

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AZ VE ÇOK KATLI YAPILARDA BİLGİ DÜZEYİ SEVİYESİNİN BİNANIN PERFORMANSINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Merve SOYLU BİROL

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AZ VE ÇOK KATLI YAPILARDA BİLGİ DÜZEYİ
SEVİYESİNİN BİNANIN PERFORMANSINA ETKİSİ**


YÜKSEK LİSANS TEZİ

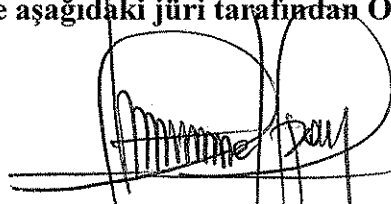
İnş.Müh. Merve SOYLU BİROL


Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 15.06.2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Ahmet APAY
Üye


Prof. Dr. Kemalçetin YILMAZ
Üye

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarımı her aşamada izleyip değerlendirerek yön veren Sn. Yrd. Doç. Dr. Zeki ÖZYURT'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca daha iyi bir seviyeye gelmem için maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok değerli babam Ali SOYLU'ya, çok değerli aileme ve eşim Ersin BİROL'a şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÖZET... ..	xi
SUMMARY.....	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Konunun Tarihsel Gelişimi	3
1.2. Konuyla İlgili Çalışmalar	6
1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	7

BÖLÜM 2.

PERFORMANSA DAYALI DEĞERLENDİRME.....	9
2.1. Dünya Standartlarında Performans Analizi Yöntemleri	9
2.2. 2007 Türk Deprem Yönetmeliği' ne Göre Performansa Dayalı Değerlendirme	12
2.2.1. Binalardan bilgi toplanması	13
2.2.1.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi.....	14
2.2.1.2. Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi.....	15
2.2.1.3. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi.....	16
2.2.1.3. 1Bina geometrisi	16
2.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	20
2.3.1. Kesit hasar sınırları.....	21
2.3.2. Kesit hasar bölgeleri.....	21
2.3.3. Kesit hasar tanımları.....	22

2.3.4. Eleman hasar tanımları	22
2.4. Binaların Deprem Performansı	22
2.4.1. Hemen kullanım (hasarsızlık) performans düzeyi	22
2.4.2. Can Güvenliği (orta hasar) performans düzeyi	23
2.4.3. Göçme öncesi (ağır hasar) performans düzeyi	24
2.4.4. Göçme durumu	24
2.5. Deprem Hareketi	25
2.5.1. Servis (kullanım) depremi	25
2.5.2. Tasarım depremi	25
2.5.3. En büyük deprem	25
2.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri	27
2.7. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	28
2.8. Yapı Elemanlarının Performans Değerlendirmesi	30

BÖLÜM 3.

SAYISAL UYGULAMALAR	32
3.1. Bina Bilgileri	33
3.2. Malzeme Bilgileri	33
3.3. Proje Parametreleri	34
3.4. Yükler	34
3.5. Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması	35
3.5.1. Can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	35
3.5.1.1. İki katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	35
3.5.1.2. Dört katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	37
3.5.1.3. Yedi katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	39
3.5.1.4. On katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	42
3.5.2. Plastikleşen kolon oranları	45
3.5.3. Yatay yük taşıma kapasiteleri	47

3.5.4. Göçme bölgesi giriş hasar oranları..... 49

BÖLÜM 4.

SONUÇ VE ÖNERİLER..... 50

KAYNAKLAR 54

ÖZGEÇMİŞ 57

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
b_w	: Kiriş gövde genişliği
BHB	: Belirgin hasar bölgesi
d	: Kiriş faydalı yüksekliği
DBYBHY	: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik 2007
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_0$: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut beton çekme dayanımı
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
GV	: Güvenlik sınırı
GÇ	: Göçme sınırı
GÖ	: Göçmenin önlenmesi
GB	: Göçme bölgesi
HK	: Hemen kullanım
h_{ji}	: i 'inci katta j 'inci kolon veya perdenin kat yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
İHB	: İleri hasar bölgesi
KBD	: Kapsamlı bilgi düzeyi
MN	: Minimum hasar sınırı
MHB	: Minimum hasar bölgesi

N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
OBD	: Orta bilgi düzeyi
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
r	: Etki-kapasite oranı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$S_{ae1}^{(1)}$: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
$S_{del}^{(1)}$: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme
SBD	: Sınırlı bilgi düzeyi
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
$T_1^{(1)}$: Başlangıçtaki ($I=1$) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
TSD	: Tek serbestlik dereceli
V_c	: Betonun kesme dayanımına katkısı
V_e	: Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V	: Taban kesme kuvveti
$(\delta_i)_{max}$: Binanın i 'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
δ_{ji}	: i 'inci katta j 'inci kolon veya perdenin kat alt ve üst uçları arasındaki yerdeğiştirme farkı
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. KSY ve DKY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi [25]	11
Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	22
Şekil 2.2. DBYBHY ivme spektrumu [28]	26
Şekil 3.1. Bina zemin kat kalıp planı	32
Şekil 3.2. İki katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş	33
Şekil 3.3. Plastikleşen kolon yüzdeleri	45
Şekil 3.4. Yatay yük taşıma kapasiteleri	48
Şekil 3.5. Göçme bölgesi kiriş hasar yüzdeleri	49

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	13
Tablo 2.3. Eleman detayları mukayese tablosu	18
Tablo 2.4 Malzeme Özellikleri mukayese tablosu.....	20
Tablo 2.5. Spektrum karakteristik periyodları (T_A , T_B)	26
Tablo 2.6 Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).....	27
Tablo 2.7. Binalar için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri [28]	27
Tablo 2.8. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)	30
Tablo 2.9. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)	31
Tablo 2.10. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)	31
Tablo 3.1. İki katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	36
Tablo 3.2. İki katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	36
Tablo 3.3. İki katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	36
Tablo 3.4. Dört katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	37
Tablo 3.5. Dört katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	38
Tablo 3.6. Dört katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	38

Tablo 3.7. Yedi katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	39
Tablo 3.8. Yedi katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	40
Tablo 3.9. Yedi katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	41
Tablo 3.10. On katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	42
Tablo 3.11. On katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	43
Tablo 3.12. On katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri	44

ÖZET

Anahtar kelimeler: Performans Değerlendirmesi, Bilgi Düzeyi, Bilgi Düzeyinin Güçlendirme Maliyetine Etkisi

Son yıllarda meydana gelen depremlerde oluşan hasarın ve ekonomik kayıpların çok büyük miktarda olması Deprem Mühendisliği'nde Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirmenin önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir.

2007 Deprem Yönetmeliğinin yürürlüğe girmeden önceki yıllarda geçerli olan Deprem Yönetmeliklerine göre projelendirilmiş olan mevcut bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle binanın yapılmış olan durumunun yeterli ölçüde bilinmesi gereklidir. Bu amaçla mevcut binalardan yapısal sistem özellikleri, boyutlar, malzeme ve detaylarla ilgili bilgilerin toplanması gereklidir.

Bu çalışmada 2007 öncesi Deprem Yönetmeliklerine göre projelendirilmiş olan betonarme çerçeveli bir bina için farklı bilgi düzeylerinin binanın performansına olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca kat adeti 2, 4, 7, 10 olarak değiştirilmek suretiyle kat adeti değişiminin performansa etkisi de araştırılmıştır.

Daha önceki yıllarda projelendirilmiş olan ve 2007 Deprem Yönetmeliği 7. Bölüme göre değerlendirildiğinde performans düzeyleri can güvenliğini sağlamayan 2, 4, 7 ve 10 katlı binaların taşıyıcı sistemlerinin güçlendirilmesinin gerektiği belirlenmiştir. Bu kapsamda aynı kat adedi için, bilgi düzeyi katsayısının artması bina performansını daha iyi duruma getirmiştir. Bilgi düzeyi sabitken kat adedi fazla olan binaların performansı düzeyi daha iyi çıkmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kat adedi arttıkça, kapsamlı bilgi düzeyinde analiz yapıldığında güçlendirme maliyetinin önemli ölçüde azalacağı ve dolayısıyla bilgi düzeyinin artırılması için gereken maliyetin güçlendirme maliyetinin yanında oldukça küçük boyutlarda kalacağı dikkate alındığında, kapsamlı bilgi düzeyi için gereken maliyete katlanmaya değer olduğu ortaya çıkmıştır.

THE EFFECT OF THE LEVELS OF KNOWLEDGE ON THE EARTHQUAKE PERFORMANCE OF MULTI-STOREY AND FEWER-STOREY RC BUILDINGS

SUMMARY

Key words: Performance Evaluation, Data Level, The efficient of the data level to the strengthen cost value

In recent years, earthquakes which caused important damages and much economic lost, again have showed that performance based design and evaluation is very important in Earthquake Engineering.

It is necessary to know the information about the construction to determine the performance evaluation of the reinforced concrete structure. For this aim; the structural system details, dimensions and material properties should be informed from the existing structure.

In this study; the effects of the information levels about the 2, 4, 7, 10 storied reinforced concrete structures which have same plan was investigated.

Result of this studies showed that, the same planned 2, 4, 7, 10 storied reinforced concrete structures have not provided the life safety and the structures have to be strengthen. When the story number is fixed and the knowledge coefficient was increased, the performance evaluation of the structures was better than than the preceding performance level. When the knowledge coefficient is fixed and the story number was increased, the performance level was better than the preceding level. According to this results in high rise building the strengthen cost value is significantly decline in value when analysing in comprehensive knowledge level and if consider that the strengthen cost value is foot up pretty high than the knowledge level increase cost, it is worst to be folded to cost of the reach of the comprehensive knowledge level.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Performans kavramı, Deprem Mühendisliği'nde yeni gelişen bir kavramdır. Öncelikle mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanması ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Ancak, daha sonra özellikle Priestley' in başını çektiği bir grup bilim adamı tarafından bu yöntemin yeni yapıların tasarımında da kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Geleneksel deprem yönetmeliklerinde benimsenen, “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi” ilkesi de belirli bir performans düzeyini kabul eder. Fakat performansa dayalı tasarımda, yapılar için hedeflenen performans düzeyleri, Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçmenin Önlenmesi (GÖ) gibi çeşitlilik göstermektedir. Elastik analiz, genel olarak yapının elastik kapasitesi ve ilk akmanın nerede oluşabileceği konusunda yeterli bilgi verebilir. Bu nedenle Hemen Kullanım (HK) performans düzeyi için yeterli sayılabilir. Fakat bu yöntemle, göçme mekanizmasını ve plastik kesitlerin oluşumu sürecinde kuvvetlerin yeniden dağılımını belirlemek imkansızdır. Bu nedenle Can Güvenliği (CG), Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyleri için elastik ötesi davranışı içeren hesap yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Deprem Mühendisliği'nde Performansa Dayalı Tasarım Yöntemi, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin belirlenmesi için kullanılır. Performans seviyesi, depremden sonra yapıda meydana gelecek hasar seviyesi ile ölçülür. Bilindiği üzere, deprem yönetmeliklerinde verilen deprem etkisi ve sınır durum ile bir performans seviyesi tanımlanmıştır. Performansa dayalı tasarımda

belirli bir deprem etkisinde yapıda birden fazla performans (hasar) seviyesinin ortaya çıkması öngörülür [1].

Yönetmeliklerde yer alan ve yapıların yatay yükler altındaki analizleri için kullanılmakta olan yöntemler, genel olarak yapıların deprem etkileri altında doğrusal-elastik davranış göstereceği esasına dayanmaktadır. Deprem etkilerine göre yapı sistemlerinin analizinde, malzemenin doğrusal-elastik sınır ötesindeki davranışını dikkate almak üzere, taşıyıcı sistem davranış katsayısı tanımlanmakta ve elastik deprem yükleri bu katsayıya bağlı olarak bir deprem yükü azaltma katsayısı ile küçültülmektedir. Dolayısıyla doğrusal-elastik analiz yöntemlerinde yapının davranışı hesaplanan katsayıya bağlı kılınmaktadır. Gerçekte ise, deprem etkileri, yapıların büyük miktarda enerji sönümlendiği elastik ötesi davranışa neden olmakta ve bunun sonucu doğrusal-elastik analiz yöntemleri ile tasarlanan yapılarda ağır hasara neden olmaktadır. “Doğrusal-elastik davranış” kabulü, analizleri önemli miktarda kolaylaştırmasına ve yapının elastik kapasitesini iyi bir şekilde belirlemesine karşı, yapının göçme mekanizmasının belirlenmesi ve elastik ötesi kapasitesinin devreye sokulması konusunda yetersiz kalmaktadır. Ayrıca doğrusal-elastik analiz yöntemleri ile yapı sisteminin deprem etkileri altında gerçek performansının anlaşılması mümkün olmamaktadır [2].

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılabilmektedir. Dayanım (kuvvet) bazlı değerlendirme adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem yüklerinden oluşan ve lineer teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmakta ve yapı elemanının sünekliğini göz önüne alan, eleman bazındaki bir tür deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak, binadan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Yerdeğiştirme ve şekil değiştirme bazlı değerlendirmenin esas alındığı ve genel olarak malzeme geometri değişimleri bakımından lineer olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde ise, belirli bir deprem etkisi için binadaki yerdeğiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir [3].

DBYBHY 2007'nin 7. Bölümü'nde ise "Performansa Dayalı Değerlendirme" veya deplasmanların esas olarak alındığı hesap tarzı benimsenmiştir. Performansa dayalı değerlendirmede, mevcut bir binanın öngörülen deprem zorlaması sırasında ne yapacağı tahmin edilmesi söz konusu olabilmekte; binanın ne kadar yerdeğiştirme yapacağı ve bu yerdeğiştirmeler altında, hangi yapı elemanlarında ne tür hasarların oluşacağı hasar dağılımının nasıl olacağı ve yapının muhtemel göçme mekanizmaları hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür [4].

1.1. Konunun Tarihsel Gelişimi

Deprem Mühendisliği'nde "deplasmana göre tasarım" veya "şekil değiştirmeye göre tasarım" olarak da isimlendirilen "performansa dayalı tasarım" kavramı 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. 1960' yıllardan beri, yapıların deprem hesabında zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan (nonlinear) hesap yönteminin, en ideal yöntem olduğu bilinmektedir. Fakat söz konusu hesap yönteminde, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını tanımlayan iç kuvvet şekil değiştirme bağıntılarının belirlenmesi ve deprem hesabında kullanılacak uygun ivme kayıtlarının seçilmesi gibi sorunlar vardır. Ve de yöntemin kullanılmasının çok zaman alıcı ve karmaşık olması nedeniyle, alternatif yöntem arayışına gidilmiştir.

Belirli bir performans düzeyini gerçekleştirmek için kaçınılmaz olarak uygulanması gereken elastik ötesi hesap yöntemleri arasında, basitleştirilmiş çözüm olarak sunulan "Nonlinear Statik Yöntem", geleneksel olarak lineer davranışa koşullandırılmış biçimde gelişen mühendislik pratiğince hemen kabul görmüştür [1].

Nonlinear statik yöntem algoritmalarının uygulanması, çok serbestlik dereceli (ÇSD) yapı modelinin eşdeğer tek serbestlik dereceli (TSD) yapı modeline dönüştürülmesini gerekli kılmaktadır. Gülkan ve Sözen [5], betonarme TSD sistemlerin deprem simülatörü deneylerine dayanarak, yapı sistemlerinin elastik ötesi davranışının azaltılmış direngenlik ve artırılmış sönümlü TSD yapı sistemleri ile tanımlanabileceğini bulmuşlardır. Gülkan ve Sözen'in bu çalışması daha sonra, Shibata ve Sözen[6] tarafından ÇSD sistemler için Yerine Koyma Yöntemi (substitutude structure method) adıyla verilmiştir. Yerine Koyma Yöntemi, betonarme

yapılar için, tasarım spektrumu ile verilen deprem hareketine ait tasarım kuvvetlerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem günümüzde, Priestley [7], Priestley ve Kowalsky [8] ve Priestley [9] tarafından “Direkt Deplasmana Dayalı Tasarım” yönteminin geliştirilmesinde faydalanılmıştır.

1981 yılında, Saiidi ve Sözen [10] tarafından önerilen Q-Model’de ilk kez, yapı elemanlarının moment eğrilik ilişkileri kullanılmıştır. Burada, TSD sistemin kuvvet yerdeğiştirme karakteristiklerini elde etmek amacıyla moment-eğrilik eğrisinin iki doğrulu olarak idealleştirilmesi yapılmıştır. Daha sonra, Fajfar ve Fischinger [11], Q-Model’den esinlenerek geliştirdikleri “N2 Metod” unu önermişlerdir.

Freeman [12] tebliğinde, elastik ötesi sismik tasarım hesabı için elde edilen yanal yük-yapı tepe noktası yerdeğiştirmesi diyagramının (statik itme eğrisi) ilk olarak 1961 yılında John Blume, Nathan Newmark ve Leo Corning tarafından ortaya konulduğunu bildirmiştir. 1970’li yılların başında bu teknik, Puget Sound Naval Shipyard’da uygulanan pilot sismik risk projesi için geliştirilen “Hızlı Değerlendirme Yöntemi” nin bir enstrmanı olarak “Kapasite Spektrum Metodu (KSM)” adını almıştır. KSM, verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yerdeğiştirmelere ilişkin deprem isteminin belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesidir [13]. Paret vd. [14] ve Sasaki vd. [15], yüksek modların etkisini hesaba katmak amacıyla “ Çok Modlu İtme Analizi” ni (Multi Modal Pushover Analysis) önermişlerdir. Bu çalışmanın bir uzantısı olarak Chopra ve Goel [16] Modal İtme Analiz (Modal Pushover Analysis–MPA) tekniğini geliştirmişlerdir. Yüksek mod etkisinin dikkate alındığı çalışmalardan biri de Moghadam [17] tarafından yapılmıştır. Moghadam yüksek mod etkilerini “Statik İtme Sonuçlarının Kombinasyonu” (Pushover Results Combination-PRC) adını verdiği bir yöntemle birleştirerek sismik davranışının maksimumlarını belirlemeye çalışmıştır.

Yapıların elastik ötesi davranışında, plastik mafsalların oluşumu ile birlikte, sistemde önemli ölçüde direngenlik kaybının meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu bağlamda uyumlu (adaptive) veya her adımda değiştirilen dağılımlara göre sisteme etki

ettirilen yatay yüklerin kullanıldığı, daha güvenilir yöntemler pek çok araştırmacı tarafından önerilmiştir. Uyuşumlu yöntemlerin kullanılması, ilk olarak, Bracci vd. [18] tarafından KSM' nun üzerine bina edilerek gerçekleştirilmiştir. Gupta ve Kunnath [19] ise yük dağılımlarının hesaplanıp uygulandığı, en sonunda da yapıya gelen toplam taban kesme kuvvetinin Karelerin Toplamının Kare Kökü (SRSS) kuralı ile elde edildiği bir yöntem önermişlerdir.

Diğer bir uyumlu yük dağılımı yöntemi Elnashai, [20] tarafından ortaya konulmuştur. Elnashai, pek çok araştırmacı tarafından geliştirilen ve önerilen özellikleri bu çalışmada toplamıştır. Tek adımda statik itme analizi algoritmasında Elnashai, tamamen uyumlu, çok modlu, yapısal sistemin anlık direngenliğini ve anlık serbest titreşim periyodunu göz önüne alan, yanal yük dağılımının sürekli değiştiği bir yöntem geliştirmiştir. Papanikolaou ve Elnashai [21, 22] ise, uyumlu statik itme analizlerini daha sağlam ve sağlıklı temellere dayandıran bir prosedür önermişlerdir. Yöntemde plastik mafsal hipotezi yerine fiber eleman modelini kullanılmıştır.

Bu çalışmalara paralel olarak, Antoniou ve Pinho [23, 24] tarafından Yenilikçi Deplasmana Dayalı Uyuşumlu Statik İtme (İnnovative Displacement-Based Adaptive Pushover Procedure-DAP) prosedürünü ortaya koymuşlardır. Burada da, kesitler fiber elemanlarla modellenmiştir. Ayrıca, statik itme analizinde yanal kuvvetler yerine uyumlu yanal deplasmanlar kullanılmıştır.

Konu ile ilgili en önemli çalışmalardan biri Aydınoğlu [13] tarafından gerçekleştirilmiştir. Aydınoğlu' nun Artımsal Spektrum Analizi (ARSA) Yöntemi' nin esası, modal kapasite diyagramları adı verilen ve modal histeresis eğrilerinin iskelet eğrileri olarak tanımlanan diyagramların yaklaşık olarak elde edilmesine dayanmaktadır.

1.2. Konuyla İlgili Çalışmalar

1994 yılında Lawson R.S., Vance V., Karwinkler H. tarafından doğrusal olmayan statik artımsal itme analizini yöntemlerinin neden, nasıl ve hangi durumlarda kullanılması gerektiği konusunda detaylı bir çalışma yapılmıştır. Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin getirdiği sınırlamalar ve bu yöntemlerin uygulanması aşamasında karşılaşılan sorunlar ve yatay yük dağılımına bağlı olarak analiz sonuçlarının değişimi üzerinde durulmuştur.

1995 yılında Moghadam A.S., Tso W.K. tarafından yapılan çalışmada, simetrik olmayan yüksek katlı yapı sistemlerinde deprem esnasında büyük hasarlara neden olan burulma düzensizliğinin hasar seviyesine etkisini göstermek üzere, simetrik olmayan yapılarda doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin kullanımı üzerinde durulmuştur.

Tso W.K ve Moghadan A.S. 1996 yılında eksantrik çok katlı yapıların hasar potansiyellerinin belirlenmesi için basitleştirilmiş bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada yapıların deprem sırasındaki davranışlarında birinci mod etkilerinin hakim olduğu kabul edilmiştir.

Kilar V. ve Fajfar P. 1997'de yaptıkları çalışmada, aralarındaki oran sabit kalacak şekilde artmakta olan yatay yükler etkisindeki yapıların doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi için bir yöntem geliştirmiştir. Yöntemde yapıların düzlemsel makro elemanlardan oluştuğu kabul edilmiştir.

Karwinkler H. ve Seneviranta G.D.P.K. tarafından 1998'de yapılan çalışmada, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin dayandığı temel ilkeler özetlenmiş, yöntemlerin hassasiyeti değerlendirilmiştir. Ayrıca doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinin hangi durumlarda geçerli sonuçlar vereceği ve hangi durumlarda analiz sonuçlarının gerçekten uzaklaşacağı belirtilmiştir (Karwinkler ve SENEVİRANTA Sasaki K.K. , Freeman S.A., Paret T.F. tarafından 1998'de yüksek mod etkilerine bağlı olarak yapıların göçme mekanizmalarının belirlenmesine yardımcı olacak, yüksek mod esaslı doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi

yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem kullanılmakta olan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin kolaylıklarını devam ettirerek, bu analizlerin yüksek mod etkilerinin de kapsayacak şekilde genişletilmiş halidir.

1998 yılında Faella G., Kilar V. tarafından yapılan çalışmada, simetrik olmayan yapıların sismik analizi için kullanılan üç boyutlu doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerin kabul edilebilirliğini araştırmak üzere, doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi sonuçları ile kıyaslanmıştır.

1999 yılında Kim S.D., Hong W.K., Ju Y.K. tarafından, elastik ötesi bölgelerde elemanların değişen rijitliklerine bağlı olarak değişen mod şekilleri ile orantılı kuvvet dağılımlarını esas alan, bir dinamik elastik ötesi analiz yöntemi sunulmuştur. Bu yöntemde yapının elastik ötesi davranışa girmesiyle birlikte, yatay yüklerin dağılımı mod şekline göre değişmektedir. Yöntemin geçerliliği DRAIN Analiz Programından 8 elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile gösterilmiştir. Örnek çalışmada yedi katlı ve otuz altı katlı mevcut bir yapının analizleri gerçekleştirilmiştir (Kim, Hong ve Ju, 1999).

2002 yılında Antoniou S. Rovithakis A, Pinho R. tarafından doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin bazı kısıtlamalarını azaltmak üzere, yeni bir doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, yapının elastik ötesi davranışının çeşitli kademelerinde, elemanların değişen rijitliklerine ve yapı sisteminin dinamik özelliklerine bağlı olarak, yapı sistemi yüksekliği boyunca yatay yük dağılımının değişimini dikkate almakta ve yüksek mod etkilerini içermektedir [2].

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Ülkemizde depremlerin büyük hasarlara neden olmasının en önemli nedeni, binaların hangi yılda yapılmış olurlarsa olsun deprem etkileri dikkate alınmadan tasarlanmış ve yapılmış olmalarıdır. Mevcut binalarımızın neredeyse tamamı gerekli deprem dayanımına sahip değildir. Bu nedenle gelecekte meydana gelecek ve yerleşim

bölgelerini etkileyecek depremlerde deprem zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi gereklidir. Özellikle yıkılma veya ağır hasar görme riski yüksek olan binaların güçlendirilmesi, eğer güçlendirme işlemi ekonomik olarak verimli değilse de yıkılarak yeniden yapılması depremde en etkili zarar azaltma önleimidir.

Mevcut bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle binanın yapılmış olan durumunun yeterli ölçüde bilinmesi gereklidir. Bu amaçla mevcut binalardan toplanacak yapısal sistem özellikleri, boyutlar, malzeme ve detaylarla ilgili bilgilerin kapsamı Bölüm 2.2’de ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Daha sonra bu bilgiler kullanılarak binanın yapısal modeli oluşturulur ve deprem etkileri altında elemanlarda meydana gelecek iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler hesaplanır.

Çalışmada betonarme yapıların bilgi düzeylerindeki değişimlerin az katlı ve çok katlı yapıların performans analizine etkisini değerlendirmek üzere, planda taşıyıcı sistemleri aynı olan 2, 4, 7, 10 katlı betonarme çerçevesi sistemli yapılar incelenmiştir. Sınırlı, orta, kapsamlı bilgi düzeyleri her binada değiştirilerek bilgi düzeyi değişiminin bina performansına etkisi incelenmiştir.

Seçilen planda taşıyıcı sistemleri aynı olan 2, 4, 7 ve 10 katlı betonarme çerçevesi sistemli yapıların bilgi düzeyi değişimi ile yapılan performans analizinden elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak ilgili bölümlerde sunulmuştur.

BÖLÜM 2. PERFORMANSA DAYALI DEĞERLENDİRME

Son yıllarda özellikle kentsel alanlarda meydana gelen depremlerde yapılardaki hasarların ekonomik etkisinin çok büyük olması, depreme dayanıklı yapı tasarımında hasar kontrolünün de göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir. Buna bağlı olarak, geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yerini alması için performans (deprem güvenliğine) dayalı tasarım ve değerlendirme ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır [25].

Performansa Dayalı Deprem Mühendisliği'nde amaç, olası bir depremden performansları belirlenebilen yapıların inşa edilmesini sağlamaktır. Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde, tasarım yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar seviyelerinin sayısal olarak belirlenebilmesi mümkündür. Bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır [27].

2.1. Dünya Standartlarında Performans Analizi Yöntemleri

Son dönemde özellikle A.B.D ve Japonya'da yapıların tasarımı, deprem güvenliğinin belirlenmesi, onarımı ve güçlendirilmesi için performans esaslı yeni prosedürler geliştirilmekte ve bunlar ön standart (ATC 40, FEMA 356, VISION 2000, BLUE BOOK) olarak tartışmaya sunulmaktadır. Tüm bu dokümanlarda lineer olmayan statik analiz yöntemleri önemli yer tutmaktadır. Lineer olmayan statik analiz yöntemleri temel olarak, yapının yatay kuvvet taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrisinin belirlenmesini, bu kapasite eğrisinden yararlanarak göz önüne alınan deprem için yapının elastik olmayan maksimum deplasmanının (deplasman talebinin) hesaplanmasını ve bu deplasman değerine kadar statik olarak itilmiş

yapının performansının (deprem güvenliğinin) belirlenmesini içermektedir. Yapıların performansının değerlendirilmesinde lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden yaygın olarak kullanılanları, Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY) ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY)' dir [25].

Yapıların deprem etkileri altında performanslarının belirlenmesi için kullanılan ve bu alanda en popüler yöntemlerden birisi olan Kapasite Spektrumu Yöntemi Freeman S.A. (Freeman, 1998) tarafından geliştirilmiş ve daha sonra yöntem üzerinde çeşitli değişiklikler ve modifikasyonlar yapılmıştır. Kapasite Spektrumu Yöntemi ATC 40'da (Applied Technology Council, 1996) ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Yöntem ile ilgili olarak yapılan son gelişmelere ise FEMA 440'da yer verilmiştir [2].

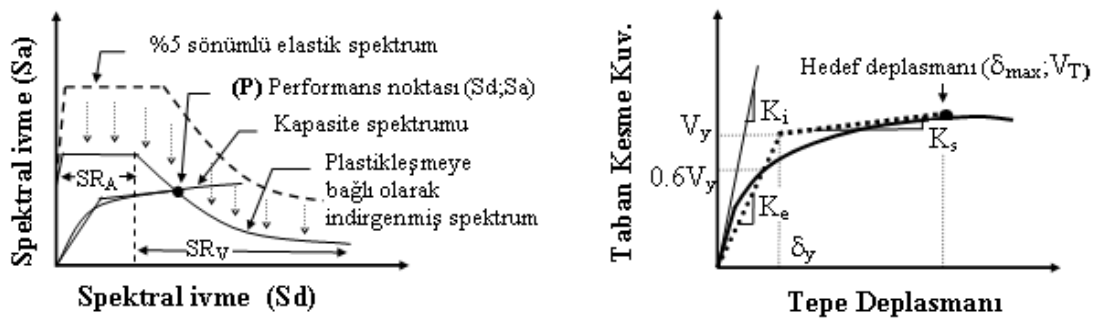
Kapasite Spektrum Yöntemi' nde, grafik bir prosedür sayesinde yapının kapasitesi yapıdaki deprem talebi ile karşılaştırılmaktadır. Yapının kapasitesi elastik ötesi statik itme analizi ile belirlenen yatay yük-yapı tepe noktası yerdeğiştirmesi eğrisi (kapasite eğrisi) ile temsil edilmektedir. İtme analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanları eşdeğer tek serbestlik dereceli (TSD) bir sistemin spektral ivmelerine ve spektral deplasmanlarına dönüştürülür. Bu spektral değerler kapasite spektrumunu tanımlar. Deprem talepleri yüksek sönümlü elastik spektrum ile tanımlanmaktadır. Ancak, bu spektrum da kapasite spektrumu gibi spektral ivme-spektral deplasman (ADRS) formatında ifade edilir. Aynı grafik üzerinde çizilen talep ve kapasite spektrumlarının kesişimi (performans noktası), elastik olmayan dayanım ve deplasman talebini verir. Tepe deplasmanı performans noktasına ulaşmış yapıda, kesitlerdeki iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyesini ifade eden sınır değerler ile karşılaştırılarak yapının performans düzeyi belirlenir [25].

FEMA 273 (1997)' de, deprem etki seviyeleri, doğrusal ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri, yapıların onarımı ve güçlendirilmesi hakkında açıklamalar yapılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları ile ilgili modelleme parametrelerine yer verilmiş, çelik ve betonarme yapıların performans seviyelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili kriterlere ve sınır değerlere ait kriterler sunulmuştur.

Ayrıca ahşap ve hafif metal yapıların performansa dayalı tasarımı ve değerlendirmesi ile ilgili konulara yer verilmiştir.

FEMA 356'da (Federal Emergency Management Agency, 2000) yer alan Deplasman Katsayıları Yöntemi'nde, Kapasite Spektrumu Yöntemi'nden farklı olarak, grafiksel bir çözüm yerine, yapının yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi için bir takım katsayılar kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan çok serbestlik dereceli sistemin beklenen maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme değeri, eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin elastik spektral yerdeğiştirmesinin katsayılar ile modifiye edilmesiyle hesaplanmaktadır. Deplasman Katsayıları Yöntemi ile ilgili olarak yapılan son gelişmelere FEMA 440'da (Federal Emergency Management Agency, 2004) yer verilmiştir [2].

Deplasman Katsayıları Yöntemi'nde, deplasman talebi esasen, istatistiksel analizlere dayanan bazı düzeltme çarpanları kullanılarak elastik deplasman spektrumundan elde edilen elastik olmayan deplasman spektrumu ile belirlenmektedir. Bu yöntemde de öncelikle kapasite eğrisi elde edilir. Bu eğri iki doğru parçası ile idealleştirilerek efektif periyot T_e ve ilgili düzeltme katsayıları kullanılarak deplasman talebi (hedef deplasmanı) hesaplanır. Bu deplasman değerine kadar itilmiş yapının performansının değerlendirilmesi işlemi Kapasite Spektrum Yöntemi'nde olduğu gibidir [25].



Şekil 1.1. KSY ve DKY ile deplasman taleplerinin belirlenmesi [25]

Vision 2000 (1995)' de, 1994 Northridge ve geçmiş depremlerin neden olduğu büyük yıkım ve ekonomik kayıplar göz önünde bulundurularak, yapı sistemlerinin deprem etkileri altında performansa dayalı tasarımı ve değerlendirmesi ile ilgili ilk adımlar atılmıştır. Vision 2000'de doğrusal olmayan analiz yöntemlerine, bu

yöntemlerin kullanılması ile ilgili avantaj ve dezavantajlara yer verilmiştir. Ayrıca deprem etki seviyeleri, performans hedefleri ve performans seviyeleri tanımlanmıştır [26].

Eurocode 8 (2004) doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Yapı sistemlerinin performansa dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi için, performans tanımlamalarına ve elamanlara ait modelleme parametrelerine yer verilmiştir [2].

Türk Deprem Yönetmeliği (2007)'nin, ilk Altı Bölümü, önceki deprem yönetmeliklerinde olduğu gibi, Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımını benimsemiştir. Bu nedenle ilk akmanın oluşumunu takip eden süreçte yapıda değişen dinamik karakteristikler, burada, göz önüne alınamamaktadır. Son Bölüm olan Yedinci Bölüm'de ise Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım ilkesi esas alınmıştır. Türk Deprem Yönetmeliği 2007'nin Yedinci Bölümü'nde Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri ve bu yöntemler kullanılarak bina performans düzeyinin belirlenmesi hesap adımları verilmiştir. Ayrıca yapıya etkiyen deprem etkisi, bu etki altında yapı performans hedefleri ve performans seviyeleri tanımlanmıştır.

2.2. 2007 Türk Deprem Yönetmeliği' ne Göre Performansa Dayalı Değerlendirme

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türündeki yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarının alınmasında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri 2007 Türk Deprem Yönetmeliği Bölüm 7'de verilmiştir.

Aşağıdaki bölümlerde, söz konusu temel ilkeler ve hesap kuralları ile betonarme binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirme yöntemleri gözden geçirilecektir.

2.2.1. Binalardan bilgi toplanması

Mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere, taşıyıcı sistem geometrisine, elemanların enkesit özelliklerine, malzeme karakteristiklerine ve zemin özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden, ilgili raporlardan, binada yapılacak gözlem ve ölçümler ile binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür [28].

Binalardan toplanan bilginin kapsam ve güvenilirliğine bağlı olarak;

- a) Sınırlı bilgi düzeyi
- b) Orta bilgi düzeyi
- c) Kapsamlı bilgi düzeyi

olmak üzere, yönetmelikte üç bilgi düzeyi tanımlanmış ve bu bilgi düzeyleri için eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları verilmiştir.

Tablo 2.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

2.2.1.1. Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi

Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir [28].

Eleman Detayları

Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin paspayları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılır. Ayrıca paspayı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleştirme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir [28].

Malzeme Özellikleri

Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği alınarak deney yapılır ve örneklerden elde edilen

en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınır. Donatı sınıfı, yukarıda açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilerek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenerek eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır [28].

2.2.1.2. Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi

Bina Geometrisi

Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir [28].

Eleman Detayları

Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değilse sınırlı bilgi düzeyindeki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanır. Ayrıca paspayı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu

katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenir [28].

Malzeme Özellikleri

Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olamamak üzere, her 400m²'den bir adet beton örneği TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılır. Eleman kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınır. Beton dağılımının binadaki dağılımı karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıda açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilerek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenerek bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır [28].

2.2.1.3. Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi

Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir [28].

Eleman Detayları

Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca paspayı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenir [28].

Malzeme Özellikleri

Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olamamak üzere, her 200m²'den bir adet beton örneği TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılır. Eleman kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınır. Beton dağılımının binadaki dağılımı karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıda açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilerek, her sınıftaki çelik için (S220,S420,vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılır, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenerek bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır [28].

2.2.1.4. Binalardan bilgi toplanması mukayese tabloları

Tablo 2.2. Bina geometrisi mukayese tablosu

	Sınırlı B.D.	Orta B.D.	Kapsamlı B.D.
Bina geometrisi	Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılır.	Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir.	Binanın betonarme projeleri mevcuttur.
	Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır.	Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılır.	Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir.
	Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır.		Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir
	Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenir		
	Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir [28].		

Tablo 2.3. Eleman detayları mukayese tablosu

	Sınırlı B.D.	Orta B.D.	Kapsamlı B.D.
Eleman Detayları	Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir.	Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değilse sınırlı bilgi düzeyindeki koşullar geçerlidir.	Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur.
	Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır.	Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanır.	Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenir.
	Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin paspayları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılır.	Paspayları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır.	Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır.
	Ayrıca paspayı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenir.		

Tablo 2.4 Malzeme Özellikleri mukayese tablosu

	Sınırlı B.D.	Orta B.D.	Kapsamlı B.D.
Malzeme Özellikleri	Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465’de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği alınarak deney yapılır ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınır.	Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olamamak üzere, her 400m ² ’den bir adet beton örneği TS-10465’de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılır.	Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olamamak üzere, her 200m ² ’den bir adet beton örneği TS-10465’de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılır.
	Donatı sınıfı, sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilerek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınır.		Donatı sınıfı, yukarıda açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilerek, her sınıftaki çelik için (S220,S420,vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılır, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanır.

2.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Binaların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılabilmektedir. Doğrusal elastik değerlendirme yöntemlerinin esasını oluşturan ve dayanım (kuvvet) bazlı değerlendirme adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem

yüklerinden oluşan ve doğrusal teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmakta ve yapı elemanının sünekliğini gözönüne alan, eleman bazındaki bir tur deprem yükü azaltma katsayıları çerçevesinde, binadan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinin esasını oluşturan, yerdeğiştirme ve şekil değiştirme bazı değerlendirmenin esas alındığı ve genel olarak malzeme ve geometri değişimleri akımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde ise, belirli bir deprem etkisi için binadaki yerdeğiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

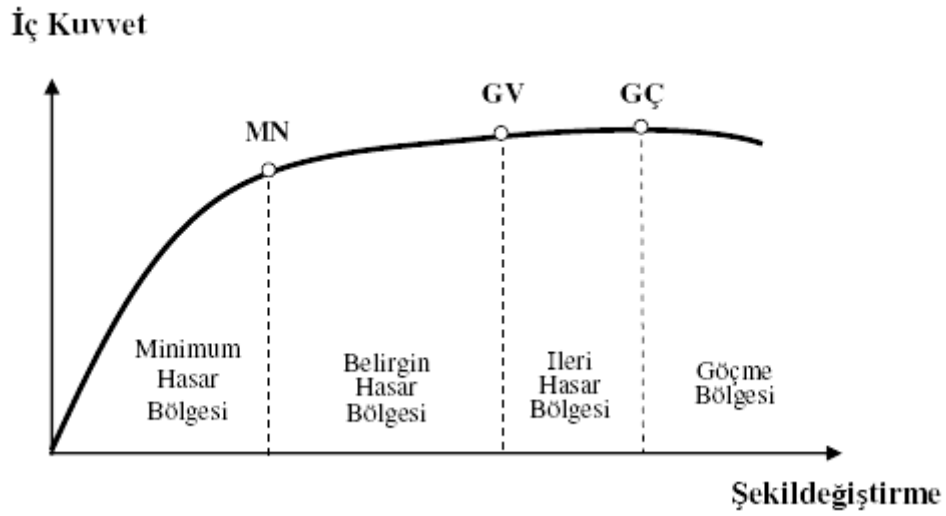
Her iki yaklaşımda da, yapı elemanları için hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanları “sünek” ve “gevrek” olarak iki sınıfa ayrılırlar. Sünek ve gevrek eleman tanımları, elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaştıkları ile ilgilidir.

2.3.1. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı'dır (GC). Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışı, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışını tanımlamaktadır. Eksenel basınç ve kesme gibi etkiler altında kapasitesine ulaşan gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışa izin verilmemektedir.

2.3.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri minimum hasar sınırına ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, minimum hasar sınırı ile güvenlik sınırı arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, güvenlik sınırı ve göçme hasar sınırı arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, göçme sınırını aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde kabul edilecektir (Şekil 2.1.) [28].



Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

2.3.3. Kesit hasar tanımları

Doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin, 2.3.2.'de tanımlanan kesit hasar sınırları ile karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hasar bölgelerine karar verilir.

2.3.4. Eleman hasar tanımları

Eleman hasarını, elemanın en fazla hasarlı kesiti belirler. Eleman hasarları için 2.3.2. ve 2.3.3.'deki tanımlar aynen geçerlidir.

2.4. Binaların deprem performansı

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarın durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır.

2.4.1. Hemen kullanım performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir ve elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Yapıda

kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir, ancak bunlar onarılabilir düzeydedir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile, binanın Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir. Güçlendirilmesine gerek yoktur.

2.4.2. Can güvenliği performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlarda hasar bulunmakla birlikte dolgu duvarları yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; ancak gözle fark edilebilir büyüklükte değildir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda, eğer varsa gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile, bina Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde kabul edilir.

Can güvenliği performans düzeyinin kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u asmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına

oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

2.4.3. Göçme öncesi performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli bir kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınmasında yeterlidir; ancak bazıları aksenal kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelemeler oluşmuştur.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesine geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar, belirgin hasar veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina, eğer varsa gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile, Göçmenin Öncesi Performans Düzeyi'nde kabul edilir.

Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u asmaması gerekir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve bina güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

2.4.4. Göçme durumu

Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyenler düşey yükleri taşıyabilmektedir; ancak rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelemeler oluşmuştur. Yapı tamamen yıkılmıştır veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddette bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir. Bina göçme öncesi performans

düzeşini sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın güçlendirme uygulanmadan, mevcut durumu ile kullanılması can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Bununla beraber, güçlendirme de çok kere ekonomik olmayabilir.

2.5. Deprem Hareketi

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda göz önüne alınmak üzere, farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık süreç içerisinde aşılma olasılıklarına göre ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilir.

2.5.1. Servis (kullanım) depremi

50 yılda aşılma olasılığı %50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Dönüş periyotları incelendiğinde kullanım depremi, binanın ömrü boyunca maruz kalabileceği bir deprem olarak kabul edilebilir [30]. Bu deprem etkisi aşağıda tanımlanan tasarım depreminin yarısı kadardır.

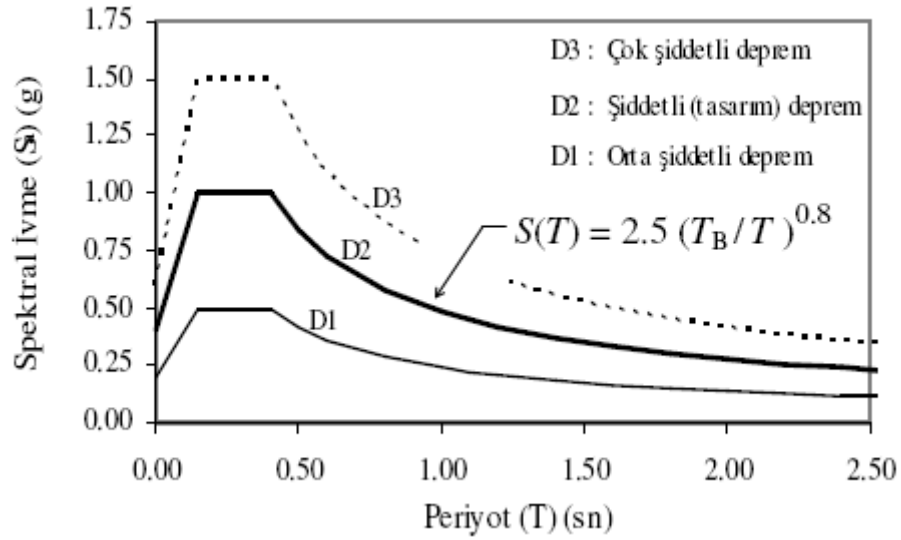
2.5.2. Tasarım depremi

50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 474 yıldır. Bu deprem 1998 Deprem Yönetmeliği'nde esas alınmaktadır [3]. Bina önem katsayısı 1 olan yeni konut yapıları için göz önüne alınan deprem etkisine karşı gelmektedir. Binanın ömrü boyunca maruz kalma ihtimali düşük bir etkidedir [30]. DBYBHY 2007'de tasarım depreminde, taşıyıcı sistemde yapısal elemanlarda oluşacak hasarı kabul eder, sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalmasını öngörür. Bu kabul, yani sınırlı hasarın kabul edilmesi taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının kullanılmasına karşılık gelir [30].

2.5.3. En büyük deprem

50 yılda aşılma olasılığı %2, dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan depremdir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık 1,5 katı kadardır [3]. En büyük

depremin yeni projelendirilen toplumsal önemli binalar için göz önüne alınan deprem etkilerine belirli bir yaklaşıklıkla karşı geldiği söylenebilir. Yeni binalarda bu deprem etkisi bina katsayısının 1'den büyük seçilmesiyle oluşur [30].



Şekil 2.2. DBYBHY ivme spektrumu [28]

DBYBHY-2007 'de tasarıma esas yer hareketinin belirlenmesinde kullanılan, ivme spektrumlarının T_A ve T_B karakteristik değerlerinin zemin sınıflarına göre dağılımı Tablo 2. 2.'de, deprem bölgelerine göre sınıflandırılan etkin yer ivmesi katsayıları (A_0) Tablo 2. 3.'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Spektrum karakteristik periyodları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Tablo 2.6 Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

2.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans düzeyi, performans hedefi olarak tanımlanır. Bir bina için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir. Mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Tablo 2.4.'de verilmiştir.

Tablo 2.7. Binalar için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri [28]

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

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme öncesi

2.7. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Gerek doğrusal elastik hesap yöntemlerinin gerekse doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanmasında, deprem hesabına ilişkin olarak, aşağıdaki ilke ve kurallar gözönünde tutulur.

- Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılır; ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 2.5'e göre yapılan değişiklikler gözönüne alınır. Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmaz. ($I = 1.0$).
- Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilir. Hareketli düşey yükler, deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır.
- Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilir.
- Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri bina alanının geoteknik raporuna ve deprem yönetmeliğinin ilgili bölümüne göre belirlenir.
- Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekil değiştirmeleri yeter doğrulukta hesaplayacak şekilde hazırlanmalıdır.
- Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanır, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmaz.
- Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre 2.2.1'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılır.
- Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanır.
- Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

- a. Analizde beton ve donatı çeliğinin 2.2.1’de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.
 - b. Betonun maksimum basınç birim kısalması 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim sekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
 - c. Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemlili diyagramlar olarak modellenebilir.
 - Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir.
 - Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılabilir:
 - a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 - b) Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda:
 $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 - $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$
- Eksenel basınç kuvveti N_D ’nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlama kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir on düşey yük hesabı ile belirlenir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılır.
- Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.
 - Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.
 - Zemindeki sekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılmalıdır.

2.8. Yapı Elemanlarının Performans Değerlendirmesi

Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflandırılırlar.

Betonarme yapı elemanlarında oluşacak hasarların belirlenmesinde kullanılacak eleman hasar sınırlarının sayısal değerleri burada tanımlanmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile sünek elemanların hasar sınırlarının tanımında kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş yığma dolgu duvarların kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır [28].

Tablo 2.8. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho b}$	Sargılama	$\frac{V}{bw.d.fctm}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4
	Gevrek	Kirişler	1	1	1

Tablo 2.9. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{Ac f_c}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w.d.f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4	Var	≥ 1.30	2	3	5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
Gevrek	Kolonlar		1	1	1

Tablo 2.10. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6
Gevrek Perdeler	1	1	1

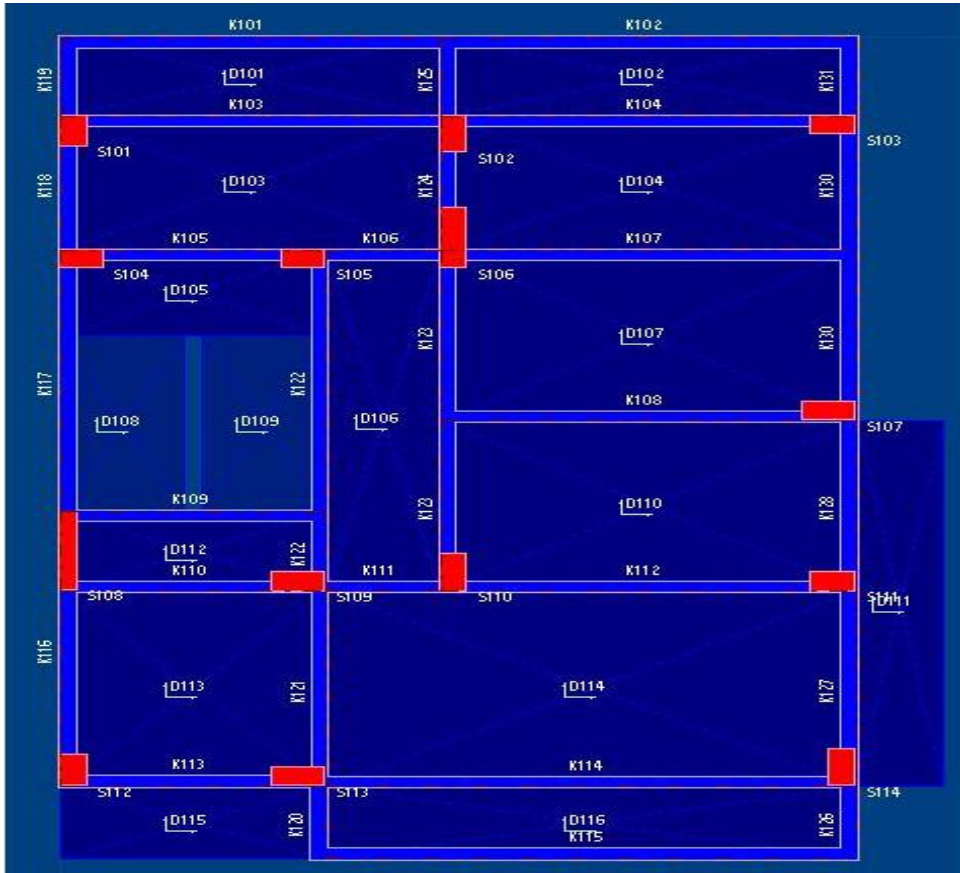
Sünek kolon ve kirişlerin kritik kesitlerinde, eğilme kapasitesi ile uyumlu kapasite kesme kuvveti V_e 'nin kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. Aşması durumunda bu elemanlar gevrek eleman sınırında sayılırlar [28].

Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin, kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır [28].

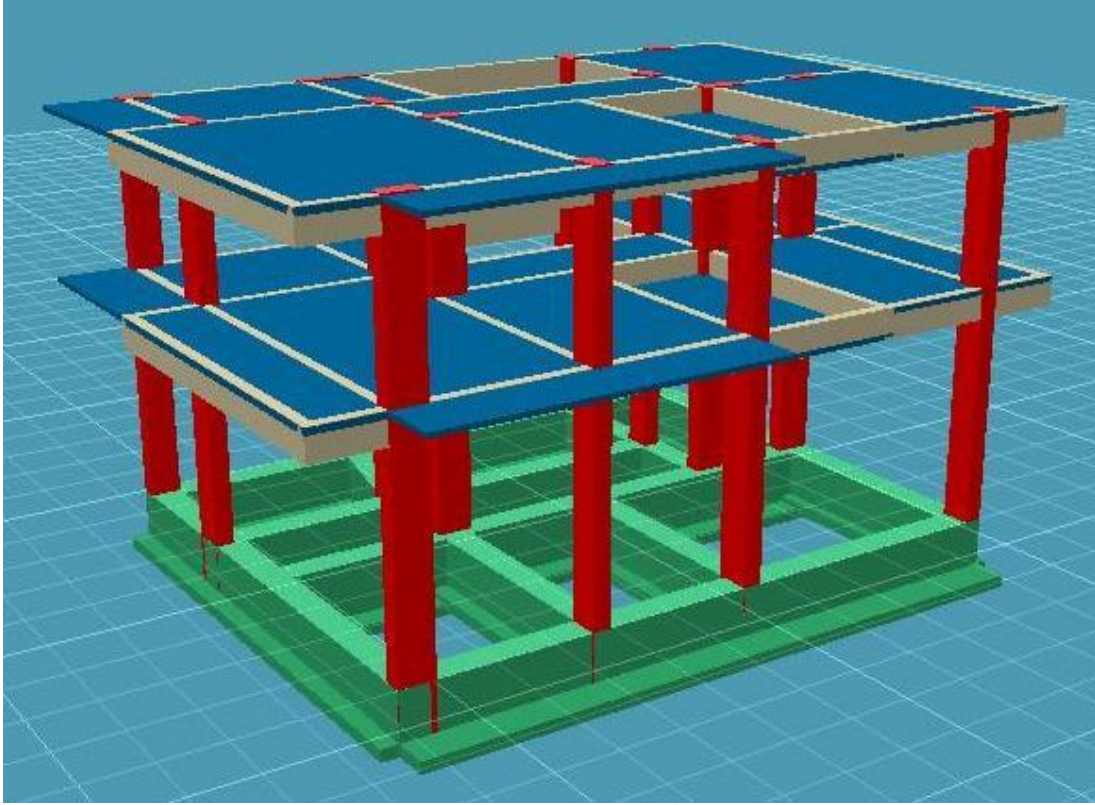
Kırılma türü kesme olan kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımına bölünmesi ile elde edilecektir. Kırılma türü basınç olan gevrek kolonların etki/kapasite oranları, hesaptan elde edilen basınç kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan basınç dayanımına bölünmesi ile elde edilecektir [28].

BÖLÜM 3. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu bölümde 17Ağustos 1999 Depremi'nden önce inşa edilmiş bir binanın DBYBHY- 2007 Bölüm 7'de yer alan bilgi düzeyi kapsamlarının binanın performans değerlendirmesine etkisi incelenecektir. Binanın kat adeti ve bilgi düzeyleri değiştirilerek, buradan elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir. Sınırlı, orta ve kapsamlı bilgi düzeyleri binanın 2, 4, 7 ve 10 katlı hali için ayrı ayrı uygulanacaktır. Bu performans değerlendirmesi için STA4 CAD bilgisayar programı kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında seçilen, planda taşıyıcı sistemleri aynı olan 2, 4, 7, 10 katlı betonarme çerçeve sistemli yapıların boyutlandırılmasında dikkate alınan parametreler Bölüm 3.1, 3.2, 3.3, 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Bina zemin kat kalıp planı



Şekil 3.2. İki katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş

3.1. Bina Bilgileri

Kat adeti	2	4	7	10
Zemin kat yüksekliği	4 m	4 m	4 m	4 m
Normal kat yüksekliği	2.8 m	2.8 m	2.8 m	2.8 m
Bina toplam yüksekliği	6.8 m	12.4m	20.8m	29.2m
Bina kullanım amacı	Konut	Konut	Konut	Konut

Kolon no	Kolon boyutları
S101,S102,S103,S104,S105,S111,S112	30x50 cm
S106	30x100 cm
S102,S107,S109,S110,S113,S114	60x30 cm
S108	20x130 cm

Kiriş no	Kiriş boyutları
K101,K102,K103,K104,K105,K106,K107,K108,K109,K110,K111 K112,K114,K121,K122,K123,K124,K125	18x50
K113,K115, K116,K117,K118,K119,K120,K126,K127,K128,K130, K131	20x50

Döşeme kalınlığı	10 cm
D105,D108,D109,D112,D114,D116	12cm

3.2. Malzeme Bilgileri

Beton sınıfı	C10
Donatı çeliği	S220
Betonarme elastisite modülü, $[E_c]$	247250 kg/cm ²
Donatı çeliği elastisite modülü, $[E_s]$	2200kg/cm ²

3.3. Proje Parametreleri

Bilgi Düzeyi	Sınırlı	Orta	Kapsamlı
Deprem bölgesi	1	1	1
Etkin yer ivmesi katsayısı, $[A_0]$	0.4	0.4	0.4
Bina önem katsayısı, $[I]$	1	1	1
Yerel zemin sınıfı	Z3	Z3	Z3
Spektrum karakteristik periyotları	$T_A=0.15$ s,	$T_A=0.15$ s,	$T_A=0.15$ s,
Bilgi Düzeyi Katsayısı	0.75	0.90	1.0

3.4. Yükler

Beton yoğunluğu	2.5t/m ³
Dış duvar yükü	0.99t/m
İç duvar yükü	0.79t/m

3.5. Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması

Seçilen örnek betonarme, planda taşıyıcı sistemleri aynı olan 2, 4, 7, 10 katlı çerçeveli sistemli yapılar için gerçekleştirilen analiz sonucu elde edilen değerlerden faydalanarak performans değerleri belirlenen yapı sistemlerinin; can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri, plastikleşen kolon oranları, yatay yük taşıma kapasiteleri, göçme bölgesi kiriş hasar oranları açısından karşılaştırmaları, bilgi düzeyi ve kat adeti değişimine bağlı olarak Bölüm 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4'de verilmiştir.

3.5.1. Can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda bina can güvenliği durumunda kabul edilir.

Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetinin toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içerisindeki dağılıma göre karar verilir [28].

3.5.1.1. İki katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

2 katlı bina için can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri sınırlı, orta kapsamlı bilgi düzeyleri için ayrı ayrı olmak üzere aşağıda verilmektedir.

Sınırlı bilgi düzeyi (bilgi düzeyi katsayısı: 0.75)

Tablo 3.1. İki katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
2	6/9 (%66.7)	7/14(%50)	5/15(%33.3)	8/14(%57.1)
1	10/12(%83.3)	14/14(%100)	10/15(%66.7)	11/14(%68.6)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %83.3'ünün, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %50'sinin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %68.6'sının, yapının 2.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %57.1'inin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Orta Bilgi Düzeyi (Bilgi Düzeyi Katsayısı: 0.9)

Tablo 3.2. İki katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
2	5/9 (%55.6)	7/14(%50)	4/15(%26.7)	6/14(%42.9)
1	10/12(%83.3)	14/14(%100)	9/15(%60)	9/14(%64.3)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %83.3'ünün, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %50'sinin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %60'ının, kolonların %64.3'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %26.7'sinin, kolonların %42.9'unun can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Kapsamlı Bilgi Düzeyi (Bilgi Düzeyi Katsayısı: 1.0)

Tablo 3.3. İki katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
2	5/9 (%55.6)	7/14(%50)	3/15(%20)	5/14(%35.7)
1	10/12(%83.3)	14/14(%100)	9/15(%60)	8/14(%57.1)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %83.3'ünün, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %50'sinin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %60'ının, kolonların %57.1'inin, yapının 2.katında kirişlerin %20'sinin, kolonların %35.7'sinin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Bilgi düzeyi katsayısının artması ile can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdelerinin azaldığı gözlenmiştir.

3.5.1.2. Dört katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Sınırlı bilgi düzeyi (bilgi düzeyi katsayısı: 0.75)

Tablo 3.4. Dört katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
4	5/9 (%55.6)	7/14(%50)	5/15(%33.3)	8/14(%57.1)
3	7/9(%77.8)	8/14(%57.1)	10/15(%66.7)	12/14(%85.7)
2	8/9(%88.9)	10/14(%71.4)	10/15(%66.7)	14/14(%100)
1	11/12(%91.7)	14/14(%100)	11/15(%73.3)	14/14(%100)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %91.7'sinin, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %88.9'unun, kolonların %71.4'ünün, yapının 3.katında kirişlerin %77.8'inin, kolonların %57.1'inin, yapının 4.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %50'sinin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %73.3'ünün, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %100'ünün yapının 3.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %85.7'sinin, yapının 4.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %57.1'inin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Orta Bilgi Düzeyi (Bilgi Düzeyi Katsayısı: 0.9)

Tablo 3.5. Dört katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
4	4/9 (%44.4)	7/14(%50)	5/15(%33.3)	6/14(%42.9)
3	7/9(%77.8)	8/14(%57.1)	10/15(%66.7)	8/14(%57.1)
2	7/9(%77.8)	10/14(%71.4)	10/15(%66.7)	10/14(%71.4)
1	10/12(%83.3)	14/14(%100)	10/15(%66.7)	14/14(%100)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %83.3'ünün, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %77.8'inin, kolonların %71.4'ünün, yapının 3.katında kirişlerin %77.8'inin, kolonların %57.1'inin, yapının 4.katında kirişlerin %44.4'ünün, kolonların %50'sinin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %71.4'ünün yapının 3.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %57.1'inin, yapının 4.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %42.9'unun can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

3.5.1.2.3. Kapsamlı bilgi düzeyi (bilgi düzeyi katsayısı: 1.0)

Tablo 3.6. Dört katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
4	4/9 (%44.4)	6/14(%42.9)	3/15(%20)	5/14(%35.7)
3	7/9(%77.8)	7/14(%50)	10/15(%66.7)	8/14(%57.1)
2	7/9(%77.8)	7/14(%50)	10/15(%66.7)	10/14(%71.4)
1	10/12(%83.3)	14/14(%100)	10/15(%66.7)	13/14(%92.9)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %83.3'ünün, kolonların %100'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %77.8'inin, kolonların %50'sinin, yapının 3.katında kirişlerin %77.8'inin, kolonların %50'sinin, yapının 4.katında kirişlerin %44.4'ünün, kolonların %42.9'unun can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %92.9'unun, yapının 2.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %71.4'ünün yapının 3.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %57.1'inin, yapının 4.katında kirişlerin %20'sinin, kolonların %35.7'sinin can güvenliğini sağlamadığı görülmüştür.

Bilgi düzeyi katsayısının artması ile can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdelerinin azaldığı gözlenmiştir.

3.5.1.3. Yedi katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Sınırlı Bilgi Düzeyi (bilgi düzeyi katsayısı: 0.75)

Tablo 3.7. Yedi katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
7	0/9 (%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
6	1/9(%11.1)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
5	3/9(%33.3)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
4	5/9(%55.6)	2/14(%14.3)	2/15(%13.3)	0/14(%0.0)
3	6/9(%66.7)	4/14(%28.6)	3/15(%20)	1/14(%7.1)
2	6/9(%66.7)	5/14(%35.7)	4/15(%26.7)	2/14(%14.3)
1	7/12(%58.3)	9/14(%64.3)	4/15(%26.7)	2/14(%14.3)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %58.3'ünün, kolonların %64.3'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %35.7'sinin, yapının 3.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %28.6'sının, yapının 4.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %14.3'ünün, yapının 5.katında kirişlerin %33.3'ünün can güvenliğini sağlamadığı görülürken kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür. Yapının

6.katında ise kirişlerin %11.1'inin sağlamadığı, kolonların can güvenliğini sağladığı, yapının 7.katında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %26.7'sinin, kolonların %14.3'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %26.7'sinin, kolonların %14.3'ünün yapının 3.katında kirişlerin %20'sinin, kolonların %7.1'inin, yapının 4.katında kirişlerin %13.3'ünün can güvenliğini sağlamadığı görülürken, kolonlar hasar görmemiştir. Yapının 5. 6. 7.katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

3.5.1.3.2. Orta bilgi düzeyi (bilgi düzeyi katsayısı: 0.9)

Tablo 3.8. Yedi katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
7	0/9 (%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
6	0/9(%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
5	3/9(%33.3)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
4	4/9(%44.4)	0/14(%0.0)	2/15(%13.3)	0/14(%0.0)
3	5/9(%55.6)	2/14(%14.3)	2/15(%13.3)	0/14(%0.0)
2	5/9(%55.6)	3/14(%21.4)	2/15(%13.3)	1/14(%7.1)
1	5/12(%41.7)	6/14(%42.9)	2/15(%13.3)	1/14(%7.1)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %41.7'sinin, kolonların %42.9'unun, yapının 2.katında kirişlerin %55.6'sinin, kolonların %21.4'ünün, yapının 3.katında kirişlerin %55.6'sinin, kolonların %14.3'ünün, yapının 4.katında kirişlerin %44.4'ünün, kolonların hasar görmediği, yapının 5.katında kirişlerin %33.3'ünün hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, yapının 6. ve 7.katında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %7.1'inin, yapının 2.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %7.1'inin yapının 3.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %0.0'ının, yapının 4.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %0.0'ının yapının 5. 6. 7.katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Kapsamlı Bilgi Düzeyi (Bilgi Düzeyi Katsayısı: 1.0)

Tablo 3.9. Yedi katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
7	0/9 (%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
6	0/9(%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
5	1/9(%11.1)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
4	3/9(%33.3)	0/14(%0.0)	1/15(%6.7)	0/14(%0.0)
3	4/9(%44.4)	2/14(%14.3)	2/15(%13.3)	0/14(%0.0)
2	5/9(%55.6)	2/14(%14.3)	2/15(%13.3)	0/14(%0.0)
1	5/12(%41.7)	2/14(%14.3)	2/15(%13.3)	1/14(%7.1)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %41.7'sinin, kolonların %14.3'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %14.3'ünün, yapının 3.katında kirişlerin %44.4'ünün, kolonların %14.3'ünün, yapının 4.katında kirişlerin %33.3'ünün hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, yapının 5.katında kirişlerin %11.1'inin hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, yapının 6. ve 7.katında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %7.1'inin, yapının 2. ve 3.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların hasar görmediği, yapının 4.katında kirişlerin %6.7'sinin hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, yapının 5. 6. 7.katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Bilgi düzeyi katsayısının artması ile can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdelerinin azaldığı gözlenmiştir.

3.5.1.4. On katlı binada can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Sınırlı bilgi düzeyi (bilgi düzeyi katsayısı: 0.75)

Tablo 3.10. On katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
10	0/9 (%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
9	0/9(%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
8	2/9(%22.2)	0/14(%0.0)	1/15(%6.7)	0/14(%0.0)
7	3/9(%33.3)	1/14(%7.1)	1/15(%6.7)	0/14(%0.0)
6	6/9(%66.7)	2/14(%14.3)	2/15(%13.3)	1/14(%7.1)
5	6/9(%66.7)	4/14(%28.6)	3/15(%20)	2/14(%14.3)
4	6/9(%66.7)	5/14(%35.7)	4/15(%26.7)	2/14(%14.3)
3	6/9(%66.7)	7/14(%50)	6/15(%40)	3/14(%21.4)
2	6/9(%66.7)	6/14(%42.9)	7/15(%46.7)	4/14(%28.6)
1	7/12(%58.3)	12/14(%85.7)	4/15(%26.7)	6/14(%42.9)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %58.3'ünün, kolonların %85.7'sinin, yapının 2.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %42.9'unun, yapının 3.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %50'sinin, yapının 4.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %35.7'sinin, yapının 5.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %28.6'sinin, yapının 6.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %14.3'ünün, yapının 7.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %7.1'inin, yapının 8.katında kirişlerin %22.2'sinin hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, yapının 9. ve 10. katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %26.7'sinin, kolonların %42.9'unun, yapının 2.katında kirişlerin %46.7'sinin, kolonların %28.6'sinin, yapının 3.katında kirişlerin %40'ının, kolonların %21.4'ünün, yapının 4.katında kirişlerin %26.7'sinin, kolonların 14.3'ünün, yapının 5.katında kirişlerin %20'sinin, kolonların %14.3'ünün, yapının 6.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %7.1'inin, yapının 7.katında kirişlerin %6.7'sinin hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, yapının 8.katında kirişlerin %6.7'sinin, kolonların , yapının 9. ve 10. katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Orta Bilgi Düzeyi (Bilgi Düzeyi Katsayısı: 0.9)

Tablo 3.11. On katlı binada orta bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
10	0/9 (%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
9	0/9(%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
8	1/9(%11.1)	0/14(%0.0)	0/15(%0.0)	0/14(%0.0)
7	3/9(%33.3)	0/14(%0.0)	0/15(%0.0)	0/14(%0.0)
6	3/9(%33.3)	2/14(%14.3)	1/15(%6.7)	0/14(%0.0)
5	4/9(%44.4)	2/14(%14.3)	2/15(%13.3)	1/14(%7.1)
4	6/9(%66.7)	4/14(%28.6)	2/15(%13.3)	1/14(%7.1)
3	6/9(%66.7)	5/14(%35.7)	3/15(%20)	2/14(%14.3)
2	5/9(%55.6)	6/14(%42.9)	4/15(%26.7)	3/14(%21.4)
1	6/12(%50)	10/14(%71.4)	4/15(%26.7)	5/14(%35.7)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %50'sinin, kolonların %71.4'ünün, yapının 2.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %42.9'unun, yapının 3.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %35.7'sinin, yapının 4.katında kirişlerin %66.7'sinin, kolonların %28.6'sının, yapının 5.katında kirişlerin %44.4'ünün, kolonların %14.3'ünün, yapının 6.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %14.3'ünün, yapının 7.katında kirişlerin %33.3'ünün can güvenliğini sağlamadığı, kolonların hasar görmediği, 8.katında kirişlerin %11.1'inin can güvenliğini sağlamadığı, kolonların hasar görmediği, 9. ve 10. katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %26.7'sinin, kolonların %35.7'sinin, yapının 2.katında kirişlerin %26.7'sinin, kolonların %21.4'ünün, yapının 3.katında kirişlerin %20'sinin, kolonların %14.3'ünün, yapının 4.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %7.1'inin, yapının 5.katında kirişlerin %13.3'ünün, kolonların %7.1'inin, yapının 6.katında kirişlerin %6.7'sinin hasar görünürken, kolonların hasar görmediği, yapının 7. 8. 9. ve 10. katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Kapsamlı Bilgi Düzeyi (Bilgi Düzeyi Katsayısı: 1.0)

Tablo 3.12. On katlı binada kapsamlı bilgi düzeyinde can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
10	0/9 (%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
9	0/9(%0.0)	0/14(%0.0)	0/15(%0)	0/14(%0.0)
8	1/9(%11.1)	0/14(%0.0)	1/15(%6.7)	0/14(%0.0)
7	2/9(%22.2)	0/14(%0.0)	2/15(%13.3)	0/14(%0.0)
6	3/9(%33.3)	0/14(%0.0)	3/15(%20)	1/14(%7.1)
5	3/9(%33.3)	2/14(%14.3)	5/15(%33.3)	2/14(%14.3)
4	5/9(%55.6)	3/14(%21.4)	6/15(%40)	3/14(%21.4)
3	5/9(%55.6)	5/14(%35.7)	7/15(%46.7)	4/14(%28.6)
2	5/9(%55.6)	5/14(%35.7)	7/15(%46.7)	6/14(%42.9)
1	5/12(%41.7)	8/14(%57.1)	5/15(%33.3)	7/14(%50)

X yönünde yapının 1.katında kirişlerin %41.7'sinin, kolonların %57.1'inin, yapının 2.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %35.7'sinin, yapının 3.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %35.7'sinin, yapının 4.katında kirişlerin %55.6'sının, kolonların %21.4'ünün, yapının 5.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %14.3'ünün, yapının 6.katında kirişlerin %33.3'ünün hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, yapının 7.katında kirişlerin %22.2'sinin hasar gördüğü kolonların hasar görmediği, 8.katında kirişlerin %11.1'inin, kolonların hasar görmediği, 9. ve 10. katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

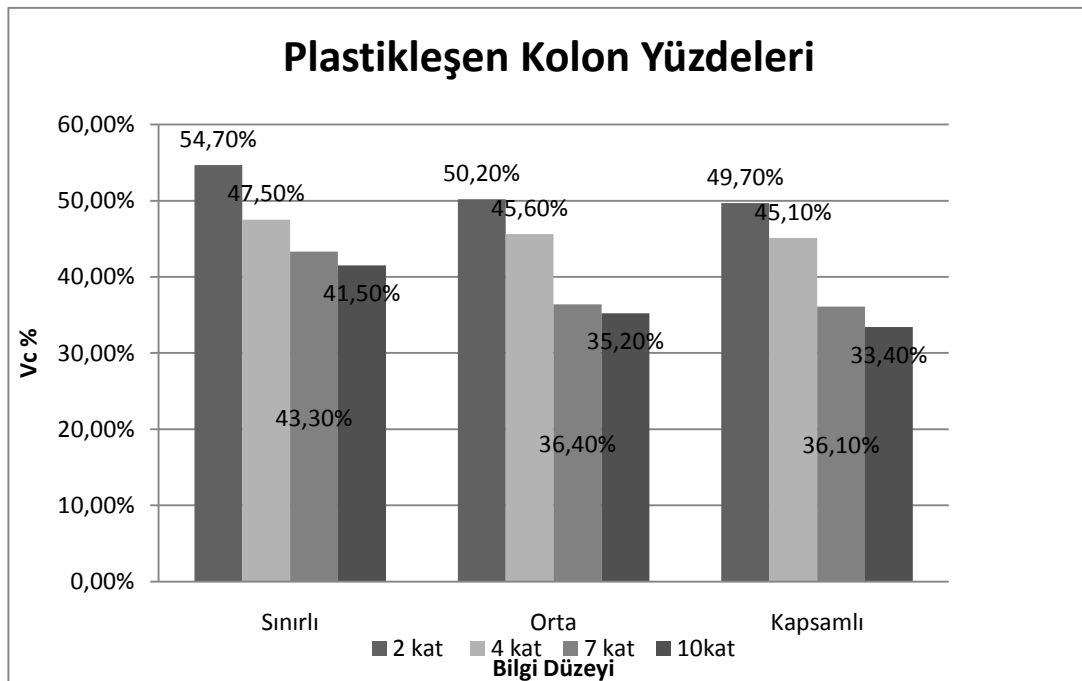
Y yönünde ise yapının 1.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %50'sinin, yapının 2.katında kirişlerin %46.7'sinin, kolonların %42.9'unun, yapının 3.katında kirişlerin %46.7'sinin, kolonların %28.6'sının, yapının 4.katında kirişlerin %40'ının, kolonların %21.4'ünün, yapının 5.katında kirişlerin %33.3'ünün, kolonların %14.3'ünün, yapının 6.katında kirişlerin %20'sinin, kolonların %7.1'inin, yapının 7.katında kirişlerin %13.3'ünün hasar gördüğü, kolonların hasar görmediği, 8.katında kirişlerin %6.7'sinin, kolonların hasar görmediği, 9. ve 10. katlarında kirişlerin ve kolonların can güvenliğini sağladığı görülmüştür.

Bilgi düzeyi katsayısının artması ile can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdelerinin azaldığı gözlenmiştir.

3.5.2. Plastikleşen kolon oranları

Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde de minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetinin toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Bu durumdaki yapılar göçme öncesi kabul edilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmesi gereklidir.

Aşağıdaki grafikte bilgi düzeyi değişimlerine göre kolonların plastikleşme yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 3.3. Plastikleşen kolon yüzdeleri

Sınırlı bilgi düzeyinde;

2 katlı binada plastikleşen kolon oranı %54.70 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

4katlı binada plastikleşen kolon oranı %47.50 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

7katlı binada plastikleşen kolon oranı %43.30 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

10katlı binada plastikleşen kolon oranı %41.50 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

Orta bilgi düzeyinde;

2 katlı binada plastikleşen kolon oranı %50.20 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

4katlı binada plastikleşen kolon oranı %45.60 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

7katlı binada plastikleşen kolon oranı %36.40 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

10katlı binada plastikleşen kolon oranı %35.20 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

Kapsamlı bilgi düzeyinde;

2 katlı binada plastikleşen kolon oranı %49.70 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

4katlı binada plastikleşen kolon oranı %45.10 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

7katlı binada plastikleşen kolon oranı %36.10 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

10katlı binada plastikleşen kolon oranı %33.40 çıkmıştır. %30 şartını sağlamadığı görülmüştür.

Burada; 2katlı binada bilgi düzeyi sınırlı iken kolon plastikleşme oranı %54.7, orta bilgi düzeyinde %50.2 çıkarken, kapsamlı bilgi düzeyinde %49.70 çıkmıştır. Yani

kat adeti sabitken bilgi düzeyi katsayısının artması ile kolon plastikleşme yüzdesi düşmüştür.

4katlı binada bilgi düzeyi sınırlı iken kolon plastikleşme oranı %47.5, orta bilgi düzeyinde %45.6 çıkarken, kapsamlı bilgi düzeyinde %45.1 çıkmıştır. Yani kat adeti sabitken bilgi düzeyi katsayısının artması ile kolon plastikleşme yüzdesi düşmüştür.

7katlı binada bilgi düzeyi sınırlı iken kolon plastikleşme oranı %43.3, orta bilgi düzeyinde %36.4 çıkarken, kapsamlı bilgi düzeyinde %36.1 çıkmıştır. Yani kat adeti sabitken bilgi düzeyi katsayısının artması ile kolon plastikleşme yüzdesi düşmüştür.

10katlı binada bilgi düzeyi sınırlı iken kolon plastikleşme oranı %41.5, orta bilgi düzeyinde %35.2 çıkarken, kapsamlı bilgi düzeyinde %33.40 çıkmıştır. Yani kat adeti sabitken bilgi düzeyi katsayısının artması ile kolon plastikleşme yüzdesi düşmüştür.

Bilgi düzeyi sınırlı iken kat adeti arttırıldığında 2katlı binada kolon plastikleşme yüzdesi %54.7, 4 katlı binada %47.5, 7 katlı binada %43.3 iken 10 katlı binada %41.5 çıkmıştır.

Orta bilgi düzeyinde kat adeti arttırıldığında 2katlı binada kolon plastikleşme yüzdesi %50.2, 4katlı binada %45.6, 7 katlı binada %36.4 iken 10 katlı binada %35.2 çıkmıştır.

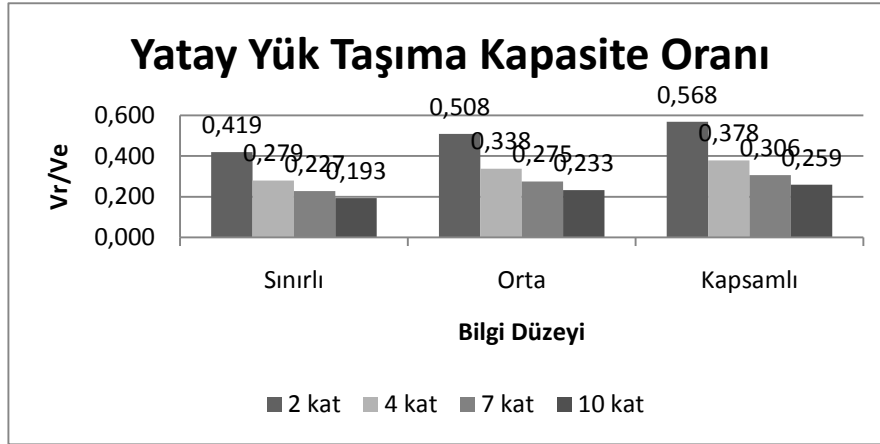
Kapsamlı bilgi düzeyinde kat adeti arttırıldığında ise; 2katlı binada kolon plastikleşme yüzdesi %49.7, 4katlı binada %45.1, 7 katlı binada %36.1 iken 10 katlı binada %33.4 çıkmıştır. Yani aynı bilgi düzeyinde kat adeti artmasıyla kolonlardaki plastikleşme yüzdesinde düşüş gözlenmiştir.

3.5.3. Yatay yük taşıma kapasiteleri

Sünek kolon ve kirişlerin kritik kesitlerinde, eğilme kapasitesi ile uyumlu kapasite kesme kuvveti V_e 'nin kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. Aşması durumunda bu elemanlar gevrek eleman sınırında sayılırlar [28].

Grafikte yapının sınırlı, orta ve kapsamlı bilgi düzeylerine göre V_r/V_e değerleri sayısal hesaplamada gösterildiği şekilde bulunarak gösterilmiştir.

2 katlı binada sınırlı bilgi düzeyi için; $V_r/V_e=36.48/87.08=0.419$



Şekil 3.4. Yatay yük taşıma kapasiteleri

Yatay yük taşıma kapasitesi 2 katlı binada bilgi düzeyi sınırlı iken 0.419, orta bilgi düzeyinde 0.508 iken kapsamlı bilgi düzeyinde 0.568 çıkmıştır.

4 katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde 0.279, orta bilgi düzeyinde 0.338, kapsamlı bilgi düzeyinde ise 0.378 çıkmıştır.

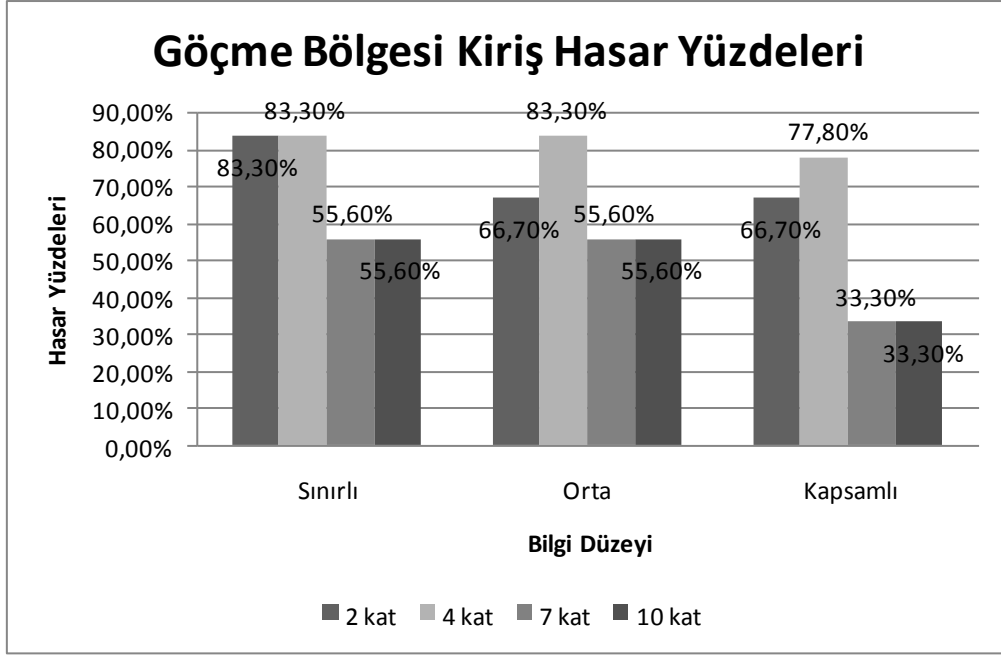
7 katlı binada sınırlı bilgi düzeyinde 0.227, orta bilgi düzeyinde 0.275, kapsamlı bilgi düzeyinde 0.306 çıkmıştır.

10 katlı binada ise sınırlı bilgi düzeyinde 0.193, orta bilgi düzeyinde 0.233, kapsamlı bilgi düzeyinde 0.259 çıkmıştır. Yani kat adeti sabitken bilgi düzeyi katsayısı arttığında yatay yük taşıma kapasitesi de artmıştır.

Aynı bilgi düzeyinde kat adeti artışı durumunda ise; sınırlı bilgi düzeyi için 2 katlı binada yatay yük taşıma kapasitesi 0.419, 4 katlı binada 0.279, 7 katlı binada 0.227, 10 katlı binada ise 0.193 çıkmıştır. Yani aynı bilgi düzeyinde kat adeti arttıkça yatay yük taşıma kapasitesinde azalma olmuştur. Bu durum orta ve kapsamlı bilgi düzeyi için de aynıdır.

3.5.4. Göçme bölgesi kiriş hasar oranları

Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesine geçebilir.



Şeki
I
3.5.
Göç
me
bölğ
esi
kiriş
hasa
r
yüz
dele
ri

Grafikte, göçme bölgesi kiriş hasar yüzdeleri verilmiştir. Buradan görülmektedir ki; aynı bilgi düzeyinde kat adeti arttıkça kiriş hasar yüzdelerinde azalma olmuştur. Kat adeti sabit kalıp bilgi düzeyi katsayısı artırıldığında ise yine kiriş hasar yüzdelerinde azalma görülmüştür. Ancak her bilgi düzeyi için 2, 4, 7, 10 katlı binalarda %20 şartı sağlanmamıştır. Binaların mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmesi gereklidir.

BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; betonarme binalarda bilgi düzeyi değişiminin performans seviyeleri üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere, planda taşıyıcı sistemleri aynı olan ve kat adetleri 2, 4, 7 ve 10 olarak değişen farklı binalar üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. İncelenen binalar, betonarme çerçeve sistemli olup, çalışmada bilgi düzeyleri değiştirilerek yapılan performans analizlerinden elde edilen sonuçlar irdelenmeye çalışılmıştır.

Performans analizlerinden elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir:

2 katlı binanın 1.katında can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri;

- Sınırlı bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %83.30, kolonlar için %100, Y yönünde kirişler için %66.70, kolonlar için %68.80 olarak,
- Orta bilgi düzeyinde X yönünde sınırlı bilgi düzeyine göre oranlar değişmezken, Y yönünde kirişler için %60, kolonlar için %64.30 olarak,
- Kapsamlı bilgi düzeyinde de X yönünde sınırlı bilgi düzeyine göre oranlar değişmezken, Y yönünde kirişler için %60, kolonlar için %57.10 olarak bulunmuştur.

4 katlı binanın 1.katında ise can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri;

- Sınırlı bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %91.70, kolonlar için %100, Y yönünde kirişler için %73.30, kolonlar için %100 olarak,
- Orta bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %83.30, kolonlar için %100, Y yönünde kirişler için %66.70, kolonlar için %100 olarak,
- Kapsamlı bilgi düzeyinde ise X yönünde kirişler için %83.30, kolonlar için %100 olup orta bilgi düzeyine göre oranlar değişmezken, Y yönünde kirişler için %66.70, kolonlar için %92.90 olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, az katlı binalar için sınırlı ve kapsamlı bilgi düzeyi değerleri arasında çok fark olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla, mevcut durumu değerlendirilecek az katlı binalar için bilgi düzeyinin artırılması güçlendirilecek eleman sayısını yani güçlendirme maliyetini etkilememektedir. Diğer bir değişle bilgi düzeyinin artırılması için ek bir maliyet az katlı binalarda gereksizdir.

7 katlı binanın 1.katında can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri ise;

- Sınırlı bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %58.30, kolonlar için %64.30, Y yönünde kirişler için %26.70, kolonlar için %14.30 olarak,
- Orta bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %41.70, kolonlar için %42.90, Y yönünde kirişler için %13.30, kolonlar için %7.10 olarak,
- Kapsamlı bilgi düzeyinde ise X yönünde kirişler için %41.70, kolonlar için %14.30 olarak, Y yönünde ise kirişler için %13.30, kolonlar için %7.10 olarak ortaya çıkmaktadır.

10 katlı binanın 1.katında can güvenliğini sağlamayan eleman yüzdeleri;

- Sınırlı bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %58.30, kolonlar için %85.70 olarak, Y yönünde kirişler için %26.70, kolonlar için %42.90 olarak,
- Orta bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %50, kolonlar için %71.40, Y yönünde kirişler için %26.70, kolonlar için ise %35.70 olarak,
- Kapsamlı bilgi düzeyinde X yönünde kirişler için %41.70, kolonlar için %57.10, Y yönünde kirişler için %33.30, kolonlar için ise %50 olarak bulunmaktadır.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde ise; çok katlı binalarda can güvenliğini sağlamayan eleman sayısı bakımından sınırlı bilgi düzeyi ile kapsamlı bilgi düzeyi arasındaki farkın oldukça fazla olduğu görülmektedir. Mevcut durumu değerlendirilecek çok katlı binalar için bilgi düzeyinin artırılması güçlendirilecek eleman sayısını oldukça önemli ölçüde azaltmakta, bir diğer değişle güçlendirme maliyetini azaltmaktadır. Dolayısıyla, çok katlı binalarda güçlendirme maliyetinin azaltılması açısından bilgi düzeyini artırma maliyetini göz önüne alarak kapsamlı bilgi düzeyinde performans analizi yapılması daha uygundur.

Sınırlı bilgi düzeyi için yapılan analiz sonuçlarına göre kolon plastikleşme oranları; 2 katlı binada %54.70 iken, 4 katlı binada %7.20'lik azalma ile %47.50, 7 katlı binada %11.40'lık azalma ile %43.30, 10 katlı binada ise %13.20'lik azalma ile %41.50 olarak gerçekleşmiştir.

Orta bilgi düzeyi için yapılan analiz sonuçlarına göre ise kolon plastikleşme oranları; 2 katlı binada %50.20 iken, 4 katlı binada %4.60'lık azalma ile %45.60, 7 katlı binada %13.80'lik azalma ile %36.40, 10 katlı binada ise %15'lik azalma ile %36.40 olarak ortaya çıkmıştır.

Kapsamlı bilgi düzeyi için yapılan analiz sonuçlarına göre ise kolon plastikleşme oranları; 2 katlı binada %49.70 iken, 4 katlı binada %4.60'lık azalma ile %45.10, 7 katlı binada %13.60'lık azalma ile %36.10 ve 10 katlı binada ise %16.30'luk azalma ile %33.40 çıkmıştır.

Bu sonuçlardan görülmektedir ki; aynı bilgi düzeyinde kat adedi arttıkça plastikleşen kolon oranı azalmış, yine bilgi düzeyi katsayısı arttıkça plastikleşen kolon oranı azalmıştır.

Plastikleşen kolon oranlarından elde edilen sonuçlara göre; az katlı binalarda bilgi düzeyindeki değişimin güçlendirilecek eleman adedi üzerindeki etkisinin az olduğu yani bilgi düzeyini artırma maliyetinin güçlendirmedeki maliyeti fazla etkilemediği görülmektedir. Çok katlı binalarda ise bilgi düzeyindeki değişimin güçlendirilecek eleman adedi üzerindeki etkisinin fazla olduğu yani güçlendirmedeki maliyetin bilgi düzeyi arttıkça azalacağı ortaya çıkmaktadır. Çok katlı binalarda güçlendirme maliyetinin, kapsamlı bilgi düzeyinde analiz yapıldığında önemli ölçüde azalacağı ve bilgi düzeyinin artırılması için gereken maliyetin güçlendirme maliyetinin yanında oldukça küçük boyutlarda kalacağı dikkate alındığında, kapsamlı bilgi düzeyi için gereken maliyete katlanmaya değer olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yatay yük taşıma kapasitesi sınırlı bilgi düzeyinde 2 katlı binada 0,419 iken 10 katlı binada 0.193'tür. Kapsamlı bilgi düzeyinde 2 katlı binada yatay yük taşıma kapasitesi 0.568 iken 10 katlı binada 0.259'dur. Görüldüğü üzere bilgi düzeyi

katsayısındaki değişim aynı kat adetli binalarda yatay yük taşıma kapasitesini önemli ölçüde etkilememektedir.

Göçme bölgesi kiriş hasar oranı, sınırlı bilgi düzeyinde az katlı (2 ve 4 katlı) binalarda birbiri ile aynı çıkarken; çok katlı (7 ve 10 katlı) binalarda kiriş hasar oranında bir azalma gözlenmektedir. Az katlı binalarda, bilgi düzeyi artışı kiriş hasar oranını %10 mertebesinde etkilerken; çok katlı binalarda %20 mertebesinde etkilemektedir.

Bu sonuçlara göre de, çok katlı binalarda bilgi düzeyindeki değişimin güçlendirmedeki maliyeti az katlı binalara göre daha fazla oranda azaltacağı ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] KUTANIS, M., Statik Itme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, YOGS, Pamukkale-DENİZLİ, 7-8 Aralık 2006.
- [2] OFLAZ, U., Nonlinear Statik Pushover (İteleme) Analizi, URL: <http://www.y-gm.net/push.asp>, Mart.2008.
- [3] ÖZER, E., Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesi İçin Yeni Bir Yaklaşım.
- [4] KUTANİS, M., ORAK, E., ÖZCAN, Z., Betonarme Binaların Performans Düzeylerinin Deprem Geçirmiş Binalarla İlişkilendirilerek Belirlenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 16-20 Ekim 2007.
- [5] GÜLKAN, P., and SÖZEN, M., Inelastic Response of Reinforced Concrete Structures to Earthquake Motions, ACI Journal 71 (21), 604-610, 1974.
- [6] SHIBATA, A., and SÖZEN, M. A., Substitute-Structure Method for Design In R/C, Journal of The Structural Division, ASCE, Vol. 102, No. ST1, January, pp. 1-18, 1976.
- [7] PRIESTLY, M. J. N., Myths and Fallacies, in Earthquake Engineering-Conflicts Between Design and Reality, Bulletin, NZ National Society for Earthquake Engineering, New Zealand, Vol. 26, No. 3, pp. 329-341.
- [8] PRIESTLY, M. J. N., and KOWALSKY, M.J., Direct Displacement-Based Seismic Design of Concrete Buildings, Bulletin, Nz National Society for Earthquake Engineering, New Zealand, Vol. 33, No. 4, pp. 421-444, 2000.
- [9] PRIESTLY, M. J. N., Myths and Fallacies, in Earthquake Engineering, Revisited, The Mallet Milne Lecture, IUSS Press, Pavia, Italy, 2003.
- [10] SAIIDI, M., and SÖZEN, M.A., Simple Nonlinear Seismic Response of R/C Structures, Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 107, 937-952, 1981.
- [11] FAJFAR, P., and FISCHHINGER, M., N2-A Method for Non-Linear Seismic Analysis of Regular Buildings, Proceedings, 9th World Conference on Earthquake Engineering, Proceedings Book, Tokyo, Kyoto, Japan, Paper 7-3-2, 1988.

- [12] FREEMAN, S. A., Performance Based Earthquake Engineering During The Last 40 Years, Earthquake Engineering: Essentials and Applications Workshops, EERC METU, Ankara, July, 2005.
- [13] AYDINOĞLU, M.N., An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based on Elastic Spectral Deformation for Multi-Mode Seismic Evaluation, Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 3-36, 2003.
- [14] PARET, T. F., SASAKI, K. K., D. H. EILBECK and FREEMAN, S. A., Approximate Inelastic Procedures to Identify Failure Mechanism from Higher Mode Effects. In Proc., 11th World Conf. Earthquake Engineering, Paper No. 966, Acapulco, Mexico, 1996.
- [15] SASAKI, F., FREEMAN, S., and PARET, T., Multi-Mode Pushover Procedure (MMP)-A Method to Identify The Effect of Higher Modes in A Pushover Analysis, Proc. 6th U.S. National Conference on Earthquake Engineering Seattle, CD-ROM, EERI, Oakland, 1998.
- [16] CHOPRA, A.K. and R.K. GOEL, A Modal Pushover Analysis Procedure to Estimating Seismic Demands for Buildings: Theory and Preliminary Evaluation. PERR Report 2001/03, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 2001.
- [17] MOGHADAM, A. S., A Pushover Procedure for Tall Buildings. Proceedings of The Twelfth European Conference on Earthquake Engineering, London, United Kingdom, Paper No. 395, 2002.
- [18] BRACCI, J.M., KUNNATH, S.K., and REINHORN, A.M., Seismic Performance and Retrofit Evaluation of Reinforced Concrete Structures, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 123, pp. 3-10, 1997.
- [19] GUPTA, B. and KUNNATH, S.K., Adaptive Spectra-Based Pushover Procedure for Seismic Evaluation of Structures. Earthquake Spectra 16 (2), 367-391, 2000.
- [20] ELNASHI, A.S., Advanced Inelastic Static (Pushover) Analysis for Earthquake Applications. Structural Engineering and Mechanics, Vol. 12, No. 1, pp. 51-69, 2001.
- [21] PAPANIKOLAOU, V. K., and ELNASHI, A. S., Evaluation of Conventional and Adaptive Pushover Analysis I: Methodology, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 9, No. 6, pp. 923-941, 2005.
- [22] PAPANIKOLAOU, V. K. and ELNASHI, A. S., Evaluation of Conventional and Adaptive Pushover Analysis II: Methodology, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 1, pp. 127-151, 2006.

- [23] ANTONIU, S. and PINHO, R., Advantages and Limitations of Adaptive and Non-Adaptive Force-Based Pushover Procedures. *Journal of Earthquake Engineering*, Vol 8, No. 4, pp. 497-552, 2004a.
- [24] ANTONIU, S. and PINHO, R., Development and Verification of a Displacement-Based Adaptive Pushover Procedure, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 8, No. 5, pp. 643-661, 2004b.
- [25] IRTEM, E., TÜRKER, K., HASGÜL, U., Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi, Altıncı Uluslararası İnşaat Mühendisliği'nde Gelişmeler Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 6-8 Ekim 2004.
- [26] UÇAR, T., Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizinde Çözüm Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [27] KUTANIS, M., Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı-1, İMO Sakarya Bülteni.
- [28] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T:C: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007.
- [29] MERMER, S., Mevcut Bir Yapının Yeni Deprem Yönetmeliğine (DBYBHY-2007) Göre Performans Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [30] CELEP, Z., Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme-Deprem Yönetmeliği 2007 Kavramları, Beta Dağıtım, İstanbul, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Merve SOYLU, 27.08.1984 tarihinde Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2003 yılında Sakarya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2003 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2007 yılında bitirdi. 2007-2008 eğitim yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.