

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM
PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP
YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CENK EROL

DENİZLİ, MAYIS - 2014

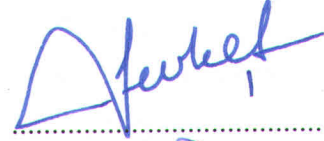
KABUL VE ONAY SAYFASI

Cenk EROL tarafından hazırlanan "MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 22.01.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

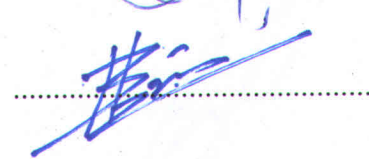
Danışman
Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL (PAÜ)



Üye
Doç. Dr. Nihat ÇETİNKAYA (PAÜ)



Üye
Yrd. Doç. Dr. Hayri Baytan ÖZMEN (USAK)



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.18/06/2014. tarih ve .26/18..... sayılı kararıyla onaylanmıştır..



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

CENK EROL



ÖZET

MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CENK EROL

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)

DENİZLİ, MAYIS - 2014

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen yıkıcı depremler, mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi konusundaki çalışmaların önemini arttırmıştır. Yapılan bu tez çalışmasının da öncelikli amacı budur. Bu amaçla tez çalışması kapsamında 20 adet mevcut çok katlı betonarme binanın seçilmiş ve binaların yapısal özellikleri projelerinden elde edilmiştir. Binaların deprem performansları doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında kullanılan binalar 1975 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik hükümlerine göre tasarlanan ve inşa edilen binalardır. Yapılan proje incelemeleri bütün binalarda BS16 sınıfı beton ve S220 sınıfı donatı çeliği kullanıldığını göstermiştir. Binaların taşıyıcı elemanlarının plastik deformasyon kapasiteleri hesaplanırken bu bilgiler kullanılmıştır. Binaların kapasite hesapları yapılırken, binaların sismik ağırlığı ve kolonlara gelen aksel kuvvetler ölü ve hareketli yükler kullanılarak hesaplanmıştır. Bütün bu bilgiler kullanılarak eleman kapasiteleri yapılan moment-eğrilik analizleri ile belirlenmiş ve elemanların kritik kesitleri kullanıcı tanımlı mafsallar ile atanmıştır. Eleman hasar sınırları ise DBYYHY-2007’de kesitte yer alan beton ve donatı üzerinden tarif edilen şekil değiştirmeler kullanılarak elde edilmiştir. Sonuçta, binaları kapasite eğrileri yapılan statik itirme analizleri ile elde edilmiştir. Ayrıca binalardaki yer değiştirme talepleri DBYYHY-2007’de verilen yöntem ile belirlenmiş ve binaların Z3 sınıfı zemin üzerinde inşa edildiği varsayılmıştır. Bina performans bölgelerini tarif eden “Hemen Kullanım”, “Can Güvenliği” ve “Göçme Öncesi” sınırlarının hesabı için deprem yönetmeliğinde verilen hesap yaklaşımından faydalanılmıştır. Daha sonra binaların yer değiştirme kapasiteleri ile binalarda oluşan yer değiştirme talepleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, 1975 yönetmeliğine göre tasarlanan binaların önemli bir kısmının, projelerine uygun olarak inşa edilmiş olsalar dahi, 2007 yönetmeliğinde tarif edilen “Can Güvenliği” performans hedefini sağlamadığını göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELELER : Betonarme yapı stoğu, doğrusal olmayan analiz, Düşük ve Orta Katlı Binalar; Yapısal Düzensizlikler

ABSTRACT

DETERMINATION OF SEISMIC PERFORMANCE OF EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS BY USING NONLINEAR ANALYSIS METHODS.

**MSC THESIS
CENK EROL**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:DOÇ. DR. ŞEVKET MURAT ŞENEL)

DENİZLİ, MAY 2014

In recent years, devastating earthquakes occurred in Turkey has increased the studies to determine seismic performance of existing R/C buildings. The primary objective of this study is to determine and evaluate the seismic performance existing buildings. For this reason, 20 multi-story existing R/C buildings are selected in the scope of this study and the structural properties of selected buildings were determined by building R/C projects. Seismic performance of buildings are determined by nonlinear analysis methods. Selected buildings are designed and constructed according to former 1975 Turkish Earthquake Code. Investigation of R/C buildings projects has shown that all selected buildings were designed by C16 concrete and S220 reinforcement steel. Plastic deformation capacities of structural members were determined by considering these materials. During the determination of building capacities, seismic weight of buildings and axial load of columns are were calculated by using dead and live loads. By combining all obtained data, member capacities are determined by performing moment-curvature analysis and user-defined plastic hinges are assigned to critical sections of members. Damage limits of members are obtained using strain limits given in Turkish Earthquake Code(TEC)-2007 in terms of concrete and longitudinal steel limits. Consequently, capacity curve of buildings were obtained by performing static pushover analyses. Therefore, seismic demand of buildings were determined by TEC-2007 methods and it is assumed that buildings are constructed on Z3 soil type. Performance limits, Immediate Occupancy, Life Safety and Collapse Prevention, of buildings were determined approaches described in TEC-2007. Then, building capacity limits and seismic demands are compared. Obtained results has indicated that majority of existing buildings not satisfies the target “Life Safety” performance level described in TEC-2007 even they are constructed according to their R/C projects.

KEYWORDS: Reinforced Concrete Building Stock; Structural Parameters, Existing Buildings; Non-Linear Analysis; Structural Irregularities, Structural Damage.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Kapsam ve Amacı	2
2. MEVCUT YAPI STOĞUMUZ İLE İLGİLİ SORUNLAR	3
2.1. Sorunun Geçmişi	3
3. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN AKADEMİK ÇALIŞMALAR	7
3.1. Dünya Üzerinde Yapılan Çalışmalar.....	7
3.2. Ülkemizde Yapılan Çalışmalar.....	8
4. MEVCUT BİNALARA AİT TAŞIYICI SİSTEM MODELLERİNİN HAZIRLANMASI.....	10
4.1. Elastik Sistem Modellerinin Hazırlanması	10
4.2. Doğrusal Olmayan Bina Modellerinin Hazırlanması	19
4.2.1. Plastik mafsal kavramı	19
4.2.2. Plastik mafsal bölgeleri	19
4.2.3. Plastik mafsal boyu	20
4.2.4. Plastik mafsal kriterleri	20
4.2.5. Eğilme mafsalı	23
4.2.6. Kesme mafsalı	24
4.2.7. Tanımlanan mafsalların atanması	25
4.2.8. Donatı çeliği modeli.....	26
5. BİNALARA AİT KAPASİTE EĞRİLERİNİN HESAPLANMASI	27
5.1. Doğrusal Ötesi Analiz Yöntemleri	27
5.2. İtme şekli.....	27
5.3. Çatlamış kesit rijitliği.....	29

5.4.	Betonarme Elemanların Kesit Hasar Sınırlarının Tarifi.....	29
5.5.	Betonarme binalar için performans hedefleri	30
5.7.	Deprem etki seviyeleri	32
5.8.	Yer Değişirme Talebinin Belirlenmesi.....	33
5.8.1.	Kapasite eğrisinin modal kapasite diyagramına dönüştürülmesi	33
5.8.2.	İvme (S_a)-Yerdeğişirme (S_d) Talep Spektrumlarının Hesabı	35
6.	ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	40
6.1.	İncelenen Binalarda Yatay Dayanım Oranların Değerlendirilmesi.....	42
6.2.	İncelenen Binalarda Yatay Ötelenme Oranlarının Durumu	43
6.2.1.	Yönetmelikte kullanılan performans seviyelerinin değerlendirilmesi	44
6.2.2.	Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranının değerlendirilmesi .	49
6.2.3.	Tek ve çok serbestlik dereceli sistemlere ait yer değiştirmelerin karşılaştırılması.....	50
6.2.4.	Birinci mod katılım oranının değerlendirilmesi	51
6.2.5.	Deplasman sünekliğinin periyod ve katsayılara göre değişimi.....	53
6.2.6.	Deplasman talebi sünekliğinin periyod ve katsayılara göre değişimi	54
6.2.7.	Deplasman sünekliği talebi ile deplasman sünekliği kapasitesinin periyod ve bina katsayılarına göre karşılaştırılması	55
6.3.	Bina Performanslarının Değerlendirilmesi.....	56
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
8.	KAYNAKLAR	61
9.	EKLER.....	65
10.	ÖZGEÇMİŞ.....	95

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1 Örnek 4 katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş.....	11
Şekil 4.2 Örnek 4 katlı binaya ait kalıp planı.....	11
Şekil 4.3 Örnek 5 katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş.....	13
Şekil 4.4 Örnek 5 katlı binaya ait kalıp planı.....	13
Şekil 4.5 Örnek 6 katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş.....	15
Şekil 4.6 Örnek 6 katlı binaya ait kalıp planı.....	16
Şekil 4.7 Kolon ve kiriş elemanlarda sargılama bölgeleri (Özmen, 2011)	20
Şekil 4.8 Moment-Plastik dönme eğrisi.....	21
Şekil 4.9 Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	23
Şekil 4.10 Kriterlerin moment eğrilik grafiği üzerinde belirtilmesi	24
Şekil 4.11 Mafsalların eleman üzerine atanması.....	26
Şekil 4.12 Donatı çeliği davranış modeli	26
Şekil 5.1 Yapıda İttirme Şekli ve Taban Kesme Kuvveti – Çatı Deplasmanı	27
Şekil 5.2 Yüklerin katlara dağılımı	28
Şekil 5.3 Eksenel yük oranına göre değişen etkin eğilme rijitliği grafiği.....	29
Şekil 5.4 4K-B7 nolu binanın X yönü birimsizleştirilmiş kapasite eğrisi	31
Şekil 5.5 4K-B7 nolu binanın Y yönü birimsizleştirilmiş kapasite eğrisi	32
Şekil 5.6 ÇSD sistemin TSD sisteme dönüştürülmesi	34
Şekil 5.7 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi	35
Şekil 5.8 Periyot - Spektral İvme Katsayısı A(T) ilişkisi	36
Şekil 5.9 $T_1 \geq T_B$ durumunda elastik olmayan spektral yer değiştirme hesabı	37
Şekil 6.1 Kapasite eğrisi.....	40
Şekil 6.2 4 katlı örnek model için X yönünde iki doğrulu kapasite eğrisi.....	41
Şekil 6.3 4 katlı örnek model için Y yönünde iki doğrulu kapasite eğrisi.....	41
Şekil 6.4 Farklı periyot değerlerine sahip 3, 4, 5 ve 6 katlı binaların yatay dayanım oranlarının dağılımı	42
Şekil 6.5 Akma anına karşılık gelen ötelenme oranlarının kat sayılarına göre dağılımı	44
Şekil 6.6 Hemen kullanım performans seviyesinin katsayılarına göre dağılımı..	45
Şekil 6.7 Hemen kullanım performans seviyesinin periyoda göre dağılımı	45
Şekil 6.8 Can güvenliği performans seviyesinin katsayılarına göre dağılımı.....	46
Şekil 6.9 Can güvenliği performans seviyesinin periyoda göre dağılımı	47
Şekil 6.10 Göçme öncesi performans seviyesinin katsayılarına göre dağılımı....	48
Şekil 6.11 Göçme öncesi performans seviyesinin periyoda göre dağılımı	48
Şekil 6.12 Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranının periyoda göre değişimi.....	49
Şekil 6.13 Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranının katsayısına göre değişimi.....	50

Şekil 6.14 Tek serbestlik dereceli sistem ile gerçek sistem arasındaki deformasyonların farkının periyot ile değişimi.....	51
Şekil 6.15 Tek serbestlik dereceli sistem ile gerçek sistem arasındaki deformasyonların farkının katsayı ile değişimi.....	51
Şekil 6.16 Birinci mod kütle katılım oranının periyod ile değişimi.....	52
Şekil 6.17 Birinci mod kütle katılım oranının katsayı ile değişimi.....	52
Şekil 6.18 Deplasman sünekliği kapasitesinin bina katsayısına göre değişimi ...	53
Şekil 6.19 Deplasman sünekliği kapasitesinin periyoda göre değişimi	53
Şekil 6.20 Deplasman sünekliği talebinin katsayısına göre değişimi	54
Şekil 6.21 Deplasman sünekliği talebinin periyod göre değişimi.....	54
Şekil 6.22 Deplasman sünekliği talebinin Deplasman sünekliğine oranın katsayı ile değişimi.....	55
Şekil 6.23 Deplasman sünekliği talebi Deplasman sünekliğine oranın periyod ile değişimi.....	56
Şekil 6.24 Analiz sonucunda elde edilen analiz yönüne göre bina performanslarının dağılımı	57
Şekil 6.25 Analiz sonucunda elde edilen analiz yönüne göre bina performanslarının dağılımı	57
Şekil 9.1 4K-B4-X nolu binanın kapasite eğrisi	65
Şekil 9.2 4K-B4-Y nolu binanın kapasite eğrisi	65
Şekil 9.3 4K-B5-X nolu binanın kapasite eğrisi	66
Şekil 9.4 4K-B5-Y nolu binanın kapasite eğrisi	66
Şekil 9.5 4K-B10-X nolu binanın kapasite eğrisi	67
Şekil 9.6 4K-B10-Y nolu binanın kapasite eğrisi	67
Şekil 9.7 5K-B12-X nolu binanın kapasite eğrisi	68
Şekil 9.8 5K-B12-Y nolu binanın kapasite eğrisi	68
Şekil 9.9 3K-B1-X nolu binanın kapasite eğrisi	69
Şekil 9.10 3K-B1-Y nolu binanın kapasite eğrisi	69
Şekil 9.11 3K-B2-X nolu binanın kapasite eğrisi	70
Şekil 9.12 3K-B2-Y nolu binanın kapasite eğrisi	70
Şekil 9.13 4K-B8-X nolu binanın kapasite eğrisi	71
Şekil 9.14 4K-B8-Y nolu binanın kapasite eğrisi	71
Şekil 9.15 4K-B9-X nolu binanın kapasite eğrisi	72
Şekil 9.16 4K-B9-Y nolu binanın kapasite eğrisi	72
Şekil 9.17 4K-B6-X nolu binanın kapasite eğrisi	73
Şekil 9.18 4K-B6-Y nolu binanın kapasite eğrisi	73
Şekil 9.19 5K-B14-X nolu binanın kapasite eğrisi	74
Şekil 9.20 5K-B14-Y nolu binanın kapasite eğrisi	74
Şekil 9.21 5K-B16-X nolu binanın kapasite eğrisi	75
Şekil 9.22 5K-B16-Y nolu binanın kapasite eğrisi	75
Şekil 9.23 6K-B17-X nolu binanın kapasite eğrisi	76
Şekil 9.24 6K-B17-Y nolu binanın kapasite eğrisi	76
Şekil 9.25 6K-B18-X nolu binanın kapasite eğrisi	77
Şekil 9.26 6K-B18-Y nolu binanın kapasite eğrisi	77

Şekil 9.27	5K-B15-X nolu binanın kapasite eğrisi	78
Şekil 9.28	5K-B15-Y nolu binanın kapasite eğrisi	78
Şekil 9.29	4K-B7-X nolu binanın kapasite eğrisi	79
Şekil 9.30	4K-B7-Y nolu binanın kapasite eğrisi	79
Şekil 9.31	5K-B13-X nolu binanın kapasite eğrisi	80
Şekil 9.32	5K-B13-Y nolu binanın kapasite eğrisi	80
Şekil 9.33	3K-B3-X nolu binanın kapasite eğrisi	81
Şekil 9.34	3K-B3-Y nolu binanın kapasite eğrisi	81
Şekil 9.35	6K-B19-X nolu binanın kapasite eğrisi	82
Şekil 9.36	6K-B19-Y nolu binanın kapasite eğrisi	82
Şekil 9.37	4K-B11-X nolu binanın kapasite eğrisi	83
Şekil 9.38	4K-B11-Y nolu binanın kapasite eğrisi	83
Şekil 9.39	6K-B20-X nolu binanın kapasite eğrisi	84
Şekil 9.40	6K-B20-Y nolu binanın kapasite eğrisi	84
Şekil 9.41	4K-B5 nolu binanın kalıp planı	85
Şekil 9.42	4K-B10 nolu binanın kalıp planı	86
Şekil 9.43	3K-B1 nolu binanın kalıp planı	87
Şekil 9.44	3K-B2 nolu binanın kalıp planı	88
Şekil 9.45	4K-B8 nolu binanın kalıp planı	89
Şekil 9.46	4K-B9 nolu binanın kalıp planı	90
Şekil 9.47	4K-B6 nolu binanın kalıp planı	91
Şekil 9.48	4K-B4 nolu binanın kalıp planı	92
Şekil 9.49	6K-B19 nolu binanın kalıp planı	92
Şekil 9.50	5K-B12 nolu binanın kalıp planı	93

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1 Örnek 4 katlı binaya ait kolon boyutları ve donatı tablosu.....	12
Tablo 4.2 Örnek 5 katlı binaya ait kolon boyutları ve donatı tablosu.....	14
Tablo 4.3 Örnek 6 katlı binaya ait kolon boyutları ve donatı tablosu.....	17
Tablo 4.4 Elastik binaların özellikleri.....	18
Tablo 4.5 Kesit hasar sınırlarına göre şekil değiştirme üst sınırları (kapasiteleri)	23
Tablo 5.1 Deprem etki seviyeleri.....	33
Tablo 5.2 Doğrusal olmayan analizden elde edilen bina bilgileri.....	37
Tablo 5.3 Doğrusal Olmayan Analizden Elde Edilen Bina Bilgileri.....	38
Tablo 6.1 Örnek 4 katlı modelde akma dayanımı kapasitesi, akma anındaki deplasman kapasitesi, maksimum deplasman kapasitesi değeri	42
Tablo 6.2 Analizler sonucunda bina performans düzeyleri	56
Tablo 9.1 Modellerin hasar seviyelerine göre süneklilik değerleri.....	94

SEMBOL LİSTESİ

A_o	: Etkin yer ivme katsayısı
A_c	: Kolonun brüt kesit alanı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
a_1	: Birinci moda ait kütle katılım oranı
a_I	: Birinci moda ait modal ivme
a_{y1}	: Birinci moda ait akma noktası
b	: En kesit mesafesi
C_{R1}	: Spektral yer değiştirme oranı
CG	: Can güvenliği
D_{max}	: Maksimum deplasman
D_y	: Akma anındaki deplasman
E_c	: Betonun elastisite modülü
$(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
TSD	: Eşdeğer tek dereceli sistem
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{yd}	: Hasır donatı çeliğinin tasarım akma dayanımı
G	: Ölü yük
GÖ	: Göçmenin önlenmesi
h	: Kesit derinliği
HK	: Hemen kullanım seviyesi
$H_{kiriş}$: Kiriş derinliği
H_{kolon}	: Kolonun üzerine mafsal atanan kirişe dik boyutu
I	: Yapı önem katsayısı
I	: Atalet momenti
K	: Yapı tipi katsayısı
L_p	: Plastik mafsal boyu
m	: Kütle
M_{cr}	: Çatlama momenti
ÇSD	: Çok dereceli sistem
M_n	: Nominal moment kapasitesi
M_u	: Nihai moment
M_y	: Akma momenti
N_D	: Kolonda oluşan aksenal kuvvet
PF_I	: Birinci moda ait katkı çarpanı
Q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_{y1}	: Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
S(T)	: Spektrum katsayısı
S_{ae}	: Elastik spektral İvme
S_{de}	: Elastik spektral yer değiştirme

S_{di}	: Elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme talebi
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
V_T, V_x	: Taban kesme kuvveti
V_{x1}	: Birinci moda (hâkim moda) ait taban kesme kuvveti
W	: Bina sismik ağırlığı
w_i	: i. kattaki kat ağırlığı
ϵ	: Birim Şekil değiştirme
ϵ_c	: Beton basınc birim Şekil değiştirmesi
ϵ_{cc}	: Sargılanmış beton basınc dayanımına karşı gelen birim kısalma
ϵ_{cu}	: En ũst çekirdek beton lifi için izin verilen maksimum Şekil değiştirme
ϵ_{su}	: Donatı kopma uzaması
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış goreli kat otelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış goreli kat otelemesi
δ_{maks}	: Tepe noktası yer değiştirmesi
ϕ	: Eğrilik, donatı çapı
ϕ_{11}, u_i	: Hareketli yuk
ϕ_s	: Kesitte bulunan çekme donatısının ilk aktığı andaki eğrilik değeri
ϕ_u	: Nihai eğriliği
ϕ_y	: Akma eğriliği
θ_p	: Plastik mafsal bölgesinde dönme değerini
σ	: Beton gerilmesi
ρ_s	: Kesitte mevcut bulunan hacimsel yanal donatı oranı
ρ_{sm}	: Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
Φ	: Eğrilik
θ	: Dönme

ÖNSÖZ

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışmayı bana önererek, Yüksek Lisans öğrenimim boyunca, değerli katkılarını ve emeğini esirgemeyen, çalışma süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danışmanım Doç. Dr. Şevket Murat ŞENEL'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma boyunca yardım ve destekleri için değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Ali KALKAN'a ve Arş. Gör. Mehmet PALANCI'ya teşekkür ederim.

Bugünlere ulaşmamı sağlayan, hayatım boyunca her türlü fedakarlığı gösteren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her an ve her koşulda yanımda olan, bana inanan ve güvenlerini her zaman hissettiğim saygıdeğer babam Ecz. Haluk EROL'a ve sevgili aileme, hoşgörü, anlayış ve bana verdikleri tüm değerler için sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

1950 den sonra köyden kente göçün hızlanması konut talebine olan ihtiyacı artırmıştır. Bu dönemde şehirlerin nüfusunun hızla artması kent merkezlerinde hızlı bir şekilde yapılaşmanın oluşmasına sebep olmuştur. Bu artan talebi karşılayabilmek için çok sayıda bina kısa bir dönem içerisinde hızla inşa edilmiştir. Yaşanan depremler sonrasında bu yapılarda meydana gelen büyük hasar, mevcut binaların performanslarıyla ilgili problemlerin gün yüzüne çıkmasına sebep olmuştur. Ortaya çıkan bu durum binaların yapımı sırasında uyulması gereken kuralların hesap esaslarının belirlenmesine olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. 1975 yönetmeliği bu anlamda örnek olmuştur. Deprem ile ilgili hükümlerin ilk defa ayrıntılı tarif edildiği yönetmelik 1975 yönetmeliğidir.

1970 li yıllardan 2000 li yıllara kadar inşaat mühendisliği alanında önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Hesap esasları ile ilgili dünyada yapılan çalışmalar sebebiyle yönetmelikler hızla elden geçirilmesine rağmen ülkemizde bu türden bir düzenlemenin gerçekleşmesi için 25 yıla yakın bir süre beklemek gerekmiştir. 1998 yönetmeliğinin 1975 yönetmeliğine göre en büyük artışı kapasite tasarım ilkesinin gerçek hayata geçirilmiş olmasıdır.

Bu büyük depremler süresinde yaşanan kayıplar mevcut binalarımızın “Yeterli mi, değil mi?” sorularını gündeme getirmiştir (1952 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan, 1999 Marmara-Kocaeli, 1999 Düzce). Şehirler büyüdükçe depremin meydana getirebileceği sorunlarda büyümeye başlamıştır. Bu sebepten dolayı mevcut binaların hesabı, tasarımı, değerlendirilmesi ayrı bir konu, ayrı bir başlık haline gelmiştir. İstanbul için özellikle 1999’dan sonra herkes büyük depremin kaçınılmaz olduğunu ve bu konuda bir şeyler yapılması gerektiğini söylemeye başlamıştır ve kentsel dönüşüm yasası çıkmıştır. Bu sebeplerden dolayı mevcut bina stoku nasıl değerlendirilmeli sorusu önem kazanmıştır. Bununla ilgili olarak ta 2007’de ilk yönetmelik yayınlanmıştır. Dünya da bununla ilgili farklı yönetmelikler bulunmaktadır. Bu yönetmeliklere örnek olarak Fema, Eurocode 8.3’den bahsedilebilir. Mevcut binaları değerlendirme yöntemi sadece bizim sorunumuz değil, deprem riski altındaki tüm

Ülkelerin sorunudur. Avrupa lkeleri de farklı bir açıdan mevcut binaları değerlendirme sorunu ile uğraşmaktadır. Avrupa lkeleri bu sorunu çevresel etkiler çerçevesinde ele almaktadır. Onların üzerinde çalıştığı sorun; 200-300 yıllık binaların olması, bazı bölgelerde hala bu binaların içinde oturulmasıdır. Bu mevcut binaların sorunu “durabilite” yani yapı ömrünün bitmesidir. Bizdeki sorun ise depremdir. Dolayısıyla çeşitli sebepler ve sorunlardan dolayı herkes mevcut binalar üzerinde çalışmaya başlamıştır.

1.1. Tezin Kapsam ve Amacı

Mevcut bina stoğumuzu temsil eden, geçmiş depremlerde risk oluşturduğunu gördüğümüz önemli ölçüde hasar görmesini beklediğimiz yapıları modellemektir. Bu binaların deprem performansı hakkında bilgi edinmek, zayıf yönlerini belirlemek, mevcut binaların performansına etki eden kolon, kiriş hasarlarını tespit etmektir. Bu alışmaları yaparken de DBYYHY-2007 yönetmeliğin öngördüğü hesap yönteminin de bir değerlendirmesini yapmaktır. Yöntemimiz, doğrusal olmayan analiz yöntemidir. Amacımız mevcut bina stoğunu temsil eden yeterince binanın deprem performansını doğrusal olmayan analiz yöntemi ile değerlendirmektir.

2. MEVCUT YAPI STOĞUMUZ İLE İLGİLİ SORUNLAR

2.1. Sorunun Geçmişi

Türkiye’de ve dünyada hemen hemen her yıl, orta ve ağır hasarlar oluşturan depremler yaşanmaktadır. Bu doğal afetler, birçok can ve mal kayıplarına yol açmaktadır.

Ülkemizde depreme dayanıklı yapı kavramının ortaya çıkması, büyük bir doğal felaket olan 1939 yılındaki Erzincan depreminden sonra başlamıştır. Bu depremden sonra, bazı önlemlerin alınması gerekliliği ortaya çıkmış, böylece ilk deprem yönetmeliği hazırlanmıştır. Bu yönetmelik 1947 yılında yürürlüğe girmiştir. 1947 yönetmeliği sonrasında sırasıyla 1953, 1961, 1968, 1975, 1998 ve son olarak 2007 yönetmelikleri yapılmıştır. Bu yönetmelikler sonrasında da meydana gelen depremlerde can ve mal kayıplarının önüne geçilememiştir. Bu sebeple eski yönetmeliklerin eksiklikleri, uygulama esnasındaki yanlışlıklar, gerekli teknik bilgi birikimi ve donanıma sahip elemanların yetersizlikleri gibi sorunlar ortaya çıkmıştır.

1970’li yıllarda, Türkiye’de, inşaat sektörü hızla büyümüştür. Büyük kentlerde, çok sayıda bina inşa edilmiş, büyük projeler artmıştır. Bu dönemde; sanayi yatırımları, barajlar, enerji santralleri, devlet yolları, otoyollar, köprüler ve çevre yolları gibi büyük projelerin yapımı da hızlanmıştır. O yıllarda teknik elemanların çoğunluğu büyük projelerde çalışması sebebiyle, konut yapımında teknik eleman eksikliği oluşmuştur. Konut inşaatları müteahhit ve ustalar tarafından yapılmıştır.

O yıllarda bina yapım koşullarının kötü olması inşaatlara yansımıştır. Bazı inşaatlarda agrega olarak denizden çıkarılmış, yıkama, eleme işlemleri uygulanmamış, deniz kumu kullanılmıştır. El ile beton dökümü yapılmıştır. Beton dökümü sırasında vibrasyon işlemi uygulanmamıştır.

1970'li yıllarda binaların hesapları çerçeve bazında yapılmıştır. Binanın riskli kısmı kısa doğrultu olarak görülmüştür. Kısa doğrultuda sadece birkaç çerçevede hesap yapılmıştır. Uzun doğrultularda hesap yapılmamıştır. Çünkü uzun doğrultuda binanın dayanımının yeterli olacağı düşünülmüştür. Betonarme hesapları, birtakım standart tabloların kullanılması ve emniyet gerilmeleri yöntemine göre kesit hesabına dayanarak yapılmıştır. Betonarmenin gerçek davranışları ve depreme karşı betonarme davranışları dikkate alınmamıştır.

1975 yönetmeliğinde; kolon, kiriş ve perdelerde minimum boyut ve donatı koşulları, sargı donatısının minimum değerlerinin verilmesi, kolon-kiriş bölgesinde kayma tahkiki yapılması gibi hususlar farkedilmektedir. Deprem katsayısı kavramında yer alan dinamik katsayı, zemin hakim periyodu katsayısına dahil edilmiştir. 1975 yönetmeliğinde, 1972 tarihli deprem bölgeleri haritası kullanılmıştır. Bu harita 1996 yılında değişmiştir. Eski haritanın kullanılması da önemli bir detaydır. Çünkü 2.derece deprem bölgesi gözüken yerler, 1996 yılında 1.derece deprem bölgesi olmuştur.

1975 yönetmeliğinde “süneklik” kavramından bahsedilmiştir ama bunlar tam olarak anlaşılmamıştır. Sünek çerçeveler ile gevrek çerçeveler arasındaki K katsayısı fazla olmasına rağmen, yönetmelikteki tanımlar tam belirgin olmadığı için, sünek çerçevelerde genellikle K katsayıları kullanılmıştır. 1975 yönetmeliğinde “kolon sarılma bölgeleri” ifadesi belirtilmiştir. Fakat 1998 yönetmeliğindeki gibi “kolon sarılma bölgeleri” ifadesinin ayrıntılı detayları 1975 yönetmeliğinde yoktur. O yüzden 1975 yönetmeliğine göre yapılan binaların çoğunda kolon-kiriş bölgesi sıklaştırılması ve 135 derece kanca uygulamalarının büyük bir çoğunluğu yapılmamıştır.

1992 Erzincan depreminden sonra, 1975 yönetmeliğinin yetersiz kaldığı düşünülmüştür. 1993 yılında Deprem Mühendisliği Türk Milli Komitesi (DMTMK) tarafından bir komisyon oluşturulmuştur. Bu komisyon 3 yıllık çalışmanın sonucunda 1996'da geçici bir yönetmelik çıkarmıştır. Bu geçici yönetmelik 1997 yılında yeniden yapılandırılarak, 1998 yılında uygulamaya konulmuştur. 1975 yönetmeliğinin eksikleri giderilmiştir. Ülkemizde yaygın olarak kullandığımız betonarme taşıyıcı sistemler için yönetmeliğin 7. bölümünde bina tasarım kuralları, şekiller yardımı ile ayrıntılı bir biçimde verilmiştir. 1998

yönetmeliğinde; elastik tasarım spektrumunu, her deprem bölgesi için ayrı ayrı etkin yer ivmeleri yardımıyla belirlenmiştir. Buna göre hesaplanan doğrusal elastik eşdeğer deprem yükleri, doğal titreşim periyoduna göre belirlenen deprem yükü azaltma katsayısına bölünerek, azaltılmış deprem yükleri elde edilmiştir.

Dayanımına göre tasarımda, her bir yapı için “süneklilik kapasitesi” belirlenir. Süneklilikte; doğrusal elastik dayanım, doğrusal olmayan dayanım arasındaki ilişkiler yardımıyla, doğrusal elastik olarak tanımlanan eşdeğer deprem yükleri azaltılır. Geleneksel dayanımına göre tasarım; Thomas Paulay’ın “kapasite tasarım ilkesi” sayesinde, depreme dayanıklı binalar yapılması sağlanmıştır. (Paulay and Priestley, 1992)

Performansa göre tasarım yaklaşımında ise; deprem yer hareketleri altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan hasarlar, sayısal olarak belirlenmektedir. Bu hasarların, her bir elemanda kabul edilebilir hasar limitleri altında olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eleman düzeyinde hesaplanan deprem hasarı, şiddetli depremlerde doğrusal elastik davranış sınırlar, ötesinde de doğrusal olmayan deformasyonlara karşı gelmektedir. Bu yüzden doğrusal olmayan analiz yöntemleri ve “Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım” kavramı, performansa göre tasarım yaklaşımı ile ilişkilendirilmektedir.

Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım; elastik ötesi itme analizi, verilen bir deprem etkisi altında çok zor ve karmaşık olmayan yöntemlerle pratikte mühendisin doğrusal olmayan taşıyıcı sistem analizini yapmasını ve bu hesap sonucunda plastik şekil değiştirme büyüklüklerini (örneğin plastik mafsal dönmelerini) elde etmesini sağlamaktadır. İtme analizi, belirli bir depremin etkisi altında tüm “deprem istemi” değerlerini, kuvvetlerini, yer değiştirmelerini, plastik şekil değiştirmelerini (plastik mafsal dönmelerini) hesaplayabilecek şekildedir.

6 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe giren 2007 deprem yönetmeliğinde, yeni yapılacak binaların betonarme tasarımı ve analizi ile ilgili bölümlerin, 1998 yönetmeliğine göre çok değiştirilmediği görülmüştür. Ancak 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğinin 1998 Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğine göre en önemli farkı mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi ve

gereklilik durumunda güçlendirilmesi ile ilgili, yönetmeliğe yeni bir bölüm eklenmiştir. 2007 deprem yönetmeliğinde çelik yapılar ile ilgili de yeni bir bölüm ilave edilmiştir.

3. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Türkiye’de betonarme yapı stoğunun durumunu ele alan pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların önemli bir bölümünü şiddetli depremlerden sonra gerçekleştirilen incelemeler ve değerlendirmeler oluşturmaktadır. Bu araştırmalarda; Türkiye’nin yapı stoğunun dayanım özellikleri, malzeme kalitesi, katsayısı, yapısal düzensizlikleri, yapıldığı tarihin yönetmelik şartları ile hasar arasındaki ilişki araştırılmıştır.

3.1. Dünya Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Geçen 30 yıl boyunca, araştırmacılar ve mühendisler kuvvetli yerhareketleri altında binaların elastik ve elastik ötesi davranışlarını ele alan çok sayıda çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalar sırasında deneysel ve kuramsal pek çok yöntem kullanılmıştır. Elde edilen bilgi birikimi yönetmelik ve şartnamelerin yeniden düzenlenmesine ve güncellenmesine vesile olmuştur.

Deneysel çalışmaların artması ve bilgisayarlar sayesinde hesaplama yöntemlerinde sağlanan iyileştirmeler doğrusal olmayan analiz metodlarının geliştirilmesine imkan vermiştir. Geçen zaman içinde meydana gelen yıkıcı depremlerden sonra yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar da bu sürece katkı sağlamıştır (Freeman,1998).

Hassan ve Sözen (1997) Erzincan depreminde meydana gelen hasarları değerlendirerek temel amacı depremde daha fazla hasar görme riski olan birdöküm betonarme binaların tespit edilmesi olan, bir yöntem önermişlerdir. Yöntemdeki temel amaç binada bulunan efektif perde oranı (perdelerin kesit alanlarının kat alanına oranı) ve efektif kolon oranı (kolonların kesit alanları toplamının kat alanına oranı) ile gözlenen hasar arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Yazarlar önerdikleri bu indisi kullanarak mevcut binaların deprem performanslarının tahmin edilebileceğini bildirmiştir.

3.2. Ülkemizde Yapılan Çalışmalar

Orta yükseklikteki betonarme yapılar için hasar görebilirlik durumlarını Kırçıl ve Polat, 1975 Afet Yönetmeliği'ne göre ortaya koymuşlardır. Bunun için üç, beş ve yedi katlı üç adet bina seçilmiş, söz konusu binalar 1975 Afet Yönetmeliğine göre tasarlanmış ve iki asal ekseninde binaları temsil eden on iki adet kapasite eğrisi hesaplanmıştır. Bunlar ortaya koyulurken yapılarda S420 ve S220 olmak üzere iki farklı donatı durumu dikkate alınmıştır. On iki adet kapasite eğrisi kullanılarak akma ve göçme durumları ile spektral yer değiştirme, spektral ivme ve maksimum yer ivmesi arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Geçmiş depremlerde meydana gelen hasar üzerinde yapısal düzensizliklerin ve malzeme kalitesinin etkilerini ele alan İnel vd. 2007 yılında bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada 1975 Afet Yönetmeliği'ne göre tasarlanan dört ve yedi katlı iki adet yapı incelenmiştir. Bu yapıların farklı yanal donatı ve malzeme özelliklerini yansıtan, bina modelleri hazırlanmış ve binaların doğrusal olmayan analiz yöntemi ile kapasite eğrileri hesaplanmıştır.

Betonarme binaların deprem riskinin belirlenmesi için bir diğer yöntem ise Gülkan ve diğ., 1997 tarafından önerilmiştir. Perdeli-çerçeve veya dolgu duvarlı sistemlerin ele alındığı bu yöntemde iki temel husus üzerinde durulmaktadır. Bunlardan ilkinde olası yer hareketlerinden yola çıkarak sistemin karşılaşacağı görelî ötelenmelerin tahmin edilmesi, ikincisinde ise taşıyıcı sistemin bu talebi karşılayabilmesi için gerekli perde, kolon veya dolgu duvar alanlarının belirlenmesi üzerinde durulmaktadır. Bu amaç doğrultusunda binaların elastik ötesi yer değiştirmelerini periyodun fonksiyonu olarak veren bir dizi formülasyon önerilmiştir. (Gülkan ve diğ., 1997)

Akkar vd., yaptıkları çalışmalarda; az ve orta katlı çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme binalar için hasar görebilirlik bağıntılarını ortaya koymuşlardır. Bunun için, otuz iki tane iki ve beş kat arası olan yapıların doğrusal olmayan statik analizleri ve kapasite eğrileri elde edilmiştir. Ayrıca bu yapıların dayanım-deformasyon özellikleri ile ilgili değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Yapının bütünü ve katları için akma dayanımının, akma ve nihai görelî ötelenmelerinin ortalama değerleri verilmiştir. Çalışmada beş katlıdan yüksek

yapılara yer verilmemiştir. Yapıların yapıldığı yıla ait yönetmeliğin etkileri, malzeme durumu gibi konular ayrıca ele alınmamış; dikkate alınan değişken kat sayısı olmuştur.(Akkar vd. ,2005)

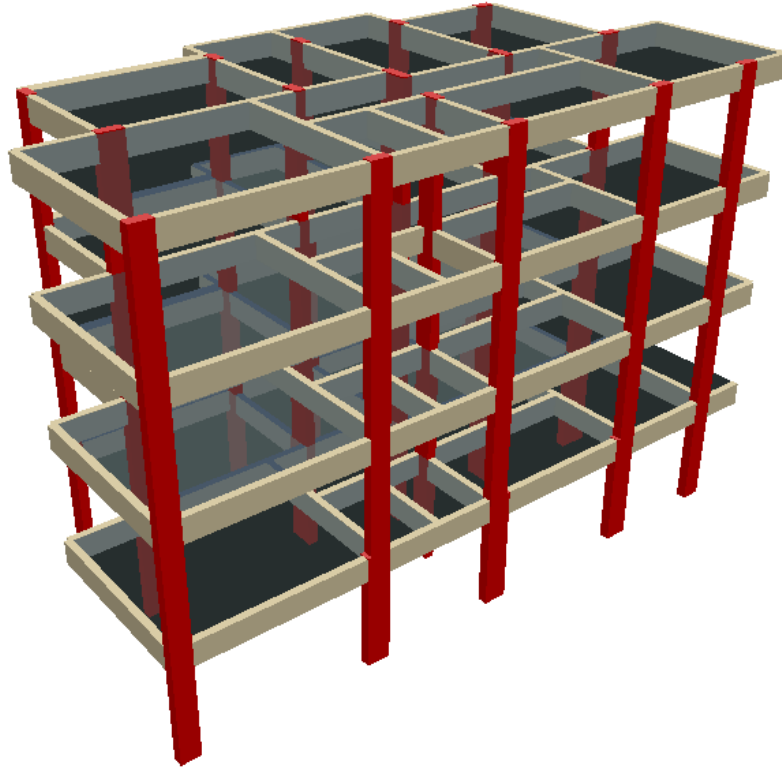
Pay 2001 yılında yeni bir yöntem önermiştir. Bu yöntem; binaların hasar görme olasılığının kolay ve hızlı olarak değerlendirilebilmesi ve binaların deprem performansının belirlenebilmesini hedeflemektedir. Yumuşak kat, kapalı çıkma, aksların sürekliliği, rijitlik ve kat sayısı kriterlerinin binanın hasar alma riski üzerindeki etkilerine bakılmış, bu parametreler yardımıyla doğrusal bir denklem oluşturulmuş ve binanın performans indisi bulunmuştur. Düzce, Kaynaşlı ve Bolu'da yapılan çalışmalarda elde edilen bina ve hasar verilerinden yardım alınmıştır. Bu yöntem altı kattan ve daha az yükseklikteki betonarme binalarda daha iyi sonuç vermektedir. (Pay,2001)

Gülkan ve Sözen (1999) depremde hasar görme olasılığı ile kolon ve dolgu duvarlarının kat alanına oranlarını ve bunların arasındaki ilişkiyi teorik olarak açıklayan bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada çerçeve davranışını temsil eden kayma kirişi modeli kullanılmıştır. Ayrıca çerçevelerin rijitliklerinin hesabında dolgu duvarlar da dikkate alınmıştır. Sismik hasar riski göstergesi olarak zemin kattaki görelî ötelenme oranı göz önüne alınmış ve kat yüksekliği, bina kütlesi, kat sayısı, narinlik, malzeme özellikleri, kat içindeki perde ve kolon alanları parametrelerine bağılı olarak kat ötelenmeleri hesaplanmıştır.

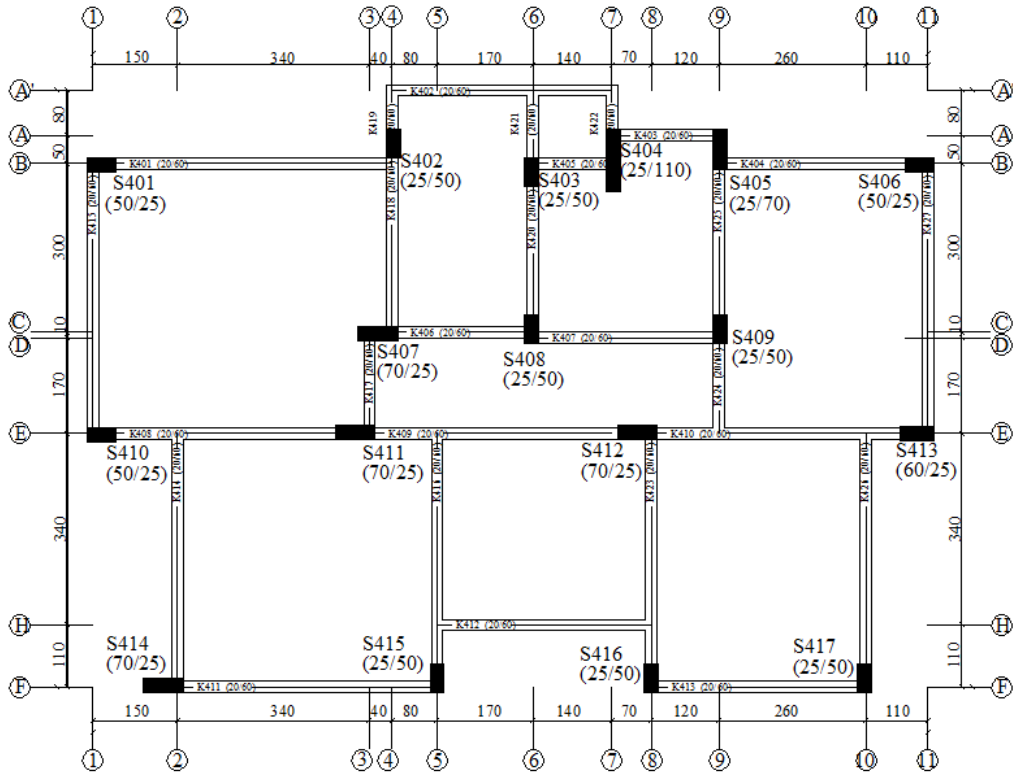
4. MEVCUT BİNALARA AİT TAŞIYICI SİSTEM MODELLERİNİN HAZIRLANMASI

4.1. Elastik Sistem Modellerinin Hazırlanması

Çalışma kapsamında incelenen 20 adet bina, mevcut bina stoğumuzu temsil eden ve 1975 Deprem Yönetmeliği esasları dikkate alınarak inşa edilmiş binalardır (AY-1975), ve seçilen binalar 3, 4, 5 ve 6 katlıdır. Sap2000 programı ile hazırlanan bina modellerinin oluşturulması için kalıp planları, kesit özellikleri, malzeme özellikleri ve elemana etki edecek yükler belirlenmiştir. Bu bilgiler binalara ait proje verilerinden elde edilmiştir. Bu proje verileri esas alınarak yapının taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, perde ve kirişler modellenmiştir. Modellerimizin beton sınıfı BS16, donatı sınıfı S220'dir. Seçilen örnek binalara ait 3 boyutlu görünüşler Şekil 4.1'de, Şekil 4.3'te, Şekil 4.5'te, kalıp planları Şekil 4.2'de, Şekil 4.4'de Şekil 4.6'da ve kolon boyutları ve donatı bilgileri ise Tablo 4.1'de, Tablo 4.2' de Tablo 4.3'te verilmektedir.



Şekil 4.1 Örnek 4 katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş

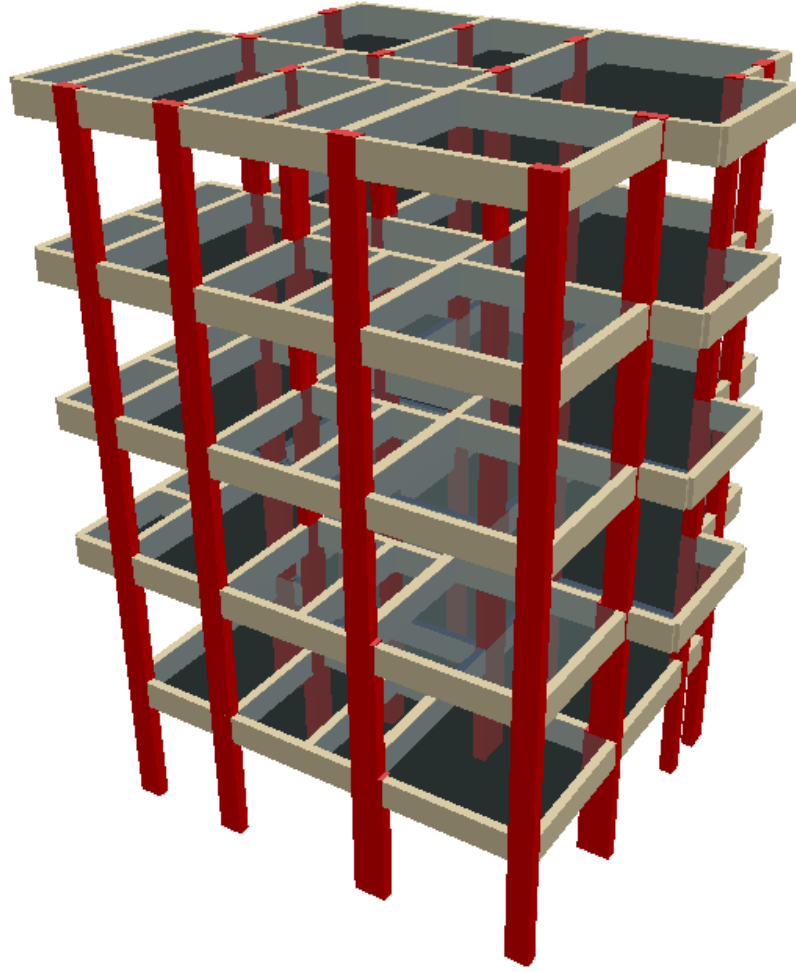


Şekil 4.2 Örnek 4 katlı binaya ait kalf planı

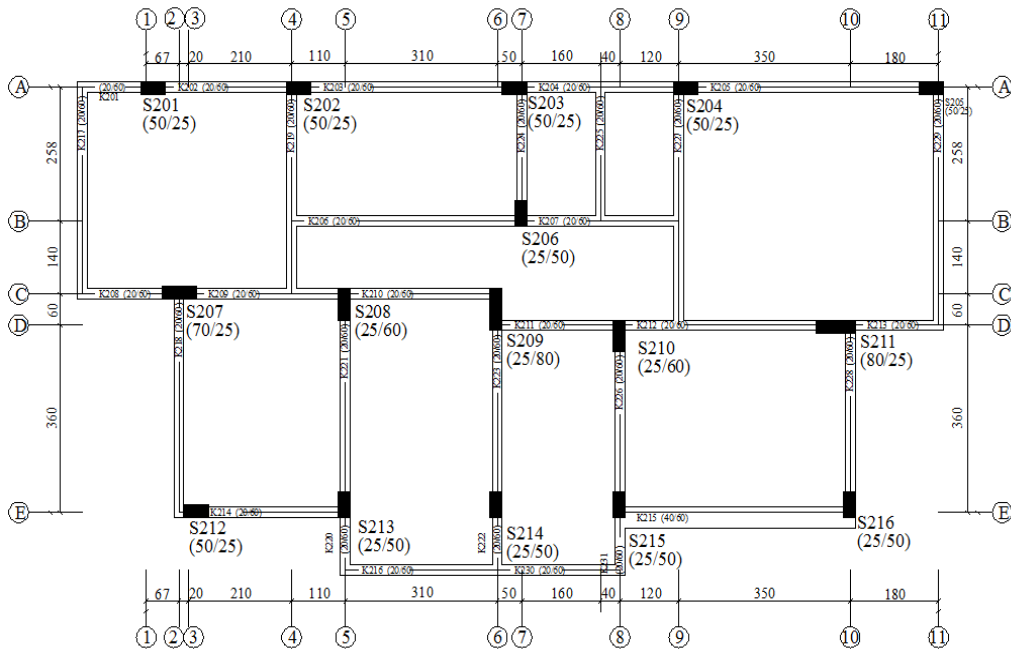
Mevcut proje verileri esas alınarak belirlenen 4 katlı örnek yapının taşıyıcı sistemi kolon, perde ve kirişlerin kesit özellikleri ve taşıyıcı sistem elemanında bulunan donatı bilgileri aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1 Örnek 4 katlı binaya ait kolon boyutları ve donatı tablosu

Kolon No	BODRUM KAT		ZEMİN KAT		1.NORMAL		2.NORMAL	
	Boyutlar	Donatı	Boyutlar	Donatı	Boyutlar	Donatı	Boyutlar	Donatı
S101	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S102	60/25	10φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S103	60/25	10φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S104	60/25	10φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S105	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S106	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S107	80/25	10φ16	70/25	8φ16 2φ14	60/25	10φ14	50/25	8φ14
S108	25/70	8φ16 2φ14	25/60	10φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S109	25/80	10φ16	25/80	10φ16	25/80	10φ16	25/80	10φ16
S110	25/70	8φ16 2φ14	25/60	10φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S111	90/25	10φ16 2φ14	80/25	10φ16	70/25	8φ16 2φ14	60/25	10φ14
S112	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S113	25/60	10φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S114	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S115	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S116	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14



Şekil 4.3 Örnek 5 katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş

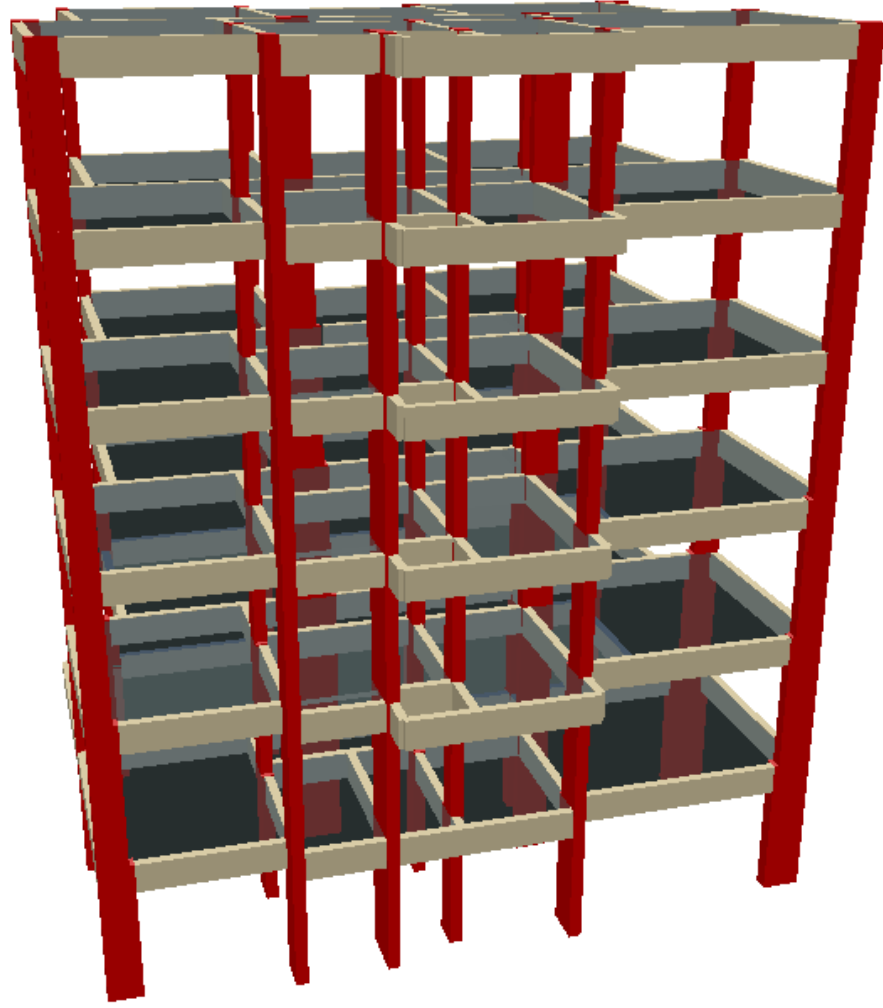


Şekil 4.4 Örnek 5 katlı binaya ait kalıp planı

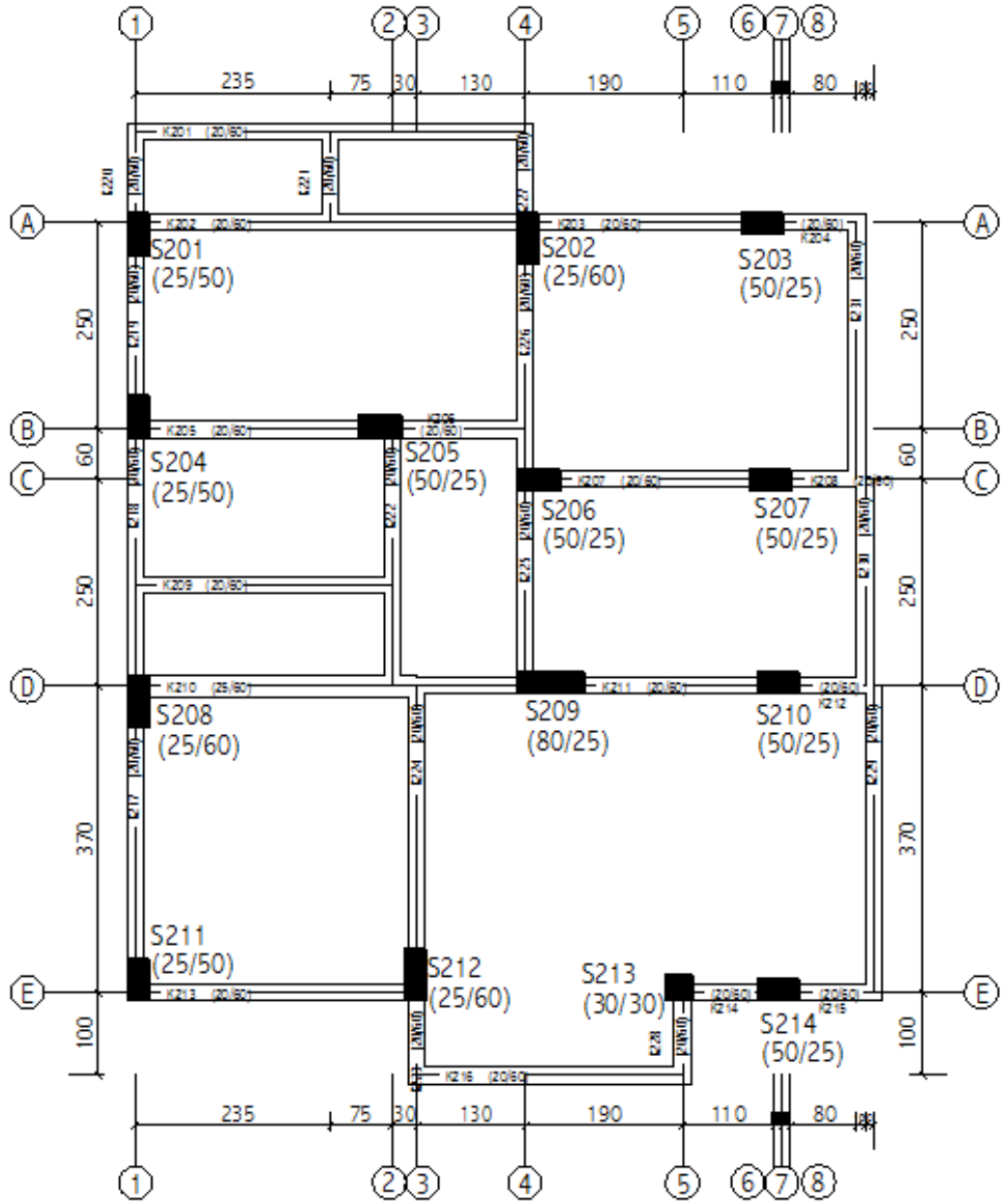
Mevcut proje verileri esas alınarak 5 katlı örnek yapının taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesit özellikleri ve donatı çapları aşağıda tabloda verilmiştir

Tablo 4.2 Örnek 5 katlı binaya ait kolon boyutları ve donatı tablosu

Kolon No	BODRUM KAT		ZEMİN KAT		1.NORMAL		2.NORMAL		3.NORMAL	
	Boyutlar	Donatı	Boyutlar	Donatı	Boyutlar	Donatı	Boyutlar	Donatı	Boyutlar	Donatı
S101	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16
S102	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16
S103	70/30	12φ16	70/30	12φ16	70/30	12φ16	70/30	12φ16	70/30	12φ16
S104	60/30	10φ16	60/30	10φ16	60/30	10φ16	60/30	10φ16	60/30	10φ16
S105	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16
S106	80/30	16φ16	80/30	16φ16	80/30	16φ16	80/30	16φ16	80/30	16φ16
S107	30/80	16φ16	30/80	16φ16	30/80	16φ16	30/80	16φ16	30/80	16φ16
S108	70/30	12φ16	70/30	12φ16	70/30	12φ16	70/30	12φ16	70/30	12φ16
S109	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16
S110	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16
S111	30/80	16φ16	30/80	16φ16	30/80	16φ16	30/80	16φ16	30/80	16φ16
S112	80/30	16φ16	80/30	16φ16	80/30	16φ16	80/30	16φ16	80/30	16φ16
S113	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16
S114	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16
S115	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16	30/70	12φ16
S116	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16	30/60	10φ16



Şekil 4.5 Örnek 6 katlı binaya ait 3 boyutlu görünüş



Şekil 4.6 Örnek 6 katlı binaya ait kalıp planı

Tablo 4.3 Örnek 6 katlı binaya ait kolon boyutları ve donatı tablosu

Kolon No	BODRUM		ZEMİN		1.NORMAL		2.NORMAL		3.NORMAL		4.NORMAL	
	Boyut	Donatı	Boyut	Donatı	Boyut	Donatı	Boyut	Donatı	Boyut	Donatı	Boyut	Donatı
S101	80/30	12φ16	70/25	6φ16 4φ14	60/25	6φ16 2φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S102	25/80	10φ16	25/70	6φ16 4φ14	25/60	6φ16 2φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S103	25/60	6φ16 2φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S104	25/110	8φ16 8φ14	25/110	8φ16 8φ14	25/110	8φ16 8φ14	25/110	8φ16 8φ14	25/110	8φ16 8φ14	25/110	8φ16 8φ14
S105	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14
S106	70/25	6φ16 4φ14	60/25	6φ16 2φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S107	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14
S108	25/60	6φ10 2φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S109	25/70	6φ16 4φ14	25/60	6φ16 2φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S110	100/25	8φ16 6φ14	70/25	6φ16 4φ14	60/25	6φ16 2φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S111	90/35	16φ16	90/30	8φ16 8φ14	80/25	10φ16	70/25	6φ16 4φ14	60/25	6φ16 2φ14	50/25	8φ14
S112	90/35	16φ16	90/30	8φ16 8φ14	80/30	12φ16	70/25	6φ16 4φ14	60/25	6φ16 2φ14	50/25	8φ14
S113	80/30	12φ16	80/25	10φ16	70/25	6φ16 4φ14	60/25	6φ16 2φ14	50/25	8φ14	50/25	8φ14
S114	70/25	6φ10 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14	70/25	6φ16 4φ14
S115	30/70	8φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S116	30/70	8φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14
S117	25/80	10φ16	25/70	6φ16 4φ14	25/70	6φ16 4φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14	25/50	8φ14

Tablo 4.4 Elastik binaların özellikleri

Bina No	Kat Sayısı	Bina Ağırlığı (ton)	Bina Yüksekliği (m)	Analiz Yönü	Periyot (sn)	Katılım Oranları
3K-B1	3	293.91	8.3	X	0.37	0.86
				Y	0.29	0.84
3K-B2	3	347.44	8.3	X	0.29	0.68
				Y	0.31	0.82
3K-B3	3	322.37	8.3	X	0.29	0.81
				Y	0.24	0.87
4K-B4	4	607.07	10.8	X	0.35	0.81
				Y	0.39	0.82
4K-B5	4	554.98	11.2	X	0.45	0.79
				Y	0.44	0.78
4K-B6	4	550.02	11.2	X	0.42	0.79
				Y	0.41	0.81
4K-B7	4	513.24	10.8	X	0.41	0.77
				Y	0.39	0.79
4K-B8	4	780.70	11.1	X	0.47	0.39
				Y	0.43	0.76
4K-B9	4	556.04	10.8	X	0.34	0.79
				Y	0.40	0.73
4K-B10	4	587.59	10.8	X	0.37	0.77
				Y	0.39	0.83
4K-B11	4	605.14	11.2	X	0.53	0.85
				Y	0.46	0.84
5K-B12	5	721.30	14.0	X	0.42	0.83
				Y	0.38	0.82
5K-B13	5	654.78	14.0	X	0.56	0.82
				Y	0.47	0.84
5K-B14	5	512.60	14.0	X	0.41	0.81
				Y	0.47	0.79
5K-B15	5	493.03	14.7	X	0.44	0.79
				Y	0.41	0.80
5K-B16	5	1375.44	14.4	X	0.49	0.83
				Y	0.40	0.81
6K-B17	6	900.84	17.8	X	0.59	0.81
				Y	0.65	0.83
6K-B18	6	980.85	16.8	X	0.59	0.78
				Y	0.52	0.79
6K-B19	6	1000.95	17.7	X	0.56	0.80
				Y	0.67	0.82
6K-B20	6	1338.06	17.9	X	0.57	0.81
				Y	0.55	0.81

4.2. Doğrusal Olmayan Bina Modellerinin Hazırlanması

Doğrusal olmayan analiz yönteminin kullanılabilmesi için betonarme elemanların kritik kesitlerindeki dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kritik kesitler için elde edilen bu bilgiler plastik mafsallar yardımı ile elemanlara tanımlanmıştır. Elemanların kesme ve eğilme altında hasar görebileceği düşünülerek, her eleman için kesme ve eğilme mafsalları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

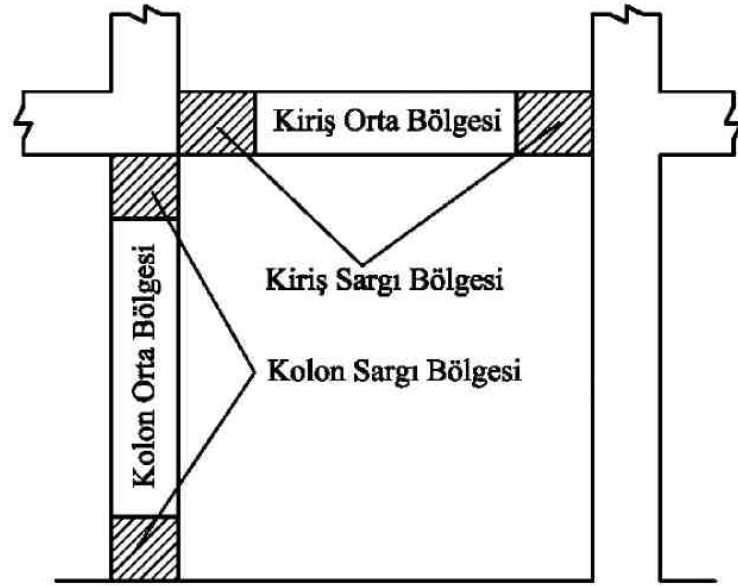
4.2.1. Plastik mafsal kavramı

Plastik mafsal kavramı, yapıların doğrusal ötesi davranışlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. İyi tasarlandırılmış ve detaylandırılmış bir yapıda, tasarımcı plastik mafsallar sayesinde yapının hangi noktalardan hasar alacağını, hangi hasar durumundan sonra göçme konumuna geleceğini belirleyebilir.

Plastik mafsallar sayesinde moment kapasitesine ulaşan kritik kesitlerin bu moment altında deformasyon yapmaları sağlanmakta, böylelikle global ölçekte binaların dayanım ve deformasyon kapasiteleri belirlenirken, lokal ölçekte ise binayı oluşturan elemanlarda oluşan hasarın derecesi ve dağılımı belirlenebilmektedir. Deprem sebebiyle ortaya çıkan enerji talepleri bu mafsallarda sönmelenmektedir.

4.2.2. Plastik mafsal bölgeleri

Betonarme elemanlarda hasar eğilme etkilerinin yoğunlaştığı uç bölgelerde oluşmaktadır. Yönetmeliğimizde belirtilen etriye sıkılaştırma bölgesi diğer adıyla sargı bölgesinde plastik mafsal tanımlanmaktadır.



Şekil 4.7 Kolon ve kiriş elemanlarda sargılama bölgeleri (Özmen, 2011)

Plastik mafsallar, aksenal yük ve kesme hasarlarının kontrolü için uç ve orta bölgelere tanımlanmıştır.

4.2.3. Plastik mafsal boyu

Plastik mafsal boyunun hesabına ilişkin literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. (Park ve Paulay 1975, Park vd 1982, Paulay and Priestley 1992, Priestley vd 1996). Bu çalışmaların pek çoğunda plastik mafsal boyunun ortalama olarak eğilme yönündeki kesit yüksekliğinin yarısı ($h/2$) alınabileceği belirtilmektedir. Yürütülen tez çalışması kapsamında da bu kabule uyulmuş ve plastik mafsal boyu denklem (4.1) ile belirlenmiştir.

$$L_p = 0.5h \quad (4.1)$$

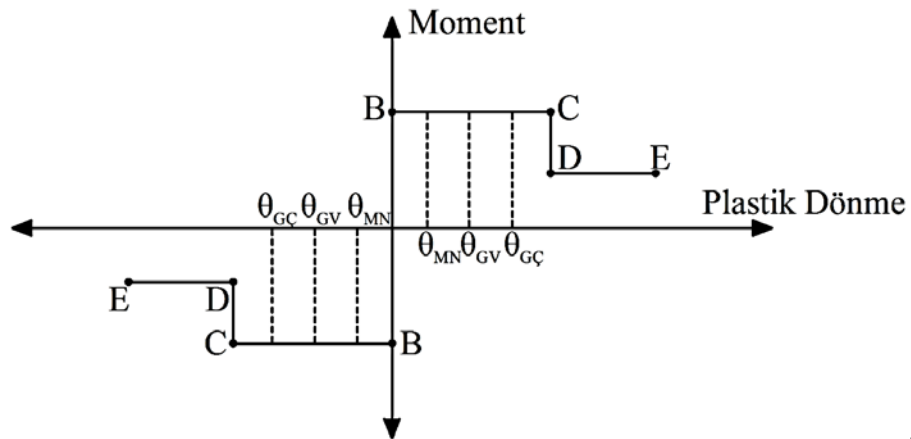
4.2.4. Plastik mafsal kriterleri

Betonarme elemanların göçme konumuna 4 farklı şekilde ulaştığını söylemek mümkündür. Bunlar; aksenal yük, kesme kuvveti, burulma ve eğilme etkileri iledir. Sadece eğilme davranışında anlamlı belirli bir süneklikten

bahsedilebilir. Kesme hasarları ve eksenel yük için plastik mafsal tanımlanabilmesine rağmen “plastik mafsal” denildiğinde “eğilme mafsalı” akla gelmektedir. Eğilme mafsalının bina davranışı üzerinde çok fazla etkisi vardır. Bu nedenle eğilme mafsalının tanımının nasıl yapıldığı büyük önem taşımaktadır.

Binaların doğrusal olmayan analizleri yapılırken SAP2000 programından faydalanılmıştır. Dayanım-şekil değiştirme ilişkisi plastik mafsal tanımlanan bölgelerde mafsallaşmanın oluşması ile elde edilir. Moment-eğrilikten moment dönme ilişkisine nasıl geçildiği belirlendikten sonra, kritik eğrilik değerlerinin bilinmesi gerekli görülmektedir. Şekil 4.8’ te belirtilen moment-dönme ilişkisini belirlemek için gösterilen dört nokta (B, C, D, E), kritik eğrilik değerleri kullanılan yazılım değerleridir.

Kesitin akma konumuna ulaştığı nokta “B” noktasıdır. “B” noktasından sonra doğrusal olmayan davranış oluşmaya başlamaktadır. Kesitin sünek davranış gösterdiği bölge “B”-“C” noktalarının arasındadır. Daha sonra “C” noktasına geldiğinde göçme konumuna ulaşarak kapasitede belli bir oranda düşme meydana gelmekte ve “D” noktasına ulaşılmaktadır. FEMA356(2000) ve ATC40(1996) dokümanlarında; “D” noktasındaki dayanım değeri akma dayanımının yüzde yirmisi olarak ön görülmektedir. Ayrıca “D”-“E” arasında düşen kapasite bir müddet daha korunur. “E” noktasına ulaşıldıktan sonra kapasitenin tamamen kaybedildiği, öngörülmektedir.



Şekil 4.8 Moment-Plastik dönme eğrisi

DBYBHY-2007 belirtilen (Bkz. Denklem(4.1)) bağıntı ile gösterilen plastik mafsal boyu kullanılarak ve moment-eğrilik ilişkisi esas alınarak, kolon ve kirişlerin mafsal özellikleri belirlenmiştir.

“B” noktası en dış beton lifinde basınç deformasyonunun 0.003 olduğu andaki moment dayanımına oranı ile, Denklem 4.2’de belirtildiği gibi kesitte bulunan çekme donatısının ilk aktığı andaki eğrilik değerinin çarpılmasıyla bulunmaktadır.

$$\phi_y = \frac{M_n}{M_s} \phi_s \quad (4.2)$$

ϕ_y : Akma eğriliği,

ϕ_s : Kesitte bulunan çekme donatısının ilk aktığı andaki eğrilik değeri,

M_n : Nominal moment kapasitesi,

M_s : Çekme donatısının aktığı noktadaki moment dayanımıdır.

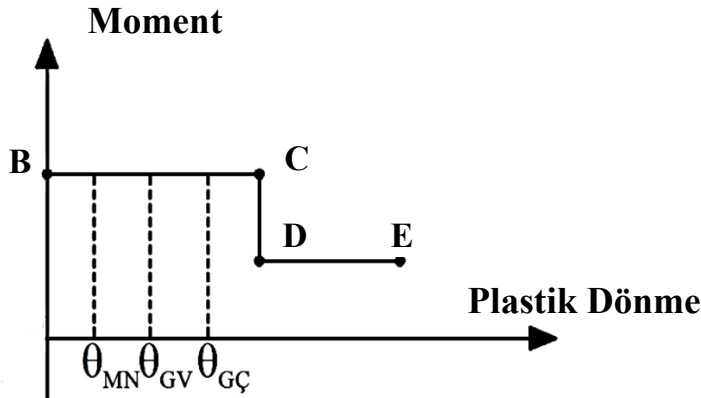
Kesitin zorlanmasına bağlı olarak diğer noktalar için çeşitli kriterler kullanılmaktadır. “C, D ve E” noktaları bu çalışma kapsamında Tablo 4.5’ te verilen kriterler aracılığıyla belirlenmiştir. “D” noktası eğrilik değeri “C” noktası ile benzer olduğu için ayrıca bir kriter oluşturulmamıştır.

TDY-2007 kalıcı deformasyonların meydana geldiği B ve C noktaları arasındaki kısım şekil değiştirme tabanlı olarak belirlenen kesit hasar bölgelerine ayrılmaktadır. Daha sonra da açıklanacağı gibi bu hasar bölgeleri içinde kalan kolon ve kirişlerin oranına bakılarak binaların performans düzeylerine karar verilmektedir. Basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ve çekme bölgesindeki donatının uzamasını esas alarak belirlenen ve hasar sınırlarını birbirinden ayıran bu şekilde değiştirme değerleri Tablo 4.5’te verilmektedir.

Tablo 4.5 Kesit hasar sınırlarına göre şekil değiştirme üst sınırları (kapasiteleri)

Kesit Hasar Sınırı	Beton	Donatı
Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN)	$(\epsilon_c)_{MN} = 0.0035$	$(\epsilon_s)_{MN} = 0.01$
Kesit Güvenlik Sınırı (GV)	$(\epsilon_c)_{GV} = 0.0035 + 0.01\left(\frac{\rho_s}{\rho_{sm}}\right) \leq 0.0135$	$(\epsilon_s)_{GV} = 0.04$
Kesit Göçme Sınırı (GÇ)	$(\epsilon_c)_{GÇ} = 0.004 + 0.014\left(\frac{\rho_s}{\rho_{sm}}\right) \leq 0.018$	$(\epsilon_s)_{GÇ} = 0.06$

Minimum hasar bölgelerinde, kritik kesitlerin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar, ileri hasar bölgesinde GV ve GÇ arasında kalan elemanlar, belirgin hasar bölgesinde, MN ile GV arasında kalan elemanlar, göçme bölgesinde ise GÇ'yi aşan elemanlar yer almaktadır. (Şekil 4.9)



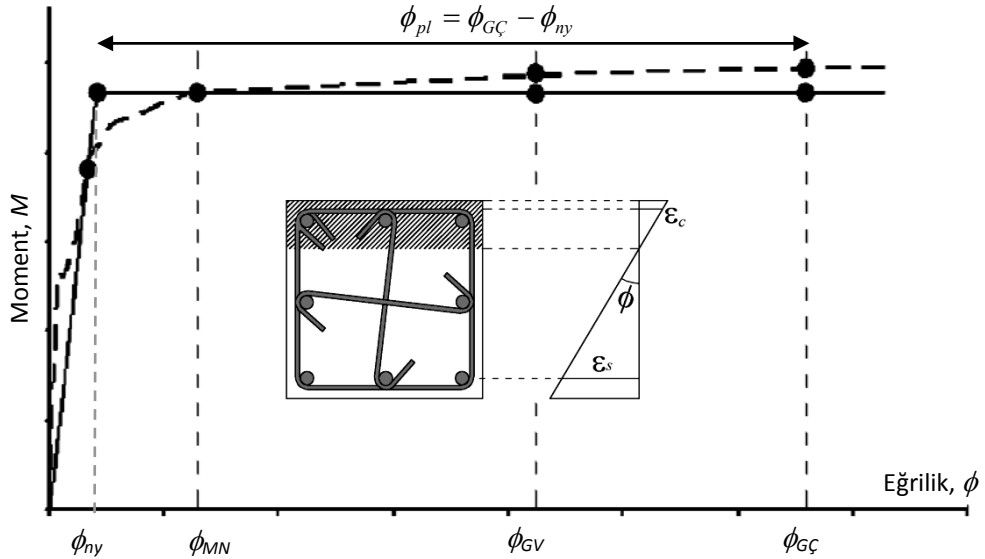
Şekil 4.9 Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

Tablo 4.5'de verilen sınır değerleri ile şekilde tanımlanan doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hasar bölgelerine karar verilmiştir.

4.2.5. Eğilme mafsalı

Kolon eğilme mafsallarını tanımlamak için şu yollar izlenmelidir; ilk olarak kritik kesitlerde moment eğrilik analizlerinin yapılması gerekmektedir. Moment eğrilik analizlerinden elde edilen sonuçlar kritik kesitlerde dayanım ve

deformasyon özelliklerinin belirlenmesine imkan vermektedir. Moment eğrilik analizleri sırasında sargılı beton davranışı “Geliştirilmiş Kent ve Park Yöntemi (Park ve diğerleri, 1982) “ ile temsil edilmiştir.



Şekil 4.10 Kriterlerin moment eğrilik grafiği üzerinde belirtilmesi

Kiriş kesitleri için, moment-dönme bağlantısı hesaplanmalıdır. Bunun hesaplanmasında; kolon kesitlerinde olduğu gibi moment-eğrilik ilişkisinden ortaya çıkan kriterler kullanılmalıdır. Hesap yapılırken kiriş kesitleri üzerinde aksel yük sıfır olarak alınmıştır. Kiriş kesitlerinin donatı yerleşimi kolonlar gibi simetrik şekilde değildir. Bundan dolayı negatif moment, pozitif moment altında basınç ve çekme donatıları yer değiştirir ve simetrik bir moment-dönme ilişkisi meydana gelmez. Bu nedenle, her bir kiriş kesiti için pozitif ve negatif yönde bu işlem tekrar yapılmaktadır.

4.2.6. Kesme mafsalı

Elemanların kesme dayanımları büyük önem taşımaktadır. Özellikle yetersiz yanal sargı donatısına sahip kısa kolonların davranışı temsil edilirken kesme etkileri daha da önemli hale gelmektedir. Bundan dolayı; modellerdeki her

bir eleman için kesme mafsalları tanımlanmıştır. Elemanların kesme dayanımları belirlenirken TS 500'e göre hesap yapılmıştır. Böylelikle eleman üzerine gelen kesme kuvveti, kesme dayanımı değerine ulaştığında gevrek hasar oluşması sağlanmıştır.

4.2.7. Tanımlanan mafsalların atanması

Tanımlanan mafsalların atanmasında; L_p uzunluğu boyunca oluşan mafsalsal plastikleşme bölgesinin tam ortasında tek nokta olarak modellenmiş, yığılı plastik mafsalsal kabulü yapılmıştır. Bu sebepten dolayı her bir mafsalsal, elemanların mafsallaşması beklenen uç noktalarına yerleştirilmiş bulunmaktadır. Burada tanımlanan uzaklık aşağıdaki denklemlerde belirtilmiştir.

L_p : Plastik mafsalsal boyunu,

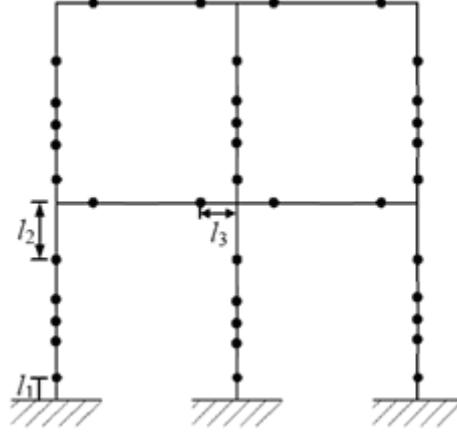
$H_{kiriş}$: Kiriş derinliğini,

H_{kolon} : Kolonun üzerine mafsalsal atanan kirişe dik boyutunu ifade etmektedir.

$$l_1 = \frac{L_p}{2} \quad (4.3)$$

$$l_2 = H_{kiriş} + \frac{L_p}{2} \quad (4.4)$$

$$l_3 = \frac{H_{kolon}}{2} + \frac{L_p}{2} \quad (4.5)$$



Şekil 4.11 Mafsalların eleman üzerine atanması

4.2.8. Donatı çeliği modeli

Hazırlanan modellerde, 1975 Yönetmeliği'nde donatı çeliği S220 olarak kullanılmıştır. Bu S220 donatı çeliğinin kopma dayanımı 330 MPa, akma dayanımı 220 MPa, akma uzaması 0.0011, kopma uzaması 0.18, pekleşmenin başladığı birim uzama şekil değiştirme ise 0.01 olarak kabul edilmektedir. Donatı çeliğinin elastisite modülü ise 2×10^5 MPa'dır. Bu kullanılan donatının gerilme-şekil değiştirme grafiği Şekil 4.12'de gösterilmektedir.



Şekil 4.12 Donatı çeliği davranış modeli

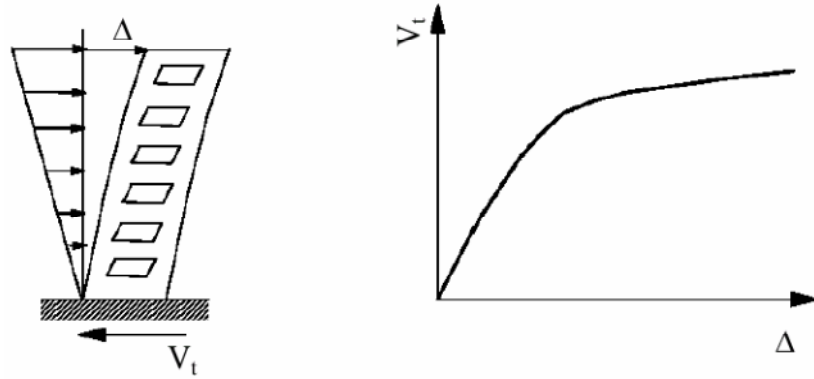
5. BİNALARA AİT KAPASİTE EĞRİLERİNİN HESAPLANMASI

5.1. Doğrusal Ötesi Analiz Yöntemleri

Binalara ait doğrusal ötesi dayanım ve deformasyon özellikleri artımsal statik itirme analizi ile belirlenmiştir. Son yıllarda bu analiz türünün doğrusal olmayan bina analizlerinde kullanımı artmıştır ve özellikle akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kritik kesitlerin doğrusal olmayan davranış özelliklerinin dikkate alındığı bu yöntem yapı elemanları aktıktan sonra yapı davranışının değerlendirilmesi açısından daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

5.2. İtme şekli

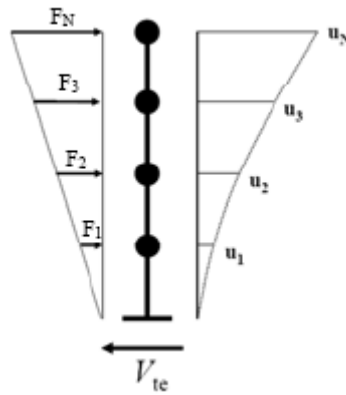
Statik itirme analizinde, öncelikle binaya etki etmesi beklenen muhtemel düşey yükler belirlenerek binaya etki ettirilir. Yapı, belirlenen yatay yük deseni ile ittirilmeye başlanır. İtme işlemi gerçekleşirken kritik kesitler dayanım kapasitelerine ulaşır ve bu bölgelerde plastik mafsallar oluşur. Bina yatayda deformasyon yaparken bu plastik mafsal bölgelerinde elastik ötesi deformasyonlar meydana gelir. Yapılan analizin her aşamasında ulaşılan yer değiştirme değeri genellikle çatı ötelenmesi (Δ) ve taban kesmesi (V_t) kaydedilmektedir.



Şekil 5.1 Yapıda İtirme Şekli ve Taban Kesme Kuvveti – Çatı Deplasmanı

Şekil 5.1’de gösterilen taban kesme kuvveti-çatı ötelenmesi grafiği yapı performansıyla ilgili faydalı bilgiler sunar. Bunun yanında doğrusal ötesi statik analiz ile bazı elemanların dayanım kayıplarının sistem davranışı üzerindeki etkileri, doğrusal ötesi ötelenme yaparak enerji sönümleyen elemanlar da oluşan deplasman talepleri, gevrek elemanlar üzerindeki gerçekçi kuvvet talepleri hesaplanabilir. Doğrusal ötesi statik analiz ile dayanım veya rijitlik düzensizlikleri ve 2.mertebe etkilerinin hesabında kullanılacak olan katlar arası ötelenmeler belirlenebilir. Bir başka etkisi ise doğrusal ötesi davranış bölgesinde yapının dinamik karakterini etkileyebilecek düzeyde ve planda dayanım süreksizliklerini belirlemesidir.

Tez çalışması kapsamında yapılan analizlerde “Modal Yük Deseni” kullanılmış ve bu desenle binaların artımsal itme analizi 1.mod şekli esas alınarak yapılmıştır. Binanın her katına etki ettirilecek sanal kuvvet; sözü edilen moda ait yer değiştirme değeriyle, her katın kütlesinin çarpılmasıyla elde edilmiştir. Bu işlem bütün katlar için tekrarlanmıştır.



Şekil 5.2 Yüklerin katlara dağılımı

$$F_i = m_i \times u_i \quad (5.1)$$

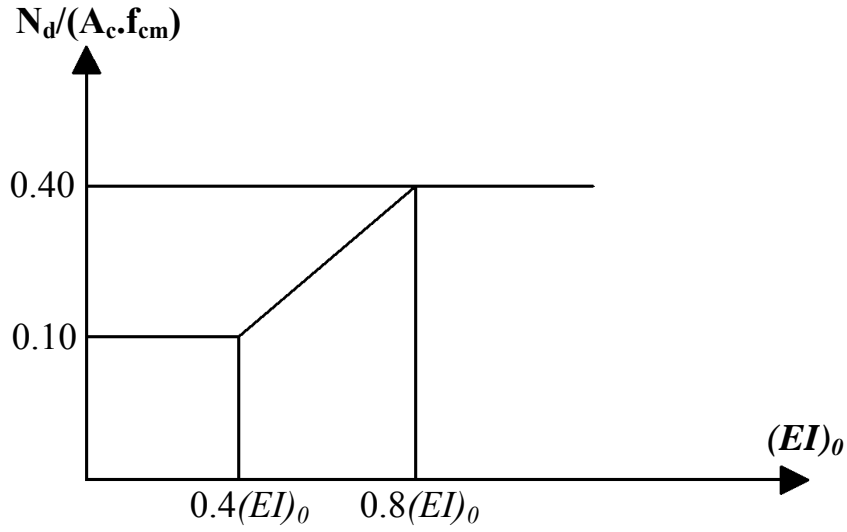
m_i : i’inci katın kütlesi,

u_i : i’inci kat modal yer değiştirmesidir.

Modeller, ağırlık merkezlerinden itilmiştir. Artımsal itme analizlerinde 2.mertebe etkileri göz önüne alınmıştır.

5.3. Çatlamış kesit rijitliği

Binaların elastik ötesi analizi sırasında yapıyı oluşturan eğilme etkisindeki kolon ve kiriş elemanların etkin eğilme rijitlikleri (EI)e kullanılmıştır. Kirişler için bu değer çatlama kesit rijitliklerinin %40'ı iken kolonlarda bu değer eksenel yük oranına göre değişmektedir. Şekil 5.3'de kolonlar için eksenel yük oranına göre değişim etkin eğilme rijitliği değerleri gösterilmektedir. Ara değerler için enterpolasyon işlemi yapılmış ve kolonlara ait etkin eğilme rijitliği değerleri hesaplanmıştır. Grafikteki eksenel yük değeri (N_d) kolonlarda çatlama kesit rijitliği kullanılarak hesaplanan eksenel yük değeridir.



Şekil 5.3 Eksenel yük oranına göre değişen etkin eğilme rijitliği grafiği

5.4. Betonarme Elemanların Kesit Hasar Sınırlarının Tarifi

Sünek elemanlar için kesit seviyesinde, minimum hasar sınırı (MN), göçme sınırı ($GÇ$) ve güvenlik sınırı (GV) olarak DBYYHY-2007'de üç sınır durum belirlenmiştir. (MN) ile ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, ($GÇ$) kesitin göçme öncesi davranışının sınırını, (GV) ise kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar alan elemanlarda sınıflandırılma geçerli olmamaktadır.

5.5. Betonarme binalar için performans hedefleri

Performans hedefleri kolon ve kiriş kesitlerinde meydana gelen hasar seviyelerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu hasarların kolonlarda ve kirişlerde belli sınırları aşp aşmadığı kontrol edilerek binaların deprem performanslarına karar verilmektedir. Binaların deprem performansı dört farklı hasar durumuna göre hesaplanmıştır. Bu performans uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir. Aşağıda performans kriterleri ile yer değiştirme talebi değerleri karşılaştırılmaktadır. Buna göre modellerin hangi performans düzeyinde oldukları kararlaştırılacaktır.

5.5.1. Hemen kullanım performans düzeyi

Binaların doğrusal olmayan analizleri yapılırken her bir deprem doğrultusu için ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalarda; kirişlerin en fazla yüzde onu belirgin hasar bölgesine geçebilirken, diğer taşıyıcı elemanların hepsi minimum hasar bölgesindedir. Gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa, bunlar güçlendirilir ve hemen kullanım performans düzeyinde oldukları varsayılır.

5.5.2. Can güvenliği performans düzeyi

Her katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti vardır. İleri hasar bölgesindeki kolonların bu kesme kuvvetine katkısı mutlaka yüzde yirminin altında olmalıdır. En üst katta ileri hasar bölgesinde bulunan kolonların kesme kuvvetlerinin toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı %40'ı geçemez.

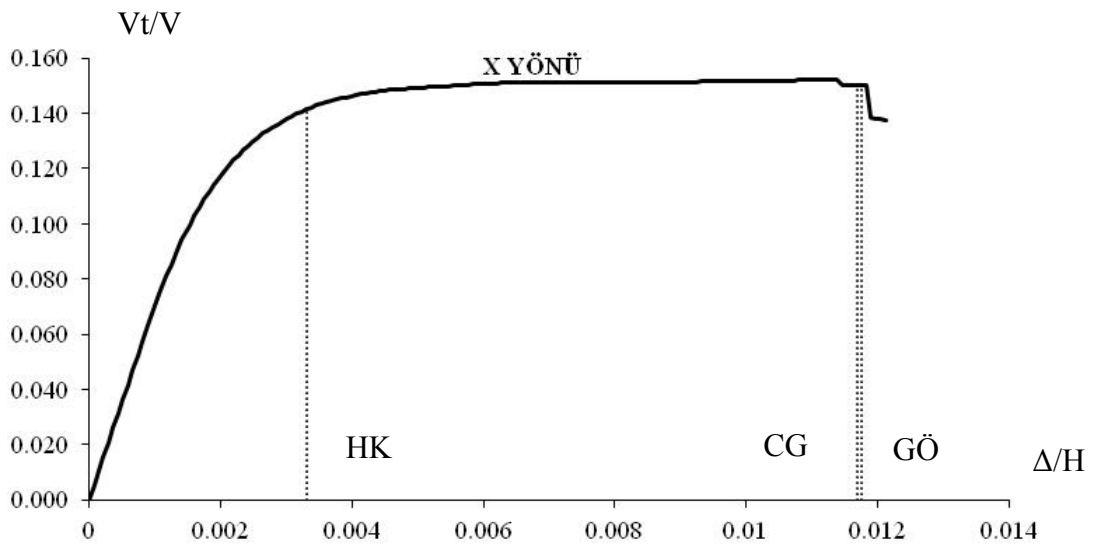
5.5.3. Göçme öncesi performans düzeyi

Göçme öncesi bölgesinde bulunan kolonların, her kattaki kolonların taşıdığı kesme kuvvetine toplam katkısı mutlaka yüzde yirminin altında olmalıdır.

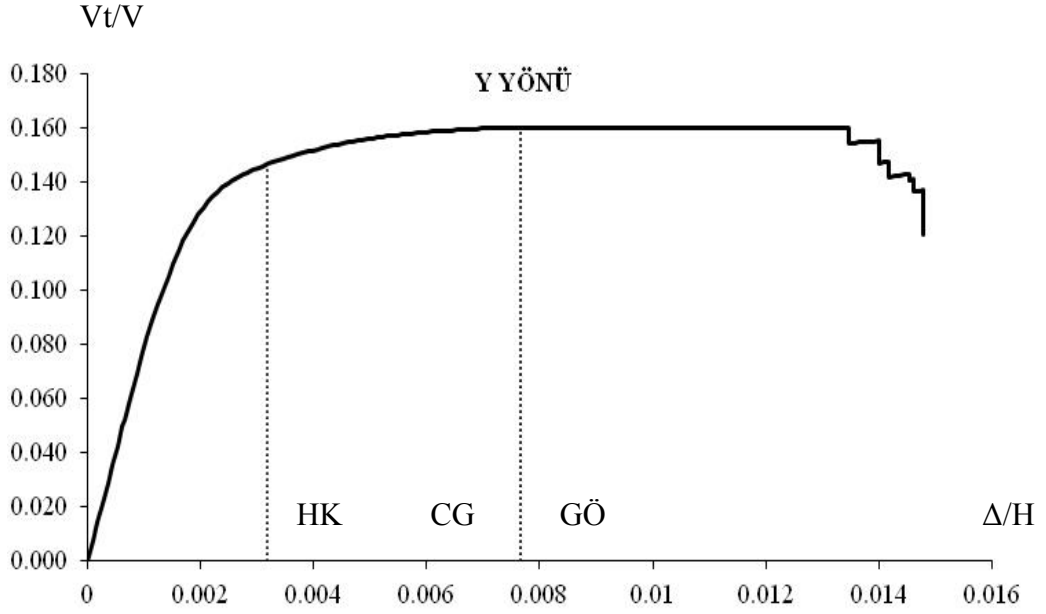
5.5.4. Göçme durumu

Göçme durumundaki binanın kullanımı can güvenliği açısından oldukça sakıncalıdır. Bina, göçme öncesi performans düzeyini sağlayamadığı takdirde göçme durumundadır.

Söz konusu performans hedefleri hesaplanmış ve kapasite eğrilerinin üzerinde gösterilmiştir. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’ te 4K-B7 nolu binaya ait birimsizleştirilmiş x ve y yönü kapasite eğrileri verilmiştir. Diğer binalara ait kapasite eğrileri eklerdedir.



Şekil 5.4 4K-B7 nolu binanın X yönü birimsizleştirilmiş kapasite eğrisi



Şekil 5.5 4K-B7 nolu binanın Y yönü birimsizleştirilmiş kapasite eğrisi

5.6. Performans hedefleri

Belirli bir yer hareketine maruz kalan binanın, en fazla hangi hasar seviyesine kadar ulaşması gerektiği performans hedefleri ile tarif edilmektedir. Farklı seviyelerdeki depremler altında farklı performans hedeflerinin hedeflenmeside mümkündür. Tez kapsamında hazırlanan binalar konut olarak tasarlanmıştır. Bu yüzden elli yıl içinde aşılma olasılığı yüzde on olan deprem etkisi altında incelenen binaların performanslarının can güvenliği performans düzeyini sağlayıp sağlamadığına bakılmıştır.

5.7. Deprem etki seviyeleri

Performansa dayalı değerlendirmenin yapılabilmesi için farklı seviyede deprem hareketleri belirlenmektedir. Yapılan performansa dayalı değerlendirmede ilk olarak öngörülen performans hedefinin hangi deprem etki seviyesine karşı geldiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Genel olarak elli yıl süresince deprem etki seviyeleri aşılma olasılıkları ve buna benzer büyüklükteki depremlerin oluşumu göz önüne alınarak dönüş periyoduna göre belirtilmektedir. (Tablo 5.1) .

En büyük, tasarım, servis olarak ifade ettiğimiz depremler, elli yıl içinde aşılma olasılığı yüzde iki, yüzde on, yüzde elli olan depremlerdir.

Tablo 5.1 Deprem etki seviyeleri

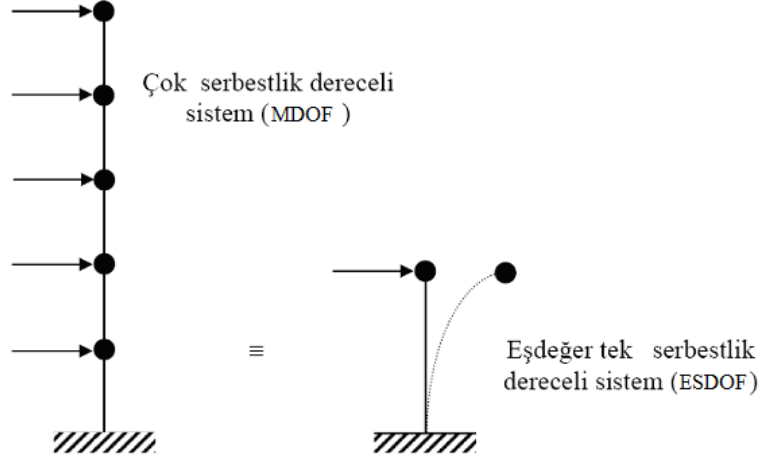
Deprem Etki Seviyeleri	Esas Alınan Zaman Aralığı (yıl)	Ortalama Dönüş Periyodu (yıl)
%50	50	75
%10	50	475
%2	50	2475

5.8. Yer Değiştirme Talebinin Belirlenmesi

Doğrusal olmayan yerdeğiştirme talebinin hesabı yapılırken, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007’de verilen hesap yöntemleri kullanılmıştır. Kapasite eğrisinde; düşey ekseninde Spektral İvme (S_{ae}), yatay ekseninde ise Spektral Yer Değiştirme (S_{de}) değerleri verilmiştir.

5.8.1. Kapasite eğrisinin modal kapasite diyagramına dönüştürülmesi

Çok serbestlik dereceli sisteme ait olan kapasite eğrisini, eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürmemiz gerekir. Çünkü talep spektrumu, tek serbestlik dereceli sisteme aittir. Kısaca; taban kesme kuvveti (V_x) – çatı (tepe) yer değiştirmesi (U_{xN}) ile temsil edilen kapasite eğrisinin, modal ivme (α_1) – modal yer değiştirme (d_1) formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Modal katılım çarpanı (PF_1) ve birinci moda ait kütle katılım oranı (a_1) kullanılarak bu işlem yapılabilmektedir. Denklem 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6’ da bu dönüştürme işlemi gösterilmektedir.



Şekil 5.6 ÇSD sistemin TSD sisteme dönüştürülmesi

$$PF_1 = \left[\begin{array}{c} \sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \\ \sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1}^2)}{g} \end{array} \right] \quad (5.2)$$

$$a_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{g} \right] \left[\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1}^2)}{g} \right]} \quad (5.3)$$

$$a_1 = \frac{V_{x1}}{W a_1} \quad (5.4)$$

$$d_1 = \frac{U_{xN1}^{(i)}}{\phi_{xN1} PF_1} \quad (5.5)$$

$$U_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} PF_1 d_1 \quad (5.6)$$

PF_1 : Birinci moda ait katkı çarpanı

ϕ_{i1} : Birinci modun i. kattaki şekil genliği

w_i : i. kattaki kat ağırlığı

a_1 : Birinci moda ait kütle katılım oranı

a_1 : Birinci moda ait modal ivme

V_{x1} : Birinci moda (hâkim moda) ait taban kesme kuvveti

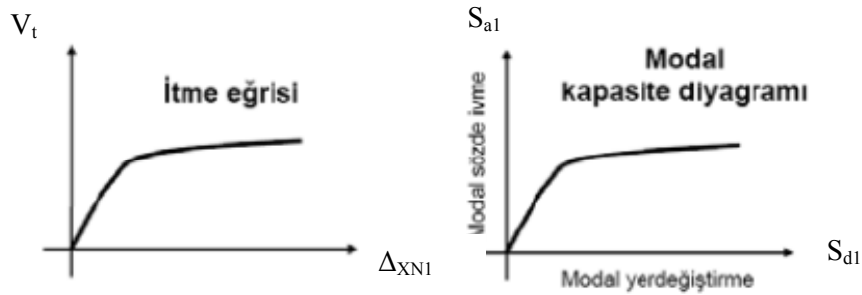
W : Toplam bina ağırlığı

d_1 : Birinci moda ait modal yer değiştirme

$U_{xN1}^{(i)}$: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme

$U_{xN1}^{(p)}$: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda oluşan yer değiştirme talebi

Spektral İvme (S_{ae}) formatı; düşey ekseninde bulunan taban kesme kuvvetinin (V_x), modal ivmeye (α_1) çevrilmesiyle bulunmaktadır. Spektral Yer Değiştirme (S_{de}) formatı ise kapasite eğrisinde yatay ekseninde bulunan tepe yer değiştirmesinin (d_1), modal yer değiştirmeye (α_1) çevrilmesiyle elde edilmektedir. (Şekil 5.7)

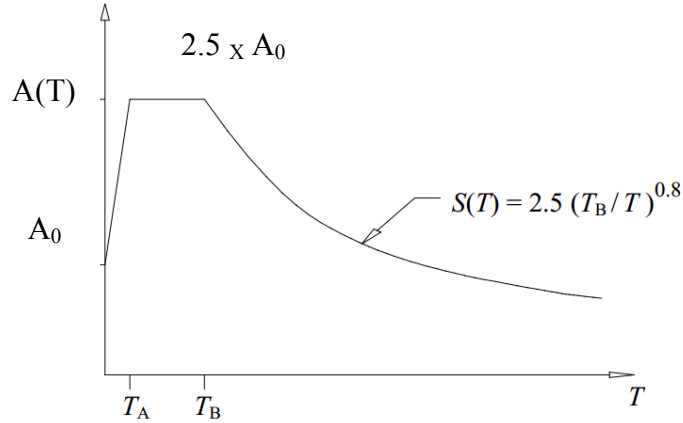


Şekil 5.7 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

5.8.2. İvme (S_a)-Yerdeğiştirme (S_d) Talep Spektrumlarının Hesabı

Spektral ivme yer çekimi ivmesi cinsinden $A(T)$ değerleri; birinci derece deprem bölgesi için A_0 (etkin yer ivme katsayısı) ve yerel zemin sınıfı Z3, 0.4 olarak hesaplanarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında

Yönetmelik 2007’de yer alan tasarım spektrumu yardımı ile bina birinci doğal titreşim periyoduna (T_1) bağlı olarak hesaplanmaktadır. (Şekil 5.8)



Şekil 5.8 Periyot - Spektral İvme Katsayısı A(T) ilişkisi

Elastik İvme Spektrum’u yüzde beş sönüm oranı için tanımlanır. Elastik İvme Spektrum’unun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, yer çekimi ivme’si (g) ile Spektral İvme Katsayısı A(T)’nin çarpımıyla elde edilmektedir. (Denklem (5.7))

$$S_{ae}(T) = A(T) g \quad (5.7)$$

İvme analizinin ilk basamağında birinci moda ait Elastik Spektral İvme S_{ae1} yoluyla Doğrusal Spektral Yer Değiştirme S_{del} hesaplanmaktadır. (Denklem 5.8)

$$S_{del} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (5.8)$$

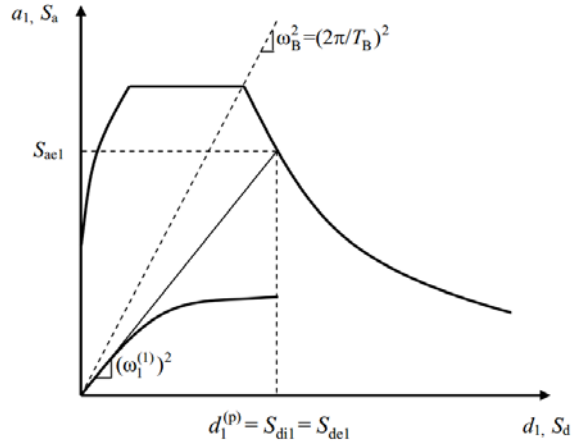
İvme analizinin ilk basamağında, doğrusal elastik davranışa göre hesaplanması yapılan hâkim moda ait T_1 başlangıç periyoduna karşı gelen Doğrusal Elastik Spektral Yer Değiştirme S_{del} esas alınarak elastik ötesi Spektral Yer Değiştirme S_{dil} , Denklem (5.9) ile elde edilmektedir.

$$S_{dil} = C_{R1} S_{del} \quad (5.9)$$

(C_{R1}) spektral yer değiştirme oranını T_B ’nin T_1 başlangıç periyodundan uzun olması ve başlangıç periyodu T_1 ’in değerinin ($T_1 = 2\pi / \omega_1$) ivme

spektrumundaki karakteristik periyot T_B ile olan T_1 başlangıç periyodunun T_B 'den uzun veya T_B 'ye eşit olması durumlarına bağlı olarak iki şekilde bulabiliriz.

Eşit yer değiştirme kuralı uyarınca $C_{R1}=1$ alınarak doğrusal elastik spektral yer değiştirme S_{del} , olması halinde elastik ötesi spektral yer değiştirme S_{dil} 'e eşit olmaktadır. (Şekil 5.9)



Şekil 5.9 $T_1 \geq T_B$ durumunda elastik olmayan spektral yer değiştirme hesabı

T_B 'nin T_1 başlangıç periyodundan büyük olması halinde spektral yer değiştirme oranı C_{R1} iterasyon ile DBYYHY-2007'deki hesap yöntemleri çerçevesinde bulunacaktır

Tablo 5.2 Doğrusal olmayan analizden elde edilen bina bilgileri

Bina No	Kat Sayısı	Bina Ağırlığı (ton)	Bina Yüksekliği (m)	Analiz Yönü	Periyot (sn)	V_{td} (ton)	$V_{t(y)}$ (ton)
3K-B1	3	293.91	8.3	X	0.37	36.74	41.41
				Y	0.29	36.74	72.06
3K-B2	3	347.44	8.3	X	0.29	43.43	75.87
				Y	0.31	43.43	77.17
3K-B3	3	322.37	8.3	X	0.29	40.30	95.25
				Y	0.24	40.30	100.94
4K-B4	4	607.07	10.8	X	0.35	75.88	137.23
				Y	0.39	75.88	125.97
4K-B5	4	554.98	11.2	X	0.45	69.37	68.57
				Y	0.44	69.37	58.35
4K-B6	4	550.02	11.2	X	0.42	68.75	92.94
				Y	0.41	68.75	85.76
4K-B7	4	513.24	10.8	X	0.41	64.15	73.78
				Y	0.39	64.15	77.09
4K-B8	4	780.70	11.1	X	0.47	97.59	123.71
				Y	0.43	97.59	134.62
4K-B9	4	556.04	10.8	X	0.34	69.50	91.68
				Y	0.40	69.50	77.27

Tablo 5.2(devam) Doğrusal Olmayan Analizden Elde Edilen Bina Bilgileri

Bina No	Kat Sayısı	Bina Ağırlığı (ton)	Bina Yüksekliği (m)	Analiz Yönü	Periyot (sn)	V_{td} (ton)	$V_{t(y)}$ (ton)
4K-B10	4	587.59	10.8	X	0.37	73.45	96.77
				Y	0.39	73.45	105.77
4K-B11	4	605.14	11.2	X	0.53	75.64	80.82
				Y	0.46	75.64	98.86
5K-B12	5	721.30	14.0	X	0.42	90.16	86.58
				Y	0.38	90.16	110.89
5K-B13	5	654.78	14.0	X	0.56	81.85	66.87
				Y	0.47	81.85	101.70
5K-B14	5	512.60	14.0	X	0.41	64.07	83.26
				Y	0.47	64.07	82.51
5K-B15	5	493.03	14.7	X	0.44	61.63	64.74
				Y	0.41	61.63	68.76
5K-B16	5	1375.44	14.4	X	0.49	171.93	182.18
				Y	0.40	171.93	202.98
6K-B17	6	900.84	17.8	X	0.59	112.60	105.10
				Y	0.65	105.62	96.76
6K-B18	6	980.85	16.8	X	0.59	122.61	105.29
				Y	0.52	122.61	137.39
6K-B19	6	1000.95	17.7	X	0.56	125.12	99.39
				Y	0.67	114.55	78.21
6K-B20	6	1338.06	17.9	X	0.57	167.26	152.29
				Y	0.55	167.26	180.52

Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'te incelenen binaların doğrusal olmayan analiz sonuçlarından elde edilen bilgiler verilmiştir. Bulunan bina bilgileri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007 hasar bölge sınırlarına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 5.3 Doğrusal Olmayan Analizden Elde Edilen Bina Bilgileri

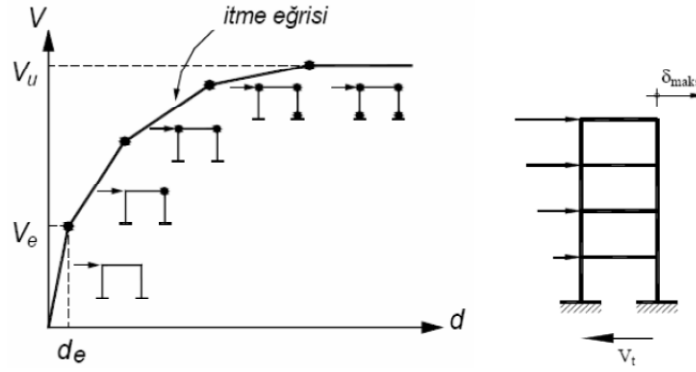
Bina No	Kat Sayısı	Bina Ağırlığı (ton)	Bina Yüksekliği (m)	Analiz Yönü	Periyot (sn)	$V_{t(y)}$ / W	Δ_y (cm)	$V_{t(w)}$ / W	Δ_u (cm)	Talep Deplasman (cm)	TDY-2007 Hasar Bölge Sınırları (cm)		
											Δ_{HK}	Δ_{CG}	$\Delta_{GÖ}$
3K-B1-X	3	293.9	8	X	0.54	0.14	1.17	0.16	8.78	7.90	2.31	8.91	8.91
3K-B1-Y	3	293.9	8	Y	0.43	0.25	1.33	0.27	11.14	5.92	3.05	12.30	12.30
3K-B2-X	3	347.4	8	X	0.37	0.22	0.86	0.26	13.14	4.98	2.10	11.60	16.72
3K-B2-Y	3	347.4	8	Y	0.46	0.22	1.34	0.24	11.04	6.36	2.90	12.70	14.40
3K-B3-X	3	322.4	8	X	0.35	0.30	0.98	0.30	5.84	4.49	1.60	5.80	5.80
3K-B3-Y	3	322.4	8	Y	0.35	0.31	1.09	0.33	6.44	4.44	3.12	4.92	4.92

Tablo 5.3(devam) Doğrusal Olmayan Analizden Elde Edilen Bina Bilgileri

Bina No	Kat Sayısı	Bina Ağırlığı (ton)	Bina Yüksekliği (m)	Analiz Yönü	Periyot (sn)	$V_{t(y)}$ / W	Δ_y (cm)	$V_{t(u)} / W$	Δ_u (cm)	Talep Deplasman (cm)	TDY-2007 Hasar Bölge Sınırları (cm)		
											Δ_{HK}	Δ_{CG}	$\Delta_{GÖ}$
4K-B4-X	4	607.1	11	X	0.50	0.23	1.68	0.23	7.79	7.12	4.38	6.26	6.26
4K-B4-Y	4	607.1	11	Y	0.55	0.21	1.86	0.19	8.65	7.97	3.50	9.62	9.62
4K-B5-X	4	555.0	11	X	0.66	0.12	1.65	0.15	12.25	9.94	3.22	13.47	13.47
4K-B5-Y	4	555.0	11	Y	0.61	0.11	1.21	0.12	10.87	9.16	2.60	12.78	13.28
4K-B6-X	4	550.0	11	X	0.59	0.17	1.75	0.18	8.19	8.76	2.33	3.03	10.63
4K-B6-Y	4	550.0	11	Y	0.58	0.16	1.60	0.16	8.83	8.63	2.47	10.73	11.00
4K-B7-Y	4	513.2	11	Y	0.57	0.15	1.50	0.16	10.92	8.36	3.44	8.28	8.28
4K-B8-X	4	780.7	11	X	0.56	0.16	1.48	0.17	7.28	8.19	3.07	6.33	6.33
4K-B8-Y	4	780.7	11	Y	0.58	0.17	1.74	0.18	7.03	8.60	4.06	7.71	7.71
4K-B9-X	4	556.0	11	X	0.48	0.16	1.18	0.17	13.44	6.93	3.22	14.45	14.45
4K-B9-Y	4	556.0	11	Y	0.53	0.14	1.20	0.17	11.16	7.81	3.00	12.17	13.09
4K-B10-X	4	587.6	11	X	0.52	0.16	1.37	0.17	11.00	7.50	3.16	7.32	10.52
4K-B10-Y	4	587.6	11	Y	0.59	0.18	1.87	0.19	8.85	8.74	3.74	6.34	6.34
4K-B11-X	4	605.1	11	X	0.72	0.13	1.98	0.13	8.78	11.07	4.40	9.80	9.80
4K-B11-Y	4	605.1	11	Y	0.65	0.16	1.99	0.16	9.60	9.75	4.43	6.09	9.63
5K-B12-X	5	721.3	14	X	0.62	0.12	1.38	0.14	13.73	9.28	3.50	16.26	17.76
5K-B12-Y	5	721.3	14	Y	0.57	0.15	1.49	0.19	13.60	8.35	3.86	7.46	18.36
5K-B13-X	5	654.8	14	X	0.79	0.10	1.90	0.12	9.12	12.46	3.88	10.42	11.95
5K-B13-Y	5	654.8	14	Y	0.69	0.16	2.20	0.16	10.69	10.54	3.50	11.30	12.70
5K-B14-X	5	512.6	14	X	0.57	0.16	1.63	0.17	10.80	8.41	3.42	3.79	14.22
5K-B14-Y	5	512.6	14	Y	0.64	0.16	2.09	0.16	11.95	9.66	3.76	12.83	12.83
5K-B15-X	5	493.0	15	X	0.59	0.13	1.44	0.15	12.23	8.82	0.00	0.86	13.96
5K-B15-Y	5	493.0	15	Y	0.59	0.14	1.50	0.15	12.33	8.79	3.33	10.38	15.24
5K-B16-X	5	1375.4	14	X	0.70	0.13	1.95	0.14	10.81	10.76	4.11	13.58	13.58
5K-B16-Y	5	1375.4	14	Y	0.56	0.15	1.40	0.17	12.80	8.25	1.49	1.60	1.89
6K-B17-X	6	900.8	18	X	0.82	0.12	2.37	0.13	13.86	12.97	2.81	17.64	17.64
6K-B17-Y	6	900.8	18	Y	0.92	0.11	2.75	0.12	16.55	14.99	4.10	16.30	21.40
6K-B18-X	6	980.8	17	X	0.80	0.11	2.16	0.12	12.16	12.55	1.76	1.87	16.51
6K-B18-Y	6	980.8	17	Y	0.73	0.14	2.38	0.13	15.45	11.39	5.02	16.35	16.35
6K-B19-X	6	1001.0	18	X	0.78	0.10	1.86	0.11	14.95	12.27	4.41	17.49	17.49

6. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Artımsal itme analizleri, yapıların deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışlarını ve deprem performans seviyelerinin belirlenmesi için yapılmaktadır. Bu artımsal itme analizleri ile kapasite eğrileri elde edilmektedir ve bu eğrilerde dikey eksen dayanım kapasitesini, yatay eksen ise binanın yer değiştirme kapasitesini temsil etmektedir. Söz konusu eğriye kapasite eğrisi denmesinin altında yatan sebep de yük ve yer değiştirme kapasitelerini temsil etmesinden kaynaklanmaktadır.

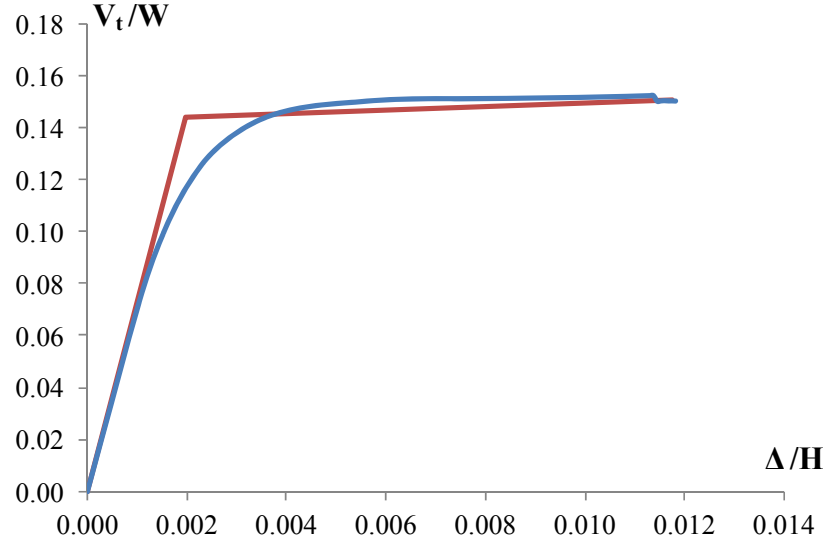


Şekil 6.1 Kapasite eğrisi

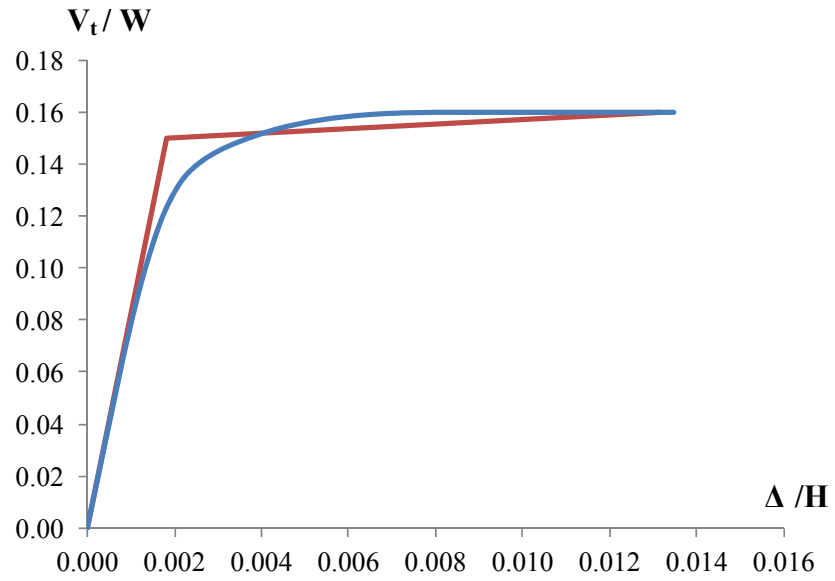
Bu çalışma kapsamında farklı kat sayılarına, yüksekliklerine ve bina ağırlıklarına sahip 20 ayrı yapının doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Tez kapsamındaki binaları birbirleriyle karşılaştırabilmek için yatay dayanım ve yer değiştirme kapasitelerinin birimsiz hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Modellere ait kapasite eğrileri daha sonraki aşamalarda işlem kolaylığı sağlaması açısından iki doğru hale getirilmiştir. Bunun için ATC-40, (1996) belgesinde verilen yaklaşım esas alınmıştır. Şekil 6.2 ve Şekil 6.3' te seçilen 4 katlı örnek bina için iki doğru hale getirilen kapasite eğrileri görülmektedir. İki doğru hale getirilen kapasite eğrilerinden dayanım kapasitesi (V_{ty}), akma anındaki deplasman kapasitesi (Δ_y) ve maksimum deplasman kapasitesi (Δ_u) değerleri okunmuştur. Farklı kat sayılarına sahip modeller arasında kıyaslama yapabilmek için dayanım kapasitesi değerleri bina ağırlığına (W), deplasman kapasitesi değerleri ise bina yüksekliğine (H) bölünerek birimsiz hale getirilmiştir.

Tablo 6.1’de örnek 4 katlı model için bulunan akma anındaki dayanım kapasitesi (V_{ty}), akma anındaki deplasman kapasitesi (Δ_y) ve maksimum deplasman kapasitesi (Δ_u) gösterilmektedir.



Şekil 6.2 4 katlı örnek model için X yönünde iki doğrulu kapasite eğrisi



Şekil 6.3 4 katlı örnek model için Y yönünde iki doğrulu kapasite eğrisi

Tablo 6.1 Örnek 4 katlı modelde akma dayanımı kapasitesi, akma anındaki deplasman kapasitesi, maksimum deplasman kapasitesi değeri

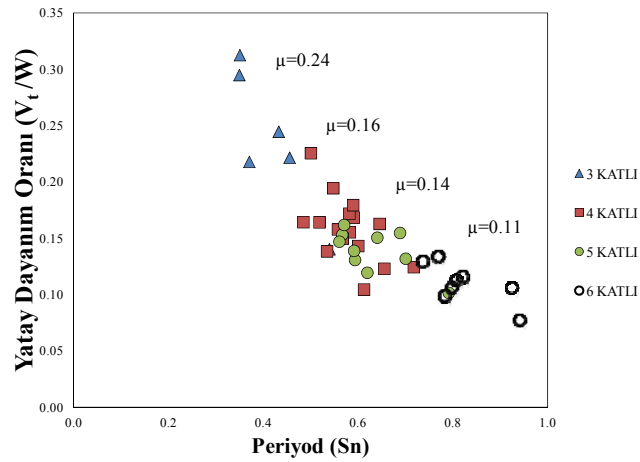
Yön	Bina Ağırlığı (W) (ton)	Bina Yüksekliği (H) (cm)	Periyot (T) (sn)	Kat Sayısı	$V_{t(y)}$	Δ_y (cm)	Δ_u cm	$V_{t(y)}/W$	Δ_y/H %	Δ_u/H %
X	607.069	1080	0.5	4	137.2	1.68	7.79	0.226	0.16	0.72
Y	607.069	1080	0.547	4	118.4	1.75	8.65	0.195	0.16	0.8

Akma anındaki deplasman kapasitesi ve maksimum deplasman kapasitesinin belirlenmesinden sonra her bir modele ait süneklik değerleri Denklem (6.1) ile hesaplanmıştır.

$$\mu = \frac{\Delta_{GC}}{\Delta_y} \quad (6.1)$$

6.1. İncelenen Binalarda Yatay Dayanım Oranlarının Değerlendirilmesi

Tüm yapıların yatay dayanım/bina ağırlığı oranları değerlendirildiğinde, yatay dayanımın artan periyot değeri ile hızla azaldığı görülmektedir. Şekil 6.4'e bakıldığında kat sayısı arttıkça, yatay dayanım oranları % 30 seviyelerinden % 10 seviyelerine doğru inmektedir.



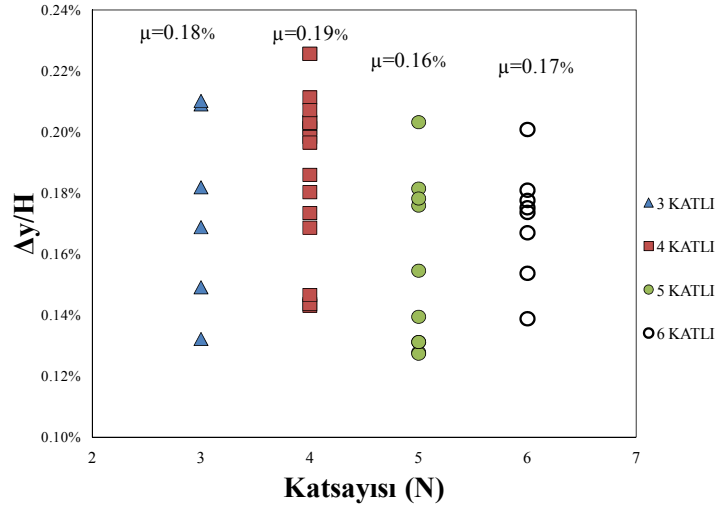
Şekil 6.4 Farklı periyot değerlerine sahip 3, 4, 5 ve 6 katlı binaların yatay dayanım oranlarının dağılımı

Yatay dayanım oranı en az altı katlı binalarda görülmektedir. Bunun nedeni üç katlı binaların tasarımı sırasında, pek çok elemanın tasarımının yönetmelikte yer alan minimum boyutlar ve boyuna donatı oranları tarafından kontrol edilmesidir. Üç katlı binalarda minimum kesit boyutları ve donatı oranları için tarif edilen koşullar, statikçe gerekli olan değerlerin üzerindedir. Ayrıca deprem etkilerinin bu binaların tasarımı üzerinde göreceli olarak daha az etkisi olduğunu söylemekte mümkündür. Bu durum kesitlerin gereğinden fazla büyük tasarlanmasına sebep olmaktadır. Fakat 4, 5 ve 6 katlı binalara doğru gidildikçe kesit boyutlarının ve donatılarının çoğunu yönetmelikte yer alan minimum donatı oranları belirlememektedir. Özellikle 6 katlı binaların alt katlarındaki betonarme kolonların tasarımı, bu binalara gelen kesit tesirleri ve eksenel yük düzeyi tarafından kontrol edilmektedir. Bu sebepten dolayı dayanım fazlalığı, alt katlarda yatay dayanım oranı arttıkça veya periyod yükseldikçe düşmektedir. Bu yüzden az katlı yapıların, çok katlı yapılara göre daha yüksek yatay dayanım oranına sahip olduğunu söylemek mümkündür.

6.2. İncelenen Binalarda Yatay Ötelenme Oranlarının Durumu

ATC40 (Applied Technology Council, 1996) yaklaşımı ile iki doğrulu hale getirilen kapasite eğrilerinden bulunan akma anındaki deplasman değeri, bina yüksekliklerine bölünerek birimsiz hale getirilmiştir. Her bir model için yapılan bu işlemin ardından Δ_y/H değerlerinin kat sayılarına göre dağılımları incelenmiştir.

Şekil 6.5’de görüldüğü gibi tüm binaların akma seviyesine karşılık gelen ötelenme oranları arasında çok ciddi farklılıklar bulunmamaktadır. Binaların akma anına Şekilde karşılık gelen yatay ötelenme oranları (Δ_y/H) benzer seviyelerde oluşmaktadır. Gösterilen (Δ_y/H) değerleri çatlama kırış rijitliği göz önüne alınarak hesaplanan değerlerdir.

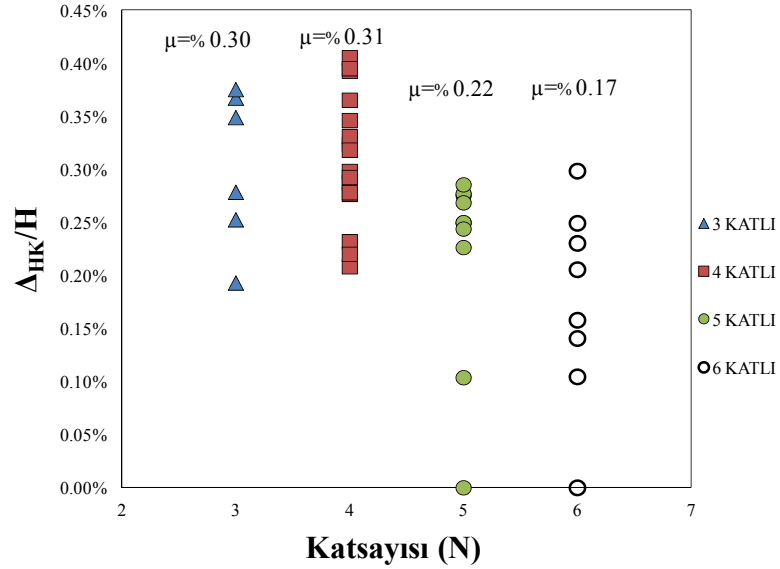


Şekil 6.5 Akma anına karşılık gelen ötelenme oranlarının kat sayılarına göre dağılımı

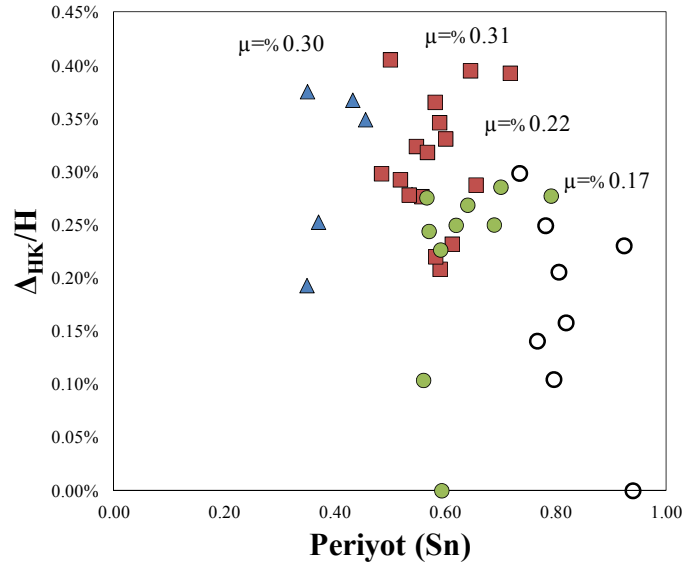
6.2.1. Yönetmelikte kullanılan performans seviyelerinin değerlendirilmesi

Beşinci bölümde Türk deprem yönetmeliğinde tarif edilen bina performans hedefleri ile bu hedeflerin kolon ve kirişlerde oluşan hasar durumları ile nasıl ilişkilendirildiği açıklanmıştır. Bu bölümde ise sırasıyla Hemen kullanım, Can güvenliği ve Göçme öncesi performans sınırlarına karşılık gelen ötelenme oranları ile yapısal parametreler arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. Kolon ve kirişler ile ilgili DBYYHY-2007’de hemen kullanım performans seviyesi için iki şart belirlenmiştir. Belirtilen şartlardan kritik olan yer değiştirme değeri (performans noktasını belirleyen en düşük yer değiştirme) performans sınırı olarak alınmıştır. Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de hemen kullanım performans seviyesi değerinin bina katsayılarına ve yapının birinci doğal titreşim periyoduna göre dağılımı görülmektedir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere çok katlı yapılarda hemen kullanım performans seviyesi binanın akma kapasitesine oldukça yakın çıkmakta ve hatta bazı binalarda hemen kullanım sınırına karşılık gelen ötelenme oranları, akma anına (Δ_y) karşılık gelen ötelenme sınırının da gerisinde kalmaktadır. Bu durum, özellikle çok katlı binalarda yer alan bazı kirişlerin kesme kapasitesinin üzerinde kuvvetlere maruz kalmasından ve hemen kullanım sınırını aşmasından

kaynaklanmaktadır. Statik ittirme analizinin henüz başlangıcında meydana gelen bu eleman hasarları sebebiyle hemen kullanım sınırına karşılık gelen ötelenme oranı oldukça küçülmekte ve akma sınırının da gerisinde kalmaktadır. DBYYHY-2007 hükümlerine göre hiçbir taşıyıcı elemanın gevrek hasar alması istenmemektedir.



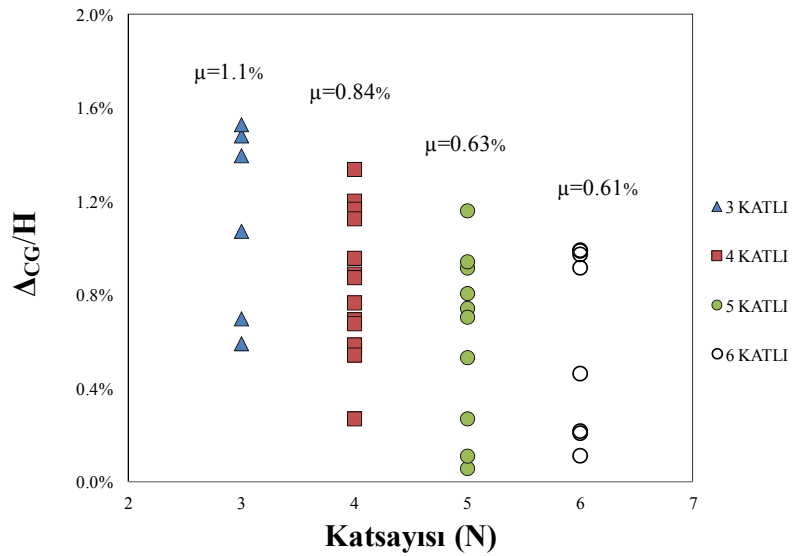
Şekil 6.6 Hemen kullanım performans seviyesinin katsayılarına göre dağılımı



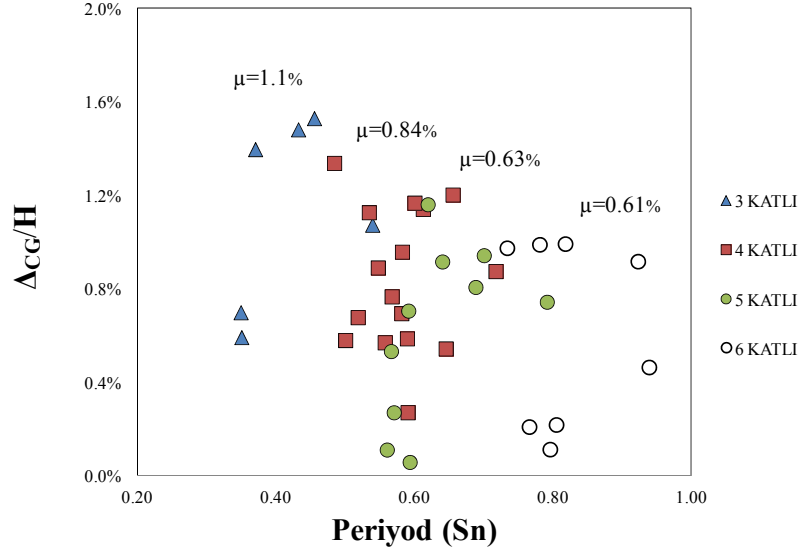
Şekil 6.7 Hemen kullanım performans seviyesinin periyoda göre dağılımı

Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de binaların katsayısı arttığı zaman hemen kullanım sınırına karşılık gelen ötelenme oranlarının bir miktar azaldığı görülmektedir. Kat sayısı arttıkça hemen kullanım sınırına karşılık gelen ötelenme oranlarının azalma eğilimi gösterilmektedir. Elde edilen ötelenme oranlarının dağılımına bakıldığında saçılımın yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.6).

Kolon ve kirişler ile ilgili DBYYHY-2007’de can güvenliği performans seviyesi için üç şart belirlenmiştir. Belirtilen şartlardan kritik olan yer değiştirme değeri (performans noktasını belirleyen en küçük yer değiştirme) performans sınırı olarak alınmıştır. Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da can güvenliği performans seviyesi değerinin bina katsayılarına ve yapının birinci doğal titreşim periyoduna göre dağılımı görülmektedir. Bu şekillerde de görüldüğü üzere 5 ve 6 katlı yapılarda can güvenliği performans düzeyinde bazı değerler sifıra çok yakın çıkmaktadır. Özellikle çok katlı yapılarda üst katlara doğru çıkıldıkça, kolon boyutları küçülmekte ve yetersiz sargılama sebebiyle üst katlardaki kolonlarda kesme hasarı oluşmaktadır. Bu durum binanın can güvenliği performans düzeyini gevrek kesme hasarının belirlemesine sebep olmaktadır.



Şekil 6.8 Can güvenliği performans seviyesinin katsayılarına göre dağılımı



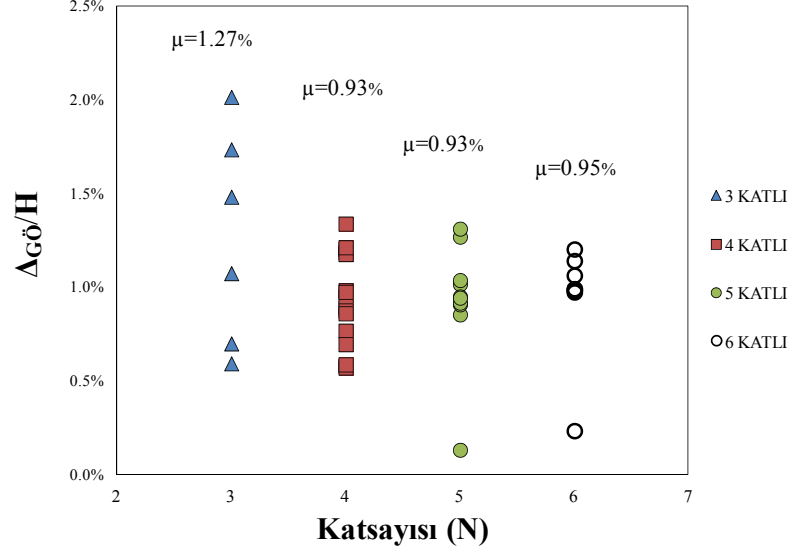
Şekil 6.9 Can güvenliği performans seviyesinin periyoda göre dağılımı

Can güvenliği performans seviyesi hedefine karşılık gelen yatay ötelenme oranları açısından bina yüksekliği arttıkça Can güvenliği performans sınırına karşılık gelen ötelenme oranlarının azalma eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür.

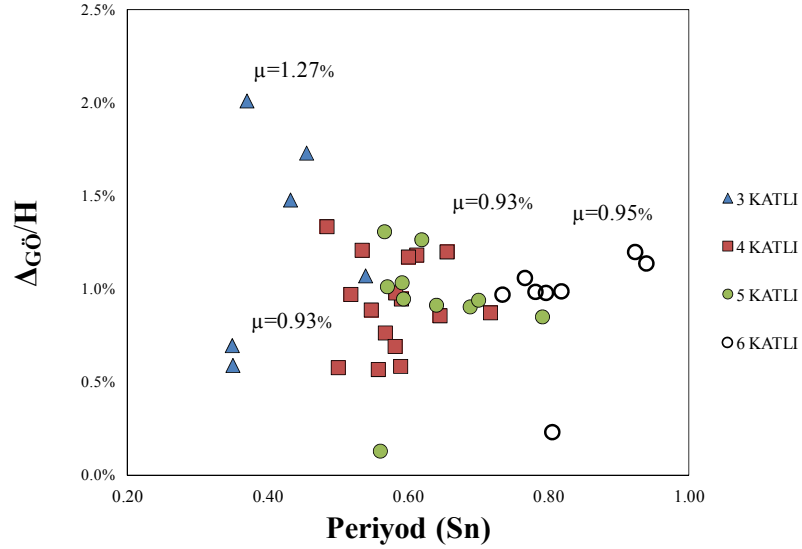
Kolon ve kirişler ile ilgili DBYYHY-2007’de göçme öncesi performans seviyesi için iki şart belirlenmiştir. Birinci şartta göçme belgesine geçen birincil kirişlerin sayısının o kattaki tüm kirişlerin sayısına oranı %20 ile sınırlandırılmıştır. İkinci şartta ise alt ve üst ucunda minimum hasar bölgesini geçen kolonların taşıdığı kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonların taşıdığı kesme kuvvetine oranının %30’u geçmemesi gerekmektedir. Tüm diğer taşıyıcı elemanların göçme bölgesini geçmesi istenir. Belirtilen şartlardan kritik olan yer değiştirme değeri performans sınırı olarak alınmıştır. Şekil 6.10’da göçme öncesi performans seviyesi değerinin bina katsayılarına ve Şekil 6.11’de göçme öncesi performans seviyesi değerinin yapının birinci doğal titreşim periyoduna göre dağılımı görülmektedir. Yapılan analizler neticesinde bu sınırların daha çok kolonlar tarafından belirlendiği gözlenmiştir. Bunun sebebi ise TYDY 1975’te kapasite tasarım ilkesinin yer almaması ve bu nedenle de kirişlerin kolonlardan daha güçlü olmasıdır.

Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de gösterilen değerler, çok katlı yapılarda göçme öncesi performans sınırına karşılık gelen ötelenme oranlarının kısmen de olsa düşme eğilimi gösterdiğini, fakat farklı kat seviyelerinde elde edilen değerlerin

varyasyonları arasında büyük farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. 3katlı binalarda göçme öncesine karşılık gelen ötelenme oranları %0.5 ile %2 arasında değişmektedir. 6 katlı binalarda bu değer %1 ile %1.5 arasında seyir ettiği belirlenmiştir.



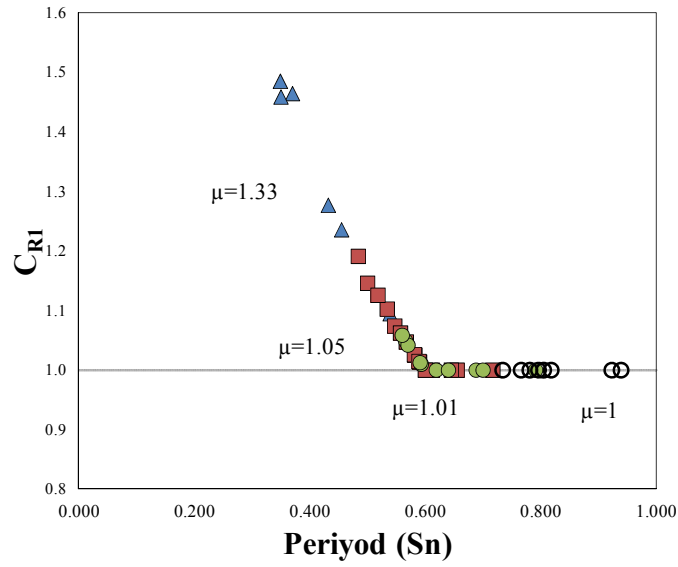
Şekil 6.10 Göçme öncesi performans seviyesinin katsayılarına göre dağılımı



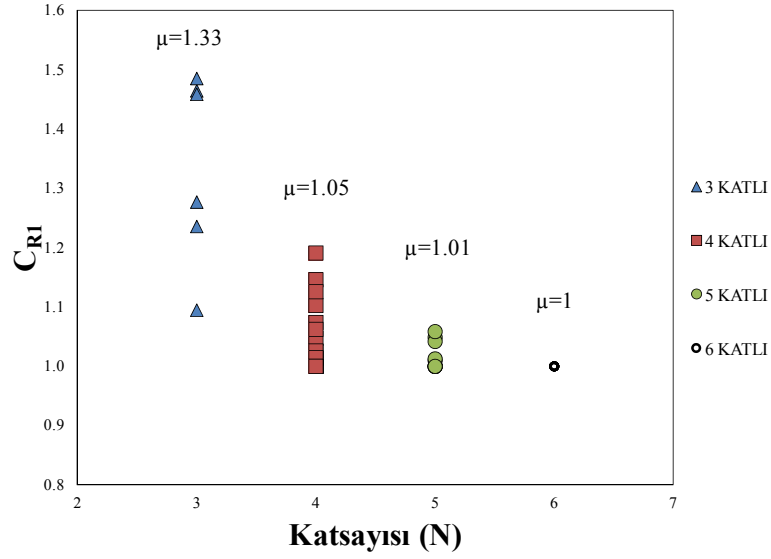
Şekil 6.11 Göçme öncesi performans seviyesinin periyoda göre dağılımı

6.2.2. Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranının değerlendirilmesi

şekil 6.12 ve şekil 6.13’de gösterilen  katlı binalar için hesaplanan C_r değerleri 1’in üzerindedir. Bu durum söz konusu binaların eş deplasman prensibine uymadığını göstermektedir ve bu  katlı binaların periyotları T_b ’nin gerisindedir. Dört katlı binalarda da benzer durum söz konusudur. Beş ve üzeri katlı binalarda ise C_r değerlerinin “1” olduğu görülmektedir. Bu durum çok katlı binalarda elastik ve elastik ötesi yerdeğiştirme taleplerinin zdeğ olduğunu ve bu binalarda eş deplasman kabulünün geçerli olduğunun göstermektedir.



şekil 6.12 Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranının periyoda göre değişimi

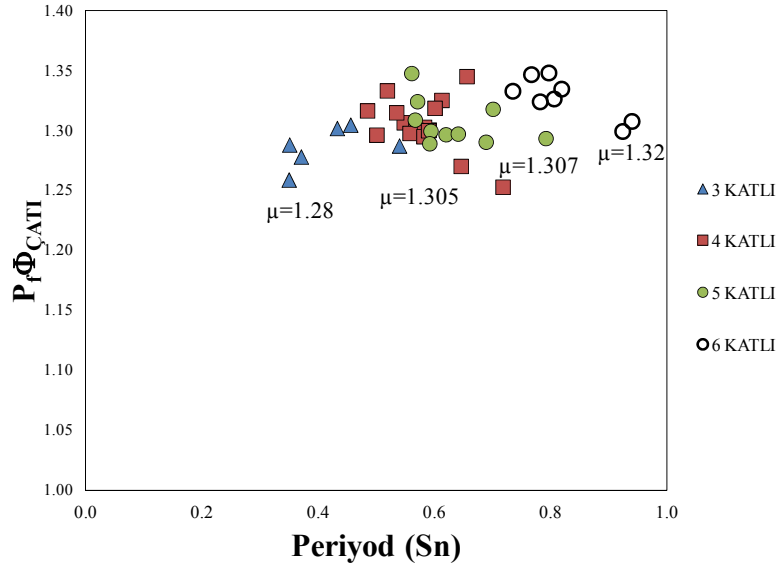


Şekil 6.13 Birinci moda ait spektral yer değıştirme oranının katsayısına göre değışimi

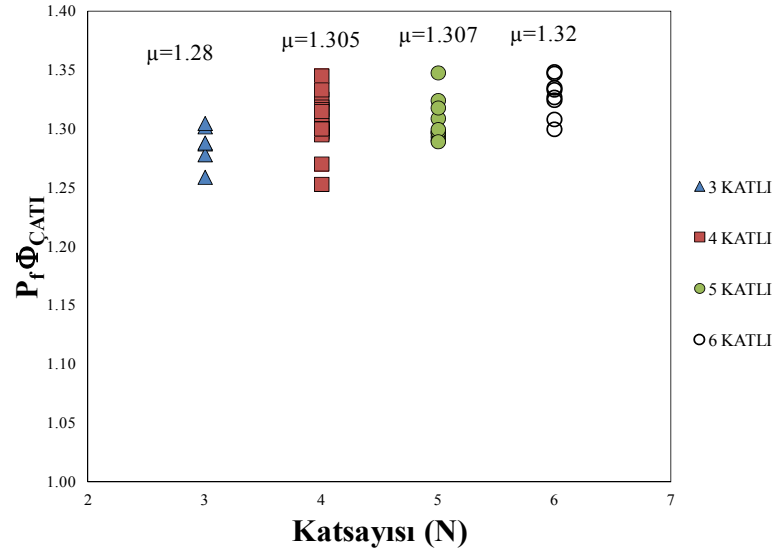
6.2.3. Tek ve çok serbestlik dereceli sistemlere ait yer değıştirmelerin karşılaştırılması

Bölüm 5.8.1’de çok serbestlik dereceli sistemlerin tek serbestlik dereceli sistemlere dönüşümü ile ilgili detaylar açıklanmıştı. Bu bölümde ise tek ve çok serbestlik dereceli sistemler için hesaplanan deplasman taleplerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’te görüldüğü gibi binaların hemen hemen hepsinde üçgene benzer bir dağılım vardır. 5.bölümde açıklandığı gibi $P_{f\phi_{1\text{çatı}}}$ değerleri eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem ile çok serbestlik dereceli sistem arasındaki deformasyonların oranını göstermektedir. Elde edilen değerler $P_{f\phi_{1\text{çatı}}}$ değerlerinin 1.25 ile 1.35 arasında değıştiğini göstermektedir.



Şekil 6.14 Tek serbestlik dereceli sistem ile gerçek sistem arasındaki deformasyonların farkının periyot ile değişimi



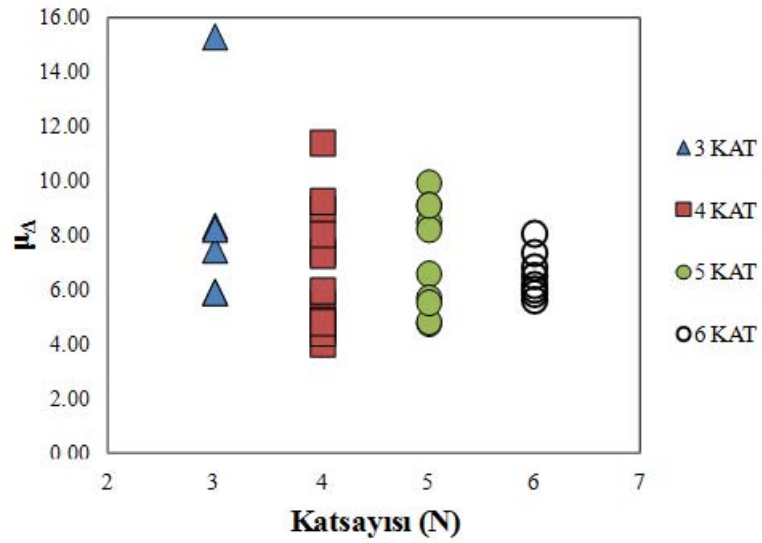
Şekil 6.15 Tek serbestlik dereceli sistem ile gerçek sistem arasındaki deformasyonların farkının katsayı ile değişimi

6.2.4. Birinci mod katılım oranının değerlendirilmesi

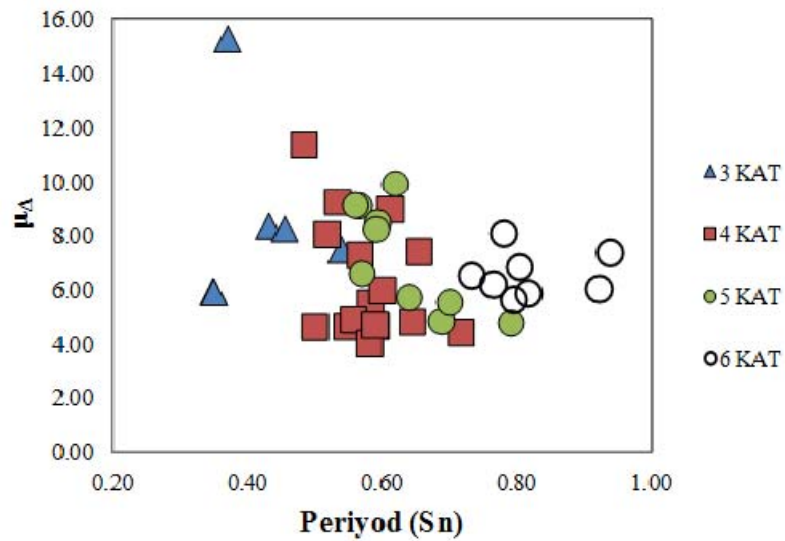
Şekil 6.16 ve Şekil 6.17 grafiğinde görüldüğü Birinci moda ait kütle katılım oranları (α_{m1}) ortalama olarak değerleri 0.81 ile 0.87 arasında değişmektedir. Bu durum yapılan tez çalışması kapsamında ele alınan orta

6.2.5. Deplasman sünekliğinin periyod ve katsayılara göre değişimi

Deplasman sünekliği, kapasitelerinin bina katsayısı ve periyoduna bağlı olarak değişimleri Şekil 6.18 ve Şekil 6.19’ da verilmektedir. Bu şekillerden de anlaşılacağı gibi süneklik kapasiteleri ile kat sayısı ve bina periyodu arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar incelenen binalarda deplasman sünekliği kapasitelerinin 4-8 arasında değiştiğini göstermektedir.



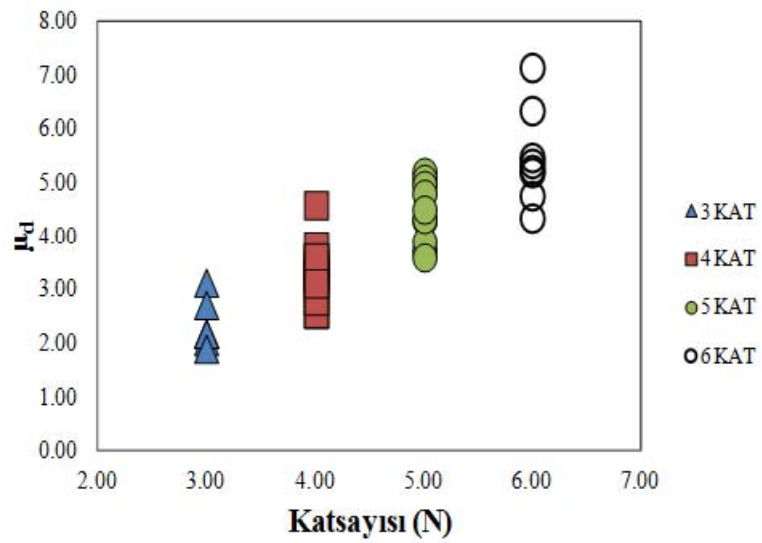
Şekil 6.18 Deplasman sünekliği kapasitesinin bina katsayısına göre değişimi



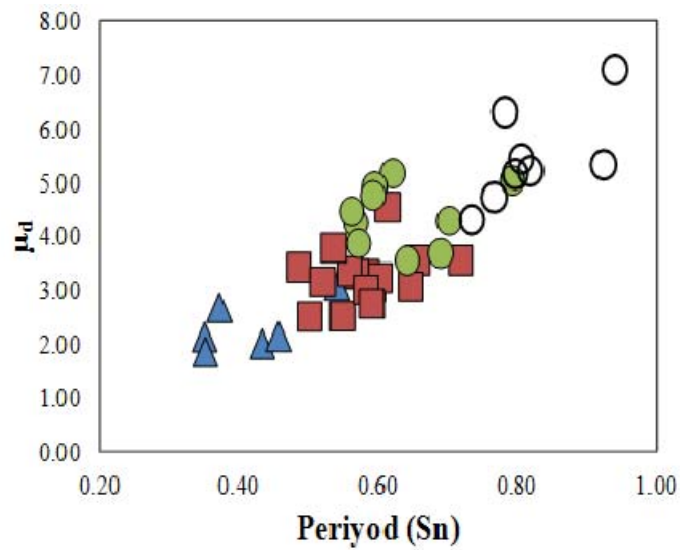
Şekil 6.19 Deplasman sünekliği kapasitesinin periyoda göre değişimi

6.2.6. Deplasman talebi sünekliğinin periyod ve katsayılara göre değişimi

Deplasman sünekliği talebinin bina katsayısı ve periyoduna göre değişimleri Şekil 6.20 ve Şekil 6.21’ de verilmektedir. Bu şekillerden de görüleceği gibi kat sayısı arttıkça periyod artmakta, periyod arttıkça da süneklik talebi artmaktadır. Ortaya çıkan bu durum 2007 tarihli Deprem Bölgerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğine göre yapılan deplasman (S_d) talebi hesabının bir sonucudur.



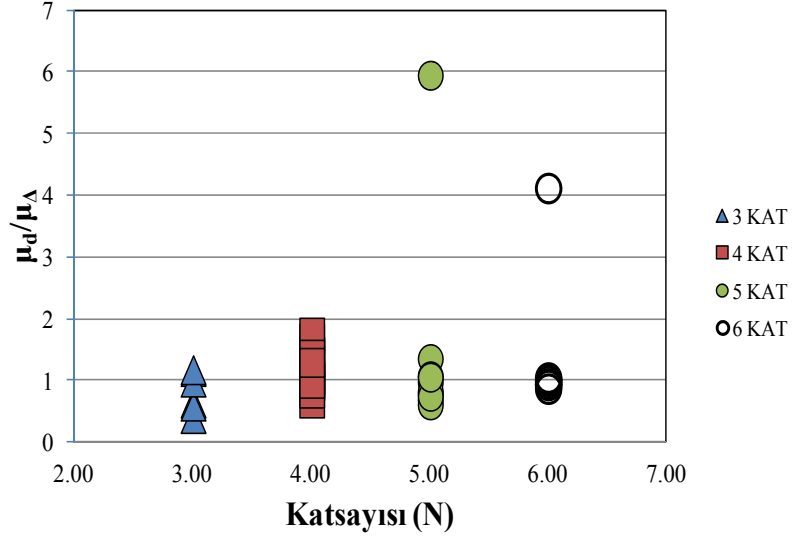
Şekil 6.20 Deplasman sünekliği talebinin katsayısına göre değişimi



Şekil 6.21 Deplasman sünekliği talebinin periyod göre değişimi

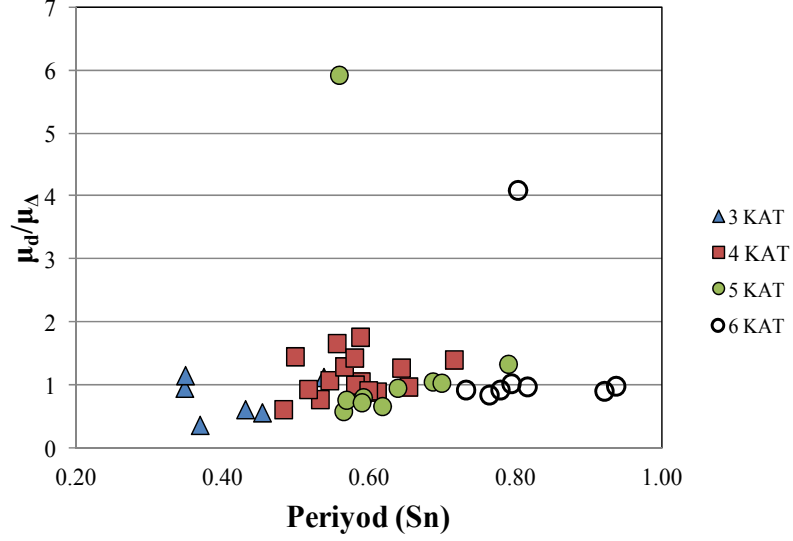
6.2.7. Deplasman sünekliği talebi ile deplasman sünekliği kapasitesinin periyod ve bina katsayılarına göre karşılaştırılması

Deplasman sünekliği talebinin deplasman sünekliği kapasitesine oranı bina katsayı ile değişmemektedir. Şekil 6.22’ de deplasman sünekliği talebinin deplasman sünekliği kapasitesine oranı, yaklaşık olarak 0.5 ile 1.5 arasında değerler almaktadır.



Şekil 6.22 Deplasman sünekliği talebinin Deplasman sünekliğine oranının katsayı ile değişimi

Süneklik talebi süneklik kapasitesi oranlarının periyod ile değişimi Şekil 6.23’ te verilmektedir. Grafik değerleri analiz yönlerinde verildiği için 1’in altında değerler vardır. Ama bina bazında incelediğimizde binalarımızın büyük bir çoğunluğu can güvenliği performans düzeyini sağlamamaktadır.



Şekil 6.23 Deplasman sünekliği talebi Deplasman sünekliğine oranının periyod ile değişimi

6.3. Bina Performanslarının Değerlendirilmesi

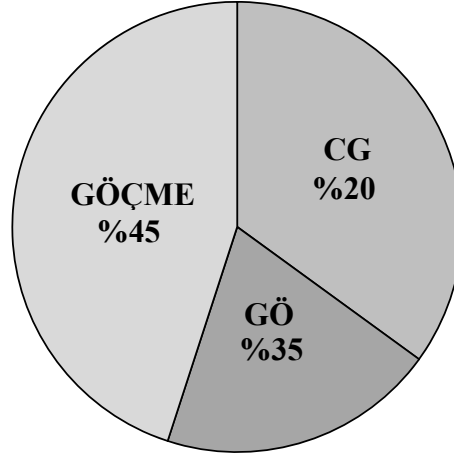
Yapıların performans hesabı sırasında DBYYHY-2007 Bölüm-7’de belirtilen doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılmış ve binaların yer değiştirme kapasiteleri ile binalarda oluşan yer değiştirme talepleri karşılaştırılmıştır. Tablo 6.2’de binalara ait hesaplanan performans düzeylerinin dağılımı görülmektedir.

Tablo 6.2 Analizler sonucunda bina performans düzeyleri

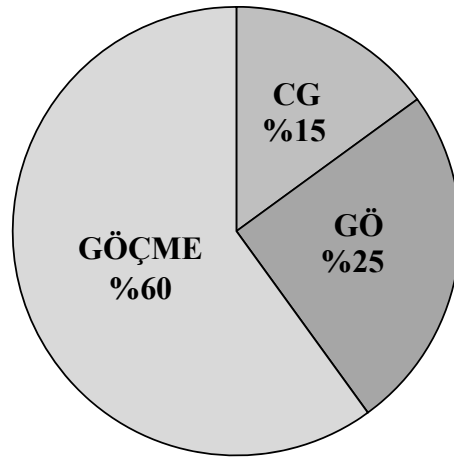
BİNA PERFORMANSI	SAYI
HEMEN KULLANIM PERFORMANS DÜZEYİ	0
CAN GÜVENLİĞİ PERFORMANS DÜZEYİ	3
GÖÇME ÖNCESİ PERFORMANS DÜZEYİ	5
GÖÇME PERFORMANS DÜZEYİ	12
TOPLAM	20

Şekil 6.24’de binaların performans hesabı sonucunda elde edilen performans değerlerinin analiz yönlerine göre dağılımı (X ve Y), Şekil 6.25’de ise bina performans değerlerinin bina bazında dağılımı gösterilmektedir. Şekil 6.25’den de görüldüğü gibi 1975 yönetmeliğine göre yapılan binaların projelerine

uygun olarak en iyi şartlara göre inşaa edilmiş olsalar dahi, tez kapsamında tasarımı yapılan binalarının % 85'nin yönetmelikte belirtilen can güvenliği performans hedefini sağlamadığı belirlenmiştir.



Şekil 6.24 Analiz sonucunda elde edilen analiz yönüne göre bina performanslarının dağılımı



Şekil 6.25 Analiz sonucunda elde edilen analiz yönüne göre bina performanslarının dağılımı

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma mevcut yapı stoğumuzun büyük bir çoğunluğunu oluşturan betonarme yapıların deprem performansını araştırmak için yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda ABYYHY-1975 hükümlerine göre tasarımılandırılmış ve halen kullanılmakta olan 3, 4, 5 ve 6 katlı 20 adet bina seçilmiştir. Binalara ait betonarme statik projeler incelenmiş ve binalara ait analiz modelleri oluşturulmuştur. Yapıların performans hesabı sırasında DBYYHY-2007 Bölüm-7'de belirtilen doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılmış ve binaların yer değiştirme kapasiteleri ile binalarda oluşan yer değiştirme talepleri karşılaştırılmıştır. Binaların kapasite eğrileri incelenmiş, periyodlarının 0.35 ile 0.95 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İncelenen binaların büyük çoğunluğu 3,4 ve 5 katlı binalardan oluşmaktadır. Dolayısıyla bunlar az ve orta yükseklikte binalar grubunda değerlendirilecek yapılardır. Geçmiş depremlerden sonra karşı karşıya kaldığımız yetersiz malzeme kalitesi ve yetersiz işçilik hatalarının da eklenmesi durumunda elde edilen bu performans sonuçlarının en iyimser durumu yansıttığını söylemek mümkündür.

Binalara ait performans bölgelerinin belirlenmesinin ardından yapısal parametrelerin bina periyodu ve kat sayısı ile ilişkileri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Tüm yapıların yatay dayanım/bina ağırlığı oranları değerlendirildiğinde, yatay dayanımı oranı ortalamasının 0.11~ 0.24 değerleri arasında değiştiğini ve artan periyot değeri ile hızla azaldığı görülmüştür. Bu durumun nedeni az katlı yapılardaki taşıyıcı sistem elemanların boyutlarının deprem etkilerinden çok yönetmeliğin belirlediği minimum eleman boyutlarına göre belirlenmesidir.
- Tez kapsamında analiz edilen binaların akma seviyesine karşılık gelen ötelenme oranlarının kat sayıları ile olan ilişkisi incelendiğinde binaların akma anına karşılık gelen yatay ötelenme oranlarının (Δ_y/H) benzer seviyelerde (%0.16~%0.19) olduğu görülmüştür.

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007 Bölüm 7’de belirtilen performans düzeylerinin bina katsayıları ve periyodları ile değişimine bakıldığında, Hemen Kullanım sınırına karşılık gelen ötelenme oranlarının kat sayısı arttıkça bir miktar azaldığı görülmüştür. Analizlerde elde edilen ötelenme oranlarının periyod ile olan ilişkisine bakıldığında ise dağılımına bakıldığında saçılımın yüksek olduğu gözlenmiştir. Can güvenliği performans seviyesi hedefine karşılık gelen yatay ötelenme oranlarının bina yüksekliği ile olan ilişkisine bakıldığında ise bina yüksekliği artışının Can Güvenliği performans sınırına karşılık gelen ötelenme değerini azalttığı görülmüştür. Bu durumun nedeni ise yüksek katlı yapılarda kolon boyutlarının üst katlara doğru küçülmesi ve kesme etkileri nedeniyle yapının deplasman yapma kapasitesinin düşmesidir. Çok katlı yapılarda göçme öncesi performans sınırına karşılık gelen ötelenme oranlarının aynı seviyelerde (%1) olduğu gözlenmiştir.
- Az katlı (3 ve 4) binalar için hesaplanan C_r değerlerinin 1’in üzerinde olduğu görülmüştür. Bu durum az katlı binaların eş deplasman prensibine uymadığını göstermektedir. Beş ve üzeri katlı binalarda ise C_r değerleri “1” seviyesine inmektedir. Bu durum çok katlı binalarda elastik ve elastik ötesi yerdeğiştirme taleplerinin özdeş olduğunu ve bu binalarda eş deplasman kabulünün geçerli olduğunun göstermektedir.
- Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem ile çok serbestlik dereceli sistem arasındaki deformasyonların oranlarının ($P_r\phi_{1\text{çati}}$ değerleri) 1.25 ile 1.35 arasında değiştiği görülmektedir.
- Birinci moda ait kütle katılım oranlarının (α_{m1})ortalamasına bakıldığında artan kat sayısı ile kütle katılım oranlarında azalma olduğu görülmüştür. Bununla birlikte incelenen binalarda kütle katılım oranlarının 0.80~ 0.85 arasında değerler aldığı belirlenmiştir. Yaklaşık hesaplamalar için bu değerlerin kullanılmasının yeterli olacağı anlaşılmaktadır.
- Deplasman sünekliği, kapasitelerinin bina katsayısı ve periyoduna bağlı olarak değişimleri incelendiğinde, süneklik kapasiteleri ile kat sayısı ve bina periyodu arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı görülmüş, deplasman sünekliği kapasitelerinin 4~8 arasında değiştiği belirlenmiştir.

- Deplasman sünekliği talebinin deplasman sünekliği kapasitesine oranı ile bina katsayı arasında anlamlı bir ilişki gözlenememiştir.

8. KAYNAKLAR

ABYYHY-1975, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (1975).

ABYYHY-1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (1998).

ATC-40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, Redwood City, California, (1996).

Akkar, S., Sucuoglu, H., Yakut, A., Displacement based fragility functions for low- and mid-rise ordinary concrete buildings, Earthquake Spectra, 21(4):901-927, (2005).

Bommer J. J., Elnashai A. S., 1998, Displacement Spectra For Seismic Design, Journal of Earthquake Engineering, Vol.3, No.1 1-32, (1999).

DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (2007).

FEMA-308, The Repair of Earthquake Damage Concrete and Masonry Wall Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, (1999).

FEMA-356, Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, (2000).

FEMA-440, Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington, (2005).

Freeman, S.A., Development and Use of Capacity Spectrum Method, Proceedings of the Sixth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Seattle, Washington, (1998).

Gülkan, P., Sözen, M.A., Ersoy, U., Yorulmaz, M. Ve Aşkar, G., Betonarme Binaların Güvenliğinin Tespiti için Alternatif Yaklaşım, Türkiye Deprem Vakfı Yayınları, TDV/TR 97-011, İstanbul, (1997).

Gülkan, P. And Sözen, M.A., Procedure for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, (1999).

Hassan, A. F. and Sözen, M.A., Seismic Vulnerability Assesment of Low –Rise Building in Region with Infrequent Eartquakes, Structural Journal of American Concrete Institute, Vol.94(1), 31-39, (1997).

İnel, M., Özmen, H.B., Bilgin, H., Re-evaluation of building damage during recent earthquakes in Turkey, *Engineering Structures*, Article in Press, (2007).

Kırçıl, M. S., Polat, Z., Fragility Analysis of Mid-rise R/C Frame Buildings, *Engineering Structures*, 28:1335-1345, (2006).

Özmen, H. B., “Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Parametrelerin Yapı Performansı Üzerindeki Etkilerin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Anabilim, Denizli, (2001).

Paulay, T., Priestley, M.J.N., Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, Wiley, New York, (1992).

Park, R. and Paulay, T., Reinforced Concrete Structures, New York. *John Wiley & Sons*; 769 pp, (1975).

Park, R., Priestley, M.J.N. and Gill, W.D. “Ductility of Square-Confined Concrete Columns,” *Journal of Structural Division, ASCE*, 108, No. ST4, Apr., pp. 929-950, (1982).

Priestley, M.J.N., Seible, F. and Calvi G.M.S., Seismic Design and Retrofit of Bridges, New York, *John Wiley & Sons*, (1996),

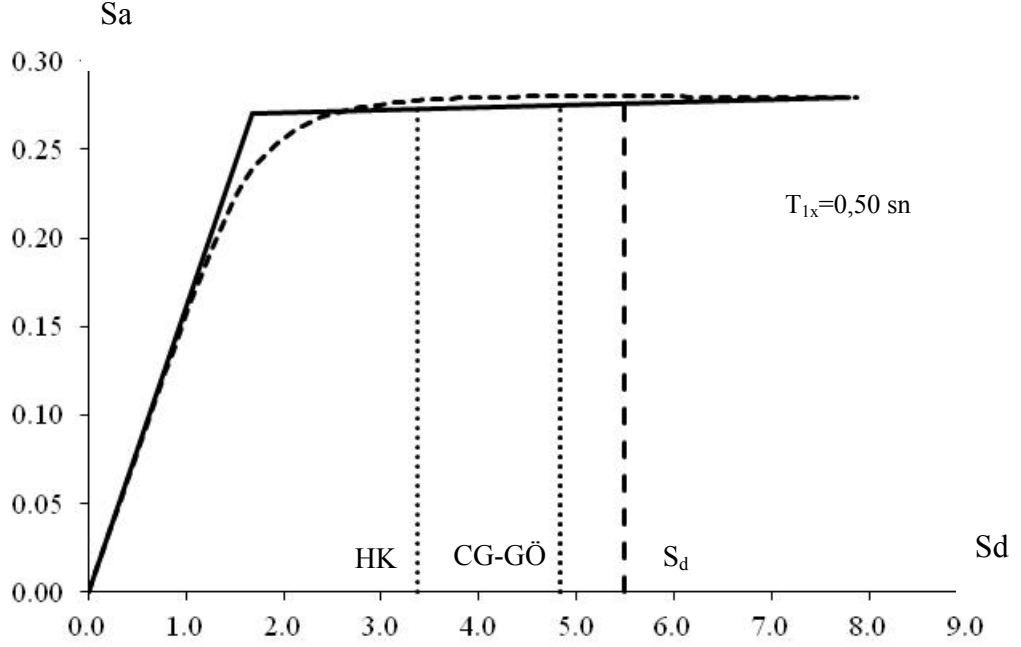
SAP2000 V-11 CSI., Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Berkeley, USA, (2010).

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

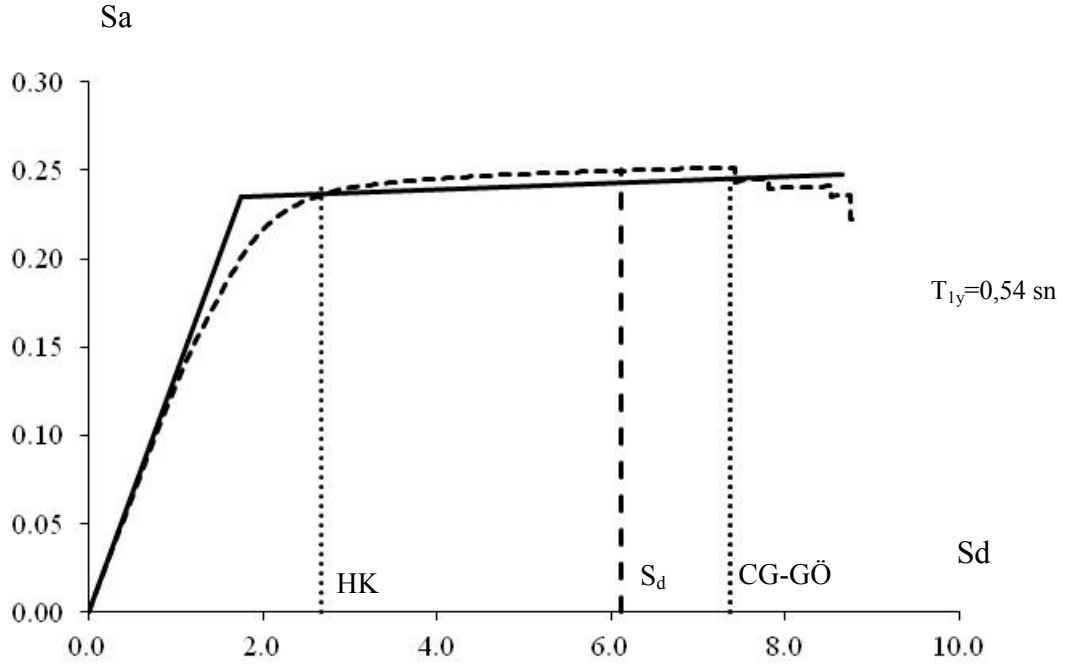
EKLER

9. EKLER

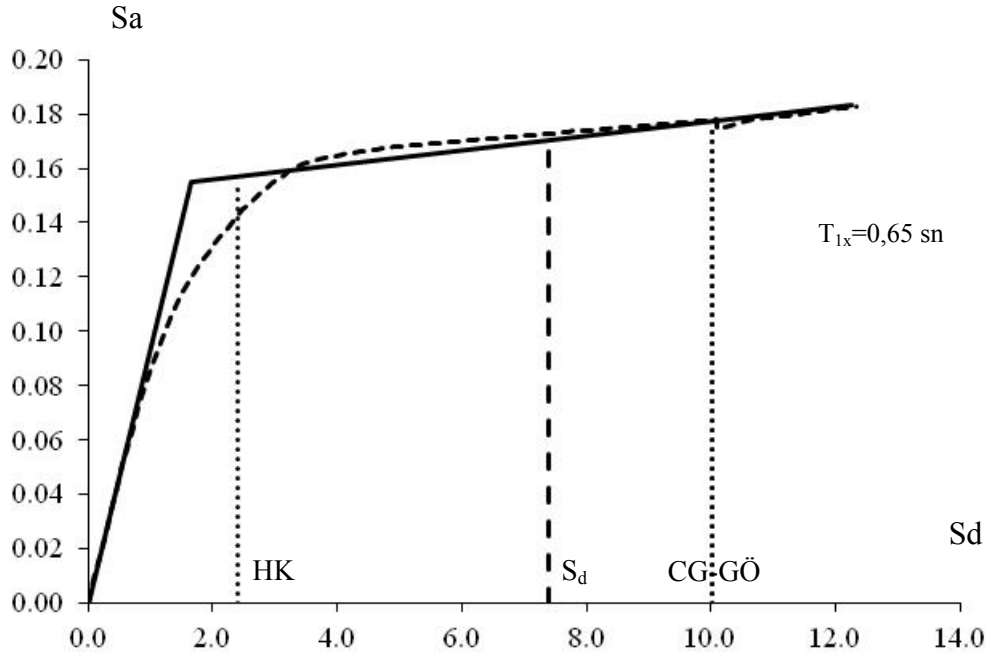
EK A



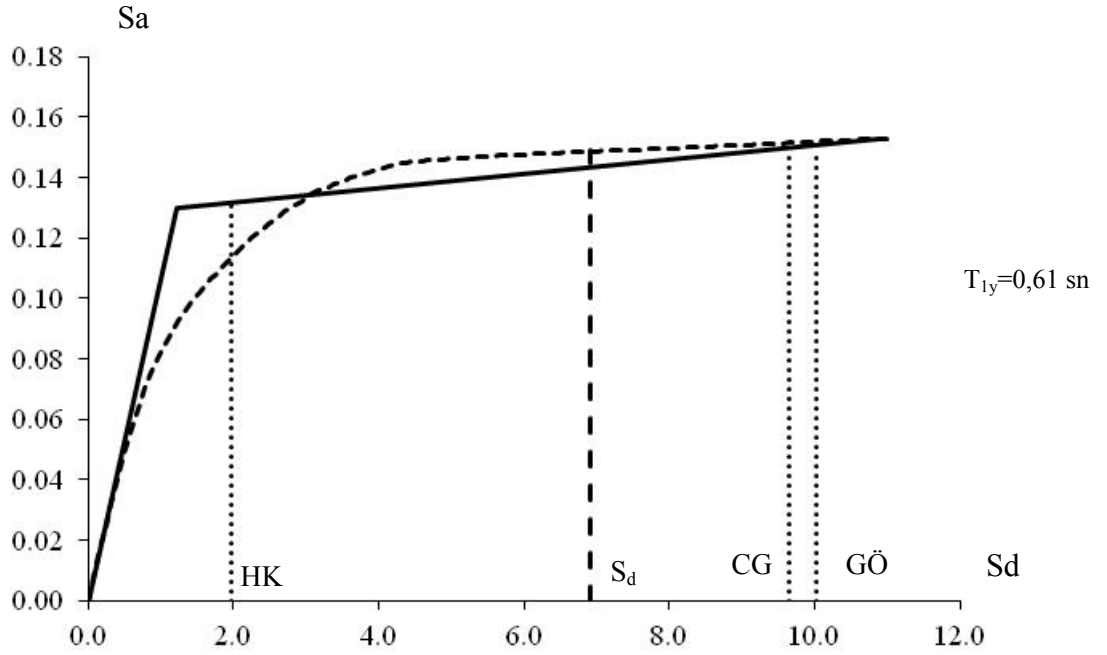
Şekil 9.1 4K-B4-X nolu binanın kapasite eğrisi



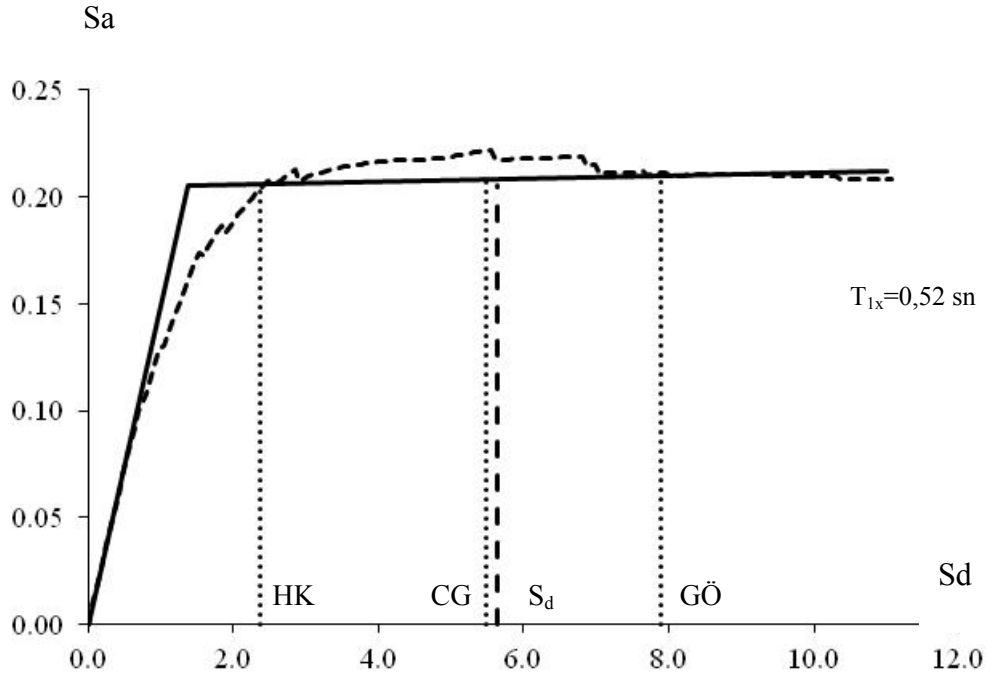
Şekil 9.2 4K-B4-Y nolu binanın kapasite eğrisi



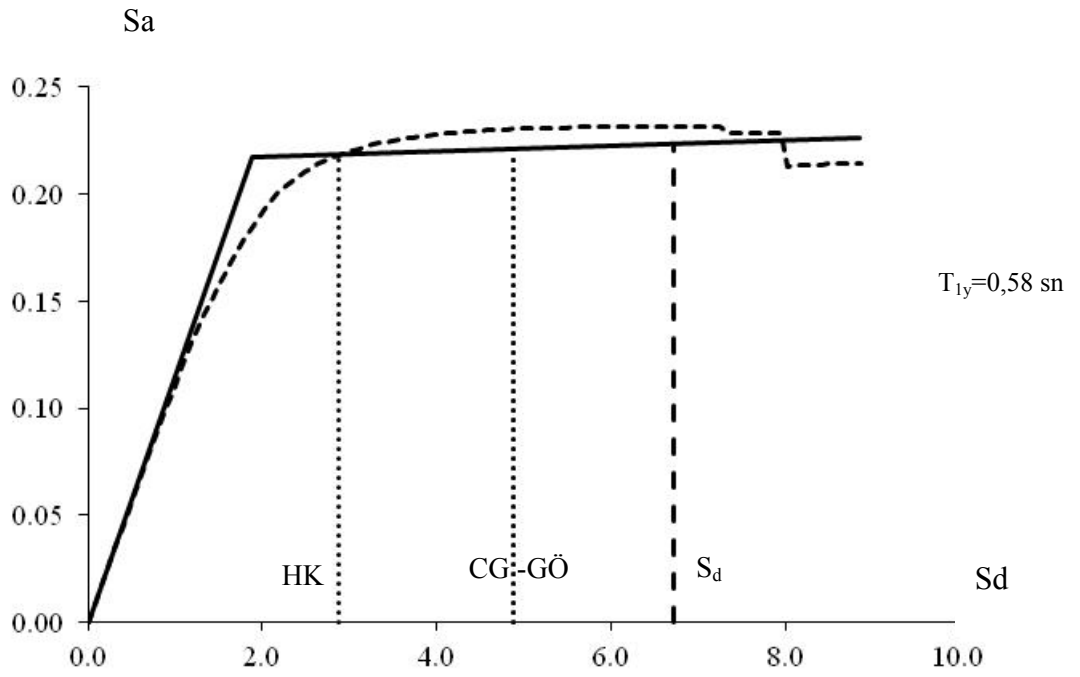
Şekil 9.3 4K-B5-X nolu binanın kapasite eğrisi



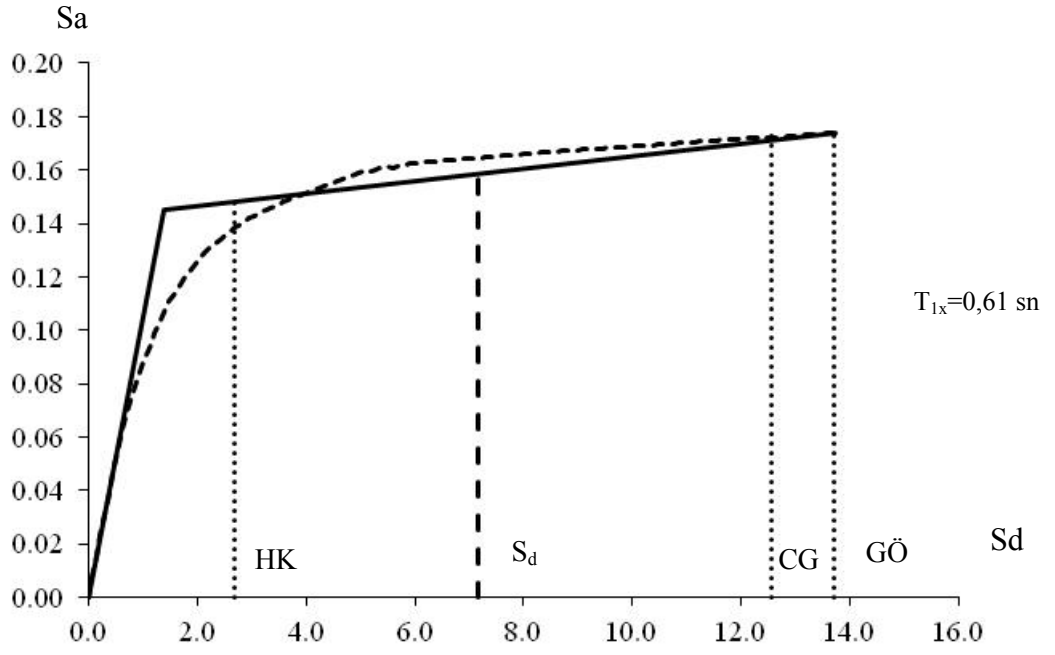
Şekil 9.4 4K-B5-Y nolu binanın kapasite eğrisi



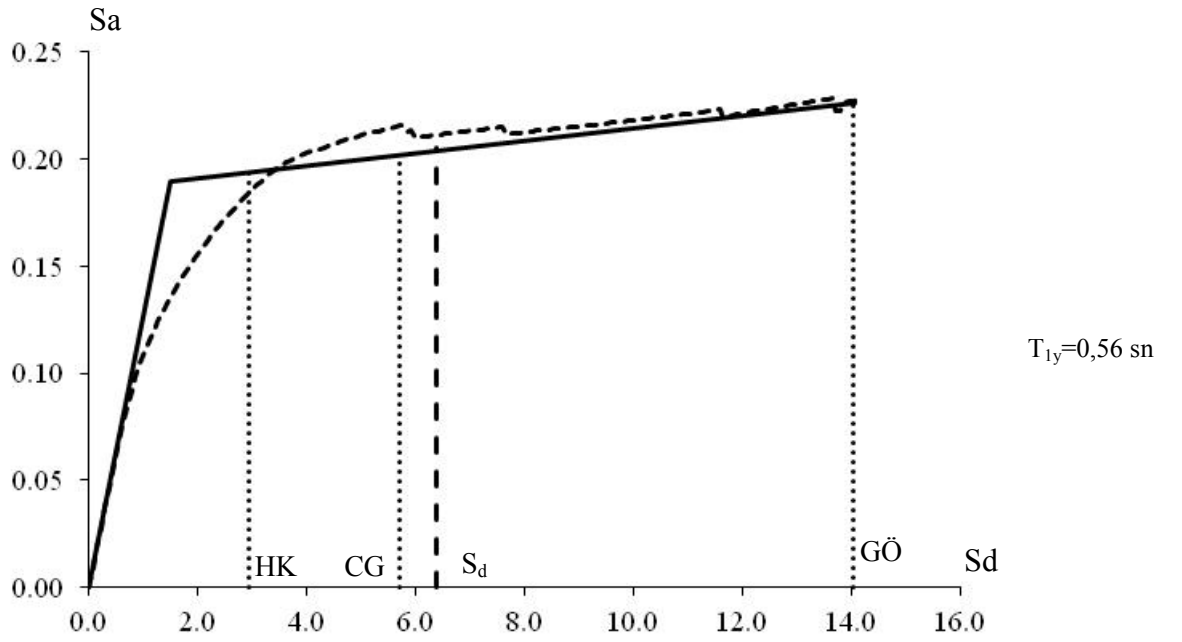
Şekil 9.5 4K-B10-X nolu binanın kapasite eğrisi



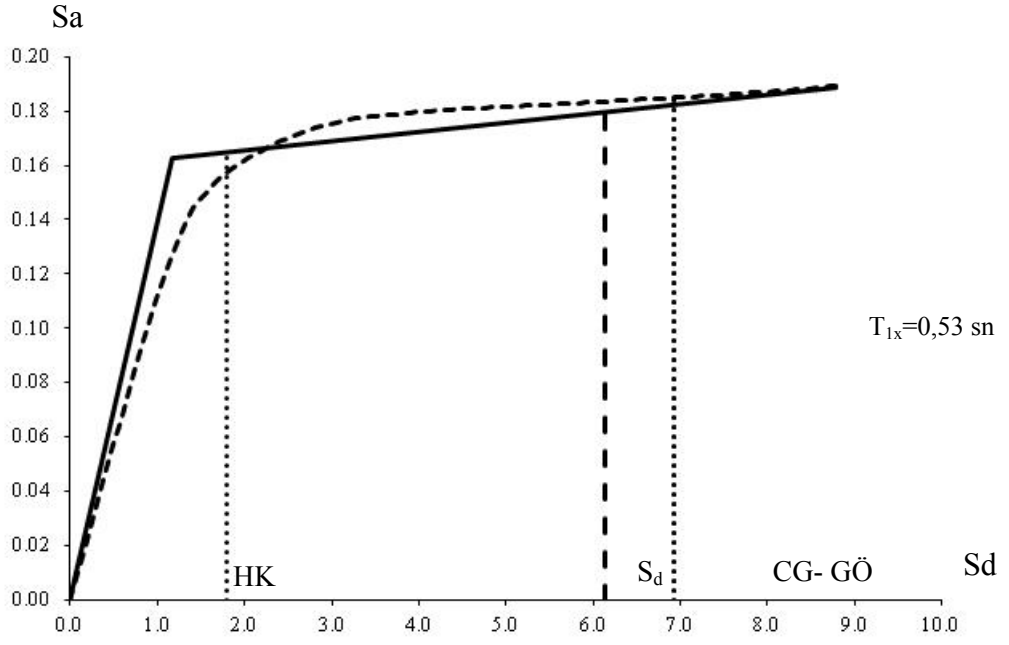
Şekil 9.6 4K-B10-Y nolu binanın kapasite eğrisi



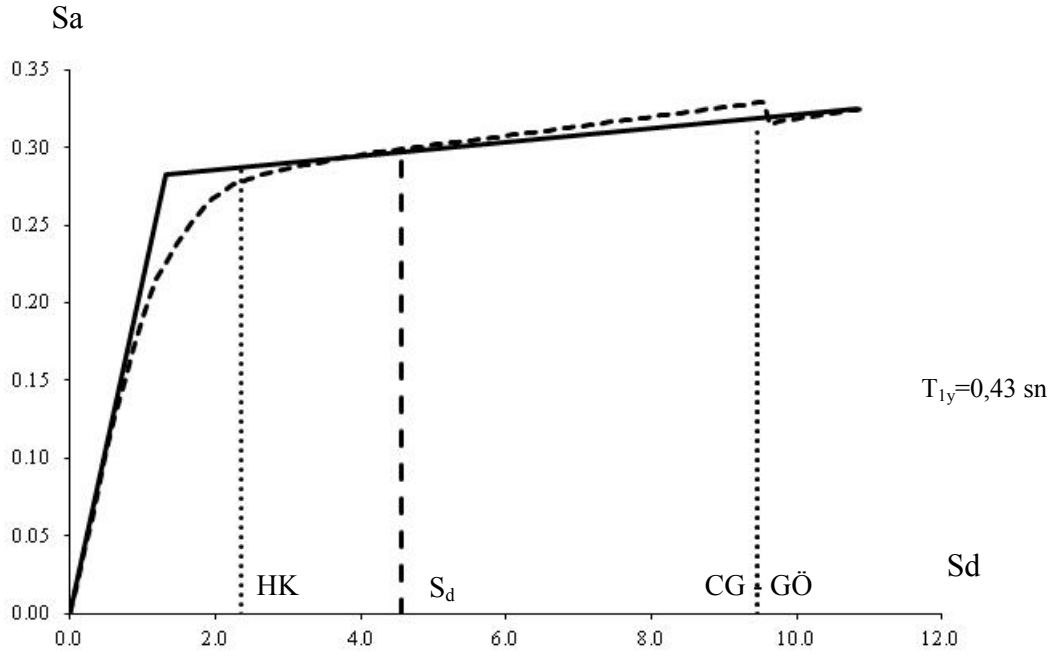
Şekil 9.7 5K-B12-X nolu binanın kapasite eğrisi



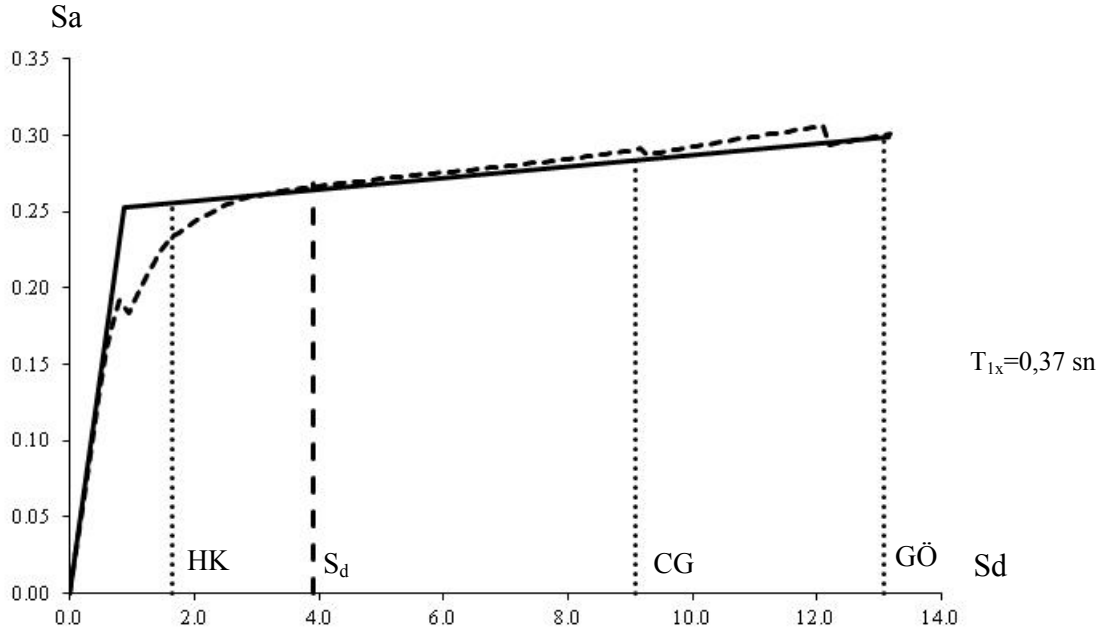
Şekil 9.8 5K-B12-Y nolu binanın kapasite eğrisi



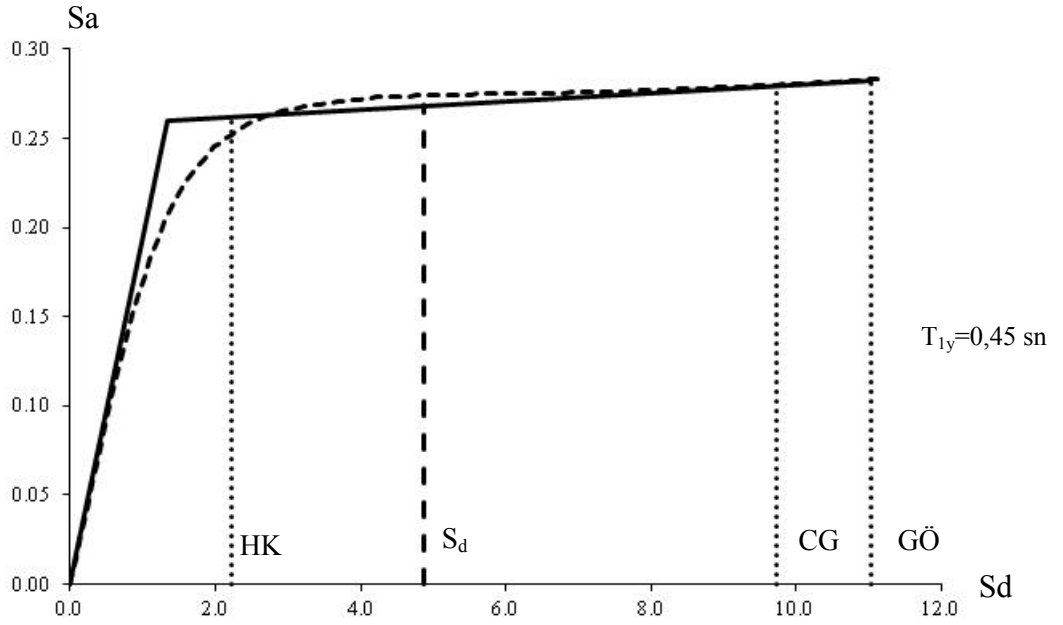
Şekil 9.9 3K-B1-X nolu binanın kapasite eğrisi



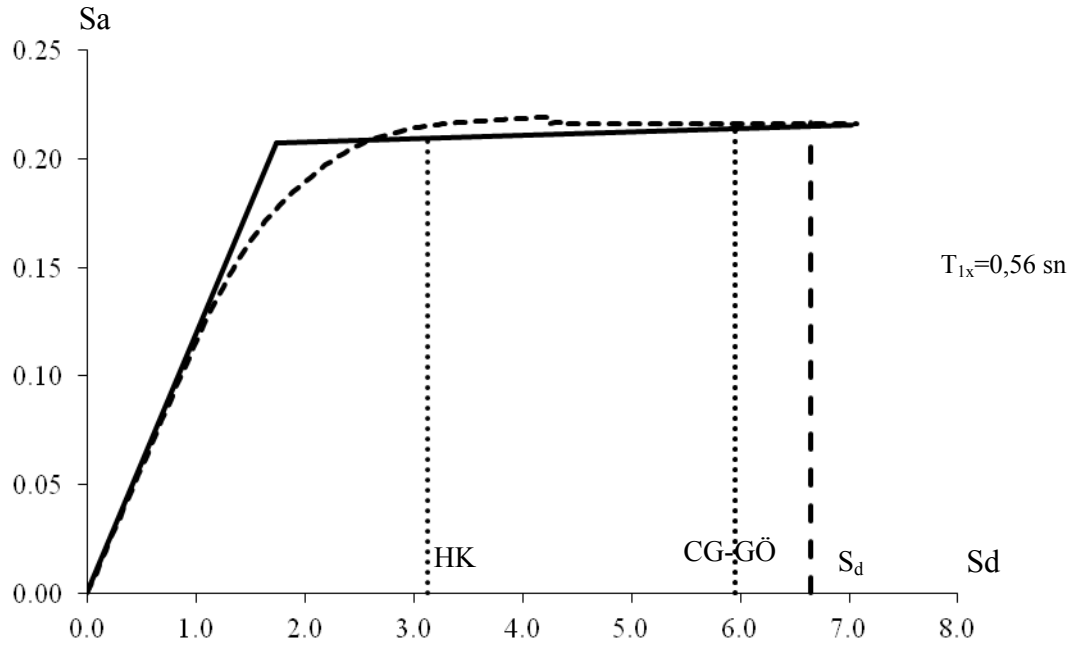
Şekil 9.10 3K-B1-Y nolu binanın kapasite eğrisi



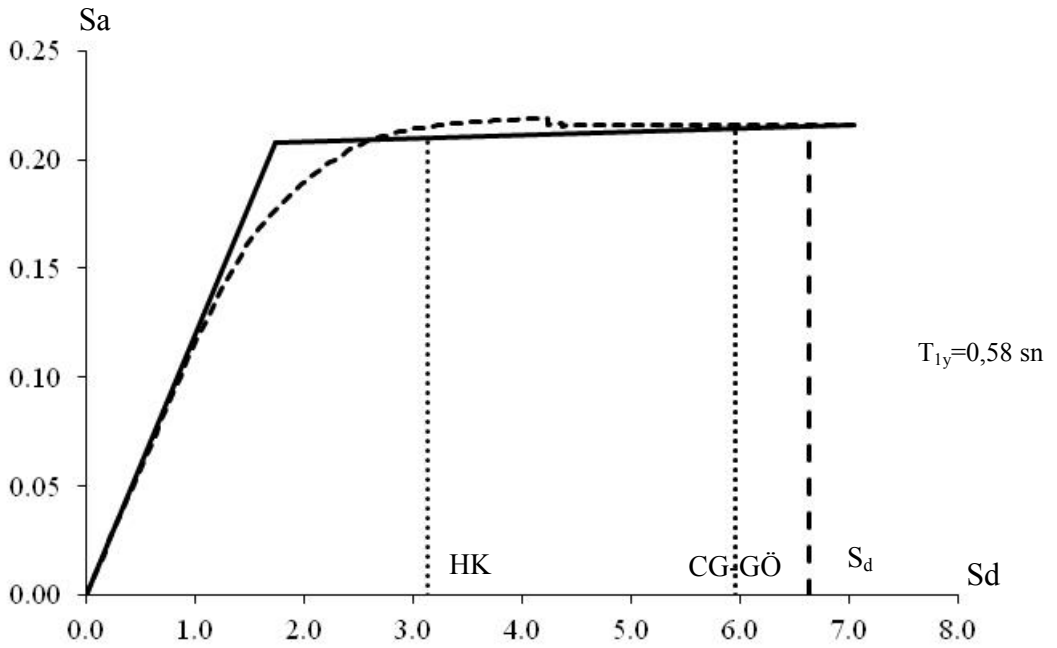
Şekil 9.11 3K-B2-X nolu binanın kapasite eğrisi



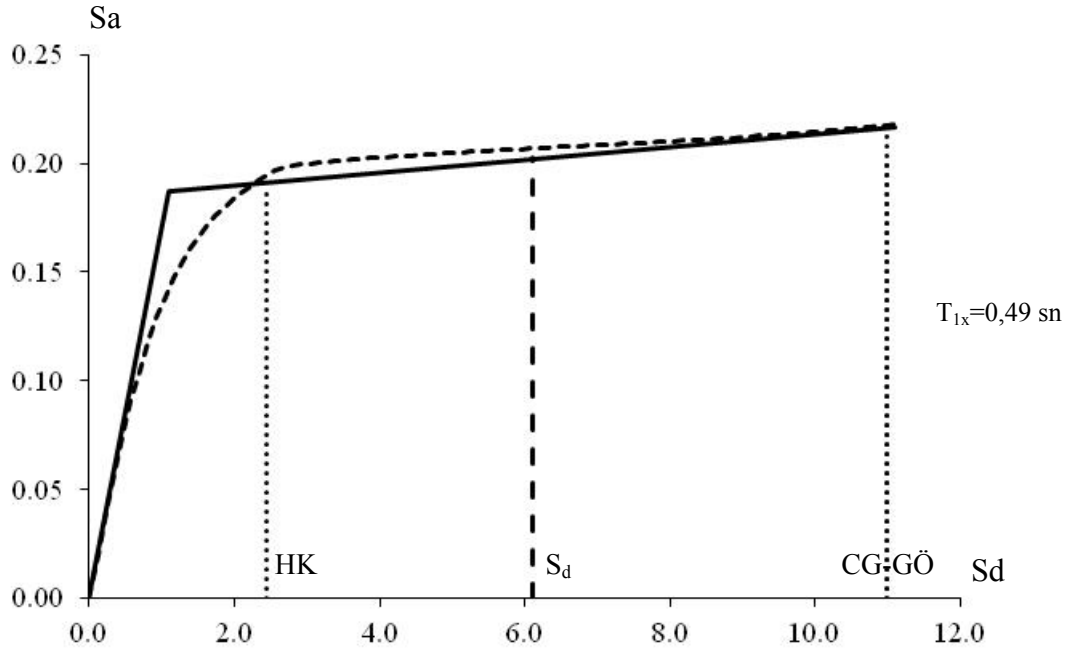
Şekil 9.12 3K-B2-Y nolu binanın kapasite eğrisi



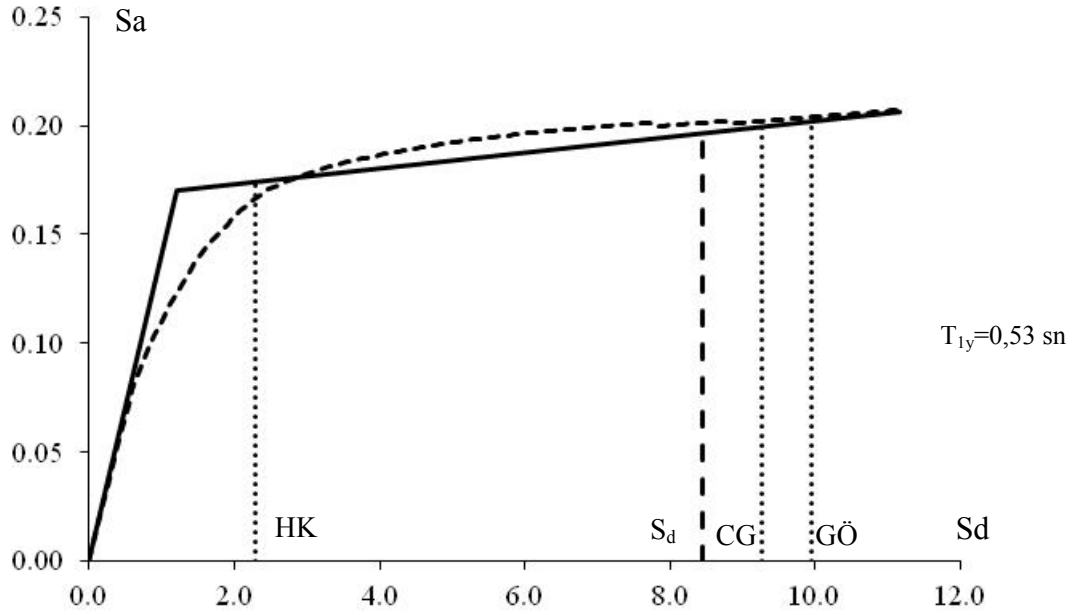
Şekil 9.13 4K-B8-X nolu binanın kapasite eğrisi



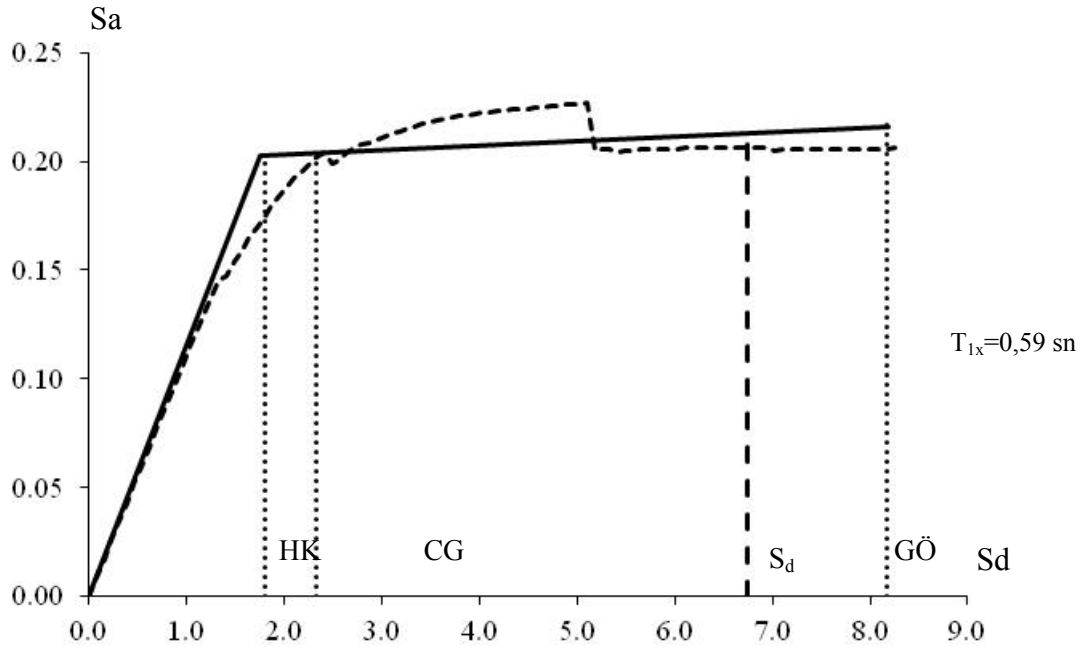
Şekil 9.14 4K-B8-Y nolu binanın kapasite eğrisi



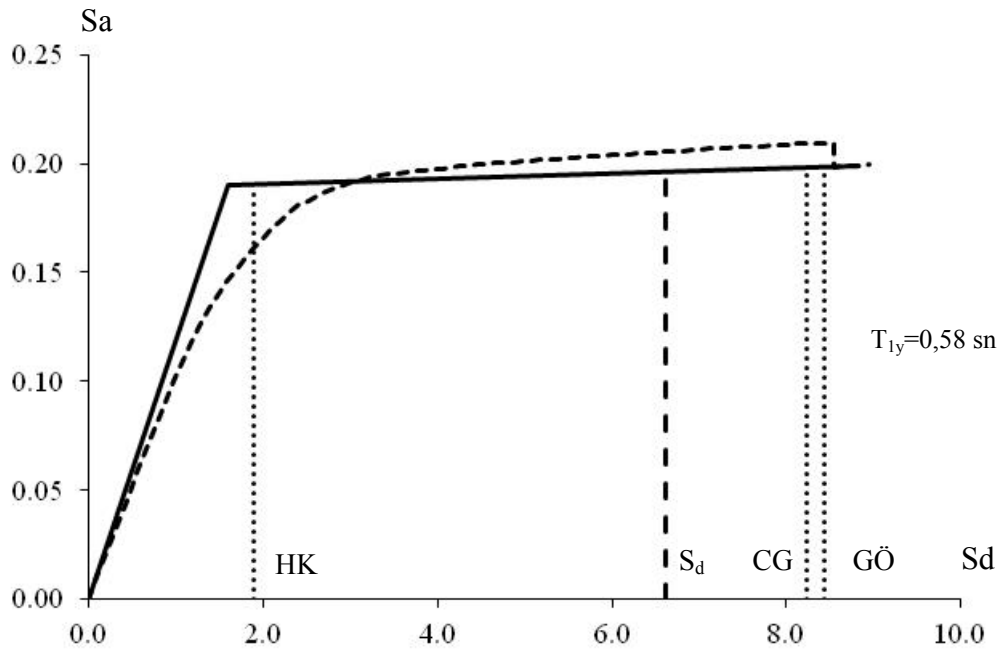
Şekil 9.15 4K-B9-X nolu binanın kapasite eğrisi



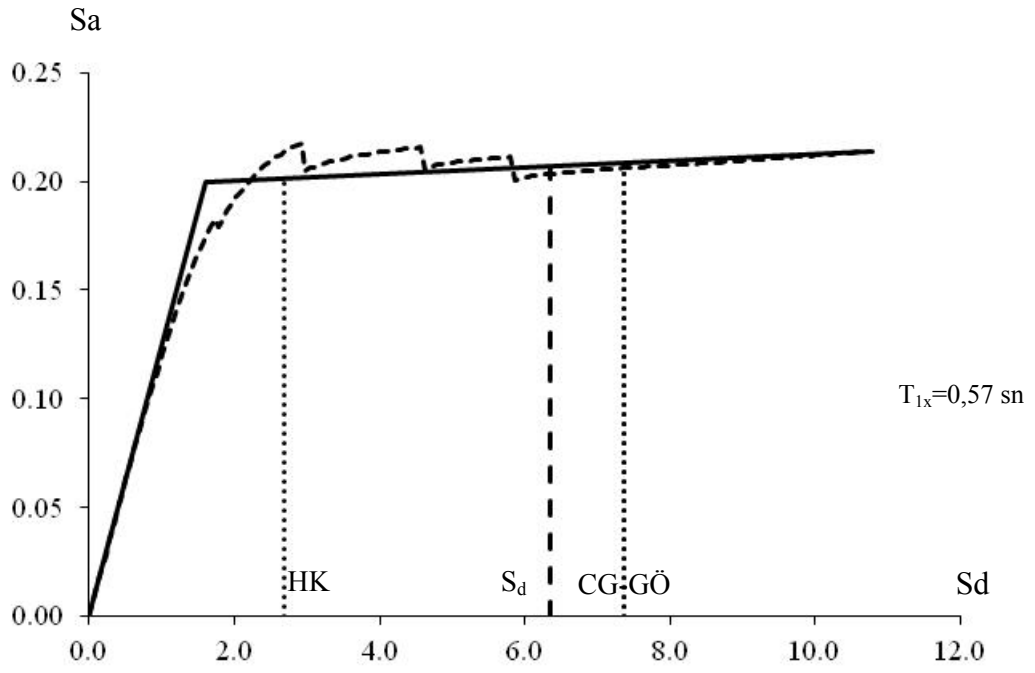
Şekil 9.16 4K-B9-Y nolu binanın kapasite eğrisi



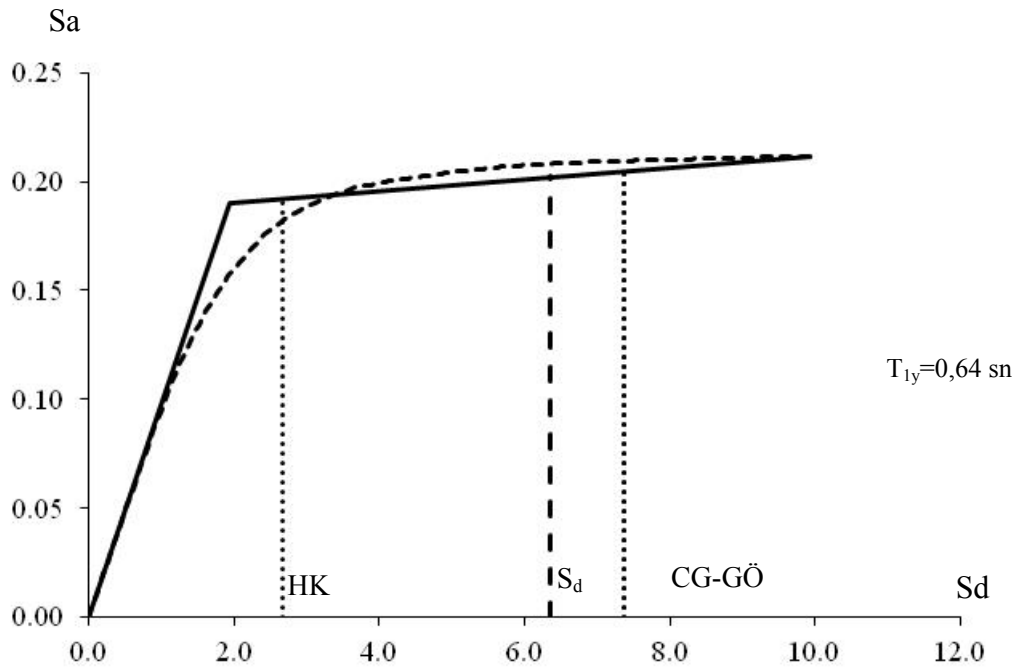
Şekil 9.17 4K-B6-X nolu binanın kapasite eğrisi



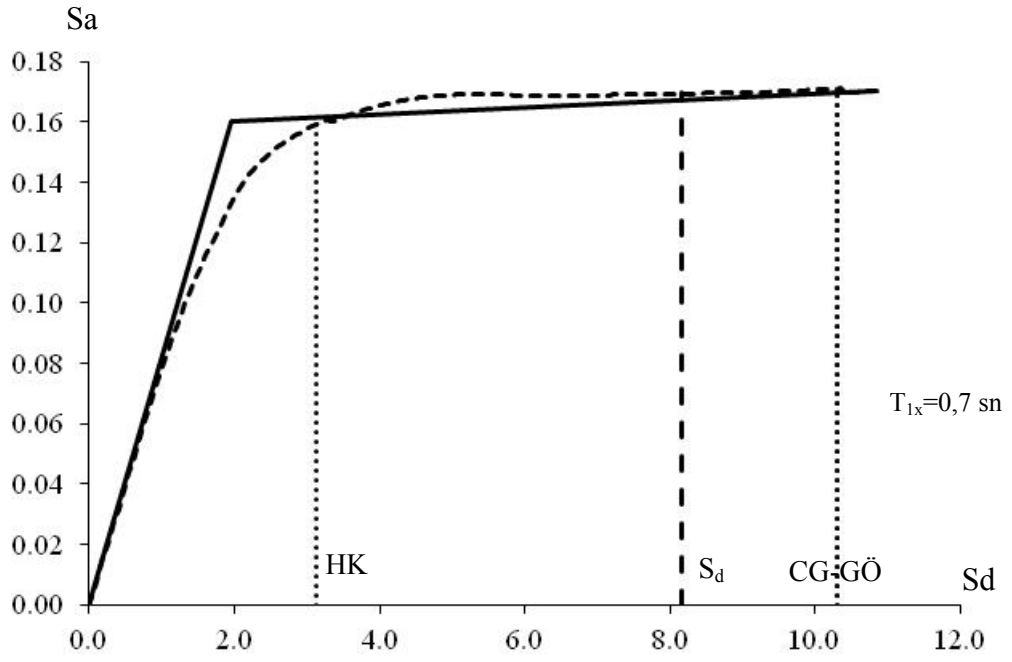
Şekil 9.18 4K-B6-Y nolu binanın kapasite eğrisi



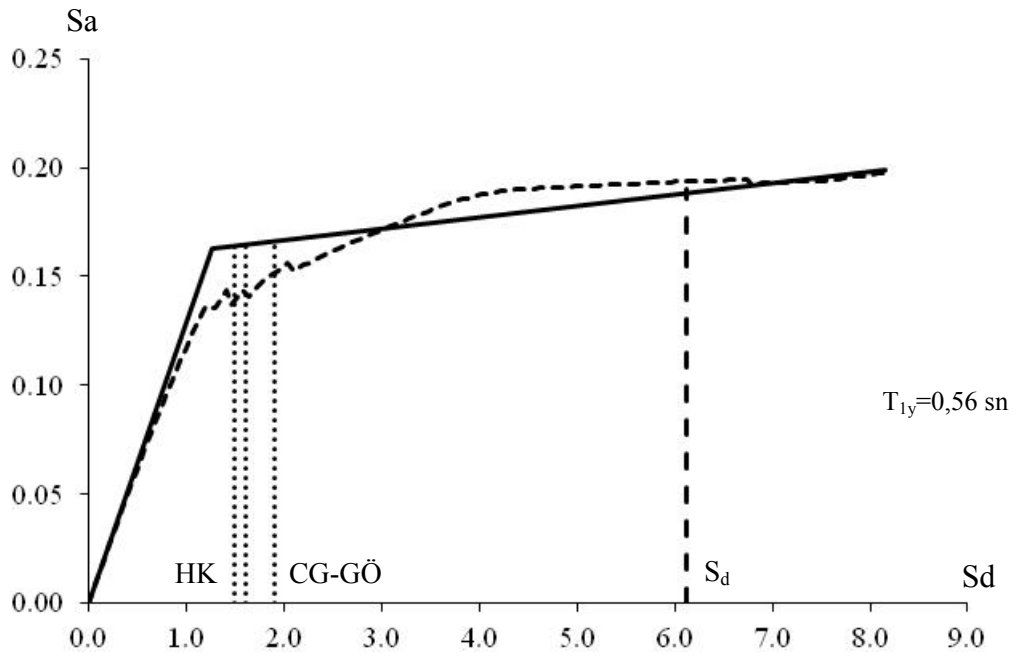
Şekil 9.19 5K-B14-X nolu binanın kapasite eğrisi



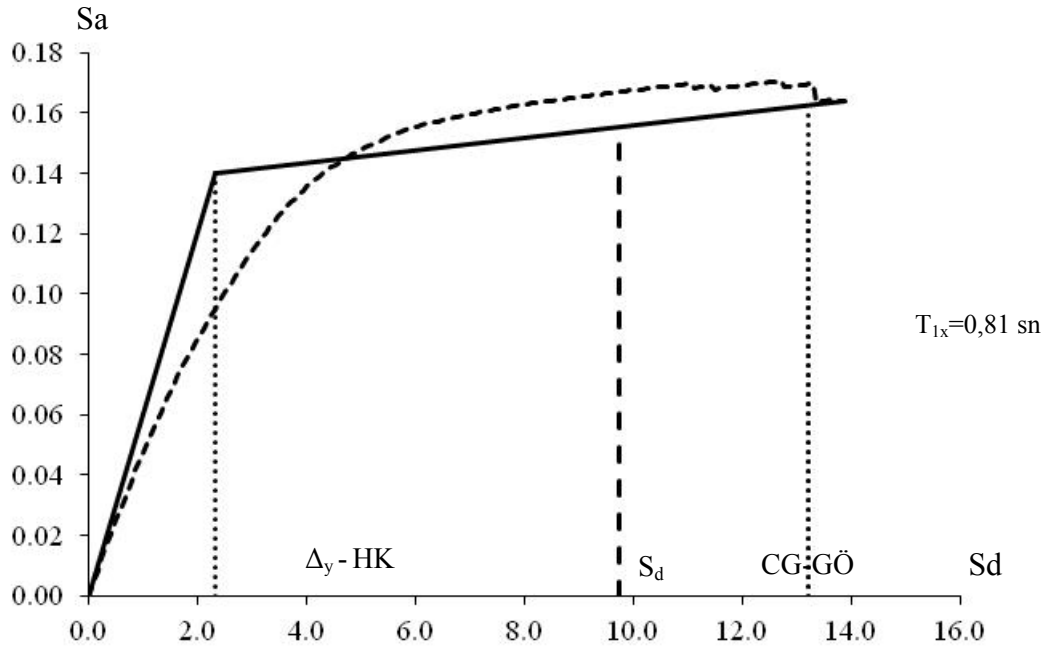
Şekil 9.20 5K-B14-Y nolu binanın kapasite eğrisi



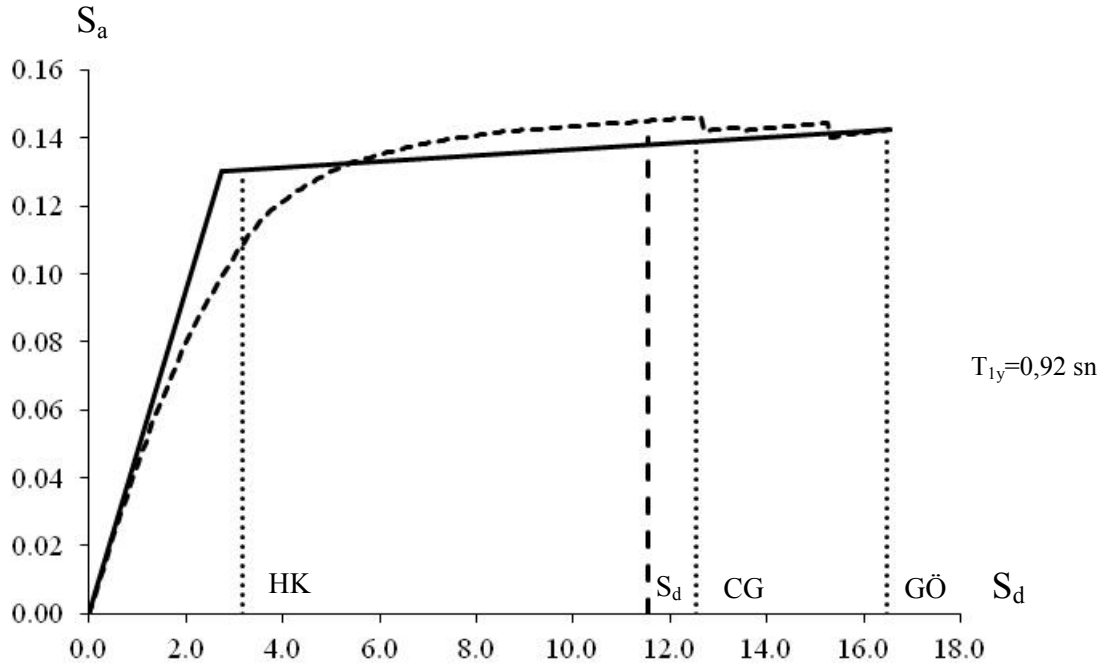
Şekil 9.21 5K-B16-X nolu binanın kapasite eğrisi



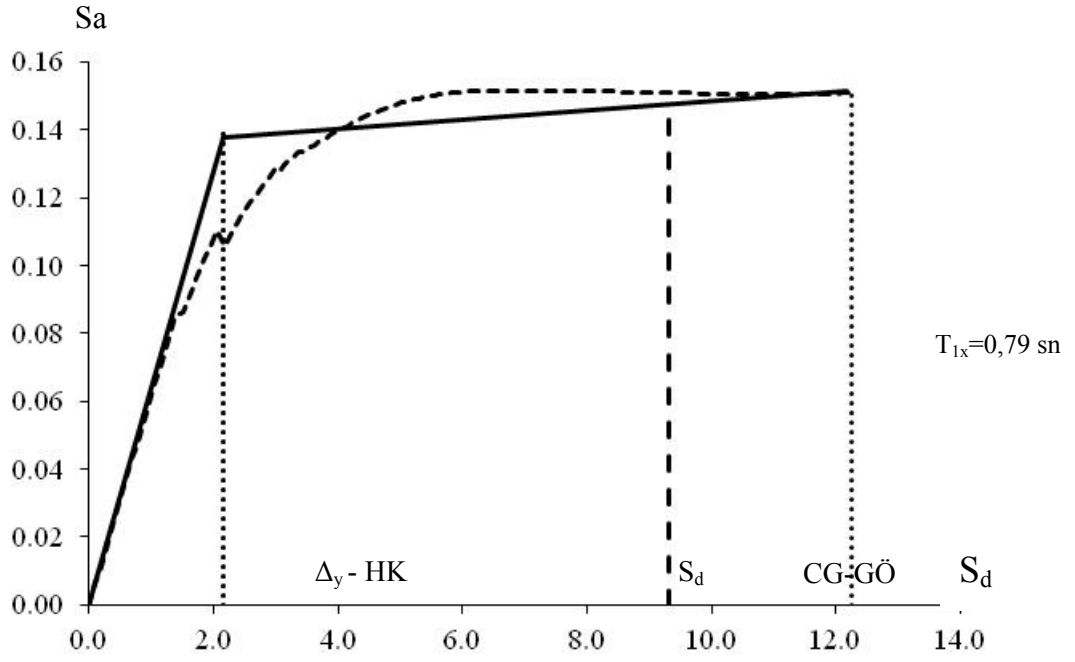
Şekil 9.22 5K-B16-Y nolu binanın kapasite eğrisi



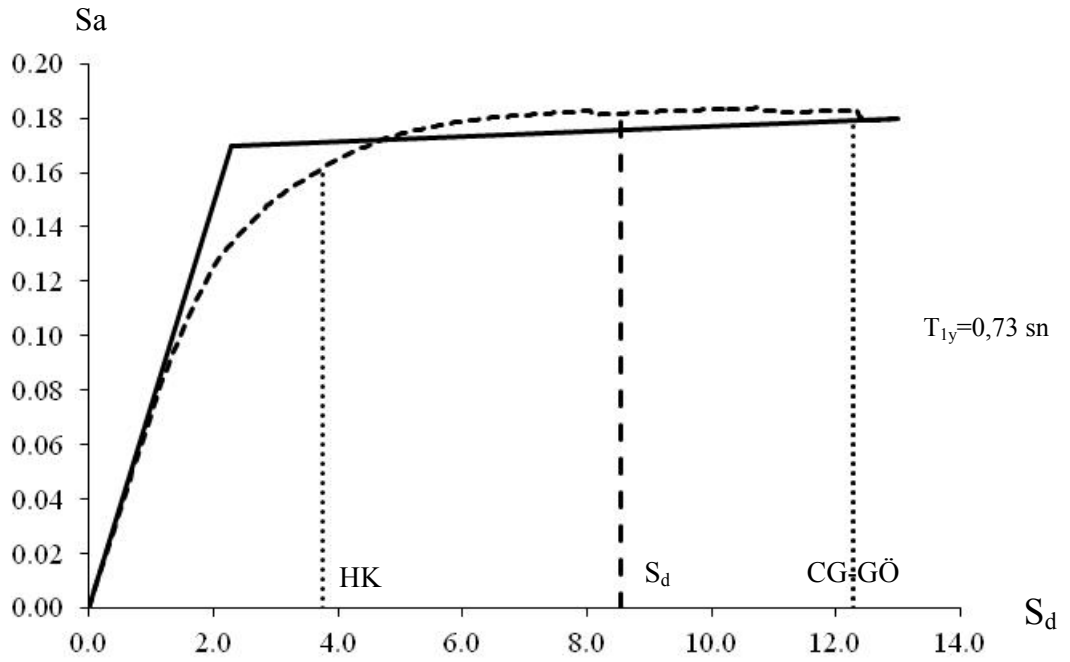
Şekil 9.23 6K-B17-X nolu binanın kapasite eğrisi



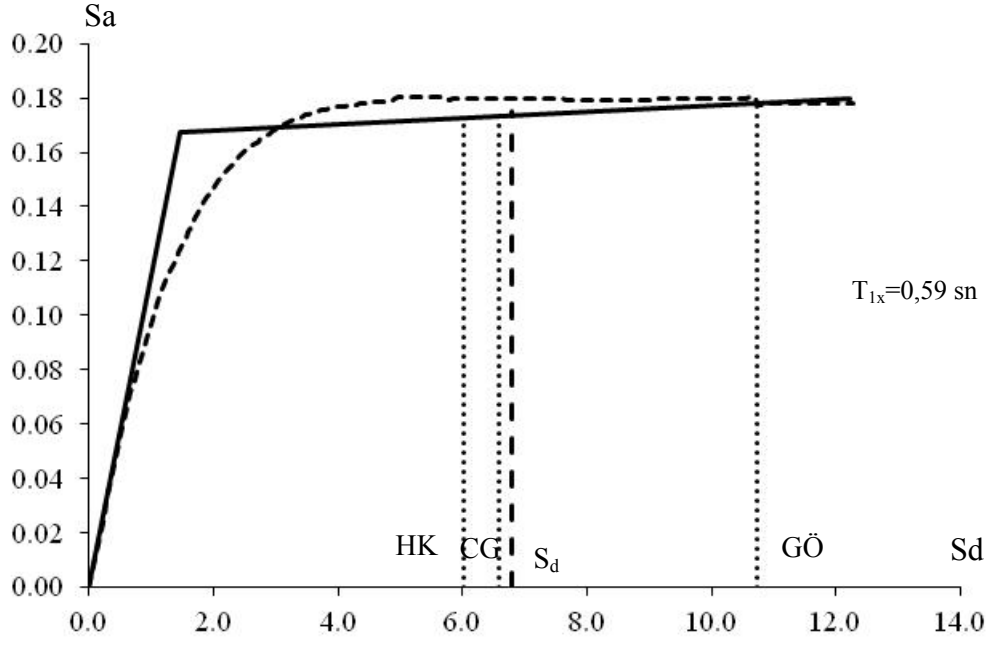
Şekil 9.24 6K-B17-Y nolu binanın kapasite eğrisi



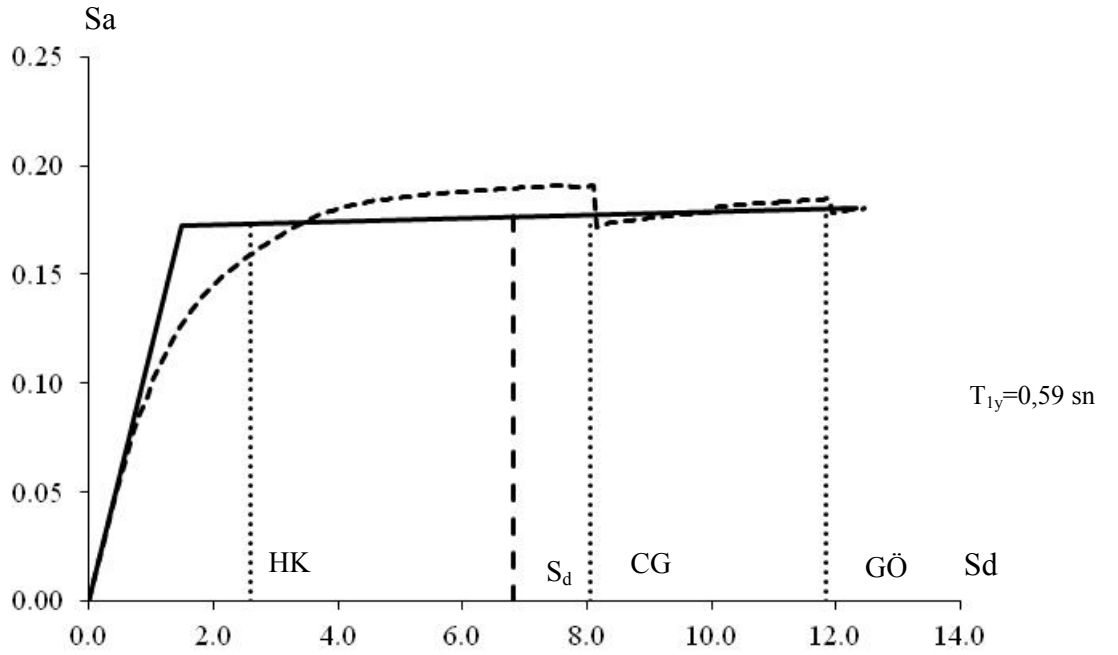
Şekil 9.25 6K-B18-X nolu binanın kapasite eğrisi



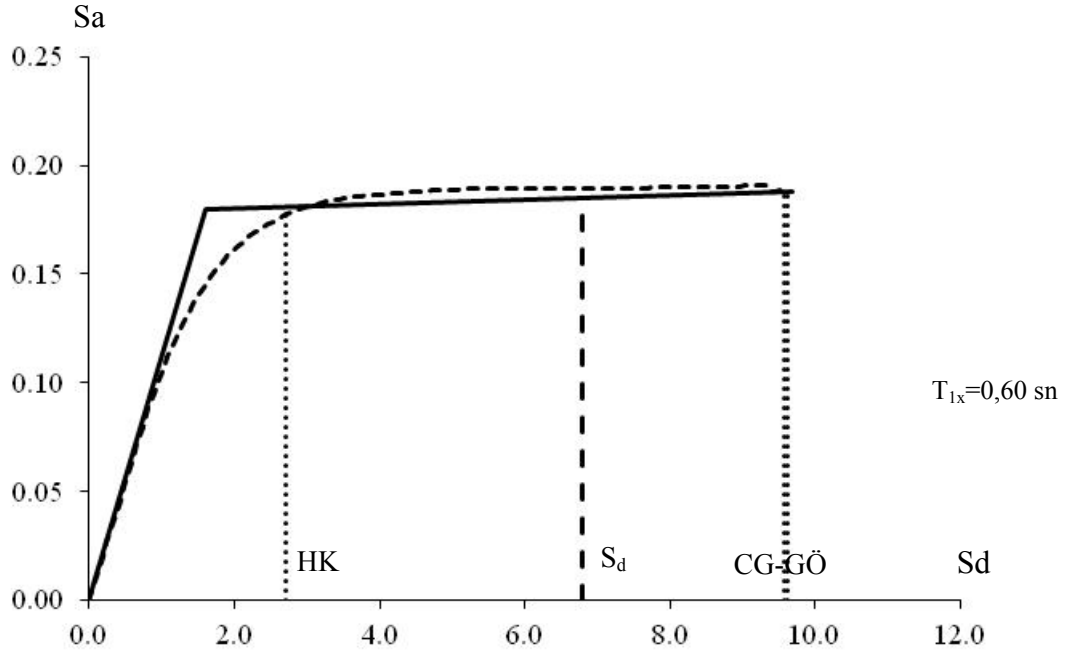
Şekil 9.26 6K-B18-Y nolu binanın kapasite eğrisi



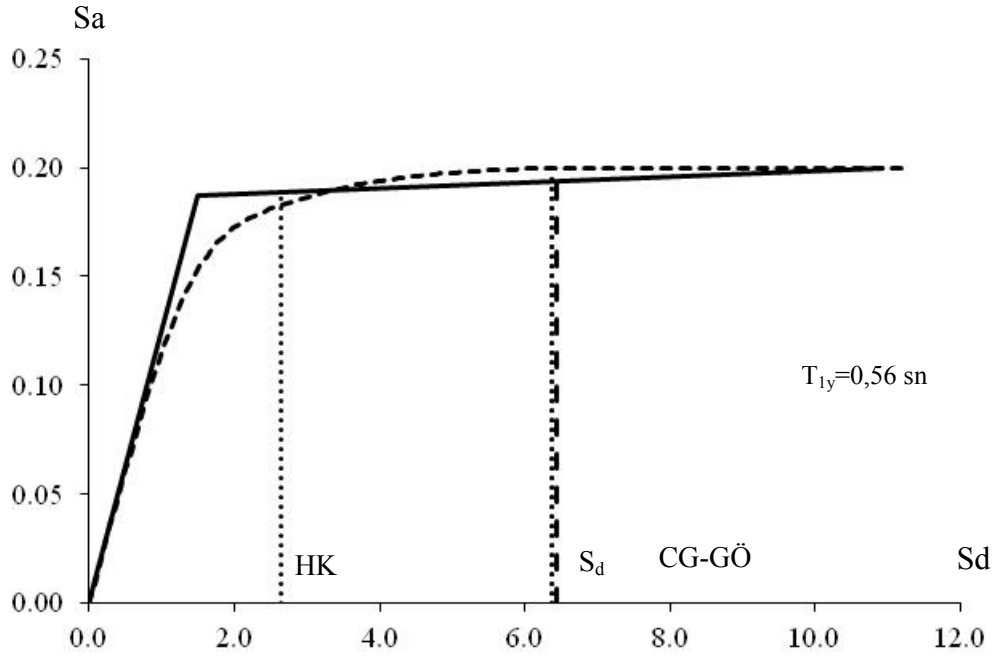
Şekil 9.27 5K-B15-X nolu binanın kapasite eğrisi



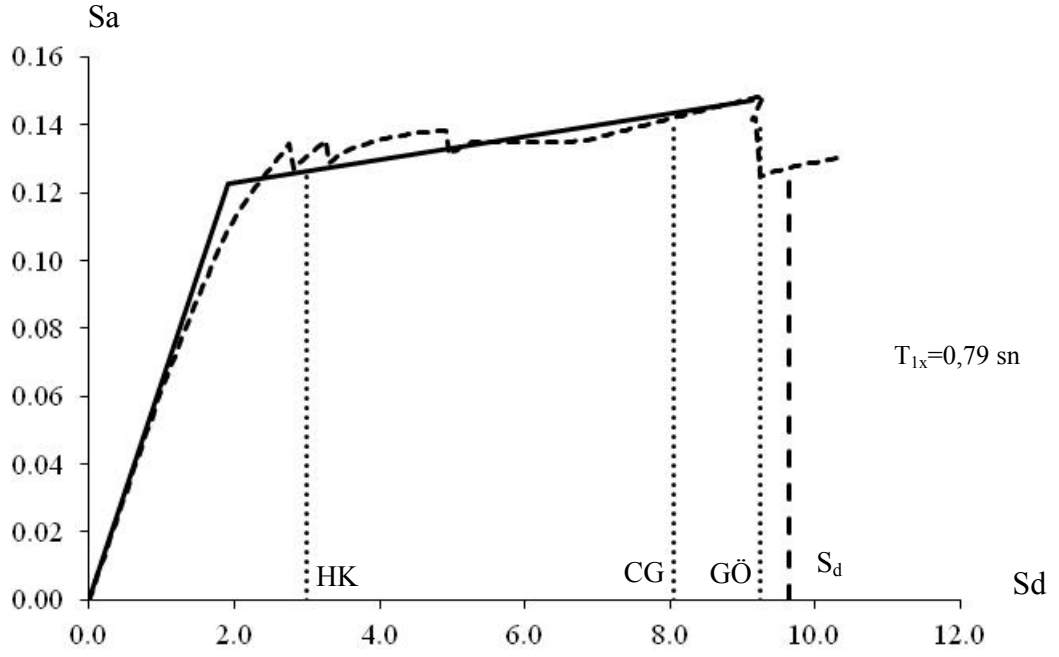
Şekil 9.28 5K-B15-Y nolu binanın kapasite eğrisi



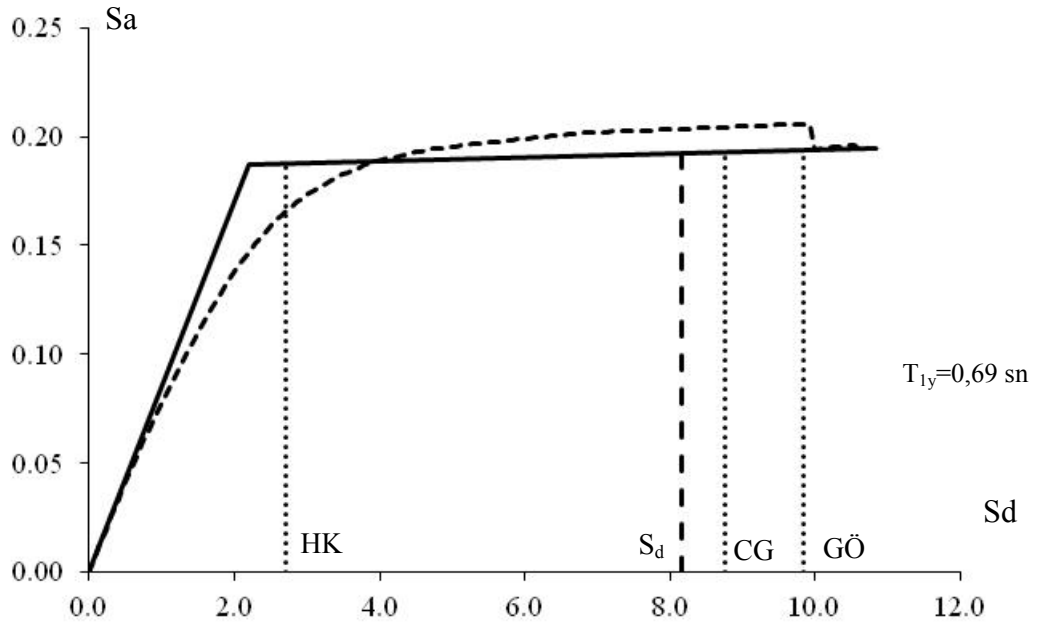
Şekil 9.29 4K-B7-X nolu binanın kapasite eğrisi



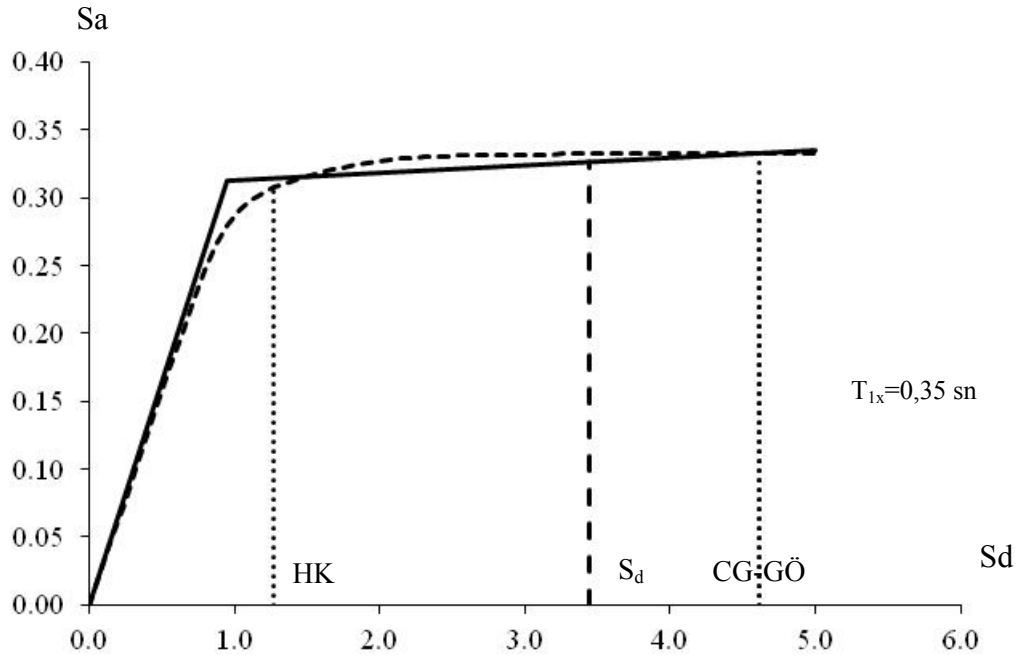
Şekil 9.30 4K-B7-Y nolu binanın kapasite eğrisi



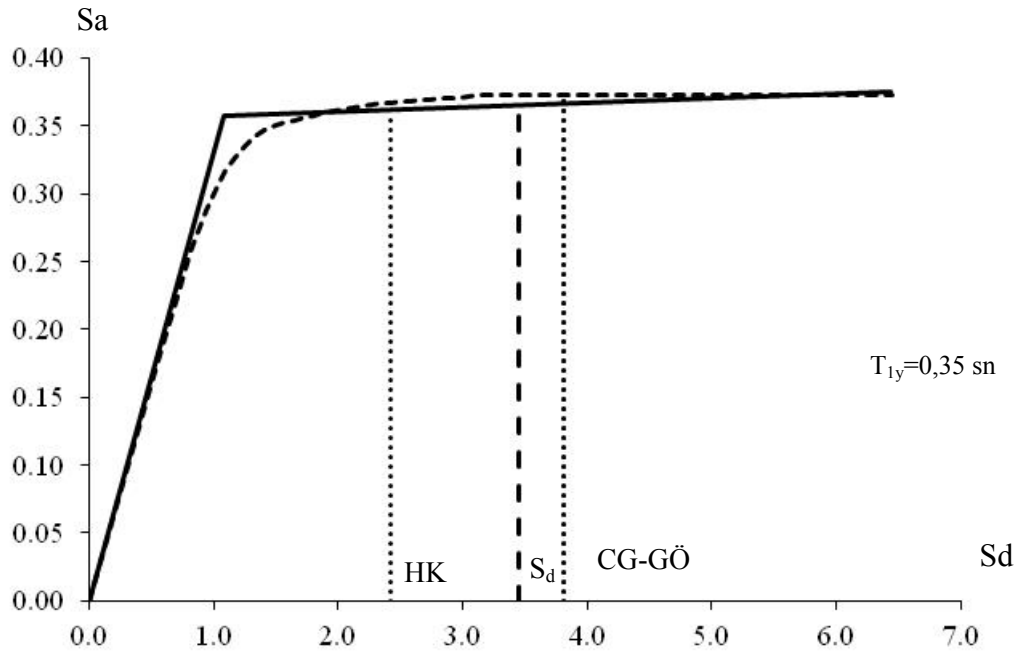
Şekil 9.31 5K-B13-X nolu binanın kapasite eğrisi



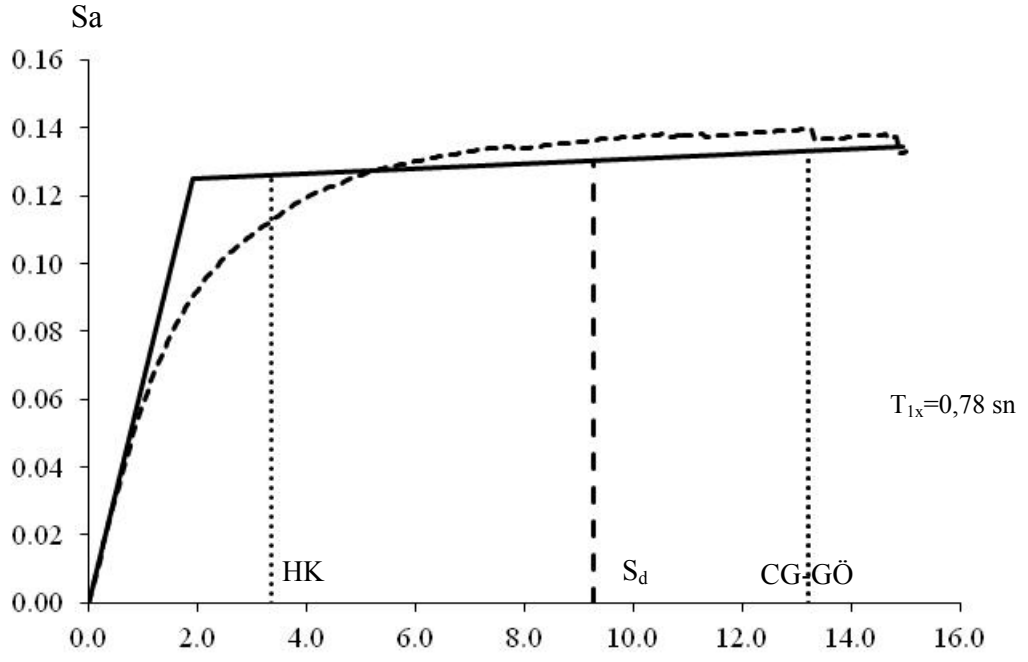
Şekil 9.32 5K-B13-Y nolu binanın kapasite eğrisi



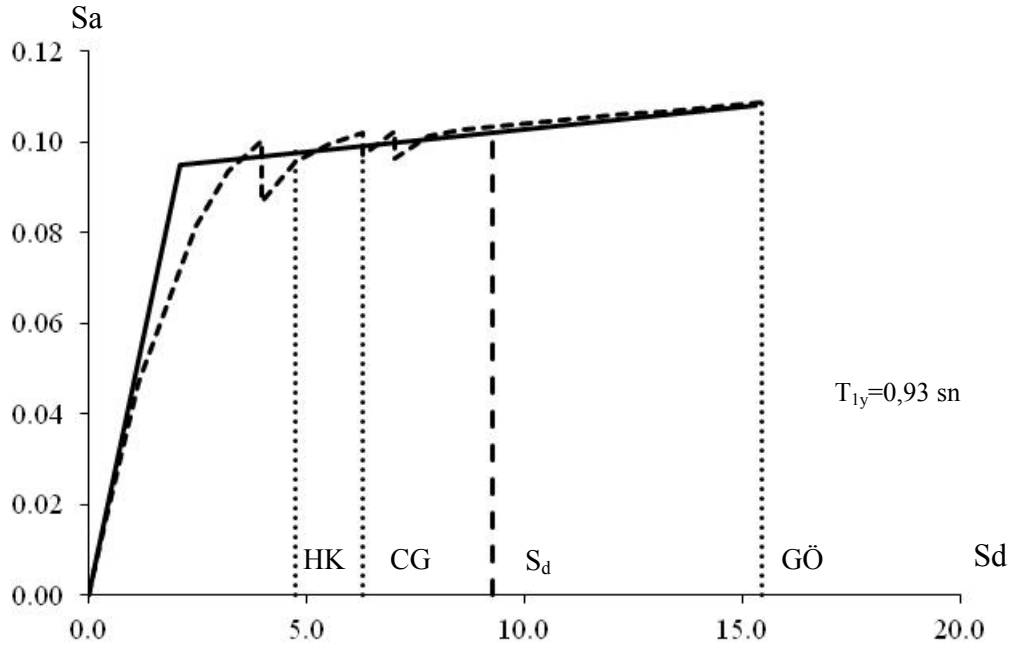
Şekil 9.33 3K-B3-X nolu binanın kapasite eğrisi



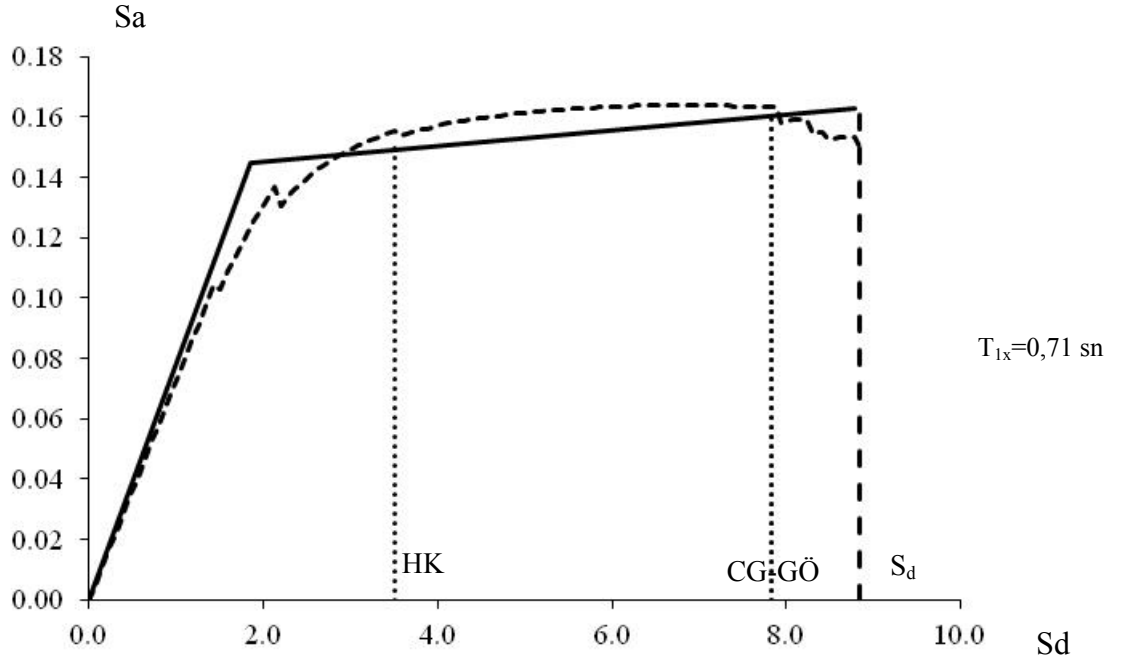
Şekil 9.34 3K-B3-Y nolu binanın kapasite eğrisi



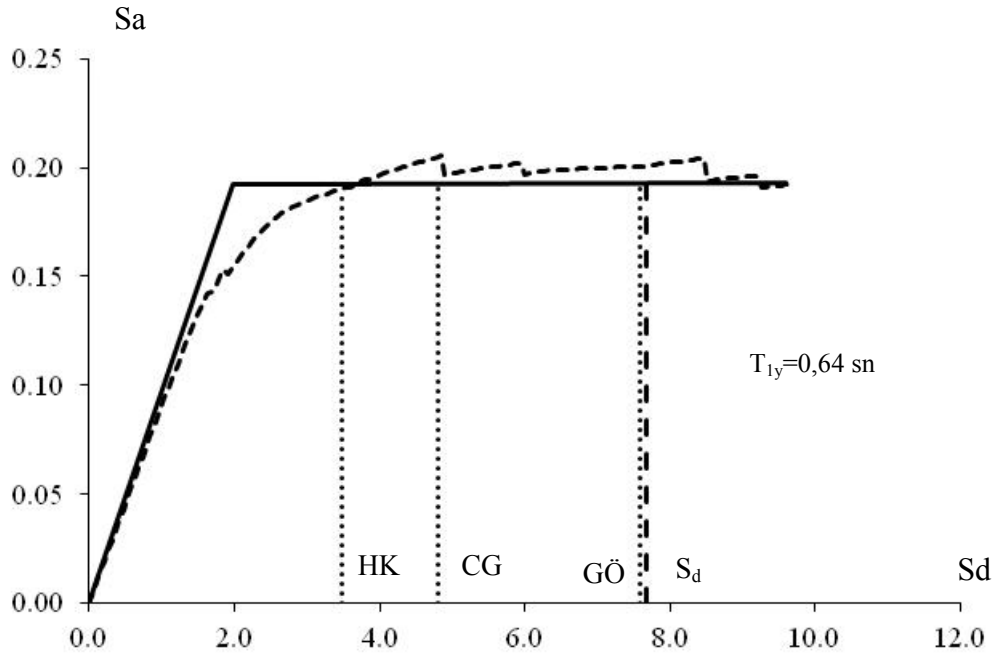
Şekil 9.35 6K-B19-X nolu binanın kapasite eğrisi



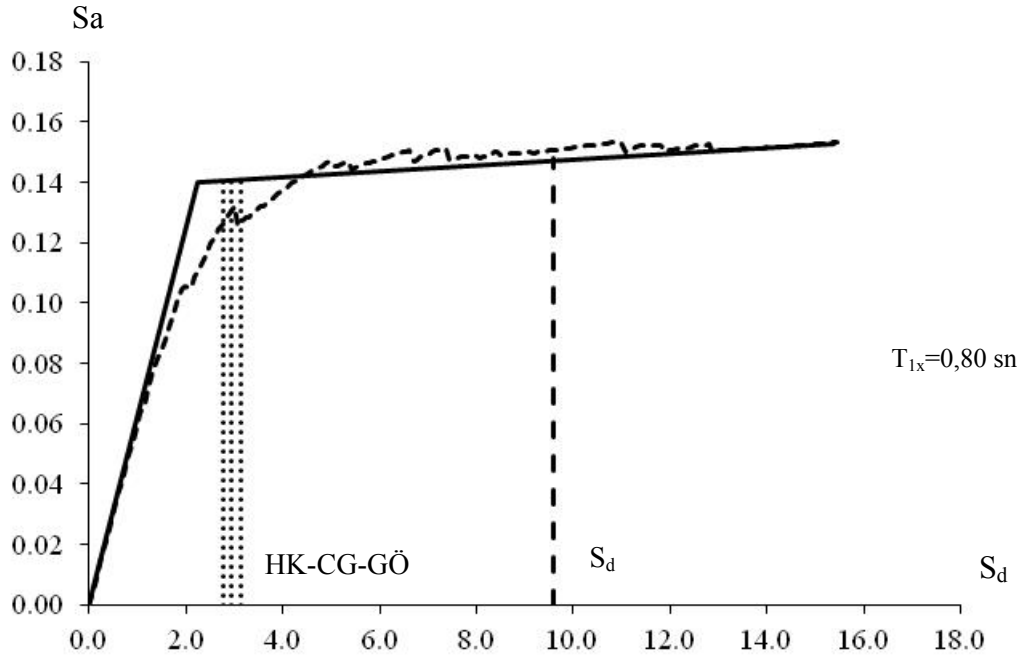
Şekil 9.36 6K-B19-Y nolu binanın kapasite eğrisi



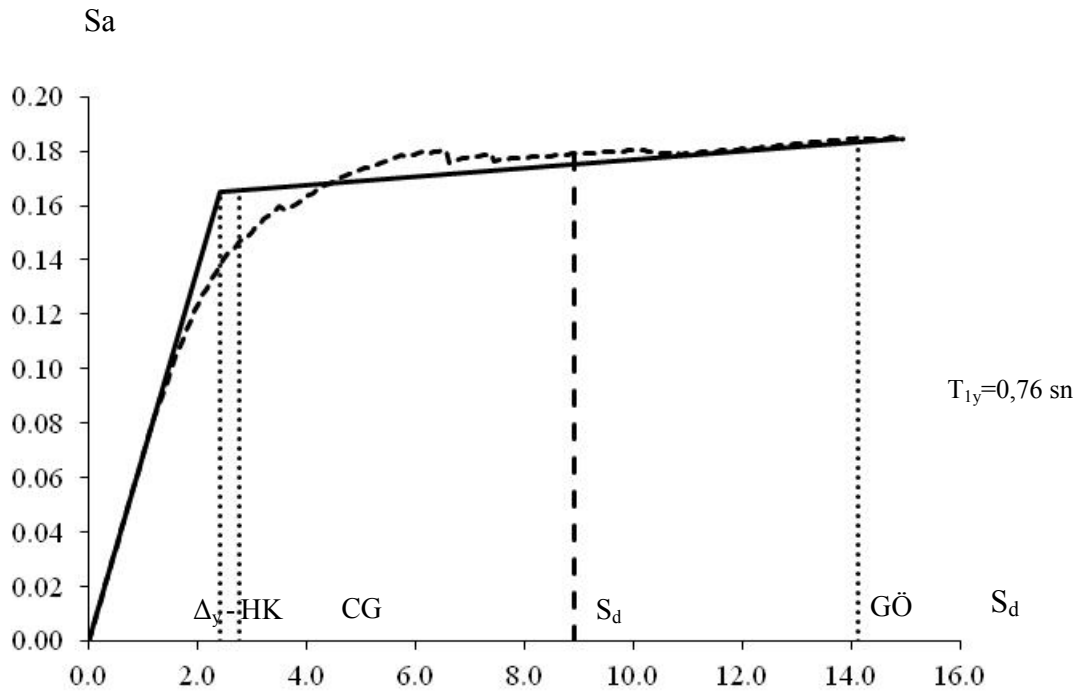
Şekil 9.37 4K-B11-X nolu binanın kapasite eğrisi



Şekil 9.38 4K-B11-Y nolu binanın kapasite eğrisi

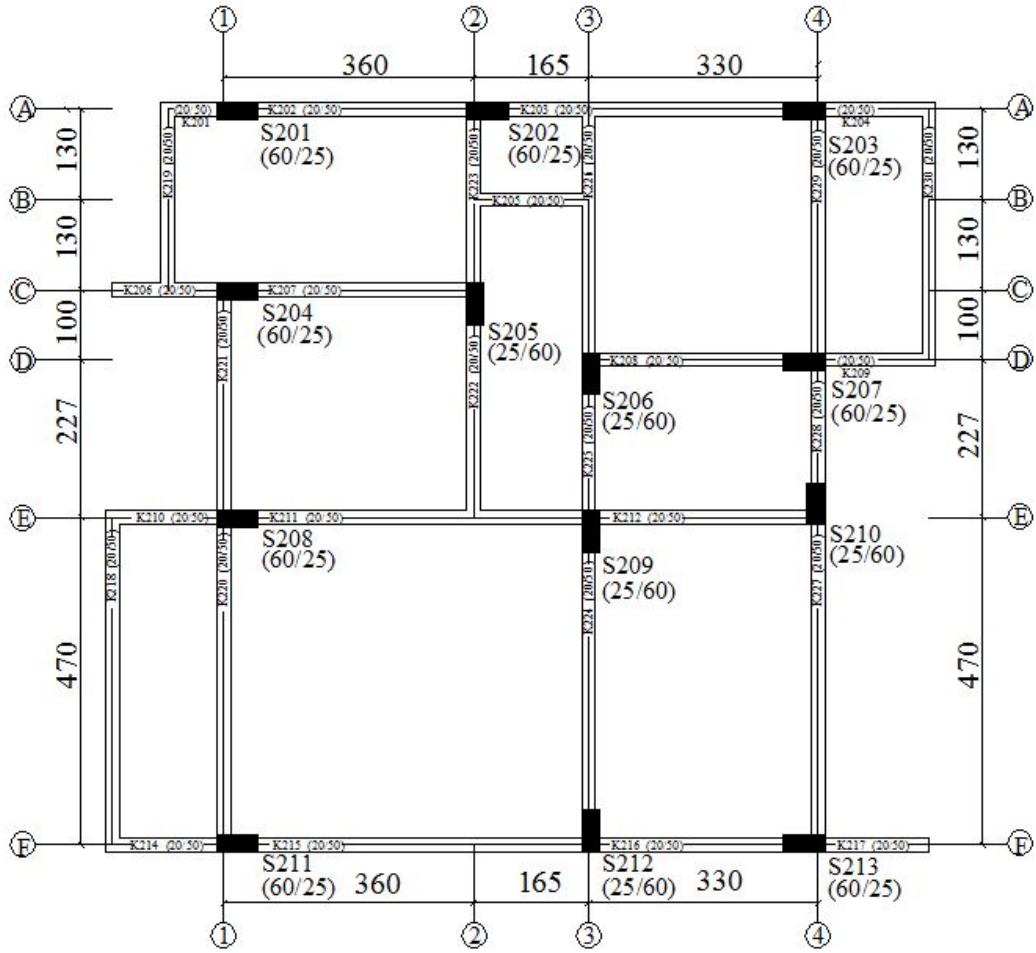


Şekil 9.39 6K-B20-X nolu binanın kapasite eğrisi

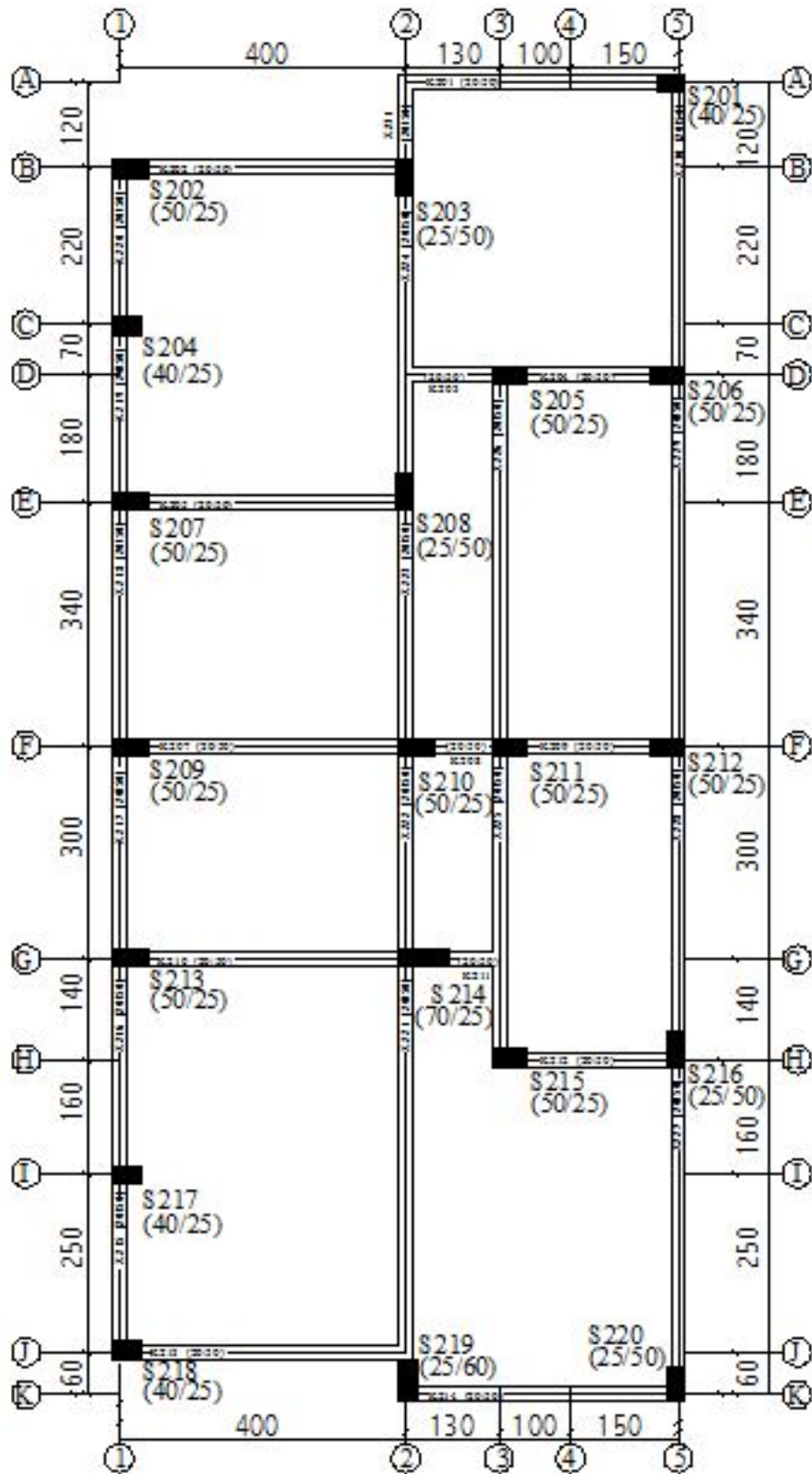


Şekil 9.40 6K-B20-Y nolu binanın kapasite eğrisi

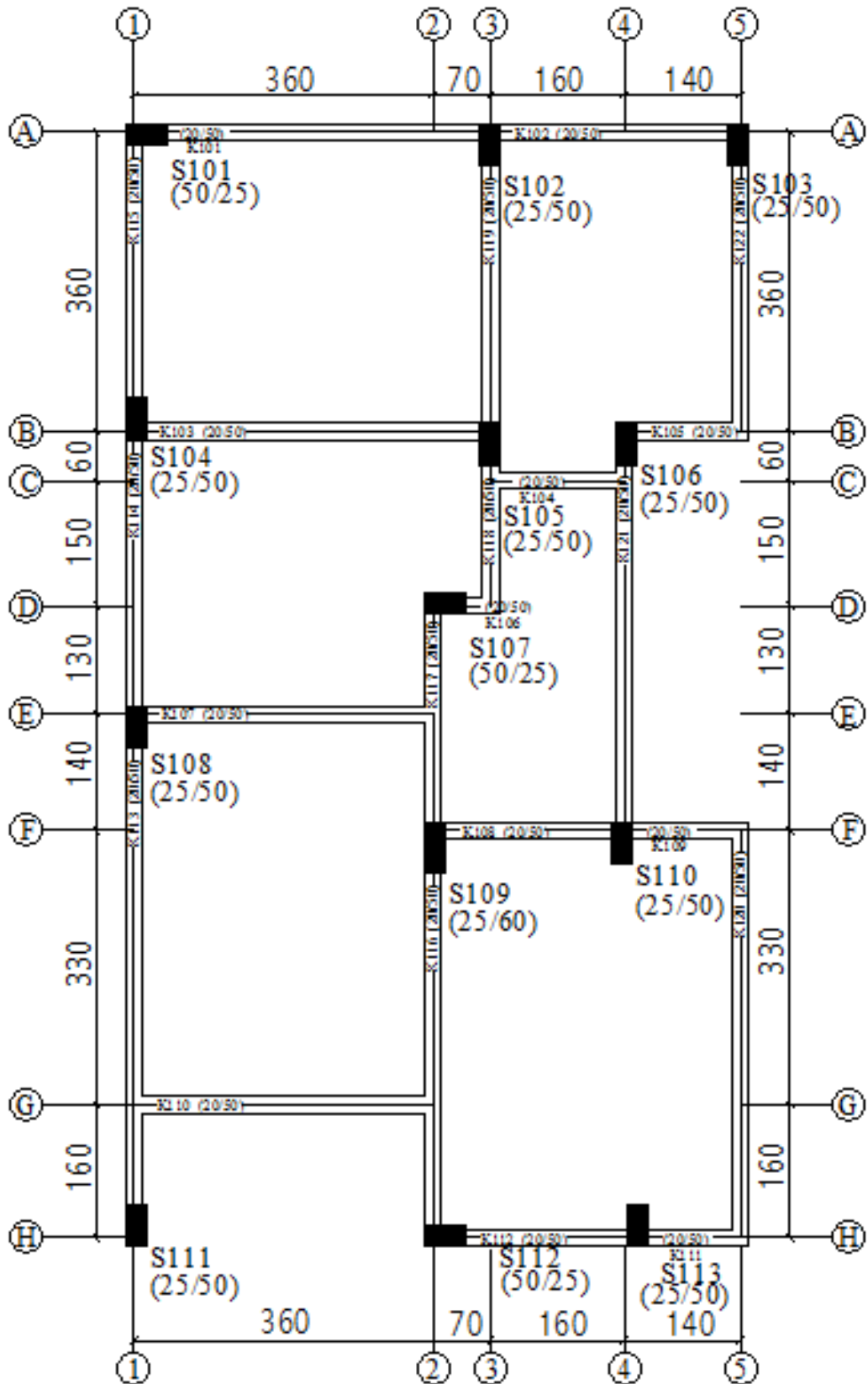
EK B



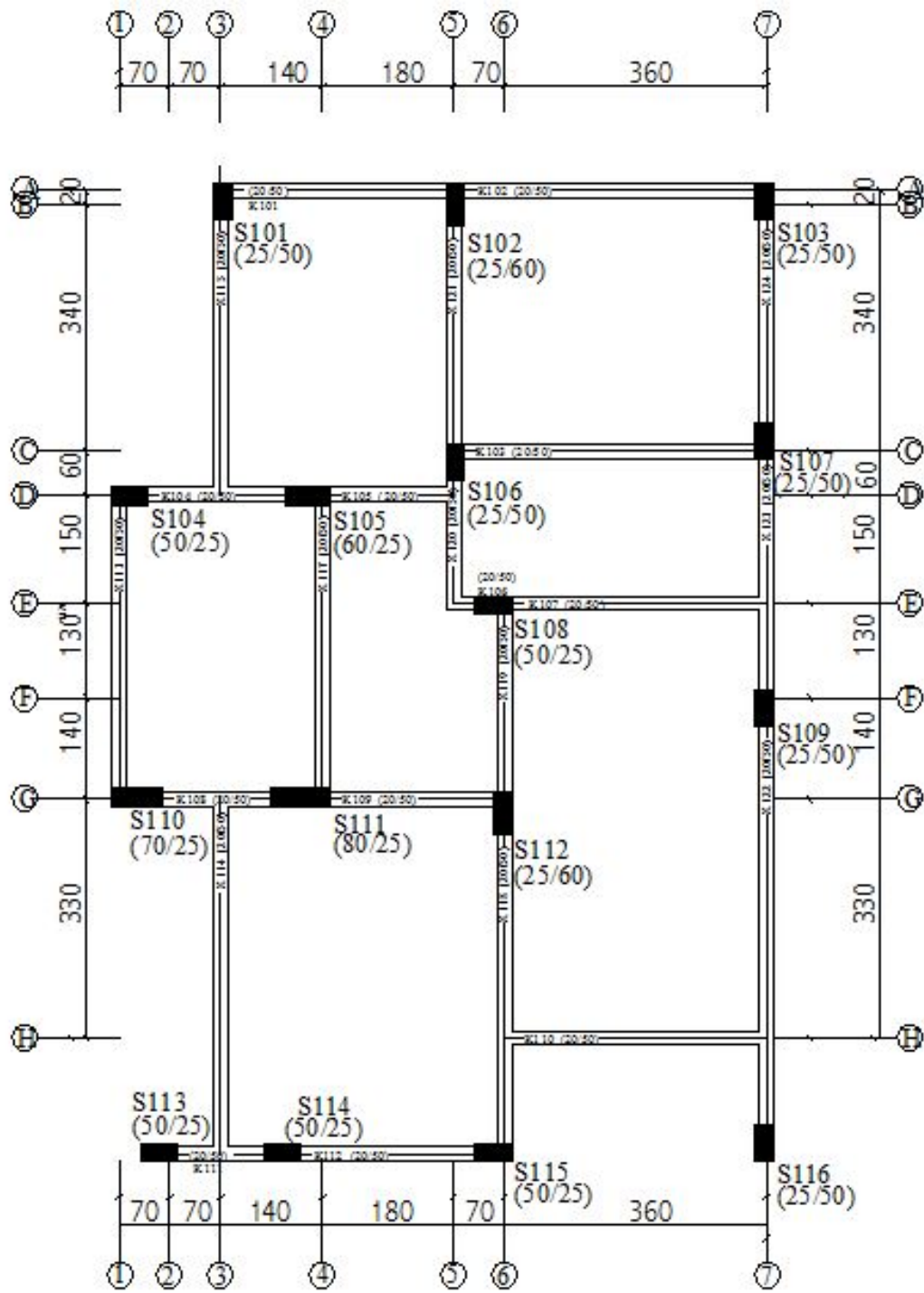
Şekil 9.41 4K-B5 nolu binanın kalıp planı



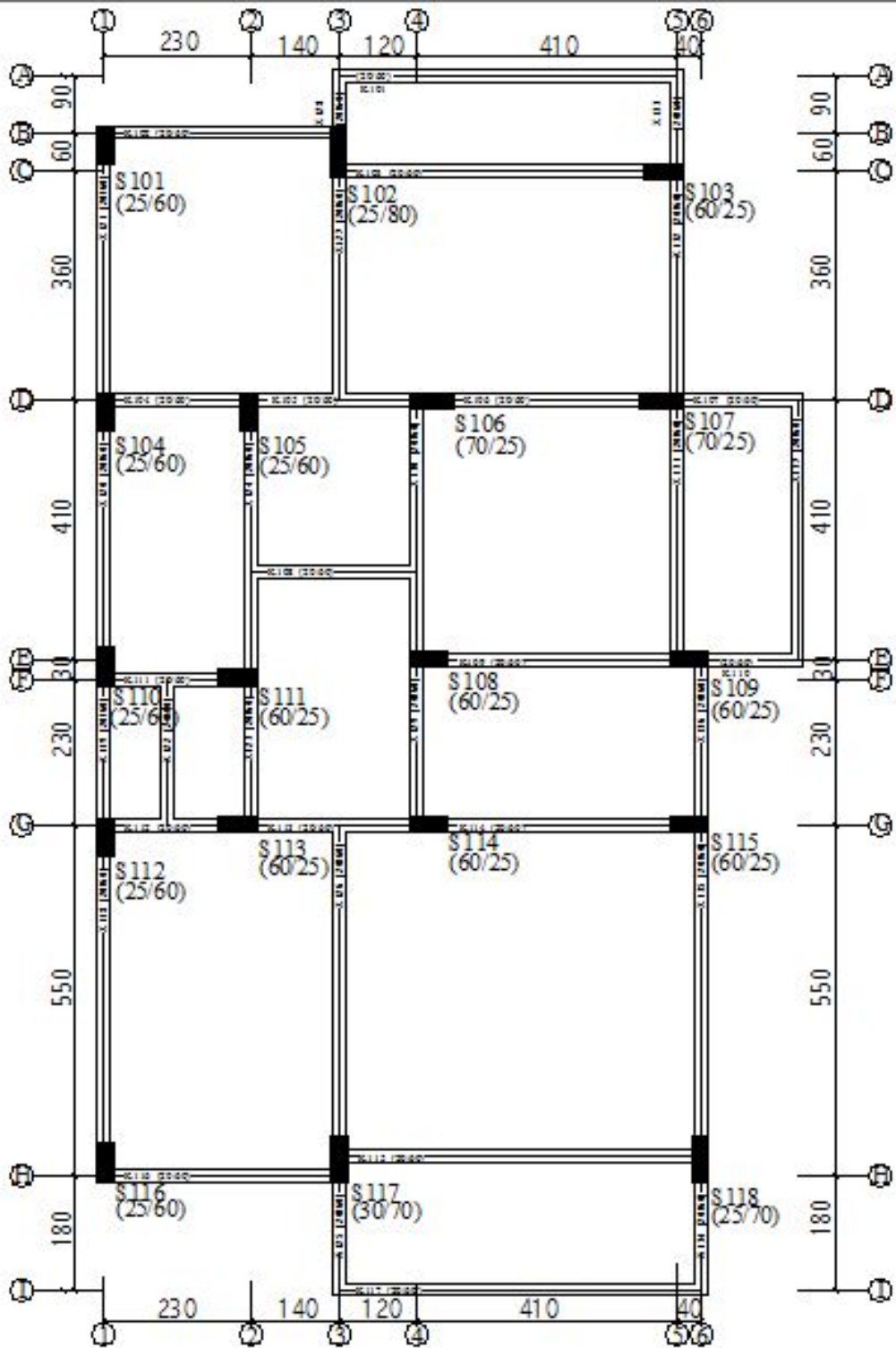
Şekil 9.42 4K-B10 nolu binanın kalıp planı



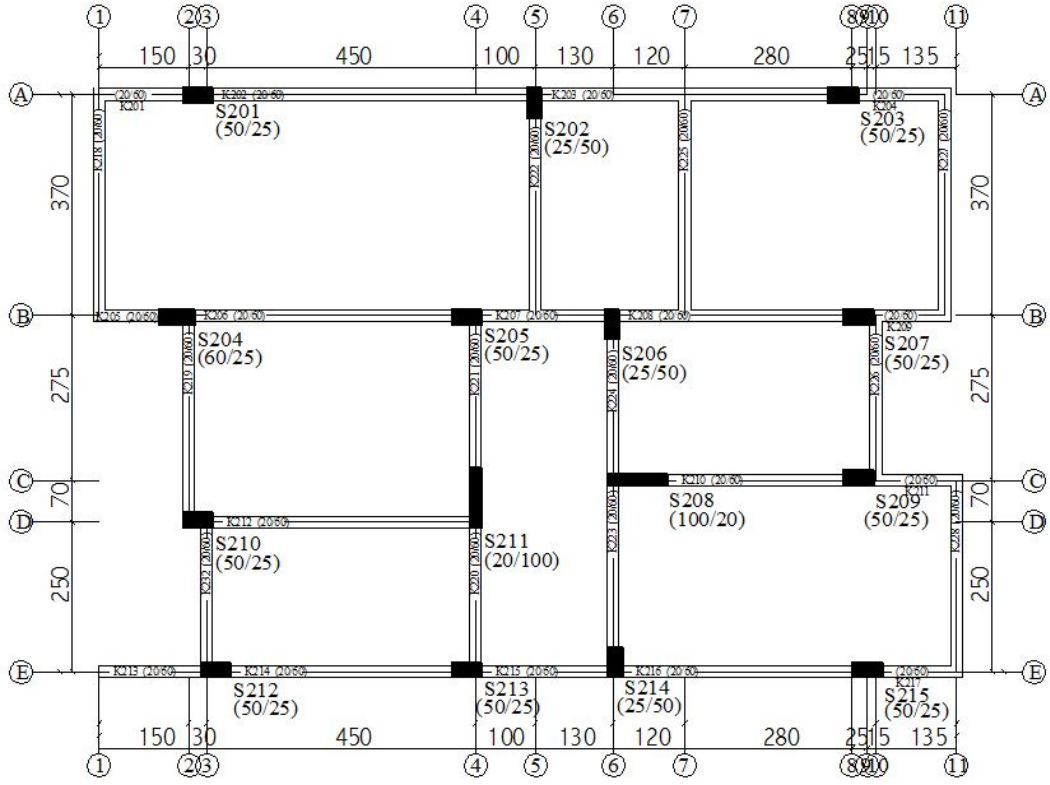
Şekil 9.43 3K-B1 nolu binanın kalıp planı



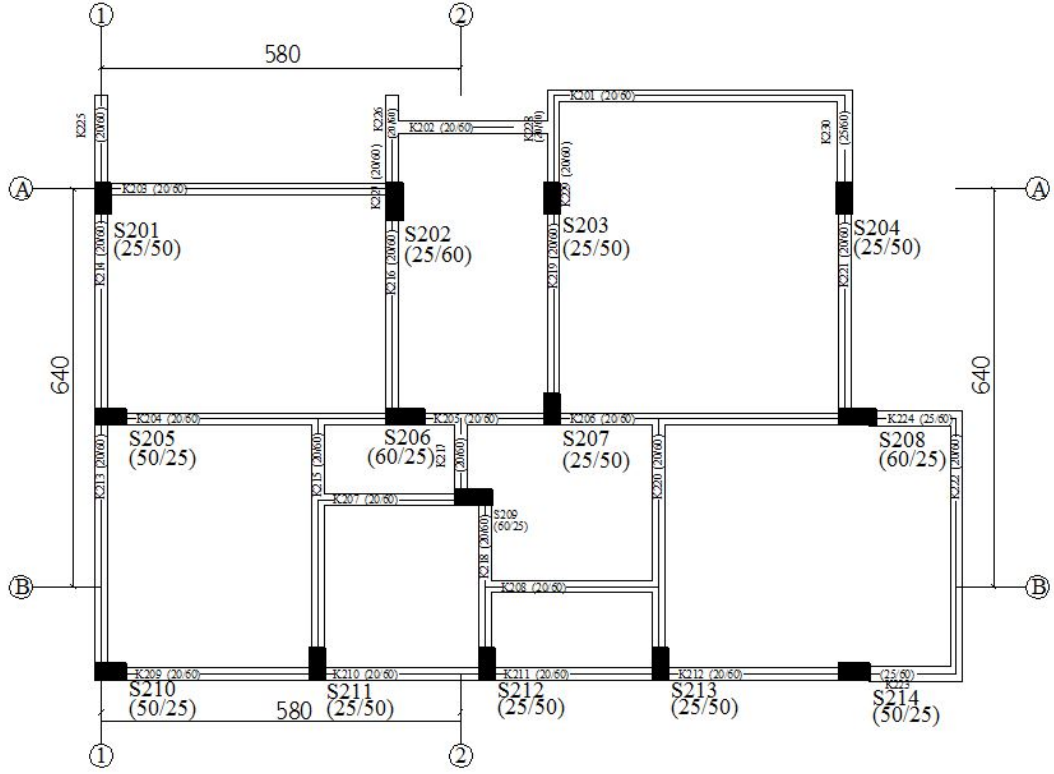
Şekil 9.44 3K-B2 nolu binanın kalıp planı



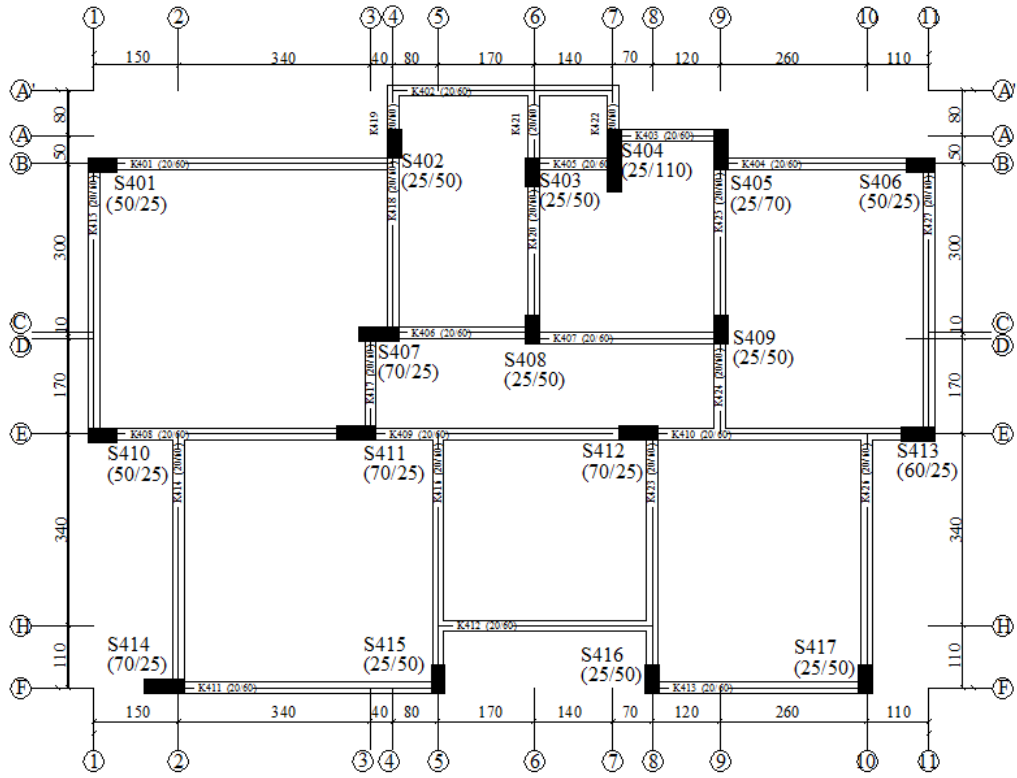
Şekil 9.45 4K-B8 nolu binanın kalıp planı



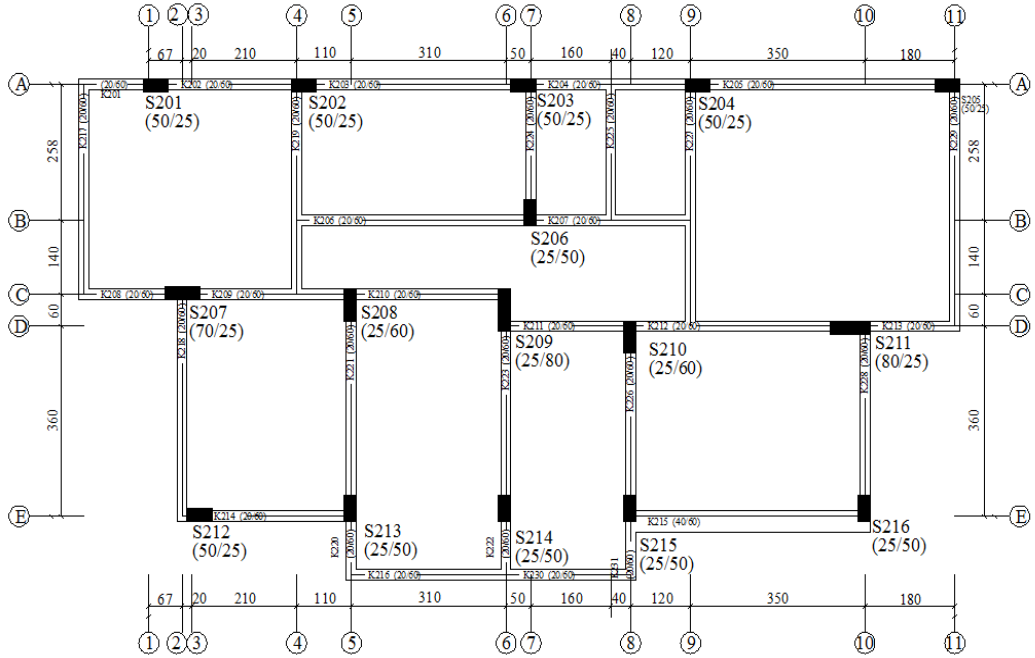
Şekil 9.46 4K-B9 nolu binanın kalıp planı



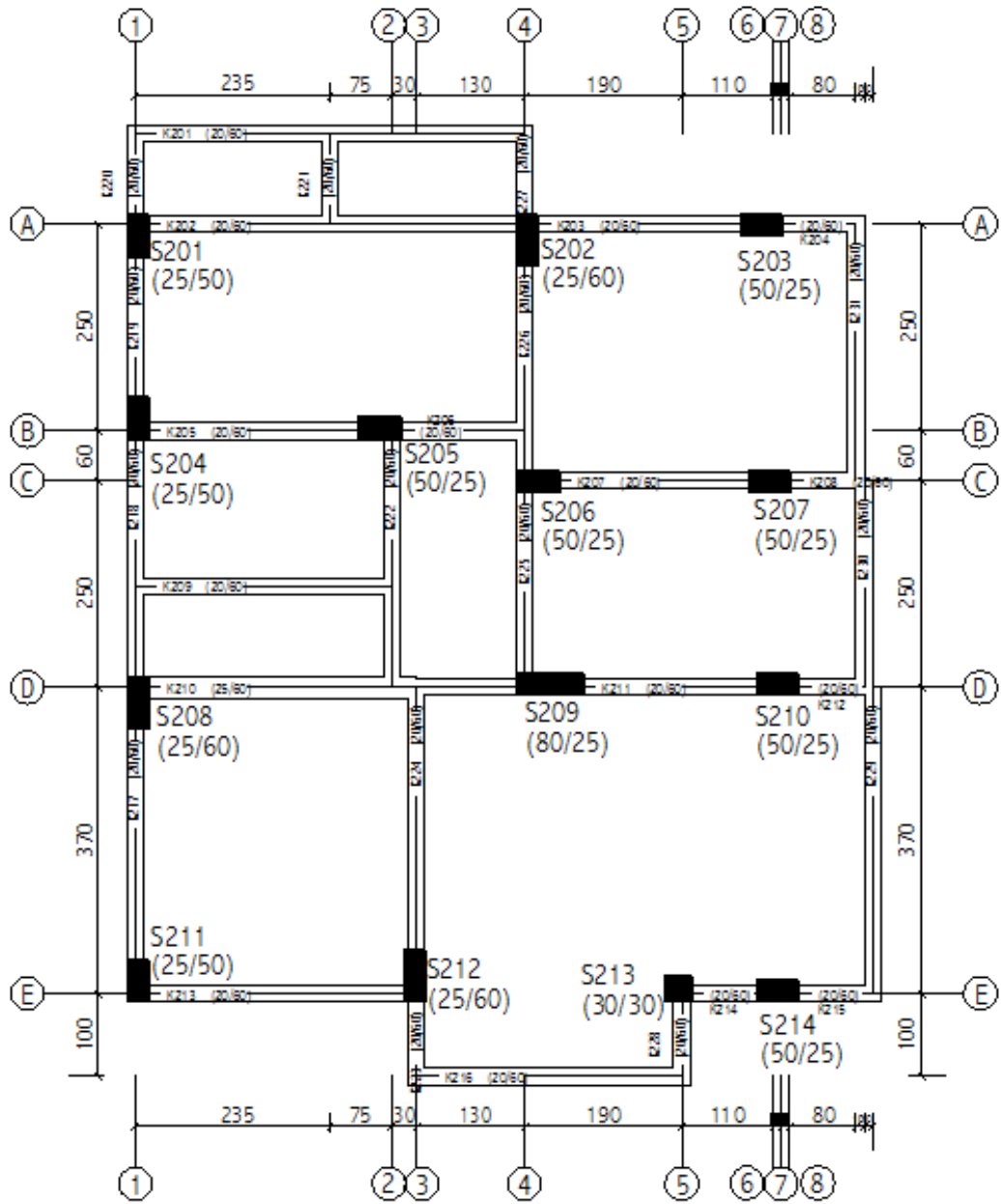
Şekil 9.47 4K-B6 nolu binanın kalıp planı



Şekil 9.48 4K-B4 nolu binanın kalıp planı



Şekil 9.49 6K-B19 nolu binanın kalıp planı



Şekil 9.50 5K-B12 nolu binanın kalıp planı

Tablo 9.1 Modellerin hasar seviyelerine göre süneklilik değerleri

Bina No	H (cm)	Δ_V/H	Δ_{HK}/H	Δ_{CG}/H	$\Delta_{GÖ}/H$	Δ_d/H	μ_{HK}	μ_{CG}	$\mu_{GÖ}$	μ_D
3K-B1-X	830	0.0018	0.0028	0.0064	0.0064	0.0056	1.53	3.50	3.50	3.10
3K-B1-Y	830	0.0021	0.0037	0.0088	0.0088	0.0042	1.76	4.20	4.20	2.02
3K-B2-X	830	0.0013	0.0025	0.0083	0.0119	0.0036	1.91	6.26	9.03	2.69
3K-B2-Y	830	0.0021	0.0035	0.0091	0.0103	0.0045	1.66	4.31	4.89	2.16
3K-B3-X	830	0.0015	0.0019	0.0041	0.0041	0.0032	1.29	2.78	2.78	2.15
3K-B3-Y	830	0.0017	0.0038	0.0035	0.0035	0.0032	2.22	2.08	2.08	1.88
4K-B4-X	1080	0.0020	0.0041	0.0045	0.0045	0.0051	2.01	2.22	2.22	2.53
4K-B4-Y	1080	0.0022	0.0032	0.0069	0.0069	0.0057	1.44	3.06	3.06	2.53
4K-B5-X	1120	0.0020	0.0029	0.0096	0.0096	0.0071	1.45	4.85	4.85	3.58
4K-B5-Y	1120	0.0014	0.0023	0.0091	0.0095	0.0065	1.62	6.38	6.63	4.57
4K-B6-X	1120	0.0020	0.0021	0.0022	0.0076	0.0063	1.02	1.07	3.74	3.08
4K-B6-Y	1120	0.0019	0.0022	0.0077	0.0079	0.0062	1.18	4.12	4.22	3.31
4K-B7-X	1080	0.0020	0.0033	0.0090	0.0091	0.0064	1.68	4.58	4.61	3.25
4K-B7-Y	1080	0.0018	0.0032	0.0059	0.0059	0.0060	1.77	3.28	3.28	3.31
4K-B8-X	1110	0.0017	0.0028	0.0045	0.0045	0.0058	1.60	2.61	2.61	3.37
4K-B8-Y	1110	0.0020	0.0037	0.0055	0.0055	0.0061	1.80	2.71	2.71	3.03
4K-B9-X	1080	0.0014	0.0030	0.0103	0.0103	0.0050	2.08	7.19	7.19	3.45
4K-B9-Y	1080	0.0015	0.0028	0.0087	0.0093	0.0056	1.90	5.93	6.38	3.80
4K-B10-X	1080	0.0017	0.0029	0.0052	0.0075	0.0054	1.73	3.10	4.46	3.18
4K-B10-Y	1080	0.0023	0.0035	0.0045	0.0045	0.0062	1.53	2.01	2.01	2.77
4K-B11-X	1120	0.0022	0.0039	0.0070	0.0070	0.0079	1.77	3.16	3.16	3.57
4K-B11-Y	1120	0.0023	0.0040	0.0044	0.0069	0.0070	1.75	1.93	3.05	3.09
5K-B12-X	1400	0.0013	0.0025	0.0116	0.0127	0.0066	1.95	9.08	9.92	5.19
5K-B12-Y	1400	0.0014	0.0028	0.0053	0.0131	0.0060	1.98	3.82	9.40	4.27
5K-B13-X	1400	0.0018	0.0028	0.0074	0.0085	0.0089	1.58	4.23	4.85	5.06
5K-B13-Y	1400	0.0020	0.0025	0.0081	0.0091	0.0075	1.23	3.97	4.46	3.70
5K-B14-X	1400	0.0015	0.0024	0.0027	0.0102	0.0060	1.58	1.75	6.57	3.89
5K-B14-Y	1400	0.0019	0.0027	0.0092	0.0092	0.0069	1.39	4.74	4.74	3.57
5K-B15-X	1470	0.0013	0.0053	0.0006	0.0100	0.0063	4.18	0.48	7.83	4.94
5K-B15-Y	1470	0.0013	0.0023	0.0074	0.0109	0.0063	1.73	5.65	8.30	4.78
5K-B16-X	1440	0.0018	0.0029	0.0097	0.0097	0.0077	1.60	5.44	5.44	4.31
5K-B16.-Y	1440	0.0013	0.0010	0.0011	0.0014	0.0059	0.79	0.87	1.03	4.49
6K-B17-X	1780	0.0018	0.0016	0.0126	0.0126	0.0093	0.89	7.09	7.09	5.22
6K-B17-Y	1780	0.0020	0.0023	0.0116	0.0153	0.0107	1.15	5.80	7.61	5.33
6K-B18-X	1680	0.0017	0.0010	0.0013	0.0118	0.0090	0.60	0.77	6.79	5.16
6K-B18-Y	1680	0.0019	0.0030	0.0117	0.0117	0.0081	1.58	6.20	6.20	4.32
6K-B19-X	1770	0.0014	0.0025	0.0125	0.0125	0.0088	1.80	9.00	9.00	6.31
6K-B19-Y	1770	0.0015	0.0035	0.0059	0.0144	0.0109	2.28	3.81	9.38	7.11
6K-B20-X	1790	0.0017	0.0021	0.0028	0.0030	0.0091	1.23	1.66	1.79	5.44
6K-B20-Y	1790	0.0018	0.0014	0.0027	0.0136	0.0086	0.78	1.47	7.51	4.73

10. ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Cenk EROL

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir 02.09.1987

Adres: Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü DENİZLİ

Lise: İzmir Atatürk Lisesi

Lisans Üniversite: Pamukkale Üniversitesi