısı etkileşimi sonucunda nihai puan elde edilmekte ve bu puan önceden belirlenmiş bir sınır puan ile karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonucuna göre 25 puanın altında puan alan binaların riskli olduğu söylenebilir. Bu yöntemde $C_{A,ef}$: bileşke enkesit alanı indeksini, $I_{A,ef}$: bileşke atalet momenti indeksini, h_0 : bina yüksekliğine bağlı parametreyi, h_i : kritik kat yüksekliğini, h_{i+1} : kritik kat üstündeki katın yüksekliğini, l_n : kısa kolon yüksekliğini, $h_{kritik\ kat}$: kritik kat yüksekliğini, f_i : düzeltme katsayılarını, r_a : kritik kat ve bir üstündeki katın kolon, perde duvar ve dolgu duvarların efektif alanını, r_y : kritik kat ve bir üstündeki katın kolon, perde duvar ve dolgu duvarların efektif atalet momentini, α_d ve β_d düzeltme çarpanlarını, t : topoğrafik konum katsayısını, P_w : ağırlıklı ortalama puanı ve P_{min} : belirlenen puanlar içindeki minimum puanı ifade etmektedir. Bu yöntem ile ilgili oluşturulan akış diyagramı Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

1. Temel Puanın (P_1) Bulunması		
$P_1 = \frac{(C_{A,ef} + C_{I,ef}) \prod_{i=1}^4 f_i}{h_0}$		
2. Kısa Kolon Puanının (P_2) Bulunması		
n_k- Kısa Kolon Oranı	$l_n/h_{kritik\ kat}$	
	> 2/3	≤ 2/3
Az ($n_k < 0,15$)	70	50
Orta ($0,15 \leq n_k < 0,30$)	50	30
Çok ($n_k > 0,30$)	45	20
3. Yumuşak Kat Puanının (P_3) Bulunması		
$P_3 = 100x[r_a r_y \left(\frac{h_{i+1}}{h_i}\right)^3]^{0,60}$		

Şekil 2.4. Tezcan ve ark. Yöntemi (2011) akış diyagramı

4. Ağır Çıkma Puanının (P₄) Bulunması				
Ağır Çıkma Konumu				
Kiriş	Tek Cephede	İki Cephede	Tüm Cephelerde	
Var	90	80	70	
Yok	70	60	50	
5. Çekiçleme Puanının (P₅) Bulunması				
Konsantrik Etki				
Eksantrik Etki				
Etki Tipi	Döşemeler Eşit Seviyede	Döşemeler Farklı Seviyede	Döşemeler Eşit Seviyede	Döşemeler Farklı Seviyede
Dizi İçindeki Uç Bina	60	30	40	25
Eşit Olmayan (Rijitlik/Ağırlık) İki Bina	55	30	35	25
Az ve Çok Katlı Bitişik Bina	75	40	50	35
İki Özdeş Bina	75	50	65	45
6. Zemin Sıvılaşma Puanının (P₆) Bulunması				
Hesaplanan Sıvılaşma Potansiyeli				
Yeraltı Su Seviyesi (YASS) m	Düşük	Orta	Yüksek	
> 10 m	60	45	30	
2 m – 10 m	45	33	20	
< 2 m	30	20	10	
7. Toprak Hareketleri Puanının (P₇) Bulunması				
Zemin Tipi	YASS (m)			P₇
Z ₁ , Z ₂	-			100
Z ₃	≤ 5.0			25
Z ₄	> 5.0			35
Z ₄	≤ 5.0			10
Z ₄	> 5.0			20
8. Sonuç Puanının (P) Bulunması				
$P = \alpha_d \beta_d P_{min}$				
9. Değerlendirme				
<ul style="list-style-type: none"> • $0 \leq P \leq 25$ ise Bina Yüksek Risk Bandındadır • $25 < P < 35$ ise Bina Detaylı Analiz Yapılmalı • $35 \leq P$ ise Bina Güvenlidir <p>Yargılarına varılabilir.</p>				

Şekil 2.4. (devam ediyor)

2.5. Japon Sismik İndeks Yöntemi (JBDPA, 2001)

Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA, 2001) tarafından geliştirilmiş olan Japon Sismik İndeks Yöntemi basitten karmaşıklığa doğru ilerleyen ve birbirinden bağımsız olan üç aşamadan oluşmaktadır. Bu yöntemin her üç aşamasında da genel olarak ele alınan binanın kolon, perde duvar, toplam kat adeti, kısa kolon

varlığı, yapının zamana bağlı deformasyonları, sistemdeki süreksizlik ve düzensizliklerinin etkileşimi sonucunda elde edilen Deprem İndeks Değeri ile Binanın bulunduğu deprem bölgesi, zemin koşulları, bina kullanım amacı ve topoğrafik etki parametrelerinden düzeltme katsayısı kullanılarak oluşturulan Karşılaştırma İndeks Değeri'nin karşılaştırılması sonucu söz konusu binanın hasar görülebilirliği ile ilgili değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu yöntemde n : yapının bodrum katları hariç toplam kat adedini, i : göz önüne alınan katı, C_W : perdelerin taşıma gücünü, C_C : kolonların taşıma gücünü, C_{SC} : kısa kolonların taşıma gücünü, F_W : perdelerin süneklik indeksini, F_{SC} : kısa kolonların süneklik indeksini, A_{SW1} : iki tarafında kolon bulunan perdelerin toplam enkesit alanı A_{SW2} : bir tarafında kolon bulunan perdelerin toplam enkesit alanını, A_{SW3} : her iki tarafında da kolon bulunmayan perdelerin toplam enkesit alanını, A_{SC} : kısa kolonların toplam enkesit alanını, f_{ck} : betonun basınç dayanımını ve W_{ik} : incelenen kat üzerindeki yapının ağırlığını ifade etmektedir. Bu yöntem ile ilgili oluşturulan akış diyagramı Şekil 2.5'de gösterilmiştir.

1. Taşıma Gücü İndeksinin (C) Bulunması <ul style="list-style-type: none"> • $C_W = \frac{(30A_{SW1} + 20A_{SW2} + 10A_{SW3})f_{ck}}{200W_{ik}}$ • $C_C = \frac{(10A_{C1} + 7A_{C3})f_{ck}}{200W_{ik}}$ • $C_{SC} = \frac{(15A_{SC})f_{ck}}{200W_{ik}}$ 																																																																																
2. Süneklik İndeksinin (F) Bulunması <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Eleman</th> <th style="width: 50%;">Süneklik İndeksi (F)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kolon</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Kısa Kolon</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Perde Duvar</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>						Eleman	Süneklik İndeksi (F)	Kolon	1,0	Kısa Kolon	0,8	Perde Duvar	1,0																																																																			
Eleman	Süneklik İndeksi (F)																																																																															
Kolon	1,0																																																																															
Kısa Kolon	0,8																																																																															
Perde Duvar	1,0																																																																															
3. Ana Yapısal Performans İndeksinin (E₀) Bulunması <ul style="list-style-type: none"> • $E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_W + a_1 C_C) F_W$ (Kısa kolon bulunmaması durumunda) • $E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_{CS} + a_2 C_W + a_3 C_C) F_{SC}$ (Kısa kolon bulunması durumunda) 																																																																																
4. Tasarım ve Boyutlama İndeksinin (S_D) Bulunması <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="3">Gİ Değeri</th> <th colspan="2">Rİ Değeri</th> </tr> <tr> <th>1,00</th> <th>0,90</th> <th>0,8</th> <th>R_{1l}</th> <th>R_{2l}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>Plana Düzensizlik</td> <td>a_1</td> <td>a_2</td> <td>a_3</td> <td>1,00</td> <td>0,50</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>(Bina) oy/En</td> <td>$b \leq 5$</td> <td>$5 < b \leq 8$</td> <td>$8 < b$</td> <td>0,50</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>Binada Dar Alan Varlığı</td> <td>$0,80 \leq c$</td> <td>$0,50 \leq c < 0,80$</td> <td>$c < 0,50$</td> <td>0,50</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>Derz Aralığı/Yükseklik</td> <td>$0,01 \leq d$</td> <td>$0,005 \leq d < 0,01$</td> <td>$d < 0,01$</td> <td>0,50</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>e</td> <td>Boşluk Alanı/ Kat Alanı</td> <td>$e \leq 0,1$</td> <td>$0,1 < e \leq 0,3$</td> <td>$0,3 < e$</td> <td>0,50</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>f</td> <td>Boşluğun Eksantrikliği</td> <td>$f_1 \leq 0,4$ $f_2 \leq 0,1$</td> <td>$f_1 \leq 0,4$ $0,1 < f_2 \leq 0,3$</td> <td>$0,4 < f_1$ $0,3 < f_2$</td> <td>0,25</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Zemin Kat Alan Oranı</td> <td>$1,0 \leq h$</td> <td>$0,5 \leq h < 1,0$</td> <td>$h < 0,5$</td> <td>0,50</td> <td>0,50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kat Yükseklik Değişimi</td> <td>$0,80 \leq l$</td> <td>$0,70 \leq l < 0,80$</td> <td>$l < 0,70$</td> <td>0,5</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>i</td> <td>Yumuşak Kat</td> <td><i>Yok</i></td> <td><i>Var</i></td> <td></td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> </tbody> </table>								Gİ Değeri			Rİ Değeri		1,00	0,90	0,8	R _{1l}	R _{2l}	a	Plana Düzensizlik	a_1	a_2	a_3	1,00	0,50	b	(Bina) oy/En	$b \leq 5$	$5 < b \leq 8$	$8 < b$	0,50	0,25	c	Binada Dar Alan Varlığı	$0,80 \leq c$	$0,50 \leq c < 0,80$	$c < 0,50$	0,50	0,25	d	Derz Aralığı/Yükseklik	$0,01 \leq d$	$0,005 \leq d < 0,01$	$d < 0,01$	0,50	0,25	e	Boşluk Alanı/ Kat Alanı	$e \leq 0,1$	$0,1 < e \leq 0,3$	$0,3 < e$	0,50	0,25	f	Boşluğun Eksantrikliği	$f_1 \leq 0,4$ $f_2 \leq 0,1$	$f_1 \leq 0,4$ $0,1 < f_2 \leq 0,3$	$0,4 < f_1$ $0,3 < f_2$	0,25	0		Zemin Kat Alan Oranı	$1,0 \leq h$	$0,5 \leq h < 1,0$	$h < 0,5$	0,50	0,50		Kat Yükseklik Değişimi	$0,80 \leq l$	$0,70 \leq l < 0,80$	$l < 0,70$	0,5	0,25	i	Yumuşak Kat	<i>Yok</i>	<i>Var</i>		1,00	1,00
		Gİ Değeri			Rİ Değeri																																																																											
		1,00	0,90	0,8	R _{1l}	R _{2l}																																																																										
a	Plana Düzensizlik	a_1	a_2	a_3	1,00	0,50																																																																										
b	(Bina) oy/En	$b \leq 5$	$5 < b \leq 8$	$8 < b$	0,50	0,25																																																																										
c	Binada Dar Alan Varlığı	$0,80 \leq c$	$0,50 \leq c < 0,80$	$c < 0,50$	0,50	0,25																																																																										
d	Derz Aralığı/Yükseklik	$0,01 \leq d$	$0,005 \leq d < 0,01$	$d < 0,01$	0,50	0,25																																																																										
e	Boşluk Alanı/ Kat Alanı	$e \leq 0,1$	$0,1 < e \leq 0,3$	$0,3 < e$	0,50	0,25																																																																										
f	Boşluğun Eksantrikliği	$f_1 \leq 0,4$ $f_2 \leq 0,1$	$f_1 \leq 0,4$ $0,1 < f_2 \leq 0,3$	$0,4 < f_1$ $0,3 < f_2$	0,25	0																																																																										
	Zemin Kat Alan Oranı	$1,0 \leq h$	$0,5 \leq h < 1,0$	$h < 0,5$	0,50	0,50																																																																										
	Kat Yükseklik Değişimi	$0,80 \leq l$	$0,70 \leq l < 0,80$	$l < 0,70$	0,5	0,25																																																																										
i	Yumuşak Kat	<i>Yok</i>	<i>Var</i>		1,00	1,00																																																																										

Şekil 2.5. Japon Sismik İndeks Yöntemi akış diyagramı

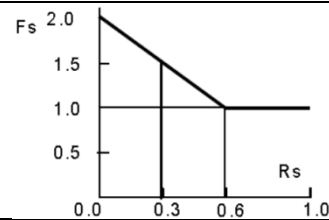
5. Zamanla Yıpranma İndeksinin (T) Bulunması	
İnceleme	T
Binada düşeyden sapma ve düzgün olmayan oturma var	0,7
Bina dolgu zemin üzerinde yapılmış	0,9
Kiriş ve kolonlarda şekil ve yer değiştirmeler var	0,9
Şekil ve yer değiştirmeler yok	1,0
Yağmur suyu sızıntısından dolayı donatılarda paslanma var	0,8
Kolonlarda çatlaklar var	0,9
Perdelerde çatlaklar var	0,
Yağmur suyu sızıntısı var ama donatıda paslanma yok	0,9
Perde ve kolonlarda çatlak yok	1,0
Bina yangın geçirmiş, fakat onarım görmemiş	0,7
Yangın geçirmiş ve onarılmış	0,8
Yangın durumu yok	1,0
Binada kimyasal etki söz konusu	0,8
Binada kimyasal etki söz konusu değil	1,0
Bina yaşı 30 yıldan fazla	0,8
Bina yaşı 20 yıldan fazla	0,9
Bina yaşı 20 yıldan az	1,
Dış duvarlarda bozulmalar var	0,9
İç duvarlarda bozulmalar var	0,9
Bozulma söz konusu değil	1,0
6. Yapının Deprem Performans İndeksinin (I_S) Bulunması	
$I_S = E_0 S_D T$	
7. Düzeltme İndeksinin (E_S) Bulunması	
Aşamalar	E_S
1. Aşama	0,8
2. Aşama	0,6
3. Aşama	0,6
8. Deprem Bölgesi İndeksinin (Z) Bulunması	
Deprem Bölgesi	Z
1. Derece Deprem Bölgesi	1,0
2. Derece Deprem Bölgesi	0,9
3. Derece Deprem Bölgesi	0,8
4. Derece Deprem Bölgesi	0,7
9. Zemin İndeksinin (G) Bulunması	
Zemin Durumu	G
Genel	1,0
Kayalık	,1
Kısmi Tepe	1,1
Düzensiz Yüzey Tabakası	1,1
10. Bina Kullanım İndeksinin (U) Bulunması	
Deprem Sırasında Barınak Olarak Kullanılacak Alan	U
Tehlikeli Madde Depoları	1,25
Konut vb. Yapılarda	1,00
11. Yapının Sismik Talep İndeksinin (I_{S0}) Bulunması	
$I_{S0} = E_S Z G U$	
12. Değerlendirme	
<ul style="list-style-type: none"> • $I_S > I_{S0}$ ise "Güvenliği Yeterli Yapı" • $I_S < I_{S0}$ ise "Güvenliği Yetersiz Yapı" <p>Olarak değerlendirilebilir.</p>	

Şekil 2.5. (devam ediyor)

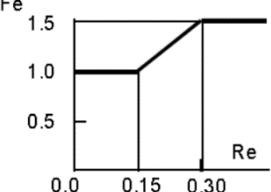
2.6. Otani Yöntemi (2000)

Otani (2000) tarafından geliştirilen yöntemde binanın bulunduğu deprem bölgesi, zemin tipi, bina periyodu, yumuşak kat varlığı, yapısal düzensizlikler, beton dayanımı, kolon ve perde duvar alanları, kolon ve perde duvar süneklikleri ve bina ağırlığından oluşan parametrelerin etkileşimi sonucu bina için bir performans puanı hesaplanmakta ve bu puan sınır puan ile karşılaştırılarak olası hasar derecesi hakkında bilgi edinilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan H : bina yüksekliğini, W_i : belirlenen kattaki zati ve hareketli yüklerini, W_1 : binanın toplam zati ve hareketli yüklerini, γ_i : deprem etkisi altında belirlenen kattaki ötelenmeyi, $\bar{\gamma}$: deprem etkisi altında her katın ortalama ötelenmesini, R_S : rijitlik oranını, f_{ctk} : betonun karakteristik çekme dayanımını, S_c : minimum taban kesme katsayısını, Q_u : maksimum kat kesme kapasitesini, e : rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafeyi ve r_e : elastik yarıçapı ifade etmektedir.

1. Bina Periyodunun (T) Bulunması $T = 0,02H$	
2. Zemin Baskın Periyodunun (T_c) Bulunması	
Zemin Tipi	T_B, S_n
Sıkı Zemin	0,4
Orta Zemin	0,6
Gevşek Zemin	0,8
3. Karakteristik Titreşim İndeksinin $R_d[T]$ Bulunması	
$R_d[T]$	
$T < T_c$	1
$T_c \leq T < T_c$	$1 - 2\left[\frac{T}{T_c} - 1\right]^2$
$2T_c \leq T$	$1,6\frac{T_c}{T}$
4. Sismik Bölge İndeksinin (Z) Bulunması $Z = S(T)A_0$	
5. Normalize Edilmiş Kesme Kuvveti İndeksinin (A_i) Bulunması $A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i\right) \frac{2T}{1+3T}$ (burada $\alpha_i = \frac{W_i}{W_1}$)	
6. Rijitlik Oranının (R_S) Bulunması $R_S = \frac{Y_i}{\bar{\gamma}}$	
7. Yumuşak Kat İndeksinin (F_s) Bulunması	
R_S	F_s
$R_S \geq 0,6$	1,0
$R_S = 0$	2,0
$0 < R_S < 0,6$	İnterpolasyon yapılmalı



Şekil 2.6. Otani Yöntemi (2000) akış diyagramı

<p>8. Eksantriklik Oranının (R_e) Bulunması</p> $R_e = \frac{e}{r_e}$																							
<p>9. Burulma İndeksinin (F_e) Bulunması</p> <table border="1" data-bbox="335 414 837 526"> <thead> <tr> <th>R_e</th> <th>F_e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$R_S \leq 0,15$</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>$R_S \geq 0,30$</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>$0,15 < R_S < 0,30$</td> <td>İnterpolasyon yapılmalı</td> </tr> </tbody> </table>	R_e	F_e	$R_S \leq 0,15$	1,0	$R_S \geq 0,30$	1,5	$0,15 < R_S < 0,30$	İnterpolasyon yapılmalı															
R_e	F_e																						
$R_S \leq 0,15$	1,0																						
$R_S \geq 0,30$	1,5																						
$0,15 < R_S < 0,30$	İnterpolasyon yapılmalı																						
<p>10. Yapısal Düzensizlik İndeksinin (F_{es}) Bulunması</p> $F_{es} = F_S F_e$																							
<p>11. Kolon Kesme Kapasitesinin (Q_{1i}) Bulunması</p> $Q_{1i} = f_{ctk}(\varphi_{i1} A_{c_x} + \varphi_{i2} A_{c_y}) 1000$ <p>(φ_i: deprem yönüyle uyumlu ise "2/3" değilse "1/3" alınmalıdır)</p>																							
<p>12. Perde Duvar kesme Kapasitesinin (Q_{2i}) Bulunması</p> $Q_{2i} = f_{ctk}(\varphi_i A_{swi}) 1000$ <p>(φ_i: deprem yönüyle uyumlu ise "1" değilse "0" alınmalıdır)</p>																							
<p>13. Süneklilik İndeksinin (F) Bulunması</p> <table border="1" data-bbox="335 918 1332 1411"> <thead> <tr> <th>Kolon ve Perde Duvarların Süneklilik Durumu</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali olmayan yüksek süneklığe sahip kolonlar</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>Yüksek süneklığe sahip çerçeve kolonları</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali düşük sünek kolonlar</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek kirişli kolonlar</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali düşük sünek olmayan kolonlar</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek daha az sünek kolonlar</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek gevrek kolonlar</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Yanal yük altında dönen perde duvarlar</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali olmayan sünek perde duvarlar</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek perde duvarlar</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Kolon ve Perde Duvarların Süneklilik Durumu	F	Kesmede başarısız olma ihtimali olmayan yüksek süneklığe sahip kolonlar	3,2	Yüksek süneklığe sahip çerçeve kolonları	3,0	Kesmede başarısız olma ihtimali düşük sünek kolonlar	2,2	Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek kirişli kolonlar	1,5	Kesmede başarısız olma ihtimali düşük sünek olmayan kolonlar	1,3	Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek daha az sünek kolonlar	1,0	Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek gevrek kolonlar	0,8	Yanal yük altında dönen perde duvarlar	3,0	Kesmede başarısız olma ihtimali olmayan sünek perde duvarlar	2,0	Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek perde duvarlar	1,0	
Kolon ve Perde Duvarların Süneklilik Durumu	F																						
Kesmede başarısız olma ihtimali olmayan yüksek süneklığe sahip kolonlar	3,2																						
Yüksek süneklığe sahip çerçeve kolonları	3,0																						
Kesmede başarısız olma ihtimali düşük sünek kolonlar	2,2																						
Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek kirişli kolonlar	1,5																						
Kesmede başarısız olma ihtimali düşük sünek olmayan kolonlar	1,3																						
Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek daha az sünek kolonlar	1,0																						
Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek gevrek kolonlar	0,8																						
Yanal yük altında dönen perde duvarlar	3,0																						
Kesmede başarısız olma ihtimali olmayan sünek perde duvarlar	2,0																						
Kesmede başarısız olma ihtimali yüksek perde duvarlar	1,0																						
<p>14. Yapı İndeksinin (E_0) Bulunması</p> $E_0 = \frac{1}{A_i F_{es}} \sqrt{\left(\frac{Q_{1i}}{W_{1i}}\right)^2 F_1 + \left(\frac{Q_{2i}}{W_{2i}}\right)^2 F_2}$																							
<p>15. Yapı Sismik İndeks Kapasitesinin (I_s) Bulunması</p> $I_s = \frac{E_0}{Z R t [T]}$																							
<p>16. Yanal Kuvvet Kapasite İndeksinin (I_s) Bulunması</p> $q = \frac{Q_u}{F_{es} W_i Z R t [T] A_i S_t}$																							
<p>17. Değerlendirme</p> <table border="1" data-bbox="335 1758 1005 1937"> <thead> <tr> <th>I_s, q</th> <th>Değerlendirme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$I_s < 0,3$ veya $q < 0,5$</td> <td>Yıkılma ihtimali yüksek</td> </tr> <tr> <td><i>Diğer durumlarda</i></td> <td>Yıkılma olasılığı var</td> </tr> <tr> <td>$I_s \geq 0,6$ ve $q \geq 1,0$</td> <td>Yıkılma olasılığı yok</td> </tr> </tbody> </table>	I_s, q	Değerlendirme	$I_s < 0,3$ veya $q < 0,5$	Yıkılma ihtimali yüksek	<i>Diğer durumlarda</i>	Yıkılma olasılığı var	$I_s \geq 0,6$ ve $q \geq 1,0$	Yıkılma olasılığı yok															
I_s, q	Değerlendirme																						
$I_s < 0,3$ veya $q < 0,5$	Yıkılma ihtimali yüksek																						
<i>Diğer durumlarda</i>	Yıkılma olasılığı var																						
$I_s \geq 0,6$ ve $q \geq 1,0$	Yıkılma olasılığı yok																						

Şekil 2.6. (devam ediyor)



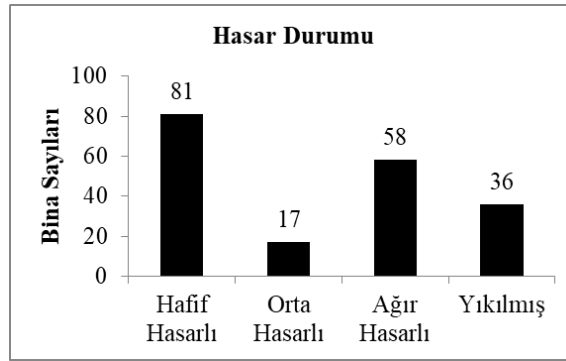
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. İncelenen binaların genel özellikleri

Bu çalışmada 2011 yılı 23 Ekim ve 9 Kasım tarihlerinde Van'da meydana gelen depremlerden etkilenmiş 32'si Van iline bağlı Erciş ilçesinde, 114'ü Van merkezde olan 146 bina (Erdil, 2016), 2002 Afyon Depreminden etkilenmiş 18 bina ve 2003 Bingöl Depreminden etkilenmiş 28 binanın verileri (SERU) kullanılmıştır.

İncelenen 192 binanın yaşanan ilgili depremlerden sonra 81'inde hafif hasar, 17'sinde orta ve 58'inde ağır hasar oluşurken 36 adet bina tamamen yıkılmıştır. Ele alınan binaların %51'i (hafif veya orta hasarlı toplam 98 adet bina) gerekli onarım ve güçlendirme yapıldıktan sonra kullanılabilir durumda olduğu ancak binaların %49'unun ise (ağır hasarlı veya yıkılmış olan toplam 94 adet bina) herhangi bir güçlendirme ve onarım sonucu dahi kullanılamayacak durumda olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Van, Afyon ve Bingöl depremlerinden etkilenen binaların hasar durumları

Binaların yapım yılları yapı ekonomik ömrü ve yürürlükteki deprem yönetmeliği açısından önemli bir parametredir. TÜİK (2015)'e göre Türkiye hane halklarının sadece %21,8'i 10 ve daha az yaştaki binalardaki yaşamaktadır. Çizelge 3.1'de Van'da incelenen binaların %35,6'sı, Afyon'da incelenen binaların %33,3'ü ve Bingöl'de incelenen binaların %8,7'sinin ilgili bölgelerde meydana gelen deprem tarihi itibarı ile 20 yaşından büyük olduğu görülmektedir. Bina yapım yılları dikkate alındığında

incelenen 3 adet bina 1968, 141 adet bina 1975, 39 adet bina 1998 ve 4 adet bina 2007 Deprem Yönetmeliği yürürlükte iken inşa edilmiştir.

Çizelge 3.1. İncelenen binaların yapım yılları

Bina Yapım Yılları, Van	Bina Sayısı	Bina Yapım Yılları, Afyon	Bina Sayısı	Bina Yapım Yılları, Bingöl	Bina Sayısı
1970 - 1980	2	1970 - 1980	6	1970 - 1980	2
1980 - 1990	50	1980 - 1990	3	1980 - 1990	4
1990 - 2000	78	1990 - 2000	4	1990 - 2000	12
2000 - 2011	16	2000 - 2002	5	2000 - 2002	5
				Belirlenemeyen	5
Toplam	146	Toplam	18	Toplam	28

Bina bilgileri şehirden şehre çok ciddi farklılıklar göstermediğinden dolayı ele alınan 192 adet binanın tüm Türkiye'deki bina kalitesini yansıtabildiği düşünülmektedir.

3.1.2. Bina kat sayıları (n) ile hasar ilişkisi

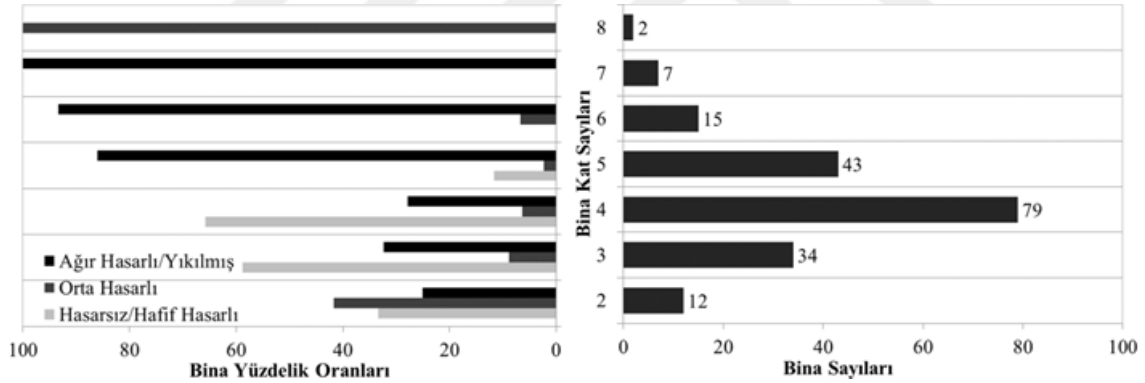
Türkiye hane halklarının %20'si tek katlı binalarda, %25,5'i 4-5 katlı binalarda ve %23,1'i de 6 ve daha üzeri katlı binalarda yaşamaktadır (TÜİK, 2015). Büyük ağırlıkların söz konusu olduğu yüksek binalar, depremden büyüklükleri, yükseklikleri ve ağırlıkları oranında çok daha fazla etkilenmektedirler (Aytıs, 2005). Şekil 3.2'de henüz inşaat halinde olmasına rağmen 9 Kasım 2011'de meydana gelen Van depreminde zarar görmüş yüksek bir bina gösterilmektedir. 8 katlı ve oldukça büyük ağırlığa sahip olan bu binanın zeminde oluşturduğu etki Şekil 3.2b'de ve depremden dolayı ağır hasar meydana gelen dolgu duvarlar Şekil 3.2c'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Van depreminde zarar görmüş yüksek bir bina

Kat sayısı arttıkça hasarın artma eğiliminde olduğu çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir (Sucuoğlu ve Yazgan 2003; Özcebe ve ark., 2003; Özdemir ve ark., 2016; Korkmaz ve Aktaş, 2005; Işık ve Öztürk, 2017; Gürbüz ve Tekin, 2017).

İncelenen binaların kat sayıları ile maruz kaldıkları depremde almış oldukları hasar ilişkisi Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Şekil 3.3'ün sağ tarafı incelendiğinde ele alınan binaların 79 tanesi 4 katlı, 43 tanesi 5 katlı ve 34 tanesi 3 katlı binalar olup bu binalar toplam bina sayısının %81,25'ini oluşturduğu görülmektedir. Öte yandan 2 katlı (12 adet), 6 katlı (15 adet), 7 katlı (7 adet) ve 8 katlı (2 adet) binalar da mevcuttur. Şekil 3.3'ün sol tarafı incelendiğinde kat sayısı arttıkça hasarın da net olarak arttığı söylenemez. Çünkü 3 katlı binalarda ağır hasarlı veya yıkılmış olan bina sayısının 4 katlı binalara nazaran biraz daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 7 katlı 7 adet binanın tamamı ağır hasarlı veya yıkılmış iken 8 katlı 2 adet bina orta derecede hasar almıştır. Dolayısıyla kat sayısı arttıkça genel olarak hasarında artma eğiliminde olduğu söylenebilir.



Şekil 3.3. Kat sayısı (n) ile hasar ilişkisi

3.1.3. Beton basınç dayanımı (f_{ck}) ile hasar ilişkisi

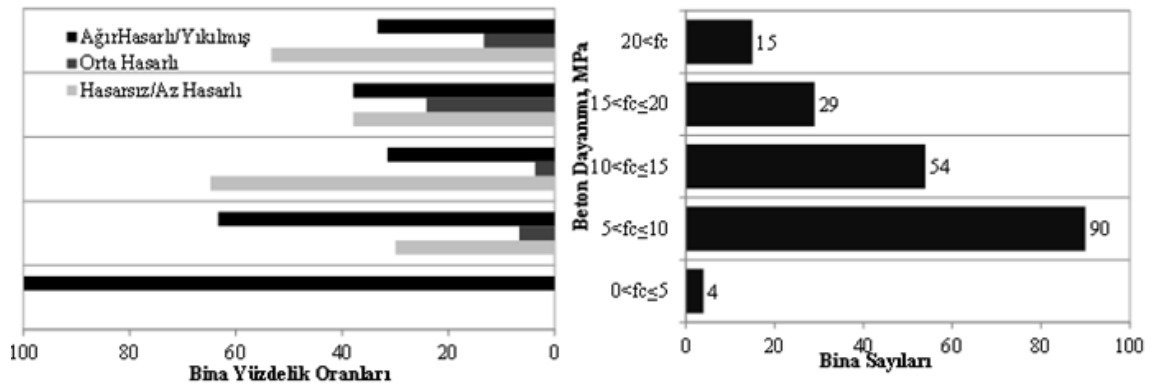
Tüm betonarme yapıların tasarımında kullanılan beton dayanımı eksenel yük, kesme kuvveti kapasitesi ve beton-donatı aderansını doğrudan etkilemektedir. Ayrıca beton dayanımı; süneklik düzeyi yüksek kolon, kiriş ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinin tasarım koşullarının tayininde, kolon ve perde duvarların etkin eğilme rijitliklerinin belirlenmesinde, normal ağırlıktaki betonların elastisite modülünün belirlenmesinde, eleman kesitlerinin çatlama dayanımı ve plakların zımbalama

dayanımlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. (TS 500; DBYBHY, 2007). Yapılar için bu denli önemli olan bu parametrenin 2011’de meydana gelen Van depremlerinde hasara neden olan durumları gösteren fotoğraflar Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Van depreminde yıkılmış beton dayanımı kötü olan yapılar

İncelenen binalardaki beton basınç dayanımı (f_{ck}) ile hasar ilişkisinin gösterildiği Şekil 3.5’e göre DBYBHY 2007’de belirtilen betonarme binalarda kullanılması gereken minimum beton dayanımı olan 20 MPa beton dayanımını sağlayan sadece 15 adet (~%7,8) bina bulunmaktadır. Binaların %67,7’sinin kullanılması gereken minimum beton dayanımının beton tasarım katsayısına (1,5) bölünen değerden bile düşük dayanıma sahip olduğu, ayrıca incelenen binalarda belirlenen en düşük beton dayanımının 2,3 MPa, en yüksek beton dayanımının 32 MPa olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3.5 incelendiğinde genel olarak beton dayanımı arttıkça hasarın düştüğü gözlenmektedir.

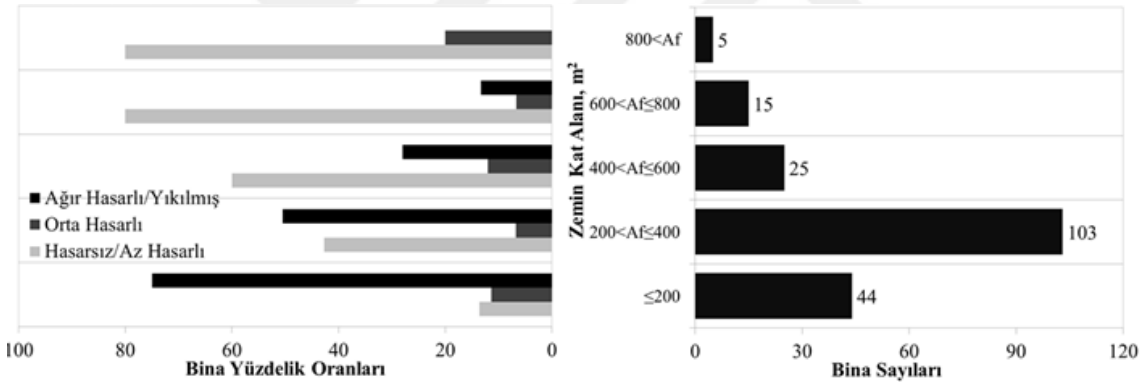


Şekil 3.5. Beton dayanımı (f_{ck}) ile hasar ilişkisi

Beton dayanımının ülkemizdeki mevcut binalarda çok ciddi düzeylerde olmadığı yönetmeliklerde belirtilen limitlerin çok altında olduğu çeşitli çalışmalarda ayrıca ifade edilmektedir (Mazılıgüney ve ark., 2008).

3.1.4. Zemin kat alanı ile hasar ilişkisi

Şekil 3.6 zemin kat alanı (A_{floor}) ile hasar durumu arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. İncelenen binaların büyük çoğunluğunun (~ %77) taban alanı 400 m^2 'nin altındadır. Zemin kat alanı 200 m^2 'den az olan binaların % 75'i ağır hasar görmüş veya yıkılmış olmasına rağmen zemin kat alanı 600 m^2 ile 800 m^2 olan binalar için bu oran sadece % 13'tür. Binalarda zemin kat alanı arttıkça hasarın azaldığı görülmektedir. Dolayısı ile zemin kat alanının binanın deprem direnci için önemli bir parametre olduğu Şekil 3.6'dan anlaşılmaktadır.

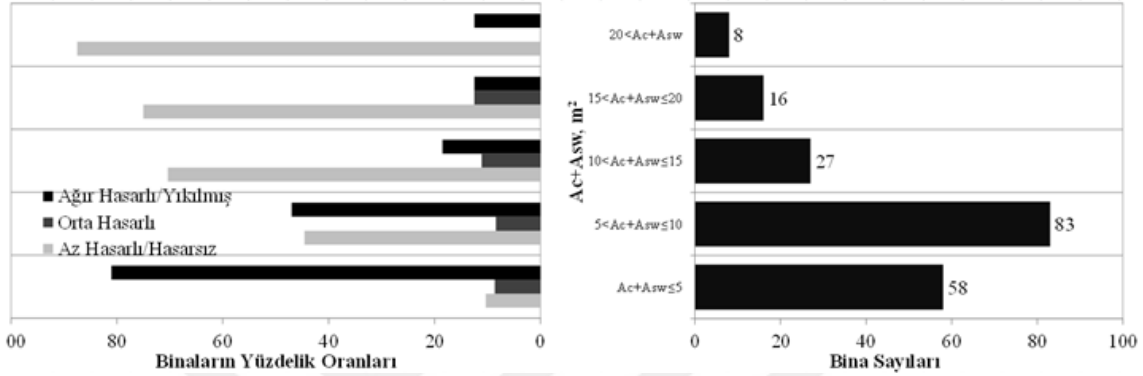


Şekil 3.6. Zemin kat alanı (A_{floor}) ile hasar ilişkisi

3.1.5. Düşey taşıyıcı eleman alanları ile hasar ilişkisi

Zemin katta bulunan toplam kolon alanı (A_c) ve perde duvar alanı (A_{sw}) ile hasar durumu arasındaki ilişki Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Buna göre düşey taşıyıcı eleman alanları toplamı ($A_c + A_{sw}$) 5 m^2 'ye eşit ya da düşük binaların (tüm binaların %30'u) %81'i ağır hasar görmüş veya yıkılmıştır. ($A_c + A_{sw}$) 10 m^2 'ye eşit ya da düşük olanların oranı ise yaklaşık olarak % 73 iken bu binalardan % 47'si ağır hasar görmüş veya yıkılmıştır. ($A_c + A_{sw}$) 20 m^2 ve daha büyük olan binaların sadece %12,5'i ya ağır hasar almış ya da yıkılmıştır. Bu oranlar düşey taşıyıcı eleman alanları ile hasar durumu

arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bir başka deyişle Şekil 3.7’de $(A_c + A_{sw})$ değeri arttıkça hasarın net olarak düştüğü görülmektedir. Ayrıca incelenen binaların %41,7’sinde perde duvarın hiç kullanılmadığı; zemin katta bulunan düşey taşıyıcı eleman alanınının zemin kat taban alanına yüzdece oranlandığında ise binaların %45,3’ünde bu sayının 0,5’in altında kaldığı belirlenmiştir.



Şekil 3.7. $(A_c + A_{sw})$ ile hasar ilişkisi

3.1.6. Düzensizlik durumları ile hasar ilişkisi

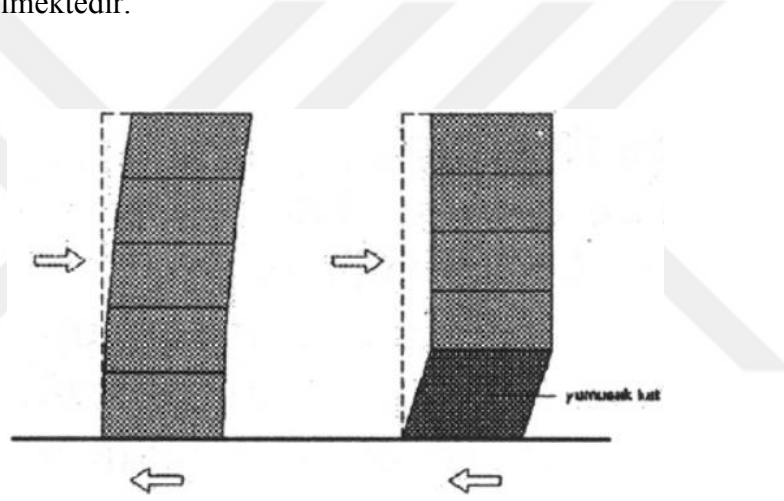
Yatay ve düşey taşıyıcı elemanların deprem yüklerini düzenli bir şekilde aktarabilecek yetenekte olmamasından kaynaklanan düzensizlikler binaların hasar görme nedenleri arasında gösterilmektedir. Bu bölümde binalarda genel olarak bulunan yumuşak kat, kısa kolon, ağır çıkma ve çerçeve düzensizliği olmak üzere dört farklı düzensizlik durumuna ve bu düzensizlik durumlarının hasar ilişkilerine yer verilmiştir.

3.1.6.1. Yumuşak/Zayıf kat

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan “Dayanım Düzensizliği Katsayısı”nın 0,80’den küçük olması durumu zayıf kat, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan “Rijitlik Düzensizliği Katsayısı”nın 2.0’den fazla olması durumu ise yumuşak kat olarak tanımlanmaktadır (DBYBHY, 2007).

Kentsel yapı stokları incelendiğinde zemin katların işyeri olarak kullanılmasından ötürü yapılarda bulunan zemin kat yüksekliği diğer katlara nazaran daha yüksek bir şekilde tasarlanmaktadır. Bu durum katlar arası dayanım farklılığına sebebiyet vermiş ve geçmiş depremlerde büyük ölçüde yıkımlara neden olmuştur (Işık ve ark., 2016).

Deprem etkisine bağlı olarak binanın yapacağı toplam deplasman, binanın bütün yüksekliği boyunca bölüştürüleceği yerde, yumuşak kat diye tanımlanan kat üzerinde ortaya çıkmaktadır. Yıkıcı depremlerde sıklıkla bu katlar, kolonların ucundaki kopmalara bağlı olarak çökmektedirler (Önel ve Akbulut, 2003). Şekil 3.8’de yumuşak kata sahip bir binanın deprem sırasındaki davranışına bağlı olarak yapmış olduğu deplasman gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Deprem sırasında yumuşak kat davranışı (Önel ve Akbulut, 2003)

Bu tez kapsamında ele alınan 192 binadan 86’sında yumuşak kat düzensizliğinin belirlendiği ve yumuşak kat bulunan 86 binanın %57’sinin ağır hasar aldığı veya yıkıldığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 3.17). 2011’de meydana gelen Van depremlerinde yumuşak kat düzensizliğine bağlı olarak binalarda oluşan hasarlar Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

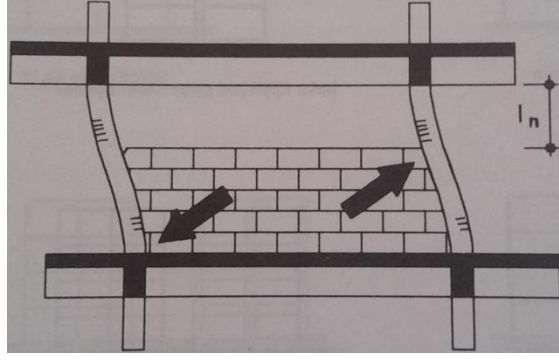


Şekil 3.9. Van depremlerinde yumuşak kat düzensizliğinden kaynaklanan bina hasarları

3.1.6.2. Kısa kolon

Taşıyıcı olmayan rijit elemanlarla kolonun depremdeki şekil değiştirmesinin önlenmesi nedeniyle yapılarda oluşan düzensizliğe kısa kolon düzensizliği denilmektedir (Celep ve Kumbasar, 2004). Kısa kolon taşıyıcı elemanlar nedeniyle oluşabileceği gibi duvardan duvara uzanan pencereler nedeniyle de oluşabilmektedir (Canbay ve ark., 2008).

Eğer duvarlar kısa olarak yapılıyor ve çerçevelere de bağlanıyorsa ana çerçevedeki kolonlar deprem sırasında meydana gelen yatay kuvvetler nedeniyle bağlı bulunduğu iki kat arasında duvarların kendi düzlemlerindeki rijitlikleri sonucu eğilememektedir. Böylece, kolonlar sadece duvarların üst kısmında bırakılan boşluk yüksekliği (l_n) kadar bir kısımda eğilmeye zorlanmaktadır (Şekil 3.10). Bu durumda kolonun bu kısmında çok büyük kesme kuvvetleri meydana gelmektedir (Çağatay, 2007).



Şekil 3.10. Deprem sırasında kısa kolon davranışı (Celep ve Kumbasar, 2004)

Bu çalışmada ele alınan 192 binadan 47'sinde kısa kolon kat düzensizliğinin belirlendiği ve kısa kolon bulunan 47 binanın %23,4'ünün ağır hasar aldığı veya yıkıldığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 3.17). 2011'de meydana gelen Van depremlerinde kısa kolon düzensizliğine bağlı olarak binalarda oluşan hasarlar Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



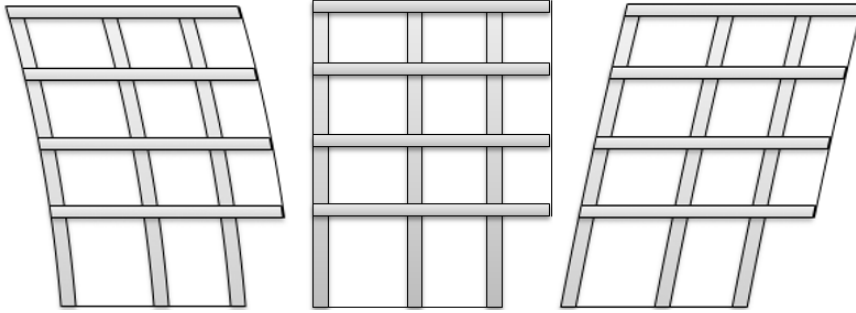
Şekil 3.11. Van depremlerinde kısa kolon düzensizliğinden kaynaklanan bina hasarları

3.1.6.3. Ağır çıkma

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı çıkmayı; binalarda döşemelerin uzantısı olarak yapılan, parsel sınırları dışına taşmayan, en az bir ucu serbest, mesnetli olan, açık veya kapalı olan, derinliği uygulama imar planı veya bu yönetmelikle belirlenen yapı elemanları olarak tanımlamaktadır (PAİY, 2017).

Binalardaki çıkmalar konsol davranışı gösterdiklerinden dolayı bir sarsıntı sırasında, binanın kenar kolonlarını zorlayan bir faktör olarak binayı etkilemektedir.

Türkiye’de kentsel yerleşimlerdeki binaların önemli özelliklerinden birisi zemine oturan kat alanı ile zemin üstündeki kat alanı arasındaki farktır. Üst katlarda daha geniş alan yaratılması, üst kat döşemelerinin ankastre olarak dış cephedeki çerçeve akslarının dışına taşması, yani çıkma yapması ile mümkündür. Ağır çıkmalar binada kütle ve rijitlik düzensizliğine neden olur. Bunun ötesinde, dış çerçeve akslarında belirgin kiriş süreksizliği meydana gelir. Cephe kirişleri çerçeve aksının dışına çıkarak çıkmaları izler, böylece kolonlara dış merkezli olarak saplanırlar ve gerekli rijitlik aktarımını sağlayamazlar (Sucuoğlu, 2007). Şekil 3.12’de ağır çıkmaya sahip olan bir binanın deprem karşısındaki davranışı gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Deprem sırasında ağır çıkma davranışı

Bu çalışmada ele alınan 192 binadan 69’unda ağır çıkma düzensizliğinin belirlendiği ve ağır çıkma bulunan 69 binanın %62,3’ünün ağır hasar aldığı veya yıkıldığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 3.17). 2011’de meydana gelen Van depremlerinde ağır çıkma düzensizliğine bağlı olarak bazı binalarda oluşan ağır hasarlar Şekil 3.13’te gösterilmiştir.

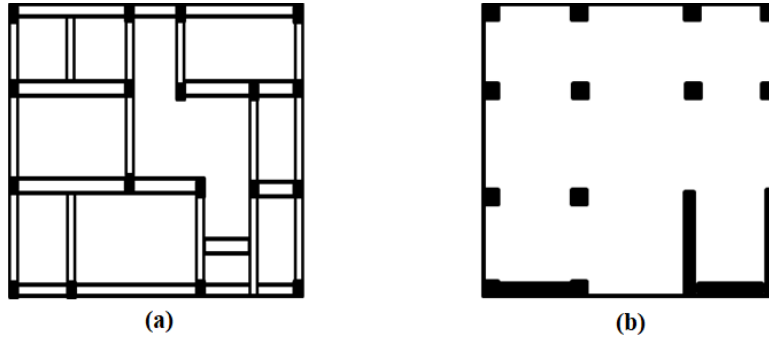


Şekil 3.13. Van depremlerinde ağır çıkma düzensizliğinden kaynaklanan bina hasarları

3.1.6.4. Çerçeve düzensizliği

Bu çalışmada çerçevelerin sürekli olmaması, simetrik olmayan yapısal sistem ve planda çıkıntı olma durumları çerçeve düzensizliği parametresi kapsamında ele alınmıştır.

Taşıyıcı sistemde, çerçevelerin süreksiz olması (Şekil 3.14a), yapının depremin oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini güvenle taşımasını çok olumsuz etkiler. Binaların yapısal sisteminde simetri olmaması burulma momentlerinin oluşmasına neden olur (Şekil 3.14b). Burulma momentleri, özellikle bina çevresine yakın kolonlara ve perde duvarlara ek kesme kuvvetleri getirir (Canbay ve ark., 2008).



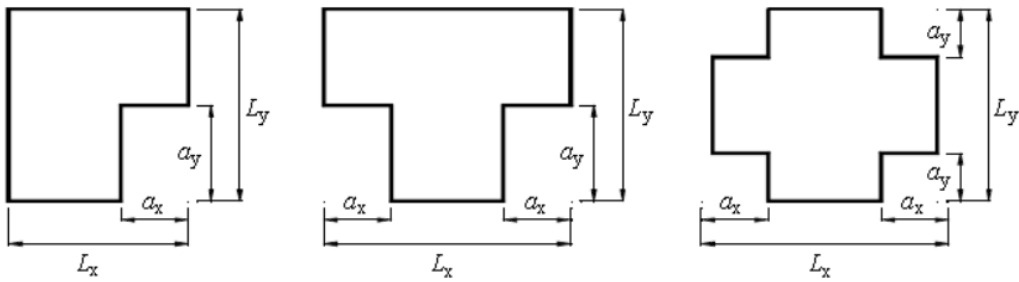
Şekil 3.14. a. Çerçeve süreksizliği örneği, b. simetrik olmayan yapısal sistem örneği

Burulma, bir yapıda en olumsuz etkilerden biridir, çünkü ilk önce köşe ve çevre kolonlarını etkiler. Burulma etkileri durumunda kesme kuvvetleri artar. Köşe ve çevresel kolonlar ek kesme kuvvetlerine direnecek şekilde tasarlanmadıysa, bu elemanlarda hasar meydana gelebilir. Bu durumun şiddetli bir örneği 23 Ekim 2011 Van Depreminde görülmüştür. Van'ın Tuşba İlçesi'ne bağlı Gedikbulak köyündeki üç katlı okul binasının simetrik olmayacak şekilde yerleştirilmiş büyük perde duvarlarından (Şekil 3.15a) dolayı bina burulmaya maruz kalmıştır. Güneybatı ve kuzeybatı köşelerindeki kolonların nispeten küçük olması ve ek kesme kuvvetlerine direnecek yeterli kapasiteye sahip olmamasından ötürü yanal deprem kuvvetlerinde bina, Şekil 3.15.b'de görülen burulma etkileri nedeniyle çökmüştür.



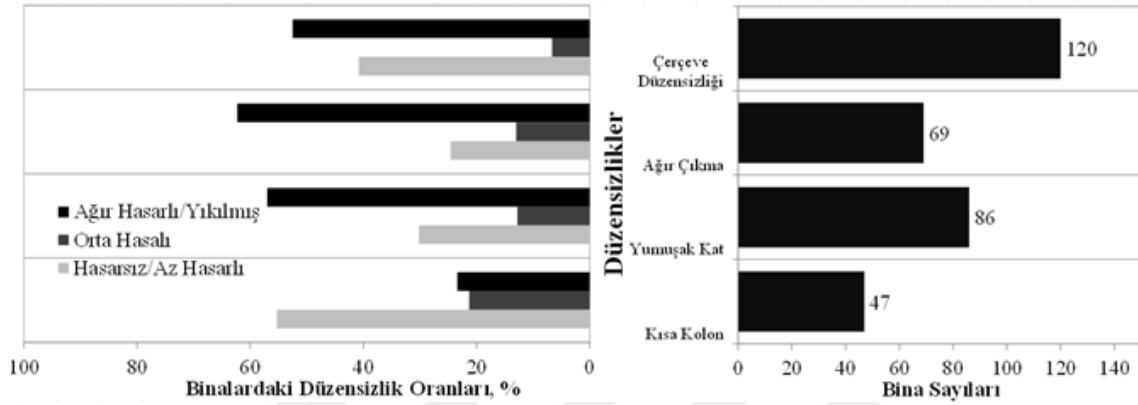
Şekil 3.15. a. Gedikbulak Köyü'ndeki okulun yapısal planı, b. okulun depremden sonraki durumu (Erdil ve Ceylan, 2018)

Köşelerde gerilme yığılmalarına neden olan planda çıkıntı olma durumunu DBYBHY (2007), bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması ($a_x > 0,2L_x$ ve $a_y > 0,2L_y$) şeklinde tarif etmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Binalarda çıkıntı bulunma durumu (DBYBHY, 2007)

Bu tez kapsamında yukarıda bahsi geçen çerçevelerin sürekli olmaması, simetrik olmayan yapısal sistem ve planda çıkıntı olma durumlarından en az birinin bulunduğu binalarda çerçeve düzensizliğinin mevcut olduğu kabul edilmiştir. Böylece ele alınan 192 binadan 120'sinde çerçeve düzensizliğinin belirlendiği ve çerçeve düzensizliği bulunan 120 binanın %52,5'inin ağır hasar aldığı veya yıkıldığı tespit edilmiştir (Şekil 3.17).



Bahsi geçen bilgiler ışığında beton dayanımı, kat sayısı, zemin kat alanı, düşey taşıyıcı elemanların alanları ve diğer parametrelerin binanın deprem dayanımına etkilerinin olduğu görülse de bu özelliklerin bireysel olarak binanın deprem dayanımına etkileri hakkında kesin bir kanaate varılamaz. Bu sebeple bir binanın hasar alma riskinden bahsedebilmek için tek parametre kullanmak yerine birbirini etkileyen parametrelerin birlikte (etkileşimli olarak) değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.2. Yöntem

3.2.1. MVP (Moment, Kesme Kuvveti ve Eksenel Yük Etkileşimi) Yöntemi

Binalar bir deprem sırasında gerek kendi ağırlıklarından gerek dış yüklerden dolayı moment, kesme kuvveti ve eksenel yükler gibi çeşitli kuvvetler altında sınanırlar. Tasarım denklemleri bu etkileri ayrı ayrı değerlendiriyor gibi görünse de aslında bunların birbirleriyle olan ilişkisi gizli bir biçimde o formüllerin içerisinde yer almaktadır. Örneğin bir kolon üzerindeki eksenel yük seviyesinin sınırlandırılmasıyla

aslında ikinci mertebe momentleri sınırlandırılmaktadır. Başka bir deyişle binadaki toplam moment kolon üzerindeki eksenel yük azaltılarak azaltılmaktadır.

Bir binanın deprem davranışından bahsedebilmek için bu kuvvet etkileşimlerinin çok iyi bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Önerilen MVP metodu ile kapasite/talep oranı temel alınarak betonarme binaların hasar görebilirliği üzerine bir değerlendirme yapılmaktadır. MVP Metodunun detayları aşağıda verilmiştir.

3.2.2. MVP Yöntemi'nin genel tanımı

II. Kademe değerlendirme yöntemleri binayı değerlendirme açısından güvenilir olmalı aynı zamanda detaylı analizlere nazaran zamandan tasarruf sağlamalıdır. Bu çalışmada önerilen MVP metodu bir binanın hasar görebilirliğini belirleme üzerine oluşturulmuş bir yöntemdir. Bu yöntemde moment, kesme kuvveti ve eksenel yük kapasiteleri ile bunların basit formüllerle hesaplanmış talepleri karşılaştırılır.

Metodun genel formülasyonu Eş. 3.1'de verilmiştir. Denklem moment, kesme kuvveti ve eksenel yük etkileşimini içermektedir. Hesaplanan MVP puanı önceden belirlenmiş bir sınır değerden (BP) yüksek ise binanın deprem dayanımının iyi olduğu veya olası bir depremde binanın az hasar alabileceği, aksi takdirde binanın deprem dayanımının kötü olduğu veya olası bir depremde binanın ağır hasar alabileceği sonucuna varılabilir.

MVP metodu aynı zamanda “Most Valuable Point” yani “En Değerli Puan” olarak da değerlendirilebilir. Çünkü bu yöntemde bir bina için hesaplanan puanın sınır puanla karşılaştırılması sonucu binanın deprem karşısındaki dayanımı hakkında bilgi vermektedir.

Eş. 3.1'de A, B ve C katsayıları her bir kuvvet ilişkisinin ağırlık oranlarını ifade etmektedir. “ α ” ağır çıkma indeksini, “ β ” yumuşak kat indeksini, “ γ ” kısa kolon indeksini, “ φ ” burulma indeksini, “ i ” deprem yönünü (göz önüne alınan deprem yönünü), “ M_{ri} ” binanın moment kapasitesini, “ M_d ” deprem yükünden dolayı oluşan dış momenti, “ V_{ri} ” binanın taban kesme kuvveti kapasitesini, “ V_d ” deprem yükünden dolayı oluşan taban kesme kuvvetini, “ P_r ” binanın eksenel yük kapasitesini ve “ P_d ” binanın dış eksenel yükü (bina ağırlığı) ifade etmektedir. Bu çalışmada her ne kadar zemin kat

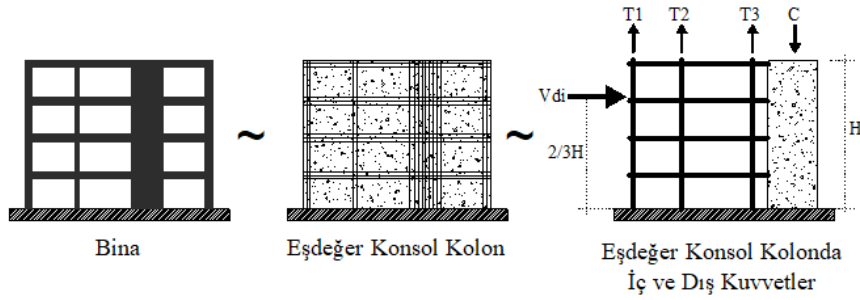
kritik kat varsayımı ile değerlendirilmiş olsa da bu denklem kullanılarak herhangi bir kat için de değerlendirme yapılabilir.

$$MVP_i = \frac{A}{\alpha\beta} \frac{M_{ri}}{M_d} + \frac{B}{\gamma\phi} \frac{V_{ri}}{V_d} + C \frac{P_r}{P_d} \geq BP \quad (3.1)$$

Aşağıdaki bölümlerde formülasyonun her bir parçası ayrı ayrı değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

3.2.3. Moment kapasitesi ve talep

Bir binanın moment kapasitesini pratik olarak hesaplayabilmek amacıyla bina, 2/3 yüksekliğinde kesme kuvvetinin etkidiği bir konsol kolon olarak düşünülmüş (Şekil 3.18) ve bu binadaki kolon ve perde duvarlar boyunca donatı olarak alınmıştır.



Şekil 3.18. Tipik bir binanın eşdeğer konsol kolon varsayımı

Bir konsol kolonun moment kapasitesinin $M_{ri} = \sum T_i z_i$ formülünden kolayca hesaplanabileceği hatırlanacak olursa burada $T_i = A_{si} f_{si}$ toplam çekme kuvveti (Eş. 3.2), z_i moment kolunu, A_{si} boyuna donatı alanını, f_{si} ise donatıdaki gerilmeyi ifade etmektedir.

$$T = T_1 + T_2 + T_3 \quad (\text{Şekil 3.18'den}) \quad (3.2)$$

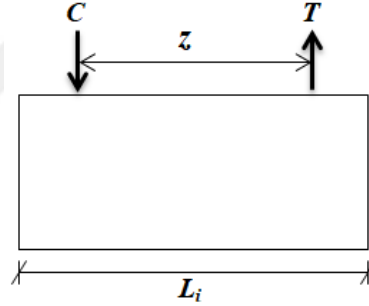
Konsol kolonun moment kapasitesi de aynı şekilde hesaplanabilir. Bu varsayımda toplam çekme kuvveti (T), $\frac{\rho(A_c + A_{sw})f_y}{n_1}$ (Eş. 3.3) değerine eşit olmalıdır.

Burada $\rho(A_c + A_{sw})$ göz önüne alınan kattaki düşey taşıyıcı elemanların toplam donatı

miktarını (A_{si}) vermektedir. A_c ve A_{sw} sırasıyla göz önüne alınan kattaki kolon ve perde duvar alanlarını, n_1 ise sadece çekme bölgesini göz önüne alabilmek için kullanılan bir katsayıyı ifade etmektedir.

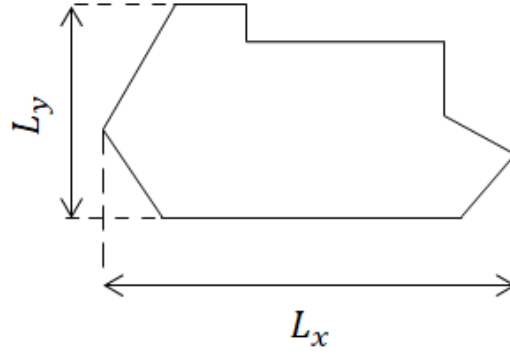
$$T = \frac{\rho(A_c + A_{sw})f_y}{n_1} = C \quad (3.3)$$

Moment kolu (z) hesaplanırken işlemleri basitleştirmek adına kolay elde edilebilir verilerle çalışılmıştır. Bu maksatla binanın deprem yönü ile uyumlu plandaki (dış) uzunluğu bir katsayı (n_2) ile çarpılarak moment kolu elde edilmiştir. Bunun sebebi bileşke çekme kuvveti (T) ile bileşke basınç kuvveti (C) arasındaki mesafenin L_i olmayıp daha küçük bir uzunluğa sahip olmasıdır (Şekil 3.19). Dolayısıyla moment kolu z , n_2L_i 'ye eşit olmaktadır (Eş. 3.4).



Şekil 3.19. Tipik bir binada (üstten görünüş) moment kolu mesafesinin varsayımı

Yukarıda bahsi geçen L_i (L_x ve L_y) değerleri binanın oturma planındaki çevre uzunluklarıdır. Şekil 3.19'da gösterildiği gibi tipik dikdörtgen plana sahip bir binada bu uzunlukların belirlenmesi oldukça basittir. Ancak, dikdörtgenden farklı plana sahip bir binada bu uzunlukların nasıl alınması gerektiği bu çalışmada önerilen formülasyonların doğru bir şekilde uygulanması açısından önemlidir. Örnek olarak Şekil 3.20'de söz konusu çevre uzunluklarının farklı plana sahip binalarda nasıl alınması gerektiği gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Farklı plana sahip binalardaki L_x ve L_y uzunlukları

$$M = Tz = Cz \text{ burada } z = n_2 L_i \quad (3.4)$$

Eş. 3.5'te de görüleceği üzere n_2 değeri için bir katsayı belirlemek yerine denklemde kullanılan iki katsayının (n_1, n_2) etkileşimi sonucu tek bir katsayı belirlenmiştir.

$$M = Tz = \frac{\rho(A_c + A_{sw})f_y}{n_1} n_2 L_i = \rho(A_c + A_{sw})f_y \frac{n_2}{n_1} L_i \quad (3.5)$$

Eş. 3.5'teki azaltma katsayılarının en uygun oranı deneme yanılma yoluyla $\frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{5}$ olarak bulunmuştur. Sonuç olarak deprem yönüyle uyumlu olacak şekilde ele alınan bir betonarme binanın moment kapasitesi (M_{ri}) Eş. 3.2, Eş. 3.3, Eş. 3.4 ve Eş. 3.5 eşitlikleri dikkate alınarak Eş. 3.6'da gösterildiği gibi elde edilmiştir. MVP denkleminde aksenal yük ve kesme kuvvetleri ayrı bir etkileşim olarak yer aldıkları için M_{ri} hesabında bu etkiler ihmal edilmiştir.

$$M_{ri} = f_y \frac{L_i}{5} \sum \rho(A_c + A_{sw}) \quad \text{kNm} \quad (3.6)$$

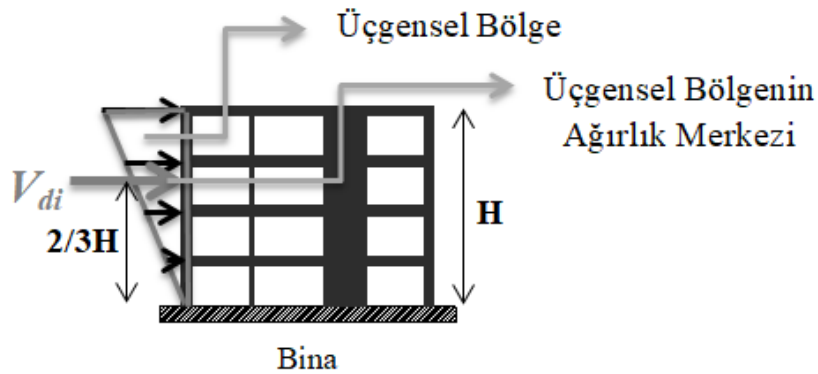
Bu eşitlikte ρ , kolon ve perdelerdeki ortalama boyuna donatı oranını temsil etmektedir. Binada kullanılan boyuna donatı ile ilgili herhangi bir bilgi yoksa modern yönetmeliklerden (Türkiye için 1997 Deprem Yönetmeliği, (ABYYHY, 1997)) önce inşa edilmiş binalar için minimum donatı oranı 0,008, modern yönetmeliklerden sonra inşa edilmiş binalar için ise minimum donatı oranı 0,01 olarak alınabilir (Erdil, 2016).

Eş. 3.6'daki f_y betonarme binalarda boyuna donatı akma gerilmesini göstermektedir. İncelenen binada düz donatı kullanılmış ise akma gerilmesi değeri olarak 220 MPa, nervürlü donatı kullanılmış ise 420 MPa olarak alınabilir. ABYYHY (1997) öncesi hazır beton yaygınlaşmamış olduğundan inşaatlarda genelde elle beton dökümü yapılmıştır ve akma gerilmesi değeri 420 MPa'lık nervürlü inşaat demiri yerine 220 MPa'lık düz inşaat demiri kullanılmıştır (Öcal ve İnce, 2012). Dolayısıyla binadaki donatılar gözlenebilir değil ise Eş. 3.6'daki f_y değeri için 1997 öncesi inşa edilen binalarda 220 MPa, 1997 sonrası inşa edilen binalarda ise 420 MPa alınabilir. Eş. 3.6'da yer alan L_i ise deprem yönüyle uyumlu olacak şekilde binanın uzunluğunu ifade etmektedir.

Deprem yüklerinden dolayı oluşan dış moment M_d , Eş. 3.7'deki gibi hesaplanabilir. Bu eşitlikte taban kesme kuvveti V_d 'nin Şekil 3.21'de gösterildiği gibi eşdeğer deprem yüklerinin binaya etkime biçiminden dolayı oluşturduğu üçgensel bölgenin ağırlık merkezine başka bir deyişle binanın $2H/3$ seviyesine etkidiği varsayılmıştır.

$$M_d = \frac{2}{3}HV_d \text{ kNm} \quad (3.7)$$

Burada H binanın toplam yüksekliği, V_d ise dikkate alınan yön için hesaplanan taban kesme kuvvetini ifade etmektedir.



Şekil 3.21. Tipik bir bina üzerinde dış momentin gösterimi

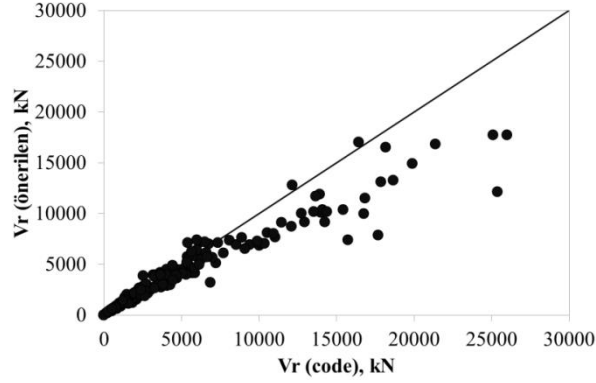
3.2.4. Kesme kuvveti kapasitesi ve talep

2007 Deprem Yönetmeliği'nde Kesme kuvveti kapasitesi Eş. 3.8'deki gibi hesaplanmıştır. Bu eşitlikte f_{ctk} : betonun karakteristik çekme dayanımını, A_{ch} : Eleman kesit alanını, ρ_{sh} : etriye oranını ve f_{ywd} : etriyelerin tasarım akma dayanımını ifade etmektedir.

$$V_{r(code)} = 0,65f_{ctk}A_{ch} + \rho_{sh}f_{ywd}A_{ch} \quad \text{kN} \quad (3.8)$$

Eş. 3.8'de verilen denklemi daha sade bir denklem halinde yazabilmek adına A_{ch} ortak parantezine alındıktan sonra $f_{ctk} \cong 1$, $\min(\rho_{sh}) \cong 0,0025$ (DBYBHY, 2007) ve $f_{ywd} = 220$ MPa olarak hesaplanmış ve Eş. 3.9'daki denklem elde edilmiştir. Bulunan bu denklem ile Eş. 3.8'de verilen denklem karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 3.22'de verilmiştir. Şekil 3.22'ye göre V_r ile $V_{r(code)}$ arasında pozitif bir ilişkinin olduğu ancak bu ilişkinin giderek simetri ekseninden saptığı görülmektedir.

$$V_r = 1,2A_{ch} \quad (3.9)$$



Şekil 3.22. V_r ile $V_{r(code)}$ arasındaki ilişki I

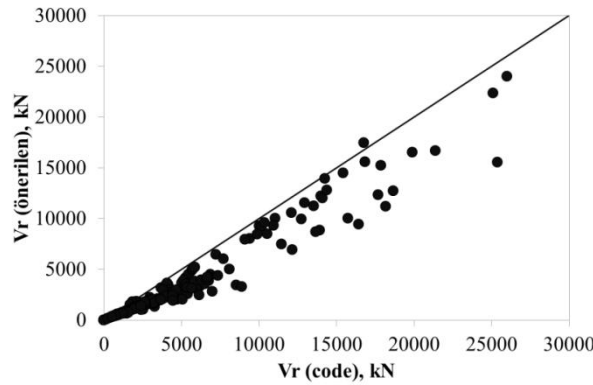
Eş. 3.9'de verilen denklemde donatı ve beton katkısı ihmal edilmiş sadece basit hesaplamalarla 1,2 katsayısı ile elemanların kesit alanları kullanılmıştır. V_r ile $V_{r(code)}$ arasındaki ilişkinin güçlenmesi adına Eş. 3.9'daki denkleme beton ve donatı etkisi lineer olarak katılmış ve Eş. 3.11 elde edilmiştir. Bu denklemde beton etkisi betonun

karakteristik çekme dayanımı f_{ctk} , $0.35\sqrt{f_{ck}}$ olarak; donatı etkisi ise A_{sww} kesme donatısı toplam kesit alanı, s etriye aralığı (mm), f_{ywd} enine donatı akma dayanımı ve d faydalı yükseklik olmak üzere TS500 (2000)'de verilen etriye katkısı (V_w) ile sağlanmıştır (Eş. 3.10).

$$V_w = \frac{A_{sww}}{s} f_{ywd} d \quad (3.10)$$

Eş. 3.10'da görüldüğü üzere donatı katkısı etriyeler ile sağlanıyorsa etriye alanı (A_{sww}) ile aralığı (s) kesme dayanımını ciddi şekilde etkilemektedir. Bu yüzden hem betonun hem de donatının etkisini birlikte açıklayabilecek ve 420 MPa'lık tasarım akma dayanımına sahip donatı etkisini dolaylı olarak hesaba katan bir formül geliştirilmiştir (Eş. 3.11). Bina inşaatlarında kullanılan genel olarak etriyeler 8 mm çapında olduğundan (alanı 50 mm²) ve genelde iki etriye kolu bulunduğundan denklemi basitleştirmek adına A_{sww} yerine 100 mm² yazılmıştır. Geliştirilen bu formül ile Eş. 3.8'de verilen denklem karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 3.23'te verilmiştir. V_r ile $V_{r(code)}$ arasında Şekil 3.22'e göre daha sıkı bir ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 3.23).

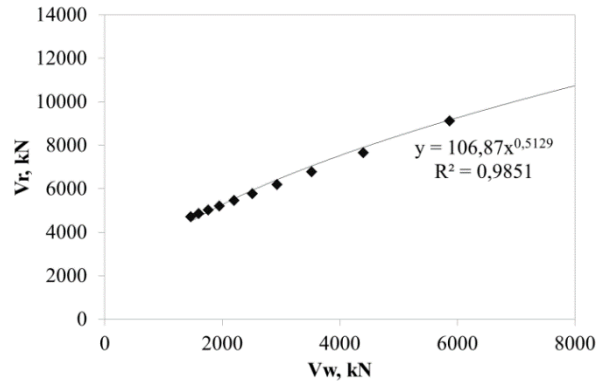
$$V_r = 1,2f_{ctk}\left(\frac{100}{s}\right)A_{ch} \quad (3.11)$$



Şekil 3.23. V_r ile $V_{r(code)}$ arasındaki ilişki II

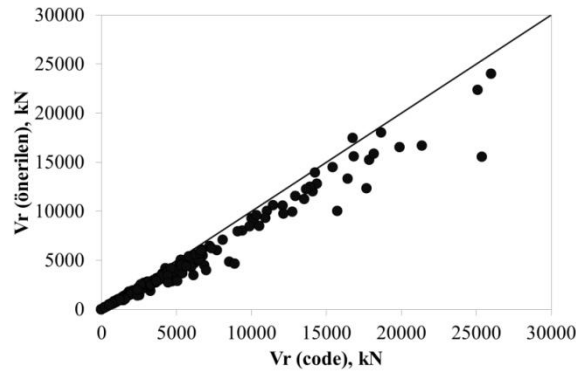
Şekil 3.24'te Şekil 3.23'e göre ilişkinin pozitif yönde değiştiği ancak verilerin hala simetri ekseninden uzak olduğu görülmektedir.

Kesme kuvveti hesaplamalarında $\frac{100}{s}$ değerinin denklemi lineer olarak değiştirmedigi ve beton katkısı ile donatı katkısı arasında lineer olmayan bir bağıntının olduğu görülmüş (Şekil. 3.24) bu sebeple donatı etkisi ($\frac{100}{s}$) üstel olarak denkleme katılmıştır (Eş. 3.12). Bu eşitlikte $\frac{100}{s}$ değeri için seçilen üs Şekil 3.24'te elde edilen üs değeri olan $\sim 0,5$ sayısı alınmış ve elde edilen Eş. 3.12 ile Eş. 3.8 arasındaki ilişki ortaya konmuştur (Şekil 3.25). Şekil 3.25'te verilerin simetri eksenine yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 3.24. Kesme kuvveti hesabında donatı etkisi

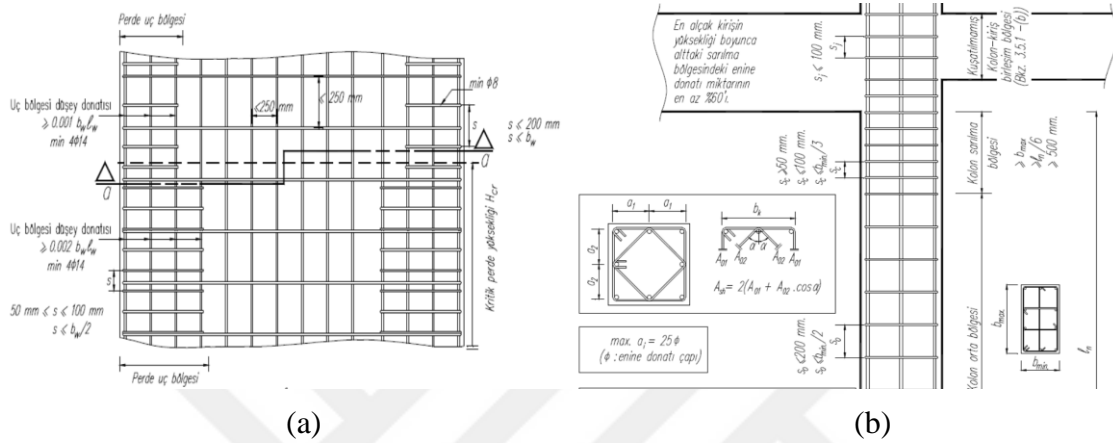
$$V_r = 1,2f_{ctk}\left(\frac{100}{s}\right)^{0,5}A_{ch} \quad (3.12)$$



Şekil 3.25. V_r ile $V_{r(code)}$ arasındaki ilişki III

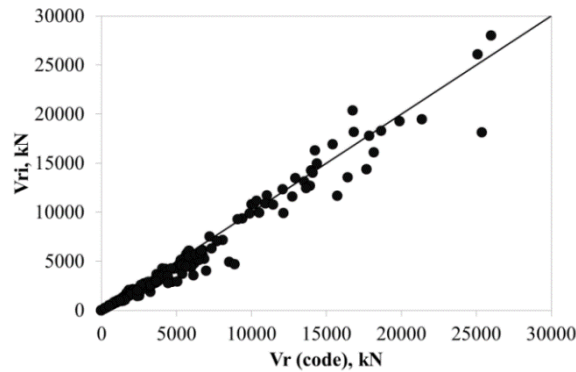
Kolon ve perde duvarlardaki enine donatılar arasındaki mesafenin koşullarındaki farklılıktan (Şekil 3.26) dolayı hem kolon hem de perde duvar etkisini tek bir

denklemden gösterebilmek için elde edilen 1,2 katsayısı arttırılarak 1,4 olarak revize edilmiş ve yönetmelikteki formülasyonun tam olarak temsil edilebilmesi için $\frac{100}{s}$ değeri için en uygun üs aranmış sonuç olarak da deprem yönüyle uyumlu olacak şekilde hesaplanabilecek kesme kuvveti kapasitesi (V_{ri}) hesabı için Eş. 3.13 elde edilmiştir.



Şekil 3.26. Kolon ve perde duvarlarda enine donatı arasındaki mesafe koşulları a. perde duvar, b. kolon (DBYBHY, 2007)

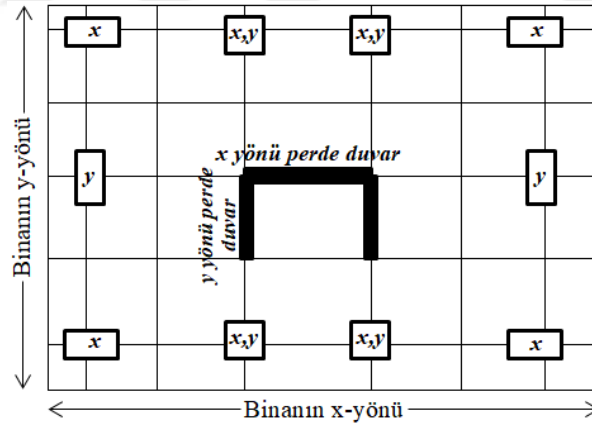
Yapılan hesaplamalar sonucunda dolgu duvarların katkısının çok az olduğu görüldüğünden dolayı denklemden betonarme binalarda düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolon ve perde duvar etkisi dikkate alınmıştır. Dolayısıyla Eş. 3.13'te elemanların kesit alanını temsil eden A_{ch} yerine deprem yönüyle uyumlu kolon ve perde kesit alanını gösteren $A_{ci} + A_{swi}$ ifadesi kullanılmıştır. Elde edilen Eş. 3.13 ile Eş. 3.8 arasındaki ilişki Şekil 3.27'de gösterilmiştir. Şekil 3.27'de verilerin simetri ekseninde toplandığı ve ilişkinin çok güçlü olduğu görülmektedir.



Şekil 3.27. V_r ile $V_{r(code)}$ arasındaki ilişki IV

$$V_{ri} = 1,4f_{ctk} \left(\frac{100}{s}\right)^{0.7} \Sigma(A_{ci} + A_{swi}) \quad \text{kN} \quad (3.13)$$

Eş. 3.13'te betonun karakteristik çekme dayanımı f_{ctk} , $0,35\sqrt{f_{ck}}$ olarak hesaplanmıştır. Burada f_{ctk} betonun karakteristik çekme dayanımını, s sargılama bölgesindeki etriye aralığını (mm), A_{ci} deprem yönüyle uyumlu kolon alanını, A_{swi} deprem yönüyle uyumlu perde duvar alanını belirtmektedir. Kolon ve perde duvarlar güçlü oldukları yönlerde deprem yüklerini daha fazla taşıdıkları için denklemlerde güçlü yönler dikkate alınmış, zayıf yönler ihmal edilmiştir. Başka bir deyişle dikdörtgen bir kolonun veya perde duvarın etkisi hesaplanırken önce kolonun uzun kenarı yani güçlü olduğu yönü belirlenir daha sonra ilgili alan hesaplanır. Örneğin Şekil 3.28'de gösterildiği gibi x yönünde yerleştirilmiş bir kolonun veya perde duvarın sadece x yönünde çalıştığı (A_{cx} , $A_{cy} = 0$), y yönünde yerleştirilmiş bir kolonun veya perde duvarın da sadece y yönünde çalıştığı ($A_{cx} = 0$, A_{cy}), kare olan kolonların ise her iki yönde de çalıştığı (A_{cx} ve A_{cy}) varsayılmıştır. Bu varsayım sadece A_{ci} ve A_{swi} yazan kısımlar için geçerlidir.



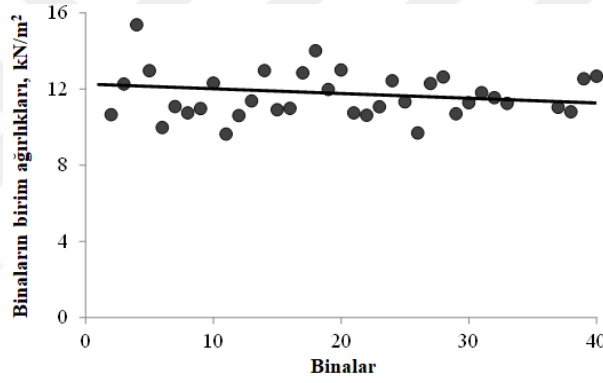
Şekil 3.28. Tipik bir planda kolon ve perde duvarların güçlü oldukları yönlere göre yerleşimi

DBYBHY (2007)'de verilen toplam taban kesme kuvveti (V_t) düzenlenerek denklem Eş. 3.14'te gösterilmiştir.

$$V_t = \frac{A(T)\Sigma W}{R} \quad \text{kN} \quad (3.14)$$

Toplam taban kesme kuvvetini basit bir şekilde hesaplayabilmek için ele alınan binalarda her katın ağırlığı 12 kN/m^2 varsayılarak (Şekil 3.29’da gösterildiği gibi 40 bina için ortalama değer) toplam bina ağırlığı ($\sum W$); $12 \sum A_{floor}$ olarak hesaplanmıştır. Burada $\sum A_{floor}$ toplam kat alanını, S_a spektral ivme katsayısı (en elverişsiz durum hesaplanarak, $A(T) = 1$ olarak varsayılmıştır), R deprem yükü azaltma katsayısını (2007 Deprem Yönetmeliği’ne göre kesme kuvveti göz önünde bulundurularak yeni bir bina tasarımı için hesaplamalarda $R = 2$ olarak alınabilir) ifade etmektedir. Bu varsayımlardan taban kesme kuvveti (V_d) Eş. 3.15’deki gibi hesaplanabilir. S_a ’nın 1’den küçük olduğu durumlarda Eş. 3.15 S_a ile çarpılmalıdır.

$$V_d = 6 \sum A_{floor} \text{ kN} \quad (3.15)$$



Şekil 3.29. Binaların birim ağırlıkları

3.2.5. Eksenel kuvvet kapasitesi ve talep

Eş. 3.16’da da gösterildiği gibi gerilmenin (σ) birim alana (A) etkiyen kuvvet (P) olduğu göz önünde bulundurularak, düşey taşıyıcı elemanların eksenel yük kapasitesi (P_r) Eş. 3.17 yardımıyla hesaplanabilir. Bu eşitlikte f_{ck} betonun karakteristik basınç dayanımını, A_c zemin katta bulunan toplam kolon alanını ve A_{sw} zemin katta bulunan toplam perde duvar alanını ifade etmektedir.

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ MPa} \quad (3.16)$$

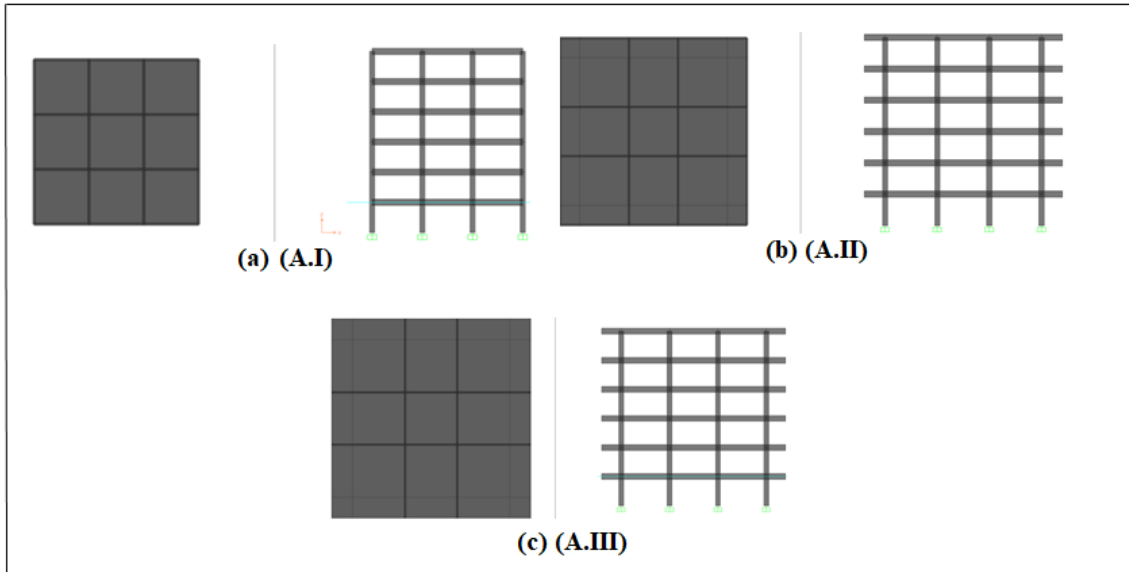
$$P_r = f_{ck} \sum (A_c + A_{sw}) \text{ kN} \quad (3.17)$$

Binanın ağırlığını bulabilmek için Eş. 3.18'den yararlanılabilir. Bu eşitlikte binalarda her katının ağırlığı 12 kN/m^2 varsayılmaktadır. Burada $\sum A_{floor}$ toplam kat alanını ifade etmektedir.

$$P_d = 12 \sum A_{floor} \text{ kN} \quad (3.18)$$

3.2.6. Ağır çıkma indeksi “ α ”

Binalardaki çıkmalar konsol davranışı gösterdiklerinden dolayı bir sarsıntı sırasında ağır çıkmalar, binanın kenar kolonlarının momentlerini arttıran bir faktör olarak binayı etkilemektedir. Ağır çıkmalar kolonları bireysel olarak etkilemesine rağmen global davranışa olan etkisi formüle yansıtılmıştır. Momentte meydana gelen etkiyi belirleyebilmek adına 3 boyutlu olarak üç bina modellenmiş ve kritik olan kenar kolonları incelenmiştir (Şekil 3.30). Bu modellerden birincisi ağır çıkma olamama durumu ele alınarak kontrol modeli olarak belirlenmiştir (Şekil 3.30a). İkinci modelde 2 metrelik ağır çıkma tasarlanmış, konsol kirişlerle desteklenmiş ve konsol uçlarında çevre kirişleri devam etmiştir (Şekil 3.30b). Üçüncü modelde ise ikinci modelden farklı olarak konsol kiriş uçlarında çevre kirişleri devam ettirilmemiştir (Şekil 3.30c). Ekstrem durumları görmek için modellerdeki ağır çıkmalar 2 metre olarak tasarlanmıştır.



Şekil 3.30. Binalardaki ağır çıkma etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller

Lineer statik analiz yapıldığında kenar kolon momentlerindeki ortalama artışın Çizelge 3.2'den de görüleceği üzere çevre kirişli ağır çıkma olan binalarda %39, çevre kirişli olmayan ağır çıkma olan binalarda ise %35 olduğu saptanmıştır. Bu değişim moment kapasitesini değil 'talebi' yani dış momenti etkilemektedir. Güvenli tarafta kalmak ve formülasyonlardaki sadelik adına kullanılacak katsayının 1,4 alınmasına karar verilmiştir.

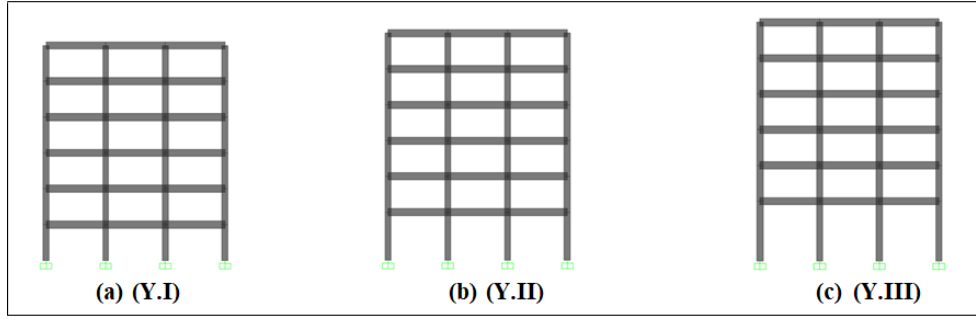
Çizelge 3.2. Ağır çıkma etkisinden dolayı momentlerde meydana gelen değişim

	Moment, kNm			Momentteki Değişim	
	(A.I)	(A.II)	(A.III)	(A.II)/(A.I)	(A.III)/(A.I)
Kolon1	1282	1658	1597	1,29	1,25
Kolon2	1448	2020	1635	1,39	1,14
Kolon3	1300	1718	1930	1,32	1,50
Kolon4	1473	2271	2194	1,54	1,50
Momentlerdeki ortalama değişim				1,39	1,35

Sonuç olarak değerlendirme yapılırken dış momentin (M_d) ağır çıkma olan binalarda "1,4" ile çarpılması; ağır çıkma olmayan binalarda ise "1" ile çarpılması önerilmektedir.

3.2.7. Yumuşak kat indeksi " β "

Yumuşak kat kolonlardaki momenti etkileyen bir faktördür. Çünkü kolon yüksekliği arttıkça moment kolu uzar, moment kolunun uzamasına bağlı olarak sabit bir kesme kuvveti altında dış moment (M_d) artar. Yumuşak kat etkisinden dolayı momentte meydana gelen etkiyi belirleyebilmek için 3 boyutlu üç bina modellenmiş ve kritik olan zemin kat kolonları incelenmiştir (Şekil 3.31). Bu binalardan birincisinde zemin kat ve diğer üst katlar için 3 metre yükseklik belirlenmiş olup bu binada yumuşak kat olmadığı varsayılarak kontrol modeli olarak kullanılmıştır (Şekil 3.31a). İkinci binada zemin kat yüksekliği 4 metre diğer üst katların yüksekliği 3 metre olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.31). Üçüncü binada ise zemin kat yüksekliği 5 metre diğer üst katların yüksekliği ise 3 metre olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Binalardaki yumuşak kat etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller

Yapılan lineer statik analizler sonucunda Çizelge 3.3'den de görüleceği üzere Şekil 3.31b'de gösterilen modeldeki moment artışının %20, Şekil 3.31c'de gösterilen modeldeki moment artışının ise %40 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Yumuşak kat etkisinden dolayı momentlerde meydana gelen değişim

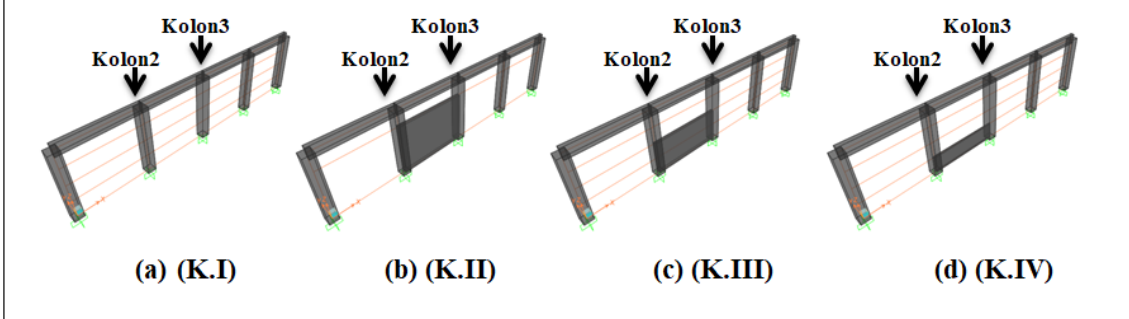
	Moment, kNm			Momentteki Değişim	
	(Y.I)	(Y.II)	(Y.III)	(Y.II)/(Y.I)	(Y.III)/(Y.I)
Kolon1	1282	1562	1836	1,22	1,43
Kolon2	1448	1740	2018	1,20	1,39
Kolon3	1300	1582	1856	1,22	1,43
Kolon4	1473	1765	2042	1,20	1,39
Momentlerdeki ortalama değişim				1,21	1,41

Sonuç olarak değerlendirme yapılırken dış momentin (M_d) yumuşak kat olan binalarda “1,4” ile çarpılarak artırılması; yumuşak kat olmayan binalarda ise “1” ile çarpılması önerilmektedir.

3.2.8. Kısa kolon indeksi “ γ ”

Rijit olan kısa kolonların aldıkları kesme kuvveti büyük olur. Dolayısıyla kısa kolonun kesme kuvvetini etkileyen bir faktör olduğu söylenebilir. Bu etkinin derecesini belirlemek adına kolon yükseklikleri 4 metre olan dört farklı model tasarlanmıştır (Şekil 3.32). Bu modellerden birincisinde dolgu duvarın olmadığı başka bir deyişle kısa kolonun olmadığı varsayılmış ve bu model kontrol modeli olarak kullanılmıştır (Şekil 3.32a). İkinci modelde 3 metrelik dolgu duvar örülerek 1 metrelik kısa kolon (Şekil 3.32b), üçüncü modelde 2 metrelik dolgu duvar örülerek 2 metrelik kısa kolon (Şekil

3.32c) ve son olarak da dördüncü modelde 1 metrelik dolgu duvar örülerek 3 metrelik kısa kolon oluşturulmuştur (Şekil 3.32d).



Şekil 3.32. Binalardaki kısa kolon etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller

Tasarlanan modellerin sol üst uçlarına sabit bir yanal kuvvet uygulanarak her sistem ayrı ayrı analiz edilmiş ve dolgu duvarın her iki tarafında bulunan kolonların (Kolon2 ve Kolon3) davranışları incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda Çizelge 3.4'ten de görüleceği üzere kısa kolonlardaki kesme kuvvetinin yaklaşık olarak %20 ile %53 arasında arttığı belirlenmiştir. Bu artışın ortalama değerinin ise yaklaşık olarak %34 olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.4. Kısa kolon etkisinden dolayı kesme kuvvetlerinde meydana gelen değişim

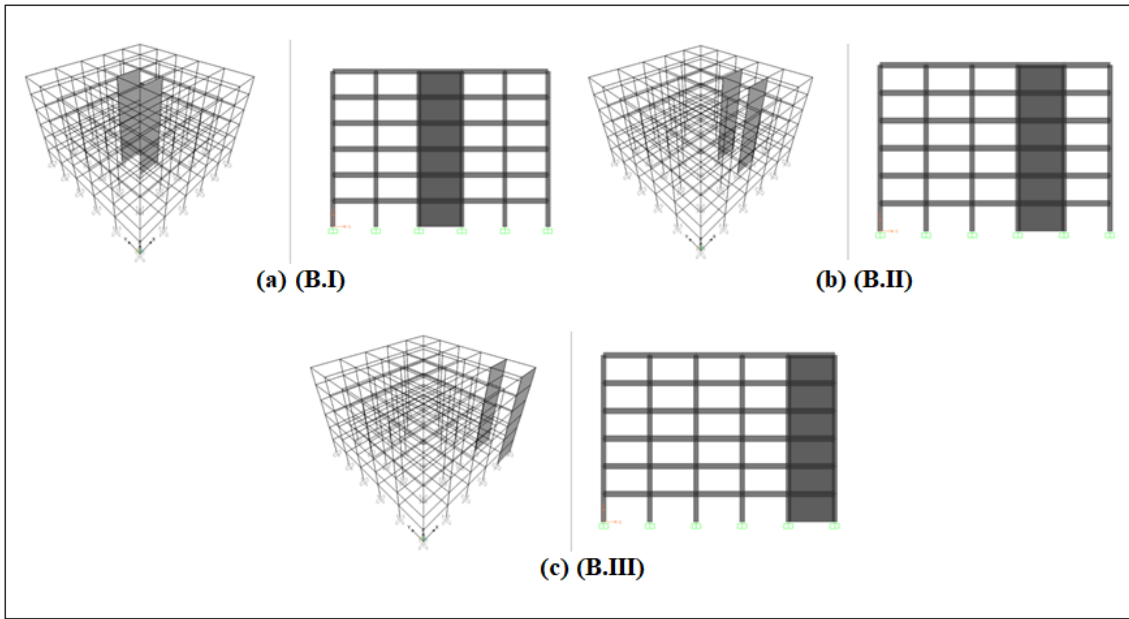
	Kesme Kuvveti, kN				Kesme Kuvvetindeki Değişim		
	(K.I)	(K.II)	(K.III)	(K.IV)	(K.II)/(K.I)	(K.III)/(K.I)	(K.IV)/(K.I)
Kolon2	36.66	55.92	48.34	44.26	1.53	1.32	1.21
Kolon3	33.93	48.49	44.71	41.31	1.43	1.32	1.22
Kesme kuvvetlerindeki ortalama değişim					1.48	1.32	1.21

Sonuç olarak değerlendirme yapılırken kesme kuvveti talebinin (V_d), kısa kolon olan binalarda formülasyonlardaki sadelik adına “1,4” ile çarpılarak artırılmasına; kısa kolon olmayan binalarda ise “1” ile çarpılmasına karar verilmiştir.

3.2.9. Burulma indeksi “ φ ”

Burulma düzensizliği bir yapıdaki en olumsuz etkilerden biridir. Ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi mesafeleri arasında çok fark bulunan binalarda sarsıntı sırasında köşe

ve kenar kolonlarında ciddi zorlanmalar meydana gelmekte ve kesme kuvvetleri artmaktadır. Burulmanın global olarak kesme kuvvetini arttırdığı varsayılarak etkisini belirlemek amacıyla 3 boyutlu olarak üç bina modeli tasarlanmış ve kritik kolonlar incelenmiştir (Şekil 3.33). Bu binalardan birincisinde perde duvarlar merkezde olacak şekilde burulmanın olmadığı simetrik bir bina olarak tasarlanmış ve kontrol modeli olarak belirlenmiştir (Şekil 3.33a). İkinci binada perde duvarlar merkeze yakın olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.33b). Üçüncü binada ise perde duvarlar merkezden çok uzak olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.33c).



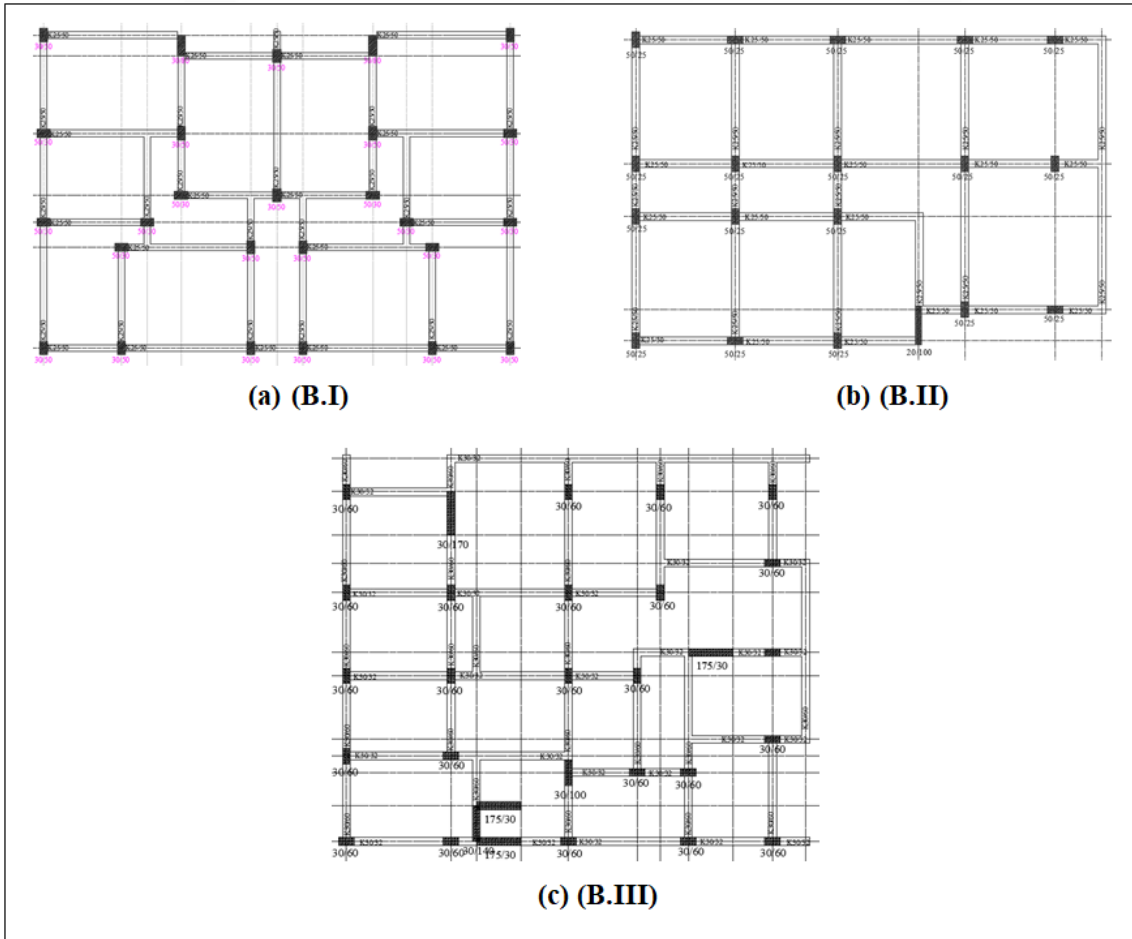
Şekil 3.33. Binalardaki burulma etkisinin belirlenebilmesi için kullanılan modeller

Yapılan analizler neticesinde Çizelge 3.5'ten de görüleceği üzere burulmanın az olduğu binalarda kesme kuvvetinde meydana gelen artış %42 civarında iken burulmanın çok fazla olduğu binalarda bu artışın %86 civarında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.5. Burulma etkisinden dolayı kesme kuvvetlerinde meydana gelen değişim

	(B.II)/(B.I)	(B.III)/(B.I)
Sadece köşe kolonlar dikkate alındığında	1.67	2.01
Tüm kolonlardaki toplam kesme kuvveti dikkate alındığında	1.29	1.77
Her bir kolonun kesme kuvvetindeki değişimi dikkate alındığında	1.31	1.81
Kesme kuvvetlerindeki ortalama değişim	1.42	1.86

Sonuç olarak değerlendirme yapılırken kesme kuvveti talebinin (V_d), burulmanın orta seviyede olduğu binalarda “1,4” ile burulmanın çok fazla olduğu binalarda “1,9” ile çarpılarak artırılmasına; burulmanın olmadığı binalarda ise “1” ile çarpılmasına karar verilmiştir. Binalardaki burulma derecesini tamamen mühendisin öngörüsü belirleyecektir. Şekil 3.34’te verilen ve burulmanın derecesini tayin etmek amacıyla Van depreminden etkilenen üç adet bina planı örnek olarak gösterilebilir. Bunlardan Şekil 3.34a’da verilen planda burulmanın olmadığı simetrik bir bina, Şekil 3.34b’de burulmanın orta seviyede olduğu ve Şekil 3.34c’de ise burulmanın çok fazla olduğu binalar gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Üç farklı burulma derecesine maruz kalmış binalar için örnek gösterim

3.2.10. Genel MVP puanı

Moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet oranları hesaplandıktan sonra MVP puanı etkileşim denkleminde bulunabilir. Denklemdaki A , B ve C ağırlık faktörleri depremdeki etkiler göz önünde bulundurularak (kesme kuvveti depremde çok etkili olduğundan dolayı etkisi artırılmış, binalar salt eksenel yüke göre tasarlanmadığı için bu etki azaltılmıştır) sırasıyla 1, 2 ve 0,2 olarak seçilmiştir. Sonuç olarak genel MVP puanı Eş. 3.19'daki gibi şekillenmiştir.

$$MVP_i = \frac{1}{\alpha\beta} \frac{M_{ri}}{M_{di}} + \frac{2}{\gamma\phi} \frac{V_{ri}}{V_{di}} + 0.2 \frac{P_r}{P_d} \quad (\text{Eş. 3.19})$$



4. BULGULAR

MVP etkileşim denkleminin kullanılabilirliği açısından bazı noktaların aydınlatılması gerekmektedir:

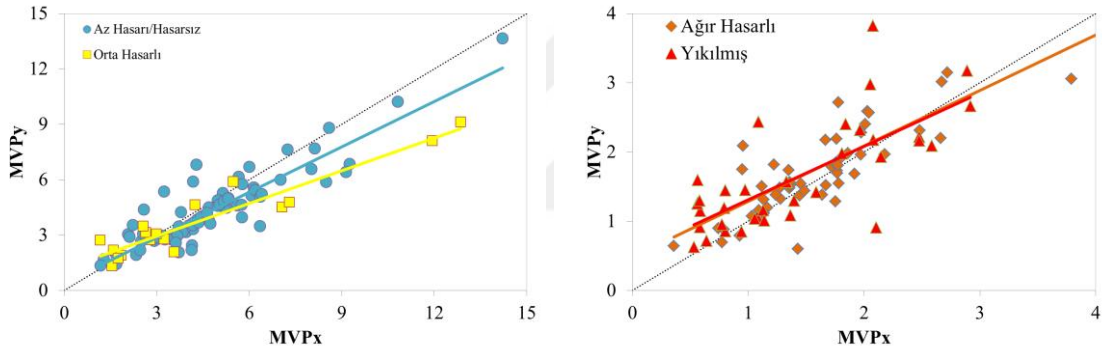
- MVP yöntemine göre bir binanın sismik açıdan hasar görülebilirliği nasıl değerlendirilmelidir?
- Bir binanın deprem performansını değerlendirebilmek için yalnızca tek yönde hesaplanan MVP puanı (MVP_x veya MVP_y) kullanılabilir mi?
- Birleştirilmiş MVP puanı ($MVP_x + MVP_y$) kullanılması durumunda nihai değerlendirme nasıl olmalı?
- Deprem sırasında binayı etkileyen moment, kesme kuvveti ve eksenel yük gibi temel kuvvetlerin bireysel olarak (ayrı ayrı) işleme alındığında binalar için değerlendirme yapılabilir mi?
- Sadece moment, sadece kesme kuvveti ve sadece eksenel yük odaklı olarak bina değerlendirmesi yapılacaksa kullanılması gereken sınır değerler ne olmalı?

Bu sorulara cevap vermek amacıyla 192 bina üzerinde çalışmalar yapılmış ve oluşturulan formülasyonlar bu binalar üzerinde test edilmiştir. Analizlerde binaların uzun kenarının x-yönü, kısa kenarının ise y-yönü olduğu kabul edilmiştir. Ele alınan binalar önceki bölümlerde değinildiği gibi çok değişik özelliklere sahip olduğundan dolayı çok geniş bir aralıkta bina envanterinden bahsedilebilir. Bu çalışmada analizler yapılırken “düşük hasar riski” (DHR) ve “yüksek hasar riski” (YHR) olmak üzere iki adet hasar sınırı belirlenmiştir. Bir bina depremde hasar almamışsa, hafif veya orta hasar almışsa “DHR” kategorisinde varsayılmıştır. Çünkü bu binalardan hafif hasar almış binalar onarıldıktan sonra, orta hasar almış binalar ise gerekli güçlendirmeler yapıldıktan sonra kullanılabilir binalardır. Ancak ağır hasar almış veya yıkılmış binaların deprem sonrasında kullanılma ihtimali olmadığından bu kategorideki binalar “YHR” kategorisinde varsayılmıştır.

Binaları değerlendirebilmek için önerilen yöntemler aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

4.1. MVP Yöntem 1 (Bina doğrultularına göre değerlendirme)

Yapılan analizler sonucunda binaların uzun ve kısa kenar doğrultusundaki kapasite puanlarının birbirinden farklı çıktığı görülmüştür. Binaların uzun kenarı olarak x-yönünün seçilmesinden ötürü genelde x-yönündeki kapasite puanının y-yönüne göre nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak analiz çıktılarında Şekil 4.1'den de görüleceği üzere bazı binaların y-yönündeki kapasite puanlarının yüksek çıktığı gözlemlendiğinden dolayı ele alınan bina için sadece tek yöne göre (MVP_x veya MVP_y) MVP puanı hesaplamasının doğru olmayacağı kanısına varılmıştır. Dolayısıyla bu yöntemde binaların her bir yönü için MVP puanları ayrı ayrı hesaplanarak MVP_x ve MVP_y (Eş. 4.1 ve Eş. 4.2) puanlarından elde edilen sonuçlara göre (Şekil 4.2) nihai değerlendirme (Çizelge 4.1) yapılmaktadır.



a. Hasarsız/az hasarlı ve orta hasarlı binalar için sonuçlar (DHR)

b. Ağır hasarlı ve yıkılmış binalar için sonuçlar (YHR)

Şekil 4.1. Farklı yönlerdeki MVP puanlarının karşılaştırılması

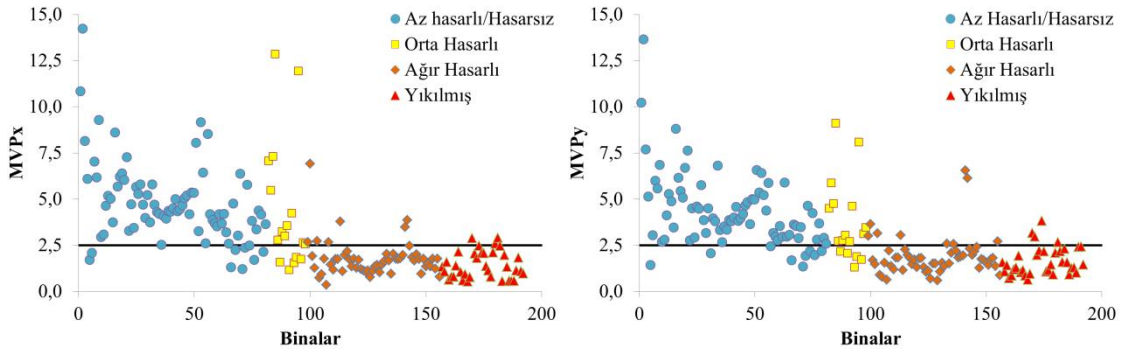
Geliştirilen bir yöntemin güçlü olabilmesi için yöntemin değerlendirme aşamasında düşük hasar riskli ve yüksek hasar riskli binaları en doğru şekilde birbirinden ayırması gerekmektedir. Bu bağlamda deneme yanılma yöntemi ile en fazla binanın hasar durumu doğru tahmin edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda binaların hasar risklerinin değerlendirilebilmesi için belirlenen sınır değerlerin de basit ve kullanışlı olması gerekmektedir. Dolayısıyla “2,5” gibi sade bir değer belirlenmiştir. “2,5” olarak seçilen sınır değerle sadece x yönüne göre hesap yapıldığında 168 adet (%87,5) binanın, sadece y yönüne göre hesap yapıldığında ise 165 adet (%85,9) binanın hasar durumunun doğru tahmin edildiği belirlenmiştir. Değerlendirme amacıyla seçilen “2,5” sınır

değerinin çok hassas bir değer olduğu görülmüştür. Örneğin bu değer “2,4” olarak seçildiğinde x yönündeki doğru tahmin sayısı 166’ya (%86,5), y yönündeki doğru tahmin sayısı 163’e (%84,9) düşmektedir. Bu değer “2,6” olarak seçildiğinde ise x yönünde doğru tahmin sayısı 165’e (%85,9) düşmekte, y yönünde doğru tahmin sayısı 166’ya (%86,5) yükselmektedir. Dolayısıyla hem x hem de y yönü için hem akılda kalması adına hem de optimum değer olması açısından 2,5 sınır değeri kabul edilmiştir.

Bu yöntemin değerlendirme aşamasında Çizelge 4.1’den de görüleceği üzere her iki yön için de ele alınan binanın MVP puanı “2,5” sınır değerinden büyükse DHR kategorisinde, eğer herhangi bir yön için MVP puanı 2,5 sınır değerinden küçükse YHR kategorisinde değerlendirilir. Binalar buna göre değerlendirildiğinde hasar durumu doğru tahmin edilen bina sayısı 166 (%86,5) olmaktadır.

$$MVP_x = \frac{1}{\alpha\beta} \frac{M_{rx}}{M_d} + \frac{2}{\gamma\varphi} \frac{V_{rx}}{V_d} + 0.2 \frac{P_r}{P_d} \quad (4.1)$$

$$MVP_y = \frac{1}{\alpha\beta} \frac{M_{ry}}{M_d} + \frac{2}{\gamma\varphi} \frac{V_{ry}}{V_d} + 0.2 \frac{P_r}{P_d} \quad (4.2)$$



a. MVP_x 'e ilişkin sonuçlar.

b. MVP_y 'ye ilişkin sonuçlar.

Şekil 4.2. MVP Yöntem 1'e ilişkin değerlendirme sonuçları

Çizelge 4.1. MVP Yöntem 1'e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi

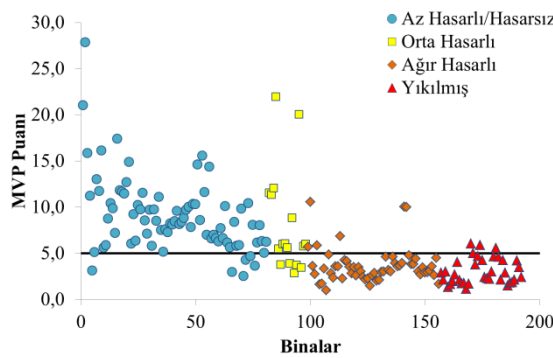
MVP_x	MVP_y	Sonuç
$\geq 2,5$	$\geq 2,5$	DHR
$< 2,5$	$\geq 2,5$	YHR
$\geq 2,5$	$< 2,5$	YHR
$< 2,5$	$< 2,5$	YHR

4.2. MVP Yöntem 2 (Bütünsel değerlendirme)

Binanın iki yönünün ayrı ayrı değerlendirilmesi yerine her iki yönün MVP ($MVP_x + MVP_y$) puanlarının toplanıp bütünsel olarak değerlendirilmesi temel alınarak MVP Yöntem 2 oluşturulmuş ve bu yöntem için Eş. 4.1 ile Eş. 4.2'nin toplanması sonucu elde edilen Eş. 4.3 kullanılmıştır. Ancak burada esas alınan sınır değeri; binanın her iki doğrultusu bir bütün olarak ele alındığından dolayı “2,5” yerine “5,0” olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.2’den görüleceği üzere $MVP_x + MVP_y$ puanları toplamı “5,0” sınır değerinden büyükse DHR, küçükse YHR kategorisinde değerlendirilmektedir.

Şekil 4.3’te MVP Yöntem 2 için alınan tüm bina sonuçları, binaların sismik hassasiyet seviyelerinin başarılı bir şekilde öngörüldüğünü göstermektedir. Ağır hasar gören veya çökmüş 94 binadan 84 bina yüksek hasar riskli olarak değerlendirilmiş ve başarı oranı % 89,4 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde 98 adet hasarsız/az hasarlı ya da orta hasarlı binadan 87 tanesi, düşük hasar riskli olarak değerlendirilmiş ve başarı oranı % 88,8 olarak saptanmıştır. Sonuç olarak MVP Yöntem 2’de hasar durumu doğru tahmin edilen bina sayısı 171’e yükselmiş ve doğruluk oranı olarak % 89,1 gibi oldukça yüksek bir değer elde edilmiştir.

$$MVP = MVP_x + MVP_y \quad (4.3)$$



Şekil 4.3. MVP Yöntem 2’ye ilişkin değerlendirme sonuçları

Çizelge 4.2. MVP Yöntem 2'ye göre MVP puanlarının değerlendirilmesi

$MVP_x + MVP_y$	Sonuç
$\geq 5,0$	DHR
$< 5,0$	YHR

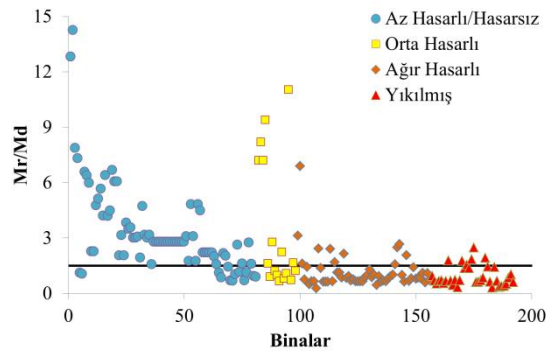
4.3. MVP Yöntem 3 (M Metot)

MVP Yöntem 1 ve MVP Yöntem 2'de binayı etkileyen üç kuvvetin belli oranlarda etkileşimi ile değerlendirme yapılırken sadece moment kapasitesi ve talep momenti ilişkisi ele alındığında ise x ve y-yönü için hesaplanan moment kapasiteleri ve talepleri oranları ($M_x + M_y$) toplamı (M) sonucunda Eş. 4.4 ve Eş. 4.5'teki gibi bir değerlendirme yapılabilecek alternatif bir yöntem bulunmuş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

$$M = M_x + M_y = \frac{M_{rx}}{M_d} + \frac{M_{ry}}{M_d} = \frac{f_y \frac{L_x}{5} \rho(A_c + A_{sw})}{\frac{2}{3} HV_d} + \frac{f_y \frac{L_y}{5} \rho(A_c + A_{sw})}{\frac{2}{3} HV_d} \quad (\text{Eş. 4.4})$$

Denklem daha sade yazılacak olursa;

$$M = \frac{1}{20} \frac{\rho(A_c + A_{sw}) f_y (L_x + L_y)}{\sum A_{floor} H} \quad (\text{Eş. 4.5})$$



Şekil 4.4. MVP Yöntem 3'e ilişkin değerlendirme sonuçları

192 bina üzerinde yapılan bu çalışma ile "1,5" sınır puan değeri esas alındığında 154 adet binanın hasar durumu doğru olarak tespit edilerek %80'lik bir başarı oranı sağlanmıştır. Binaların hasar alma durumunun tahmin edilme oranları bakımından

değerlendirme yapıldığında ise ağır hasar almış/yıkılmış binaların doğru tahmin edilme oranı %81,9; az hasarlı/orta hasarlı binaların doğru tahmin edilme oranı ise %78,6 olarak bulunmuştur. Bu oranlar göz önünde bulundurulduğunda moment oranının (M) betonarme bir binanın deprem performansını değerlendirebilmek için alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliği görülmektedir. Bu yöntemin değerlendirme aşamasında bina için elde edilen M puanının “1,5” sınır değerinden büyük olması durumunda bina DHR, küçük olması durumunda ise YHR kategorisinde değerlendirilir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. MVP Yöntem 3’e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi

M	Sonuç
$\geq 1,5$	DHR
$< 1,5$	YHR

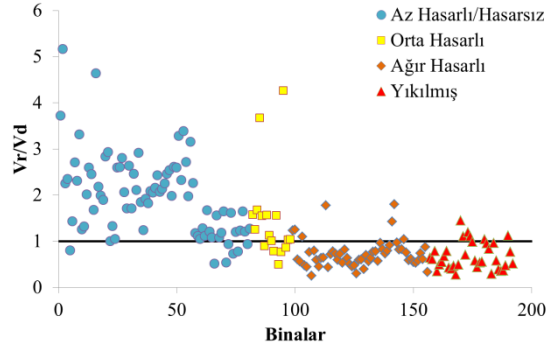
4.4. MVP Yöntem 4 (V Metot)

MVP Yöntem 3’te moment kapasitesi ve talep momentlerinin oranları üzerinden bir değerlendirme yapılabileceği anlaşıldıktan sonra kesme kuvveti üzerinden bir değerlendirme yapılabilirliği üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu bağlamda x ve y- yönü için kesme kuvveti kapasitesi ve kesme kuvveti talebine oranları ($V_x + V_y$) toplamı (V) ele alındığında Eş. 4.6 ve Eş. 4.7’deki gibi bir değerlendirmenin yapılabileceği başka bir yöntem daha bulunmuş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.5’te gösterilmiştir.

$$V = V_x + V_y = \frac{V_{rx}}{V_d} + \frac{V_{ry}}{V_d} = \frac{1.4f_{ctk} \left(\frac{100}{s}\right)^{0.7} (A_{cx} + A_{swx})}{6 \sum A_{floor}} + \frac{1.4f_{ctk} \left(\frac{100}{s}\right)^{0.7} (A_{cy} + A_{swy})}{6 \sum A_{floor}} \quad (4.6)$$

Denklem daha sade yazılacak olursa;

$$V = 5,86 \frac{f_{ctk}}{(s)^{0,7}} \frac{(A_c + A_{sw})}{\sum A_{floor}} \quad (4.7)$$



Şekil 4.5. MVP Yöntem 4'e ilişkin değerlendirme sonuçları

Bu yöntem için belirlenen “1,0” sınır puan değeri esas alındığında 192 binadan 166 adet binanın hasar durumu doğru olarak tespit edilerek %86,5’lik bir başarı oranı elde edilmiştir. Bu binalardan ağır hasar almış/yıkılmış binaların hasar durumlarının doğru tahmin edilme oranı %86,2; az hasarlı/orta hasarlı binaların hasar durumlarının doğru tahmin edilme oranı ise %86,7 olarak bulunmuştur. Bu oranlar göz önünde bulundurulduğunda kesme kuvveti oranının (V) betonarme bir binanın deprem performansını değerlendirebilmek için alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliği görülmektedir. Bu yöntemin değerlendirme aşamasında bina için elde edilen V puanının “1,0” sınır değerinden büyük olması durumunda bina DHR, küçük olması durumunda ise YHR kategorisinde değerlendirilir (Çizelge 4.4).

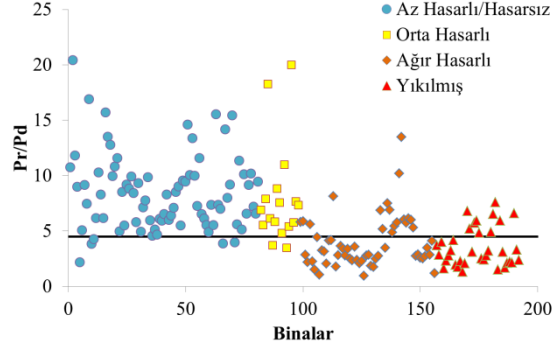
Çizelge 4.4. MVP Yöntem 4'e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi

V	Sonuç
$\geq 1,0$	DHR
$< 1,0$	YHR

4.5. MVP Yöntem 5 (P Metot)

MVP Yöntem 3'te moment oranı (M) ve MVP Yöntem 4'te kesme kuvveti oranı (V) kullanılarak binaların deprem performansları için alternatif yöntemler verilmiştir. Son olarak eksenel yük kapasitesinin eksenel yük talebine oranı (P) ele alındığında Eş. 4.8'deki gibi eksenel yük odaklı değerlendirmenin yapılabileceği başka bir yöntem bulunmuş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.6'da sunulmuştur.

$$P = \frac{P_r}{P_d} = \frac{f_{ck}(A_c + A_{sw})}{12 \sum A_{floor}} \quad (4.8)$$



Şekil 4.6. MVP Yöntem 5'e ilişkin değerlendirme sonuçları

Bu yöntem için belirlenen “4,5” sınır puan değeri esas alındığında 192 binadan 157 adet binanın hasar durumu doğru olarak tespit edilerek %81,8'lik bir başarı oranı elde edilmiştir. Bu binalardan az hasarlı/orta hasarlı binaların hasar durumlarının doğru tahmin edilme oranı %92,9 gibi büyük bir oran olsa da ağır hasar almış/yıkılmış binaların hasar durumlarının doğru tahmin edilme oranı sadece %70,2 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu oranlar arasındaki farkın büyük olması aksenel yük (P) odaklı yöntemin, moment (M) ve kesme kuvveti (V) odaklı yöntemlere nazaran daha az başarılı olduğunu göstermektedir. Bu yöntemin değerlendirme aşamasında bina için elde edilen P puanının “4,5” sınır değerinden büyük olması durumunda bina DHR, küçük olması durumunda ise YHR kategorisinde değerlendirilir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. MVP Yöntem 5'e göre MVP puanlarının değerlendirilmesi

P	Sonuç
$\geq 4,5$	DHR
$< 4,5$	YHR

4.6. Sonuç

Tezin ana amacı, gerek binaların deprem karşısındaki performanslarının doğru tahmin edilmesindeki yüksek başarı oranı gerekse ele alınan parametrelerin kapsamından dolayı önerilen ikinci yaklaşım olan “MVP Yöntem 2”dir. Önerilen diğer yöntemler MVP Yöntem 2'ye alternatif olarak sunulan yöntemlerdir.

5. TARTIŞMA

Betonarme bir binanın deprem performansı kat sayısı, bina ağırlığı, beton dayanımı, donatı kalitesi, donatının detaylandırılması, zemin koşulları, mimari özellikler gibi çeşitli parametrelerden etkilenebilir. Binaların deprem performansına genel olarak bu parametrelerin bir arada belirli oranlarda etki etmesine rağmen her bir parametrenin özel bazı durumlarda çok ciddi bir şekilde etkisi de görülebilmektedir. Literatürde betonarme binalar için önerilmiş çeşitli ikinci kademe değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır.

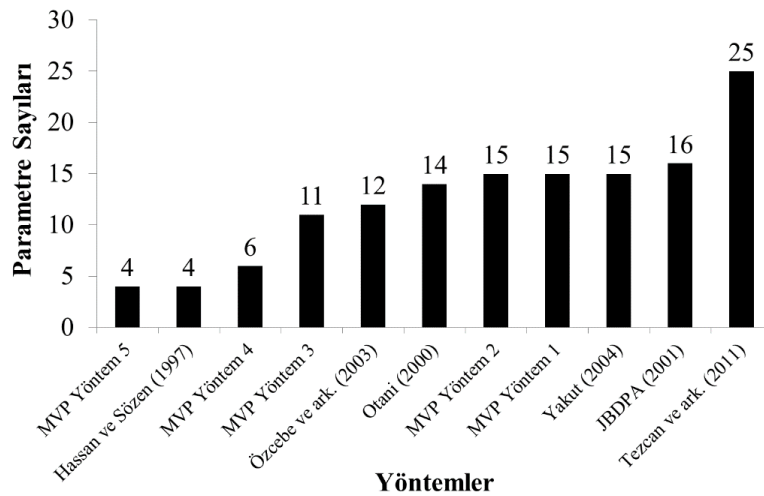
Bu bölümde Van, Afyon ve Bingöl depremlerinden etkilenen toplam 192 binanın bilgileri kullanılarak geliştirilen MVP Yöntemi ile literatürde bulunan ikinci kademe değerlendirme yöntemlerinden Hassan ve Sözen (1997), Otani (2000), JBDPA (2001), Özcebe ve ark. (2003), Yakut (2004) ve Tezcan ve ark. (2011) yöntemleri dört farklı şekilde karşılaştırılmış ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. İlk karşılaştırmada yöntemlerde kullanılan parametreler ele alınmış, ikinci karşılaştırma yöntemlerde kullanılan parametrelerin nihai performans puanları üzerindeki etkisi referans alınarak yapılmış, üçüncü karşılaştırmada kullanılan parametrelerin birbirlerine göre ağırlık oranları dikkate alınmış ve son karşılaştırma ise incelenen binaların deprem performanslarının tahmin edilme başarısı üzerinden yapılmıştır. Tezin ana amacı, önerilen ikinci yaklaşım olan “MVP Yöntem 2”dir. Önerilen diğer yöntemler MVP Yöntem 2’ye alternatif olarak sunulan yöntemler olduğundan dolayı çalışmanın bu bölümünde genel olarak MVP Yöntem 2, ele alınan ikinci kademe değerlendirme yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

5.1. Yöntemlerde Ele Alınan Parametreler

Bu çalışma kapsamında geliştirilen MVP yöntemleri ile Hassan ve Sözen (1997), Otani (2000), JBDPA (2001), Özcebe ve ark. (2003), Yakut (2004) ve Tezcan ve ark. (2011) yöntemlerinde kullanılan parametreler genel olarak Çizelge 5.1’den görüleceği üzere toplamda 38 maddede toplanmıştır. Çizelge 5.1’de her yöntemde kullanılan parametreler ayrı ayrı işaretlenmiştir. Parametrelerin yanında yer alan sayılar ise ilgili

parametrenin kaç yöntemde kullanıldığını göstermektedir. Örneğin beton dayanımı parametresi incelenen yöntemler içerisinde beş farklı yöntemde kullanılmıştır. Kolon ve perde alanı parametreleri tüm yöntemlerde ele alınmakta iken bu parametreleri takiben yumuşak/zayıf kat ve kat sayısı Hassan ve Sözen (1997) Yöntemi dışındaki bütün yöntemlerde ele alınmaktadır.

Çizelge 5.1'den görüleceği üzere bütün yöntemler aynı sayıda parametre ile çalışmamaktadır. Örneğin Hassan ve Sözen (1997) Yönteminde genel olarak toplam kat alanı, kolon alanı, perde alanı ve dolgu duvar alanı olmak üzere toplam dört parametre direkt ele alınmakta iken kat adeti parametresi toplam kat alanı hesabında kullanıldığından ötürü dolaylı olarak etki etmektedir. Öte yandan P25 Yönteminde yeraltı su seviyesi, zayıf/yumuşak kat, bina ağırlığı, korozyon, süreksizlik, zemin faktörü, temel, ağır çıkma, bina yüksekliği, dolgu duvar alanı, yük dağılımı etkisi, asma kat, kat sayısı, bina plan boyutları, çekiçleme, perde duvar alanı, kısa kolon, zemin faktörü, rijitlik faktörü, kat yüksekliği, güçlü kolon kriteri, burulma, etriye aralığı, kolon alanı ve beton dayanımı olmak üzere toplam 25 parametre direkt kullanılmışken toplam kat alanı parametresi dolaylı olarak kullanılmıştır. İncelenen diğer yöntemlerden Özcebe ve ark. Yöntemi (2003)'nde 12, Otani Yöntemi (2000)'nde 14, Yakut Yöntemi (2004)'nde 15 ve Japon Sismik Yöntemi (2001)'nde 16 parametre kullanılmışken bu çalışmada önerilen MVP Yöntemlerinden MVP Yöntem 1 ve MVP Yöntem 2'de 15, MVP Yöntem 3'te 11, MVP Yöntem 4'te 6 ve MVP Yöntem 5'de ise 4 parametre kullanılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Yöntemlerde kullanılan parametre sayıları

İkinci kademe değerlendirme yöntemleri uygulamada birinci kademe değerlendirme yöntemlerine nazaran daha fazla zaman gerektirmesine rağmen üçüncü kademe değerlendirme yöntemlerine göre çok daha kısa zamanda bina hakkında değerlendirme yapabilmektedir. Ancak yöntemlerde kullanılan parametre sayısı zaman tasarrufu açısından önemlidir.

Çizelge 5.1. İkinci kademe yöntemlerinde genel olarak dikkate alınan parametreler

Parametreler	Hassan ve Sözen	Otani	JBDPA	Özcebe ve ark.	Yakut	Tezcan ve ark. (P25)	MVP Yönt. 2
Bodrum Kat (1)			√				
Kolon Alanı (7)	√	√	√	√	√	√	√
Beton Dayanımı (5)		√	√		√	√	√
Bina Yapım Yılı (1)			√				
Korozyon (1)						√	
Süreksizlik (5)		√	√	√	√	√	
Süneklik (1)		√					
Zemin Faktörü (4)		√	√		√	√	
Temel (1)						√	
Sistem Bilgileri (1)				√			
Zemin Kat Alanı (1)				√			
Ağır Çıkma (4)				√	√	√	√
Bina Yüksekliği (2)						√	√
Dolgu Duvar Alanı (4)	√			√	√	√	
Yük Dağılımı Etkisi (1)						√	
Asma Kat (1)						√	
Kat Sayısı (6)		√	√	√	√	√	√
Bina Periyodu (1)		√					
Bina Plan Boyutları (2)						√	√
Çekiçleme (1)						√	
İşçilik Kalitesi (2)			√		√		
Donatı Oranı (1)							√
Donatı dayanımı (1)							√
Perde Duvar Alanı (7)	√	√	√	√	√	√	√
Kısa Kolon (4)			√		√	√	√
Zemin Faktörü (3)		√	√			√	
Rijitlik Faktörü (4)		√	√	√		√	
Kat Yüksekliği (2)				√		√	
Güçlü Kolon Kriteri (1)						√	
Zamana Bağlı Def. (1)			√				
Topoğrafik Etki (1)			√				
Burulma (4)		√			√	√	√
Toplam Kat Alanı (5)	√	√		√	√		√
Etriye Aralığı (2)						√	√
Bina Kul. Amacı (2)			√		√		
Yeraltı Su Seviyesi (1)						√	
Zayıf/Yumuşak Kat (6)		√	√	√	√	√	√
Bina Ağırlığı (4)		√			√	√	√
Parametre Sayıları	4	14	16	12	15	25	15

Çizelge 5.1'den görüldüğü gibi sadece 4 parametre kullanılarak incelenen yöntemler arasından zaman yönünden en ekonomik yöntem Hassan ve Sözen Yöntemi (1997)'dir. Ancak kullanılan parametre sayısının tek belirleyici olduğu söylenemez. Binaların deprem performanslarının belirlenmesinde yöntemlerde ele alınan parametrelerin birbiriyle olan ilişkisi ve binanın konumu önemli rol oynamaktadır.

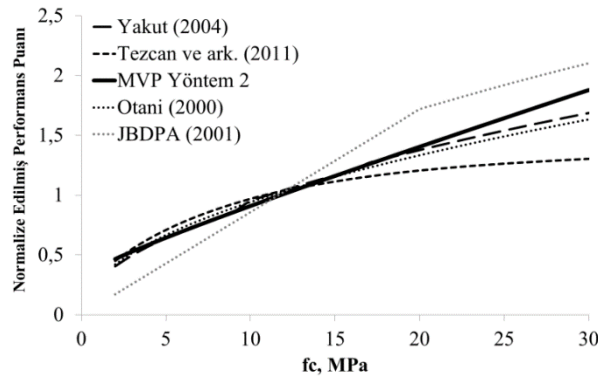
5.2. Yöntemlerde Kullanılan Parametrelerin Nihai Performans Puanlarına Etkileri

Kullanılan parametrelerin nihai performans puanına etkilerini belirleyebilmek için 192 adet binanın sadece ilgili parametresi değişken olarak ele alınıp diğer bütün parametreler olduğu gibi bırakılmıştır. Bu sayede ele alınan değişkenin nihai puana etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen bina bilgilerinin birbirlerinden çok farklı olması sebebi ile öncelikle mevcut durumda bütün binaların nihai performans puanlarının ortalaması alınmıştır. Daha sonra ele alınan değişkene değerler verilerek her bir binanın nihai performans puanı hesaplanmış ve bütün binaların ortalama puanı bulunmuştur. Değişkenin her bir değeri için bulunan ortalama puan başlangıç puanına bölünerek nihai puanlar normalize edilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde ele alınan parametrelerin nihai performans puanına hangi ölçüde etki ettiği normalize edilmiş performans puanı cinsinden verilmektedir.

5.2.1. Beton dayanımının nihai performans puanına etkisi

Beton dayanımı eksenel yük, kesme kuvveti ve moment kapasiteleri ve donatı ile olan aderans bakımından doğrudan ilişkili olduğundan binaların deprem performansını da doğrudan etkilemektedir. Şekil 5.2 göz önüne alınan yöntemlerde beton dayanımının nihai performans puanına etkisini göstermektedir. Şekilden görüleceği üzere beton dayanımı parametre olarak Otani (2000), JBDPA (2001), Yakut (2004), Tezcan ve ark. (2011) ve MVP Yöntemi'nde doğrudan kullanılmıştır. Bu beş yöntemde de beton dayanımının artışı ile yöntemlerin performans puanlarının da arttığı görülebilir. Beton dayanımı parametresi Yakut (2004), Otani (2000) ve MVP Yöntemi'nde kesme kuvveti kapasite hesabı yapılırken kullanılmıştır. Her üç yöntemde de tercih edilen formülasyonda genel olarak deprem yönü etkisi hesaba katılarak ilgili yöndeki kolon ve

perde duvar alanı etkisi ile betonun karakteristik çekme dayanımının çarpımı sonucunda elde edilen etki oranları birbirine çok yakın çıkmıştır. MVP Yöntemi'nde Yakut (2004) ve Otani (2000) yöntemlerinde oluşturulan formülasyonlardan farklı olarak donatı ve sargılama bölgesindeki etriye aralığı etkisi de hesaba katılmıştır. Dolayısıyla grafikte de görüldüğü üzere Yakut (2004), Otani (2000) ve MVP yöntemlerinde bu parametrenin ağırlıklı etkisi neredeyse aynıdır. JBDPA (2001) yönteminin beton dayanımı düşük olan binalarda kullanımı önerilmediğinden beton dayanımı 20 MPa'nın altında olan binalarda "Yapısal Performans Sismik İndeks (E_0)" değeri beton modifikasyon katsayıları ile düzenlendiği için grafikte beton dayanımı 20 MPa'a kadar daha hızlı artarken 20 MPa'dan sonra artış hızı azalmıştır. Tezcan ve ark. (2011) yönteminde ise JBDPA (2001) yönteminde kullanılan modifikasyon katsayısına benzer bir katsayı kullanılmış ancak belli bir değerden sonra modifikasyon katsayısı değişmediğinden dolayı bu etki grafikte net bir kırılma yerine parabolik olarak seyretmiş, 12 MPa'dan sonra beton dayanımının nihai performans puanına etkisi diğer yöntemlerden daha az olmuştur. Yine Şekil 5.2'de yaklaşık 12 MPa beton dayanım değerinin her dört yöntemde elde edilen sonuç puanlarına ağırlıkça etkisinin benzer olduğu görülmektedir. Beton dayanımı etkisi Hassan ve Sözen (1997) ve Özcebe ve ark. (2003) yöntemlerinde kullanılan formülasyonlarda hesaba katılmamıştır.

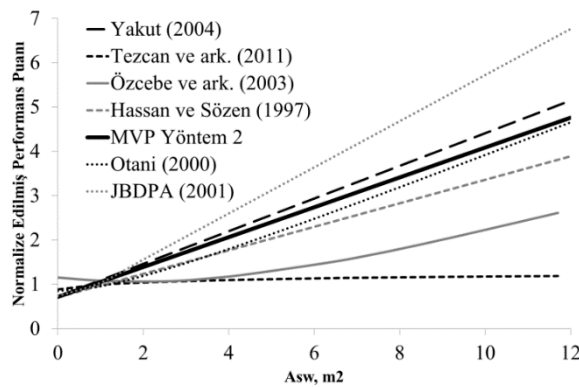


Şekil 5.2 Yöntemlerdeki beton dayanımı etkisi

5.2.2. Perde Duvar Alanının (A_{sw}) Nihai Performans Puanına Etkisi

Ele alınan tüm yöntemlerde perde duvar alanı performans puanı hesaplanırken dikkate alınmıştır. Şekil 5.3'e göre perde duvar alanı arttıkça yöntemlerin performans

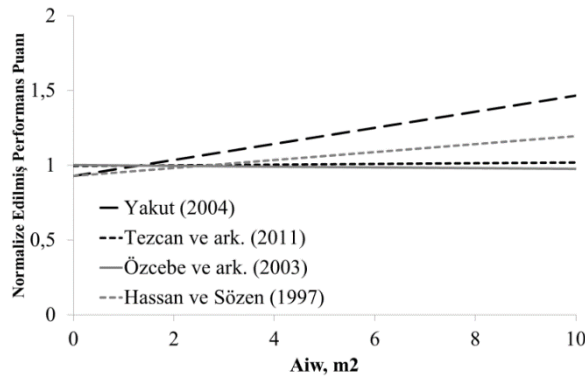
puanları da artmaktadır. Perde duvar etkisi, Tezcan ve ark. (2011) yönteminde düşey taşıyıcı elemanların dayanım ve rijitlikleri ile ilgili yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen puanlar ile 14 farklı parametre etkilerinin çarpımı sonucu elde edilen puanlar çarpılarak P_1 ile ifade edilen puan grubunun içinde değerlendirilmiştir. Elde edilen P_1 puanı diğer 6 puan türü ile karşılaştırılarak en kritik puan türü bulunmaya çalışılmıştır. Yöntemde toplam 7 puan türü arasında kritik puanı veren parametreler daha etkili olduğundan dolayı perde duvar alanı gibi yapısal eleman parametre etkilerinin diğer parametrelere göre nispeten daha düşük olduğu söylenebilir. Özcebe ve ark. (2003) yönteminde perde duvar alanı arttıkça parametre etkisi önce biraz düşmekte daha sonra artmaktadır. Bunun sebebi yöntemin istatistiksel temellere göre formüle edilmesi olabilir. Yakut (2004), Otani (2000) ve MVP yöntemlerinde hesaplanan kesme kuvveti formülasyon benzerliğinden dolayı üç yöntemin grafikleri yaklaşık olarak aynı oranda değişmiştir. Yakut (2004) ve Otani (2000) yöntemlerinden farklı olarak MVP Yöntemi'nde moment kapasite hesabı yapılırken de perde duvar alanı kullanılmıştır. Hassan ve Sözen (1997) yönteminde deprem yönü göz önünde bulundurularak "Duvar indeks puanı ($WI, \%$)" hesaplanırken binadaki perde duvar alanının (dolgu duvar etkisi hesaba katılarak) toplam kat alanına oranı esas alınmıştır. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen etki grafiği de Yakut (2004), Otani (2000) ve MVP yöntemlerindeki grafik eğrilerine çok yakın bir şekilde seyretmiştir. Bu parametredeki en yüksek etki JBDPA (2001) yönteminde görülmektedir.



Şekil 5.3 Yöntemlerdeki perde duvar alanı etkisi

5.2.3. Dolgu duvar alanının (A_{iw}) nihai performans puanına etkisi

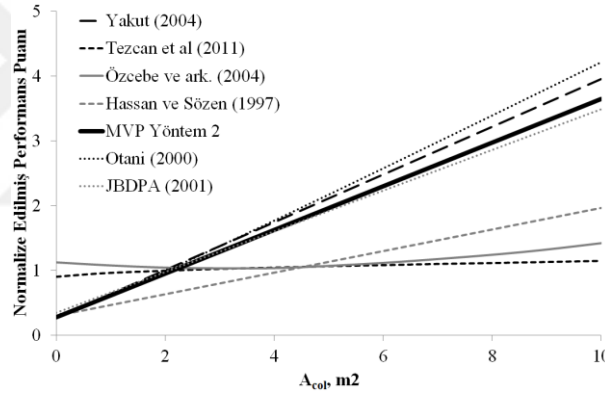
Genel olarak dolgu duvarların binaların yatay yük taşıma kapasitelerini arttırdığı bilinmektedir. Şekil 5.4'te dolgu duvar alanı arttıkça Yakut (2004) ve Hassan ve Sözen (1997) yöntemlerindeki performans puanları belirgin bir şekilde artarken Tezcan ve ark. (2011) yönteminde çok az artmış, Özcebe ve ark. (2003) yönteminde ise çok az bir şekilde azalmıştır. Yakut (2004) yönteminde deprem yönü ile uyumlu olacak şekilde dolgu duvar alanı zemin kat alanına bölünerek bazı düzeltme katsayıları uygulanmış ve bina akma dayanımı için elde edilen değerle çarpılarak dolgu duvarların yatay yük taşıma kapasitesine katkısını içeren dayanım değeri elde edilmiştir. Hassan ve Sözen (1997) yönteminde ise “Duvar indeks puanı ($WI, \%$)” hesaplanırken dolgu duvar alanı 10 kat düşürüldükten ve perde duvar alanına ilave edildikten sonra toplam kat alanına bölünerek hesaba katılmıştır. Tezcan ve ark. (2011) yönteminde dayanım ve rijitlik puanları oluşturulurken elastisite modülü etkisi ile hesaplanan dolgu duvar alanı bu iki puan türünden kritik olanı alındıktan sonra 14 farklı parametre ile çarpılarak elde edilen P_1 puanı içinde değerlendirilmektedir. Daha sonra 7 puan türünden de kritik olanı hesaba katıldığı için bu parametre etkisi oldukça düşük bulunmuştur. Özcebe ve ark. (2003) genel olarak istatistiksel tabanlı bir yöntem oluşturduğundan dolayı bu parametrenin diğer yöntemlerde oluşturduğu reaksiyonun aksine dolgu duvar alanı arttıkça grafikteki eğri hafif bir azalma eğilimi göstermektedir. MVP Yöntemi'nde bu parametrenin binalar için hesaplanan nihai performans puanına etkisi çok düşük seviyede kaldığı için hesaba katılmamıştır.



Şekil 5.4. Yöntemlerdeki dolgu duvar alanı etkisi

5.2.4. Kolon alanının (A_c) nihai performans puanına etkisi

Şekil 5.5’de kolon alanının göz önüne alınan yöntemlerin nihai performans puanlarına etkisi gösterilmektedir. Şekilden görüleceği üzere bütün yöntemlerde kolon alanı ile birlikte nihai performans puanlarında artış gözlenmesine rağmen Özcebe ve ark. (2003) yönteminde nihai performans puanının önce düşme eğilimi gösterdiği daha sonra ise kolon alanı arttıkça performans puanının artmaya başladığı görülmektedir. Yöntemlerde genel olarak düşey taşıyıcı elemanlar birlikte hesaba katıldığından bu parametre etki grafiği ile Şekil 5.3’te gösterilen perde duvar alanı etki grafiği birbirine yakın seyretmektedir. JBDPA (2001) ve Hassan ve Sözen (1997) yöntemlerindeki kolon alanı etki ağırlığı perde duvar alanı parametresine göre düşerken diğer yöntemlerdeki etki ağırlıklarındaki değişimin daha sınırlı olduğu belirlenmiştir.

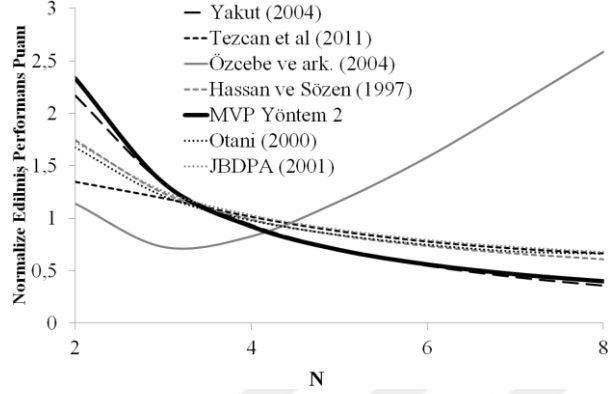


Şekil 5.5. Yöntemlerdeki kolon alanı etkisi

5.2.5. Kat sayısının (n) nihai performans puanına etkisi

Şekil 5.6’ya göre bina kat sayısı arttıkça Özcebe ve ark. (2003) yöntemi hariç diğer yöntemlerde nihai performans puanlarının düştüğü görülmektedir. Özcebe ve ark. (2003) yönteminde ise bina kat sayısı arttıkça performans puanı önce düşmekte daha sonra artmaktadır. Bina kat sayısı arttıkça performans puanı en fazla düşüş gösteren yöntemler Yakut (2004) ve MVP Yöntemi iken Tezcan ve ark. (2011) yönteminde başlangıç etkisi biraz daha düşük tutulmasına rağmen 3. kattan sonra Hassan ve Sözen (1997), Otani (2000) ve JBDPA (2001) yöntemleri ile hemen hemen aynı tepkiyi

göstermiştir. Bu parametre MVP Yöntemi'nde bina yüksekliği olarak; Hassan ve Sözen (1997) Yöntemi'nde ise temel üstündeki toplam kat alanı şeklinde hesaplara katılmıştır.



Şekil 5.6. Yöntemlerdeki bina kat sayısı etkisi

5.3. Yöntemlerde Kullanılan Parametrelerin ilgili Yöntemdeki Ağırlıkları

Yöntemlerde kullanılan parametreler genel olarak on başlık altında incelenip elde edilen oranlar Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Çizelge 5.2'ye göre MVP Yöntemi'nde etkili parametre %28,33'lük oran ile kat sayısı başka bir deyişle formülasyonda kullanıldığı şekliyle bina yüksekliği olarak bulunmuştur. Bu parametreyi takiben %19,12'lik oran ile bina en/boy çarpımını ($L_x L_y$) temsilen zemin kat alanı parametresi gelmektedir. Geliştirilen moment ve kesme kuvveti kapasite denklemlerinde kolon ve perde duvar alanı toplamı olarak kullanıldığından dolayı her iki parametrenin etki oranı aynı çıkmıştır (%9,05). Düzensizlik parametreleri içerisinde en etkili parametre ise %11,29'lük oran ile planda düzensizlik başka bir deyişle çerçeve düzensizliği veya burulma düzensizliği olarak bulunmuştur.

Hassan ve Sözen (1997) yönteminde kullanılan en etkili parametrenin perde duvar alanı olduğu ve bu yöntemde beton dayanımı parametresine ve yapının deprem karşısındaki performansını olumsuz etkileyen düzensizlik parametre etkilerine hiç yer verilmediği belirlenmiştir. Otani (2000) yönteminde en etkili parametrelerin kolon alanı ve yumuşak kat olduğu görülmüştür. Bu yöntemde dolgu duvar alanı ve kısa kolon etkisi hesaba katılmamıştır. JBDPA (2001) yönteminde perde duvar alanı etkisinin diğer parametrelere nazaran daha fazla olduğu belirlenmiş, dolgu duvar alanı, ağır çıkma ve kısa kolon etkileri hesaba katılmamıştır. Özcebe ve ark. (2003) yönteminde en etkili

parametrenin planda düzensizlik olduğu belirlenirken beton dayanımı ve kısa kolon parametrelerinin hesaba katılmadığı görülmüştür. Yakut (2004) yönteminde en etkili parametrelerin kolon ve perde duvar alanı olduğu belirlenmiş ve bahsi geçen tüm parametrelerin etkili kılındığı görülmüştür. Tezcan ve ark. (2011) yönteminde ise en etkili parametrenin planda düzensizlik olduğu ve yine tabloda belirtilen tüm parametrelerin kullanıldığı görülmüştür. Çizelge 5.2 genel olarak incelendiğinde ise perde duvar alanı Hassan ve Sözen (1997), JBDPA (2001) ve Yakut (2004) yöntemlerinde en etkili parametre olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.2. Yöntemlerin içerdiği parametrelerin birbirlerine göre ağırlıkları, %

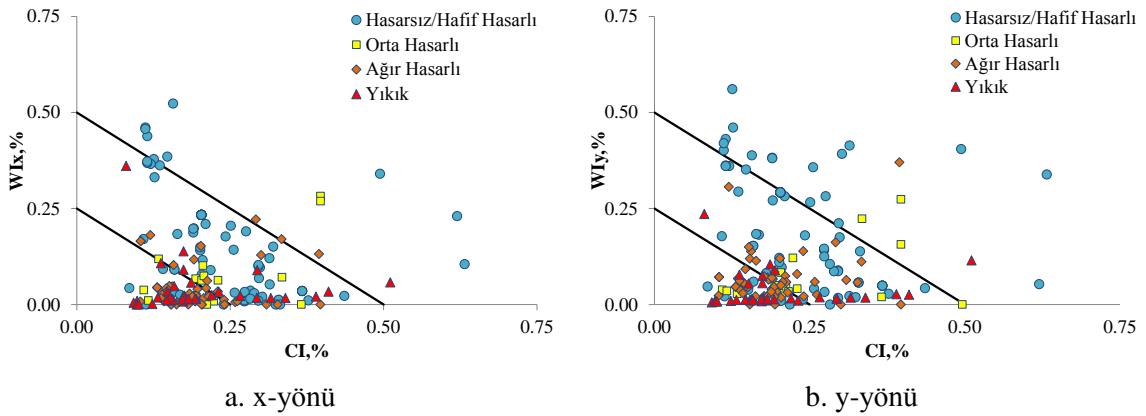
	Hassan ve Sözen (1997)	Otani (2000)	JBDPA (2001)	Özcebe ve ark. (2003)	Yakut (2004)	Tezcan ve ark. (2011)	MVP Yöntem 2
Kat sayısı (n)	19,49	10,67	10,83	19,97	15,93	22,60	28,33
A_{sw} , m ²	34,30	20,05	31,18	7,18	19,45	5,01	9,05
A_c , m ²	17,15	24,72	19,51	2,53	19,45	4,88	9,05
A_{iw} , m ²	3,43			0,14	2,84	0,46	
Kat alanı, m ²	25,63	15,03	14,04	6,60	16,79	11,99	19,12
f_{ck} , MPa		2,74	4,28		4,18	6,07	2,86
Yumuşak Kat		24,79	6,52	16,28	10,19	14,67	6,08
Planda							
Düzensizlik		1,99	13,62	29,28	5,53	30,50	11,29
Ağır çıkma				18,04	1,68	2,89	5,91
Kısa kolon					3,95	0,95	8,31

5.4. Yöntemlerin Bina Hasar Durumlarını Doğru Tahmin Etme Oranları

Literatürde yer alan ikinci kademe değerlendirme yöntemlerinin ana amacı olası bir depremde mevcut binalarda oluşabilecek hasarların hangi mertebelerde gerçekleşeceğini belirlemektir. Yöntemler çoğunlukla hasar seviyelerini az-orta-ağır-yıkık olarak tanımlamamış aksine bina performans puanı dikkate alınarak hasar görebilirlik üzerinde durulmuştur. Özcebe ve ark. (2003) geliştirilen yöntemde hemen kullanım ve can güvenliği performans seviyelerini esas almalarına rağmen, Otani (2000) ve JBDPA (2001) hasar görebilme riski şeklinde binaları sınıflandırmıştır. Yakut (2004), Hassan ve Sözen (1997) ve Tezcan ve ark. (2011) bina performans puanını sınır değerler ile karşılaştırarak öncelikli müdahale edilecek binaları belirlemeyi amaçlamıştır.

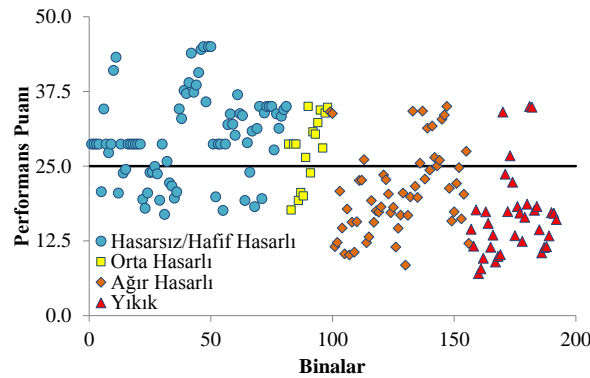
Bu çalışmada göz önüne alınan yöntemlerde binaların deprem performansları ve hasar görülebilirlik dereceleri farklı tanımlandığından, mantıklı bir karşılaştırma yapabilmek için ortak bir payda bulmak gerekmektedir. Buradan hareketle binalar bu çalışmada ikiye ayrılmıştır. Hasarsız-hafif hasarlı-orta hasarlı binalar düşük hasar riskli (DHR) binalar, ağır hasarlı-yıkık binalar ise yüksek hasar riskli (YHR) binalar olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 5.3'te verilen karşılaştırmalar tamamen bu varsayıma göre yapılmıştır. Bu ayrımda binanın deprem sonrası kullanılıp kullanılmayacağı temel alınmıştır. Bilindiği üzere hasarsız binalar deprem sonrası hemen kullanılabilirken, hafif hasarlı binalar onarım ve tadilatından geçmekte, orta hasarlı binalar ise güçlendirildikten sonra kullanılabilir. Bir başka deyişle bu üç hasar durumunda da bina deprem sonrası kullanılabilir. Bunların aksine ağır hasarlı binalar ve yıkılmış olan binalar deprem sonrası kullanılmamaktadır. Dolayısıyla bu binalar yüksek hasar riskli binalar olarak değerlendirilmiştir.

Hassan ve Sözen Yöntemi (1997)'nde kullanılan 4 parametre başarılı bir şekilde ilişkilendirilerek düşük hasar riski (DHR) kategorisindeki (hasarsız/az hasarlı/orta hasarlı) binaların deprem performansının belirlenmesinde %80,6'lık, yüksek hasar riski (YHR) kategorisindeki binalarda ise %53,2'lik bir başarı oranı elde edilmiştir. Bu yöntemde kullanılan $CI = \%0,25$ ve $WI = \%0,25$ çizgisinin DHR binaları YHR binalardan ayırdığı varsayılmış ve Çizelge 5.3'teki tahmin yüzdeleri bu varsayıma göre bulunmuştur. Şekil 5.7'den görüleceği üzere, YHR binaların büyük çoğunluğunda perde duvar oranları çok düşük seviyelerdedir.



Şekil 5.7. Ele alınan binalar için Hassan ve Sözen Yöntemi (1997) sonuçları

YHR kategorisindeki binaların deprem performansının belirlenmesinde elde edilen başarının nispeten düşük olmasının sebebi, bu çalışmada incelenen binaların kolon ve perde duvar alanlarının yüksek olmasına bağlı olarak deprem performans puanlarının yüksek bulunması ancak beton dayanımı parametresinin hesaba katılmamasından ötürü binaların yüksek performans puanı almalarına rağmen hasar görmeleri neden olarak gösterilebilir. Bu yöntem için toplamda binaların deprem performansının belirlenmesinde %67,2'lik bir başarı oranı elde edilmiştir (Çizelge 5.3). 25 parametre kullanılarak geliştirilen P25 Yöntemi'nde deprem performansının belirlenmesinde çok aşamalı bir metot önerilmektedir. Bu yöntemde önemli anahtar faktörler ve sonuç puanı belirlendikten sonra Çizelge 5.3'ten de görüleceği üzere incelenen 192 binanın %75,5'inde başarı elde edilmiştir. Bu yöntem YHR kategorisindeki binaların %79,8'ini, DHR kategorisindeki binaların ise %71,4'ünü doğru tahmin etmiştir. Şekil 5.8'de bu tez kapsamında ele alınan bina verileri kullanarak P25 Yöntemi'nde elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

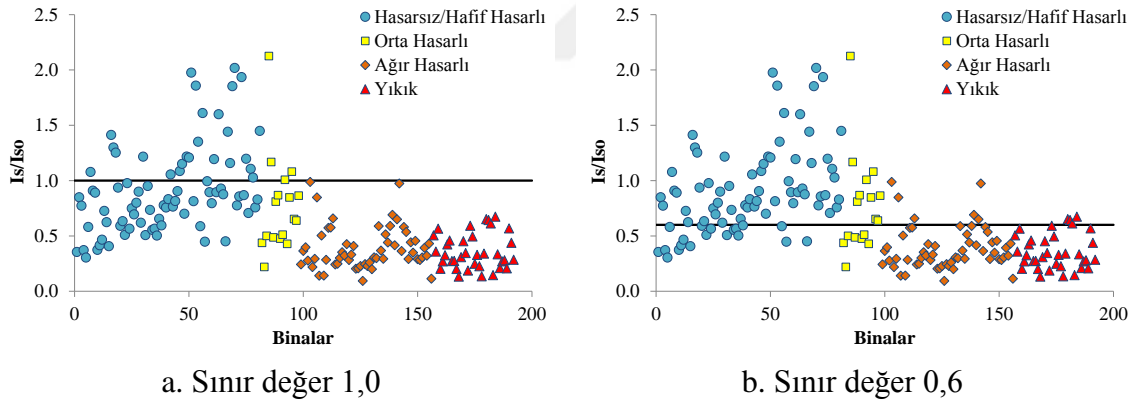


Şekil 5.8. Ele alınan binalar için Tezcan ve ark. (2011) Yöntemi (P25) sonuçları

P25 Yöntemi'nde önceden belirlenmiş puanlar ile işlem yapılması yöntemin dezavantajı olarak düşünülmektedir. Çünkü önceden belirlenmiş bazı puanlamalar sınır puan değerine yakın olduğundan dolayı baskın hale gelmekte dolayısıyla binaların değerlendirilmesinde yanlış tahmine yol açmaktadır. Örneğin Z4 zemin grubunda yer alan bir binanın alabileceği maksimum puan 20, minimum puan 10 olarak belirlenmiştir (P_7). Bu durumda olan bir binanın aldığı bu puan en kritik puan olmakta ve varsa diğer olumlu özelliklerine (kazık temel, perde duvarlı bodrum kat, binanın az katlı olması vs.) bakılmaksızın bu puanla işlem yapılmakta ve doğal olarak incelenen bina yüksek risk

bandında yer almaktadır. Belirtilen bu durumdan ötürü bu yöntemde önceden belirlenmiş puanların tekrar elden geçirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

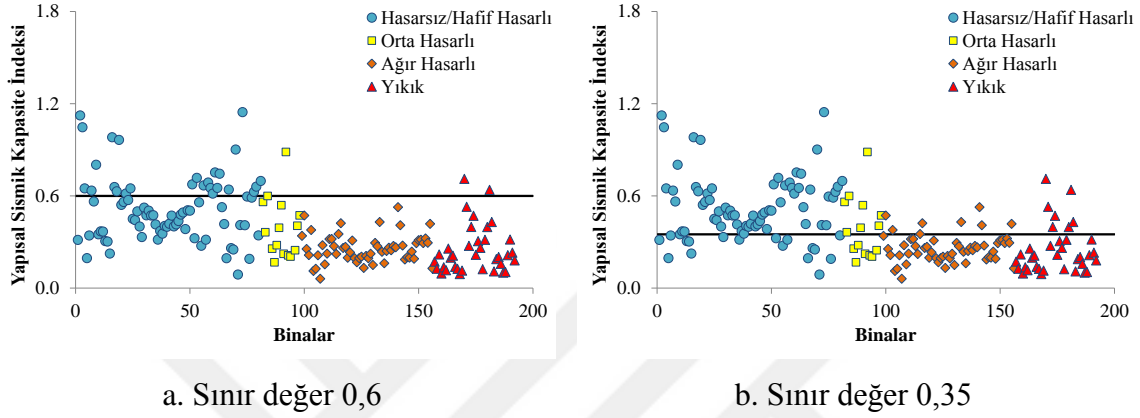
JBDPA Yöntemi (2001)'nde incelenen 192 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %100'ü doğru tahmin edilmesine rağmen DHR kategorisindeki binaların sadece %29,6'sı doğru tahmin edilmiştir. Bu binaların tamamı dikkate alındığında ise bu yöntemin başarı puanı %64,1 olmaktadır (Çizelge 5.3). YHR kategorisindeki binalar için elde edilen yüksek başarı oranının sebebi olarak belirlenen sınır değer incelenen binalar için çok büyük seçilmesi gösterilebilir. Şekil 5.9a söz konusu çalışmadaki orijinal sınır değeri olan "1,0" a göre binaların performans sonuçlarını göstermektedir. Şekilden görüleceği üzere bu sınır değerinde binaların büyük çoğunluğu YHR bölgesinde yer almıştır. Bu yöntem Japonya'daki bina kalitesini dikkate alarak geliştirildiğinden yapı ve sistemlerdeki farklılıklar sebebiyle ülkemizdeki binalar için bu sınır değer geçerli olmadığı görülmüştür. Ele alınan binalar için yöntemde belirlenmiş sınır değer "0,6" olarak revize edildiğinde başarı oranının %81,3'e yükseldiği görülmektedir (Şekil 5.9b).



Şekil 5.9. Ele alınan binalar için JBDPA Yöntemi (2001) sonuçları

Otani Yöntemi (2000)'nde de JBDPA Yöntemi (2001)'ne benzer bir metot kullanılmakta ancak bu yöntemde belirlenen sınır değeri daha düşük tutulmaktadır. Otani (2000) Yöntemi'nde binaların doğru tahmin edilme başarıları %63 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.3). Şekil 5.10a'da sınır değeri söz konusu makalede önerildiği haliyle "0,6" alınması durumunda inceleme konusu binaların büyük çoğunluğunun sınır değerinin altında kaldığı görülebilir. Bunun sebebi JBDPA Yöntemi'nde (2001) de belirtildiği gibi Japonya ve Türkiye'de inşa edilen binaların kapasite farklılıkları gösterilebilir. Japonya

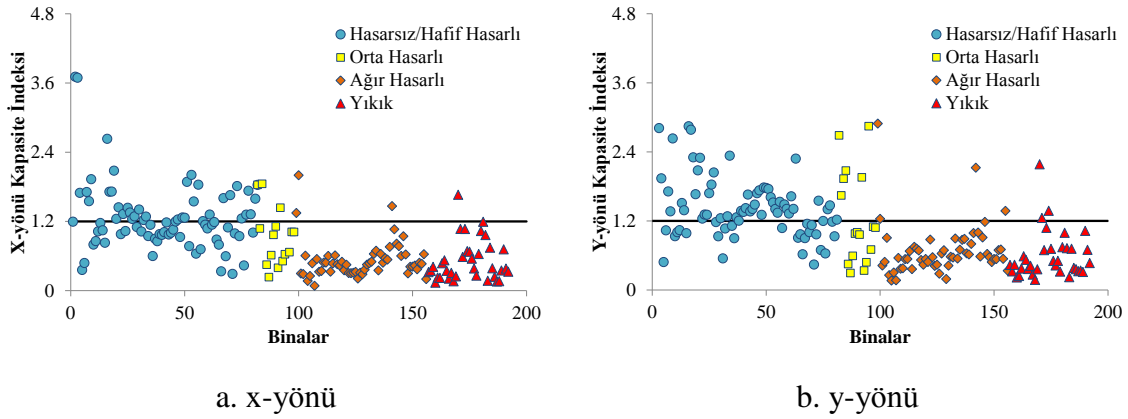
için geliştirilmiş olan yöntemin ülkemiz binaları için kullanılabilirliği durumunda bazı değişiklikler yapılması gerekmektedir. Örneğin basit bir yaklaşımla sınır değerini “0,35”e düşürülmesi durumunda binaların hasar seviyeleri %79,2 oranında doğru tahmin edilebilmektedir (Şekil 5.10b). Bu sınır değerini farklı binalar ile sınanması gerekmektedir.



Şekil 5.10. Ele alınan binalar için Otani Yöntemi (2000) sonuçları

Yakut (2004) Yöntemi'nde kesme kuvveti tabanlı bir metot kullanılmasına rağmen önerilen yöntemin deprem yönetmeliklerinden hesaplanan kesme kuvveti konusunda hassas olduğu tespit edilmiştir. Çünkü yönetmeliklerde taban kesme kuvveti (V_{code}) bir deprem yükü azaltma katsayısı (R) ile birlikte kullanılmaktadır. “ R ” katsayısının 8, 4 veya 2 gibi farklı değerler alınması durumunda farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu yöntemde bina performansının belirlenmesinde uygun seçilmeyen “ R ” katsayısı yanlış performans puanına yol açabilmektedir. Bu yöntemde başarı oranı %63,5 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.3). Bu yöntemin sonuçlarının verildiği Şekil 5.11’de değerlendirmeler hem x hem de y-yönü için yapılmıştır.

Yakut (2004) geliştirmiş olduğu yöntemde binalar için hesaplanan performans puanının sınır değeri olarak belirlenen “1,2” ile karşılaştırılmasını önermiştir. Bu sınır değerini seçiminin zor olduğunun belirtildiği makalede yazarın incelediği binalar için “1,2” değerinin mantıklı sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Söz konusu yöntem bu çalışmada bina bilgileri ile sınanmış ve sınır değerini biraz düşürülebileceği kanaati oluşmuştur. Buna göre sınır değerini “1,0”a indirilmesi neticesinde hasar tahmini %63,5’ten %74’e çıkacaktır.



Şekil 5.11. Ele alınan binalar için Yakut Yöntemi (2004) sonuçları

Özcebe ve ark. (2003)'ün geliştirmiş oldukları yöntem, incelenen yöntemler arasında %41,7'lik oranla son sırada yer almıştır. Bunun sebebi olarak Yakut (2014)'e göre Özcebe ve ark. Yöntemi (2003)'ün rijitlik, dayanım ve mimari özellikleri temsil eden parametrelere ve istatistiksel analizlere dayanması, yöntemin eleman boyutlarına nazaran diğer özelliklere olan duyarlılığın daha fazla olması gösterilmiştir. Özcebe ve ark. (2003) Yöntemi'nde başarı yüzdesinin artırılabilmesi adına istatistiksel araçların daha fazla çalışmasına ihtiyaç vardır.

Yukarıda tartışılan ikinci değerlendirme yöntemlerine alternatif olarak önerilen MVP Yöntemleri kapasite ve talep parametrelerini kullanması sebebiyle Çizelge 5.3'ten de görüleceği üzere diğer yöntemlere nazaran daha başarılı sonuçlar vermiştir. Önerilen MVP Yöntem 1'de YHR kategorisindeki binaların %91,5'i, DHR kategorisindeki binaların %81,6'sı ve genel toplama bakıldığında ise 192 binanın %86,5'i doğru tahmin edilmiştir. Binanın x ve y-yönü yani deprem yönü ayrı ayrı dikkate alınarak değerlendirme yapılan MVP Yöntem 1'de, binanın iki yönü için toplamı olarak tek puan şeklinde hesaplanan MVP Yöntem 2'ye göre farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Başka bir deyişle binanın x ve y-yönündeki performans puanları toplanıp toplam MVP puanı (MVP Yöntem 2) bulunduğunda 192 bina için başarı oranı %89,1'e çıkmaktadır. MVP Yöntem 2'de YHR kategorisindeki binaların %89,4'ü, DHR kategorisindeki binaların ise %88,8'i doğru tahmin edilmiştir. Her iki kategorideki binaların doğru tahmin edilmesindeki yüksek başarı ve bu başarı oranının birbirine oldukça yakın olması MVP Yöntem 2'yi diğer incelenen ve önerilen yöntemler arasında daha başarılı kılmaktadır. MVP Yöntem 3'te (*M Metot*) MVP Yöntem 1 ve MVP Yöntem 2'den farklı olarak düzensizlik parametre etkileri hesaba katılmadan 11

parametre ile YHR kategorisindeki binaların %81,9'i, DHR kategorisindeki binaların %78,6'sı ve genel toplama bakıldığında ise 192 binanın %80'i doğru tahmin edilmiştir. MVP Yöntem 4'te (*V Metot*) beton dayanımı, kolon alanı, perde duvar alanı, toplam kat alanı ve etriye aralıkları olmak üzere sadece 5 parametre kullanılarak YHR kategorisindeki binaların %86,2'si, DHR kategorisindeki binaların %86,7'si ve genel toplama bakıldığında ise 192 binanın %86,5'i doğru tahmin edilmiştir. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre avantajı oldukça az parametre ile yüksek başarı oranının yakalanması olarak gösterilebilir. MVP Yöntem 5'te (*P Metot*) ise beton dayanımı, kolon alanı, perde duvar alanı ve toplam kat alanı olmak üzere sadece 4 parametre ile YHR kategorisindeki binaların %92,9'u, DHR kategorisindeki binaların %70,2'si ve genel toplama bakıldığında ise 192 binanın %81,8'i doğru tahmin edilmiştir. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre avantajı olarak YHR kategorisindeki binaların tahmin edilmesinde sadece 4 parametre kullanılarak elde edilen yüksek başarı oranı, dezavantajı olarak ise YHR ve DHR kategorisindeki başarı oranı arasındaki büyük farkın bulunması gösterilebilir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. İkinci kademe değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması

	Genel Doğru Tahmin, %	YHR Binaların Doğru Tahmini, %	DHR Binaların Doğru Tahmini, %
MVP Yöntem 2	89.1	89.4	88.8
MVP Yöntem 1	86.5	91.5	81.6
MVP Yöntem 4	86.5	86,2	86,7
MVP Yöntem 5	81,8	92,9	70,2
MVP Yöntem 3	80,0	81,9	78,6
Tezcan ve ark. (2011)	75.5	79.8	71.4
Hassan ve Sözen (1997)	67.2	53.2	80.6
JBDPA (2001)	64.1	100.0	29.6
Yakut (2004)	63.5	91.5	36.7
Otani (2000)	63.0	97.9	29.6
Özcebe ve ark. (2003)	41.7	9.6	72.4

Önerilen MVP yöntemlerinin hiçbirinde zemin faktörü bir parametre olarak ele alınmamıştır. Bu durum bir miktar hataya sebep olabilmektedir. Ancak bu hata oranının genel bina tahmin yüzdeleri dikkate alındığında ihmal edilebilir düzeyde olduğu düşünülmektedir. Önerilen MVP Yöntemleri 192 bina datası kullanılarak geliştirildiğinden bütün betonarme binalar için geçerli olmayabilir. Örneğin önerilen MVP yöntemleri maksimum 8 katlı binaların değerlendirilmesinde kullanılabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

MVP etkileşim tabanlı sismik hasar belirleme yöntemi ülkemizin üç farklı şehirdeki toplamda 192 bina verileri kullanılarak geliştirilmiştir. Ele alınan bu binaların hasar durumu (hafif hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı, yıkılmış), deprem geçirdikleri tarihlerdeki yaşları (1- 36), kat yükseklikleri (2-8), beton dayanım (2,3 MPa- 32 MPa) vs. gibi durumlar göz önünde bulundurulduğunda çok geniş yelpazede özelliklere sahip oldukları söylenebilir. Önerilen MVP yöntemleri moment, kesme kuvveti ve eksenel yük kapasiteleri ile taleplerini dikkate almaktadır. Bunun yanı sıra MVP Yöntem 1 ve Yöntem 2’de kısa kolon, ağır çıkma, yumuşak/zayıf kat ve burulma gibi bazı mimari ve yapısal özellikler de hesaba katılmıştır. MVP yöntemleri oluşturulurken binaların yüksek sismik bölgede bulunduğu ($S_a = 1$) varsayılarak problem basitleştirilmiştir. Bu varsayım ve zemin etkisinin hesaba katılmaması MVP yöntemlerinin bir dezavantajı olabilir. Ancak ele alınan binaların sismik performanslarını doğru tahmin etmede elde edilen yüksek başarı oranları bu dezavantajların sonuçları çok fazla etkilemediğini göstermektedir. Fakat önerilen MVP yöntemlerinin yukarıda açıklanan dezavantajların etkisinin daha iyi görülebilmesi açısından farklı bina verileriyle de test edilmesinde fayda vardır.

Bilindiği üzere çok fazla parametre içeren kompleks bir denklem her zaman doğru bilgi vermeyeceği gibi hata yapmaya müsait hesaplamalar da içermektedir. Okuyucu bahsi geçen hataları bilinçli olarak yapmadığı için bu hatalar yanıltıcı hatalar olarak adlandırılabilir. Bu yanıltıcı hataların minimize edilebilmesi için MVP yöntemlerinde basitleştirilmiş kapasiteler ve talepler geliştirilerek mümkün olduğunca basit denklemler üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmadaki tanımlamalar ve yöntemlerde kullanılan parametreler yöntemi kullanacaklar için yeni olmamakla beraber bu parametrelerin organizasyonu ve birbirleriyle olan etkileşimleri kendine özgüdür.

Bu tez kapsamında geliştirilen yöntemlerdeki formülasyonlar 5 farklı yaklaşımda kullanılabilen ve yaklaşımlarda binaların almış oldukları performans puanlarına göre düşük hasar riskli (DHR) ve yüksek hasar riskli (YHR) olmak üzere iki farklı kategoride değerlendirilmektedir. Tezin ana amacı, gerek binaların deprem karşısındaki performanslarının doğru tahmin edilmesindeki yüksek başarı oranı gerekse

ele alınan parametrelerin kapsamından dolayı önerilen ikinci yaklaşım olan “MVP Yöntem 2”dir. Bu yöntemde binanın her iki yönü için elde edilen MVP puanları toplanarak nihai bir MVP puanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu puan ile “5,0” olarak belirlenen sınır değeri karşılaştırılmıştır. “5,0” sınır değerine eşit ve bu değerden büyük puana sahip binalar DHR kategorisinde; küçük puana sahip binalar ise YHR kategorisinde değerlendirilmiştir. MVP Yöntem 2 ile binaların performanslarının belirlenmesinde %89,1’lik bir başarı oranı elde edilmiştir. MVP Yöntem 1’de ise binanın her iki yönü için ayrı ayrı MVP Puanı (MVP_x veya MVP_y) hesaplanarak bulunan puanlar her bir yön için “2,5” sınır değeri ile karşılaştırılır. Bina için de elde edilen MVP puanı “2,5” sınır değerine eşit ve bu değer üzerinde ise bina DHR kategorisinde; herhangi bir yöndeki veya her iki yöndeki puanlar “2,5” sınır değerinin altında ise YHR kategorisinde değerlendirilmektedir. Bu yorumlama mantığıyla incelenen binaların performanslarının doğru tahmin edilme oranı %86,5 olarak bulunmuştur.

MVP Yöntem 1 ve MVP Yöntem 2’ye alternatif olarak 3 farklı yöntem daha önerilmiştir. Ancak alternatif olarak önerilen bu üç yöntemde de düzensizlik parametre etkileri hesaba katılmamıştır. MVP Yöntem 3 olarak isimlendirilen yöntemde binaların x ve y-yönü için moment kapasite ve talep oranları toplanarak oluşturulan puan “1,5” sınır değeri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda “1,5” sınır değerine eşit ve bu değerden büyük performans puanı alan binalar DHR kategorisinde; küçük performans puanı alan binalar YHR kategorisinde değerlendirilmiş ve MVP Yöntem 3 ile binaların performanslarının belirlenmesinde %80’lik bir başarı oranı elde edilmiştir. MVP Yöntem 4’te binaların x ve y-yönü için kesme kuvveti kapasite ve talep oranları toplanarak oluşturulan puan “1,0” sınır değeri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda “1,0” sınır değerine eşit ve bu değerden büyük performans puanı alan binalar DHR kategorisinde; küçük performans puanı alan binalar YHR kategorisinde değerlendirilmiş ve MVP Yöntem 4 ile binaların performanslarının belirlenmesinde %86,5’lik bir başarı oranı elde edilmiştir. Son olarak MVP Yöntem 5’te binaların x ve y-yönü için eksenel yük kapasite ve talep oranları toplanarak oluşturulan puan “4,5” sınır değeri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda “4,5” sınır değerine eşit ve bu değerden büyük performans puanı alan binalar DHR kategorisinde; küçük performans puanı alan binalar YHR kategorisinde değerlendirilmiş ve MVP Yöntem 5

ile binaların performanslarının belirlenmesinde %81,8'lik bir başarı oranı elde edilmiştir.

Literatürdeki mevcut ön değerlendirme yöntemleri genel olarak tek bir ülkede bulunan bina verileri kullanılarak geliştirildiklerinden dolayı başka ülkelerdeki binaları çok iyi temsil edemeyebilmektedirler. Bu durum çok net bir şekilde Japon bina verileri kullanılarak geliştirilen Japon Sismik ve Otani yöntemlerinde görülmektedir. Bu yöntemlerde binaların almış oldukları performans puanlarının karşılaştırılması için belirlenen sınır değerlerin ülkemizde bulunan bina verileri dikkate alındığında yüksek olduğu görülmüştür. Belirlenen bu sınır değerler düşürüldüğünde ülkemizdeki binaların hasar durumlarının doğru tahmin edilmesindeki başarı oranları artmaktadır. Ancak bu durumu net bir şekilde ifade edebilmek için bu konuda daha fazla çalışma yapmak gerekmektedir.

Japon tabanlı yöntemlerin yanı sıra ülkemizde geliştirilmiş 4 farklı ikinci kademe değerlendirme yöntemi de incelenmiş ve MVP yöntemlerine göre başarı oranları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada “incelenen binalar bazında” geliştirilen MVP yöntemleri ele alınan yöntemlerden daha başarılı bir yöntem olarak görülmektedir. Tezcan ve ark. (2011) yöntemi 25 farklı parametre ile incelenen 192 binanın 145'ini doğru tahmin etmesine rağmen 15 parametre ile geliştirilen MVP Yöntem 2'den 26 tane binayı daha az tahmin etmiştir.

Her ön değerlendirme yöntemi kendi dezavantajını içermekte ve bu dezavantajlar farklı veri tabanları ile önemli hale gelebilmektedir. Bu problem göz önüne alındığında farklı veri tabanlarından alınan bilgilerle çalışmanın yöntem kalitesini arttırdığı söylenebilir. Bu bağlamda çalışmada üç farklı veri tabanı ile olabildiği kadar farklı konumlarda ve özelliklerde bulunan binaların verileri dikkate alınarak daha fazla binanın performansı hakkında doğru tahminlerde bulunma yüzdesini arttırmak amaçlanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada ele alınan bina bilgileri dikkate alındığında MVP yöntemleri diğer yöntemlere nazaran betonarme binaların sismik hasar görebilirliğini basit hesaplarla daha iyi bir şekilde doğru tahmin edebilmektedir. Bu yöntemin 8 kat veya daha düşük kat sayılı binalar için kullanılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- ABYYHY, 1997. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Akar, S., 2013. Doğal afetlerin kamu maliyesine ve makro ekonomiye etkileri: Türkiye değerlendirmesi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, **11** (21):185-206.
- Altıner, M., 2008. *Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Saptanması için Hızlı Değerlendirme Yöntemleri* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ATC 21, 2002, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards - A Handbook (FEMA 154 Report), Second Edition, ATC-21, *Applied Technology Council*, California-USA,
- Avcı, S., 2011. Türkiye’de Nüfusun Deprem Bölgelerine Göre Dağılışı (1935-2010), *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, **6**: 301-326.
- Aytıs, S., 2005. Yüksek binaların depreme dayanımında uygulanacak tasarım kriterleri. *Deprem Sempozyumu*. 23-25 Mart 2005, Kocaeli. 668-669.
- Bal, İ. E., Tezcan, S. S., Gülay, F. G., 2007. Betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi için P25 hızlı değerlendirme yöntemi. *Altıncı Ulusal Deprem Konferansı*, İstanbul, Türkiye.
- Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H., Wasti, S. T., 2008. *Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeler*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara, 433.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2004. *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Üçüncü baskı. Beta Dağıtım, İstanbul. 700.
- Coşkun, A., 2007. *Mevcut Betonarme Binaların Deprem Etkisindeki Yapısal Performanslarının Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çağatay, İ. H., 2007. Binalarda kısa kolona etki eden parametrelerin incelenmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Konferansı, İstanbul*, Türkiye.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Erben, Ö., 2015. *Mevcut Betonarme Binaların Performanslarının Belirlenmesinde Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin Kullanılabilirliği* (yüksek lisans tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Erdil, B. (2016). Why RC buildings failed in the 2011 Van, Turkey, earthquakes: construction versus design practices. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, **31**(3), 04016110.
- Erdil B., Ceylan H., 2018. MVP interaction based seismic vulnerability assessment of RC buildings. *Natural Hazards Review* (yayımlanmak üzere gönderildi).
- Ergun, M., 2007. *Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Japon Sismik İndeks Yöntemi ile Doğrusal Olmayan Artımsal İtme Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersin, E., 2010. *Mevcut Betonarme Okul Binalarının Deprem Performanslarının Japon Sismik İndeks Yöntemi İle Değerlendirilmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- FEMA 154, 2002. Rapid Visual Screening of Buildings for potential seismic hazards - A Handbook, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- Gürbüz, A., Tekin, M., 2017. Farklı tip betonarme binalar için geliştirilmiş hasar tahmin yöntemleri, *İMO Teknik Dergi*, **28**(4): 8051-8076.
- Hassan, A. F., Sozen, M. A., (1997). Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes ACI, *Structural Journal*, **94**(1), 31-39.
- Işık, E., Kutanis, M., 2013. Bitlis ilindeki betonarme binaların P25 hızlı tarama yöntemi ile değerlendirilmesi. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, **15** (1):21-29.
- Işık, E., Özdemir, M., Kutanis, M., 2016. Farklı zemin kat yüksekliklerinin yapı performansına etkisi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, **7**(3): 445-454.
- Işık, E., Öztürk, G., 2017. Betonarme binalarda kat yüksekliğinin yapı performansına etkisi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, **7**(1): 299-305.
- JBDPA, 2001. The Japan Building Disaster Prevention Association " Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings (Version 2001) (in Japanese)."
- Karasu, C. O., 2007. *Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem ile Belirlenmesi ve P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile Karşılaştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Korkmaz A., Aktaş, E., 2006. Betonarme çerçeve yapıların olasılıklı sismik analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **21**(21): 55-64.
- KRDAE, 2018. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>. Erişim tarihi: 08.02.2018.
- Mazılıgüney, L., Azılı, F., Yaman, İ. Ö., 2008. In-situ concrete compressive strength of residential, public and military structures. *8th International Congress on Advances in Civil Engineering*. 15-17 September 2008, Famagusta, North Cyprus. 1-9.
- Öcal, C., İnce, H. H., 2012. Türkiye’de mevcut yapı stoğu ve kentsel dönüşüm. *SDU International Technologic Science*, **4**(2): 89-95.
- Önel, H., Akbulut, M. T., 2002. Deprem bölgelerinde güvenli yapı tasarımına ilişkin temel yaklaşımlar. *Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu*. 15-16 Şubat 2002, İstanbul, Türkiye. 78-91.
- Otani, S., 2000. Seismic Vulnerability Assessment Methods for Buildings in Japan, *Earthquake Engineering and Engineering Seismology*, **2**(2), 47-56.
- Özcebe, G., Yüçemen, M. S., Aydoğan, V., Yakut, A. (2003). Preliminary Seismic Vulnerability Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey. *Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings*, 29-42.
- Özcebe, G., 2004. Deprem Güvenliğinin Saptanması İçin Yöntemler Geliştirilmesi, Tübitak İçtag Ymaü İ574 Numaralı Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Ankara.
- Özdemir, M., Işık, E., Ülker, M., 2016. Farklı kat adetlerine sahip betonarme binaların performans değerlendirilmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, **5**(2): 183-190.
- Özel, G., Solmaz, A., 2012. Türkiye’de deprem tekrarlanma zamanının tahmini ve neotektonik bölgelere göre deprenselliğin Markov Zinciri ile incelenmesi, *Çankaya University Journal of Science and Engineering*, **9**(2): 125-138.

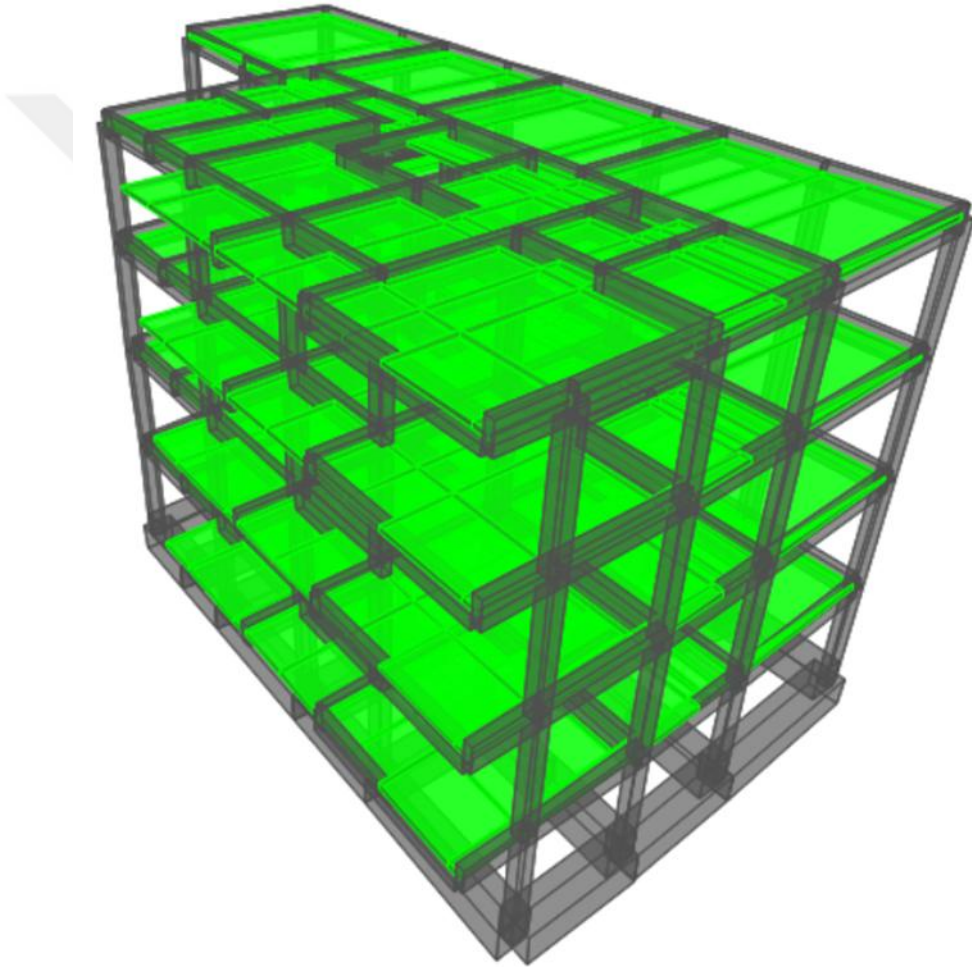
- Özmen, H. B., 2005. *Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Parametrelerin Yapı Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). PÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- PAİY, 2017. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- SAP2000, Structural Analysis Program, *Computers and Structures Inc*, Berkeley, USA.
- SERU (Structural Engineering Research Unit), 2017. <http://www.seru.metu.edu.tr/archives.html>. Archival Material from Afyon and Bingöl Earthquake Database, Middle East Technical University, Ankara, Turkey. Erişim tarihi: 23.10.2017.
- Sucuoğlu, H., 2007. Binalarda kısa kolona etki eden parametrelerin incelenmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Konferansı, İstanbul*, Türkiye.
- Sucuoğlu H, Yazgan U., 2003. Simple Survey Procedures for Seismic Risk Assessment In Urban Building Stocks, Chap. 6. *Seismic assessment and rehabilitation of existing buildings, earth and environmental sciences* (Editor: S. T. Wasti, G. Özcebe). London:Kluwer Academic Publishers, Vol. 29:97–118.
- Şahin, İ., Kılınç, T., 2016. Türkiye’de 1980-2014 yılları arasında görülen depremlerin ekonomik etkileri. *Siirt Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisadi Yenilik Dergisi*, 4 (1):33-42.
- Tezcan, S. S., Bal, I. E., Gulay, F. G., 2011. P25 Scoring Method for The Collapse Vulnerability Assessment of R/C Buildings, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 34(6): 769-781.
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TÜİK, 2015. Nüfus ve konut araştırması, 2011 (15843). <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=15843>. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. Erişim tarihi: 06.02.2018.
- Yakut, A., 2004. Preliminary Seismic Assessment Procedure for Existing RC Buildings, *Engineering Structures*, 26(10), 1447-1461.
- Yakut, A., 2014. Examination of Seismic Performance Assessment Procedures for Rc Buildings in Turkey, *Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, Earthquake Engineering Research Institute, Anchorage, AK.
- 6306 sayılı Kanun, 2012. Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun’un Uygulama Yönetmeliği. 15/12/2012 tarihli ve 28498 sayılı Resmî Gazete, Ankara.



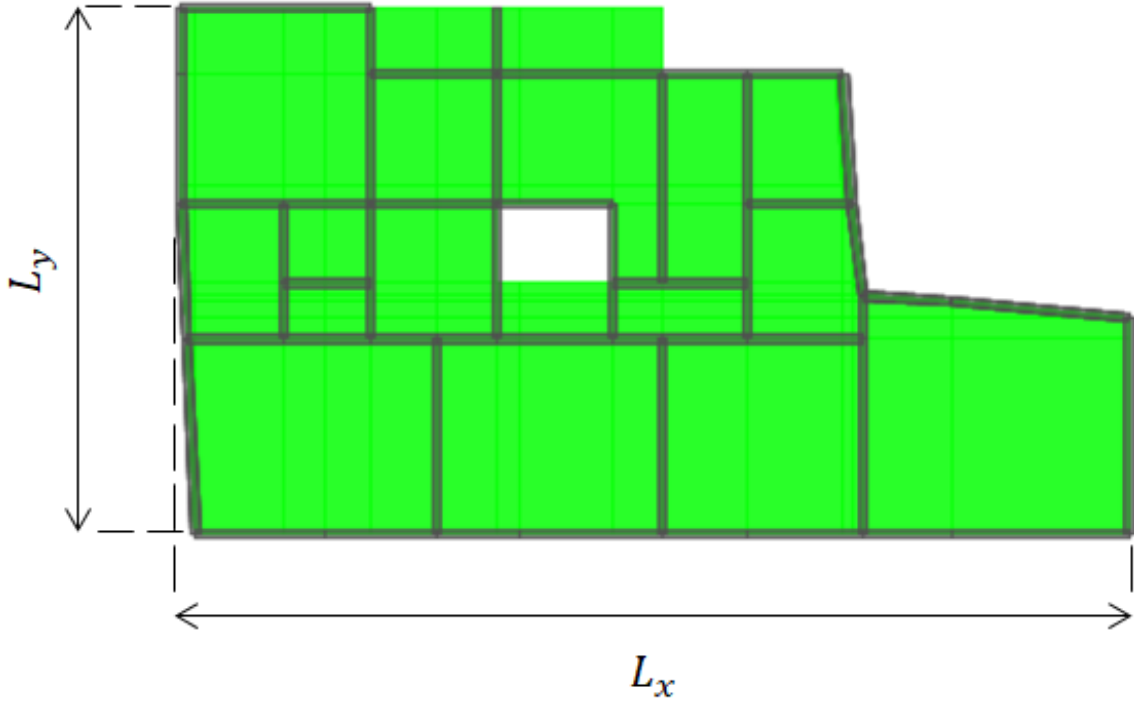
EKLER

Bu bölümde Van'ın Erciş ilçesinde bulunan ERC_5 ve İpekyolu ilçesinde bulunan VANMRK_10 kodlu binaların deprem performansları bu tez kapsamında geliştirilen MVP yöntemlerine göre değerlendirilecektir.

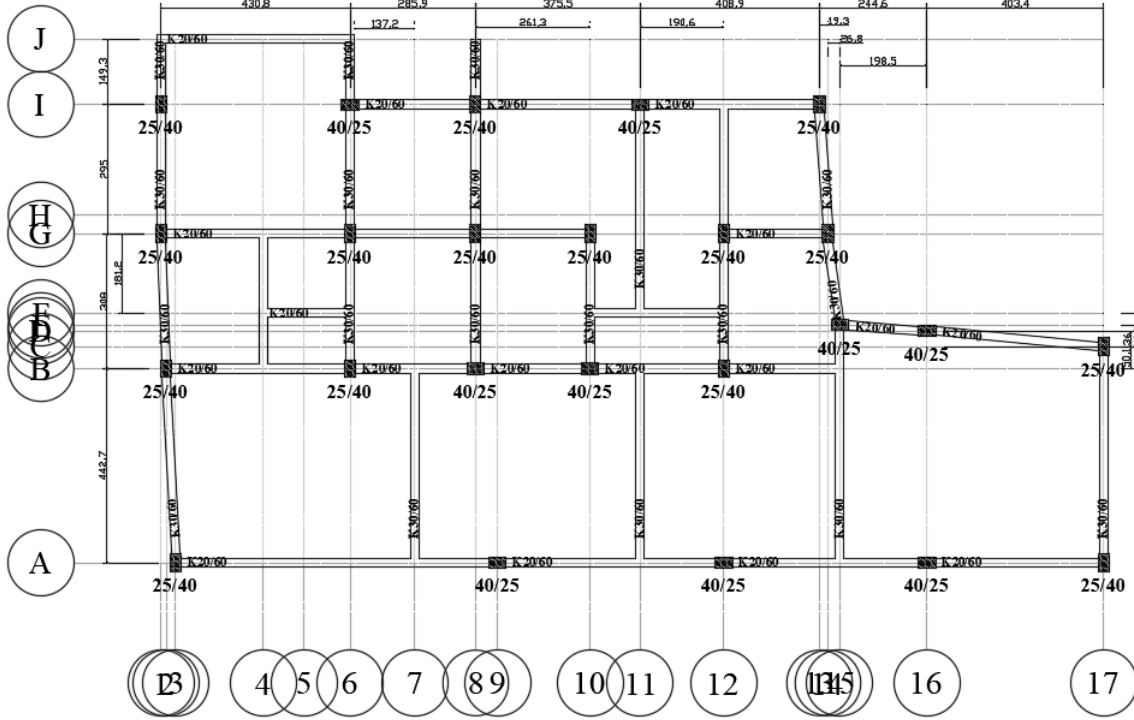
Ek 1. ERC_5 binası için sayısal uygulama



Şekil E.1.1. ERC_5 binasının üç boyutlu modeli



Şekil E.1.2. ERC_5 binasının üstten görünüşü ve (L_x, L_y) 'nin belirlenmesi



Şekil E.1.3. ERC_5 binasının plan görüntüsü.

Çizelge E.1.1. ERC_5 Bina Bilgileri

ERC_5 Binasına Ait Veriler ve Varsayımlar	
Binanın yeri	Erciş/Van
Binanın Kullanım Amacı	Konut Binası
Bina Yapım Yılı	1987
Kat Sayısı (n)	4
Bina Yüksekliği (H)	12 m
Beton Dayanımı (f_{ck})	10,93 N/mm ² (MPa)
Betonun Karakteristik Çekme Dayanımı (f_{ctk})	1,16 MPa ($0,35\sqrt{f_{ck}}$)
Boyuna Donatı Akma Dayanımı (f_y)	220 MPa
Sargılama Bölgesindeki Etriye Aralığı (s)	200 mm
Ortalama Boyuna Donatı Oranı (ρ)	0,008 (ABYYHY, 1997 öncesi)
Bina En/Boy Değerleri	L_x : 21,5 m, L_y :11,0 m
Zemin Kat Alanı ($A_{floor} = L_x \cdot L_y$)	236,5 m ²
Toplam Kat Alanı ($\sum A_{floor} = n \cdot L_x \cdot L_y$)	946 m ²
1m ² 'ye Düşen Ağırlık	12 kN/m ²
Her Katın Ağırlığı ($L_x \cdot L_y \cdot 12$)	2838 kN
Toplam Bina Ağırlığı ($W = n \cdot L_x \cdot L_y \cdot 12$)	11352 kN
x -Yönü Toplam Kolon Kesit Alanı	10(0,25)(0,40)= 1,0 m ²
x -Yönü Toplam Perde Duvar Kesit Alanı	0
y -Yönü Toplam Kolon Kesit Alanı	15(0,40)(0,25)= 1,5 m ²
y -Yönü Toplam Perde Duvar Kesit Alanı	0
Deprem yükü azaltma katsayısı (R)	2
Spektral İvme Değeri (S_a)	1
Ağır çıkma Durumu (α) Yok(1,0)/Var (1,4)	1,4
Yumuşak Kat Durumu (β) Yok(1,0)/Var (1,4)	1,0
Kısa Kolon Durumu (γ) Yok(1,0)/Var (1,4)	1,0
Burulma Durumu (φ) Az-Yok(1,0)/Orta (1,4)/Çok(1,9)	1,0

E.1.1. MVP Yöntem 1'e Göre Değerlendirme

Moment Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.6):

- x -yönü için; $M_{rx} = 220000 \frac{21,5}{5} 0,008[(1,0 + 0) + (1,5 + 0)] = 18920 \text{ kNm}$
- y -yönü için; $M_{ry} = 220000 \frac{11,0}{5} 0,008[(1,0 + 0) + (1,5 + 0)] = 9680 \text{ kNm}$

Kesme Kuvveti Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.13):

- x -yönü için; $V_{rx} = 1,4(1160) \left(\frac{100}{200}\right)^{0.7} (1,0 + 0) = 997,2 \text{ kN}$
- y -yönü için; $V_{ry} = 1,4(1160) \left(\frac{100}{200}\right)^{0.7} (1,5 + 0) = 1495,8 \text{ kN}$

Eksenel Yük Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.17):

- $P_r = 10930[(1,0 + 0) + (1,5 + 0)] = 27325 \text{ kN}$

Kesme Kuvveti Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.15):

- $V_d = 6(946) = 5676 \text{ kN}$

Moment Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.7):

- $M_d = \frac{2}{3}(12)5676 = 45408 \text{ kNm}$

Eksenel Yük Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.18):

- $P_d = 12(946) = 11352 \text{ kN}$

MVP_x ve MVP_y Puanlarının Bulunması (Bkz. Eşitlik 4.1; Bkz. Eşitlik 4.2):

- $MVP_x = \frac{1}{(1,4)(1,0)} \frac{18920}{45408} + \frac{2}{(1,0)(1,0)} \frac{997,2}{5676} + 0,2 \frac{27325}{11352} \cong 1,13 < 2,5$

- $MVP_y = \frac{1}{(1,4)(1,0)} \frac{9680}{45408} + \frac{2}{(1,0)(1,0)} \frac{1495,8}{5676} + 0,2 \frac{27325}{11352} \cong 1,16 < 2,5$

SONUÇ: MVP Yöntem 1'e göre ERC_5 binası; Çizelge 4.1'de verilen kriterler göz önünde bulundurularak $MVP_x < 2,5$ ve $MVP_y < 2,5$ olduğundan dolayı "YHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

E.1.2. MVP Yöntem 2'ye Göre Değerlendirme (Ana Yöntem)

Moment Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.6):

- x -yönü için; $M_{rx} = 220000 \frac{21,5}{5} 0,008[(1,0 + 0) + (1,5 + 0)] = 18920 \text{ kNm}$

- y -yönü için; $M_{ry} = 220000 \frac{11,0}{5} 0,008[(1,0 + 0) + (1,5 + 0)] = 9680 \text{ kNm}$

Kesme Kuvveti Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.13):

- x -yönü için; $V_{rx} = 1,4(1160) \left(\frac{100}{200}\right)^{0,7} (1,0 + 0) = 997,2 \text{ kN}$

- y -yönü için; $V_{ry} = 1,4(1160) \left(\frac{100}{200}\right)^{0,7} (1,5 + 0) = 1495,8 \text{ kN}$

Eksenel Yük Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.17):

- $P_r = 10930[(1,0 + 0) + (1,5 + 0)] = 27325 \text{ kN}$

Kesme Kuvveti Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.15):

- $V_d = 6(946) = 5676 \text{ kN}$

Moment Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.7):

- $M_d = \frac{2}{3}(12)5676 = 45408 \text{ kNm}$

Eksenel Yük Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.18):

- $P_d = 12(946) = 11352 \text{ kN}$

MVP_x ve MVP_y Puanlarının Bulunması (Bkz. Eşitlik 4.1; Bkz. Eşitlik 4.2):

- $MVP_x = \frac{1}{(1,4)(1,0)} \frac{18920}{45408} + \frac{2}{(1,0)(1,0)} \frac{997,2}{5676} + 0,2 \frac{27325}{11352} \cong 1,13$
- $MVP_y = \frac{1}{(1,4)(1,0)} \frac{9680}{45408} + \frac{2}{(1,0)(1,0)} \frac{1495,8}{5676} + 0,2 \frac{27325}{11352} \cong 1,16$
- $MVP_x + MVP_y = 1,13 + 1,16 \cong 2,29$

SONUÇ: MVP Yöntem 2'ye göre ERC_5 binası; Çizelge 4.2'de verilen kriterler göz önünde bulundurularak $MVP_x + MVP_y < 5,0$ olduğundan dolayı "YHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

E.1.3. MVP Yöntem 3'e Göre Değerlendirme

Moment eksenli değerlendirme için (Bkz. Eşitlik 4.5):

- $M = \frac{1}{20} \frac{0,008[(1,0+0)+(1,5+0)]220000}{946} \frac{(21,5+11)}{12} \cong 0,63 < 1,5$

SONUÇ: MVP Yöntem 3'e göre ERC_5 binası; Çizelge 4.3'te verilen kriterler göz önünde bulundurularak $M < 1,5$ olduğundan dolayı "YHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

E.1.4. MVP Yöntem 4'e Göre Değerlendirme

Kesme Kuvveti eksenli değerlendirme için (Bkz. Eşitlik 4.7):

- $V = 5,86 \frac{1160}{2000,7} \frac{[(1,0+1,5)+(0+0)]}{946} \cong 0,44 < 1,0$

SONUÇ: MVP Yöntem 4'e göre ERC_5 binası; Çizelge 4.4'te verilen kriterler göz önünde bulundurularak $V < 1,5$ olduğundan dolayı "YHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

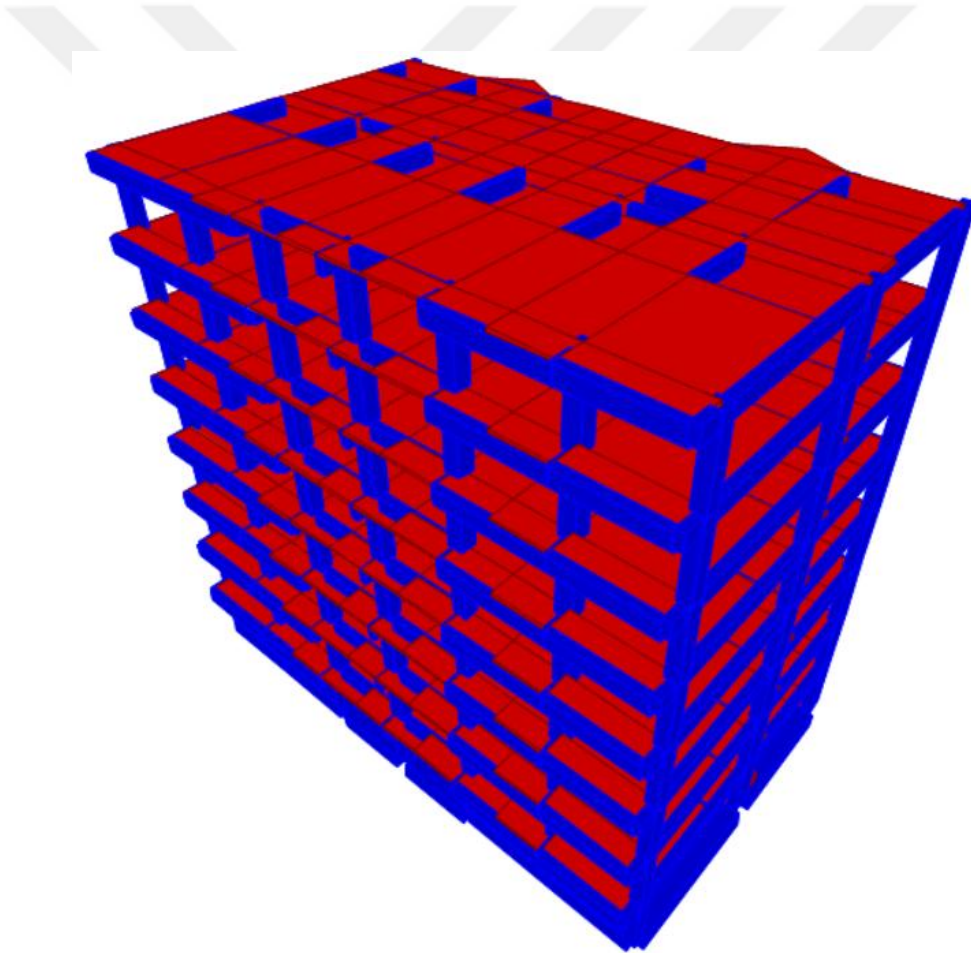
E.1.5. MVP Yöntem 5'e Göre Değerlendirme

Eksenel Yük tabanlı değerlendirme için (Bkz. Eşitlik 4.8):

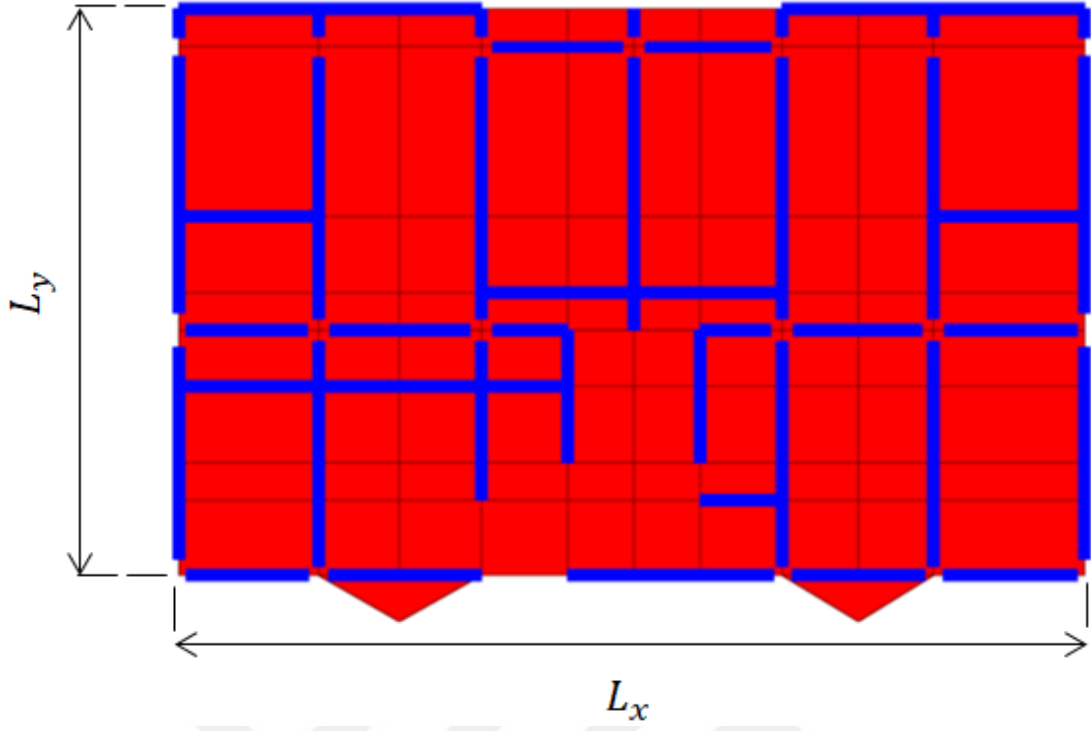
- $P = \frac{10930[(1,0+1,5)+(0+0)]}{12(946)} \cong 2,41 < 4,5$

SONUÇ: MVP Yöntem 5'e göre ERC_5 binası; Çizelge 4.4'te verilen kriterler göz önünde bulundurularak $P < 4,5$ olduğundan dolayı "YHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

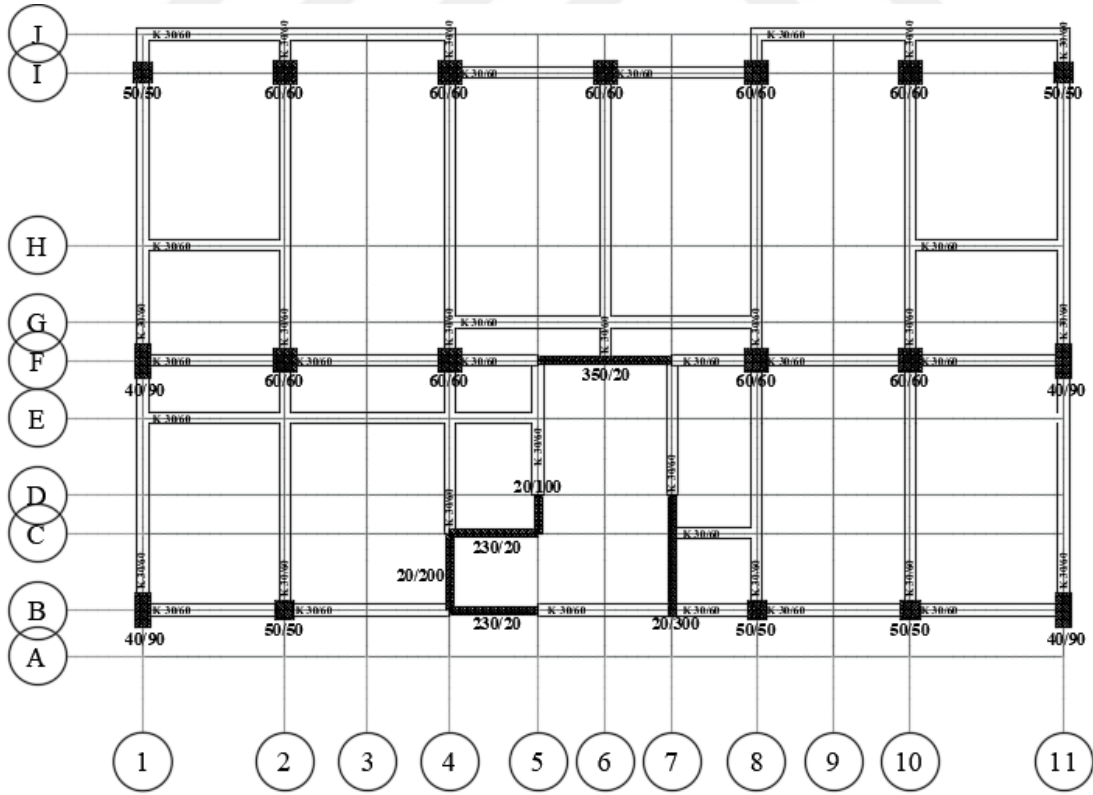
Ek 2. VANMRK_10 binası için sayısal uygulama



Şekil E.2.1. VANMRK_10 binasının üç boyutlu modeli



Şekil E.2.2. VANMRK_10 binasının üstten görünüşü ve (L_x, L_y) 'nin belirlenmesi



Şekil E.2.3. VANMRK_10 binasının plan görüntüsü

Çizelge E.2.1. VANMRK_10 Bina Bilgileri

VANMRK_10 Binasına Ait Veriler ve Varsayımlar	
Binanın yeri	İpekyolu/Van
Binanın Kullanım Amacı	Konut Binası
Bina Yapım Yılı	2005
Kat Sayısı (n)	8
Bina Yüksekliği (H)	24 m
Beton Dayanımı (f_{ck})	15,0 N/mm ² (MPa)
Betonun Karakteristik Çekme Dayanımı (f_{ctk})	1,36 MPa ($0,35\sqrt{f_{ck}}$)
Boyuna Donatı Akma Dayanımı (f_y)	420 MPa
Sargılama Bölgesindeki Etriye Aralığı (s)	100 mm
Ortalama Boyuna Donatı Oranı (ρ)	0,01 (ABYYHY, 1997 sonrası)
Bina En/Boy Değerleri	L_x : 24 m, L_y :14 m
Zemin Kat Alanı ($A_{floor} = L_x \cdot L_y$)	336 m ²
Toplam Kat Alanı ($\sum A_{floor} = n \cdot L_x \cdot L_y$)	2688 m ²
1m ² 'ye Düşen Ağırlık	12 kN/m ²
Her Katın Ağırlığı ($L_x \cdot L_y \cdot 12$)	4032 kN
Toplam Bina Ağırlığı ($W = n \cdot L_x \cdot L_y \cdot 12$)	32256 kN
x-Yönü Toplam Kolon Kesit Alanı	$9(0,6) \cdot (0,6) + 5(0,5)(0,5) = 4,49 \text{ m}^2$
x-Yönü Toplam Perde Duvar Kesit Alanı	$2(2,4)(0,2) + 1(3,5)(0,2) = 1,66 \text{ m}^2$
y-Yönü Toplam Kolon Kesit Alanı	$9(0,6)(0,6) + 5(0,5)(0,5) + 4(0,9)(0,4) = 5,93 \text{ m}^2$
y-Yönü Toplam Perde Duvar Kesit Alanı	$1(0,2)(3,0) + 1(0,2)(2,0) + 1(0,2)(1,0) = 1,2 \text{ m}^2$
Deprem yükü azaltma katsayısı (R)	2
Spektral İvme Değeri (S_a)	1
Ağır çıkma Durumu (α) Yok(1,0)/ Var (1,4)	1,4
Yumuşak Kat Durumu (β) Yok(1,0)/ Var (1,4)	1,4
Kısa Kolon Durumu (γ) Yok(1,0)/Var (1,4)	1,0
Burulma Durumu (φ) Az-Yok(1,0)/ Orta (1,4)/Çok(1,9)	1,4

E.2.1. MVP Yöntem 1'e Göre Değerlendirme

Moment Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.6):

- x-yönü için;

$$M_{rx} = 420000 \frac{24}{5} 0,01 [(4,49 + 1,66) + (5,93 + 1,2)] = 267724,8 \text{ kNm}$$

- y-yönü için;

$$M_{ry} = 420000 \frac{14}{5} 0,01 [(4,49 + 1,66) + (5,93 + 1,2)] = 156172,8 \text{ kNm}$$

Kesme Kuvveti Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.13):

- x -yönü için; $V_{rx} = 1,4(1360) \left(\frac{100}{100}\right)^{0.7} (4,49 + 1,66) = 11709,6 \text{ kN}$
- y -yönü için; $V_{ry} = 1,4(1360) \left(\frac{100}{100}\right)^{0.7} (5,93 + 1,2) = 13575,5 \text{ kN}$

Eksenel Yük Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.17):

- $P_r = 15000[(4,49 + 1,66) + (5,93 + 1,2)] = 199200 \text{ kN}$

Kesme Kuvveti Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.15):

- $V_d = 6(2688) = 16128 \text{ kN}$

Moment Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.7):

- $M_d = \frac{2}{3}(24)16128 = 258048 \text{ kNm}$

Eksenel Yük Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.18):

- $P_d = 12(2688) = 32256 \text{ kN}$

MVP_x ve MVP_y Puanlarının Bulunması (Bkz. Eşitlik 4.1; Bkz. Eşitlik 4.2):

- $MVP_x = \frac{1}{(1,4)(1,4)} \frac{267724,8}{258048} + \frac{2}{(1,0)(1,4)} \frac{11709,6}{16128} + 0,2 \frac{199200}{32256} \cong 2,80 > 2,5$
- $MVP_y = \frac{1}{(1,4)(1,4)} \frac{156172,8}{258048} + \frac{2}{(1,0)(1,4)} \frac{13575,5}{16128} + 0,2 \frac{199200}{32256} \cong 2,75 > 2,5$

SONUÇ: MVP Yöntem 1'e göre VANMRK_10 binası; Çizelge 4.1'de verilen kriterler göz önünde bulundurularak $MVP_x > 2,5$ ve $MVP_y > 2,5$ olduğundan dolayı "DHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

E.2.2. MVP Yöntem 2'ye Göre Değerlendirme (Ana Yöntem)

Moment Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.6):

- x -yönü için;

$$M_{rx} = 420000 \frac{24}{5} 0,01[(4,49 + 1,66) + (5,93 + 1,2)] = 267724,8 \text{ kNm}$$
- y -yönü için;

$$M_{ry} = 420000 \frac{14}{5} 0,01[(4,49 + 1,66) + (5,93 + 1,2)] = 156172,8 \text{ kNm}$$

Kesme Kuvveti Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.13):

- x -yönü için; $V_{rx} = 1,4(1360) \left(\frac{100}{100}\right)^{0.7} (4,49 + 1,66) = 11709,6 \text{ kN}$

- y -yönü için; $V_{ry} = 1,4(1360) \left(\frac{100}{100}\right)^{0,7} (5,93 + 1,2) = 13575,5 \text{ kN}$

Eksenel Yük Kapasitesinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.17):

- $P_r = 15000[(4,49 + 1,66) + (5,93 + 1,2)] = 199200 \text{ kN}$

Kesme Kuvveti Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.15):

- $V_d = 6(2688) = 16128 \text{ kN}$

Moment Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.7):

- $M_d = \frac{2}{3}(24)16128 = 258048 \text{ kNm}$

Eksenel Yük Talebinin Bulunması (Bkz. Eşitlik 3.18):

- $P_d = 12(2688) = 32256 \text{ kN}$

MVP_x ve MVP_y Puanlarının Bulunması (Bkz. Eşitlik 4.1; Bkz. Eşitlik 4.2):

- $MVP_x = \frac{1}{(1,4)(1,4)} \frac{267724,8}{258048} + \frac{2}{(1,0)(1,4)} \frac{11709,6}{16128} + 0,2 \frac{199200}{32256} \cong 2,80$
- $MVP_y = \frac{1}{(1,4)(1,4)} \frac{156172,8}{258048} + \frac{2}{(1,0)(1,4)} \frac{13575,5}{16128} + 0,2 \frac{199200}{32256} \cong 2,75$
- $MVP_x + MVP_y = 2,80 + 2,75 = 5,55$

SONUÇ: MVP Yöntem 2'ye göre VANMRK_10 binası; Çizelge 4.2'de verilen kriterler göz önünde bulundurularak $MVP_x + MVP_y > 5,0$ olduğundan dolayı "DHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

E.2.3. MVP Yöntem 3'e Göre Değerlendirme

Moment eksenli değerlendirme için (Bkz. Eşitlik 4.5):

- $M = \frac{1}{20} \frac{0,01[(4,49+1,66)+(5,93+1,2)]420000}{(2688)} \frac{(24+14)}{24} \cong 1,64 > 1,5$

SONUÇ: MVP Yöntem 3'e göre VANMRK_10 binası; Çizelge 4.3'te verilen kriterler göz önünde bulundurularak $M > 1,5$ olduğundan dolayı "DHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

E.2.4. MVP Yöntem 4'e Göre Değerlendirme

Kesme Kuvveti eksenli değerlendirme için (Bkz. Eşitlik 4.7):

- $V = 5,86 \frac{1360}{100^{0,7}} \frac{[(4,49+1,66)+(5,93+1,2)]}{2688} \cong 1,57 > 1,0$

SONUÇ: MVP Yöntem 4'e göre VANMRK_10 binası; Çizelge 4.4'te verilen kriterler göz önünde bulundurularak $V > 1,5$ olduğundan dolayı "DHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.

E.2.5. MVP Yöntem 5'e Göre Değerlendirme

Eksenel Yük tabanlı değerlendirme için (Bkz. Eşitlik 4.8):

- $P = \frac{15000[(4,49+1,66)+(5,93+1,2)]}{12(2688)} = 6,18 > 4,5$

SONUÇ: MVP Yöntem 5'e göre VANMRK_10 binası; Çizelge 4.4'te verilen kriterler göz önünde bulundurularak $P > 4,5$ olduğundan dolayı "DHR" kategorisinde değerlendirilmektedir.



ÖZ GEÇMİŞ

1984 yılında Siirt ilinin Kurtalan ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Kurtalan Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda ve orta öğrenimini Siirt Atatürk Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2008 yılında Siirt Üniversitesi İlköğretim Matematik Öğretmenliği bölümünden birinci olarak mezun oldu. Lisans öğrenimini tamamladıktan sonra 2008-2015 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı ortaokullarda matematik öğretmeni olarak görev yaptı. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü üçüncülükle tamamlayarak 2015 yılında Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde yapılan kurum içi unvan değişikliği sınavıyla Van İl Milli Eğitim Müdürlüğüne İnşaat Mühendisi olarak atandı. Şu an Siirt Milli Eğitim Müdürlüğü bünyesinde İnşaat Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır. Yayınlanmış/yayınlanması için bilimsel dergiye gönderilmiş akademik ve bilimsel çalışmaları şöyledir:

Çelik, H.C., Ceylan, H., 2009. "Lise Öğrencilerin Matematik ve Bilgisayar Tutumlarının Çeşitli Değişkenler Açısından Karşılaştırılması", *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, sayı 26: 92-101.

Erdil B., Ceylan H., 2018. MVP interaction based seismic vulnerability assessment of RC buildings. *Natural Hazards Review* (yayımlanmak üzere gönderildi).

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 16/04/2018

Tez Başlığı / Konusu: **Mevcut Betonarme Binaların Moment, Kesme Kuvveti ve Eksenel Yük (MVP) Etkileşim Tabanlı Yeni Bir Yöntem İle Sismik Performanslarının Belirlenmesi**

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 39 sayfalık kısmına ilişkin, 16/04/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 0 (Sıfır) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.


16.04.2018

Adı Soyadı: Harun CEYLAN

Öğrenci No: 159101171

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: İnşaat Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL


(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)