

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

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM
PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN
YÖNTEMLE BELİRLENMESİ**

Hakan DİLMAÇ

**Danışman
Prof. Dr. Fuat DEMİR**

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

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

©2014 [Hakan DİLMAÇ]

TEZ ONAYI

Hakan DİLMAÇ tarafından hazırlanan "**Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemle Belirlenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	Prof. Dr. Fuat DEMİR Süleyman Demirel Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Mehmet İNEL Pamukkale Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Yrd. Doç. Dr. İ. Feyza ÇIRAK Süleyman Demirel Üniversitesi	

Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Ahmet ŞAHİNER	
-----------------------	-------------------------------	-------

TAAHHÜTNAME

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

Hakan DİLMAÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Konu ve Kapsam	1
1.2. Tezin Amacı	3
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	11
3.1. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri	11
3.1.1. Sınırlı bilgi düzeyi	11
3.1.2. Orta bilgi düzeyi	11
3.1.3. Kapsamlı bilgi düzeyi	12
3.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	12
3.2.1. Kesit hasar sınırları	12
3.2.3. Taşıyıcı sistem elemanları hasar sınırları ve hasar bölgeleri	13
3.3. Bina Deprem Performans Düzeyinin Belirlenmesi	13
3.3.1. Hemen kullanım (HK) performans düzeyi	14
3.3.2. Can güvenliği (CG) performans düzeyi	14
3.3.3. Göçme öncesi (GÖ) performans düzeyi	15
3.3.4. Göçme durumu (GD)	16
3.4. Binalarda Deprem Etkisi	16
3.5. Mevcut Binalarda Hedeflenen Bina Performans Düzeyleri	17
4. DBYBHY (2007) 'DE DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAPLAMA	20
4.1. Plastik Davranışın Modellenmesi	21
4.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme)	24
4.2.1 . Kapasite eğrisinin koordinat dönüşümünün yapılması	26
4.2.2 . Tepe yer değiştirme isteminin belirlenmesi	27
4.2.3 . Birim şekil değiştirme istemlerinin bulunması	30
5. BİNA PERFORMANSLARINI BELİRLEMEK İÇİN HAZIRLANAN YAZILIMLAR	32
5.1. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM) Programı	34
5.1.1. Sargılı-sargısız Mander beton modeli	36
5.1.2. Donatı çeliği modeli	39
5.1.3. Normal kuvvet moment ilişkisinin tanımlanması	40
5.1.4. Moment eğrilik ilişkisinin tanımlanması	40
5.1.4.1. Sayısal uygulama	41
5.1.5. Plastik mafsalların tanımlanması	42
5.2. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı (DELOP)	43
6. BESAM ve DELOP PROGRAMLARI İLE MODEL BİR BİNANIN ANALİZİ	45
7. ARAŞTIRMA BULGULARI	55
7. 1. Model Binalar	55
7.1.1. Ön çalışma için model binaların oluşturulması ve tanıtılması	55
7.1.2. Ön çalışma model binaları için elde edilen sonuçlar	62
7.1.3. Bina performansının belirlenmesi için önerilen yaklaşım	66
7. 2. Mevcut Binalar	74
7.2.1. Mevcut betonarme binalar hakkında bilgi toplanması	74

7.2.2. Önerilen yöntemin mevcut binalara uygulanması.....	82
8. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	109
KAYNAKLAR.....	112
ÖZGEÇMİŞ.....	115

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEMLE BELİRLENMESİ

Hakan DİLMAÇ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fuat DEMİR

II. Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY (2007))' de mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi için ön görülen yöntemlerden biri doğrusal elastik olmayan yöntemdir. İncelenen mevcut bina sayısının fazla olması durumunda bu yöntem kullanılarak değerlendirilme yapılmasının uzun zaman alacağı açıktır. Bu nedenle yapılan tez çalışmasında, kolay uygulanabilir ve yönetmelik esasları ile uyumlu olabilecek bir değerlendirme yönteminin sunulması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışma genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada performansa etki eden parametrelerin incelenmesi ve önerilecek yöntemin ortaya konulabilmesi için model binalar oluşturulmuştur. Parametreler; açıklık sayısı, kat adedi, beton sınıfı, çelik sınıfı ve sargılamanın durumu olarak seçilmiştir. Bu parametreler ışığında model binaların “Can Güvenliği” performans seviyesini sağlayacak en küçük kolon boyutları doğrusal elastik olmayan yöntem esaslarına göre belirlenmiştir. Yapılan çözümlemelerde çalışma kapsamında oluşturulan betonarme elemanlarda sargı modellenmesi (BESAM) ve doğrusal elastik olmayan değerlendirme programı (DELOP) programları SAP 2000 programı ile birlikte kullanılmıştır. İkinci aşamada, ön çalışma model bina çözümlerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek mevcut konut türü binaların deprem performanslarının basit bir şekilde tahmin edilebilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Son aşamada ise, birinci derece deprem bölgesinde bulunan İstanbul, Isparta, İzmir, Burdur, Afyon illerinden toplam 128 adet konut türü bina seçilerek önerilen yöntemin geçerliliği incelenmiştir. Mevcut binaların deprem güvenliği, önerilen yöntem ve yönetmelik esaslarına göre belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Performans, betonarme binalar, doğrusal elastik olmayan

2014, 116 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINING THE SEISMIC PERFORMANCE OF THE EXISTING BUILDINGS USING INELASTIC LINEAR METHODS

Hakan DİLMAÇ

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

Supervisor: Prof. Dr. Fuat DEMİR

Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hamide TEKELİ

One of the anticipated methods is inelastic analysis to determine seismic performance of the existing building in Turkish Seismic Code (DBYBHY (2007)) which came into operation in 2007. Using this analysis will take much time in case of excessive number of existing building will be examined. Therefore, in this study, an evaluation method can be applied easily and is suitable to principles of Turkish Seismic Code was purposed.

This study consists of three stages. In the first stage, model buildings were formed to reveal the proposed method and investigate the parameters that affect seismic performance. Numbers of spans and floors, concrete and steel grade, existence of confinement bars were chosen as parameters. According to effects of parameters, smallest size of the columns of model buildings were determined by inelastic linear method as to provide “Life Safety” performance level. In the analyses as part of this study, three analysis programs were used together which are modeling of confinement in reinforced concrete elements (BESAM), excel-based inelastic linear evaluation program (DELOP) and Structural Analysis Program (SAP 2000). In the second stage, the results are obtained from analyses of model buildings in preliminary study was evaluated and a method was suggested to predict simply the seismic performance of existing housing type buildings. Lastly, a hundred twenty-eight housing type building in İstanbul, Isparta, İzmir, Burdur, Afyon which are in first-degree earthquake zone of Turkey were examined for validity of the purposed method. Earthquake safety of existing buildings were determined accordance with the purposed method and Turkish Seismic Code and results were compared.

Keywords: Performance, reinforced concrete building, in-elastic linear method,

2014, 116 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasına bilgisiyle katkıda bulunan, tecrübesi ile eksikliklerimi düzelten, hoşgörüsüyle daima bana destek olan maddi ve manevi hiçbir yardımı benden esirgemeyen çok değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Fuat DEMİR' e teşekkür ederim. Tez çalışmasında her zaman kıymetli yardımlarıyla bana güç veren, bilgi ve tecrübesi ile daima beni destekleyen çok kıymetli ikinci Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ' ye teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım esnasında mesaimizi paylaştığımız değerlerli çalışma arkadaşlarım K. Tuğçe ERKAN' a, Osman AKYÜREK' e ve diğer arkadaşlarıma teşekkür ederim.

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

Tezimin her aşamasında maddi ve manevi destekleri ile beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hakan DİLMAÇ
ISPARTA, 2014

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3. 1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	13
Şekil 4. 1. Pekleşmeli ve pekleşmesiz durumlar için moment-dönme ilişkisi	24
Şekil 4. 2. Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi.....	26
Şekil 4. 3. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu.....	28
Şekil 4. 4. Doğrusal elastik olmayan (nonlineer) spektral yerdeğiştirme	30
Şekil 5.1. Bina performansı belirleme yöntemleri	32
Şekil 5. 2. BESAM programına ait veri girişi görünümü.....	34
Şekil 5. 3. Sargılı ve sargısız betonun gerilme şekildeğiştirme ilişkisi.....	38
Şekil 5. 4. Donatının gerilme - şekildeğiştirme ilişkisi.....	40
Şekil 5. 5. Betonarme eleman kesiti görünümü.....	41
Şekil 5. 6. Farklı yazılım sonuçlarına göre elde edilen moment-eğrilik ilişkileri.....	42
Şekil 5. 7. Kesite ait moment dönme ilişkisi üzerindeki sınır değerler	43
Şekil 5. 8. DELOP programına ait genel görünüm	44
Şekil 6. 1. Model binaya ait kalıp planı.....	45
Şekil 6. 2. BESAM programı ile oluşturulan mafsallı dosyasından görünüm	46
Şekil 6. 3. SAP2000 programına mafsalların atanması.....	47
Şekil 6. 4. BESAM programında tanımlanan Sa-Sd grafiği	48
Şekil 6. 5. Kiriş elemanların hasar yüzdeleri	53
Şekil 6. 6. Kolon elemanların hasar yüzdeleri	54
Şekil 7. 1. Ön çalışma modellerinin tanıtılması	56
Şekil 7. 2. 2x2 açıklıklı modele ait kalıp planı (Model A).....	58
Şekil 7. 3. 2x2 açıklıklı modellere ait üç boyutlu görünüşler.....	58
Şekil 7. 4. 3x3 açıklıklı modele ait kalıp planı (Model B).....	59
Şekil 7. 5. 3x3 açıklıklı modellere ait üç boyutlu görünüşler.....	59
Şekil 7. 6. 4x4 açıklıklı modele ait kalıp planı (Model C).....	60
Şekil 7. 7. 4x4 açıklıklı modellere ait üç boyutlu görünüşler.....	60
Şekil 7. 8. 5x5 açıklıklı modele ait kalıp planı (Model D)	61
Şekil 7. 9. 5x5 açıklıklı modellere ait üç boyutlu görünüşler.....	61
Şekil 7. 10. Hedef performans seviyesini sağlayan en küçük kolon boyutları	63
Şekil 7. 11. İki katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri.....	69
Şekil 7. 12. Üç katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri	69
Şekil 7. 13. Dört katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri	70
Şekil 7. 14. Beş katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri.....	70
Şekil 7. 15. İki katlı model binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri.....	71
Şekil 7. 16. Üç katlı model binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri	71
Şekil 7. 17. Dört katlı model binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri.....	72
Şekil 7. 18. Beş katlı model binalarda C10/S220 /Sargı Yok için KI değeri.....	72
Şekil 7. 19. Tüm model binalarda KI değeri	73
Şekil 7. 20. Tüm model binalarda KI değeri	74
Şekil 7. 21. Afyon ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları	75
Şekil 7. 22. Isparta ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları	75
Şekil 7. 23. Burdur ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları	75
Şekil 7. 24. İzmir ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları	76
Şekil 7. 25. İstanbul ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları.....	76
Şekil 7. 26. Tüm illerde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları	76
Şekil 7. 27. Afyon ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları.....	77
Şekil 7. 28. Isparta ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları	78
Şekil 7. 29. Burdur ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları	79

Şekil 7. 30. İzmir ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları	80
Şekil 7. 31. İstanbul ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları.....	81
Şekil 7. 32. İki katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları.....	99
Şekil 7. 33. Üç katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları	100
Şekil 7. 34. Dört katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları	101
Şekil 7. 35. Beş katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları.....	102
Şekil 7. 36. İki katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları	103
Şekil 7. 37. Üç katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları.....	104
Şekil 7. 38. Dört katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları.....	105
Şekil 7. 39. Beş katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları	106
Şekil 7. 40. Tüm mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları.....	107
Şekil 7. 41. Tüm mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları	108

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	12
Çizelge 3. 2. Deprem etkileri.....	17
Çizelge 3. 3. Farklı deprem düzeylerinde binalar için hedeflenen performans	18
Çizelge 4. 1. Beton ve donatıda şekildeğiştirme sınır değerleri	21
Çizelge 5. 1. Donatı için kullanılan malzeme özellikleri	39
Çizelge 6. 1. BESAM programı ile elde edilen hedef tepe yerdeğiştirme değerleri	47
Çizelge 6. 2. Birinci kata ait kirişlerin hasar durumları ve kırılma türü.....	49
Çizelge 6. 3. İkinci kata ait kirişlerin hasar durumları ve kırılma türü	50
Çizelge 6. 4. Birinci kata ait kolonların hasar durumları ve kırılma türü	51
Çizelge 6. 5. İkinci kata ait kolonların hasar durumları ve kırılma türü	52
Çizelge 6. 6. Kiriş elemanlara ait hasar yüzdelerinin belirlenmesi	53
Çizelge 6. 7. Kolon elemanlara ait hasar yüzdelerinin belirlenmesi.....	54
Çizelge 7. 1. Malzeme ve sargı durumuna göre model binaların tanıtımı.....	57
Çizelge 7. 2. İki katlı mevcut binaların KI değerleri	83
Çizelge 7. 3. Üç katlı mevcut binaların KI değerleri.....	84
Çizelge 7. 4. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri.....	86
Çizelge 7. 5. Beş katlı mevcut binaların KI değerleri	89
Çizelge 7. 6. İki katlı mevcut binaların KI değerleri	91
Çizelge 7. 7. Üç katlı mevcut binaların KI değerleri.....	92
Çizelge 7. 8. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri.....	94
Çizelge 7. 9. Beş katlı mevcut binaların KI değerleri	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$a_1^{(i)}$	Birinci moda ait modal ivme
A_o	Etkin yer ivme katsayısı
A_s	Boyuna donatı alanı
A_w	Kolon enkesiti etkin gövde alanı
b_o	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
b_w	Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
C_{R1}	Spektral yerdeğiştirme oranı
d	Kirişin faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$	Modal yerdeğiştirme istemi
E_c	Betonun elastisite modülü
E_s	Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_e$	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_c	Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	Sargılı beton dayanımı
f_{cm}	Mevcut beton dayanımı
f_{co}	Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{ctm}	Mevcut betonun çekme dayanımı
f_e	Etkili sargılama basıncı
f_s	Donatı çeliğindeki gerilme
f_{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{yw}	Enine donatının akma dayanımı
h_i	Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
L_p	Plastik mafsallık boyu
M_A	Artık moment kapasitesi
M_D	Düşey yüklerden oluşan moment
M_E	Deprem yükleri altında oluşan moment
M_K	Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi
M_p	Eğilme momenti kapasitesi
M_{x1}	x doğrultusunda doğrusal elastik davranış için birinci (hakim) moda ait etkin kütle
N_A	Artık moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
N_D	Düşey yüklerden oluşan eksenel kuvvet
N_E	Deprem yükleri altında oluşan eksenel kuvvet
N_K	Kesit moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
r	Etki/kapasite oranı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
r_s	Etki/kapasite oranının sınır değeri
s	Etriye aralığı
$S(T)$	Spektrum katsayısı
S_a	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral ivme

S_{ae1}	Birinci moda ait elde edilen elastik spektral ivme
S_{de1}	Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
T_B	İvme spektrumundaki karakteristik periyot
u_{xN1}	Binanın tepesinde x doğrultusu (i). adımda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme
$u_{(p)xN}$	Tepe yerdeğiştirmesi istemi
V_e	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_{x1}	x doğrultusu (i)'inci itme adımında elde edilen birinci moda ait taban kesme kuvveti
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
Γ_{x1}	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
δ_i	Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
Δ_i	Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
ϵ_c	Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cu}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_s	Donatı çeliğinin çekme başlangıcındaki şekil değiştirme
ϵ_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
η_{bi}	i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
θ_p	Plastik dönme istemi
λ	Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
ρ_s	Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranı
ρ_s	Toplam enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sm}	Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
ρ_x, ρ_y	İlgili doğrultulardaki enine donatı hacim oranı
φ_p	Plastik eğrilik istemi
φ_t	Toplam eğrilik istemi
φ_y	Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{xN1}	Binanın tepesinde x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği

1. GİRİŞ

1.1. Konu ve Kapsam

Deprem kuşağı etkisinde olan ülkemizde betonarme binaların kullanımı oldukça yaygındır. Ülkemizde, binaların büyük çoğunluğunun deprem etkisi dikkate alınmadan sadece düşey yükler altında projelendirildiği bilinmektedir. Bu nedenle mevcut binaların büyük çoğunluğu beklenen deprem performansını sağlayamamaktadır. Son yıllarda meydana gelen depremlerde, betonarme binaların taşıyıcı sistemlerinde deprem etkisiyle meydana gelen ağır hasarlardan dolayı can ve mal kayıpları görülmektedir.

Depremi zamanının, yerinin ve büyüklüğünün önceden tahmin edilememesine rağmen, günümüzde gelişmesini sürdürmekte olan teknolojik imkanlar kullanarak, deprem anında can ve mal kayıplarını en aza indirilebilmesi mümkündür. Geliştirilen bilgisayar teknolojisi ile mevcut betonarme binaların deprem performansının belirlenmesi kısa sürede yapılabilmektedir. Mevcut betonarme binaların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi, yetersiz olanların güçlendirilmesinin belirlenmesi olası zararların önüne geçilebilmesi açısından son derece önemlidir.

Dünyadaki birçok gelişmiş ülkede binaların depreme karşı güvenliğini sağlamak için dinamik performansa dayalı yapılan çalışmalara benzer olarak, yurdumuzda da "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik" mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve güçlendirilmesi için 7. bölüm hazırlanmış ve 26454 numaralı resmi gazetede yayınlanarak 06.03.2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir (DBYBHY (2007)). DBYBHY (2007)' nin yedinci bölümünde mevcut betonarme binaların değerlendirilmesinde kullanılabilecek yöntemleri tanımlanmaktadır. Yönetmelikte, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri olmak üzere iki farklı yöntem önerilmiştir. Yönetmelik mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde, bu yöntemlerin kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında, binaların deprem güvenliğinin pratik şekilde belirlenmesi için yaklaşık bir yöntem önerilmiştir. Bu amaçla ön çalışma model binaları oluşturulmuştur. Bu binaların açıklık ve kat adetleri 2, 3, 4 ve 5 olarak seçilmiştir. Taşıyıcı sistemin eksen açıklıkları, x ve y doğrultularında eşit olacak şekilde 4 m ve 6 m, beton sınıfı C10 ve C20, donatı sınıfı S220 ve S420, sargılamamanın var ve yok olması durumları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Toplamda 256 adet model bina üretilmiştir.

Çalışma kapsamında oluşturulan 256 adet model binanın DBYBHY (2007)' in yedinci bölümünde doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Böylece her bir model bina için "Can Güvenliği" hedef performans seviyesini sağlayan en küçük kolon boyutları elde edilmiştir. Binanın "Can Güvenliği" performans seviyesini sağlamaması durumunda her iki doğrultuda kolon boyutları birer santimetre arttırılmış ve değerlendirme tekrar yapılmıştır. Bu işleme hedef performans sağlanıncaya kadar devam edilmiştir.

Ön çalışma bina model çözümlerinde elde edilen sonuçlar değerlendirilerek mevcut konut türü binaların DBYBHY (2007) esasları ile uyumlu olarak deprem güvenliğinin incelenmesinde kullanılabilecek pratik bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım geçerliliği birinci derece deprem bölgesinde bulunan İstanbul, İzmir, Isparta, Burdur, Afyon illerinden seçilen 128 adet bina üzerinde incelenmiştir. Bu amaçla model binaların hem DBYBHY (2007) esaslarına göre hem de önerilen yaklaşımla çözümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1.2. Tezin Amacı

Ülkemizdeki yapılaşmanın büyük çoğunluğunu betonarme binalar, bu binaların büyük bir oranını ise konut türü binalar oluşturmaktadır. Mevcut binaların deprem güvenliğinin önceden belirlenmesi, ve gerekli olanlar için tedbir alınması can ve mal kaybını en aza indirecektir. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY (2007))'nin yedinci bölümü bu amaca hizmet etmektedir.

Bu tez çalışmasında da DBYBHY (2007)'de mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi için önerilen doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır. Bu model binalar tam simetrik olup, beton sınıfı C20, çelik sınıfı S420, sargılamanın var ve yok olması durumu, kat adedinin 2, 3, 4, 5 olması, açıklık mesafesinin 4m ve 6m olması durumlarının kombinasyonları modellenmiştir. Her bir model binada "Can Güvenliği" hedef performans seviyesini sağlayacak en küçük kolon boyutu belirlenmiştir. Ön çalışma bina model çözümlerinde elde edilen sonuçlar değerlendirilerek mevcut konut türü binaların DBYBHY (2007) esasları ile uyumlu olarak deprem güvenliğinin incelenmesinde kullanılabilecek pratik bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Belirlenen pratik yaklaşımın geçerliliği birinci derece deprem bölgelerinde bulunan bazı illerden elde edilen mevcut konut türü binalar üzerinde incelenmiştir. Bu binaların deprem güvenliği hem önerilen yaklaşımla hem de DBYBHY (2007) esaslarına göre belirlenmiş ve sonuçlar kıyaslanmıştır.

Çalışma kapsamında belirlenen yaklaşımla, mevcut binaların deprem güvenliliğinin önceden tahmin edilmesi ve gerekli olan binalarda önlemlerin alınmasını sağlayarak olası can ve mal kaybını en aza indirmeyi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Dünyada süregelen depremlerin ışığında gelişmiş ülkelerde binaların depreme dayanıklı olarak tasarlanması ve mevcut binaların deprem güvenliğini incelenmesi amacıyla yönetmelikler çıkarılmış ve yürürlüğe konmuştur. Ülkemizde, depremsellik açısından yoğun bir kuşak üzerinde yer alması nedeniyle depreme dayanıklı yapı tasarımı ve var olan binaların deprem güvenliğinin incelenmesi için dünyadaki diğer gelişen teknolojilere paralel bir çok deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. En son olarak da binaların deprem performansının belirlenmesi hakkında bölüm 7 eklenerek 2007 yılında deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. DBYBHY (2007)' in yedinci bölümünde binaların deprem performansının belirlenmesi için kullanılması gereken yöntemlerden biri olan doğrusal elastik olmayan yöntem ve hesap esasları belirtilmiştir. Bina performanslarının belirlenmesi hakkında yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir;

Amerika Birleşik Devletlerinde Applied Technology Council tarafından 1989'da hazırlanan ATC-21 olarak bilinen "A Handbook for Seismic Evaluation of Existing Building" adlı değerlendirme yöntemidir. Bu değerlendirme yönteminde, seçilen belirli bir bölgedeki binalarda deprem dayanıklılığı açısından hızlı bir ön değerlendirme çalışması yapılarak depreme karşı dayanımında açık bir şekilde eksikliği bulunan binaların belirlenmesi amaçlanır. Yöntemin uygulanması sonucunda her bina için bir değerlendirme puanı oluşturulur ve bu puanın binanın meydana gelebilecek bir depremdeki davranışını temsil etmesi esas alınır. Yüksek puan, binanın yeterli bir taşıyıcı sisteme sahip olması ihtimalinin yüksekliğine karşı gelir.

ATC-22'de verilen değerlendirme yöntemi, ATC-21'de önerilen yönteme göre daha ayrıntılı olarak binanın incelenmesine imkan tanımaktadır. Dolayısıyla daha ayrıntılı bir incelemeye ihtiyaç duyulan binalar için ATC-22 de verilen davranış değerlendirme yönteminin kullanılması uygun olabilir. Bina

bölümlerinin dikkate alınmasıyla yapılacak değerlendirme sonucunda kusurlu bölümler tespit edilebilmektedir. Yöntem, tüm binada ayrıntılı inceleme yapmak yerine sadece bu kusurlu bölümlerdeki etkenlerin ayrıntılı bir şekilde gözönüne alınmasına imkan tanımakta ve zayıf noktaların belirlenmesinde etkili olmaktadır.

Birçok ülkede depremlerden sonra binalarda ortaya çıkan deprem hasarları, mevcut binaların deprem güvenliğinin incelenmesi, yetersiz olan binaların belirlenmesi ve gerekli güçlendirme tedbirlerinin alınması zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Bina sayısı fazla olan şehirlerde, incelenmesi gereken bina sayısını azaltmak için hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Mevcut binaların deprem dayanımlarının hızlı bir biçimde belirlenmesi için yönetmelik olarak da kabul görmüş çeşitli yöntemler (FEMA 154; FEMA 310) literatürde mevcuttur.

Ersoy ve Tankut (1996) tarafından yapılan çalışmada, az katlı betonarme binaların deprem tasarımına ilişkin bir öneri sunulmuştur. Bu yöntem Erzincan ve Dinar Depremi'nde ortaya çıkan bina hasar gözlemleri ile desteklenmiştir. Erzincan ve Dinar Depremi'nde hasar gören binaların büyük bir çoğunluğunun yapım tarihinde yürürlükte olan yönetmelik esaslarını sağlamadığı belirtilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmada, binalardaki hasarın önemli bir nedeninin betonarme kolonların yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olmamasından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Hassan ve Sözen (1997) tarafından yapılan çalışmada, beş kata kadar olan betonarme binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için basit bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem öncelikli olarak ele alınması gereken binaların belirlenmesi için kullanılmaktadır. Önerilen yöntem toplam kat alanı, kolon alanı ve duvar boyutlarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Binaların deprem güvenliği hesaplanan bu indekslere bağlı olarak değerlendirilmektedir.

Gülkan ve Sözen (1999) tarafından yapılan çalışmada, betonarme binaların deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için kolon ve duvar alanlarının toplam kat alanına oranı kullanılarak teorik bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, dolgu duvarlı betonarme çerçeve binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Yapılan çalışmada, Erzincan depreminde gözlenen hasarlar dikkate alınarak binaların tasarım depremi etkisindeki kat ötelemesine bir sınırlama getirilmiştir. Zemin kattaki öteleme oranının binanın deprem güvenliğinin belirlenmesinde önemli bir etken olduğu ifade edilmiştir.

Pay (2001) yaptığı çalışmada, betonarme binaların sismik olarak hasar görebilirliğini tahmin edebilmek için istatistiksel analize dayanan bir yöntem sunmuştur. Bu analizlerde istatistiksel olarak bir çok değişken ele alınmıştır. Bolu, Düzce ve Kaynaşlı'dan 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremleri sonrasında toplanan mevcut bilgiler "Diskriminant analizi yöntemi" ile incelenmiştir. Hasara en etkin parametreler kat adedi ve planda düzenlilik olarak belirlenmiştir. Önerilen yöntemin geçerliliği 1992 Erzincan Depremi etkisine maruz kalan binalar üzerinde incelenmiştir.

"Sıfır Can Kaybı Projesi" ve "P25 Yöntemi" adıyla TUBİTAK projesi kapsamında yapılan çalışmada Tezcan v.d. (2003) tarafından depremde can kaybının önlenmesi ve mevcut binaların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi için bir yöntem sunulmuştur. Daha sonra Bal vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise binanın projesi veya rölövesi üzerinde gerçekleştirilecek bazı sayısal ölçümler, gözlemler ve hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yardımıyla seçilen parametreler ile göçmeye aday binaların hızla ayıklanmasına yarayan P25 puanlama yönteminin ayrıntıları açıklanmıştır. Yöntem daha önceki depremlerde hafif, orta ve ağır hasar almış veya göçmüş 311 adet binaya uygulanarak denenmiş ve elde edilen sonuçlarda, önerilen yöntemin göçmeye aday binaların büyük bir doğrulukla tespit edilebileceği belirtilmiştir.

Avrupa Birliği standartları arasında bulunan Eurocode 8.3 (2004) standardında, mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmış, bu çalışmaların sonuçlarını içeren yaklaşımlar yer almaktadır.

Yakut (2004), lkemiz binaları için dayanım esaslı bir hızlı değerlendirme yöntemi önermiştir. Bu amaçla 40 adet binanın kapasite eğrisinden yola çıkarak binanın ilk katında bulunan düşey elemanların kesme dayanımı ile bina akma dayanımı arasında bir bağıntı kurmuştur. İncelenen binaların bir kısmı Düzce depreminden sonra incelenen binalardan diğer bir kısmı da kamuya ait bazı binalardan oluşmaktadır. Dolgu duvarların dayanıma katkısının dikkate alındığı çalışmada binanın dayanım değerı indeksi inşa kalitesi ve yapı düzensizliği katsayıları ile çarpılarak bu etkiler hesaba katılmaktadır.

Korkmaz ve Düzgün (2006), yaptıkları çalışmada mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analiz sonuçlarını, doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Genç (2007) tarafından yapılan çalışmada depreme maruz kalmış binaların taşıyıcı elemanlarında meydana gelen hasarları ve bu hasarlarla binaların deprem performans seviyelerine etkileri incelenmiştir. Bu incelemeler iki adet planları simetrik ve aynı kat plan alanına sahip dört ve sekiz katlı ve aynı kat plan alanına sahip burulma düzensizliği olan dört ve sekiz katlı iki bina olmak üzere, toplamda dört adet betonarme taşıyıcı sistemli bina üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu binalardan ilk ikisi DBYBHY (2007)' de yer alan doğrusal elastik değerlendirmenin eşdeğer deprem yükü yöntemi, doğrusal olmayan değerlendirmenin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan çok modlu statik artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile çözümlenmiştir. Farklı yapısal özelliklere sahip betonarme binaları çeşitli çözüm yöntemleriyle irdelenmiş ve performans seviyeleri belirlenmiştir.

Uygun ve Celep (2007) yaptıkları çalışmada, tasarlanmış bir bina mevcut kabul edilerek doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntem esaslarına göre bina performans değerlendirmesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbiri ile mukayese edilmiştir. Aynı çalışmada mevcut binada dinamik esaslı doğrusal olmayan analiz yapılmış, elde edilen sonuçların doğrusal elastik olmayan statik itme analizinden elde edilen sonuçlarla kıyaslama yapılmıştır.

Boduroğlu ve Özdemir (2007), dünyaca kabul görmüş hızlı değerlendirme yöntemlerinden biri olan Japon Sismik İndeks Yöntemini, 1992 Erzincan, 1998 Adana-Ceyhan, 1999 Marmara ve Düzce Depremleri sırasında farklı hasar seviyelerine uğramış binalara uygulamıştır. Çalışmada, elde edilen sonuçların 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY'98) esasları çerçevesinde ülkemiz koşullarına uyarlanması ile geliştirilen Deprem Güvenliği Tarama Yöntemi (DGTY) sunulmuştur. Bu yöntem, deprem güvenliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesi amacı ile betonarme çerçeve, perde-çerçeve veya sadece perdelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip bodrum kat hariç altı ve/veya daha az katlı bina türü yapılara uygulanabilen bir hızlı tarama yöntemidir. Bu konuda yapılan benzer çalışmalara, Boduroğlu ve Gerçek (1990), Boduroğlu ve Özdemir (1993), Özdemir ve Boduroğlu (1996), İlki vd (2003), Özdemir vd (2005), Boduroğlu vd (2007) örnek olarak verilebilir.

İnel vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, yurdumuzda meydana gelen depremlerde malzeme ve yapısal düzensizlik etkilerinin bina ve eleman hasarlarına etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla yapı stokunu yansıtmak için 1975 Afet Yönetmeliği'ne göre tasarlanan 4 ve 7 katlı iki adet binanın farklı etriye donatısı ve malzeme özelliklerini yansıtan, farklı düzensizliklere sahip (yumuşak kat, kısa kolon, kapalı çıkma) ve düzenli hallerinin doğrusal olmayan statik yöntem hesap esaslarına göre bina performansları belirlenmiştir.

Kutanis (2008) çalışmasında DBYBHY (2007)' nin mevcut binaların belirlenmesi için ön gördüğü doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi 2 açıklıklı 4 katlı bir betonarme bina üzerinde uygulayarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Celep (2008) DBYBHY (2007)' nin son bölümünde yer alan mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili konularda sunumlar yaparak uygulamalı örneklerle ile bilgilendirme yapmıştır.

İlki ve Celep (2011) yaptıkları çalışmada DBYBHY (2007)' de mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için öngörülen yöntemlerin hesap esaslarını özetlemiştir. Bu yöntemler FEMA ve Eurocode' da verilen hesap esasları ile mukayese edilmiştir. Özellikle deprem etkisinin tanımında ve taşıyıcı sistemde bu etki altında oluşan kuvvetlerin (kuvvet, moment, gerilme) ve şekil değiştirmelerin (şekildeğiştirme, yerdeğiştirme, kesit dönmesi, birim uzama veya kısalma) hesabında ve bunların sınır değerlerinin tespitindeki belirsizliklere dikkat çekilmiştir.

Ersoy (2013) tarafından yapılan çalışmada, hasar ve can kaybına yol açan nedenler göz önünde bulundurularak eleman boyutlandırması ve donatı detaylandırılması ile ilgili basit kurallar verilmiştir. Tasarım aşamasında kolon ve perde duvar kesit alanlarının belirlenebilmesi için bir öneri getirilmiştir. Yöntem, tasarım aşamasında kullanılmak için ortaya konulmuştur. Mevcut binaların değerlendirilmesinde kullanılması önerilmemiştir. Verilen yöntem bir anlamda DBYBHY (2007) esaslarını, yönetmelikte verilen ayrıntılı hesapları yapmaya gerek kalmadan basit kurallara uyarak uygulamayı amaçlamaktadır.

Ülkemizde riskli binaların tespit edilmesi amacıyla “Riskli Binaların Tespit Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir (RBTY, 2013). Yönetmelikte Tasarım Depremi altında yıkılma veya ağır hasar görme riski bulunan bina Riskli Bina olarak tanımlanmakta ve bina yüksekliği 25m ve kat adedi 8'i geçmeyen betonarme ve yığma binaların risk belirlenmesi için kullanılmaktadır.

Demir vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, malzeme sınıfı, sargılama durumu, kat adedi ve açıklık sayısının farklı değerlerinin kombinasyonlarına göre model kare binalar oluşturularak doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntem hesap esaslarına göre çözümleri yapılmıştır. Her bir model binanın "Can Güvenliği" hedef performans seviyesini sağlayacak en küçük kolon boyutları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek betonarme binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir hızlı değerlendirme yöntemi oluşturulmuştur. Bu değerlendirme yönteminin geçerliliği yurdumuzda birinci derece deprem bölgesindeki bazı illerimizden toplanan 250 adet mevcut bina üzerinde incelenmiştir. Bu amaçla seçilen mevcut konut türü binaların deprem güvenliği hem DBYBHY (2007) esaslarına göre hem de önerilen yöntemle belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3. BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi can ve mal güvenliği açısından oldukça önem taşımaktadır. Mevcut binaların deprem performanslarını belirleyebilmek için DBYBHY (2007)' e yedinci bölüm olarak eklenen "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" ile ilgili bir bölüm ilave edilmiş ve bu bölümde önerilen hesap yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri

Mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesinde öncelikle binanın taşıyıcı sistemi ile ilgili bilgi toplanması gerekmektedir. Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilmektedir.

3.1.1. Sınırlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

3.1.2. Orta bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri varsa sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri kontrol edilir.

3.1.3. Kapsamlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur ve proje bilgilerinin kontrol edilmesi için yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Değerlendirilecek olan mevcut binalar için DBYBHY (2007)' de bilgi düzey katsayıları Çizelge 3.1' de verildiği gibidir.

Çizelge 3. 1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (DBYBHY (2007))

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

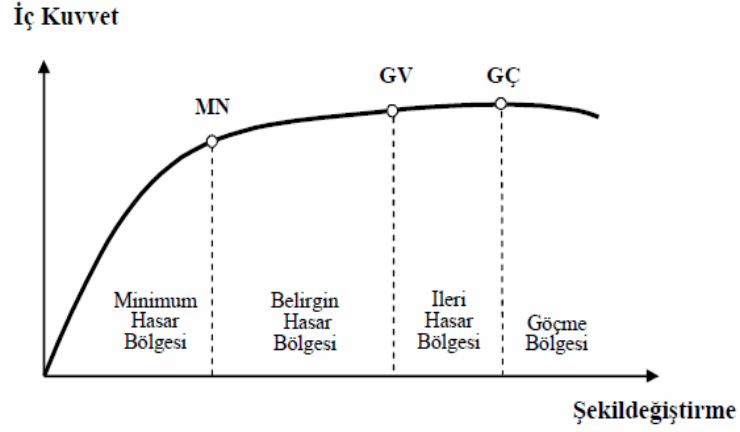
3.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.2.1. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

3.2.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.1).



Şekil 3. 1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri (DBYBHY (2007))

3.2.3. Taşıyıcı sistem elemanları hasar sınırları ve hasar bölgeleri

Depreme maruz kalan bir binanın taşıyıcı sistemi olarak bilinen kolon ve kiriş elemanlarının en çok hasar görebilecek ve gerilmelerin en çok toplanabileceği kısımları kolon-kiriş birleşim bölgeleridir. Deprem esnasında, depremden dolayı herhangi bir kesit tesiri oluşmayan ikincil kirişler hesaplara dahil edilmez. Bir taşıyıcı elemanın kesit hasar sınırı en kritik değeri, o taşıyıcı sistem elemanının hasar bölgesini tanımlar. Her bir elemanın hasar seviyelerinin belirlenmesinin ardından kat içerisindeki hasar yüzdeleri belirlenir. Bu yüzdeler ile kat performans seviyesi, kat performans seviyeleri karşılaştırılarak da bina performans seviyesine karar verilir. Her bir kat için hasar durumu belirlendiğinde taşıyıcı sistemin tümü için en çok hasar gören kata göre binanın taşıyıcı sisteminin hasar durumu belirlenmiş olur.

3.3. Bina Deprem Performans Düzeyinin Belirlenmesi

DBYBHY (2007) yedinci bölümünde mevcut betonarme binaların doğrusal ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans seviyesi belirlenir. Bunun için öncelikle binanın hedef performans seviyesi belirlenir. Elde edilen bina performans seviyesi hedef performans seviyesi ile karşılaştırılır ve binanın

deprem güvenliği belirlenir. Bina deprem performans seviyesi DBYBHY (2007)' de dört farklı olarak tanımlanır.

3.3.1. Hemen kullanım (HK) performans düzeyi

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 10 u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Varsa gevrek elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile bu durumdaki bina hemen kullanım durumunda kabul edilir.

Hemen kullanım durumunda binada küçük elasto-plastik şekildeğiştirmelere izin verilmektedir. Taşıyıcı sistemin ana elemanı olarak kabul edilen kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması öngörülürken, kirişlerde belirli oranın bir üst hasar seviyesine geçmesine izin verilmektedir. Gevrek hiçbir elemanın kabul edilmemesi uygulamada oldukça zor bir şart olarak ortaya çıkmaktadır (Celep, 2008).

3.3.2. Can güvenliği (CG) performans düzeyi

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

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

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

Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY (2007)' de verilen güçlü kolon şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmez).

Hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmesi, önemli ve daha çok önemli kolonların ayrılabilmesi bakımından dikkat çekicidir. En üst katın, taşıyıcı sistem kararlılığındaki daha az etkili duruma da dile getirildiği görülmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun da hasar bölgesine erişmesi anlamlı bir durum olarak kabul edilmektedir. Benzer güçlü kolon kavramının olumlu yanının ortaya çıkarıldığı görülmektedir (Celep, 2008).

3.3.3. Göçme öncesi (GÖ) performans düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

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

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst

kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, kolon elemanların alt ve üst birleşim bölgesinde her ikisinde birden DBYBHY (2007)' de verilen güçlü kolon şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmez).

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

Sünek elemanlar için çeşitli hasar durumları tanımlanırken, gevrek elemanların taşıma güçlerine vardıktan sonra doğrudan göçme durumuna geçtiği kabul edilmektedir. Burada da hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun da hasar bölgesine geçmesi olumsuz ve güçlü kolon kavramının sağlanması olumlu bir durum olarak kabul edilmektedir (Celep, 2008).

3.3.4. Göçme durumu (GD)

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

3.4. Binalarda Deprem Etkisi

DBYBHY (2007)' de mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve binanın durumuna göre gerekirse güçlendirilmesi konusu detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi 50 yılda aşılma olasılıkları %50, %10 ve %2 olmak üzere üç farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3. 2. Deprem etkileri

Deprem Düzeyi	Deprem etki katsayısı	50 yılda aşılma olasılığı	Ortalama dönelme süresi
D1 Depremi	0.5	%50	72 yıl
D2 Depremi	1	%10	474 yıl
D3 Depremi	1.5	%2	2475 yıl

Deprem düzeyi D1 olan deprem, binaların hizmet verebileceği ömürleri boyunca meydana gelebilme ihtimali en fazla olan depremdir. D2 düzeyi deprem bina önem katsayısı ($I=1$) 1'e eşit yeni konut türü binalar için hesaba alınması gereken deprem etkisidir. D3 düzeyi deprem yeni yapılacak olan ve toplumun sık olarak kullandığı ve depremten sonra hiçbir hasar görmesi istemeyen binalar için kullanılan tasarım depremidir. Yeni yapılarda bu deprem etkisi bina önem katsayısının ($I=1.5$) 1.5 'e eşit alınmasıyla hesaplara dahil edilir.

3.5. Mevcut Binalarda Hedeflenen Bina Performans Düzeyleri

Yeni yapılacak olan bir binanın kullanım amacına göre D1, D2 ve D3 deprem etkileri bina önem katsayısı dikkate alınarak tasarımı yapılır. Mevcut binalarda ise, binanın kullanım amacına ve deprem etkisine göre sağlaması gereken deprem hedef performans Çizelge3.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 3. Farklı deprem düzeylerinde binalar için hedeflenen performans seviyeleri (DBYBHY (2007))

Binanın kullanım amacı ve türü	Deprem 50 yılda aşılma ihtimali		
	%50	%10	%2
Deprem sonrası kullanımı hemen gereken binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık, belediye binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri, vb.	HK	CG	-
Tehlikeli madde içeren binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar, vb.	-	HK	GÖ
Diğer binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, bina türü endüstri yapıları, vb.	-	CG	-

DBYBHY (2007)' de binaların küçük depremlerde hasarsız olması, büyük depremlerde can güvenliğini sağlayacak şekilde büyük olmamak şartıyla hasarlı olması, çok büyük depremlerde ise toptan göçme oluşmadan atlatması hedeflenmiştir. Mevcut bir binanın önem katsayısı $I=1$ ise depreme dayanıklı tasarımının "Can Güvenliği" performans seviyesini sağlaması esas alınır. Bunun için değişik deprem etkilerinde hangi türden binanın hangi performans seviyesini sağlaması gerektiğini, Çizelge 3.3' de görüldüğü üzere, DBYBHY (2007)' de ön görmüştür.

Binaların deprem performansı, taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon, kiriş, perde) depremden sonraki hasar seviyelerine göre belirlenir. Taşıyıcı sistem

elemanlarının kesitlerinde oluşan hasar seviyesi, değerlendirilmede elde edilen ilgili elemanların kesit tesirleri ve şekildeğiştirme sayısal değerleri yönetmelikte verilen sınır değerlerle kıyaslaması ile belirlenir.

4. DBYBHY (2007) 'DE DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAPLAMA

Hemen hemen bütün diğer ülkelerin yönetmeliğinde olduğu gibi, DBYBHY (2007), yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımında "*hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı hasar oluşumunun sınırlandırılması*" ön görmektedir. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde ise, genel olarak bu kural çerçevesinde kalınarak yeni binalara göre daha ayrıntılı ve farklı bir yaklaşım öngörülmüştür. Bu farklı yaklaşım yakın bir gelecekte yeni binaların tasarımında da esas alınması muhtemeldir (Celep, 2008).

DBYBHY (2007)' de mevcut betonarme binaların deprem etkisi altındaki performanslarının belirlenmesi için kullanılması ön görülen yöntemlerden biri olan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri, taşıyıcı sistem elemanlarının sünek davranışına ait plastik şekildeğiştirme kapasiteleri ve gevrek davranışa ait kesit taşıma kapasitelerinin hesaplanmasını amaçlamaktadır. Bulunan plastik şekildeğiştirme kapasiteleri ve gevrek davranışa ait kesit taşıma kapasitelerinin yönetmelikte bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve binanın tümü düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır. Şekildeğiştirme ve yerdeğiştirmeye göre binaların deprem performanslarına karar veren doğrusal elastik olmayan yöntemde belirli bir deprem yükü için yerdeğiştirme kapasitesine ulaşıldığında binanın ön görülen performans hedefine ulaşıp ulaşmadığı kontrolü yapılır. Elastik olmayan yerdeğiştirme talebine gelindiğinde her bir elemandaki beton ve donatını şekildeğiştirme değerleri belirlenerek DBYBHY (2007)' de verilen sınır değerlerle (Çizelge 4.1) kıyaslanarak her bir elemanın hasar düzeyine karar verilir.

Çizelge 4. 1. Beton ve donatıda şekildeğiştirme sınır değerleri

Şekildeğiştirme sınırı	Hasar Sınırı	
	Betonda birim kısalma	Donatıda birim kısalma
Minimum hasar sınırı	$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	$\varepsilon_{su} = 0.010$
Güvenlik Sınırı	$\varepsilon_{cg} = \min[0.0035 + 0.010\rho_s / \rho_{sm}; 0.0135]$	$\varepsilon_{su} = 0.040$
Göçme Sınırı	$\varepsilon_{cg} = \min[0.004 + 0.014\rho_s / \rho_{sm}; 0.018]$	$\varepsilon_{su} = 0.060$

Bu denklemlerde verilen değerler sırasıyla, en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesinin ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmesinin üst sınırlarını temsil etmektedir. Şekildeğiştirme sınırlarına karşılık gelen moment-dönme değerleri belirlenerek, elemanların hasar sınırları plastik mafsallarda tanımlanmıştır.

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemin, doğrusal elastik hesap yöntemine göre değerlendirme aşamasında ki en önemli avantajı, deprem veya herhangi bir yatay yük binaya etki etmesi esnasında taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerine ulaştıkça, bu elemanlar tarafından taşınmayan etki kuvvetlerinin diğer elemanlara dağıtılarak taşınmasının sağlanmasıdır. Böylece kuvvetlerin yeniden dağılımı gerçekleştirilerek iç kuvvet dağılımı, daha gerçekçi olarak elde edilebilmektedir. Doğrusal olmayan yöntemlerde eşdeğer deprem yükleri adım adım arttırılarak binaya uygulanır. Bundan dolayı bu yöntemler "statik itme analizi olarak" da adlandırılır.

4.1. Plastik Davranışın Modellenmesi

DBYBHY (2007)'de doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli'nin (plastik kesit kavramı) kullanılması öngörülmüştür. Basit eğilme durumundaki plastik mafsallarda hipotezi'ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik taşıma kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler

boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesi'nin uzunluğu (l_p), çalışan doğruktadaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmaktadır, ($l_p = 0.5 h$).

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Ancak, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile yapılan çalışmada doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanların plastik şekildeğiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır. Yığılı plastik şekildeğiştirmeyi temsil eden plastik kesit'in, teorik olarak tanımlanan plastik şekildeğiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir. Bunlar; kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmalıdır.

Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeylerinin (karşılıklı etki diyagramlarının) tanımlanmasında, beton ve donatı çeliğinin mevcut dayanımları esas alınır.

Betonarme kesitlerin akma yüzeyleri uygun biçimde doğrusallaştırılarak, iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir. Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılabilir:

Kirişlerde ; $0.40 \cdot EI_0$

Kolonlarda; $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda $0.40 \cdot EI_0$

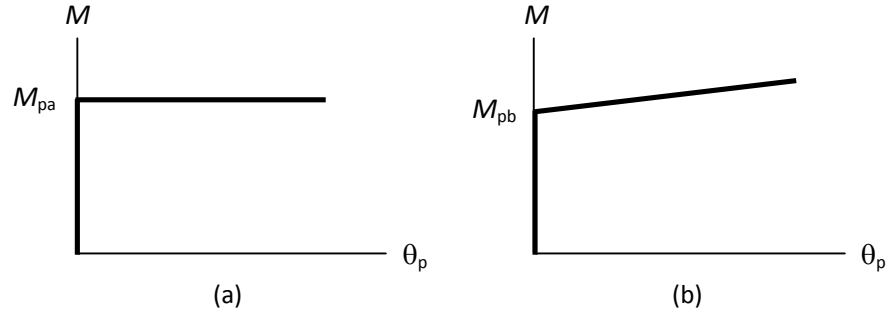
$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda $0.80 \cdot EI_0$

Eksenel basınç kuvveti N_D , düşey yükler altında hesaplanacaktır. N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

İtme analizi modelinde kullanılacak olan plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki idealleştirmeler yapılabilir:

a) İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) az olduğu için dikkate alınmayabilir (Şekil 4.1 (a)). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne alınır.

b) Pekleşme etkisinin göz önüne alınması durumunda (Şekil 4.1 (b)), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanmalıdır.



Şekil 4. 1. Pekleşmeli ve pekleşmesiz durumlar için moment-dönme ilişkisi

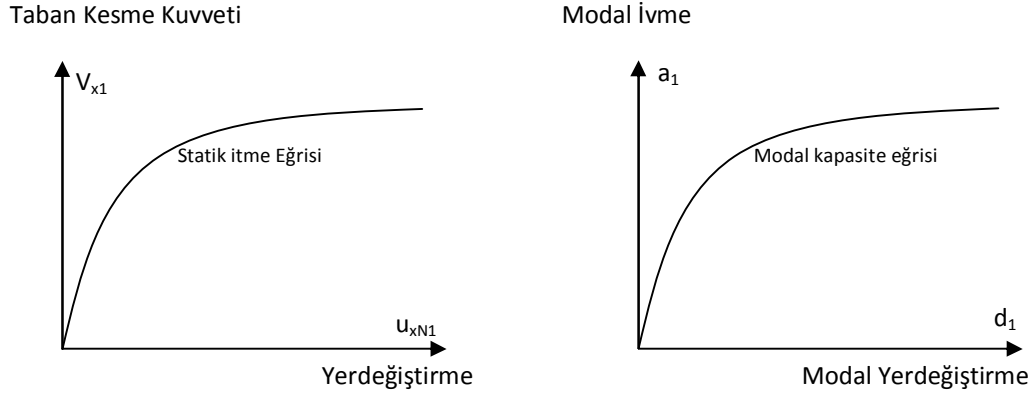
4.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme)

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, doğrusal elastik sistemler için eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabileceği tüm binalar için kullanılabilir. Etkin bina periyodunun (birinci mod) etkili olduğu düşük katlı binalarda ve burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu durumda uygulanır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim periyodundaki mod şekli ile orantılı olacak şekilde, yatay yük yerdeğiştirme sınırına kadar adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Böylece taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesi ile deprem etkisi talebinin buluşturularak, depremli duruma ait performans noktası belirlenir.

Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait kümülatif değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır. Diğer bir ifade ile ilk olarak yapıya ait kapasite eğrisi belirlenir. Bu eğri sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisidir. Daha sonra binanın deprem etkisi altındaki talep yerdeğiştirme eğrisi belirlenir. Belirlenen bu iki eğri kesiştirilerek taşıyıcı sistemde dengenin olduğu bina performans seviyesi belirlenir. En son olarak binanın belirlenen performans durumunda taşıyıcı elemanların iç kuvvetleri ve şekildeğiştirme değerleri

incelenerek her bir elemanın performans seviyesinin hedef performans düzeyine ulaşp ulaşmadığı tespit edilerek analiz gerçekleştirilir. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Bununla beraber hesap yapılan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınır. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda, her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmediir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır.

Statik itme eğrisi, taşıyıcı sistemin geometrisi, kesit ve malzeme özelliklerine bağılı olarak Şekil 4.2 de verildiğı gibi, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışa göre taşıdığı V_{x1} deprem yükü tesiri ile oluşan u_{xN1} yatay yerdeğiştirme arasındaki ilişkiyi gösterir.



Şekil 4. 2. Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi

4.2.1 . Kapasite eğrisinin koordinat dönüşümünün yapılması

Statik itme eğrisinin dinamik elasto-plastik davranışta meydana gelen kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi olduğu kabul edilir. Bu eğride yatay kuvvet arttıkça plastik şekil değiştirmeler ve yatay yer değiştirmeler artmakta ve taşıyıcı sistem elemanlarında hasarlar artarak meydana gelmektedir. Bu eğride, her bir adımda taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinde plastik mafsalların ortaya çıkış sırası düzenli olması, sistemin davranışının belirlenmesi için önemlidir. Binaya ait kapasite eğrisinin elde edilmesinden sonra ikinci adım olarak binanın yer değiştirme talebinin belirlenmesi gerekir. Bunun için öncelikle kapasite eğrisinin koordinatlarının “modal yer değiştirme – modal ivme” koordinatlarına dönüştürülmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi gerekir. Bunun için gerekli olan, birinci moda ait modal ivme ($a_1^{(i)}$) Denklem 4.1’de, modal yer değiştirme ($d_1^{(i)}$) Denklem 4.2’de, x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle Denklem 4.3’te (M_1), x deprem doğrultusunda hakim moda ait modal katkı çarpanı (Γ_{x1}) Denklem 4.4’te verildiği gibi hesaplarda göz önüne alınmıştır. Burada; m_n kat kütlesi, ϕ_{n1} birinci moddaki kat yer değiştirme vektör elemanlarını ifade etmektedir.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (4.1)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (4.2)$$

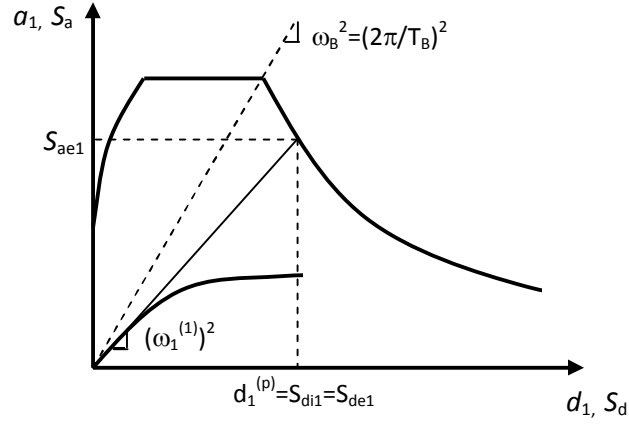
$$M_1 = \frac{\left[\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1} \right]^2}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1}^2} \quad (4.3)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (4.4)$$

4.2.2 . Tepe yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Deprem etkisi talep eğrisi, yönetmelikte spektrum eğrisi ile tanımlanmıştır. Binanın performans seviyesini belirleyebilmek için, öncelikle binanın hedef yerdeğiştirme isteminin hesaplanması gerekir. Bina'nın hedef yerdeğiştirme seviyesinde taşıyıcı elemanlarda meydana gelen şekildeğiştirme değerlerinin, yönetmelikte verilen sınır değerlerle kıyaslanması ile, elemanın hasar seviyesine karar verilebilir. Spektrum eğrisi, D2 türü deprem için (tasarım depremi) Şekil 4.3' te gösterilmiştir. D1 türü deprem için eğri üzerindeki değerler yarısı kadar olurken (A_0 yerine $0.5A_0$), D3 türü deprem için %50 oranında bu değerler arttırılır (A_0 yerine $1.5A_0$).

Hedef yerdeğiştirmenin hesap edilebilmesi için, binaya ait modal kapasite eğrisi ile S_a - S_d formatına dönüştürülmüş spektrum eğrisinin aynı grafik üzerinde çizilmesi gerekir. Birinci (hakim) titreşim moduna ait ve koordinatları (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “spektral yerdeğiştirme (S_d) – spektral ivme (S_a)” olan davranış spektrumu bir arada Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4. 3. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu

Doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme (S_{de1}) için, itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elde edilen elastik spektral ivme S_{ae1} değerinden yararlanılarak hesaplanır (Denklem 4.5).

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (4.5)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} , doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak Denklem 4.6 ile elde edilmektedir.

$$S_{di1} = C_{R1} * S_{de1} \quad (4.6)$$

Hakim periyoda (1.mod) ait spektral yerdeğiştirme oranı (C_{R1}), $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$), (eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca) Denklem 4.7'de verildiği gibi dikkate alınır.

$$C_{R1} = 1 \quad (4.7)$$

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B ’den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$) ise, spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanır:

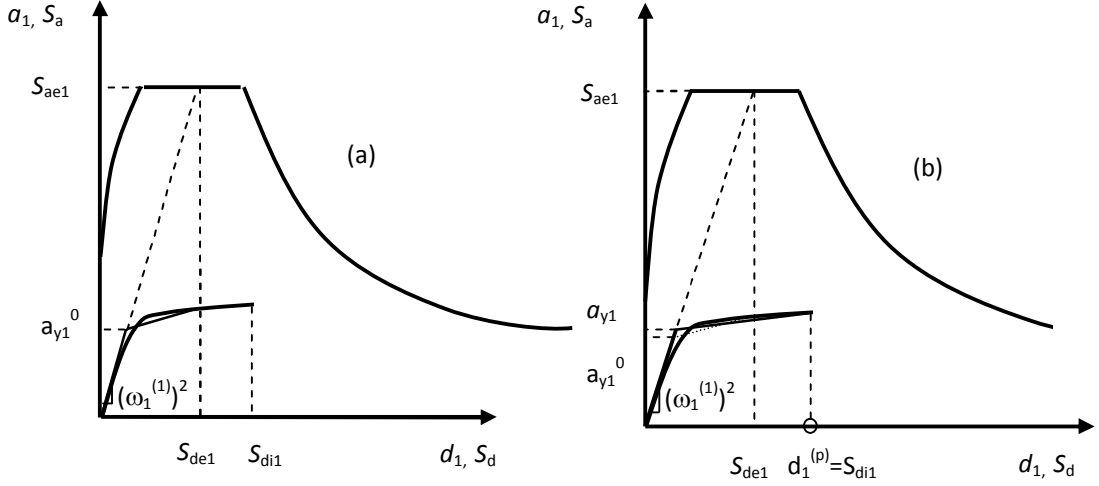
(a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, yaklaşık olarak iki doğrulu bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(\omega_1^{(1)})^2$, eşit alınır ($T_1^{(1)}=2\pi/\omega_1^{(1)}$).

(b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktası’nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 4.4 (a)’da görülen $a_{y1}=a_{y1}^0$ esas alınarak R_{y1} ve C_{R1} değerleri, Denklem 4.8 ve Denklem 4.9’da verildiği gibi hesaplanabilir. Bu bağıntıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı’nı göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ael}}{a_{y1}} \quad (4.8)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (4.9)$$

(c) Denklem 4.9’dan bulunan C_{R1} kullanılarak Denklem 4.6’da göre hesaplanan S_{di1} esas alınarak eşdeğer akma noktası’nın koordinatları, Şekil 4.4 (b)’de gösterildiği gibi, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenmekte ve bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. DBYBHY (2007), ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilmesine müsaade etmektedir.



Şekil 4. 4. Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme

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

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (4.10)$$

Son itme adımında modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denklem 4.2'de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (4.11)$$

4.2.3 . Birim şekil değıştirme istemlerinin bulunması

Taşıyıcı sistemin performans noktasının belirlenmesinden sonra, depremin talebine karşı sistemin elasto-plastik davranışla yapacağı yerdeğiştirme, plastik mafsalları yerleri, θ_p plastik mafsalları dönmeleri ve dolayısıyla ϕ_p plastik eğrilikleri bulunur. Bu plastik eğriliklere kesitin plastikleşmeye erişinceye kadar yaptığı ϕ_y akma elastik eğriliği de eklenerek kesitin ϕ_t toplam eğriliği bulunabilir.

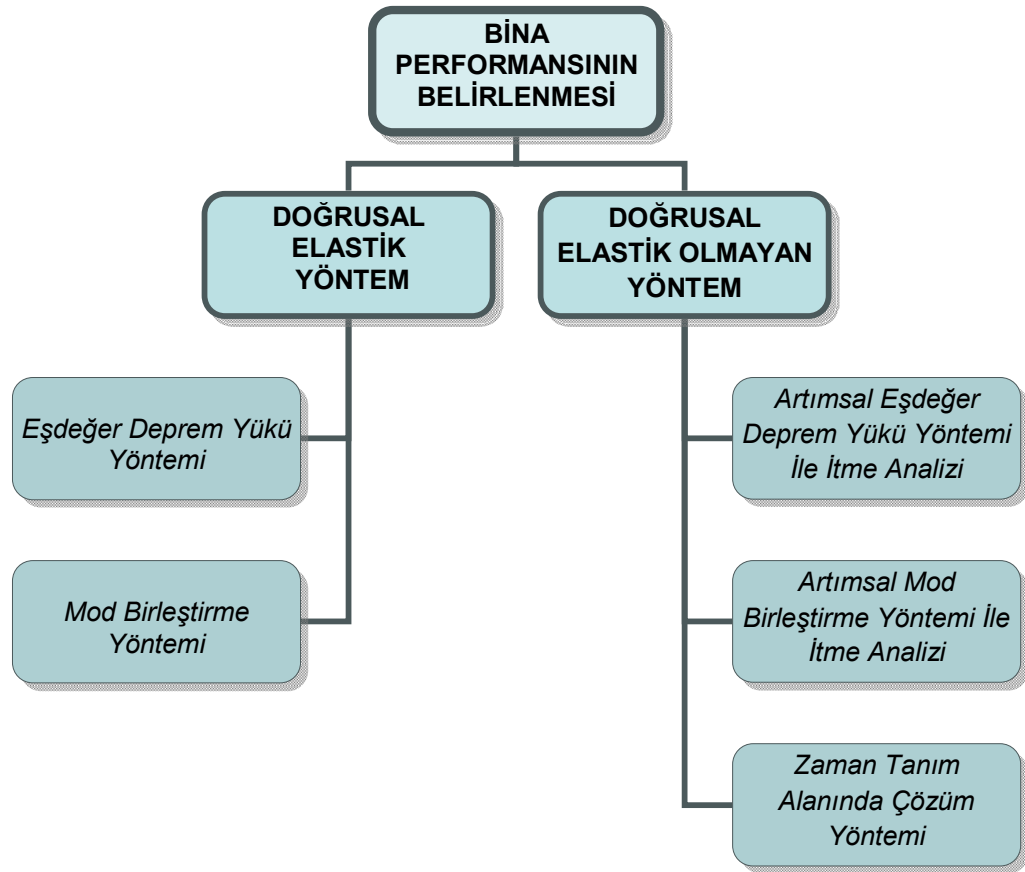
$$\phi_p = \theta_p / L_p \quad (4.12)$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (4.13)$$

Kesitte bulunan normal kuvvet ve eğilme momenti belirli olduğuna göre bu değerler kullanılarak kesitteki şekildeğiştirme durumu (betonun en büyük kısılması ve donatının en büyük uzaması) hesap edilebilir. Bu değerler Çizelge 4.1' deki performans durumlarına ait sınır değerlerle karşılaştırılarak kesitin bulunduğu hasar durumu elde edilir. Bu adımdan sonraki adımlarda kesitlerden elemanlara ve katlara geçilerek binanın performans seviyesi belirlenir. Çizelge 4.1 incelendiğinde hasar sınırının ilerlemesiyle donatı daha büyük şekildeğiştirmelere müsaade edildiği görülmektedir. Betonda minimum hasar sınırında en dış betondaki birim kısılmanın sınırı ε_{cu} verilirken, güvenlik ve göçme sınırında enine donatı içinde kalan betonun birim kısılmasının sınırı ε_{cg} verilir (Celep, 2008).

5. BİNA PERFORMANSLARINI BELİRLEMEK İÇİN HAZIRLANAN YAZILIMLAR

Binaların deprem performansı DBYBHY (2007)' de "deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasar düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen taşıyıcı sistem güvenliği durumu" olarak tanımlanmaktadır. DBYBHY (2007), 7. bölümünde mevcut binaların deprem performansının değerlendirilmesi için doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerin kullanımını önerir (Şekil 5.1). Ancak bu yöntemlerde kendi içerisinde alt yöntemlere ayrılır ve her bir yöntemin uygulanabilmesi için belli koşulları vardır.



Şekil 5.1. Bina performansı belirleme yöntemleri

Doğrusal elastik yöntemin esasını oluşturan ve dayanım (kuvvet) esaslı değerlendirmede, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem yüklerinden oluşan ve doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmaktadır. Betonarme yapı elemanlarının hasar sınırlarının

belirlenmesinde, etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade edilen sayısal değerler kullanılmaktadır. Güç tükenme türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite (depremden beklenen elastik etki / deprem etkisine kalan (artık) kapasite) oranları, sadece deprem yükü altında hesaplanan kesit eğilme momentinin kesit artık eğilme momenti kapasitesine bölünmesi ile bulunur. Kesit artık eğilme momenti kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan eğilme momentinin farkıdır. Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranlarının ilgili sınır değerler ile kıyaslanması suretiyle yapı elemanlarının kesit hasar bölgeleri bulunur ve bu değerlerden yararlanarak bina düzeyinde performans değerlendirmesi yapılır (DBYBHY, 2007).

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

Proje kapsamında yapılan çalışma genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Binanın DBYBHY (2007) esasları çerçevesinde performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için beton ve donatı gerilme-şekildeğiştirme ilişkilerinin, kolon ve kiriş eleman kapasite değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tez çalışmasının birinci aşamasında, bina performans belirleme işlemlerinin pratik şekilde yapılabilmesini sağlamak amacıyla, iki adet program yazılımı oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi, kesit kapasite özelliklerini tanımlamak için oluşturulan "Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme" (BESAM) programıdır. Diğer program ise bina performansının doğrusal elastik olmayan yöntemlerle incelenmesi için hazırlanan DELOP (Doğrusal Elastik Olmayan Program) tur.

5.1. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM) Programı

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” (DBYBHY (2007)) in 7. Bölümünde verilen esaslar göz önüne alınarak betonarme elemanlarda beton dayanımı, donatı düzeni ve sargı etkisini dikkate almak için Fortran dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM) yazılımı yazarında dahil olduğu Tübitak projesi kapsamında geliştirilmiştir (Demir vd.,(2013)). Program veri girişine ait bir görünüm Şekil 5.2' de verilmiştir.

The screenshot shows the 'VERİ GİRİŞİ BÖLÜMÜ' (Data Input Section) of the BESAM program. It includes the following fields and options:

- Kayıtlı Veri Seç:** A dropdown menu and a 'YÜKLE' button.
- İsim:** A text field containing 'S101' and a 'Tip seç=' dropdown menu containing 'P-M2-M3'.
- Kesit Bilgileri:** Fields for 'b(mm)= 450', 'h(mm)= 450', and 'Pas Payı(mm)= 40'.
- Kesit Bilgileri:** Fields for 'fck(MPa)= 20' and 'fyk(MPa)= 420'.
- Kesit Bilgileri:** Fields for 'Etriye Çapı(mm)= 8' and 'Etriye Aralığı(mm)= 100'.
- Donatı Çap=** and **Donatı Çap=** fields, each with a dropdown menu for 'b paralel alt donatı sayısı' and 'h paralel sol donatı sayısı'.
- Donatı Çap=** and **Donatı Çap=** fields, each with a dropdown menu for 'b paralel üst donatı sayısı' and 'h paralel sağ donatı sayısı'.
- İsim:** A text field containing 'Etriye Oranı= 1'.
- Kesit Bilgileri:** A text field containing 'Kuvvet(kN)= 0'.
- DEVAM** button.

On the right side of the window, there is a diagram of a rectangular cross-section with reinforcement bars (sargı) shown as red circles at the corners and midpoints of the sides.

Şekil 5. 2. BESAM programına ait veri girişi görünümü

BESAM programı, hem doğrusal elastik hem de doğrusal elastik olmayan çözümlemelerde kullanıcı için programın sağladığı kolaylıklar kısaca aşağıda özetlenmiştir:

1-Doğrusal elastik yöntem çözümleme için, BESAM programında Mander sargılı beton modeli için verilen gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi kullanılmıştır. Beton için oluşturulan bu sargılı model kullanılarak kiriş kesitine ait eğilme momenti

kapasitesi yanında, moment - eğrilik ilişkisi ve kolon kesitine ait normal kuvvet - eğilme momenti kapasite ilişkisi elde edilebilir.

2-Taşıyıcı elemanlara ait donatı girişi kullanıcıya pratik kullanım sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Özellikle, eleman donatı yerleşiminin tanımlanması için donatı koordinatlarının programa tanımlanması zaman almakta ve hata riskini artırmaktadır. Bu nedenle programda, belli bir donatı oranına göre donatı yerleşimi seçilerek kullanıcının koordinat tanımlamasına gerek kalmayacak şekilde düzenleme yapılmıştır.

3-Doğrusal Elastik Hesap Yöntemindeki en zor ve zaman alıcı aşamalardan birisi karşılıklı etki diyagramından N_K ve M_K kapasite değerlerinin belirlenmesidir. Karşılıklı etki diyagramını hesap eden çok sayıda program bulunmasına rağmen, bu programlar N_K ve M_K değerlerini hesap etmemektedir. Bu programlar ile her bir kolon için N_K ve M_K değerlerinin karşılıklı etki diyagramından belirlenmesi uzun zaman alarak sıkıcı olabilmektedir. BESAM programına yapılan düzenlenmelerle istenilen sayıda kolonun verileri (SAP2000 programı ile tasarlanan yapıya ait G, Q ve E yüklemelerine ait kesit tesirleri) veri dosyasına kopyalanmakta ve kolonlara ait N_K ve M_K değerleri başka bir dosyada hesaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır.

4-Doğrusal elastik olmayan çözümleme için öncelikle binanın taşıyıcı sistem elemanlarına ait plastik mafsalları tanımlamalarının yapılması gerekir. BESAM programı ile elemanlara ait kesit ve malzeme özellikleri, donatı çapı ve düzeni tanımlandıktan sonra program çalıştırılarak, SAP2000 programında açılmak üzere mafsalların tanımlandığı s2k uzantılı bir dosya hazırlanabilmektedir.

5-Doğrusal elastik olmayan yöntemde, elemanın hasar seviyesine şekildedirgeştirme değeriinin yönetmelikte verilen sınır değeriile kıyaslanması sonucunda karar verilmektedir. Dolayısıyla hasarın belirlenebilmesi için sınır değeriilerin bilinmesi önem arz etmektedir. Mevcut programların büyük

kısımında DBYBHY (2007)' nin verdiği sınırlamalar bulunmamaktadır veya düzenlenmesi gerekmektedir. BESAM programında bu sınırlamalar düzenlenerek plastik mafsallarda tanımlanması gerekli tüm bilgiler SAP2000 programının kullanabileceği şekilde elde edilebilmektedir.

6-Binaya ait kapasite eğrisinin SAP 2000 programı ile elde edilmesinden sonra, binanın yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi gerekir. Bunun için öncelikle kapasite eğrisinin koordinatlarının “modal yerdeğiştirme – modal ivme” koordinatlarına dönüştürülmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi gerekir. Tüm bu işlemler, gerekli verilerin BESAM programına tanımlanması ile, DBYBHY (2007)' e uygun olarak hesaplanabilmektedir. Tepe yerdeğiştirme istemi sonuçları BESAM programı tarafından txt formatında kullanıcıya sunulmaktadır.

5.1.1.1. Sargılı-sargısız Mander beton modeli

Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM) programında kullanılan bağıntılar ve yapılan kabuller kısaca aşağıda verilmiştir. Programda, Mander sargılı beton modeli için verilen gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi kullanılmıştır. Beton için oluşturulan bu sargılı model kullanarak kiriş kesitine ait eğilme momenti kapasitesi yanında, moment eğrilik ilişkisi ve kolon kesitine ait normal kuvvet eğilme momenti kapasite ilişkisi elde edilmiştir.

BESAM programında sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekildeğiştirme, sargılı betonun basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekildeğiştirmesi ϵ_c ' nin fonksiyonu olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$f_c = \frac{f_{cc} \cdot x \cdot r}{r - 1 + x^r} \quad (5.1)$$

Denklem 5.1' de normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar aşağıda verilmiştir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] ; \quad \varepsilon_{co} = 0.002 \quad (5.2)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}; \quad E_c = 5000 \cdot \sqrt{f_{co}} \text{ (Mpa)} ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (5.3)$$

Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi ε_{cu} ise aşağıda verildiği şekilde BESAM programında kullanılmıştır.

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \cdot \rho_s \cdot f_{ywk} \cdot \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (5.4)$$

Sargısız beton için maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi $\varepsilon_{cu} = 0.004$ olarak dikkate alınmış, ayrıca bir tanımlama yapılmamıştır.

ρ_s toplam enine donatının hacimsel oranını (dikdörtgen kesitlerde $\rho_s = \rho_x + \rho_y$), ε_{su} enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim şekildeğiştirmesini göstermek üzere sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki Denklem 5.5' deki gibi elde edilebilir.

$$f_{cc} = \lambda_c \cdot f_{co} ; \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.74 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \cdot \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (5.5)$$

f_e etkili sargılama basıncı, olmak üzere ve dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için Denklem 5.6' da verilen değerlerin ortalaması şeklinde kullanılarak göz önüne alınmıştır. Bu bağıntılarda f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e ise Denklem 5.7' de tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı'nı göstermektedir.

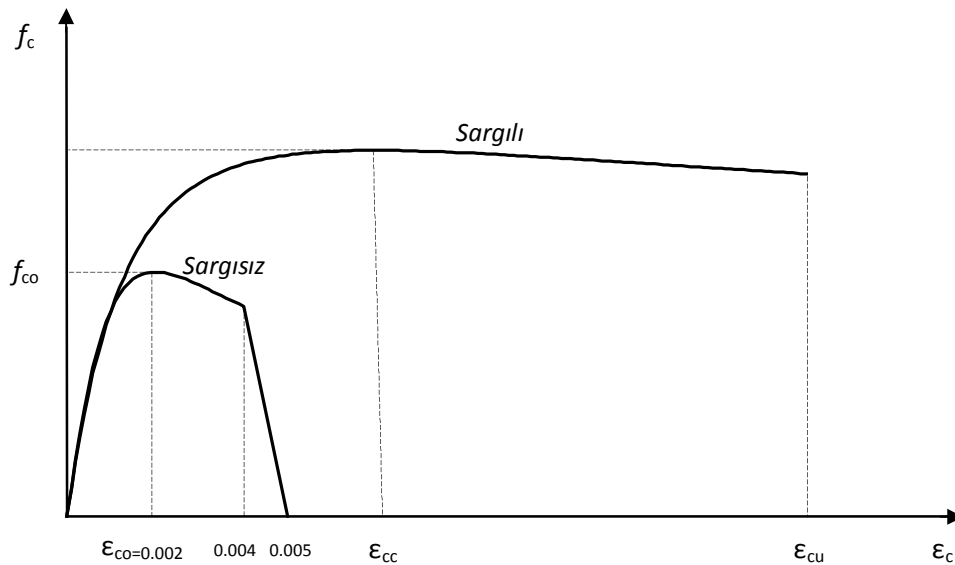
$$f_{ex} = k_e \cdot \rho_x \cdot f_{yw} ; \quad f_{ey} = k_e \cdot \rho_y \cdot f_{yw} \quad (5.6)$$

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 \cdot b_o \cdot h_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{A_s}{b_o \cdot h_o}\right)^{-1} \quad (5.7)$$

Bu denklemde verilen a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir.

Sargılı beton için verilen Denklem 5.1, $\epsilon_c = 0.004'$ e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_e = 0$ ve buna bağlı olarak Denklem 5.5' den $\lambda_c = 1$ olacağından Denklem 5.2 ve Denklem 5.3' te $f_{cc} = f_{co}$ ve $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co}$ olacaktır. $\epsilon_c = 0.005'$ de $f_c = 0$ olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında hazırlanmış olan BESAM programında kullanılan sargılı ve sargısız beton davranışı için gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi DBYBHY (2007)' deki şekliyle Şekil 5.3' te verilmiştir.



Şekil 5. 3. Sargılı ve sargısız betonun gerilme şekildeğiştirme ilişkisi

5.1.2. Donatı çeliği modeli

Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları aşağıda verildiği şekilde BESAM programında göz önüne alınmıştır:

$$f_s = E_s \cdot \varepsilon_s ; \quad \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy} \quad (5.8)$$

$$f_s = f_{sy} ; \quad \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \quad (5.9)$$

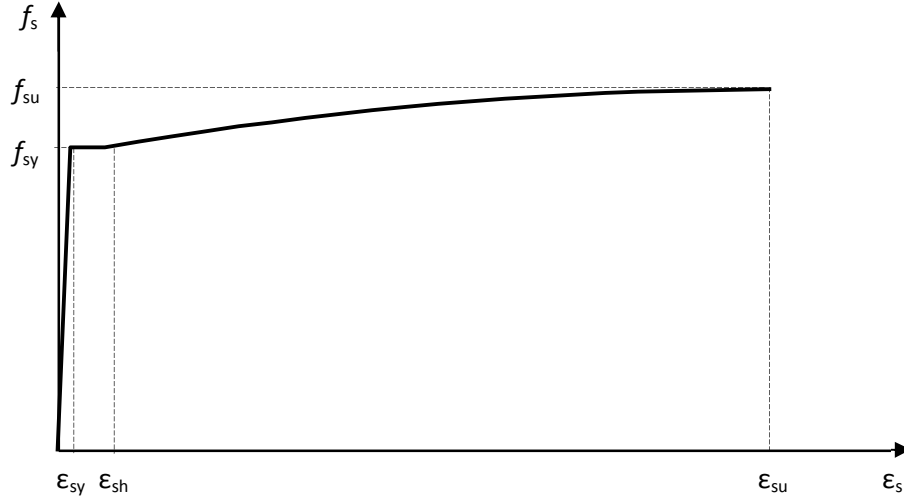
$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \cdot \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} ; \quad \varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su} \quad (5.10)$$

Ayrıca donatı çeliğinin elastiklik modülü $E_s=2 \cdot 10^5$ MPa olarak dikkate alınmıştır. S220 ve S420 kalitesindeki donatı çeliklerine ait diğer bilgiler ise Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5. 1. Donatı için kullanılan malzeme özellikleri

Kalite	f_{sy} (MPa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

BESAM programında kullanılan donatının gerilme şekildeğiştirme ilişkisi Şekil 5.4’ de verilmiştir.



Şekil 5. 4. Donatının gerilme - şekildeğiştirme ilişkisi

5.1.3. Normal kuvvet moment ilişkisinin tanımlanması

Betonarme kolon kesitlerin etkileşim diyagramı mevcut donatı düzeni, beton ve donatı dayanımı göz önüne alınarak BESAM programı ile hesaplanabilmektedir. Etkileşim diyagramının hesabında sargı etkisi de dikkate alınarak betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 olarak alınmıştır. BESAM programıyla, SAP2000 programından elde edilen kesit tesirlerine göre kolon kesitleri için gerekli olan M_r , N_K ve M_K kapasiteleri kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

5.1.4. Moment eğrilik ilişkisinin tanımlanması

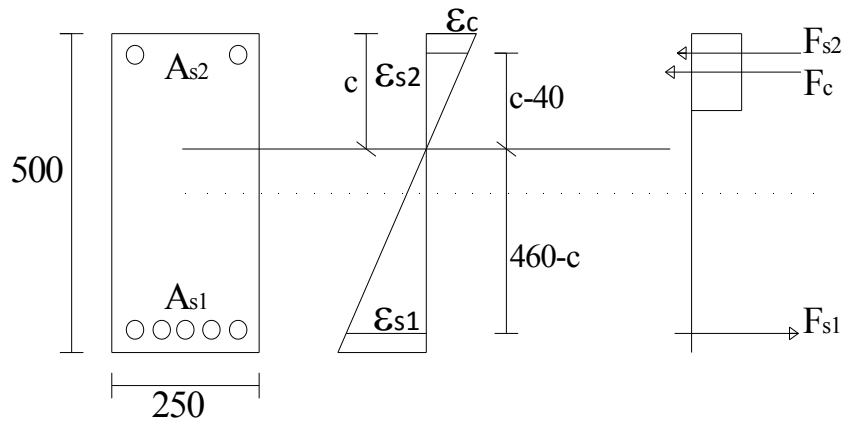
Bu çalışma kapsamında binaların performans analizlerinin yapılması için oluşturulan BESAM programı, moment eğrilik ilişkisini, DBYBHY (2007)' de verilen bağıntıları göz önüne alarak hesaplamaktadır. Program farklı beton ve donatı modellerini dikkate alarak moment-eğrilik ilişkisini elde etme potansiyeline sahiptir. Ancak yapılan çalışmada programın kapsamı, sadece DBYBHY (2007)' de verilen esaslarla sınırlı tutulmuştur. BESAM programında elde edilen beton şekildeğiştirmesi, donatı şekildeğiştirmesi ve bu

şekildeğiştirme durumlarına karşı gelen moment ve eğrilik değerleri txt ve xls uzantılı dosyalara kaydedilebilmektedir.

DBYBHY (2007)' de betonarme binaların doğrusal elastik yöntemle değerlendirilmesinde kolon, kirişlerde V_e ' nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Bu nedenle BESAM programı ile pekleşmeli taşıma gücü momentleri yanında pekleşmesiz taşıma gücü momentleri de hesaplanabilmektedir.

5.1.4.1. Sayısal uygulama

Binaların deprem güvenliğinin incelenmesi için hazırlanmış olan BESAM programı ile Sargı Etkisi Modelleme Analizi Programı (SEMAp) (105M024 nolu TUBİTAK projesi) , SAP2000 ve Prof. Uğur ERSOY tarafından hazırlanan excel yazılı ile Şekil 5.5' te verilen kesit için moment eğrilik ilişkisi elde edilmiş ve sonuçlar Şekil 5.6' da verilmiştir. Verilen kesitte $A_{s1} = 1500 \text{ mm}^2$, $A_{s2} = 400 \text{ mm}^2$, beton sınıfı C20 ve çelik sınıfı S420 olarak alınmıştır. Şekil 5.6' da görüldüğü gibi BESAM sonuçları diğer yazılımlarla oldukça yakın sonuç vermektedir.

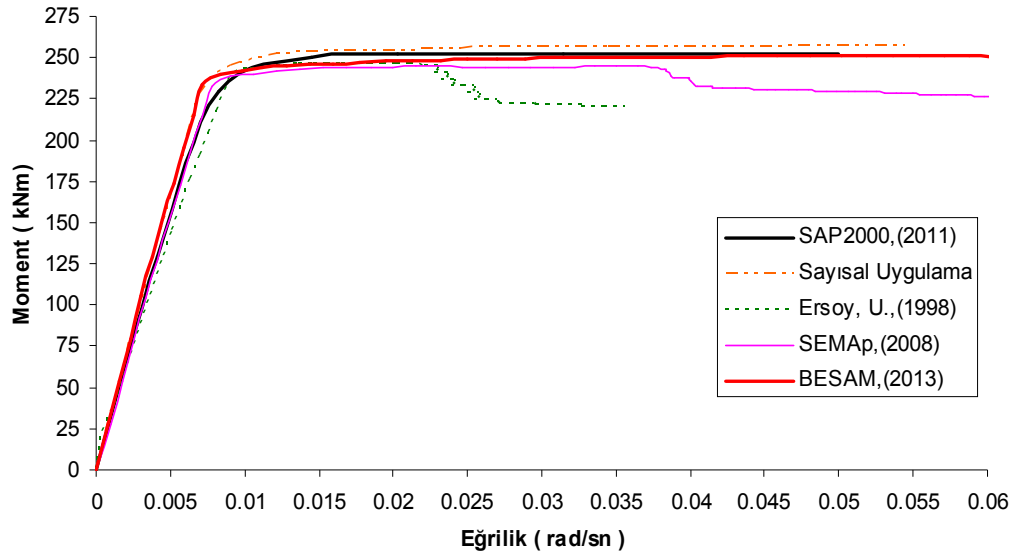


Şekil 5. 5. Betonarme eleman kesiti görünümü

Farklı ϵ_{ci} değerleri için moment-eğrilik değerleri Çizelge 5.2' deki gibidir.

Çizelge 5. 2 Kesit için elde edilen moment-eğrilik ilişkisi

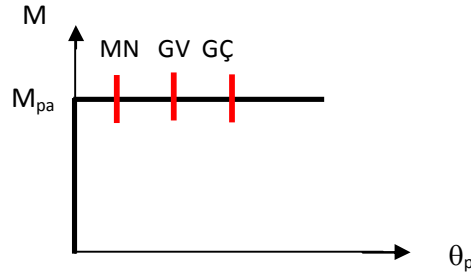
ϵ_{ci}	0.001	0.0015	0.003	0.004	0.06
$\phi (rad/sn).10^{-3}$	5.44	7.81	24.5	34.5	58.4
M (kNm)	179	252	258	259	259



Şekil 5. 6. Farklı yazılım sonuçlarına göre elde edilen moment-eğrilik ilişkileri

5.1.5. Plastik mafsalların tanımlanması

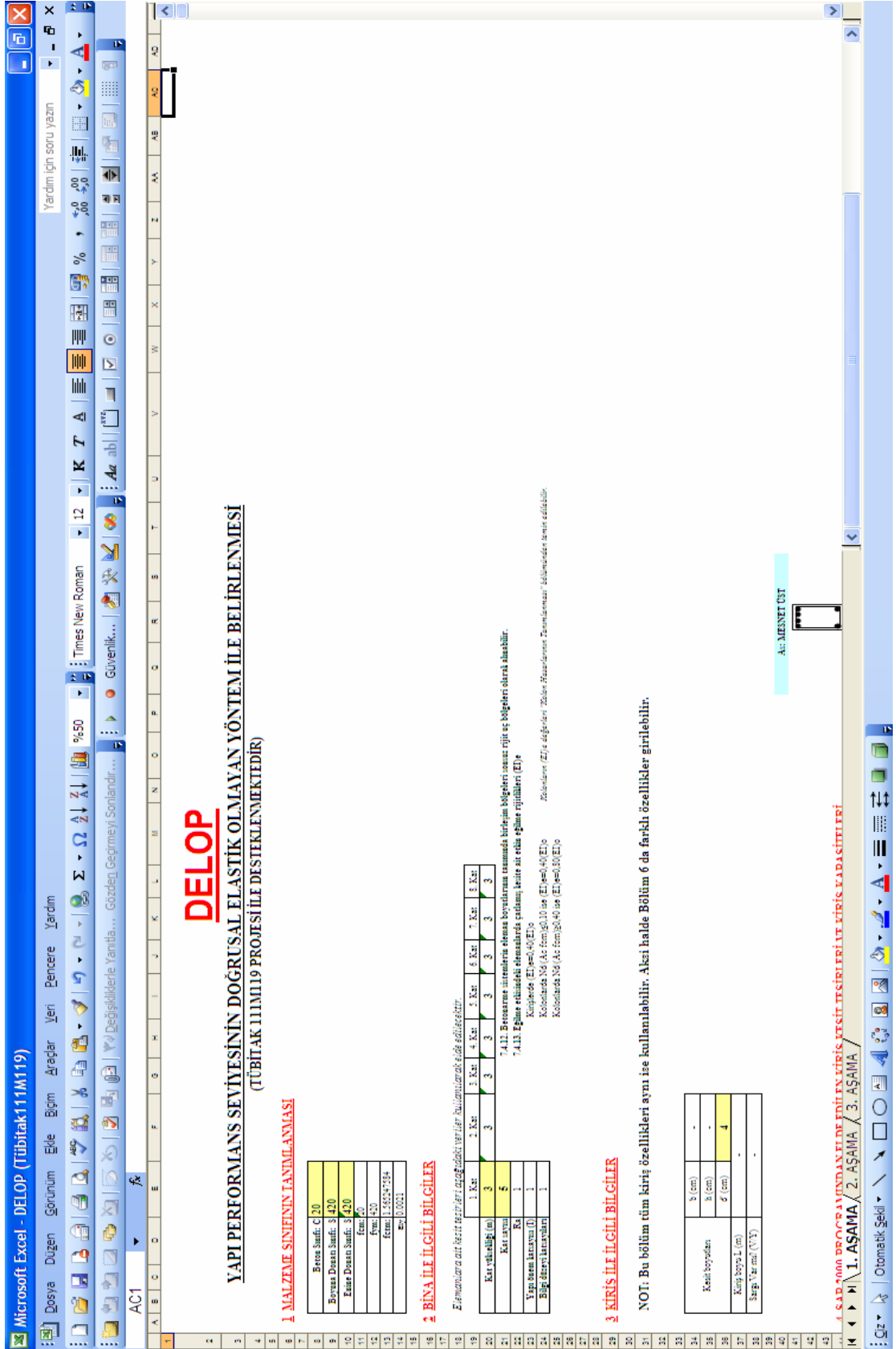
Eleman hasarına karar verebilmek için, kesite ait belirlenen beton ve donatı şekildeğiştirme değerlerinin yönetmelikte verilen sınır değerlerle kıyaslanması gerekir. DBYBHY (2007)' de, plastik şekildeğiştirmelerin hasar seviyesi için izin verilen üst sınırları Çizelge 4.1 de verildiği gibi tanımlanmaktadır. Ayrıca, programda, şekildeğiştirme sınırlarına karşılık gelen moment-dönme değerleri belirlenerek, elemanların hasar sınırları plastik mafsallarda tanımlanmıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5. 7. Kesite ait moment dönme ilişkisi üzerindeki sınır değerler

5.2. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı (DELOP)

Bu program TÜBİTAK projesi kapsamında hazırlanmıştır (Demir vd. (2013)). Çalışma kapsamında incelenen binalar konut tipi ile sınırlı tutulmuştur. 2007 DBYBHY (2007), konut türü binaların, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için "Can Güvenliği" performans seviyesini sağlanmasını öngörmektedir. DELOP, yönetmelikte verilen koşullarla uyumlu olarak, binanın performans seviyesi kontrolünü kendi bünyesinde. Ancak programın, SAP2000 ve BESAM programları ile koordineli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Şekil 5.8' de DELOP programına ait bir görünüm verilmektedir. Program, üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada kiriş, ikinci aşamada kolon elemanlar için gerekli kontroller yapılmaktadır. Üçüncü aşamada ise, binanın performans seviyesine karar verilmektedir. DELOP, uluslar arası geçerliliği olan SAP2000 sonlu elemanlar programı ile proje kapsamında oluşturulan BESAM programından elde edilen sonuçları koordineli olarak kullanarak, mevcut binalar için yönetmelikte verilen performans koşullarının sağlanıp sağlanmadığının kontrolünü daha pratik şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır.

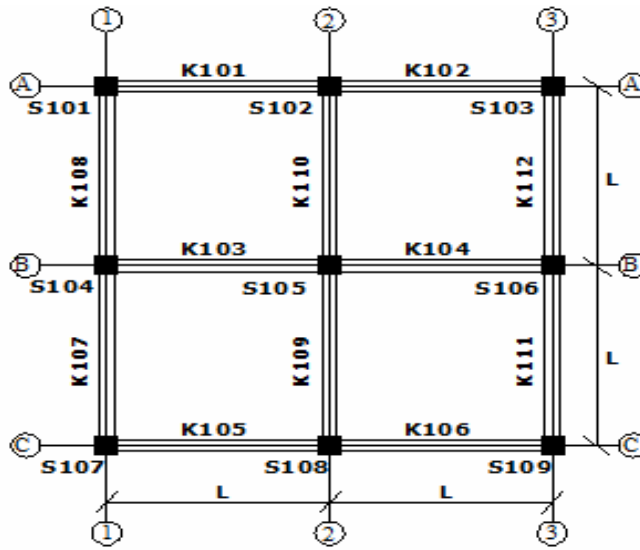


Şekil 5. 8. DELOP programına ait genel görünüm

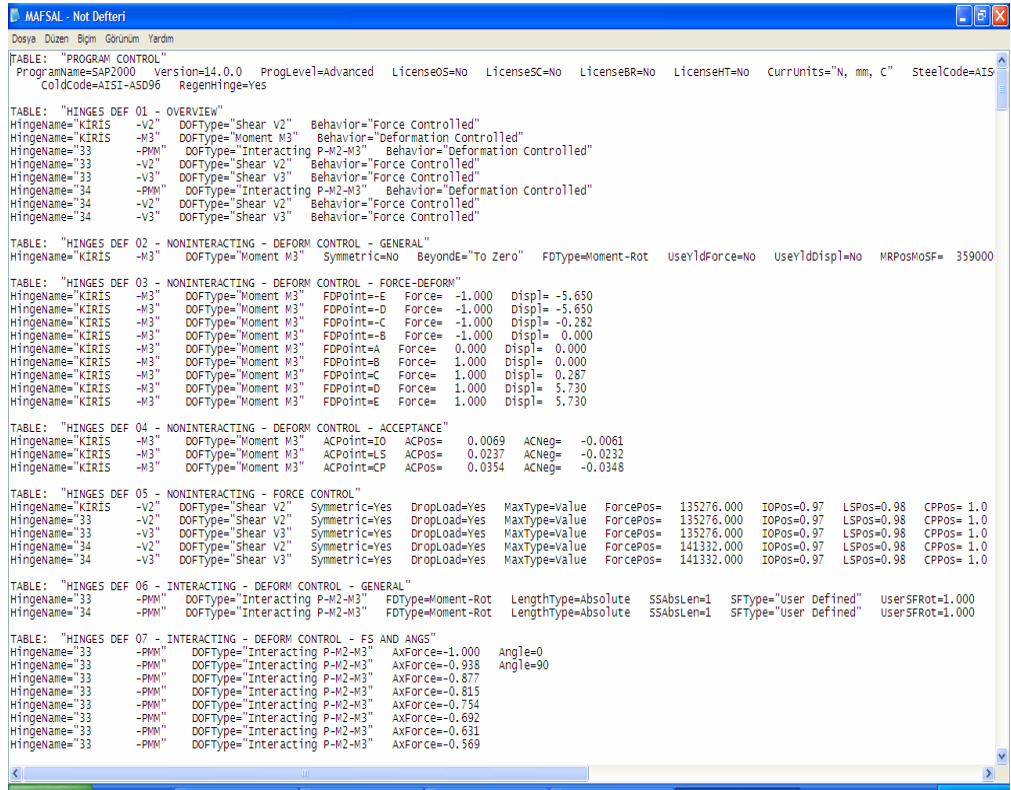
6. BESAM ve DELOP PROGRAMLARI İLE MODEL BİR BİNANIN ANALİZİ

Çalışmanın bu kısmında, doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi ile Şekil 6.1' de planı verilen 2 katlı, her iki yönde 4 m uzunluğunda 2 açıklığı olan, beton sınıfı 20 MPa, çelik sınıfı 420 ve taşıyıcı sistem elemanlarında sargı aralığı 10 cm seçilen yapının performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Binadaki tüm kolon elemanları 36 x 36 cm ve tüm kiriş elemanları 25 x 60 cm boyutlarındadır. Kolonlarda donatı oranı % 1 kabul edilmiştir.

BESAM programı ile kolon elemanları için P-M2-M3 mafsalı, kiriş elemanları için M3 mafsal dosyası Şekil 6.2 görüldüğü gibi oluşturulmuştur.

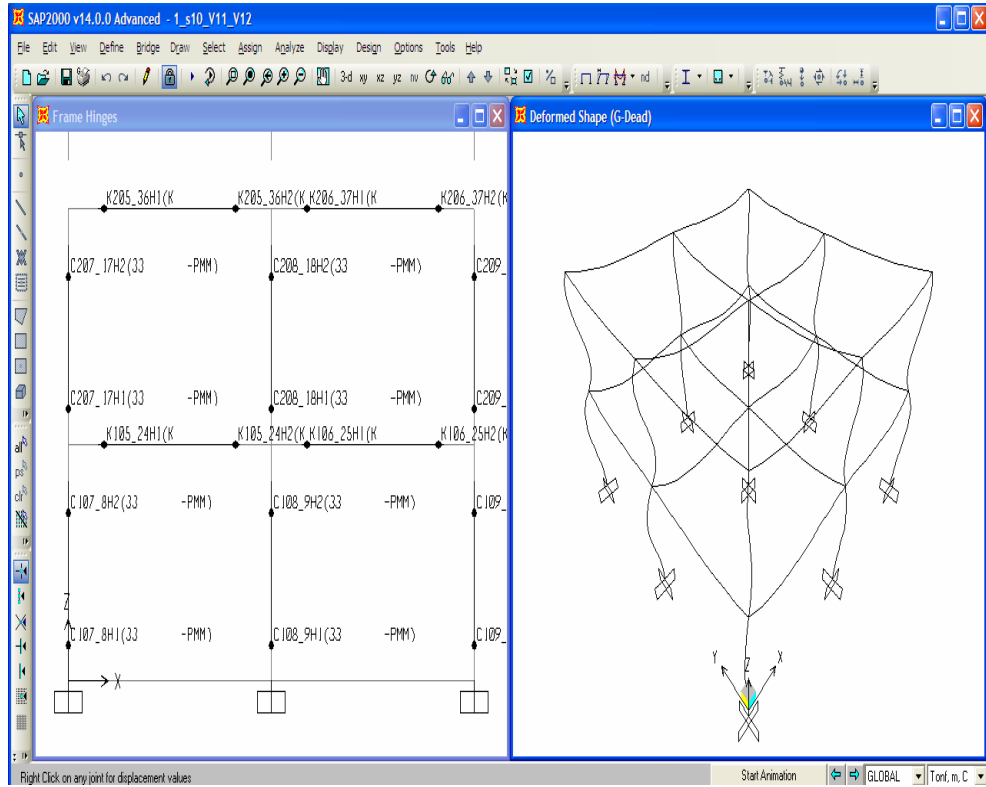


Şekil 6. 1. Model binaya ait kalıp planı



Şekil 6. 2. BESAM programı ile oluşturulan mafsals dosyasından görünüm

Oluşturulan s2k uzantılı dosya SAP2000 programına aktarılarak her elemana mafsals atanması Şekil 6.3' de görüldüğü gibi yapılmıştır.



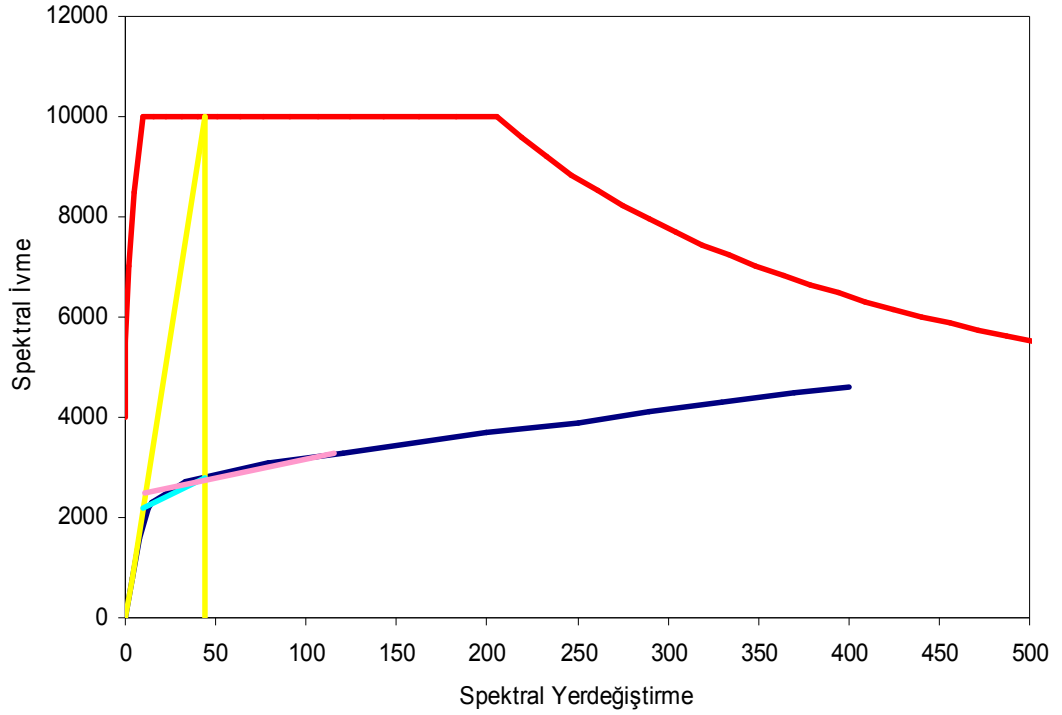
Şekil 6. 3. SAP2000 programına mafsalların atanması

Doğrusal olmayan çözümlemede, mafsallar atandıktan sonra SAP2000 programı ile statik itme analizi çözümü yapılır. Elde edilen statik itme eğrisi verileri BESAM programına aktarılarak hedef tepe yerdeğiştirme verileri elde edilir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6. 1. BESAM programı ile elde edilen hedef tepe yerdeğiştirme değerleri

Adım	Sa	ay1	CR1	RY1	Hedef tepe yerdeğiştirmesi (mm)
1	9810	452	3.53	21.65	-
2	9810	1833	3.16	5.35	-
3	9810	1754	3.18	5.58	115.62

Çizelge 6.1' de ki hesaplamalar ile spektrum eğrisi üzerinde binanın hedef tepe yerdeğiştirme seviyesi belirlenir (Şekil 6.4).



şekil 6. 4. BESAM programında tanımlanan Sa-Sd grafiği

Elde edilen hedef tepe yerdeğiştirme değerı ile SAP2000 programında girilerek çözümlenerek, taşıyıcı sistem eleman hasarları belirlenir. Birinci kat kirişleri için hasar durumu Çizelge 6.2' de, ikinci kat kirişleri için hasar durumu Çizelge 6.3' de, birinci kat kolon elemanları için hasar durumu Çizelge 6.4' de, ikinci kat kolon elemanları için hasar durumu Çizelge 6.5' da verildiği gibidir. Sonuçlar; kiriş elemanların hasar yüzdeleri Çizelge 6.6' da ve şekil 6.5' de, kolon elemanların hasar yüzdeleri Çizelge 6.7' de ve şekil 6.6' da verilmiştir.

Çizelge 6. 2. Birinci kata ait kirişlerin hasar durumları ve kırılma türü

Kiriş			Hasar Durumu	V_e (kN)	V_r (kN)	$(V_r)_{mak}$ (kN)	Kırılma Türü
K101	+Ex	Sol	BH	31.72	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	BH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	BH	13.50	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	BH	24.78	204.43	308.00	SN
K102	+Ex	Sol	BH	41.23	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	BH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	BH	23.01	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	BH	34.29	204.43	308.00	SN
K103	+Ex	Sol	BH	51.11	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	BH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	BH	8.98	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	BH	27.33	204.43	308.00	SN
K104	+Ex	Sol	BH	62.00	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	BH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	BH	20.45	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	BH	38.81	204.43	308.00	SN
K105	+Ex	Sol	BH	31.72	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	BH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	BH	13.50	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	BH	24.78	204.43	308.00	SN
K106	+Ex	Sol	BH	41.23	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	BH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	BH	23.01	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	BH	34.29	204.43	308.00	SN

SN: Sünek

Çizelge 6. 3. İkinci kata ait kirişlerin hasar durumları ve kırılma türü

Kiriş			Hasar Durumu	V_e (kN)	V_r (kN)	$(V_r)_{mak}$ (kN)	Kırılma Türü
K201	+Ex	Sol	MH	7.04	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	MH	59.92	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	MH	17.06	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	MH	25.51	204.43	308.00	SN
K202	+Ex	Sol	MH	16.31	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	MH	50.65	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	MH	18.10	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	MH	26.55	204.43	308.00	SN
K203	+Ex	Sol	MH	26.33	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	MH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	MH	12.50	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	MH	28.02	204.43	308.00	SN
K204	+Ex	Sol	MH	37.03	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	MH	62.00	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	MH	16.33	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	MH	31.85	204.43	308.00	SN
K205	+Ex	Sol	MH	7.01	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	MH	59.95	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	MH	17.09	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	MH	25.54	204.43	308.00	SN
K206	+Ex	Sol	MH	16.20	204.43	308.00	SN
	+Ex	Sağ	MH	50.76	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sol	MH	18.21	204.43	308.00	SN
	-Ex	Sağ	MH	26.66	204.43	308.00	SN

SN: Sünek

Çizelge 6. 4. Birinci kata ait kolonların hasar durumları ve kırılma türü

Kolon			Hasar Durumu	V_e	V_r	$(V_r)_{mak}$	Kırılma
				(kN)	(kN)	(kN)	Türü
S101	+Ex	Alt	BH	33.64	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	23.93	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	33.64	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	23.93	119.22	210.54	SN
S102	+Ex	Alt	BH	47.88	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	24.00	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	47.88	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	24.00	119.22	210.54	SN
S103	+Ex	Alt	BH	36.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	20.47	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	36.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	20.47	119.22	210.54	SN
S104	+Ex	Alt	BH	37.19	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	23.27	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	37.19	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	23.27	119.22	210.54	SN
S105	+Ex	Alt	BH	52.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	22.60	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	52.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	22.60	119.22	210.54	SN
S106	+Ex	Alt	BH	39.23	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	19.07	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	39.23	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	19.07	119.22	210.54	SN
S107	+Ex	Alt	BH	34.13	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	23.93	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	34.13	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	23.93	119.22	210.54	SN
S108	+Ex	Alt	BH	47.45	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	24.00	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	47.45	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	24.00	119.22	210.54	SN
S109	+Ex	Alt	BH	36.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	BH	20.47	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	36.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	20.47	119.22	210.54	SN

SN: Sünek

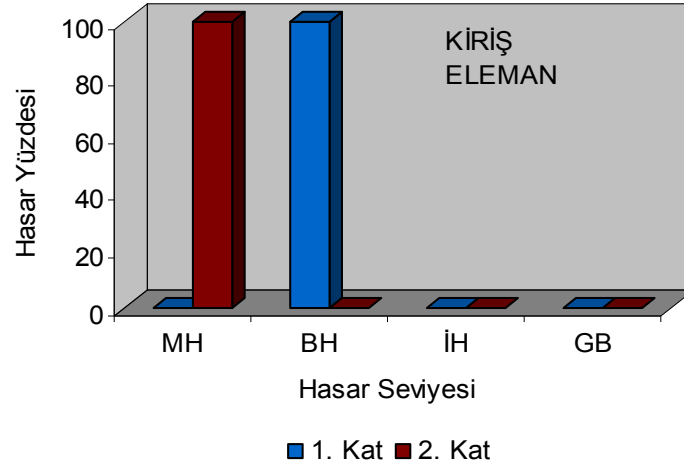
Çizelge 6. 5. İkinci kata ait kolonların hasar durumları ve kırılma türü

Kolon			Hasar Durumu	V_e	V_r	$(V_r)_{mak}$	Kırılma Türü
				(kN)	(kN)	(kN)	
S201	+Ex	Alt	MH	6.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	11.19	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	6.67	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	11.19	119.22	210.54	SN
S202	+Ex	Alt	MH	35.30	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	33.67	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	BH	35.30	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	BH	33.67	119.22	210.54	SN
S203	+Ex	Alt	MH	23.21	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	18.69	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	23.21	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	18.69	119.22	210.54	SN
S204	+Ex	Alt	MH	4.62	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	10.53	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	4.62	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	10.53	119.22	210.54	SN
S205	+Ex	Alt	MH	38.16	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	38.15	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	BH	38.16	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	BH	38.15	119.22	210.54	SN
S206	+Ex	Alt	MH	24.18	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	18.27	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	24.18	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	18.27	119.22	210.54	SN
S207	+Ex	Alt	MH	6.48	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	11.00	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	6.48	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	11.00	119.22	210.54	SN
S208	+Ex	Alt	MH	35.60	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	33.67	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	BH	35.60	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	BH	33.67	119.22	210.54	SN
S209	+Ex	Alt	MH	23.56	119.22	210.54	SN
	-Ex	Alt	MH	19.05	119.22	210.54	SN
	+Ex	Üst	MH	23.56	119.22	210.54	SN
	-Ex	Üst	MH	19.05	119.22	210.54	SN

SN: Sünek

Çizelge 6. 6. Kiriş elemanlara ait hasar yüzdelerinin belirlenmesi

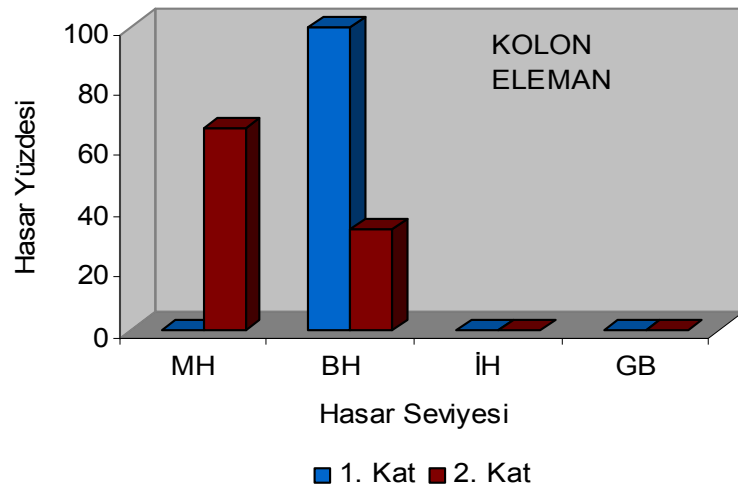
	1. KAT		2. KAT	
	SAYI	HASAR %	SAYI	HASAR %
Toplam kiriş sayısı	6	100	6	100
MH bölgesindeki kiriş	0	0	6	100
BH bölgesindeki kiriş	6	100	0	0
İH bölgesindeki kiriş	0	0	0	0
GB bölgesindeki kiriş	0	0	0	0



Şekil 6. 5. Kiriş elemanların hasar yüzdeleri

Çizelge 6. 7. Kolon elemanlara ait hasar yüzdelerinin belirlenmesi

	1. KAT		2. KAT	
	SAYI	HASAR %	SAYI	HASAR %
Toplam kolon sayısı	9	100	9	100
MH bölgesindeki kolon	0	0	6	67
BH bölgesindeki kolon	9	100	3	33
İH bölgesindeki kolon	0	0	0	0
GB bölgesindeki kolon	0	0	0	0



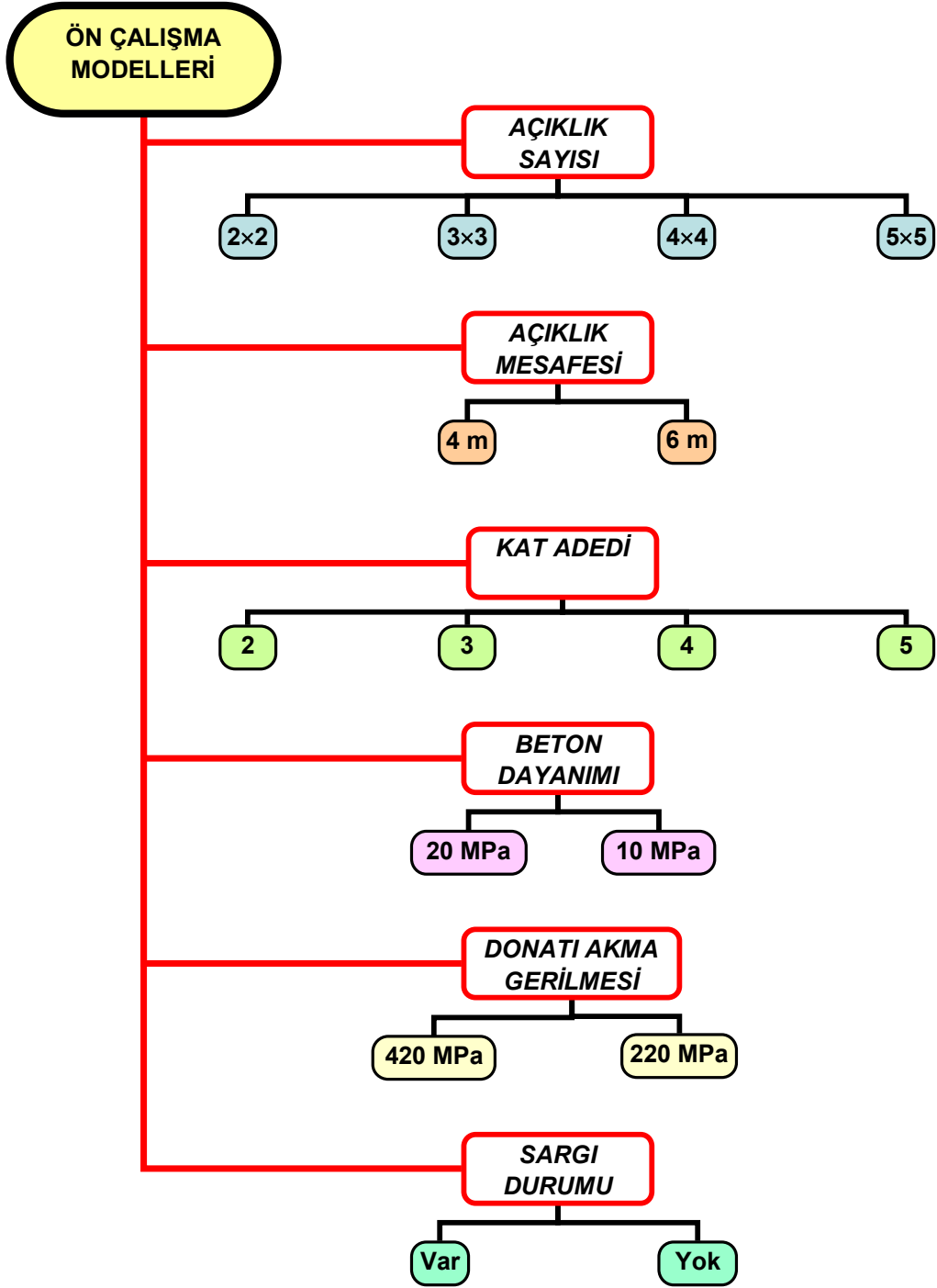
Şekil 6. 6. Kolon elemanların hasar yüzdeleri

7. ARAŞTIRMA BULGULARI

7. 1. Model Binalar

7.1.1. Ön çalışma için model binaların oluşturulması ve tanıtılması

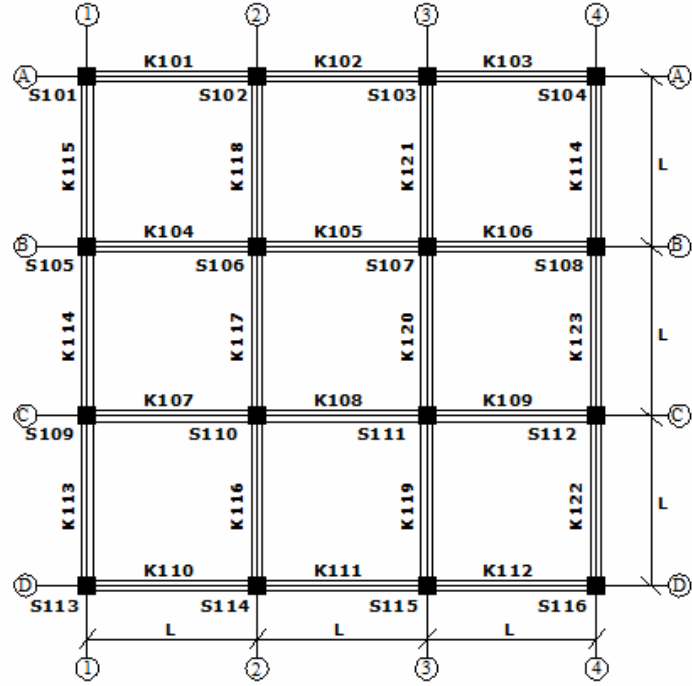
Çalışma kapsamında, model binalar oluşturulmuş ve çözümlemeleri yapılmıştır. Yapılan bina türü seçiminde olabildiğince geniş bir seçim aralığını kapsamasına ve özellikle uygulamada rastlanan türden binaların göz önüne alınması esas alınmıştır. Oluşturulan model binaların, açıklık ve kat adetleri 2, 3, 4 ve 5 olarak seçilmiştir. Taşıyıcı sistemin eksen açıklıkları, x ve y doğrultularında eşit olacak şekilde 4 m ve 6 m, beton sınıfı C10 ve C20, donatı sınıfı S220 ve S420, Sargılama durumu Var ve Yok olarak dikkate alınmıştır (Şekil 7.1). Sargılamanın "Var" olması 10 cm, "Yok" olması ise 20 cm etriye aralığına karşılık gelmektedir. Model binalar; beton sınıfı, donatı sınıfı ve sargılama durumuna bağlı olarak Çizelge 7.1' de görüldüğü gibi sınıflandırılmıştır. Ön çalışma kapsamında 256 adet bina modeli oluşturulmuştur. Modellerin tamamının 1. derece deprem bölgesinde ve Z4 yerel zemin sınıfında bulunan konut türü binalar olduğu kabul edilmiştir. Bina modellerine ait kalıp planları ve 3 boyutlu görünüşleri Şekil 7.2 ile Şekil 7.9 arasında verilmiştir.



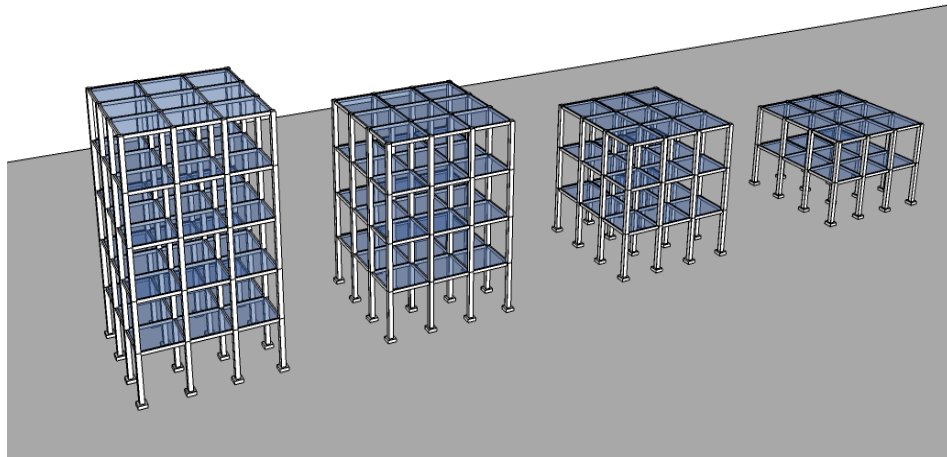
Şekil 7. 1. Ön çalışma modellerinin tanıtılması

Çizelge 7. 1. Malzeme ve sargı durumuna göre model binaların tanıtımı

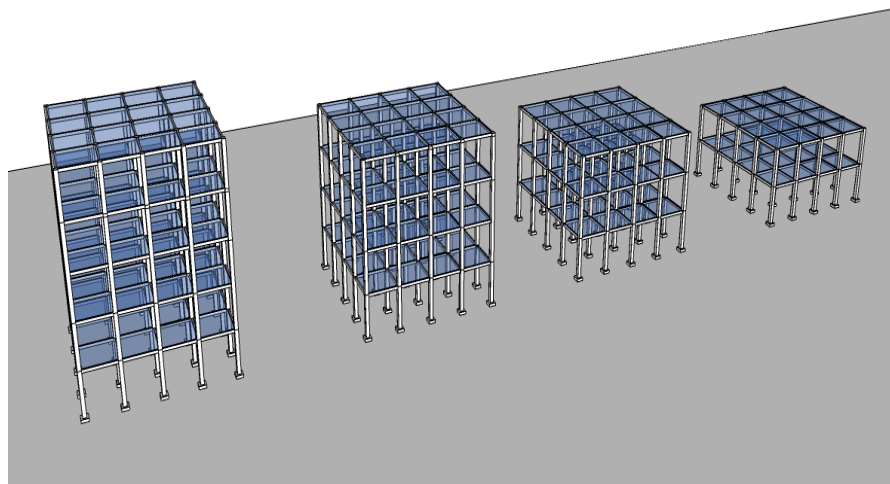
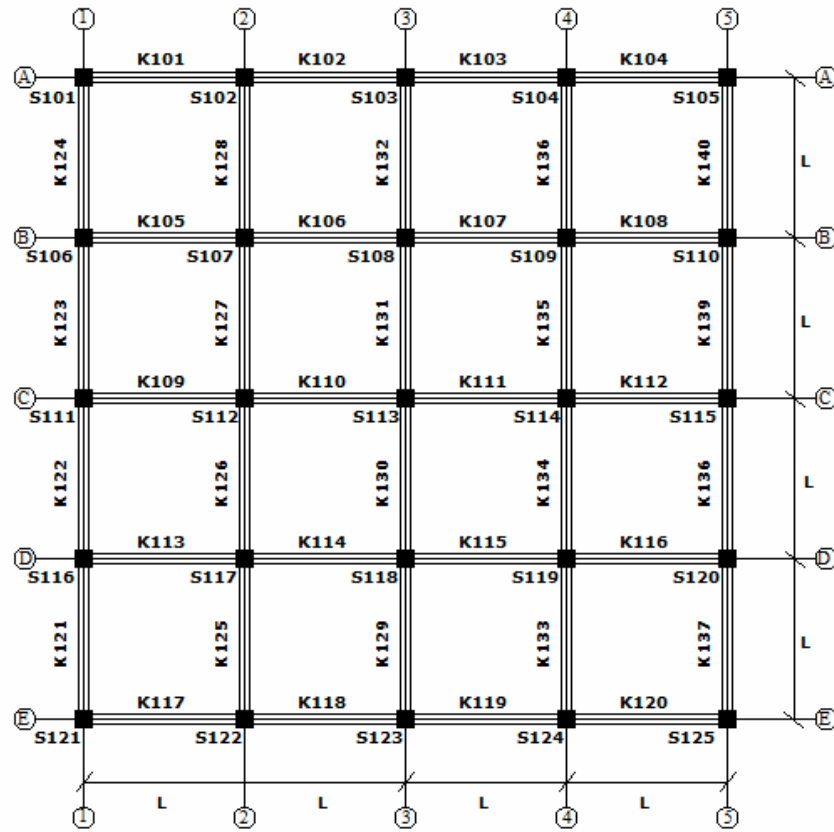
Model Adı	Beton Sınıfı	Donatı Sınıfı	Sargılama Durumu
A	C10	S220	Var
B	C10	S220	Yok
C	C10	S420	Var
D	C10	S420	Yok
E	C20	S220	Var
F	C20	S220	Yok
G	C20	S420	Var
H	C20	S420	Yok

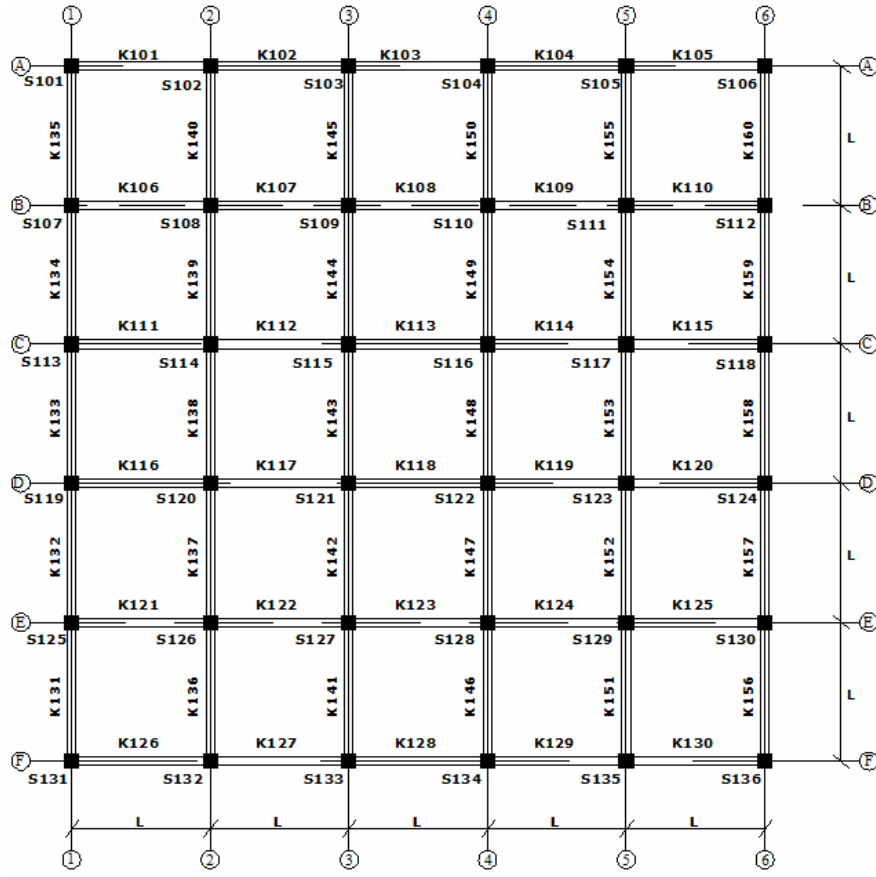


Şekil 7. 4. 3x3 açıklıklı modele ait kalıp planı (Model B)

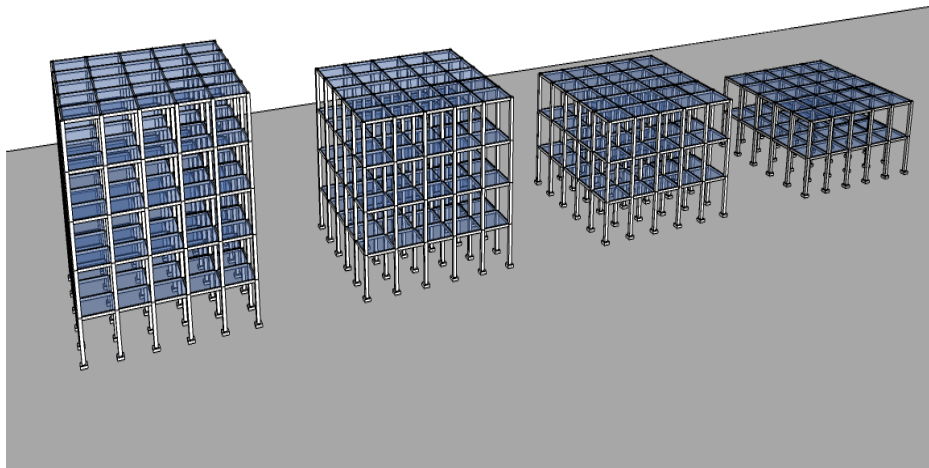


Şekil 7. 5. 3x3 açıklıklı modellere ait üç boyutlu görüşler





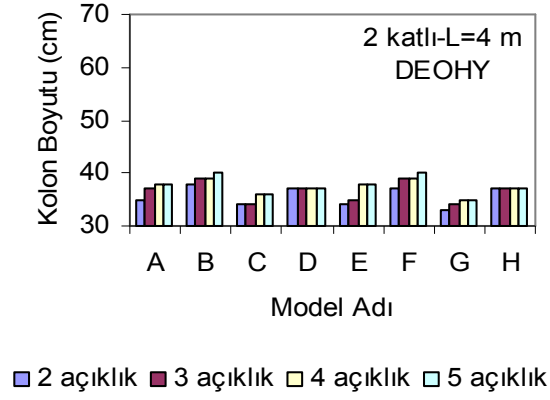
Şekil 7. 8. 5x5 açıklıklı modele ait kalıp planı (Model D)



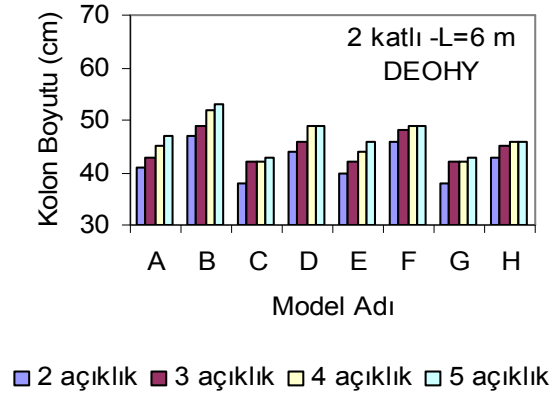
Şekil 7. 9. 5x5 açıklıklı modellere ait üç boyutlu görünüşler

7.1.2. Ön çalışma model binaları için elde edilen sonuçlar

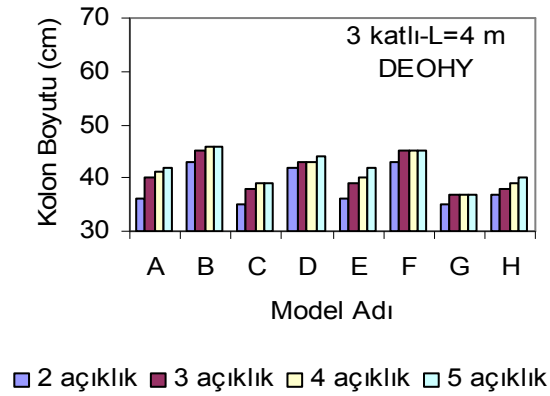
Oluşturulan 256 adet bina modelinin her biri için, en küçük kolon boyutu 0.30 m boyutlarında kare kolon alınarak binanın performans değerlendirmesi yapılmıştır. Konut binaları için belirlenen hedef performansın sağlanmaması durumunda her iki doğrultuda kolon boyutu 0.01 m artırılarak işlemler tekrarlanmıştır. Bu işleme hedef performans sağlanıncaya kadar devam edilmiştir. Buradaki amaç her bir bina modeli için "Can Güvenliği" hedef performans seviyesini sağlayacak en küçük kolon boyutunu doğrusal elastik olmayan yöntemlerle belirlemektir. Buradan da anlaşılabileceği gibi oluşturulan 256 adet bina modelinin her biri için birden fazla çözüm yapılması durumu ortaya çıkmıştır. Aranılan kolon boyutu bazı modeller için 2-3, bazı modellerde ise 8-10 denemede elde edilmiştir. Dolayısıyla, tez çalışmasında kapsamında yapılan çözümlemelerle ilgili tam net bir sayı verilememekle birlikte her model için ortalama 5 çözüm yapıldığı kabul edilirse, sadece ön çalışma model binaları için yaklaşık olarak 640 çözüm yapıldığı söylenebilir. Çizelge 7.1' de verilen model yapıların özelliklerine göre "Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem" e göre bina hedef performansını sağlayan en küçük kolon boyutları Şekil 7.10' da verilmiştir.



(a)

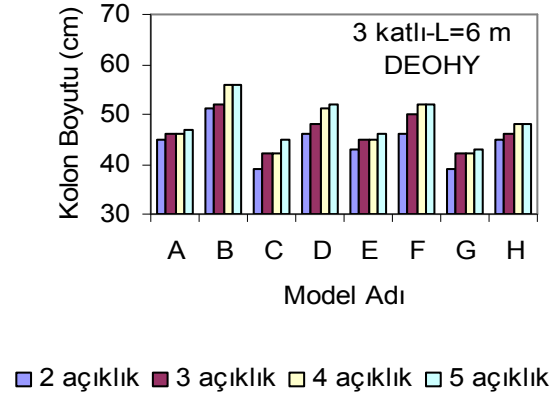


(b)

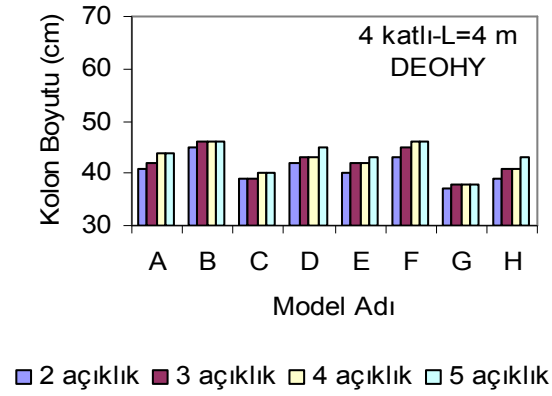


(c)

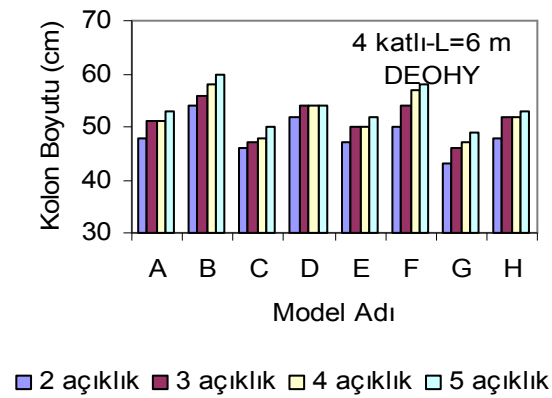
Şekil 7. 10. Hedef performans seviyesini sağlayan en küçük kolon boyutları



(d)

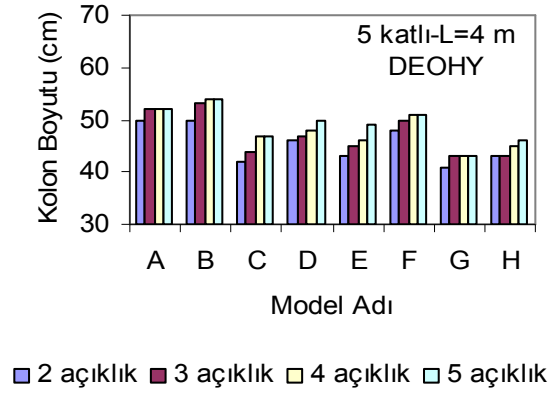


(e)

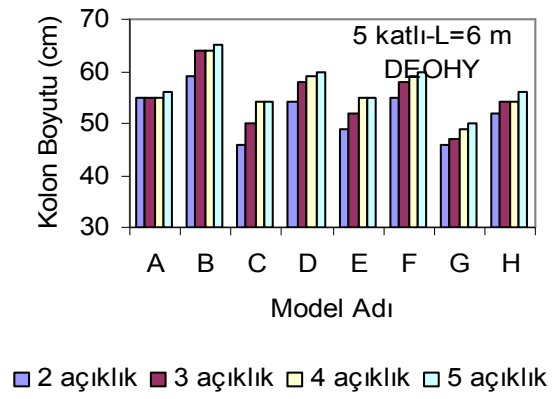


(f)

Şekil 7.10. Hedef performans seviyesini sağlayan en küçük kolon boyutları
(Devam)



(g)



(h)

Şekil 7.10. Hedef performans seviyesini sağlayan en küçük kolon boyutları
(Devam)

7.1.3. Bina performansının belirlenmesi için önerilen yaklaşım

İncelenecek binaların sayı olarak çokluğu dikkate alındığında yönetmelikle uyumlu olabilecek pratik bir değerlendirme yönteminin önemi anlaşılabılır. Bu amaçla çalışmada önerilen yöntemin hesabında taban kesme kuvvetinin hesaplanması gerekmektedir (Denklem 7.1). Burada A_0 etkin yer ivmesi katsayısı, I yapı önem katsayısı, $S(T)$ spektrum katsayısı, $R_a(T)$ deprem yükü azaltma katsayısı ve W bina ağırlığıdır.

$$V_T = \frac{A_0 \cdot I \cdot S(T)}{R_a(T)} \times W \quad (7.1)$$

Taban kesme kuvveti pratik şekilde, birinci derece deprem bölgeleri dikkate alındığından $A_0=0.4$, konut türü yapılar için yapı önem katsayısı $I=1$, Z_4 zemin cinsi ve 2-5 katlı binalar için $S(T)=2.5$ ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı ise $R=4$ alınarak Denklem (7.2) verildiği gibi yazılabilir.

$$V_T = \frac{0.4 \times 1 \times 2.5}{4} \times W = 0.25 \cdot W \quad (7.2)$$

Çalışma kapsamında mevcut betonarme binaların deprem güvenliği incelemesinin yapılabilmesi amacıyla Kolon İndeksi (KI) hesabı önerilmiştir. Yöntemin esası binaya etkiyen taban kesme kuvvetinin 1.kat toplam kolon alanı oranı hesabına dayanmaktadır (Denklem 7.3).

$$KI = 0.25 \frac{W}{\sum A_c} \quad (7.3)$$

Burada ;

KI : Kolon İndeksi

W : Bina ağırlığı

$\sum A_c$: Binanın 1. katındaki tüm kolonların alanları toplamı

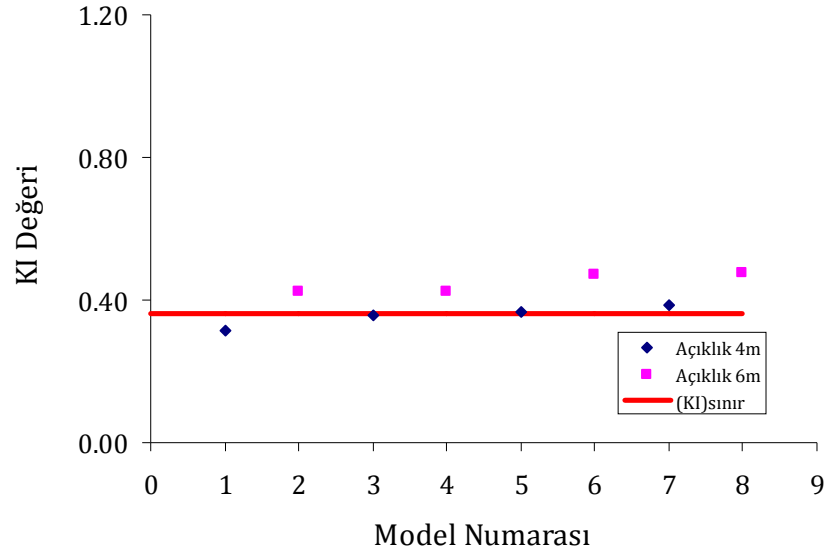
olarak tanımlanır.

Önerilen yöntemde, binanın "CG" performans seviyesini sağlayıp sağlamadığının bina için belirlenen KI değerinin $(KI)_{sınır}$ değeri göre kıyaslanması ile karar verilir. KI değerinin, $(KI)_{sınır}$ değerinin altında olması durumunda "CG" performans seviyesini sağladığı, aksi durumda "CG" performans seviyesinin sağlamadığı kabul edilir.

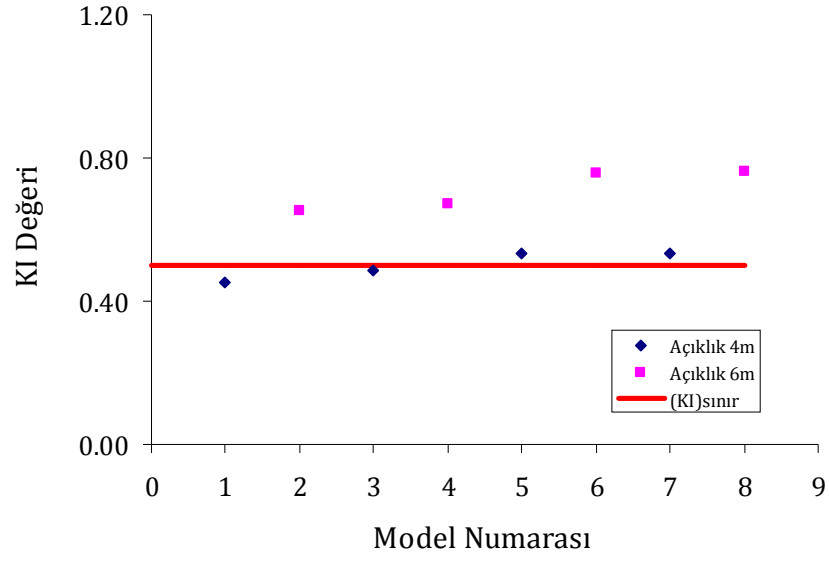
Önerilen yöntemde kullanılacak olan Kolon İndeksi (KI) sınırı değerleri, bu model binalara önerilen yöntem uygulanarak belirlenmiştir. Farklı kat ve açıklık sayısına sahip olan model binalarda, iki farklı durum değerlendirilmesi yapılmıştır. Bunlardan birisi proje dayanımını temsil etmesi açısından 20 MPa beton dayanımı, 420 MPa donatı akma gerilmesi ve sargılamanın olması (10 cm etriye aralığı) durumudur. Diğerisi ise mevcut binaların genel durumunu temsil etmesi açısından 10 MPa beton dayanımı, 220 MPa donatı akma gerilmesi ve sargılamanın olmaması (20 cm etriye aralığı) durumudur. Kat sayıları 2, 3, 4 ve 5 olacak şekilde tüm model binalar için KI hesaplanmıştır. Her iki durum için model binalara önerilen yöntem uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 7.11 ile Şekil 7.18 arasında verilmiştir. Tüm model binaları yansıtacak şekilde ortalama bir indeks değeri belirlenerek, bu değer Kolon İndeksi (KI) sınır değeri olarak seçilmiştir.

Model Numaraları řu şekilde tanımlanmıştır:

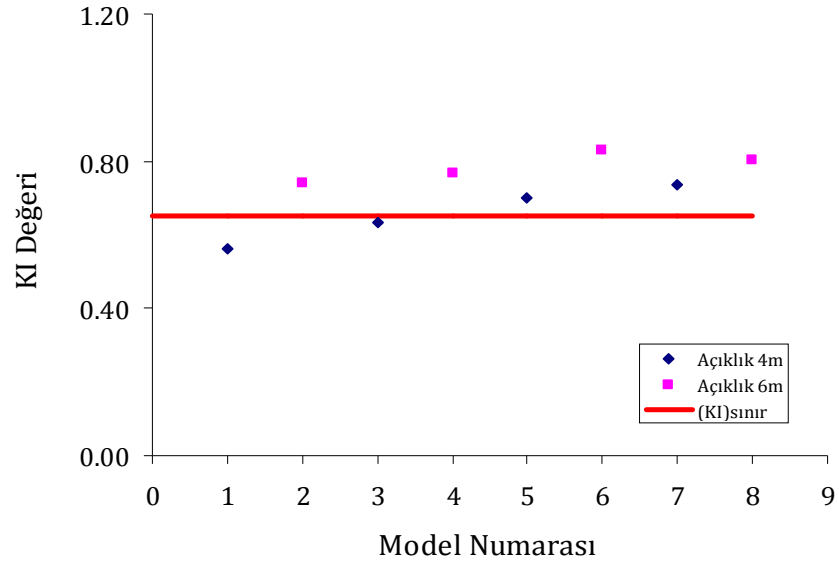
- 1 : 2x2 açıklıklı L=4 m
- 2 : 2x2 açıklıklı L=6 m
- 3 : 3x3 açıklıklı L=4 m
- 4 : 3x3 açıklıklı L=6 m
- 5 : 4x4 açıklıklı L=4 m
- 6 : 4x4 açıklıklı L=6 m
- 7 : 5x5 açıklıklı L=4 m
- 8 : 5x5 açıklıklı L=6 m



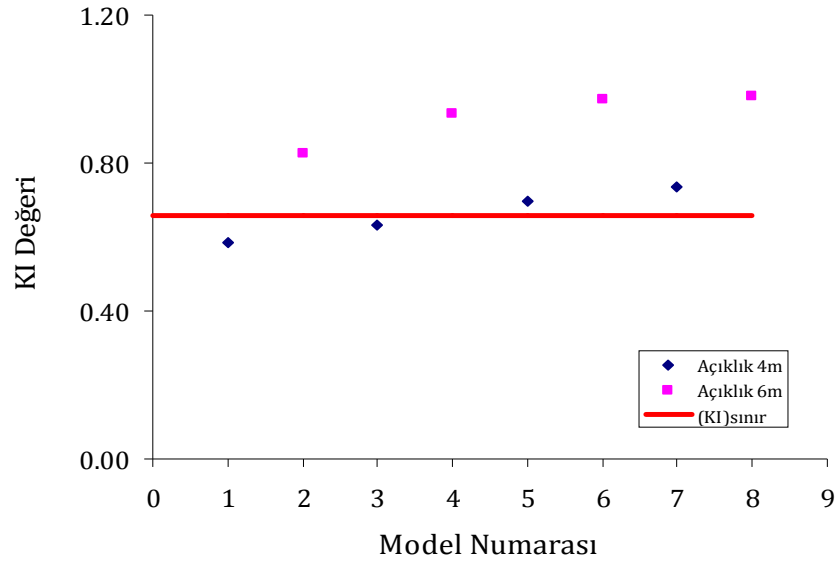
Şekil 7. 11. İki katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri



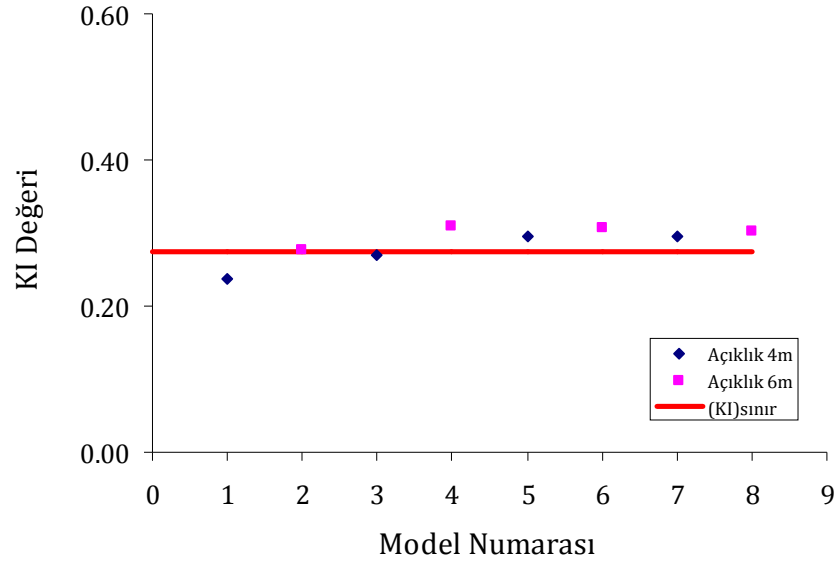
Şekil 7. 12. Üç katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri



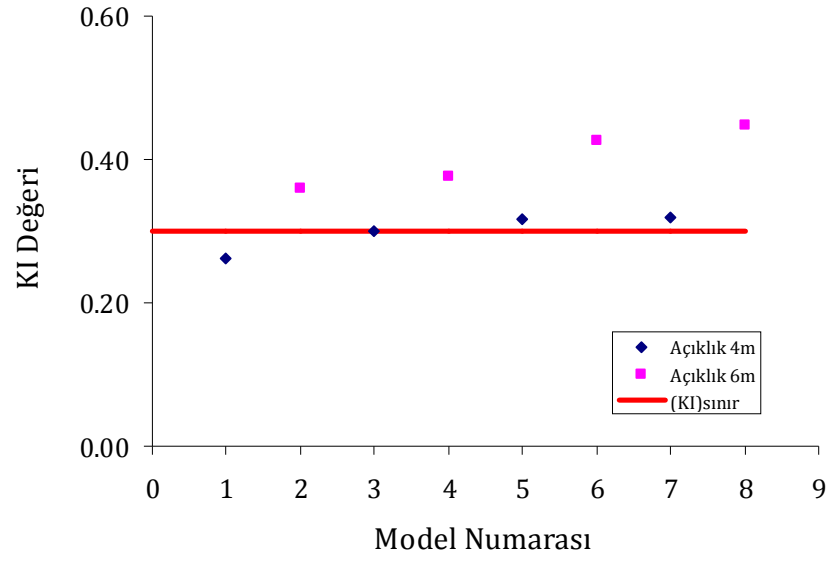
Şekil 7. 13. Dört katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri



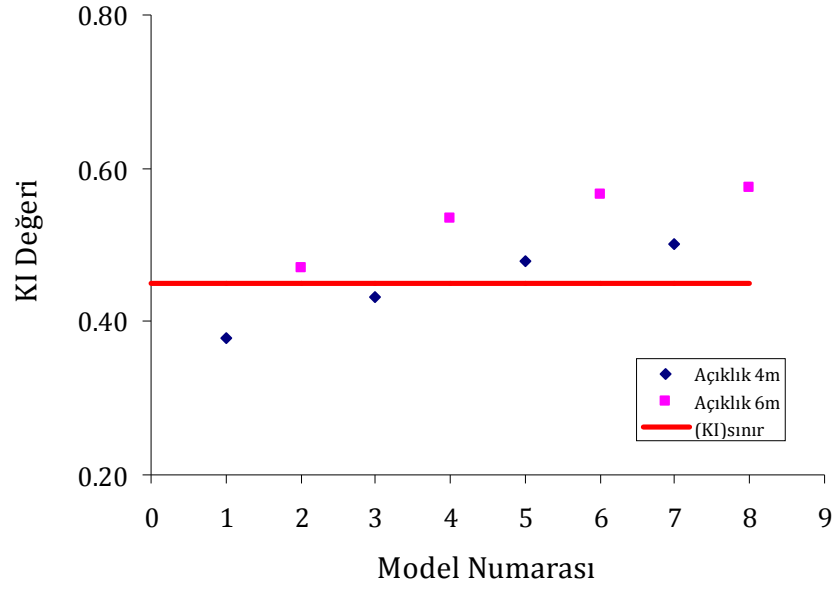
Şekil 7. 14. Beş katlı model binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri



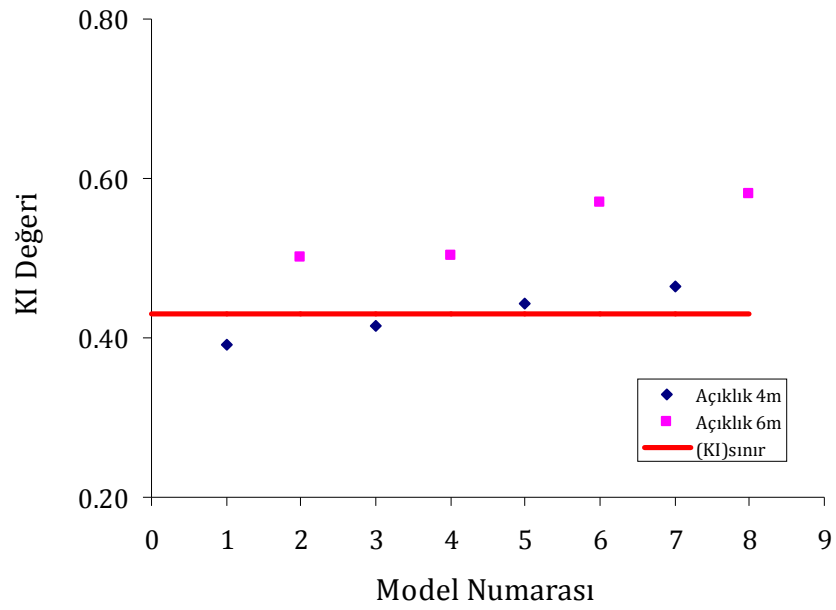
Şekil 7. 15. İki katlı model binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri



Şekil 7. 16. Üç katlı model binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri

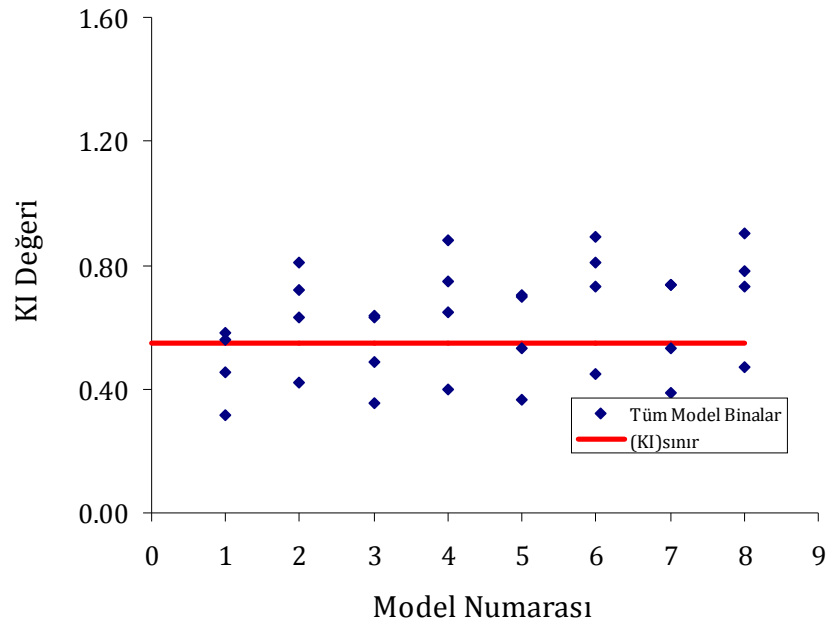


Şekil 7. 17. Dört katlı model binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri



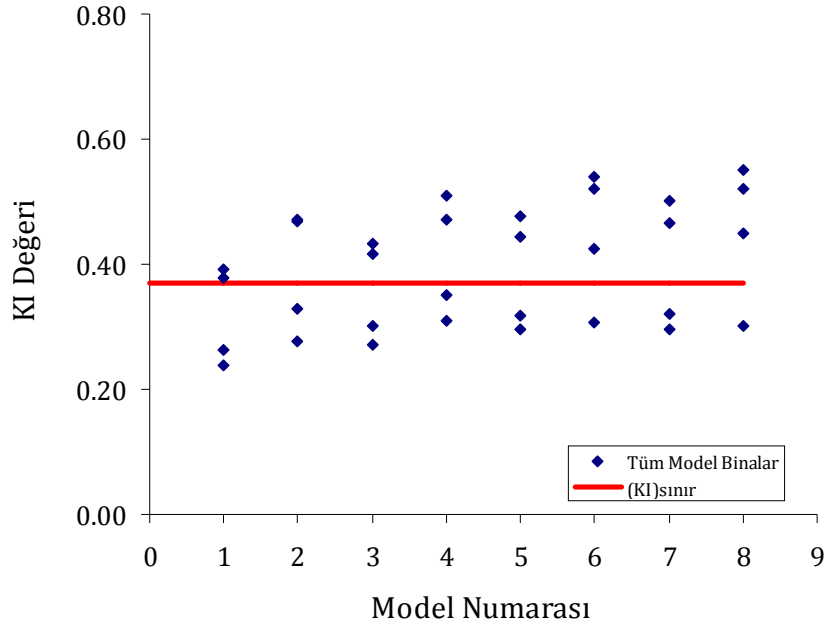
Şekil 7. 18. Beş katlı model binalarda C10/S220 /Sargı Yok için KI değeri

Model binalardan elde edilen sonuçlarla hesaplanan ortalama KI değerleri binanın kat sayısına göre kritik durumlar göz önüne alınarak Şekil 7.11 ile Şekil 7.18 arasında verildiği gibidir. Malzeme sınıfının C20, S420 ve "Sargı Var" durumu için belirlenen KI değerlerini binanın kat sayısından bağımsız olarak genel bir ifade şekli ile ortalama değeri Şekil 7.19 verildiği gibidir. Şekil 7.19' a göre ortalama KI değeri yaklaşık olarak 0.55 N/mm^2 dir.



Şekil 7. 19. Tüm model binalarda KI değeri

Malzeme sınıfının C10, S220 ve "Sargı Yok" durumu için belirlenen KI değerlerini binanın kat sayısından bağımsız olarak genel bir ifade şekli ile ortalama değeri Şekil 7.20 verildiği gibidir. Şekil 7.20' e göre ortalama KI değeri yaklaşık olarak 0.37 N/mm^2 dir.



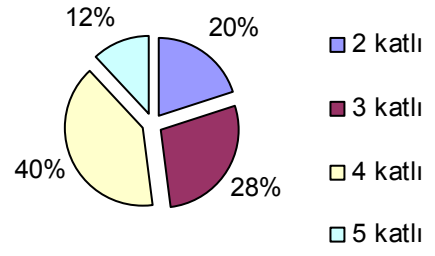
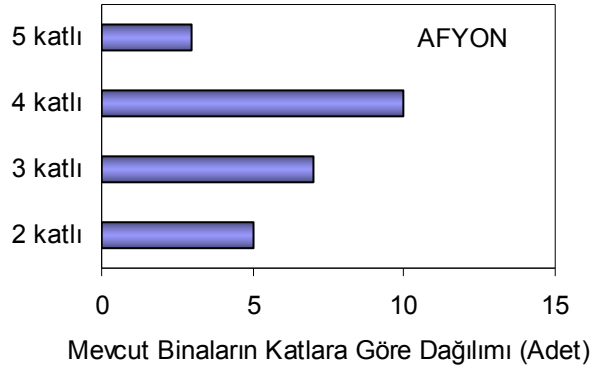
Şekil 7. 20. Tüm model binalarda KI değeri

7. 2. Mevcut Binalar

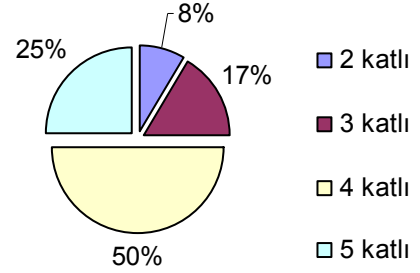
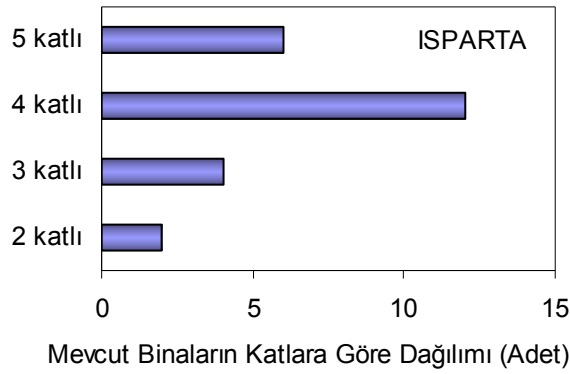
Ülkemizde, birinci derece deprem bölgesinde bulunan İstanbul, İzmir, Isparta, Burdur, Afyon illerimizde bulunan bazı mevcut binaların doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi ile performans analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar önerilen yöntem sonuçları ile kıyaslanmış ve önerilen yöntemin geçerliliği araştırılmıştır.

7.2.1. Mevcut betonarme binalar hakkında bilgi toplanması

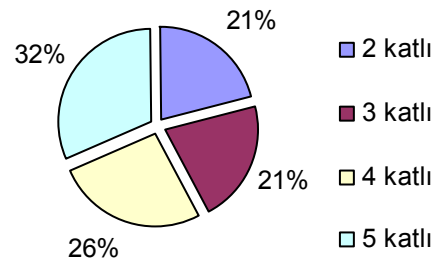
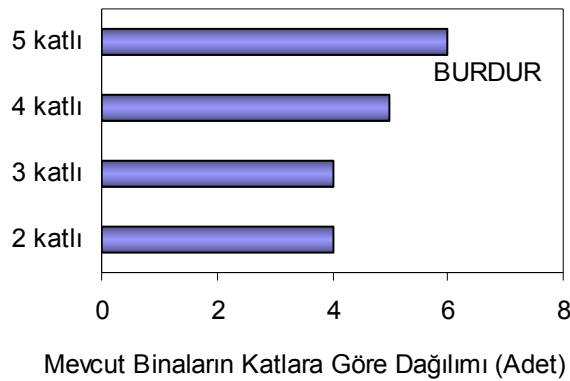
Tüm model binalardan elde edilen KI değerinin geçerliliğinin incelenmesinde kullanılacak mevcut betonarme binaların katlara göre adet ve oransal olarak dağılımı, Afyon ilinden seçilen binalar için Şekil 7.21' de, Isparta ilinden seçilen binalar için Şekil 7.22' de, Burdur ilinden seçilen binalar için Şekil 7.23' de, İzmir ilinden seçilen binalar için Şekil 7.24' de ve İstanbul ilinden seçilen binalar için Şekil 7.25' de, tüm illerde bulunan model binalar için ise Şekil 7.26' da verilmiştir.



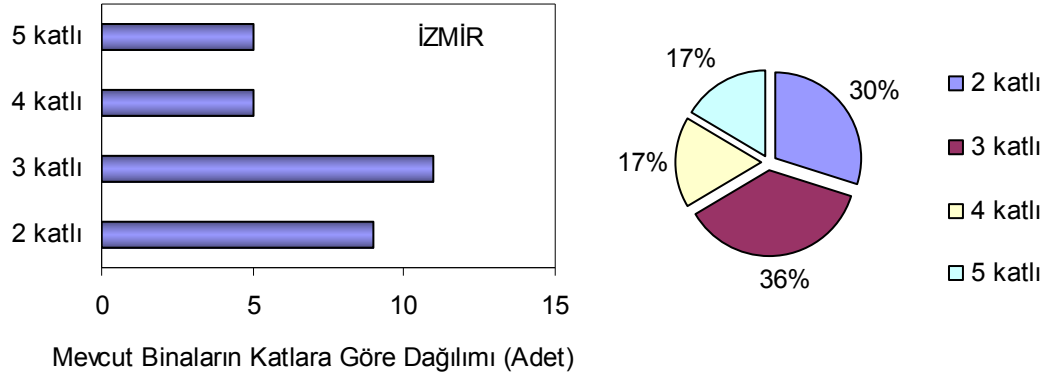
Şekil 7. 21. Afyon ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları



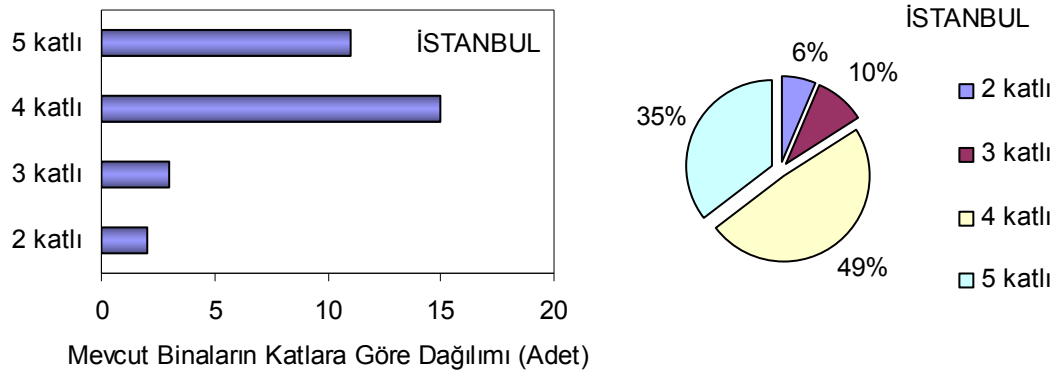
Şekil 7. 22. Isparta ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları



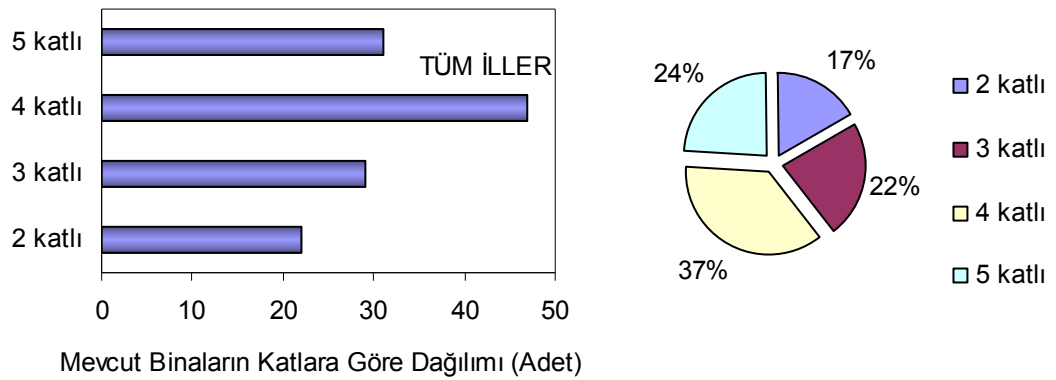
Şekil 7. 23. Burdur ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları



Şekil 7. 24. İzmir ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları

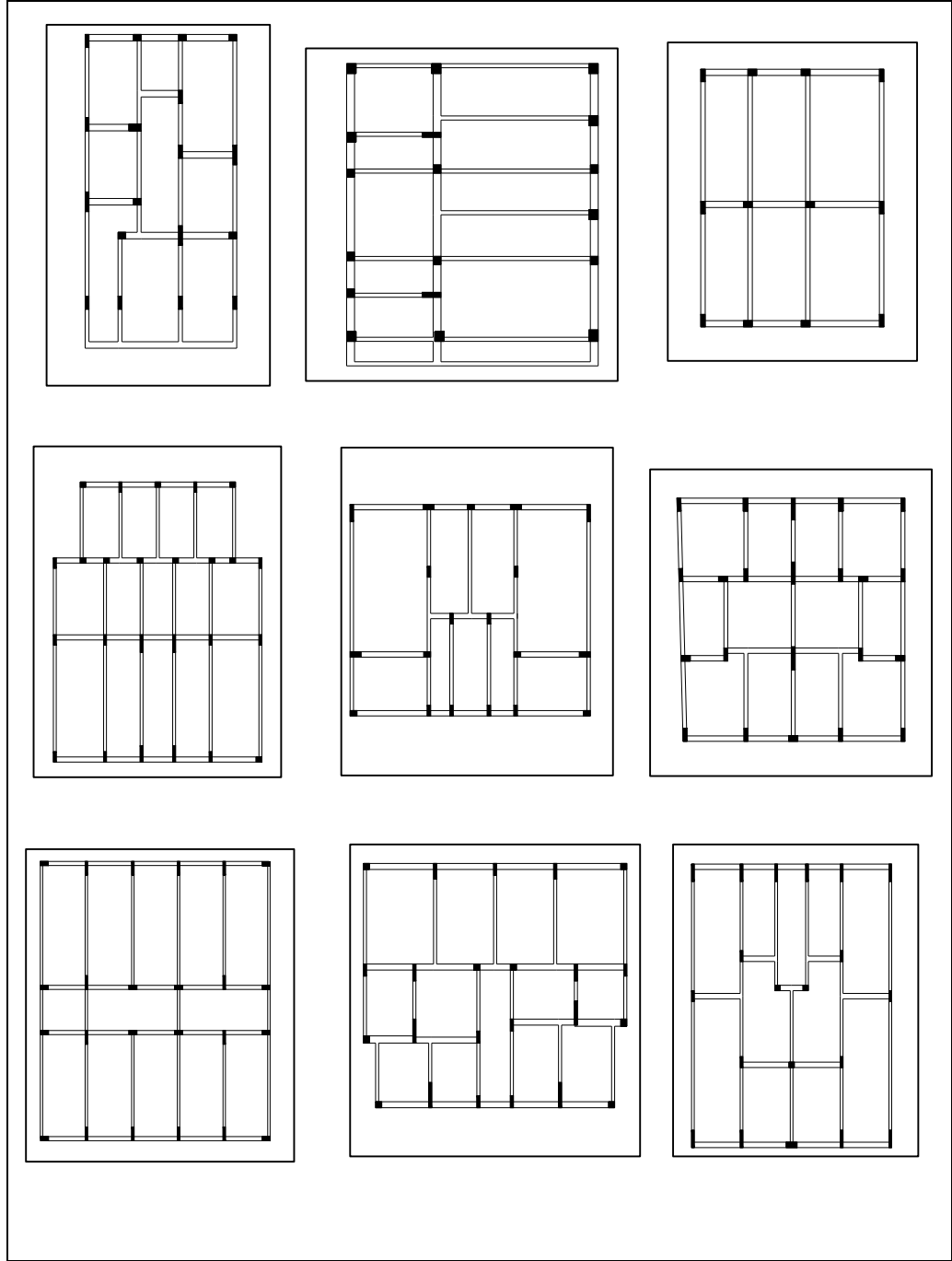


Şekil 7. 25. İstanbul ilinde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları

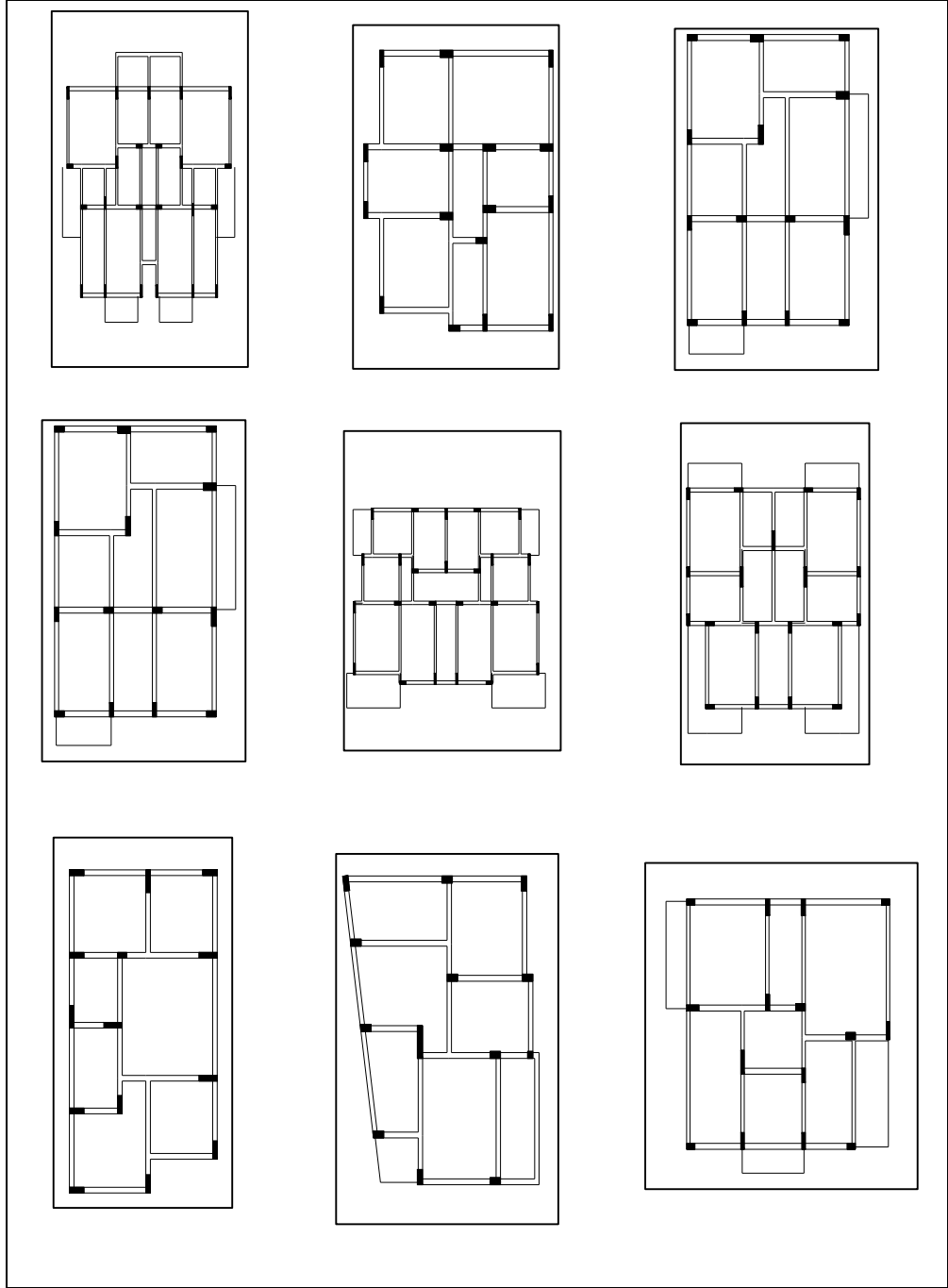


Şekil 7. 26. Tüm illerde seçilen mevcut binaların katlara göre adet ve oranları

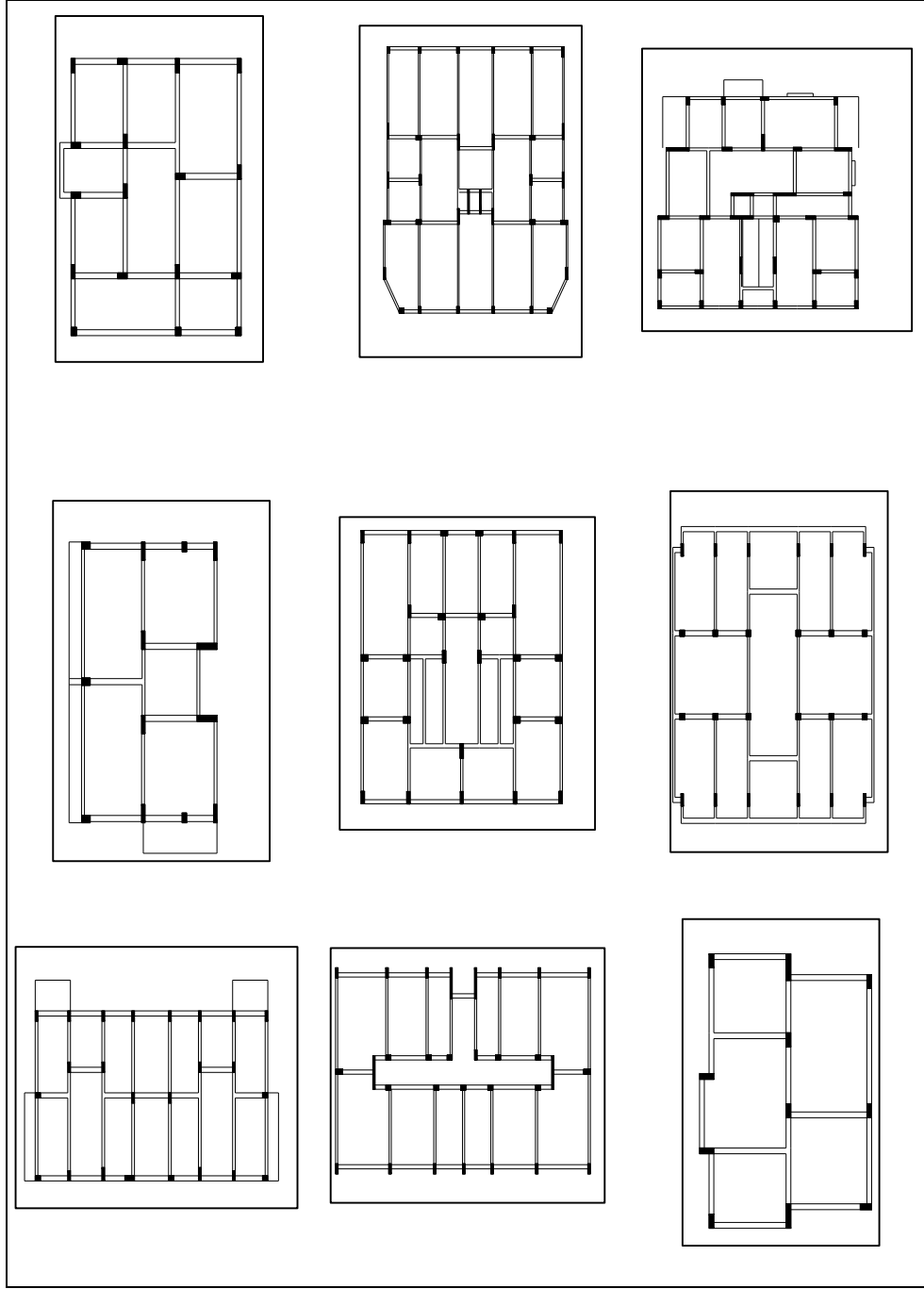
Binalara ait kalıp planlarının bir kısmı Afyon ili için Şekil 7.27’ de, Isparta ili için Şekil 7.28’ de, Burdur ili için Şekil 7.29’da, İzmir ili için Şekil 7.30’da ve İstanbul ili için Şekil 7.31’ de verilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan gerçek binalar, mevcut bina stoğunun büyük bir çoğunluğunu yansıtacak şekilde seçilmiştir.



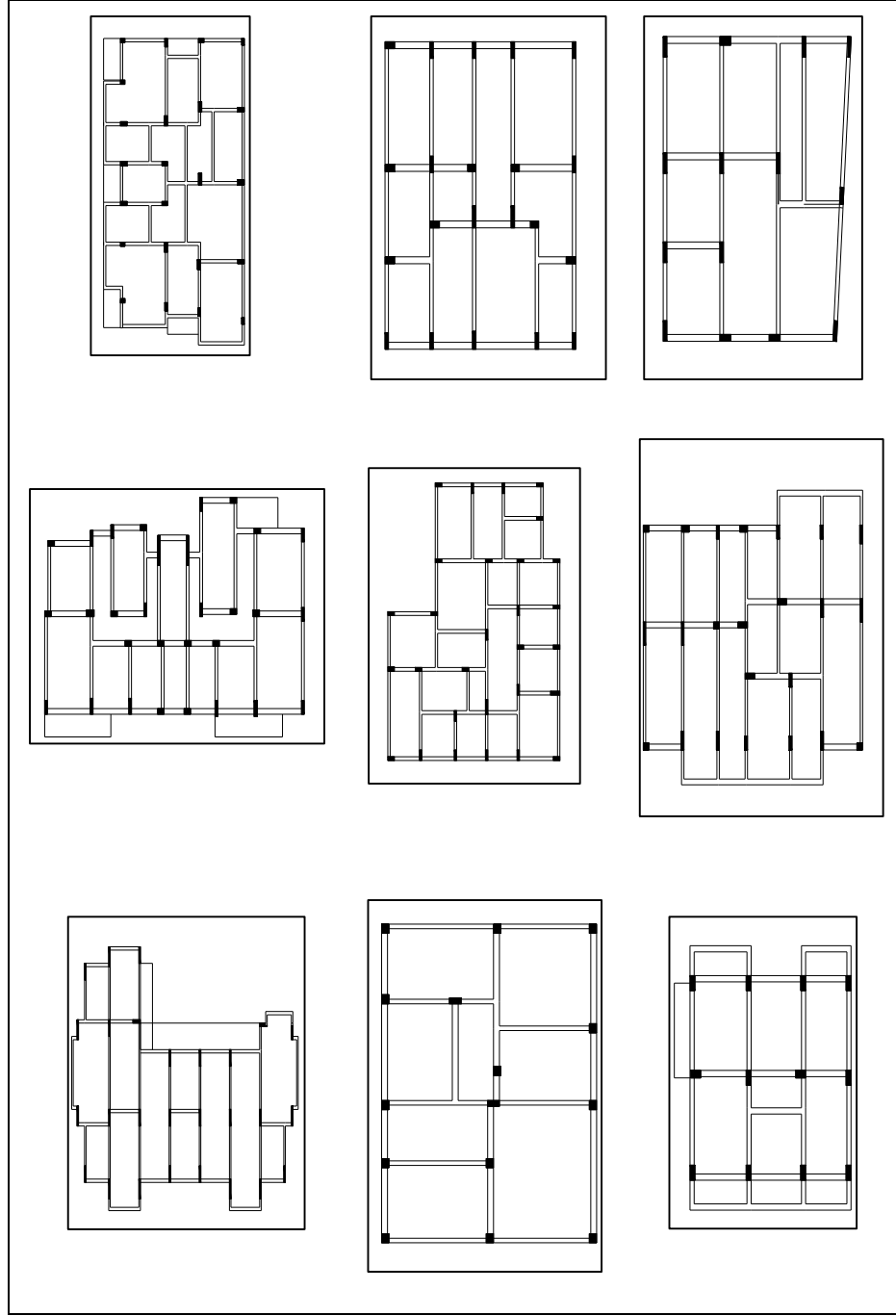
Şekil 7. 27. Afyon ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları



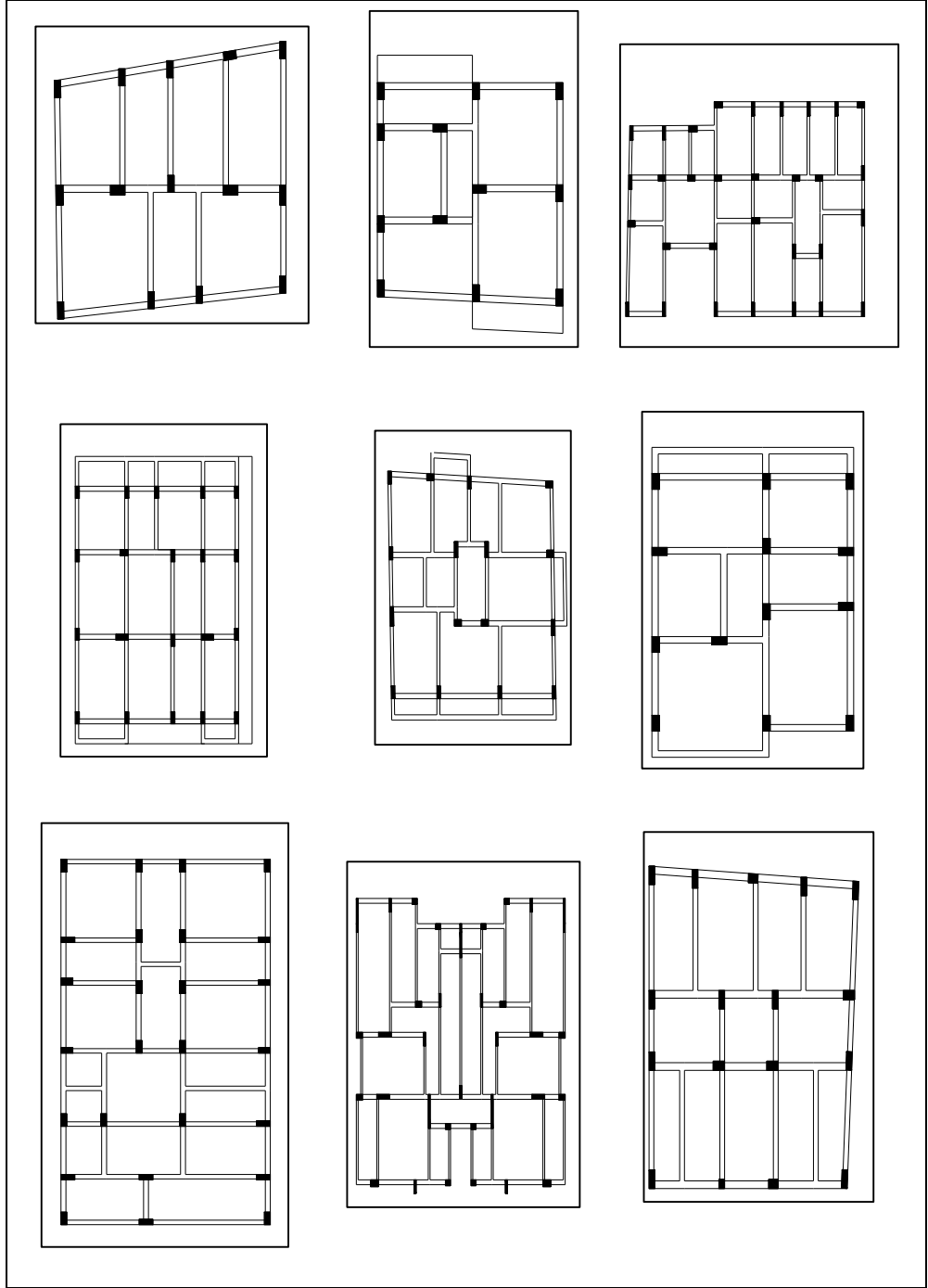
Şekil 7. 28. Isparta ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları



Şekil 7. 29. Burdur ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları



Şekil 7. 30. İzmir ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları



Şekil 7. 31. İstanbul ilindeki bazı mevcut binaların kalıp planları

7.2.2. Önerilen yöntemin mevcut binalara uygulanması

Çalışmanın bu bölümünde, öncelikle Isparta, Afyon, İzmir, Burdur ve İstanbul'dan rast gele seçilen model binaların deprem güvenliği, ilgili programlar kullanılarak DBYBHY (2007) esasları çerçevesinde incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda her bir binanın farklı malzeme sınıfları ve sargılama durumları için performans seviyesi belirlenmiştir. Performans değerlendirmesi sırasında, bina taşıyıcı sistem elemanlarının donatıları yapım yıllarında yürürlükte olan yönetmelik esasları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalarda, kolon elemanlarının kapasite hesabında, bulunan bu donatılar aynen kullanılmıştır. Ancak giriş elemanların donatılarındaki farklılıkların çok fazla olması nedeniyle hesaplamalarda bazı idealleştirmeler yapılmıştır.

Önerilen yöntemin katlara bağlı olarak 128 adet mevcut binaya uygulanması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 7.2 ile Çizelge 7.9' arasında tablolar halinde, Şekil 7.31 ile Şekil 7.39' arasında grafikler halinde verilmiştir. Elde edilen sonuçlar kattan ve ilden bağımsız olarak değerlendirilmesi ile "C20/S420/Sargı Var" durumu için Şekil 7.40' da, "C10/S220/Sargı Yok" durumu için Şekil 7.41' de verilmiştir.

Çizelge 7. 2. İki katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Afyon-1	C20-S420-Sargılı	CG	0.31	0.36	Evet	
Afyon-2		CG	0.30		Evet	
Afyon-3		CG	0.25		Evet	
Afyon-4		CG	0.31		Evet	
Afyon-5		CG	0.43		x	
Isparta-1		GD	0.32			x
Isparta-2		CG	0.32		Evet	
Burdur-1		GD	0.60			Evet
Burdur-2		CG	0.28		Evet	
Burdur-3		CG	0.59		x	
Burdur-4		CG	0.34		Evet	
İzmir-1		CG	0.25		Evet	
İzmir-2		GÖ	0.28			x
İzmir-3		CG	0.18		Evet	
İzmir-4		CG	0.22		Evet	
İzmir-5		CG	0.33		Evet	
İzmir-6		CG	0.29		Evet	
İzmir-7		GÖ	0.37			Evet
İzmir-8		CG	0.40		x	
İzmir-9		CG	0.29		Evet	
İstanbul-1		GD	0.24			x
İstanbul-2		GÖ	0.40			Evet

Çizelge 7. 3. Üç katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Afyon-6	C20-S420-Sargılı	GÖ	0.43	0.50		x
Afyon-7		GÖ	0.51			Evet
Afyon-8		CG	0.37		Evet	
Afyon-9		CG	0.46		Evet	
Afyon-10		GÖ	0.56			Evet
Afyon-11		GD	0.59			Evet
Afyon-12		GD	0.60			Evet
Isparta-3		CG	0.44		Evet	
Isparta-4		CG	0.33		Evet	
Isparta-5		GÖ	0.42			x
Isparta-6		CG	0.34		Evet	
Burdur-5		CG	0.43		Evet	
Burdur-6		CG	0.46		Evet	
Burdur-7		CG	0.51		x	
Burdur-8		CG	0.51		x	
İzmir-10		CG	0.54		x	
İzmir-11		CG	0.47		Evet	
İzmir-12		CG	0.39		Evet	
İzmir-13		GD	0.60			Evet
İzmir-14		CG	0.37		Evet	
İzmir-15		CG	0.30		Evet	

Çizelge 7. 3. Üç katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	$(KI)_{sınır}$	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					$(KI)_{sınır} > KI$	$(KI)_{sınır} < KI$
İzmir-16	C20-S420-Sargılı	CG	0.59	0.5	x	
İzmir-17		CG	0.47		Evet	
İzmir-18		CG	0.28		Evet	
İzmir-19		CG	0.34		Evet	
İzmir-20		CG	0.54		x	
İstanbul-3		CG	0.38		Evet	
İstanbul-4		GD	0.53			Evet
İstanbul-5		CG	0.41		Evet	

Çizelge 7. 4. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Afyon-13	C20-S420-Sargılı	GD	0.69	0.65		Evet
Afyon-14		CG	0.50		Evet	
Afyon-15		GD	0.60			x
Afyon-16		GD	1.00			Evet
Afyon-17		GÖ	0.66			Evet
Afyon-18		GÖ	0.70			Evet
Afyon-19		GÖ	0.57			x
Afyon-20		GÖ	0.57			x
Afyon-21		GÖ	0.73			Evet
Afyon-22		CG	0.64		Evet	
Isparta-7		GÖ	0.65			Evet
Isparta-8		CG	0.62		Evet	
Isparta-9		CG	0.58		Evet	
Isparta-10		CG	0.58		Evet	
Isparta-11		CG	0.64		Evet	
Isparta-12		CG	0.61		Evet	
Isparta-13		CG	0.63		Evet	
Isparta-14		CG	0.52		Evet	
Isparta-15		GD	0.57			x
Isparta-16		CG	0.61		Evet	
Isparta-17		CG	0.63		Evet	

Çizelge 7. 4. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Isparta-18	C20-S420-Sargılı	CG	0.61	0.65	Evet	
Burdur-9		GD	0.56			x
Burdur-10		GD	0.58			x
Burdur-11		CG	0.57		Evet	
Burdur-12		CG	0.49		Evet	
Burdur-13		GÖ	0.53			x
İzmir-21		GÖ	0.57			x
İzmir-22		CG	0.64		Evet	
İzmir-23		GÖ	0.71			Evet
İzmir-24		CG	0.51		Evet	
İzmir-25		GD	0.37			x
İstanbul-6		GD	0.66			Evet
İstanbul-7		GÖ	0.58			x
İstanbul-8		CG	0.45		Evet	
İstanbul-9		GÖ	0.67			Evet
İstanbul-10		CG	0.49		Evet	
İstanbul-11		GD	0.85			Evet
İstanbul-12		CG	0.83		x	
İstanbul-13		GD	0.65			Evet
İstanbul-14		GÖ	0.54			x
İstanbul-15		CG	0.48		Evet	

Çizelge 7. 4. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	$(KI)_{sınır}$	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					$(KI)_{sınır} > KI$	$(KI)_{sınır} < KI$
İstanbul-16	C20-S420 Sargılı	CG	0.48	0.65	Evet	
İstanbul-17		CG	0.47		Evet	
İstanbul-18		GÖ	0.53			x
İstanbul-19		CG	0.38		Evet	
İstanbul-20		GÖ	0.67			Evet

Çizelge 7. 5. Beş katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Afyon-23	C20-S420-Sargılı	GD	0.69	0.66		Evet
Afyon-24		GÖ	0.71			Evet
Afyon-25		GÖ	0.84			Evet
Isparta-19		CG	0.72		x	
Isparta-20		GÖ	0.62			x
Isparta-21		GÖ	0.56			x
Isparta-22		CG	0.72		x	
Isparta-23		CG	0.49		Evet	
Isparta-24		CG	0.84		x	
Burdur-14		GÖ	0.79			Evet
Burdur-15		CG	0.50		Evet	
Burdur-16		GD	0.71			Evet
Burdur-17		CG	0.52		Evet	
Burdur-18		GD	0.52			x
Burdur-19		GÖ	0.67			Evet
İzmir-26		GD	0.61			x
izmir-27		GÖ	0.72			Evet
İzmir-28		GÖ	0.84			Evet
İzmir-29		GÖ	1.13			Evet
İzmir-30		GD	0.67			Evet
İstanbul-21		GD	0.56			x

Çizelge 7. 5. Beş katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
İstanbul-22	C20-S420-Sargılı	GÖ	0.59	0.66		x
İstanbul-23		GÖ	0.54			x
İstanbul-24		CG	0.54		Evet	
İstanbul-25		CG	0.48		Evet	
İstanbul-26		GÖ	0.67			Evet
İstanbul-27		GÖ	0.76			Evet
İstanbul-28		GÖ	0.68			Evet
İstanbul-29		GD	0.94			Evet
İstanbul-30		GÖ	0.67			Evet

Çizelge 7. 6. İki katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Afyon-1	C10-S220-Sargısız	GD	0.31	0.27		Evet
Afyon-2		GD	0.30			Evet
Afyon-3		GÖ	0.25			x
Afyon-4		GD	0.31			Evet
Afyon-5		GD	0.43			Evet
Isparta-1		GD	0.32			Evet
Isparta-2		GD	0.32			Evet
Burdur-1		GD	0.60			Evet
Burdur-2		GD	0.28			x
Burdur-3		GD	0.59			Evet
Burdur-4		GD	0.34			Evet
İzmir-1		GÖ	0.25			x
İzmir-2		GD	0.28			Evet
İzmir-3		GÖ	0.18			x
İzmir-4		GD	0.22			x
İzmir-5		GD	0.33			Evet
İzmir-6		GD	0.29			Evet
İzmir-7		GD	0.37			Evet
İzmir-8		GD	0.40			Evet
İzmir-9		GD	0.29			Evet
İstanbul-1		GÖ	0.24			x
İstanbul-2		GD	0.40			Evet

Çizelge 7. 7. Üç katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Afyon-6	C10-S220-Sargısız	GD	0.43	0.30		Evet
Afyon-7		GD	0.51			Evet
Afyon-8		GÖ	0.37			Evet
Afyon-9		GD	0.46			Evet
Afyon-10		GD	0.56			Evet
Afyon-11		GD	0.59			Evet
Afyon-12		GD	0.60			Evet
Isparta-3		GD	0.44			Evet
Isparta-4		GÖ	0.33			Evet
Isparta-5		GD	0.42			Evet
Isparta-6		GD	0.34			Evet
Burdur-5		GÖ	0.43			Evet
Burdur-6		GD	0.46			Evet
Burdur-7		GD	0.51			Evet
Burdur-8		GD	0.51			Evet
İzmir-10		GD	0.54			Evet
İzmir-11		GD	0.47			Evet
İzmir-12		GD	0.39			Evet
İzmir-13		GD	0.60			Evet
İzmir-14		GD	0.37			Evet
İzmir-15		GD	0.30			x

Çizelge 7. 7. Üç katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	$(KI)_{sınır}$	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					$(KI)_{sınır} > KI$	$(KI)_{sınır} < KI$
İzmir-16	C10-S220-Sargısız	GD	0.59	0.30		Evet
İzmir-17		GD	0.47			Evet
İzmir-18		GÖ	0.28			x
İzmir-19		GD	0.34			Evet
İzmir-20		GD	0.54			Evet
İstanbul-3		GD	0.38			Evet
İstanbul-4		GD	0.53			Evet
İstanbul-5		GD	0.41			Evet

Çizelge 7. 8. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Afyon-13	C10-S220-Sargısız	GD	0.69	0.45		Evet
Afyon-14		GD	0.50			Evet
Afyon-15		GD	0.60			Evet
Afyon-16		GD	1.00			Evet
Afyon-17		GD	0.66			Evet
Afyon-18		GD	0.70			Evet
Afyon-19		GD	0.57			Evet
Afyon-20		GD	0.57			Evet
Afyon-21		GD	0.73			Evet
Afyon-22		GD	0.64			Evet
Isparta-7		GD	0.65			Evet
Isparta-8		GD	0.62			Evet
Isparta-9		GD	0.58			Evet
Isparta-10		GD	0.58			Evet
Isparta-11		GD	0.64			Evet
Isparta-12		GD	0.61			Evet
Isparta-13		GD	0.63			Evet
Isparta-14		GÖ	0.52			Evet
Isparta-15		GD	0.57			Evet
Isparta-16		GD	0.61			Evet
Isparta-17		GD	0.63			Evet

Çizelge 7. 8. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI) _{sınır}	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI) _{sınır} > KI	(KI) _{sınır} < KI
Isparta-18	C10-S220-Sargısız	GD	0.61	0.45		Evet
Burdur-9		GD	0.56			Evet
Burdur-10		GD	0.58			Evet
Burdur-11		GD	0.57			Evet
Burdur-12		GÖ	0.49			Evet
Burdur-13		GD	0.53			Evet
İzmir-21		GÖ	0.57			Evet
İzmir-22		GD	0.64			Evet
İzmir-23		GD	0.71			Evet
İzmir-24		GD	0.51			Evet
İzmir-25		GÖ	0.37			x
İstanbul-6		GD	0.66			Evet
İstanbul-7		GD	0.58			Evet
İstanbul-8		GD	0.45			x
İstanbul-9		GD	0.67			Evet
İstanbul-10		GD	0.49			Evet
İstanbul-11		GD	0.85			Evet
İstanbul-12		GD	0.83			Evet
İstanbul-13		GD	0.65			Evet
İstanbul-14		GD	0.54			Evet
İstanbul-15		GD	0.48			Evet

Çizelge 7. 8. Dört katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

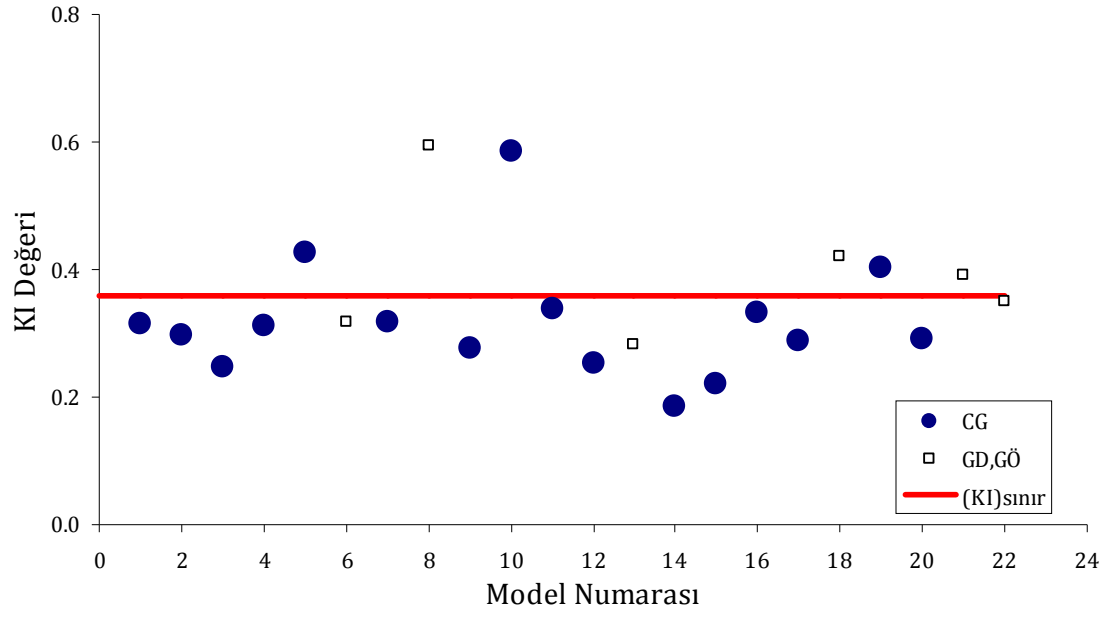
Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	$(KI)_{sınır}$	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					$(KI)_{sınır} > KI$	$(KI)_{sınır} < KI$
İstanbul-16	C10-S220 Sargısız	GD	0.48	0.45		Evet
İstanbul-17		GD	0.47			Evet
İstanbul-18		GD	0.53			Evet
İstanbul-19		GÖ	0.38			x
İstanbul-20		GD	0.67			Evet

Çizelge 7. 9. Beş katlı mevcut binaların KI değerleri

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	(KI)sınır	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					(KI)sınır > KI	(KI)sınır < KI
Afyon-23	C10-S220-Sargısız	GD	0.69	0.45		Evet
Afyon-24		GD	0.71			Evet
Afyon-25		GD	0.84			Evet
Isparta-19		GD	0.72			Evet
Isparta-20		GD	0.62			Evet
Isparta-21		GD	0.56			Evet
Isparta-22		GD	0.72			Evet
Isparta-23		GD	0.49			Evet
Isparta-24		GD	0.84			Evet
Burdur-14		GD	0.79			Evet
Burdur-15		GD	0.50			Evet
Burdur-16		GD	0.71			Evet
Burdur-17		GD	0.52			Evet
Burdur-18		GD	0.52			Evet
Burdur-19		GD	0.67			Evet
İzmir-26		GÖ	0.61			Evet
izmir-27		GD	0.72			Evet
İzmir-28		GD	0.84			Evet
İzmir-29		GD	1.13			Evet
İzmir-30		GD	0.67			Evet
İstanbul-21		GD	0.56			Evet

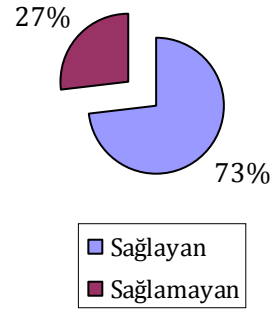
Çizelge 7. 9. Beş katlı mevcut binaların KI değerleri (Devam)

Bina Adı	Malzeme	DELOP Performans Sonuçları	KI Değeri (VT/Ac)	$(KI)_{sınır}$	Yöntemin Uyumluluğu	
					CG Sağlayan	GÖ ve GD Sağlayan
					$(KI)_{sınır} > KI$	$(KI)_{sınır} < KI$
İstanbul-22	C10-S220-Sargısız	GD	0.59	0.45		Evet
İstanbul-23		GD	0.54			Evet
İstanbul-24		GD	0.54			Evet
İstanbul-25		GÖ	0.48			Evet
İstanbul-26		GD	0.67			Evet
İstanbul-27		GD	0.76			Evet
İstanbul-28		GD	0.68			Evet
İstanbul-29		GD	0.94			Evet
İstanbul-30		GD	0.67			Evet



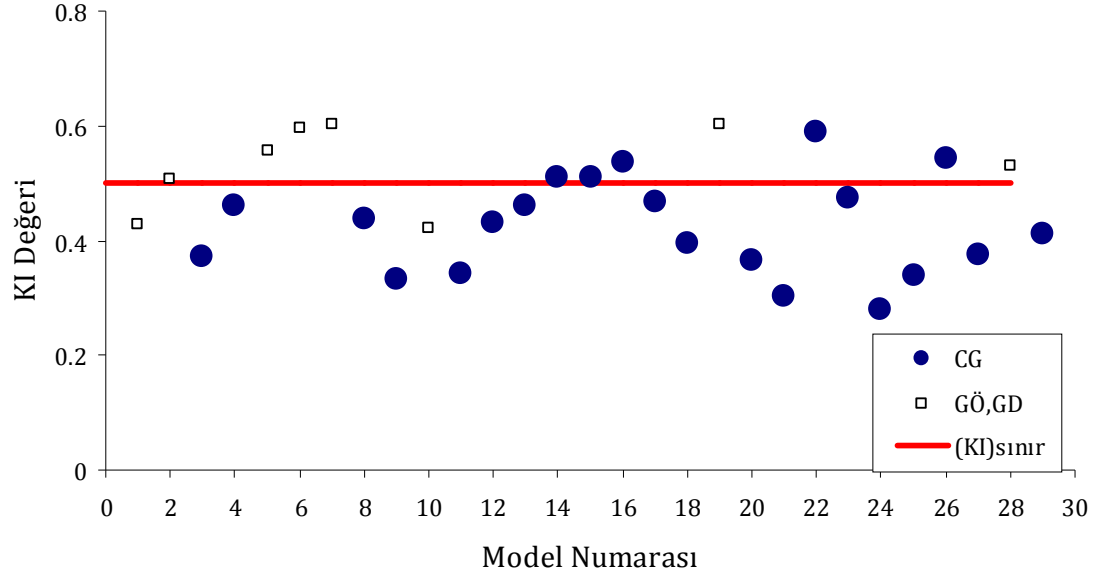
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



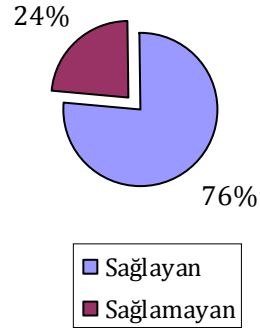
(b)

Şekil 7. 32. İki katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları



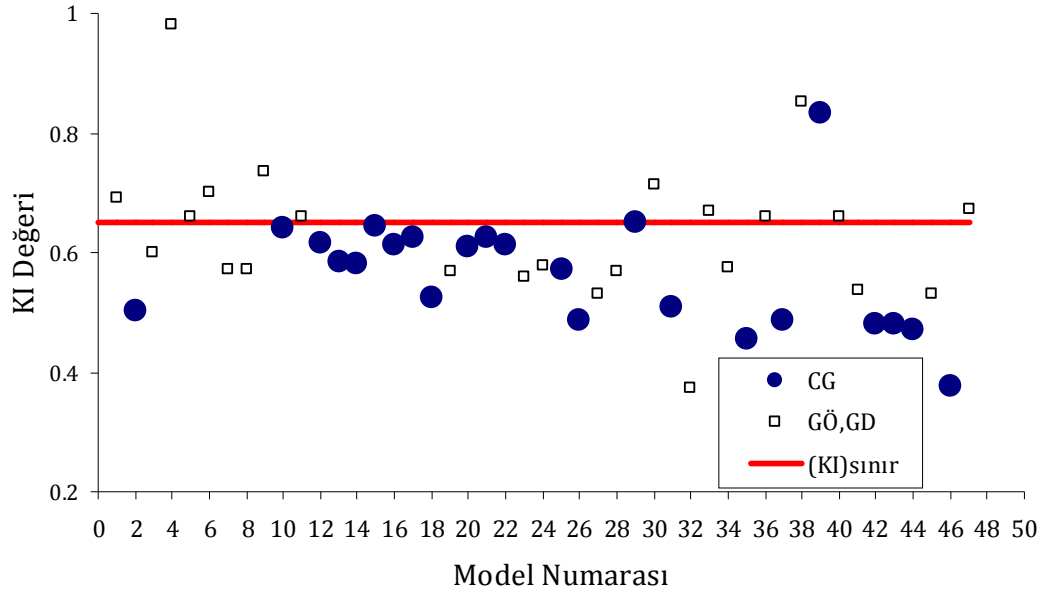
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



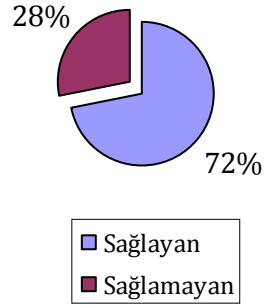
(b)

Şekil 7. 33. Üç katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları



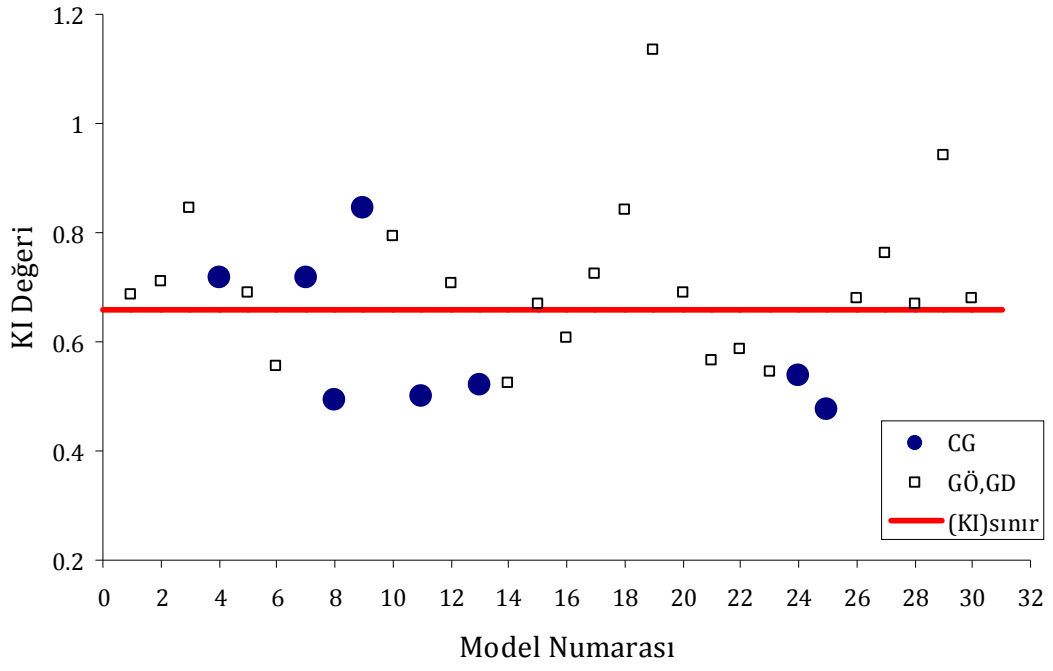
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



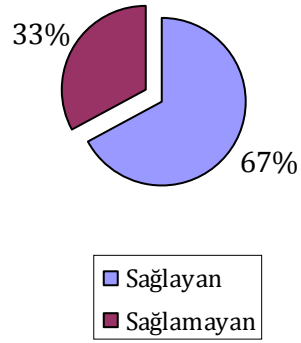
(b)

Şekil 7. 34. Dört katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları



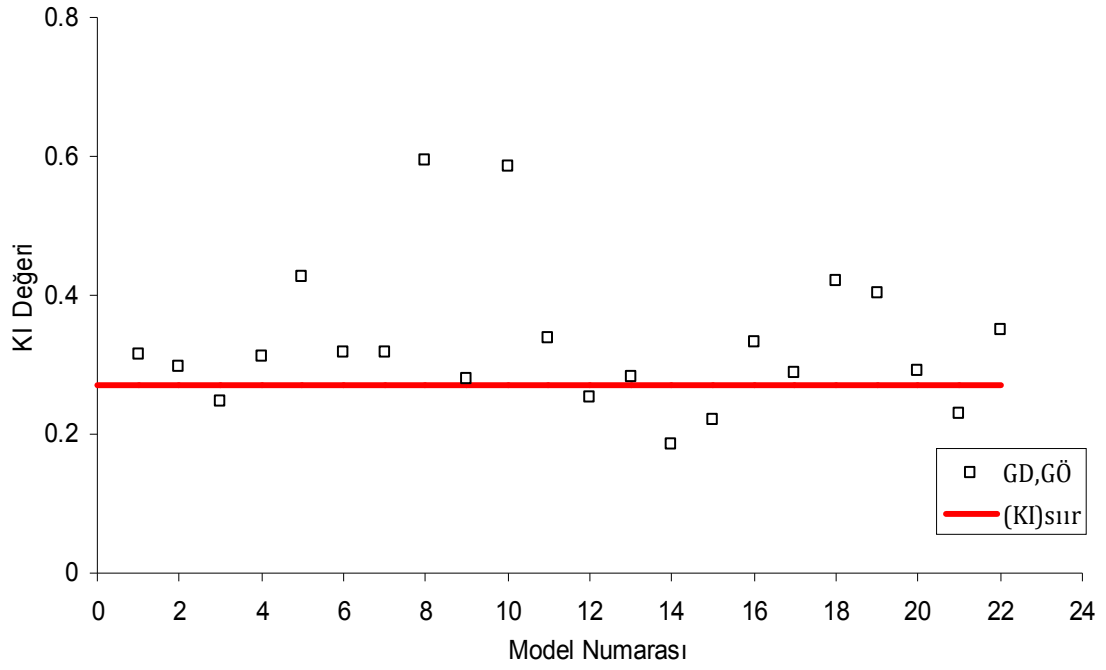
(a)

$(KI)_{sınır}$ değeri uygunluğu



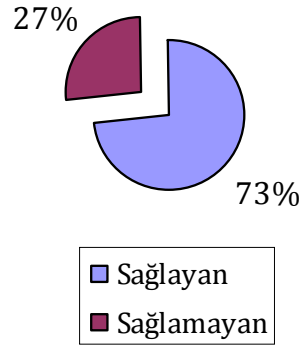
(b)

Şekil 7. 35. Beş katlı mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları



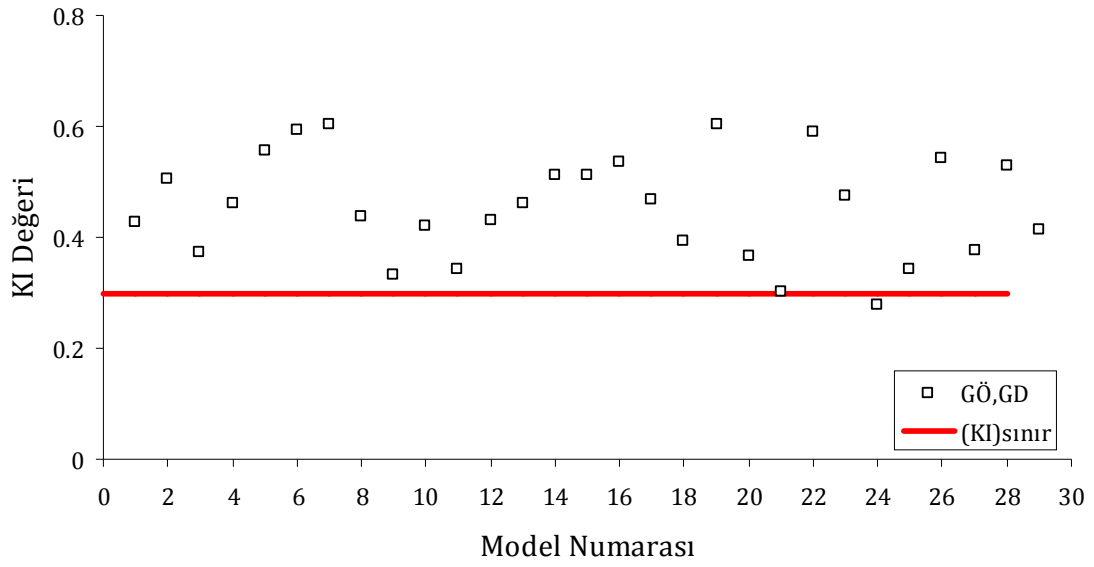
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



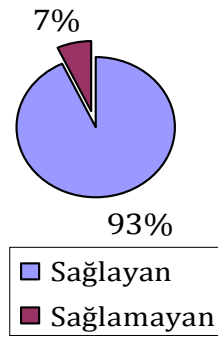
(b)

Şekil 7. 36. İki katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları



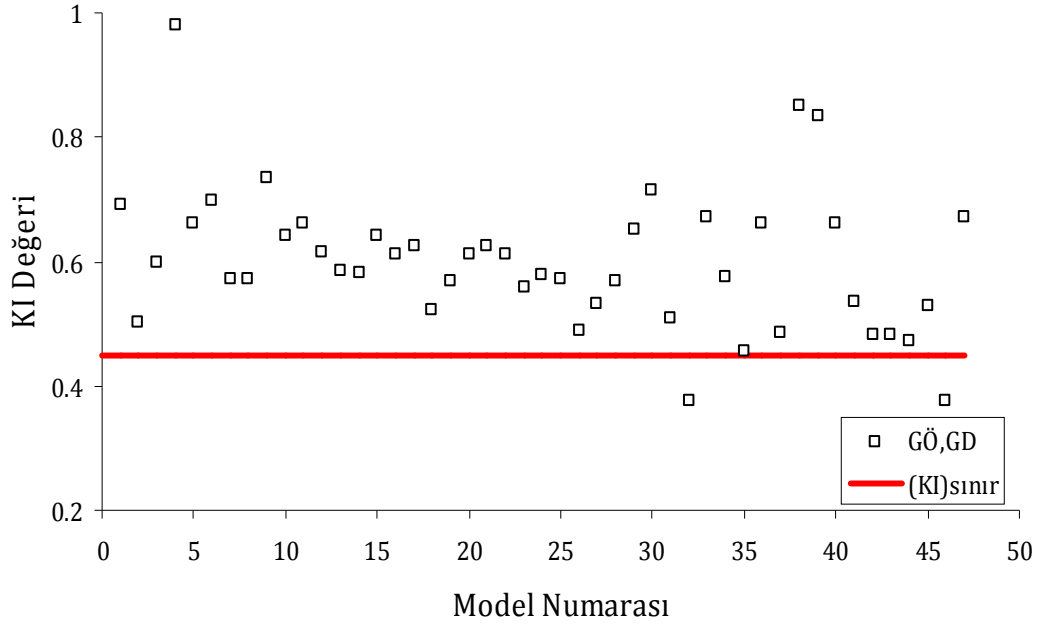
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



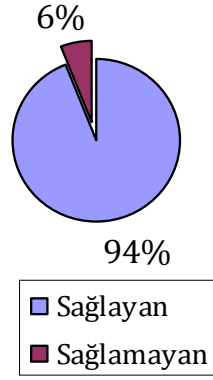
(b)

Şekil 7. 37. Üç katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları



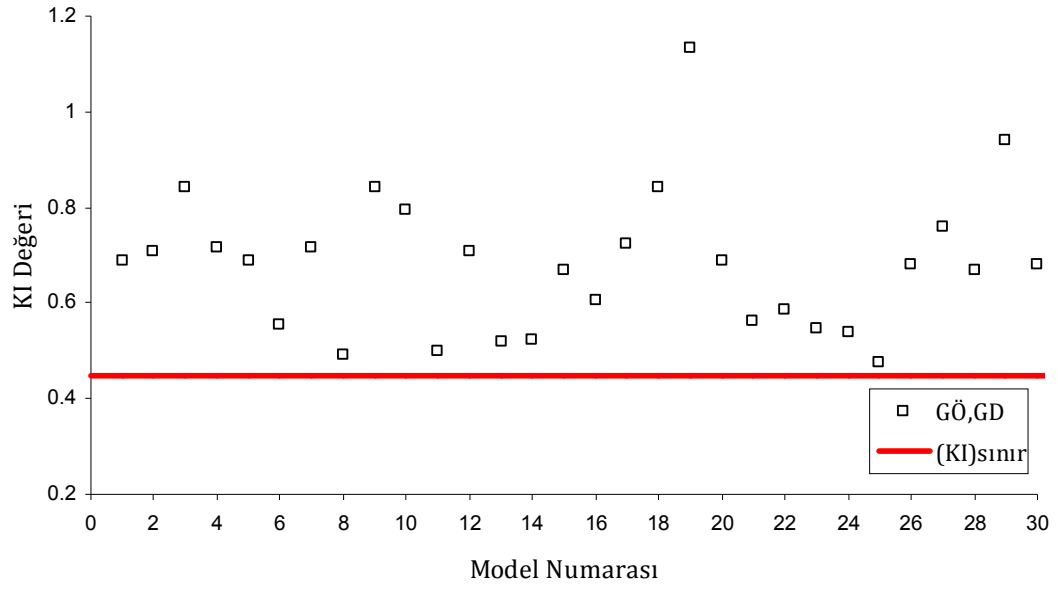
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



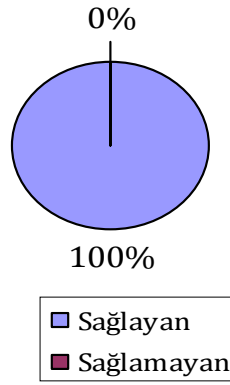
(b)

Şekil 7. 38. Dört katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları



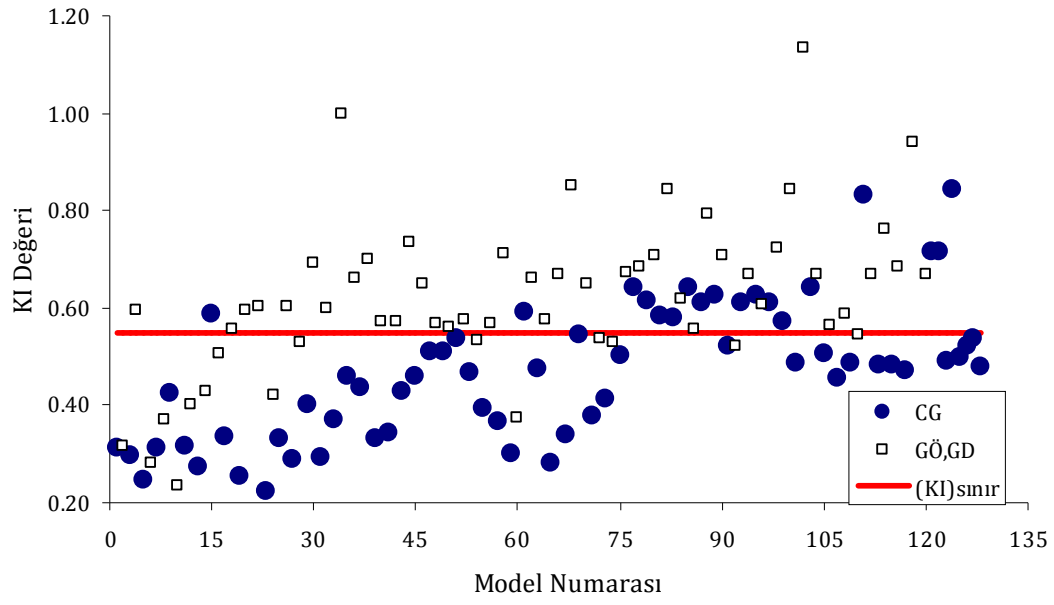
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



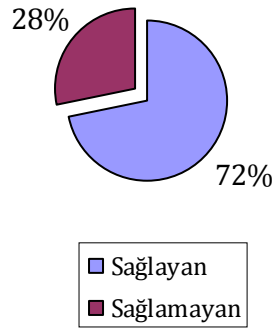
(b)

Şekil 7. 39. Beş katlı mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları



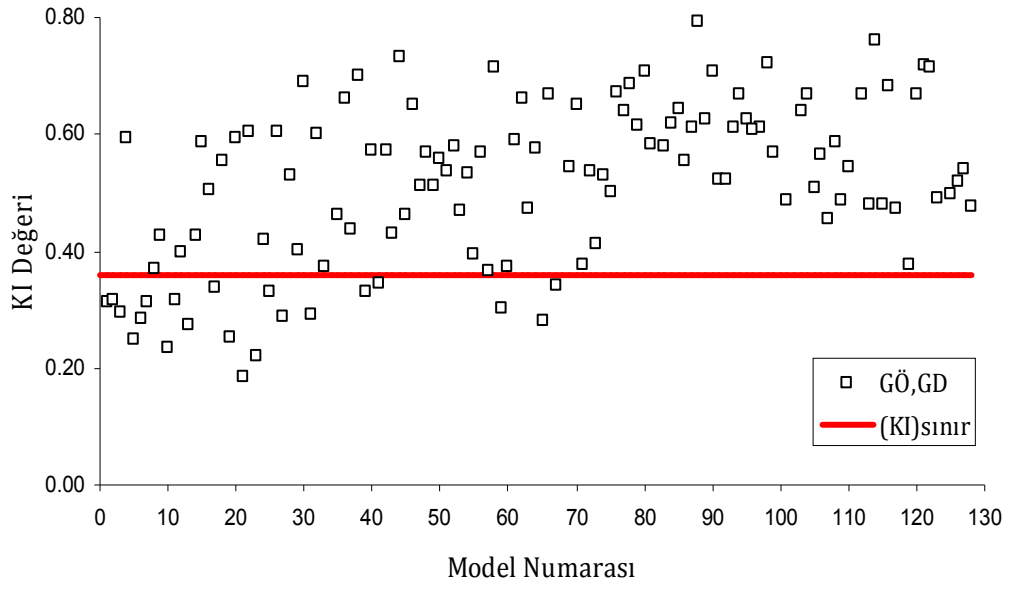
(a)

(KI)_{sınır} değeri uygunluğu



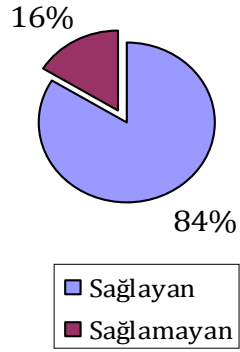
(b)

Şekil 7. 40. Tüm mevcut binalarda C20/S420/Sargı Var için KI değeri ve oranları



(a)

$(KI)_{sınır}$ değeri uygunluğu



(b)

Şekil 7. 41. Tüm mevcut binalarda C10/S220/Sargı Yok için KI değeri ve oranları

8. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında DBYBHY (2007)' de mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılması önerilen yöntemlerden olan Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem hesap esaslarına göre çözümlemeler yapılmıştır. Bu hesap yöntemi esaslarına göre BESAM ve DELOP yazılımları hazırlanarak çözümlerde kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında farklı malzeme özellikleri, sargı durumu, kat adedi ve açıklık sayılarında model binalar oluşturularak, doğrusal elastik olmayan çözümleme yapılmıştır. Bu model binalar kare ve tamamen simetrik olarak belirlenmiştir. Bu çözümlerle hedef performansı "Can Güvenliği" seviyesini sağlayan en küçük kolon boyutları tüm kombinasyonlara göre belirlenmiştir. Bu model binaların çözümlerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi aşağıdaki verilmiştir.

- Binanın tüm özellikleri sabit tutulurken, binanın gerekli performans seviyesini sağlaması için kolon boyutları artırıldığından dolayı hesaplamalar sonucu elde edilen kolon donatıları hemen hemen minimum seviyelerde ortaya çıkmıştır.
- Kolon donatıları minimum seviyeye yakın olduğu için, donatı türündeki değişim bina performans seviyesinde son derece etkili olmaktadır.
- Beton dayanımının, taşıyıcı sistemin (özellikle kolonların) deprem güvenliğinde son derece önemli olduğu bilinmektedir. Ancak yapılan kapasite hesaplarına bu etki çok fazla yansımamaktadır.
- Eğilmeye çalışan elemanlarda (kirişlerde) beton dayanımının bina performansına etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür.
- Kat adedi, açıklık sayısı ve açıklık mesafesi arttığında binanın hedef performans seviyesini sağlaması için gerekli kolon boyutları artmaktadır. Aynı açıklığa sahip

model binalarda kolon boyutlarının belirlenmesinde açıklık uzunluğunun %50 artırılması, kat adedinin artırılmasından daha etkili olmaktadır.

- Sargılama donatısı aralığının 0.20 m'den 0.10 m'ye azaltılması durumundaki bina performansı üzerindeki etki, beton dayanımının 10 MPa'dan 20 MPa'a çıkarılmasından daha fazla olmaktadır.

Ön çalışma model bina çözümlerinden elde edilen kolon boyutları incelenerek kat adetlerine göre ve kat adedinden bağımsız olarak Kolon İndeksi Sınır Değeri $(KI)_{sınır}$ belirlenmiştir.

KI sınır değerleri,

C20-S420 ve taşıyıcı elemanların sargılamanın olması durumu için;

- İki katlı binalarda ortalama 0.36 N/mm^2
- Üç katlı binalarda ortalama 0.50 N/mm^2
- Dört katlı binalarda ortalama 0.65 N/mm^2
- Beş katlı binalarda ortalama 0.66 N/mm^2
- Kat adedinden bağımsız tüm binalarda ortalama 0.55 N/mm^2

C10-S220 ve taşıyıcı elemanların sargılamanın olmaması durumu için ise;

- İki katlı binalarda ortalama 0.27 N/mm^2
- Üç katlı binalarda ortalama 0.30 N/mm^2
- Dört katlı binalarda ortalama 0.45 N/mm^2
- Beş katlı binalarda ortalama 0.45 N/mm^2
- Kat adedinden bağımsız tüm binalarda ortalama 0.37 N/mm^2

olarak belirlenmiştir.

Önerilen yöntemin geçerliliği ülkemizde, birinci derece deprem bölgesinde yer alan İzmir, İstanbul, Isparta, Afyon, Burdur illerinde 128 adet mevcut binalar üzerinde incelenmiştir. Bu incelemelerde çalışma kapsamında oluşturulan BESAM ve DELOP yazılımları ile SAP2000 programı kullanılmıştır. Mevcut binaların doğrusal elastik olmayan yöntemle performans değerlendirmesi bu programlar yardımıyla yapılmıştır

Mevcut binalara önerilen yöntemin uygulanması ile elde edilen performans sonuçlarının yönetmelik ile uyumluluğu,

C20-S420 ve taşıyıcı elemanların sargılamanın olması durumunda

- İki katlı mevcut binalarda % 73
- Üç katlı mevcut binalarda % 76
- Dört katlı mevcut binalarda % 72
- Beş katlı mevcut binalarda % 67
- Kat adedinden bağımsız tüm binalarda % 72

C10-S220 ve taşıyıcı elemanların sargılamanın olmaması durumunda ise,

- İki katlı mevcut binalarda % 73
- Üç katlı mevcut binalarda % 93
- Dört katlı mevcut binalarda % 94
- Beş katlı mevcut binalarda % 100
- Kat adedinden bağımsız tüm binalarda % 84

olarak elde edilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, önerilen yöntemin mevcut betonarme konut türü binaların performans değerlendirmesinde yaklaşık bir yöntem olarak kullanılabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- A handbook for seismic evaluation of existing buildings (Preliminary), ATC-22, Federal Emergency Management Agency, FEMA-178, Washington (1989).
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara (1998).
- Applied Technology Council (ATC), ATC-21, 1988. Federal Emergency Management Agency (FEMA). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook. Washington (DC): FEMA 154.
- ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, Redwood City, California.
- Bal, I.E., Tezcan, S.S., Gülay, G., 2007. Betonarme binalarda göçme riskinin belirlenmesi için P25 hızlı değerlendirme yöntemi, CV-389, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İTÜ, İstanbul.
- BESAM, 2013. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellemesi, Tübitak proje numarası 111M119.
- Boduroglu, H., Gerçek, M., 1990. On the evaluation of seismic safety and strengthening of existing reinforced concrete buildings, Proceedings of the Ninth European Conference on Earthquake Engineering, Moscow, U.S.S.R., September 11-16, 227-236.
- Boduroğlu, H., Özdemir, P., 1993. 13 Mart 1992 Erzincan depreminde çöken ve ağır hasar gören askeri hastanenin deprem güvenliğinin sismik endeks yöntemiyle incelenmesi, Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 27-31 Mart, 427-436.
- Boduroğlu, H., Özdemir, P., 2007. Mevcut Yapıların Değerlendirilmesinde Bir Tarama Yöntemi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul.
- Boduroglu, M.H., Ozdemir, P., İlki, A., Binbir, E., 2007. Seismic safety screening method, LESSLOSS-Risk Mitigation for Earthquakes and Landslides, Report No.2007/04, Guidelines for Seismic Vulnerability Reduction in the Urban Environment, IUSS Press, Pavia, Italy.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2008. Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Esasları, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z. 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme - Deprem Yönetmeliği Kavramları, Beta Yayıncılık, İstanbul.

- Celep, Z., 2008. Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi, Meslek İçi Eğitim Programı, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Bülteni, İstanbul.
- DELOP, 2013. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı, Tübitak proje numarası 111M119.
- Demir, F., Tekeli, H., 2013. Binaların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yeni Bir Yaklaşım, 111M119 No' lu TÜBİTAK Projesi.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Ersoy, U., Tankut, T., 1996. Az katlı yapıların deprem tasarımına ilişkin bir öneri, Türkiye Mühendislik Haberleri, 386, 40-43.
- Ersoy, U., 2013. Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem, Teknik Dergi, 24(4), 6559-6574.
- European Committee for Standardization, 2004. Design of Structures for Earthquake Resistance-Assessment and Retrofitting of Buildings, Eurocode 8-3.
- FEMA 154, 1998. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, A Handbook, ATC-21, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- FEMA 310, 1998. Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings—A Prestandard, prepared by the American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- FEMA-356, 2000. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- Genç, M., 2007, Farklı Yapısal Özelliklere Sahip Betonarme Yapıların Çeşitli Çözüm Yöntemleriyle Performansa Dayalı Analizi, Yüksek Lisans, Dokuz Eylül Üniversitesi
- Gülkan, P., Sözen, M.A., 1999. Procedure For Determining Seismic Vulnerability Of Building Structures, ACI Structural Journal, 96(3), 336-342
- Hassan, A.F. and Sozen, M.A., 1997. Seismic Vulnerability Assessment Of Lowrise Buildings In Regions With Infrequent Earthquakes, ACI Structural Journal; 94(1):31-39.
- İlki, A., Boduroğlu, H., Özdemir, P., Baysan, F., Demir, C., Şirin, S., 2003. Mevcut ve güçlendirilmiş yapılar için sismik indeks yöntemi ve yapısal çözümleme sonuçlarının karşılaştırılması, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 26-30 Mayıs, AT119.

- İlki, A., Celep, Z., 2011. Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, Birinci Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı; ODTÜ, Ankara.
- İnel, M., Ozmen, H. B., and Bilgin, H., 2008. Re-evaluation Of Building Damages During Recent Earthquakes İn Turkey, Engineering Structures, 30, 412-427.
- Korkmaz, K., A., Düzgün, M., 2006, Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi,. İMO Teknik Dergi, 3873-3878, Yazı 255, Kısa Bildiri
- Kutanis, M., 2008. Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı 2, İnşaat Mühendisleri Odası, Sakarya Bülteni, Sakarya.
- Özdemir, P., Boduroğlu, H., 1996. Betonarme yapıların depreme karşı dayanımlarının belirlenmesi, Tübitak Deprem Sempozyumu, Ankara, 15-16 Şubat, 223-228
- Özdemir, P., Boduroglu, M.H., İlki, A., 2005. Seismic screening method, Proceedings of the International Workshop on Seismic Performance Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings (SPEAR), JRC at Ispra, Italy, 4-5 April, 281-292.
- Pay, A.C., 2001. New methodology for the seismic vulnerability assessment of existing buildings in Turkey, (Master Thesis), METU, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey.
- Riskli Bina Tespit Yönetmeliği (RBYT), 2013. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- SAP 2000, 2011. Computers and Structures, Inc., v.15.0.0, Structural Analysis Program, Berkeley, CA, USA
- SEMAp, Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı, Tübitak proje numarası 105M024.
- Tezcan, S.S., Gürsoy, M., Kaya, E., Bal, E., 2003. Depremde Can Kaybını Önleme Projesi, Kocaeli'99 Acil Durum Konferansı, İstanbul Teknik Üniversitesi, 16-17 Ocak, İstanbul.
- Uygun, G., Celep, Z., 2007. Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007) deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırılmalı İncelenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye.
- Yakut, A., 2004. Preliminary Seismic Assessment Procedure For Reinforced Concrete Buildings İn Turkey, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada.
- Yakut, A., 2004. Preliminary Seismic Performance Assessment Procedure For Existing Rc Buildings, Engineering Structures, 26, 1447-1461.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hakan DİLMAÇ
Doğum Yeri ve Yılı : Trabzon / Çaykara, 1987
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : hakandilmac@sdu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : Pelitli Ahmet Can Bali Lisesi-Trabzon, 2004
Lisans : SDÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 2010

Mesleki Deneyim

SDÜ Mühendislik Fakültesi 2012-...

Yayınları

Dilmaç, H., Demir, F., "Stress-strain modeling of high-strength concrete by the adaptive network based fuzzy inference system (ANFIS) approach," Neural Computing and Applications (NCA), 10.1007/s00521-013-1489-5, 2013

Tekeli, H., Dilmaç, H., Türkmen, M., Demir, F., 2012. Güçlendirilmiş Betonarme Binaların Deprem Güvenliği. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(2) 16-20.

Tekeli, H., Dilmaç, H., Erkan, K.T., Demir, F., Güler, K. (2012). Sargı Donatısının Binaların Deprem Performansına Etkisi, İnşaat Mühendisliğinde 100. Yıl Teknik Kongresi, YTÜ, İstanbul, Türkiye.

Tekeli, H., Dilmaç, H., Demir, F., Erkan, K.T., Şan, M. (2013). Riskli Binaların Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme, İkinci Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, MKÜ, Hatay, Türkiye.

- Demir, F., Erkan, K.T., Dilmaç, H., Tekeli, H. (2013). Mevcut Betonarme Binaların Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İle İncelenmesi Üzerine Bir Değerlendirme, İkinci Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, MKÜ, Hatay, Türkiye.
- Tekeli, H., Erkan, K.T., Dilmaç, H., Demir, F., Güler, K. (2012). Binaların Deprem Performansına Beton Dayanımının Etkisi, International Construction Congress ICONC2012-SDÜ, Isparta, Türkiye.
- Tekeli, H., Dilmaç, H., Erkan, K.T., Demir, F., Güler, K. (2013). The Effects Of Material Properties On Building Performance, International Balkans Conference On Challenges Of Civil Engineering, Albania.
- Tekeli, H., Erkan, K.T., Dilmaç, H., Demir, F. (2013). Mevcut Yapı Stokunun Deprem Performansının Belirlenmesi Üzerine Genel Bir Değerlendirme, Üçüncü Yapı Denetimi Sempozyumu, Diyarbakır, Türkiye