

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT BETONARME YAPILARDA KULLANILAN  
DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN TUTARLILIĞI

Emrullah VELİOĞLU

ŞUBAT-2017

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT BETONARME YAPILARDA KULLANILAN  
DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN TUTARLILIĞI

Hazırlayan  
Emrullah VELİOĞLU

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK

Jüri Üyeleri  
Yrd.Doç.Dr.Ercan IŞIK  
Yrd.Doç. Dr. Nusret BOZKURT  
Yrd.Doç.Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

ŞUBAT-2017

## Onay sayfası (Yüksek Lisans)

Emrullah VELİOĞLU tarafından hazırlanan “Mevcut Betonarme Yapılarda Kullanılan Değerlendirme Yöntemlerinin Tutarlılığı”adlı tez çalışması 10/02/2017 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri


### İmza

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ  
(Başkan)

Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK  
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Nusret BOZKURT  
(Üye)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 20./03./2017. gün ve 10./02 Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

  
Doç. Dr. Koray KÖKSAL  
Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### MEVCUT BETONARME YAPILARDA KULLANILAN DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNİN TUTARLILIĞI

Emrullah VELİOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK

Şubat 2017, 64 sayfa

Mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi yaşanan depremlerden daha da önem kazanmıştır. Mevcut betonarme yapıların deprem güveliklerinin belirlenmesi için performans analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerin tutarlılığının betonarme binalara uygulanmasını konu edinmiştir. Bu tez çalışmasında, 2007 Deprem Yönetmeliğine uygun beş katlı düzenli bir aks sistemine sahip, taşıyıcı sistemi salt çerçeveden oluşan yeni bir betonarme yapı seçilmiş ve mevcut bir bina olarak kabul edilmiş olup alternatif analiz yöntemlerini uygulamak ve aralarında bir karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Bina bilgi düzeyi olarak kapsamlı bilgi düzeyi olarak seçilmiştir. SeismoStruct yazılım programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Seçilen örnek betonarme bina için yazılım programında bulunan öz değer analizi, tepki spektrumu analizi, statik analiz (değişken olmayan yük), statik itme (pushover) analizi, dinamik zaman tanım alanı analizi, artımsal dinamik analizi ve statik zaman tanım alanı analizi yapılmıştır. Bu analizler hakkında bilgi verilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmadaki amaç kullanılan yapı performanslarını hesaplanmasında kullanılan bu yöntemlerin birbirleri ile tutarlılığını ortaya koymaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem performansı, mevcut yapı, betonarme, riskli yapı

## ABSTRACT

### THE CONSISTENCY OF THE ASSESSMENT METHODS USED IN EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

Emrullah VELİOĞLU

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineer

Supervisor: Assist. Prof.Dr.Ercan IŞIK

February 2017, 64 page

Earthquake safety of existing buildings has gained considerable importance after earthquakes. Performance analysis has been widely used for evaluation earthquake safety of existing reinforced-concrete structures. This study has focused on the consistency of methods related to determination of earthquake performances of reinforced concrete buildings which have been developed in recent years and which are also included in earthquake regulations. In this thesis, 5-story according to Turkish Earthquake Code (TEC-2007) with a regular axle system, consisting of a new reinforced-concrete frame building carrier system designed and are considered to be an existing building to apply alternative analysis methods and intended to make a comparison between them. The building information level is selected as the comprehensive knowledge level. The analyses were carried out using the Seismostruct software program. Eigen value analysis, response spectrum analysis, static analysis, pushover analysis, dynamic time analysis, incremental dynamic analysis and static time analysis have been performed for the selected reinforced-concrete building which is in software. Information about this analysis and the results were compared. The purpose of the study is to provide information on these methods and to set forth the relation they have between them.

**Keywords:** Earthquake performance, existing building, RC, risky structure

## TEŞEKKÜR

Değerli bilgi ve yardımlarını hiçbir Şekilde esirgemeyen, bu yüksek lisans tez çalıŐmalarımın her aşamasında değerlendirmeler yaparak yön veren Sn. Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK'a minnet ve Őükranlarımı sunarım. ÇalıŐmalarımın her aşamasında değerli katkılarını benden esirgemeyen Őęr. Gr. Mesut ŐZDEMİR'e ve Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde görevli tüm personele teŐekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans tez çalıŐmamda kullanmış olduğum Akademik Lisanslı Seismostruct program yazılımcılarına teŐekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatım boyunca en iyi seviyeye gelmem için hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme minnet ve Őükranlarımı sunarım.



## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

### Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	3
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>7</b>
3.1. Giriş .....	7
3.2. Temel İlkeler.....	7
3.3. Deprem Etkisi Altında Davranış.....	7
3.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri .....	9
3.4.1. Yapının Geometrisi .....	9
3.4.2. Süreklilik .....	9
3.4.3. Süneklik.....	9
3.4.4. Rijitlik.....	10
3.5. Performansa Dayalı Yapı Tasarımı .....	10
3.5.1. Giriş .....	10
3.5.2 Performans Amaçları.....	11
3.5.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	12
3.5.3.1. Hemen kullanım (hasarsızlık) sınır durumu (fullyoperational) .....	14
3.5.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety) .....	14
3.5.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (nearcollapse) .....	15
3.5.3.4. Göçme sınır durumu (collapse).....	15
3.5.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri .....	16

3.5.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi.....	16
3.5.4.2. Orta bilgi düzeyi.....	16
3.5.4.3. Kapsamlı bilgi düzeyi .....	16
3.5.5. Deprem Hareketi.....	17
3.5.5.1. Servis (kullanım) depremi.....	17
3.5.5.2. Tasarım depremi.....	17
3.5.5.3. En büyük deprem .....	17
3.5.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri .....	18
3.5.7. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması.....	19
3.6. Deprem Performansı Hesaplama yöntemleri.....	21
3.6.1 Giriş .....	21
3.6.2. Doğrusal Elastik Yöntemler .....	22
3.6.2.1. Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performans Değerlendirmesi .....	22
3.6.2.2. Mevcut Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performansının Değerlendirmesi...24	
3.6.3. Doğrusal Olmayan Yöntemler.....	25
3.6.3.1. Performans değerlendirmesinde izlenecek yol.....	25
3.6.3.2. Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi.....	26
3.6.3.3. Hedef tepe yer değiştirmenin bulunması .....	28
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>31</b>
4.1. Giriş .....	31
4.2. Hesap yöntemi .....	35
4.2.1. Özdeğer Analizi.....	36
4.2.2. Tepki Spektrumu Analizi.....	37
4.2.3. Statik Analiz (Değişken Olmayan Yük).....	39
4.2.4. Statik İtme (pushover) Analizi .....	40
4.2.5. Dinamik Zaman Tanım Alanı Analizi .....	43
4.2.6. Artımsal Dinamik Analizi .....	47
4.2.7. Statik Zaman Tanım Alanı Analizi.....	51
4.2.8. Analizlerin Karşılaştırılması.....	55
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>58</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>59</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>63</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Bina performans düzeyleri ve hasar sınırları .....	14
Şekil 3.2. Kesit hasar sınırları .....	15
Şekil 3.3. DBYBHY ivme spektrumu .....	20
Şekil 3.4. Taban kesme kuvveti, çatı deplasmanı (Pushover Eğrisi) .....	26
Şekil 3.5. Modal kapasite diyagramı .....	27
Şekil 3.6. $T_1 \geq T_b$ olması durumunda nonlinear spektral yer değişiminin elde edilişi .....	29
Şekil 3.7. $T_1 < T_b$ olması durumunda nonlinear spektral yer değişiminin elde edilişi .....	30
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan kolon ve kiriş en kesitleri .....	32
Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan betonarme binaya ait ; (a) kalıp planı, (b) binanın üç boyutlu modeli .....	33
Şekil 4.3. Çalışmada kullanılan bina için ve oluşturulan düğüm noktaları .....	34
Şekil 4.4. Van 2011 depreminin Doğu-Batı yönündeki ivme değerleri (x Yönü) .....	34
Şekil 4.5. Van 2011 depreminin Kuzey-Güney yönündeki ivme değerleri (y Yönü) .....	35
Şekil 4.6. Van 2011 depreminin düşey doğrultudaki ivme değerleri (z yönü) .....	35
Şekil 4.7. Erciş İlçe'sine ait spektrum ivme grafiği .....	38
Şekil 4.8. Düğüm noktaları-deplasman grafiği .....	38
Şekil 4.9. Düğüm noktaları-deplasman grafiği-2 .....	39
Şekil 4.10. Düğüm noktalarının statik analiz (değişken olmayan) sonucu oluşan kuvvet ve moment değerleri .....	40
Şekil 4.11. Analiz sonucu bina hasar durumu, (a) 1. adım için; (b) 36. adım için .....	40
Şekil 4.12. Aynı doğrultuda yer alan düğüm noktalarında oluşan deplasman değerleri .....	42
Şekil 4.13. Analiz sonucu uygulanan yük faktörüne bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti değerleri .....	43
Şekil 4.14. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu aynı hizada bulunan düğüm noktalarının deplasman grafiği .....	44
Şekil 4.15. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu zamana bağlı toplam taban kesme kuvveti grafiği .....	45
Şekil 4.16. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri grafiği .....	46

<b>Şekil4.17.</b> Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası kuvvet değerleri grafiği	46
<b>Şekil4.18.</b> Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası moment değerleri grafiği.	47
<b>Şekil4.19.</b> Artımsal dinamik analizi sonucu aynı hizada bulunan düğüm noktalarının deplasman grafiği	48
<b>Şekil4.20.</b> Artımsal dinamik analizi sonucu zamana bağlı olarak oluşan toplam taban kesme kuvveti grafiği.	49
<b>Şekil4.21.</b> Artımsal dinamik analizi sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri grafiği	49
<b>Şekil4.22.</b> Artımsal dinamik analizi sonucu N1 düğüm noktası kuvvet değerleri grafiği	50
<b>Şekil4.23.</b> Artımsal dinamik analizi sonucu N1 düğüm noktası moment değerleri grafiği	51
<b>Şekil4.24.</b> Programda (seismostruct) kayıtlı bulunan yük faktörü grafiği	52
<b>Şekil4.25.</b> Statik zaman tanım alanı analizi sonucu aynı hizadaki düğüm noktalarının zaman deplasman grafiği	52
<b>Şekil4.26.</b> Statik zaman tanım alanı analizi sonucu zamana bağlı toplam taban kesme kuvveti grafiği	53
<b>Şekil4.27.</b> Statik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası kuvvet değerleri grafiği.	53
<b>Şekil4.28.</b> Statik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası moment değerleri grafiği	55
<b>Şekil4.29.</b> N501 düğüm noktasının analizlere göre zaman bağlı deplasman değerleri	56
<b>Şekil4.30.</b> Analizlere göre toplam taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge3.1.</b> Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri .....	18
<b>Çizelge3.2.</b> Spektrum karakteristik periyotları .....	19
<b>Çizelge3.3.</b> Etkin yer ivme katsayısı .....	19
<b>Çizelge3.4.</b> Bina önem katsayısı .....	20
<b>Çizelge3.5.</b> Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları .....	23
<b>Çizelge3.6.</b> Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları .....	24
<b>Çizelge3.7.</b> Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları.....	24
<b>Çizelge4.1.</b> Yapı modelinde kullanılan malzeme ve yapısal özellikler .....	32
<b>Çizelge4.2.</b> Elde edilen modal periyot, frekans ve açılmal frekans değerleri.....	36
<b>Çizelge4.3.</b> Elde edilen modal katılım faktörleri .....	36
<b>Çizelge4.4.</b> Efektif modal kütle değerleri .....	37
<b>Çizelge4.5.</b> Analiz sonucu elde edilen efektif kütle yüzdeler .....	37
<b>Çizelge4.6.</b> Göreceli Kat Öteleme Değerleri (Statik İtme Analizi) .....	42
<b>Çizelge4.7.</b> Göreceli Kat Öteleme Değerleri (Dinamik Zaman Tanımlı Analiz) .....	44
<b>Çizelge4.8.</b> Göreceli Kat Öteleme Değerleri (Artımsal Dinamik Analizi) .....	48
<b>Çizelge4.9.</b> Göreceli Kat Öteleme Değerleri (Statik Zaman Tanım Alanı Analizi) .....	53
<b>Çizelge4.10.</b> Kullanılan analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması .....	57
<b>Çizelge4.11.</b> Analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması .....	57

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$A_0$	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
BA	Betonarme
$C_{R1}$	Spektral yer değiştirme oranı
$d_I$	(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yer değiştirme
$d_1^{(p)}$	Birinci moda ait modal yer değiştirme istemi
DBYBHY	Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
I	Yapı önem katsayısı
n	Hareketli yük çarpanı
S(T)	Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$	Elastik spektral ivme
$S_{di1}$	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yer değiştirme
$T_1$	Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
$T_A, T_B$	Spektrum Karakteristik Periyotları
$u_{xN1}$	Binanın tepesinde (n'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme
$\beta$	Düzeltilme çarpanı
w	Ağırlık katsayısı
$\eta_{bi}$	Burulma düzensizliği katsayısı
$\Phi_{xin}$	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'incimod şeklinin i'inci katta x eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{yin}$	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'incimod şeklinin i'inci katta y eksenini doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{xN1}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
$\Gamma_{X1}$	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

# 1. GİRİŞ

Yaşanan depremlerin oluşturdukları can ve mal kayıplarından dolayı günümüzde depreme dayanıklı yapı tasarımı daha da önem kazanmıştır. Bu durum ülkemizde etkisi göstermiş yapı ile ilgili yönetmeliklerimiz revize edilmiş ve edilmeye de devam edilmektedir. Akademisyenler tarafından bu konu hakkında dünyanın her tarafında hem teorik hem de deneysel araştırmalar yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. Bu bağlamda depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda çok sayıda yazılım geliştirilmiştir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında özellikle son yıllarda yapıların performans kavramı ortaya çıkmış ve bu kavram gelişmeye devam etmektedir. Yapıların performansa göre tasarımı ve değerlendirilmesi yapı yönetmeliklerinde ve yapı analiz yazılım programlarında yerini almaya başlamıştır. Yapıların deprem altındaki incelemeleri için farklı analiz yöntemleri mevcuttur.

Yapıların deprem performansı yeni bir olgudur. Deprem performansı, “bir yapıda oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımı belirli bir deprem etkisi altında belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanabilir. Bu yöntem öncelikle mevcut yapılar için kullanılırken yeni yapı tasarımında da kullanılabilir hale gelmiştir.

Tasarım depremi etkisinde taşıyıcı yapı elemanlarında oluşacak şekil değiştirmelerinin elde edilmesi, performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemi ile yapılabilmektedir. Belirlenen hasarın taşıyıcı elemanlar için sınır şekil değiştirmelerin altında olup olmadığı kontrol edilir. Sınır şekil değiştirme değerleri, çeşitli depremler için yapılar için hedeflenen performans değerleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanmaktadır [1, 2, 3].

Yapıların deprem performanslarının belirlenmesi için doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılar ile ilgili yönetmeliklerde küçük büyüklükteki depremler için yapının herhangi bir hasar almaması, daha büyük depremleri ise can güvenliğini sağlayacak belirlenen sınırlarda oluşan hasarlarla karşılaşması ve çok daha büyük depremler için yapının toptan göçme oluşmadan atlması gibi bir takım performans hedefleri belirlenmiştir. Bu hedeflerin tamamı aslında yapıdan beklenen performans değerlerini ifade etmektedir. Herhangi bir yapı için belirlenen performans seviyeleri açık bir biçimde DBYBHY-07’de [4] tanımlanmıştır. Deprem yönetmeliğinin 7. Bölümünde

yapılar için olası bir deprem için öngörülen performans seviyelerinin belirlenmesi amacı ile kullanılacak analiz yöntemleri belirtilmiş ve detayları ile anlatılmıştır.

Doğrusal elastik analiz yöntemlerinin kullanılmasıyla yapıların performanslarının belirlenmesini çok daha kolay hale getirmektedir. Yapılar ile ilgili yazılım programlarının neredeyse tamamı doğrusal elastik yöntemlerin kullanılmasına imkan tanımaktadır. Tasarımı yapılacak olan herhangi bir bina için binanın tüm taşıyıcı sistemin tümü için bir deprem yükü azaltma katsayısı ifade edilmektedir. Mevcut binalarda ise yapıyı meydana getiren taşıyıcı eleman kesiti, beton malzeme özelliklerine ve donatı yerleşim düzenine bağlı olarak her bir taşıyıcı eleman için deprem yükü azaltma katsayısı (  $r$  ) kullanılmaktadır. Analizler sonucunda elde edilen deprem yükü azaltma katsayısı ile kabul edilen limit değerler ile karşılaştırmalar yapılarak Türk Deprem Yönetmeliği'nde ifade edilen performans seviyelerine göre yapının performansı hesaplanmış olur. Taşıyıcı sistemi meydana getiren elemanların her birinin kesit, donatı düzeninin ve malzeme özelliklerinin farklı olmasından dolayı her bir taşıyıcı elemanın süneklik düzeyi farklı olacaktır. Sünekliğin her bir taşıyıcı elemanda farklı olmasından dolayı her bir eleman için farklı deprem yükü azaltma katsayısı (  $r$  ) elde edilmektedir. Tasarımı yapılan herhangi bir yapıda yapım aşamasına geçilmediğinden dolayı proje aşamasında yapıyı meydana getiren tüm elemanlarda belirli süneklik düzeyinin sağlanması çok kolay olmaktadır. Ancak mevcut bir yapıda bunun yerine getirmek mümkün değildir. Dolayısıyla mevcut bir yapıda gerekli incelemelerden sonra her bir taşıyıcı eleman için Süneklik düzeyi tespit edilmeli ve hesaplamalarda bu değer dikkate alınmalıdır. Bu da mevcut yapılar ile ilgili işlemlerin hassasiyetle yapılması ile doğrudan ilgilidir. Ayrıca tasarımı yapılacak yapılar için de yapı ilgili yönetmeliklere hem tasarım hem de yapım aşamasında hassasiyetle uyulmalıdır.

Yapıların performans analizinde kullanılan diğer bir yöntem de doğrusal olmayan değerlendirme yöntemleridir. Bu yöntem ile elastik ötesi yapı davranışı daha gerçekçi olarak ortaya konmaktadır. Bu yöntemde kendi içerisinde bir takım zorluklar bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yapı taşıyıcı sistemi ile ilgili daha çok bilgiye, parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut yapılarda bu bilgilere ve parametrelere ulaşılmaması durumunda büyük belirsizlikler meydana çıkmaktadır. İkinci bir zorluk ise mevcut doğrusal çözüm programlarının kullanılmaması ve çok daha ayrıntılı çözüm tekniklerini içeren programlara ihtiyaç duyulmasıdır [5].

## 1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Özellikle son yüzyılda yaşanan büyük depremler sonrası, mevcut yapıların deprem güvenliğinin tespiti çok önem kazanmıştır. Son olarak yaşadığımız 23 Ekim 2011 Van ve daha önce yaşadığımız acı deprem tecrübelerinin ışığı altında ülkemizde depremlerden ziyade can ve mal kaybına usulüne uygun yapılmamış yapıların sebep olduğunu görmekteyiz. Depreme dayanıklı yapı tasarımı için kullanımda olan yönetmeliklerde belirtilen tasarım ve yapım kurallarına uygun yapılmayan yapıların varlığı, aynı zamanda yeterli düzeyde yapı güvenliğinin sağlanmadığı yapı miktarı ve depremin büyüklüğü gibi faktörlerden dolayı depremlerin oluşturduğu can ve mal kayıpları artış göstermektedir.

Yerleşim bölgelerini etkileyen deprem zararlarının daha da asgari seviyelere indirilmesi için ilk olarak mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi gereklidir. Olası bir depremde yıkılma veya ağır hasar görme riski yüksek olduğu binaların detaylı incelemeden sonra güçlendirilmesi, eğer güçlendirme işlemleri ekonomik olarak verimli değilse bu yapıların yıkılarak yeniden yapılması depremde oluşabilecek zararı azaltma yöntemleridir [1].

Türkiye genelinde yeterli emniyete sahip çok az miktarda bina mevcut bulunmaktadır. Bu sebeple olası bir depremde can ve mal kaybı olması muhtemeldir. Bu bağlamda, mevcut yapılar için hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak yapı stoku için önceliklendirme çalışmaları yapılmalıdır. Bu işlem sonucunda detaylı incelenecek bina sayısı daha az hale getirilecektir. Ancak, mevcut yapı stok miktarının fazlalığı düşünüldüğünde her bir yapı için detaylı analizler yapmak zaman ve ekonomik açısından adeta imkânsızdır. Ayrıca hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak yapılar ile ilgili kesin bir sonuca varılması imkânsızdır. Yapı ile ilgili kesin bir sonuca ulaşmak için Türk Deprem Yönetmeliği, 7. Bölümünde verilen mevcut yapıların değerlendirilmesinde ifade edilen yöntemler kullanılarak doğru ve kesin kararlar verilebilmektedir. Yönetmeliğin bu bölümünde yapıların deprem yükleri altındaki performanslarının hesaplanma şekilleri hem mevcut hem de güçlendirilmiş yapılar için detaylı olarak tarif edilmektedir. Bu yöntemler, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemler olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Teorik olarak farklı yaklaşımların dikkate alındığı her iki yöntem için elde edilecek sonuçların birebir aynı olması beklenmemektedir [4]. Genellikle tercih edilen analiz yöntemi doğrusal elastik yöntemler olmaktadır. Bu yöntemde malzemelerin doğrusal elastik olduğu ve yapı sistemine ait yer değiştirme mertebelerinin küçük olduğu kabul edilmektedir. Doğrusal elastik olmayan

yöntemlerde ise malzemeler için doğrusal olmayan davranışlarının yapı sistemi üzerindeki etkileri dikkate alınarak yer değiştirmelerin küçük olmadığı kabul edilmektedir.

Bu tez çalışmasında, söz konusu alternatif analiz yöntemlerini uygulamak ve aralarında bir kıyaslama yapmak amacıyla, önce DBYBHY-07'ye göre 5 katlı, düzenli bir aks sistemine sahip, taşıyıcı sistemi salt çerçeveden oluşan yeni bir betonarme bina tasarlanmış ve mevcut bir bina gibi kabul edilmiştir. Bina bilgi düzeyi olarak kapsamlı bilgi düzeyi seçilmiştir. Seismostruct yazılım programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Seçilen örnek betonarme bina için yazılım programında bulunan öz değer analizi, tepki spektrumu analizi, statik analiz (değişken olmayan yük), statik itme (pushover) analizi, dinamik zaman tanım alanı analizi, artımsal dinamik analizi ve statik zaman tanım alanı analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu analizler hakkında bilgi verilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmadaki amaç kullanılan yapı performanslarını hesaplanmasında kullanılan bu yöntemlerin birbirleri ile tutarlılığını ortaya koymaktır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bir önceki bölümde tarif edilen farklı analiz yöntemleri kullanılarak yapıların performansları ile ilgili yerli ve yabancı birçok çalışma yapılmıştır.

Ülkemizde de DBYBHY- 07 [4], 06.03.2007 tarihinde Resmi Gazete 'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Türk Deprem Yönetmeliğinin 7.Bölümü olarak “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” yönetmelikte kendine yer bulmuştur. Deprem performansını belirlemede Amerika Birleşik Devletlerinde, Applied Technology Council tarafından 1996 yılında California’da yayımlanan ATC-40 [6], Federal Emergency Management Agency tarafından 1997 yılında Washington’da yayınlanan FEMA-273 [7] , FEMA-274 [8] ve 1999 yılında yine Washington’da yayınlanan FEMA-276 [9] yayınları deprem performansını belirlemede kullanılan önemli kaynaklar arasında yer almaktadır. Konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Habibullah ve Pyle [10], yaptıkları çalışmada FEMA ve ATC-40’taki yapı performans seviyelerine bağlı olarak yapıların üç boyutlu doğrusal olmayan statik itme analizininSAP2000 programı ile nasıl yapıldığını açıklamışlardır.

Chopra ve Goel [11], çalışmalarında binalara deprem davranışını belirlemek için modal itme analizi(ModalPushover Analysis)uygulamışlardır. Çalışma pushover analiz prosedürünü geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada dokuz katlı bir binanın analizi yapıp bazı katların plastik mafsalları belirlenmiştir.

Maison [12], seçmiş olduğu binaların FEMA’ya göre artımsal itme analizini gerçekleştirerek bir değerlendirme sunmaktadır. Bu değerlendirmede, artımsal itme analizinin tartışmaya müsait konularına da açıklık getirmeye çalışmıştır.

Işık ve Kutanis [13], yaptıkları çalışmalarda Bitlis ilinde bulunan 16 adet betonarme bina için performansa dayalı değerlendirme yapmış ve öneriler sunmuşlardır.

Korkmaz ve Düzgün [14] yaptıkları çalışmada betonarme yapıların performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerini, doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler ile karşılaştırarak değerlendirmesini yapmışlardır.

Uygun ve Celep [15] yaptıkları çalışma ile örnek olarak seçilen bir betonarme binanın deprem güvenliğini doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemleri ile karşılaştırılmalı olarak incelemiştir. Çalışmada ayrıca seçilen örnek bir bina için doğrusal olmayan dinamik analiz kullanılarak, bunun doğrusal olmayan statik itme analizi ile olan uyuşumu tartışılmıştır.

Yılmaz [16] yaptığı çalışma ile betonarme bir taşıyıcı sistemin deprem performansının değişik yöntemlerle karşılaştırmalı değerlendirilmesi gerçekleştirmiştir.

Denizer [17] yaptığı çalışma ile depremde betonarme bina performansının doğrusal elastik ve elastik olmayan yöntemler ile belirlenmesi ve yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılmasını ele almıştır.

Temiz [18] yaptığı çalışmada betonarme bir yapının performansının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak belirlenmesini konu edinerek elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır.

Kanbir[19] yaptığı çalışmada performans analizinde doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal elastik olmayan itme analizi yönteminin karşılaştırılması gerçekleştirmiştir. Çalışmada mevcut betonarme binanın deprem performansı, Türk Deprem Yönetmeliği-2007’de tanımlanan doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü ve doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü (itme analizi) hesap yöntemleri ile belirlenmiştir.

Duman [20] tarafından yapılan çalışmada 2007 Deprem yönetmeliğine göre tasarlanan betonarme yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle deprem performansının belirlenmesi konu edinmiştir.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Giriş

Betonarme yapılar, güvenli bir şekilde taşınması gereken düşey yükler ile birlikte yatay kuvvetleri de güvenli bir şekilde taşınmalıdır. Betonarme yapılarda düşey yükleri hareketli yükler, sabit yükler sınıfında sayılan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların ağırlıkları oluşturur. Deprem ve rüzgâr etkileri ise en önemli yatay yükleri oluşturur. Bunlar düşey yüklerden farklı bir özelliktedir, bunun için yapının güvenliğini sağlarken ilgili konstrüktif kurallara uyulması ve taşıyıcı sistem davranışının esas alınması gerekir [21].

### 3.2. Temel İlkeler

Depreme karşı yeteri kadar güvenli ve bunun yanında ekonomik koşullar da göz ardı etmeden yapı tasarımına iten etkenlerden birisi ise, ülkemizdeki yerleşim birimlerinin büyük bir kısmının yüksek deprem riski taşıyan deprem kuşağı üzerinde bulunmasıdır. Bu durum, mühendislik açısından önem arz etmektedir. Depreme dayanıklı ve ekonomik yapı tasarımının sağlanabilmesi için;

- Depremlere maruz kalacak olan yapıların sürelerin gerçekçi bir şekilde ortaya konulması;
- Deprem etkileri altında yapıların beklenen davranışın uygun değer düzeyde güvenlik ve ekonomi koşullarını sağlayacak şekilde belirlenmesi;
- Deprem etkileri altında yapının göçme güvenliklerinin bulunmasına olanak sağlayan hesap yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekir [22].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında; yapı işlevinin devam etmesinin sağlanması, hasar durumlarının sınıflandırılması ve yapı içerisindekilerin hayatta kalmasını sağlamak şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde korunma ilkeleri söz konusudur [22].

### 3.3. Deprem Etkisi Altında Davranış

Yapı inşa edilmeye başlandıktan itibaren taşıyıcı sistem, kendi öz ağırlığını taşır. Hareketli yük, sisteme etkimesi ile gerçekleşir. Yüklemenin değeri bir süre içerisinde olduğundan, taşıyıcı

sistemde oluşan kusurlar ortaya çıkmasıyla tedbir olarak hemen yük boşaltma yönüne gidilir. Rüzgâr ve deprem yükleri sisteme çok kısa zamanda etkiler ve dinamik özellik gösterirler [23].

Depremlerin büyüklükleri ortaya çıkan enerjiye göre belirlenir. Büyük depremler seyrek olarak meydana gelirler fakat şiddetli hasarlar meydana getirirler. Buda dönüşüm devirlerinin uzun olduğunu gösterir. Daha sık meydana gelen küçük depremler az hasar meydana getirir ve bu da dönüşüm devirlerinin küçük olduğunu gösterir. Deprem yönetmeliğine göre binanın dayanımı, kullanım amacına bağlı olarak dönüşüm periyodu 100 ila 500 yıl arasında bulunan depremlere karşı söz konusu olur. Ancak bu tür depremlerden oluşan kesit etkilerinin taşıyıcı sistem elastik davranışı ile karşılanması mümkün olmuyor. Buna karşılık bu değerlerin % 15 - % 20 gibi oldukça küçük bir oranın elastik davranış içinde karşılanacağı ve daha küçük depremlerin taşıyıcı sistemde meydana gelecek elastik ötesi şekil değiştirmeler ve enerji tüketilmesi ile karşılanacağı düşünülür. Bundan dolayı taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine sık rastlanan küçük depremlerde ulaşılır. Deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine yıllık ihtimali % 1 - % 3 gibi yüksek bir oran olarak ortaya çıkar. Bunun yanında düşey yükler altında taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine erişmesi ise % 0,01 gibi oldukça düşük bir oran civarında olur. Bu iki değer kıyaslandığında deprem etkisinin karşılanmasındaki eksiklerin ne derece sorun meydana getirdiğini görülebilir [21].

Depreme karşı dayanımının 1920 yıllarda yapıların boyutlandırılmasının da önemli olduğu düşüncesi kabul görmeye başlamıştır. Deprem etkisi yapının ağırlığının yaklaşık % 10 u yatay yük olarak kabul edilmiştir. Bu durum sayısal ölçümlerin eksikliğinin sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Teknoloji ile birlikte bilgisayarlardaki gelişmelerde yakın zamanda, taşıyıcı sistemin çözümlenmesini daha ayrıntılı bir şekilde yapma imkânı sunmuştur. Bir kesitte eğilme momenti dayanımı bulunmasının, taşıyıcı sistem bütünlüğü bozulmamak koşulu ile her zaman ağır hasara veya göçmeye götürmediği depremlerden sonra yapılan incelemelerden belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar, tipik bir depremde orta ve yüksek katlı yapıların zorlanması durumunda çözümlenmenin elastik veya elastik ötesi davranış esas alınarak yapılmasına bağlı kalmaksızın aynı derecede yatay yer değiştirmenin meydana geldiğini göstermiştir [21].

Genel olarak sünek taşıyıcı sistemler depreme dayanıklı yapı tasarımında ön plana çıkmıştır. Önemle vurgulanan diğer husus ise, yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özendir. Diğer önemli hususlardan biride binanın taşıyıcı sistemde yatay deplasmanlarını sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılmasıdır. Afet

Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007 de tanımlanan tasarım depremi, yapı önem katsayısı birim olan yapılar için dönüşüm periyodu 475 ve 50 yıllık zaman içinde aşılması ihtimali % 10 olan yer hareketine karşı gelmektedir [21].

### **3.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri**

#### **3.4.1. Yapının Geometrisi**

Yapıların, deprem davranışını olumsuz yönden etkilemesinden dolayı düzensiz yapı tasarımından kaçınılması gerektiği DBYBHY 2007’de ifade edilmiştir. Eğer bu düzensizlikler kaçınılmaz ise ek boyutlandırma ve yapı kuralları oluşturularak düzensiz yapıların dayanım düzeyi arttırılmaya çalışmalıdır. Mühendisliğin önemli konularından biri de yapıların deprem sırasında davranışının belirlenmesi konusudur. Bundan dolayı deprem davranışını olumsuz etkileyen etkenlerin ne olduğu iyice araştırılmalıdır. Bu etkenler içinde binanın taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması etkin bir yer tutmaktadır.

Yapının basit düzenlenmesi, depreme dayanıklılığının o derece yüksek olduğunun yapılan gözlemlerle belirlenmiştir. Bu durumu, çeşitli nedenleri göz önünde bulundurarak açıklamak mümkündür. Basit ve düzenli yapıların uygulaması kolay olduğu gibi uygulamada hata yapma olasılığı da azdır. Bundan dolayı bu tür basit ve düzenli yapıların depremdeki davranışını tahmin etmek kolay olduğu için, buna göre de problemlere çözümleme yapmak daha kolaydır. Düzensiz ve karmaşık yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan etkileri göz önüne almak daha karmaşık, uzun ve yorucu işlemler gerektirir. Üç boyutlu çerçeve hesapları da ek bir zorlamanın ortaya çıkmasına müsaade etmek, burulma etkisi hesaba katılabilmekten daha mantıklıdır [23].

#### **3.4.2. Süreklilik**

Plan ve düşeyde bulunan çerçeve taşıyıcı sistem elemanlarının dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi de sistem davranışı olumlu yönde etkileyen faktörlerden biridir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması çerçeve sistemdeki belirli bölgelerinin fazla zorlanmasını önüne geçer. Temelden çatıya kadar bütün kolon ve perdeler sürekli olmalı ve elemanların birbirine mesnetlenmeleri dış merkezden olması gerekmektedir. Elemanların süreklilik ile birbirine taşıyıcı sistemde yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma

kapasitesi arttırılmış olur. Bundan dolayı dinamik enerjinin yutulan kısmı, bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı da büyütülmüş olur [23].

### **3.4.3. Süneklik**

Düşey yükler altında projelendirme daha çok dinamik deprem yüklerinin karşılanmasında önem kazanır. Çünkü taşıyıcı elemanların veya taşıyıcı sistemin sünekliliği işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında taşıyıcı elemanların veya taşıyıcı sistemin yardımlaşmasını sağlamanın yanında oluşan enerjiyi emme sonucunu doğurmaktadır [23].

Süneklik; çerçeve sistemin bir elemanının veya taşıyıcı sistemin dış yükte önemli bir değişme olmaksızın elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, yer değiştirme ölçüsü olarak tanımlanır. Sistem süneklik oranı ise; göçme sırasındaki toplam şekil değiştirmeler ile lineer şekil değiştirmelere oranlanarak tanımlanmaktadır. Sistem süneklilik oranının büyük değerler alması sonucu, yapı göçmeden önce yeterli düzeyde lineer olmayan şekil değiştirme yapabilmesini sağlamaktadır [24].

### **3.4.4. Rijitlik**

Yeterli rijitlik, dayanım ve süneklik deprem etkisindeki betonarme binalarda tasarımda dikkate alınan ilkelerin başında gelmektedir[25]. Yatay yükler altında çerçeve sistemdeki deplasman hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlı olarak yapılır. Yatay yükün çok düşük seviyesi için kullanılacak rijitlik, brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastik modülünden hareket edildiğinde bulunacak rijitliktir. Sınır durumundaki rijitlik betonun çatlamasının göz önüne alınması kullanılabilirlik için uygundur. Rijitliği daha da azaltan durumlar arasında, yatay yüklerin artmasıyla ortaya çıkan donatıda akma, donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hâkim duruma geçmesi gibi durumlarda söz konusudur. Yapılarda taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı olanlara göre daha az elastik ve gevrek bir davranış gösterirler. Taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak rijitliğin arttırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak yapmak mümkündür [23].

### **3.5. Performansa Dayalı Yapı Tasarımı**

#### **3.5.1. Giriş**

Kentsel yapı stokları için gerekli denetim ve değerlendirmelerin oluşabilecek depremlerden önce yapılması ve güvensiz olan yapıların olası bir depremde belirlenen deprem dayanım düzeyine yükseltilmesi için uygulanabilecek güçlendirme uygulamalarına karar verilmesi yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas amaçtır. Kentsel yerleşimlerde yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan, deprem tehlikesi altında olan pek çok yapı olduğu bilinmektedir.

Performansa dayalı deprem mühendisliği ile sismik performansları belirlenebilen güvenli yapıların inşa edilmesi mümkündür. Bu kavram, deprem mühendisliğinde yeni gelişmektedir. İlk olarak deprem dayanımlarının değerlendirilmesi ve mevcut yapıların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin hesaplanması için geliştirilmiştir. Zamanla yeni yapıların tasarımında da kullanımı önem kazanmıştır.

Deprem mühendisliğinde, deprem etkisi altında bulunan yapılardan beklenen performans seviyesinin belirlenmesi için performansa dayalı yapı tasarımı yöntemi kullanılır. Performans seviyesi, deprem sonrası yapıda meydana gelebilecek hasar durumu seviyesi ile ilgilidir. Belirli bir depremde yapıda birden fazla hasar seviyesinin ortaya çıkması performansa dayalı yapı tasarımıyla öngörülür [22].

#### **3.5.2. Performans Amaçları**

Son yüzyılda yaşanan depremlerin acı tecrübeleri ışığında deprem mühendisliğindeki gelişmeler artmış, gelişmesini sürdürmeye devam etmektedir. Yaşanmış depremlerin akabinde önemli dersler çıkarılmış ve yapı tasarım kuralları ilerletilerek, önemli kazanımlar elde edilmiştir.

İnşaat mühendisliğinde, performansa dayalı deprem mühendisliği çok önemli bir eksikliği gidermiştir. Öngörülen deprem riski altında, bir yapının veya yapı stokunun, göstereceği performans değerleri nicel anlamda hesaplanabilir olduğundan, var olan herhangi bir binanın neden olabileceği ekonomik kaybı ve olası can kayıplarını tespit etmek performansa bağlı değerlendirme ve tasarım yönteminde mümkün olabilmektedir. Deprem mühendisliği, doğal afetlerden biri olan depremin afete dönüşmemesi için, karar vericilerin, bilimsel ve rakamsal alt

yapıya sahip ve bunların sonucunda yapılacak olan hesaplamalardan elde edilecek bilimsel sonuçları dayanak verileri olarak seçilmesi ile bilimsel ve gerçekçi bir biçimde bilgilendiren bir yaklaşımdır.

Yapı performanslarının amacı, yapıların meydana gelmesi beklenen depreme karşı göstereceği davranışı belirlemektir. Belirli bir deprem etkisi altındaki yapının kabul edilebilir maksimum hasar durumlarının belirlenmesi şeklinde tanımlanan sismik performansın amacı, tahmin edilen bina performansının seçilmesi için büyüklüğü verilen deprem yer hareketi kullanılarak saptanır. Çoklu performans amacı ise bir performans amacının çeşitli deprem durumlarını içermesi durumunda bu performans amacına denir. Deprem yönetmelikleriyle açık bir şekilde belirtildiği gibi depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerinden özellikle can güvenliği sağlanmış ve yapının göçmemesi önlenmiştir.

Performansa dayalı tasarım bir tasarım depreminin ardından hemen can güvenliği ve yanal stabilite gibi performans seviyelerini yapıda belirlemek için kullanılmaktadır. Bu amaçla esas anlayış olan performansa dayalı depreme dayanıklı yapı tasarımını göstermektedir. Çerçeve taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve ona bağlı deprem yükü azaltma katsayısı ile deprem güvenliğini belirleyecek veya güçlendirilecek binalarda çerçeve taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranması durumu göz önüne alınır. Depremde meydana gelen kuvvetlerin ve oluşacak olan yer değiştirmelerin belirlenmesi bakımından yetersiz görülmesi, çerçeve taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının tek bir katsayı ile göz önüne alınmasına bağlanabilir. Gerçekçi güç tükenmesi mekanizmasının belirlenmesinde ve yeterli güvenliğin elde edilmesindeki belirsizlikleri ile beraberinde getirmesinin sebeplerinden biri de, yetersiz bir yöntemle var olan yapıların deprem güvenliğinin incelenmesidir. Yapıda maliyeti yüksek ve aşırı güvenli güçlendirmenin yapılması veya bunların yapı sahibinin istekleri doğrultusunda oluşmaması gibi durumlar sonuç olarak ortaya çıkar. Bu kavram bu eksikliklere cevap vermek üzere oluşturulmuştur. Deprem Performans Amacı, Performansa dayalı incelemede bina için ilk adımdır.

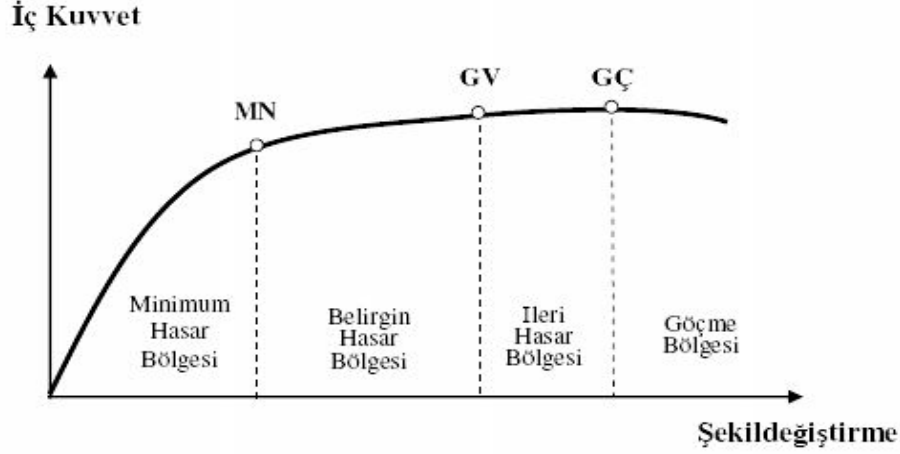


### 3.5.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapının ömrü boyunca maruz kalabileceği en büyük deprem hakkında fikir yürütmek oluşan depremlerin ve fay hatlarının yapısının incelenmesinde deprem tehlikesi olan bölgeleri belirlemek kolay olmasına karşılık oldukça zordur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında değişik seviyelerde koruma söz konusudur. Bunlar yapının fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması, hasarın sınıflandırılması ve yapı içerisindeki insanların hayatının kurtarılması şeklindedir. Bu seviyelerin belirlenmesine toplumun bu konuda yapacağı fedakârlık ve ekonomik durum etkilidir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımındaki amaç, yapının, sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içerisinde kalması, orta şiddetteki depremleri elastik sınırın ötesinde, ancak taşıyıcı sistemde basit uygulamalarla onarılabilecek önemsiz hasarlarla kalması ve çok seyrek olan şiddetli depremleri büyük hasarlarla ancak taşıyıcı sistem tamamen göçmenin meydana gelmemesi ve can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, değişik sınır durumlara karşı belirli düzeylerle güvenlik sağlanması amacıyla depremden hemen sonra yapının işlevine devam edebilmesi meydana gelen deprem hasarının sınırlı ve onarılabilir olması, yapı içerisindeki insanların can güvenliğinin sağlanması ve göçmenin önlenmesi şeklinde olmak üzere kısımlar belirlenmiştir. Beklenen güvenlik düzeyi yapının önemine, kullanım amacına ve yapıdan beklenen performansa bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Çerçeve sistemde sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durumu belirlenmiştir. Bunlardan ilki; minimum hasar sınırı (MN), ikincisi; güvenlik sınırı (GV) ve üçüncüsü; göçme sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını belirtmektedir. Güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını belirtmektedir. Göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını belirtmektedir. Yapıda gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez [24]. Kesit hasar sınırları Şekil 3.1'te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Bina performans düzeyleri ve hasar sınırları [4].

### 3.5.3.1. Hemen kullanım (hasarsızlık) sınır durumu (fullyoperational)

Hemen kullanım sınır durumu için (fullyoperational); herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap neticesinde kirişlerin en fazla % 10 u belirgin hasar bölgesine geçebilir. Fakat diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesinde olmalıdır. Sünek duruma getirilmesi şartı ile varsa gevrek elemanların bu durumdaki yapı hemen kullanım durumunda kabul edilir [24].

Yapının hemen kullanımı durumunda, binada küçük elektro-plastik şekil değiştirmelere izin verilmektedir. Ana eleman olarak kabul edilen kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması öngörülürken, kirişlerde ise belirli oranın bir üst hasar seviyesine geçmesine izin verilmektedir. Gevrek hiçbir elemanın kabul edilmemesi uygulamada oldukça zor bir koşul olarak ortaya çıkmaktadır [25].

### 3.5.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety)

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumalarına rağmen bir kısmında hasar görülür. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterli seviyededir. Dolgu duvarlar yıkılmamıştır fakat yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır. Gözle fark edilebilir değerler olmamasına rağmen yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir [25].

### 3.5.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (nearcollapse)

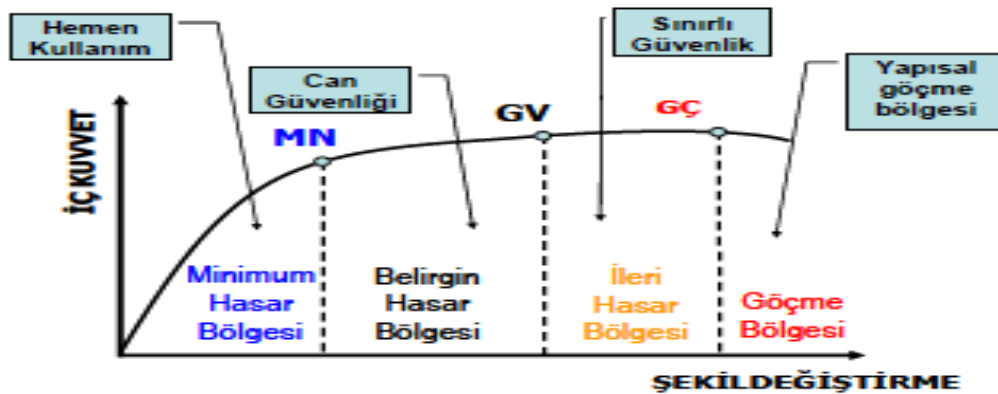
Göçmenin önlenmesi sınır durumunda, deprem etkisi altında binanın yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bir kısmını yitirmiş bazı taşıyıcı elemanlar vardır. Düşey yükleri taşımada yeterli olan düşey elemanların bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Dolgu duvarların bir kısmı yıkılmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır. Kalıcı ötelenmeler yapıda oluşmuştur [26,27, 28].

### 3.5.3.4. Göçme sınır durumu (collapse)

Uygulanan deprem kuvveti altında yapı göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyen elemanlar düşey yükleri taşıyabilmektedir; fakat rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelecek hafif şiddette bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir[28].

Göçmenin önlenmesi durumunu sağlamıyorsa yapı göçme durumundadır. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalı olduğundan yapıya güçlendirme uygulanmalıdır. Fakat bu durumda güçlendirme ekonomik olmayabilir [27].

Hasar sınırları ve hasar bölgeleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kesit hasar sınırları [4]

### **3.5.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri**

Binanın deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde ihtiyaç duyulan taşıyıcı çerçeve sistem elemanlarının boyutlarının belirlenmesi için binanın taşıyıcı sistemi hakkında bilgi toplanması gerekir. Binalardan toplanan bilgiler; çerçeve taşıyıcı sistemin geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binanın projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden, taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman boyutlarından elde edilir [27].

Binadan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler yapısal sistemin tanımlanması, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın belirlenmesi olup sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür [27]. Sırasıyla sınırlı bilgi düzeyi, orta bilgi düzeyi ve kapsamlı olarak bilgi düzeyleri sınıflandırılır.

#### **3.5.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi**

Binaya ait çerçeve taşıyıcı sistemin projeleri mevcut değildir. Binada yapılacak incelemelerle ve ölçümlerle taşıyıcı sistemin özellikleri belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyinde bulunan yapının deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalar ile insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar için uygulanamaz. Bilgi düzeyi katsayısı 0.70'dir [27].

#### **3.5.4.2. Orta bilgi düzeyi**

Binaya ait taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılarak bilgi düzeyi daha da arttırılır. Eğer projeler mevcutsa inceleme ve ölçümler yapılarak proje bilgileri ile karşılaştırılarak kontrol edilir. Bilgi düzeyi katsayısı 0.90'dır [27].

#### **3.5.4.3. Kapsamlı bilgi düzeyi**

Binanın taşıyıcı sistemine ait projeleri mevcuttur. Yeterli düzeyde inceleme ve ölçümler yapılarak projede ki bilgiler ile karşılaştırılarak kontrol edilmelidir. Bilgi düzeyi katsayısı 1.00'dir [27].

### **3.5.5. Deprem Hareketi**

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına deprem denir. Deprem sonucu oluşan hareket ise deprem hareketidir. Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda deprem hareketleri dikkate alınmıştır. Bu deprem hareketleri genellikle, 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılıklarına ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman periyodu ile ifade edilir.

#### **3.5.5.1. Servis (kullanım) depremi**

Servis depremi; 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık olarak dönüş periyodu 72 senedir. Servis depreminin binanın ömrü boyunca maruz kalabileceği bir deprem olduğu dönüş periyotları incelendiğinde kabul edilebilir [29]. Bu deprem etkisi, 3.5.5.2 de tanımlanan tasarım depreminin yarısı kadardır.

#### **3.5.5.2. Tasarım depremi**

Tasarım depremi; 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık olarak dönüş periyodu 474 yıldır. Bu deprem 1998 deprem yönetmeliğinde esas alınmaktadır[26]. Göz önüne alınan deprem etkisine karşı bina önem katsayısı 1 olan yeni konut yapıları içindir. Binanın ömrü boyunca tasarım depremine maruz kalma ihtimali çok düşüktür[30]. DBYBHY-2007'de tasarım depreminde, binanın taşıyıcı sisteminde yapısal elemanlarda oluşacak hasarı kabul eder. Yapının sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalmasını öngörülür. Bu durum, sınırlı hasarın kabul edilmesi taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının kullanılmasına karşılık gelen bir kabuldür [21].

#### **3.5.5.3. En büyük deprem**

Bu deprem 50 yılda aşılma olasılığı % 2 ve dönüş periyodu yaklaşık olarak 2475 yıl olan bir depremdir. Bu depremin etkisi olarak tasarım depreminin yaklaşık 1,5 katı kadardır [34]. En büyük depremin yeni projelendirilen toplumsal açıdan önemli yapılar için göz önüne alınan deprem etkilerine karşı geldiği söylenebilir. Yeni bina katsayısının 1'den büyük seçilmesi ile bu yapılarda en büyük deprem etkisine dayanıklı olduğu gözlenir [29].

### 3.5.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Performans hedefi; belirli bir deprem hareketi etkisi altında bulunan bir binanın öngörülen yapısal performans hedefi olarak tanımlanır. Bir yapıyı oluşturan taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlarının performans seviyeleri yapısal performanstır. Bir yapı için, birden fazla deprem hareketi altında farklı performans hedefleri beklenebilir. Buna da çok seviyeli performans hedefi denir.

Aşağıdaki Çizelge 3.1 de, örnek olarak deprem yönetmeliğinde öngörülen çok seviyeli performans hedefi verilmiştir. Çizelge 3.1 yeni tasarımı yapılacak binalar için söz konusu olan bina önem tablosu katsayısını benzerdir. Bina önem katsayısı yeni yapılacak yapılar için karşılanması öngörülen deprem etkisi artırılır. Mevcut binalarda ise binanın kullanım amacı ve türüne bağlı olarak deprem etkisine göre binanın sağlaması gereken performans hedefini değiştirmektedir [29].

**Çizelge 3.1.** Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri (DBYBHY–2007) [4].

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
<b>Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar:</b> Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezi v.b	-	<b>HK</b>	<b>CG</b>
<b>İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, v.b.	-	<b>HK</b>	<b>CG</b>
<b>İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar:</b> Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	<b>HK</b>	<b>CG</b>	-
<b>Tehlikeli Madde İçeren Binalar:</b> Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	<b>HK</b>	<b>GÖ</b>
<b>Diğer Binalar:</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, v.b)	-	<b>CG</b>	-

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

### 3.5.7. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesinde baz alınacak olan  $A(T)$  ile Spektral İvme Katsayısı gösterilmiştir. Elastik Spektral İvme olan  $S_{ae}(T)$  ise % 5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatı olarak gösterilmiştir. Elastik Spektral İvme olan  $S_{ae}(T)$ , spektral ivme katsayısı ile  $g$ 'nin çarpımına denk gelmektedir [26].

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad (3.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \times g \quad (3.2)$$

DBYBHY – 2007 yönetmeliğinde tasarıma esas alınan yer hareketinin belirlenmesinde kullanılan, ivme spektrumlarının  $T_A$  ve  $T_B$  karakteristik değerlerinin zemin sınıfına göre dağılımı Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Spektrum karakteristik periyotları ( $T_A$ ,  $T_B$ ) [31]

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

Çizelge 3.3’de deprem bölgelerine göre sınıflandırılan etkin yer ivme katsayısı değerleri verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Etkin yer ivme katsayısı ( $A_0$ ) [31]

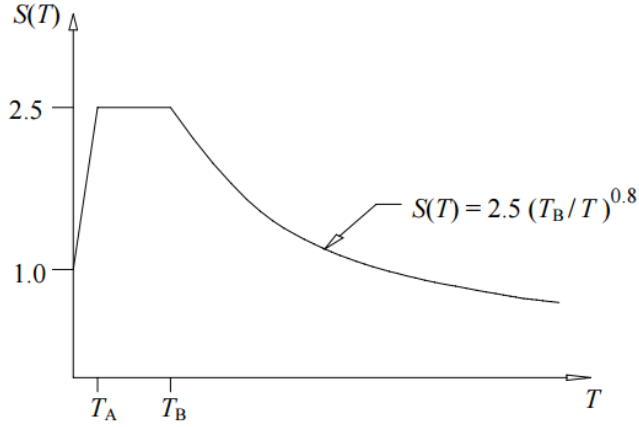
Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Yapıların kullanım amacına ve türüne göre belirtilen bina önem katsayısı değerleri Çizelge 3.4’te verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Bina önem katsayısı (I) [26]

<b>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</b>	<b>Bina Önem Katsayısı (I)</b>
Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar	1.5
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar ve değerli eşyaların saklandığı binalar	1.4
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1.2
Diğer binalar	1.0

Elastik tasarım ivme spektrumu gerek duyulduğunda, özel araştırmalarla yerel deprem ve zemin koşulları göz önünde bulundurularak belirlenebilir. Fakat bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Çizelge 3.4'deki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak yukarıda belirtilen Denklem 3.1.'den elde edilecek değerlerden daha küçük olmayacaktır [26]. Deprem yönetmeliğinde tarif edilen ivme spektrumu Şekil 3.3'de verilmiştir.



**Şekil 3.3.** DBYBHY ivme spektrumu [4].



## 3.6. Deprem Performansı Hesaplama Yöntemleri

### 3.6.1 Giriş

Yapıların deprem performansı ile uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların durumu birbiriyle ilişkilidir. Bu performans dört farklı hasar durumu için tasarlanmıştır. Aynı performans tanımları gerçekte deprem etkilerine maruz kalmış binaların belirlenmesi için de kullanılabilir.

Seçilen performans seviyesi esas alınarak taşıyıcı sistemde kuvvet dağılımının ve yer değiştirmenin yapılması için gereken işlemlerin tümü bu bölümde yer almaktadır. Binalar için iki farklı deprem performansı hesaplama yöntemleri vardır. Bu yöntemler doğrusal elastik yöntemler (lineer elastik) ve doğrusal olmayan yöntemler gibi analiz yöntemleridir.

Doğrusal elastik yöntemlerde yapı davranışı doğrusal olarak kabul edilir. Yapının elastik kapasitesini ve ilk akmanın nerede olacağını iyi bir şekilde göstermesine karşın mekanizma durumlarının ve akma sırasında kuvvet durumunu tahmin edemez. Bu yöntem ile bulunacak etkiler yapının doğrusal elastik davranması durumunda oldukça gerçekçi kabul edilir. Ancak, taşıyıcı çerçeve sistemde akma durumunda kesitlerde oluşan iç kuvvetler daha düşük ortaya çıkar. Aradaki bu fark davranış değiştirme katsayısı ile giderilir.

Doğrusal elastik olmayan (nonlineer) hesap yöntemlerinin amacı ise verilen bir deprem etkisi altında yapının sünek eğilme davranışına ait plastik şekil değiştirmelerin ve gevrek davranış modlarındaki iç kuvvetlerin hesaplanmasıdır. Yapının göçme anına kadar davranışını ve yıkılma durumundaki mod şeklinin gerçekte nasıl olacağını çok büyük bir ihtimalle bu yöntemlerde görebiliriz. Bu hesap yöntemi bize binanın deprem anındaki davranışı hakkında fikirler verdiği gibi esnek yorum imkânı da sunar.

Deprem performansı hesaplama yöntemleri:

#### 1- Doğrusal Elastik Yöntemler

- a. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- b. Mod Birleştirme Yöntemi
- c. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

#### 2- Doğrusal Olmayan (Nonlinear)Yöntemler

- a. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik İtme - Pushover Analizi)

- b. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
- c. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

### 3.6.2. Doğrusal Elastik Yöntemler

Doğrusal elastik yöntem; çerçeve sistemin tamamen elastik olarak çözülmesi ve binanın tamamen elastik davrandığı kabul edilmesiyle olur. Akabinde eleman bazında kapasiteler hesaplanır. Son olarak şekilde kapasite oranları elde edilir. Bu kapasite oranları ilgili kesitlere ait kapasite sınır oranları ile kıyaslanarak elemanın hasar durumu hakkında fikir sahibi olunur.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, DBYBHY – 2007’de bodrum kat üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8’i aşmamalıdır. Ayrıca ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi} < 1,4$  sınır şartını sağlaması gerektiği belirtilmektedir. Bu şartların sağlanmadığı durumda mod birleştirme yöntemi kullanılmalıdır.

#### 3.6.2.1. Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performans Değerlendirmesi

Yeni binaların tasarımında, tasarlanan yapının elastik ötesi süneklik ve fazla dayanım (tasarım dayanımına göre) özellikleri göz önüne alınarak seçilen deprem yükü azaltma katsayısına ( $R_a$ ) bölünmesi ile azaltılarak doğrusal elastik davranış kabulü ile hesaplanan (azaltılmamış) deprem kuvvetleri kullanılır. Bu azaltma ile hesaplanan deprem kuvveti, binanın kapasite tasarımı ilkelerine uygun olarak tasarlandığında deprem etkileri altında hiçbir elemanda gevrek kırılma olmayacağı varsayımına dayanır. Ayrıca tüm elemanların benzer süneklik ve fazla dayanım özelliklerine sahip olacağı kabul edilir. Azaltma katsayısı ile azaltılmış deprem kuvvetleri altında sistem elemanlarında hesaplanan iç kuvvetler ile düşey yüklerden kaynaklanan iç kuvvetlerle birleştirilerek sistem elemanlarının tasarım kuvvetleri belirlenir.

Yapının deprem hareketi sırasında tek dereceli bir çerçeve sistem gibi davranacağı varsayımıyla, depremden hareketinden kaynaklanan sistem elemanlarında oluşan tüm iç kuvvetlerin aynı yük azaltma faktörü ile azaltılması yapılır. Özellikle birden fazla titreşim modunun hesaba katıldığı mod birleştirme yönteminde sadece pratik bir yaklaşıklık sağlar. Fakat bu kabul doğru değildir. Esasında birden fazla titreşim modu olması durumunda her mod için ayrı bir R katsayısı tanımlamak gereklidir. Ve tanımlanan R katsayısı ile azaltılması yapılır. Kapasite tasarımı kurallarına göre tasarlanan bir yapının deprem hareketi etkisi altında tek

dereceli bir sistem gibi davranacağını ve dayanım fazlası olmadığını kabul edebiliriz. Yani binanın gerçekleşen dayanımının tasarım dayanımına yakın bir değerde olduğunu kabul edebiliriz [19]. Yapıda çerçeve sistem betonarme elemanlarının kırılma türü eğilme ise ‘sünek’, kesme ise gevrek olarak sınıflandırılırlar.

Binanın çerçeve sistem betonarme yapı elemanlarında deprem etkisi altında oluşacak hasarların belirlenmesinde kullanılacak eleman hasar sınırlarının sayısal değerleri Çizelge 3.5, Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.6’da belirtildiği gibi tanımlanmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile sünek elemanların hasar sınırlarının tanımında çerçeve sistem elemanları olan kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve yığma binalar için güçlendirilmiş yığma dolgu duvarların kesitlerinin etki/kapasite oranları ( $r$ ) cinsinden ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır [26]. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oran değerleri Çizelge 3.5’te verilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r$ ) [26].

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$(\rho - \rho')/(\rho_b)$	Sargılama	$V/(b_w \cdot d \cdot f_{ctm})$	MN	GV	GÇ
$\leq 0.0$	Var	$\leq 0.65$	3	7	10
$\leq 0.0$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	8
$\geq 0.5$	Var	$\leq 0.65$	3	5	7
$\geq 0.5$	Var	$\geq 1.30$	2.5	4	5
$\leq 0.0$	Yok	$\leq 0.65$	2.5	4	6
$\leq 0.0$	Yok	$\geq 1.30$	2	3	8
$\geq 0.5$	Yok	$\leq 0.65$	2.5	4	6
$\geq 0.5$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	4
	Gevrek	Kirişler	1	1	1

Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

**Çizelge 3.6** Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r) [26].

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
(N)/(Ac.fc)	Sargılama	V/(bw.d.fctm)	MN	GV	GÇ
$\leq 0.1$	Var	$\leq 0.65$	3	6	8
$\leq 0.1$	Var	$\geq 1.30$	2.5	5	6
$\geq 0.4$	Var	$\leq 0.65$	2	4	6
$\geq 0.4$	Var	$\geq 1.30$	2	3	5
$\leq 0.1$	Yok	$\leq 0.65$	2	3.5	5
$\leq 0.1$	Yok	$\geq 1.30$	1.5	2.5	3.5
$\geq 0.4$	Yok	$\leq 0.65$	1.5	2	3
$\geq 0.4$	Yok	$\geq 1.30$	1	1.5	2
Gevrek	Kolonlar		1	1	1

Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları değerleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

**Çizelge 3.7.**Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r) [26].

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

### 3.6.2.2.Mevcut Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performansının Değerlendirmesi

Mevcut bir binada DBYBHY–2007 koşullarını sağlamayan tek bir R katsayısı kullanarak deprem yüklerini azaltmak ve eleman kapasitelerini azaltılmış deprem yükleri ve düşey yük etkilerinin birleşik etkisi altında kontrol etmek doğru olmayan bir yaklaşımdır. Bir binada tek bir R katsayısı tanımı elemanlarının tümü aynı derecede sünek olmadığından geçerli değildir. Bundan dolayı doğrusal elastik performans hesabında deprem yükü azaltma katsayısı uygulanmamış, deprem etkileri azaltılmamış deprem yükleri altında hesaplanmıştır.

Azaltılmamış deprem etkisi ve düşey yük etkisi altında hesaplanan iç kuvvetlerin kritik kesitlerde kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sonucunda, doğrusal elastik olarak modellenen bir yapının elemanlarının performans kontrolü yapılabilir. Kesit yeterli sünekliğe sahipse kesit kapasitesinin aşılmasına ancak o zaman izin verilebilir. Bu nedenle yapının eleman kesitlerinde iç kuvvetler cinsinden elde edilen etki / kapasite oranları kesitten talep edilen sünekliğin bir göstergesi olmaktadır [27].

### 3.6.3. Doğrusal Olmayan Yöntemler

Doğrusal Elastik Olmayan Statik Yöntem geleneksel olarak lineer davranışa koşullandırılmış biçimde gelişen mühendislik, belirli bir performans düzeyini gerçekleştirmek için kaçınılmaz olarak uygulanması gereken elastik ötesi hesap yöntemleri arasında, basitleştirilmiş çözüm olarak hemen kabul görmüştür [32]. Doğrudan çözümlenmeye katılarak çerçeve taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı modellenme yapılır. Sistemin artan yükler altında, öngörülen hedef yer değiştirme (performans noktası), tasarım depreminde ortaya çıkması beklenen yer değiştirme olarak kabul edilir.

Doğrusal olmayan yöntemler verilen bir deprem için eğilme etkisi altındaki sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile kesme etkisi altındaki gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet sonuçlarının hesaplanması, deprem hareketi etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve yapının güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacıdır. Daha sonra kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi, bu istem büyüklükleri ve bu bölümde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak yapılacaktır [26].

#### 3.6.3.1. Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol

Yapı performansının tespiti için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden hangisinin kullanılacağı tespit edilmelidir. Bu sebeple artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılabilmesi için binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit

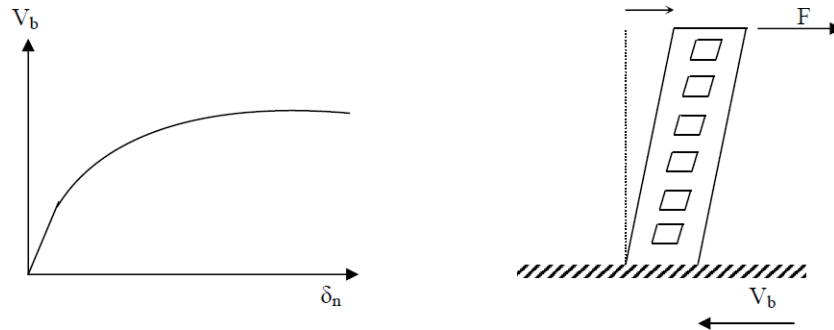
perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Şartların sağlanmaması durumunda artımsal mod birleştirme yöntemi veya zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılabilir.

Kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz artımsal itme analizinden önce yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları göz önüne alınacaktır.

Koordinatları “modal yer değiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hâkim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilmesi artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yöntemi ile yapılması durumunda görülür. Birinci (hâkim) moda ait modal yer değiştirme istemi, bu diyagram ile birlikte deprem yönetmeliğinde tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYYHY – 2007 nin 7.8. maddesinde yapılan değişiklikler göz önüne alınarak belirlenecektir. Modal yer değiştirme istemine karşı gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri son aşamada hesaplanmaktadır.

### 3.6.3.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

DBYYHY–2007 yönetmeliğinde adı geçen modal kapasite diyagramının elde edilmesi hakkında bilgiler bu bölümde verilecektir. Modal kapasite diyagramının elde edilmesinde, sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile koordinatları “tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi (pushover eğrisi) elde edilmesi yapılacak ilk işlemdir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Taban kesme kuvveti, çatı deplasmanı (pushover eğrisi)

Bir yapının sıfır konumundan kararsız hale gelinceye kadar geçen süre içerisinde yapıya arttırılarak uygulanan yük etkisi altında taban kesme kuvvetlerine karşılık gelen çatı deplasman değerlerinin bir etkileşim diyagramı üzerinde kesişen noktaların geometrik olarak birleştirilmesi ile elde edilen diyagrama statik itme eğrisi (pushover eğrisi) denir (Şekil 3.4).

Modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi yer değiştirme kapasitesinin hesaplanmasıyla statik itme eğrileri anlam kazanır [34].

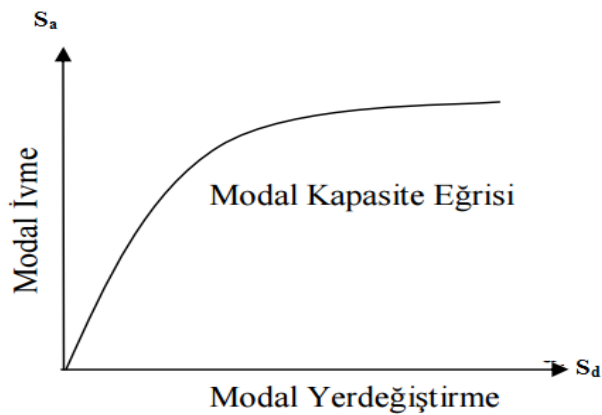
İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları “Modal yer değiştirme – Modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki formüllerden yararlanılarak elde edilir.

$$S_d = \frac{V_{x1}}{M_{x1}}(4.1)$$

$$S_d = \frac{Ux}{\Phi_{iNir}}(4.2)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1}(4.3)$$

Elde edilen değerlerden yola çıkılarak eksenleri  $S_a - S_d$  olan modal kapasite diyagramı oluşturulur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Spektral (Modal) kapasite diyagramı [35]

### 3.6.3.3. Hedef tepe yer değiştirmenin bulunması

Binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yer değiştirmesine tepe yer değiştirmesine denir. Her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamına ise taban kesme kuvveti denir.

Doğrusal elastik olmayan yöntemin en önemli adımı olan hedef tepe yer değiştirmenin (performans noktası) bulunma aşaması DBYBHY–2007’de bilgilendirme eki 7C’ de verilmiştir. Burada çözüm aşamasındaki en önemli kriter olarak yapının birinci (hakim) doğal titreşim periyodunun karakteristik periyot olan TB’ye göre değer olarak durumu analiz edilmiştir.

Doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme,  $S_{di1}$ , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci moda ait T başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yer değiştirme  $S_{de1}$ ’e bağlı olarak Denk 4.4 ile elde edilir [26]:

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (4.4)$$

Doğrusal elastik (lineer) spektral yer değiştirme  $S_{de1}$ , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme  $S_{ae1}$ ’den hesaplanır [26],

$$S_{di1} = \frac{S_{de1}}{(w1)^2} \quad (4.5)$$

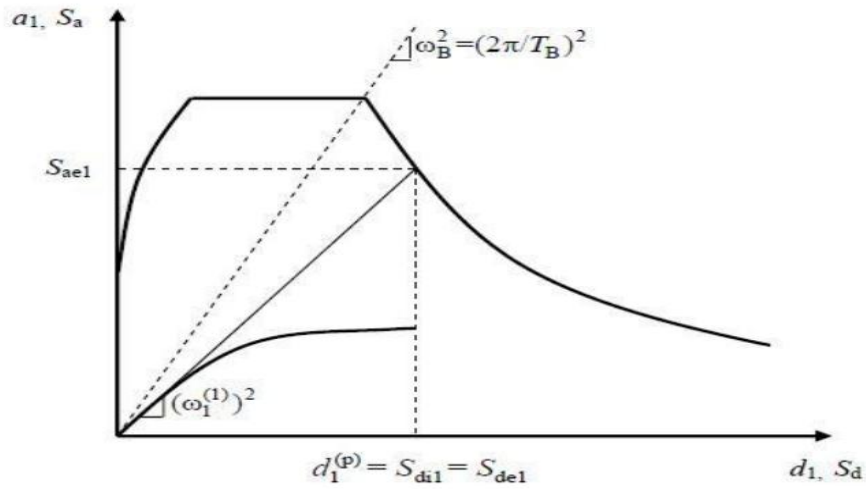
Birinci hâkim periyodun ivme spektrumundaki karakteristik periyot TB’ ye eşit veya daha uzun olması durumunda doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme  $S_{di1}$ , eşit yer değiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine T olan eşlenik doğrusal sisteme ait lineer elastik spektral yer değiştirme  $S_{de1}$ ’e eşit alınacaktır [26]

Yapı sistemlerinin performanslarının belirlenmesinde, deprem hareketine deprem süresince verdiği maksimum karşılığı kullanılan talep spektrumu (deprem istemi) göstermektedir. Öngörülen eşit yer değiştirme kuralı; Nonlinear Statik Yöntemlerin temel dayanağı veya dayandığı temel varsayım, eğer yapı tamamen elastik davransaydı, yapacağı spektral deplasman, binanın non-linear davranması durumunda yapacağı in-elastik spektral deplasmana eşit olmasıdır. Diğer bir ifade ile bir değerden daha yüksek periyoda sahip



elastoplastik sistemlerin maksimum deplasmanının, aynı periyod ve sönüme sahip elastik sistemlere yaklaşık olarak eşit olması ‘eşit deplasman kuralı’ prensibi olarak bilinmektedir [33].

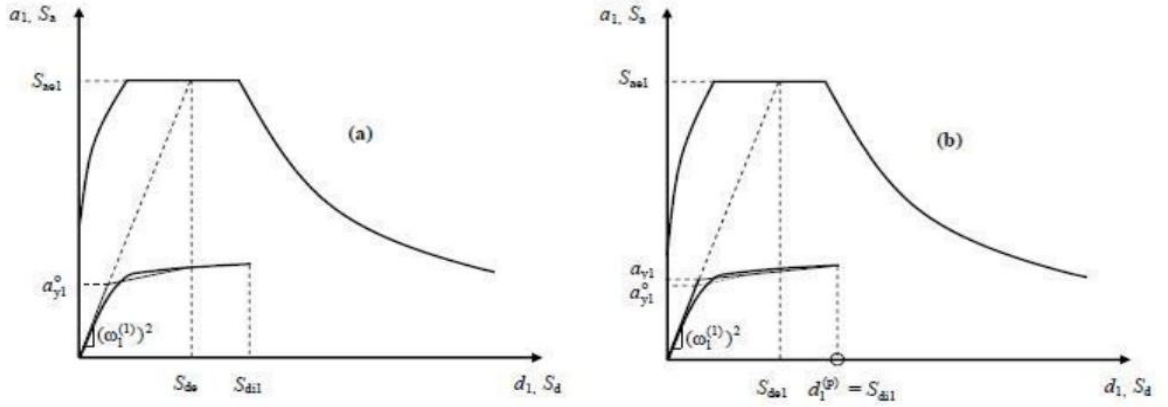
Doğrusal olmayan spektral yer değiştirme  $S_{d1}$ ’in bu durumdaki elde edilmesini gösteren birinci doğal moda ait ve koordinatları  $(d_1, a_1)$  olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yer değiştirme ( $S_d$ ) – spektral ivme ( $S_a$ ) diyagramları aşağıdaki gibi bir arada çizilerek verilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6  $T_1 \geq T$  olması durumunda nonlineer spektral yer değişiminin elde edilmesi [31].

$T_1$  başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod  $T_B$  den daha kısa olması durumunda spektral yer değiştirme  $S_{d1}$  bir ardışık yaklaşım yöntemiyle hesaplanacaktır.

DBYBHY–2007 yönetmeliğinin 7C.3-7C.4-7C.5 denklemleri kullanılarak spektral yer değiştirme  $S_{d1}$ ’in bulunması gerekmektedir. Spektral yer değişiminin ikinci durum olan  $T_1 < T_B$  olması durumunda elde edilışı Şekil 3.7’deki şekillerde gösterilmiştir.



**Şekil 3.7.**  $T_1 < T_b$  olması durumunda nonlinear spektral yer değıştirmenin elde edilmesi [31].

İlgili deprem doğrultusundaki hedef tepe yer değıştirmesi elde etmek için, yapılan itme analizinin son adımında hesaplanan spektral yer değıştirme ( $S_{di1}$ ) aşağıda belirtilen 4.6 ve 4.7 denklemlerinde yerine konularak bulunur.

$$d_1 = S_{di1} \quad (4.6)$$

$$u \cdot N_1^p = F \cdot N_1 \cdot G \cdot d_1^p \quad (4.7)$$

Elemanların güç tükenmesi durumlarının statik itme analizinin adımlarında kontrolü gerekir. Eğer bu güç tükenmesi gevrek ise, örneğin elde edilen kesme kuvveti mevcut donatı ile karşılanmıyorsa, sistemin bu itme adımına ulaşmadan gücünün tükeneceğine kanaat getirilir. Geri dönülerek kesit etkilerinin karşı gelen mevcut kapasite ile karşılaştırılmasıyla, ulaşılacak en büyük itme adımı bulunur. Bu adım eğer depremin talep yer değıştirmesinden küçük kalıyorsa, deprem etkisi karşılanamıyor anlamına gelir. İstenirse gevrek güç tükenmesi güçlendirme ile önlenerek daha ileri itme adımlarına bakılır [35].

## 4. BULGULAR

### 4.1. Giriş

Bu çalışmada analizlerde kullanılmak üzere taşıyıcı sistemi salt çerçeve olan bir betonarme yapı seçilmiştir. Analizlerinin gerçekçi olarak yapılabilmesi adına betonarme binanın Van iline bağlı Erciş ilçesinde yer aldığı kabul edilmiştir. Bunun sebebi de 2011 yılında yaşadığımız Van depremi kayıtlarının yapıya uygulanarak analizlerin gerçekleştirilmesidir. Kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilen belgelere dayanarak Van ili Erciş ilçesinin zemin sınıfı olarak Z4 sınıfı dikkate alınmıştır. Betonarme bina ile ilgili yapılacak analizlerde zemin sınıfı olarak bu değer kullanılacaktır. Analizler yapılırken Seismostruct yazılım programı kullanılmıştır. Yazılım programı kullanılarak sonuçlara ulaşılmıştır. Bu anlamda yazılım programının veri tabanında yer alan yedi farklı analiz kullanılarak bina incelenmiştir. Yazılım programının veri tabanında yer alan ve çalışmada kullanılan yedi farklı analiz aşağıda belirtilmiştir. Bu analizler,

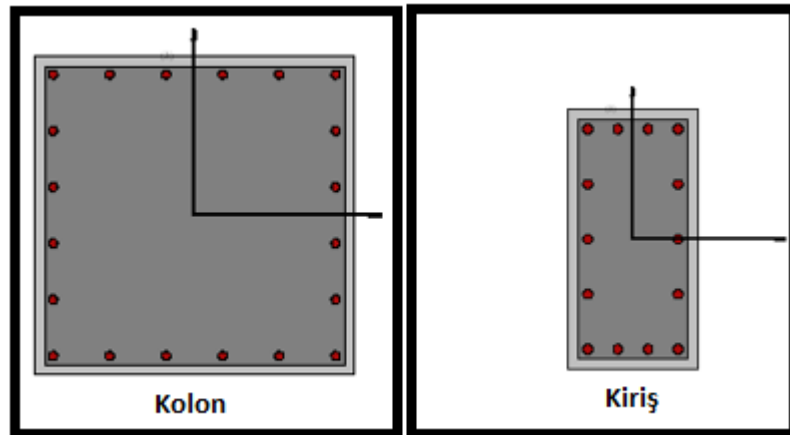
- a. Özdeğer Analizi
- b. Tepki Spektrumu Analizi
- c. Statik Analiz
- d. Statik İtme (pushover) analizi
- e. Statik Zaman Tanım Alanı Analizi
- f. Dinamik Zaman Tanım Alanı Analizi
- g. Artımsal Dinamik Analizi

Bu çalışmada 5 katlı betonarme bir yapı dikkate alınmıştır. Seçilen yapı için her iki doğrultuda ikişer açıklık bulunmaktadır. Yapıda bulunan katların tamamı eşit yüksekliktedir. Kat yüksekliklerinin 3.20m olması durumunda hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Seçilen binada kullanılan malzeme C25-S220'dir. Analizler için seçilen salt çerçeve taşıyıcı sistemli betonarme yapı beş katlı olup seçilen yapı için kullanılan malzeme özellikleri ve binanın yapısal özellikleri Çizelge 4.1'te verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Yapı modelinde kullanılan malzeme ve yapısal özellikler

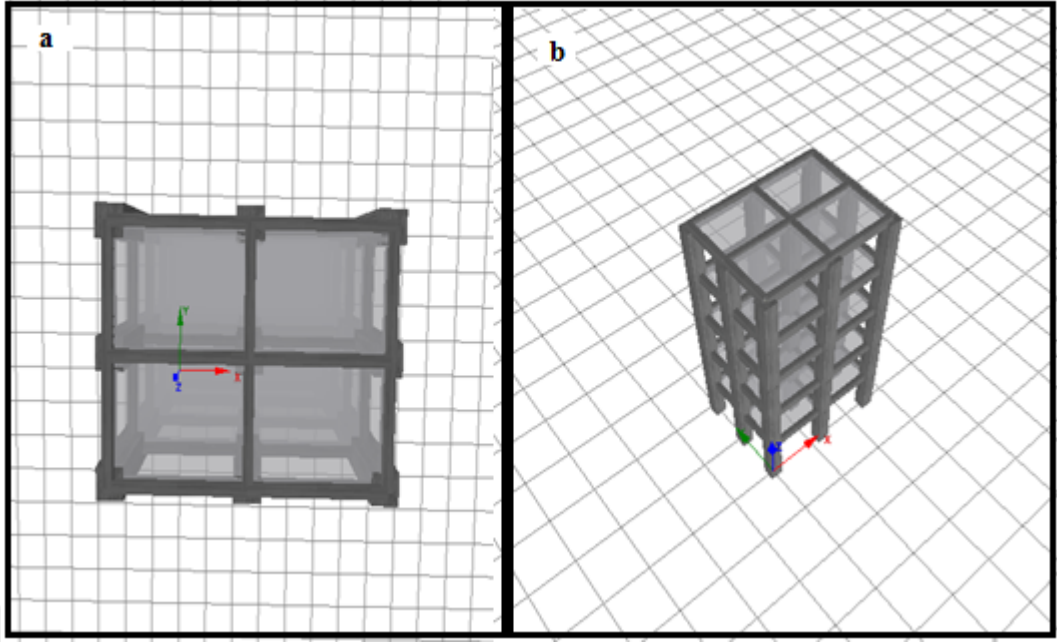
Kat sayısı	5	
Kat yükseklikleri	3,2 m	
Yapı kullanım amacı	Konut	
Yapı boyutları	Lx	13,00m
	Ly	9,00m
Beton sınıfı	C25	
Beton elastisitemodülü	23500 MPa	
Beton çeliği sınıfı	S420	
Çelik elastisitemodülü	200000 MPa	
Kolon (80*80)	20 $\Phi$ 22	
Kiriş (60*30)	14 $\Phi$ 22	
Etriye aralığı (Kolon ve Kirişlerde)	$\Phi$ 8/10	

Yapı 5 katlı olup her katta 9 adet 80\*80 kolon bulunmaktadır. Bu kolonlar 60\*30 ebatlarındaki kirişler ile birbirlerine bağlanarak çerçeve sistem oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan betonarme bina için seçilen kolon boyutları 80\*80cm'dir. Kirişler ise 30\*60cm olarak seçilmiştir. Kiriş ve kolon en kesitleri Şekil 4.1.'te gösterilmiştir.

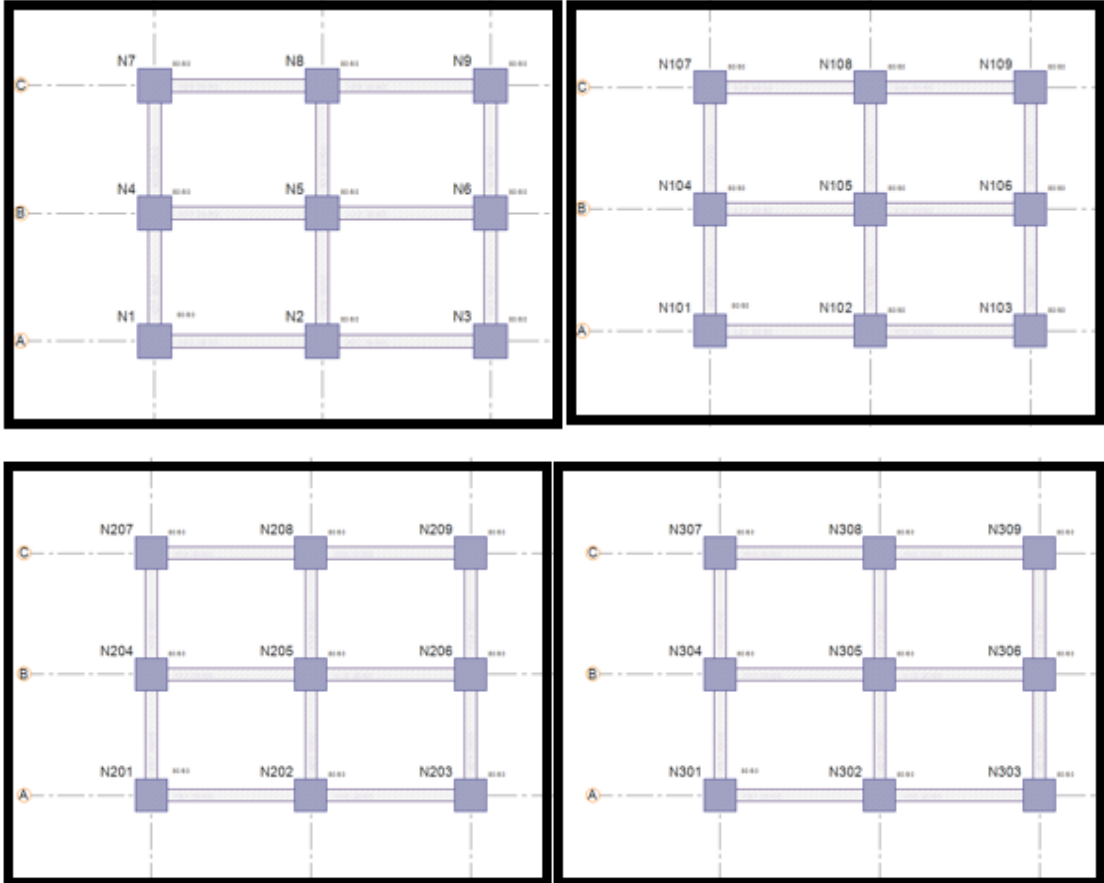


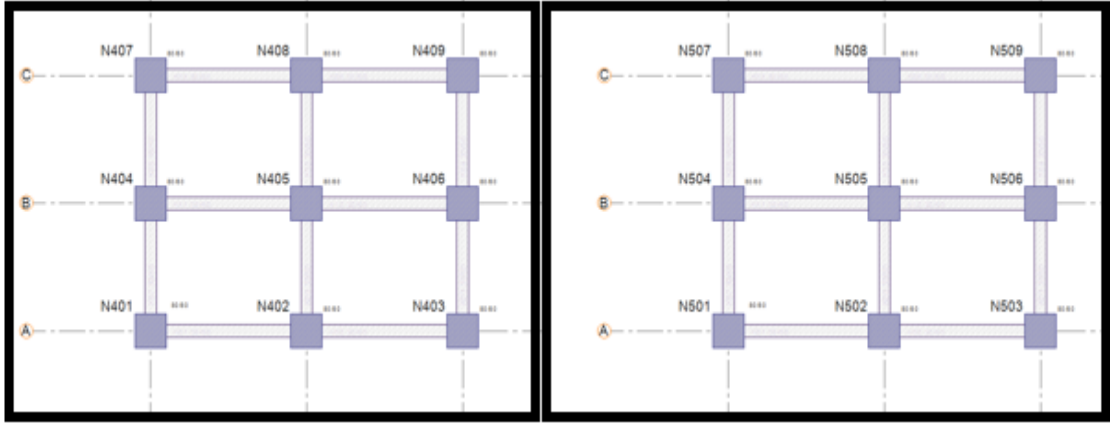
**Şekil 4.1**Çalışmada kullanılan kolon ve kiriş en kesitleri

Çalışmada seçilen betonarme binaya ait plan ve üç boyutlu model Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Çalışmada kullanılan betonarme binaya ait ; (a) kalıp planı, (b)binanın üç boyutlu modeli

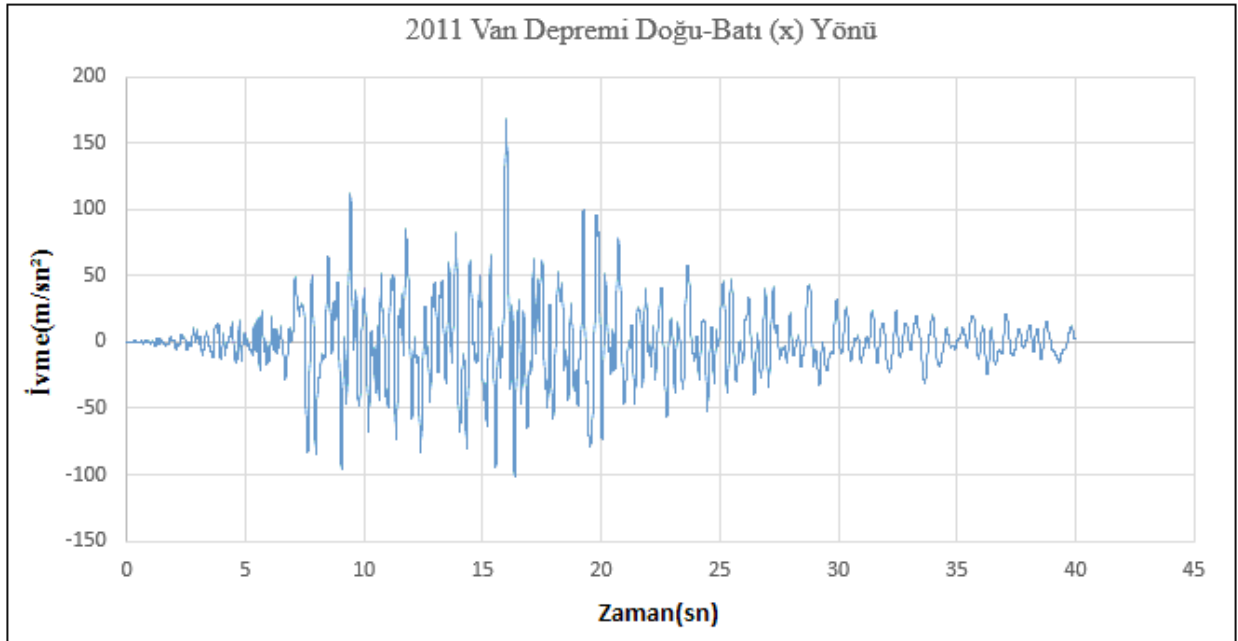




**Şekil 4.3** Çalışmada kullanılan bina için ve oluşturulan düğüm noktaları

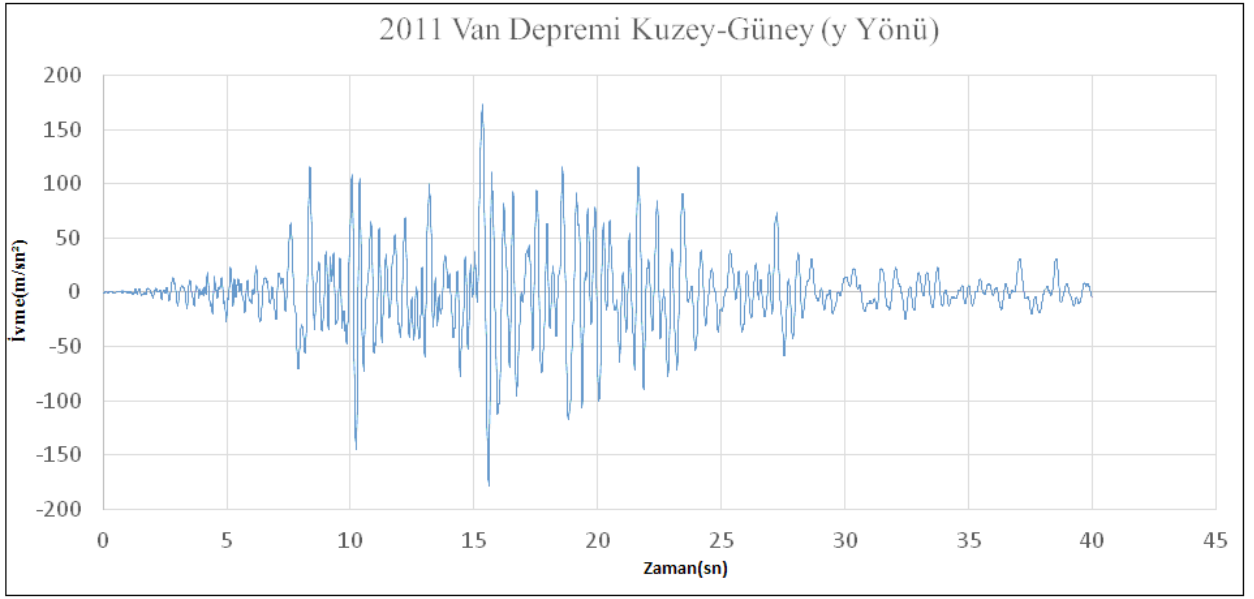
Ülkemizde meydana gelen depremler ait kayıt verileri T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı'na ait [www.deprem.gov.tr](http://www.deprem.gov.tr) adlı internet sitesinde yer almaktadır. Çalışmada dikkate alınan 2011 Van depremine ait verilerde bu siteden alınmıştır [36].

2011 Van depremine ait doğu-batı yönünde ivme-zaman grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.



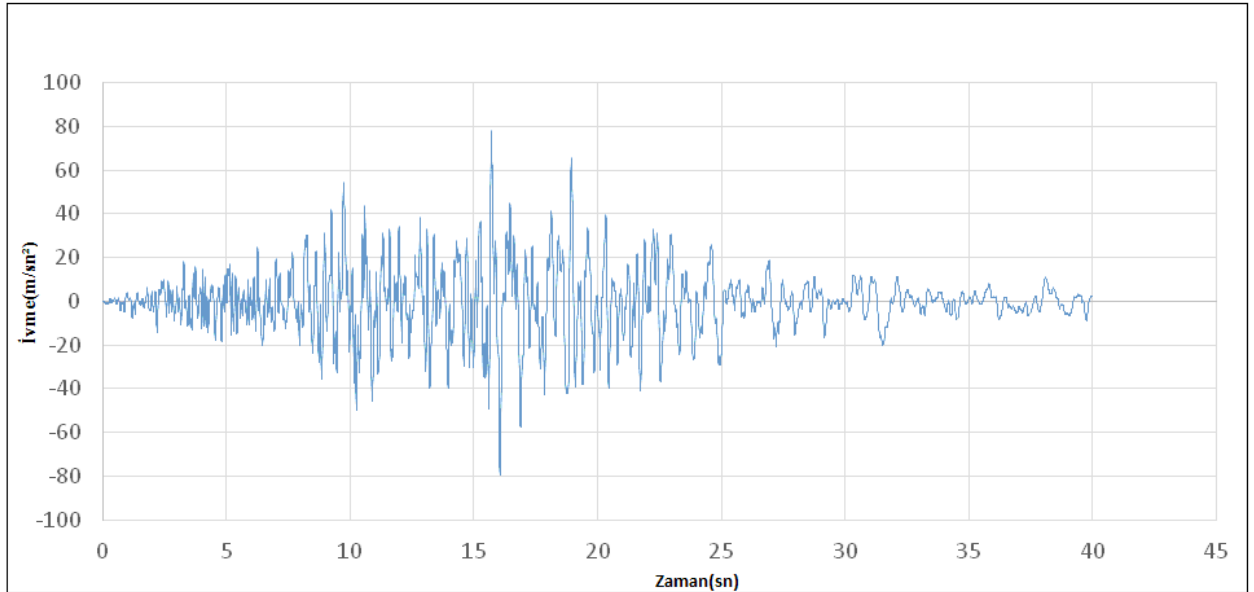
**Şekil.4.4** 2011 Van depreminin doğu-batı yönündeki ivme değerleri (X yönü) [35]

2011 Van depremine ait kuzey – güney yönünde ivme-zaman grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil.4.5. 2011 Van depreminin Kuzey-Güney yönündeki ivme değerleri (Y yönü) [35]

2011 Van depremine ait düşey doğrultuda ivme-zaman grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil.4.6. 2011 Van depreminin düşey yönündeki ivme değerleri (Z yönü) [35]

## 4.2. Hesap yöntemi

Bu tez çalışmasında mevcut betonarme binaların performans analiz yöntemlerinin tutarlılığı incelenerek analiz yapılacaktır. Öncelikle bina performans değerleri hesaplanacaktır. Çıkan değerler ile 2011 Van depreminde göstermiş olduğu performans ile karşılaştırılarak analizlerin tutarlılığı değerlendirilecektir.

#### 4.2.1 Özdeğer Analizi

Yapının doğal frekans ve mod şekillerinin hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. Malzeme özellikleri tüm hesap süresince sabit tutulmaktadır. Bu sebep ile özdeğer analizi saf olarak elastik yapı analizidir. Malzeme ve kesit tiplerinin mekanik özellikleri ile tarif edilebilir (kesit, atalet momenti, burulma sabiti, elastik modülü ve rijitlik modülü) [26]. Özdeğer analizi sonucunda yapının modal periyot, frekans değerleri, modal katılım faktörleri, efektif modal kütleler ve efektif modal kütle yüzde değerlerine ulaşılabilmektedir. Yapılan özdeğer analizi sonucunda elde edilen modal periyot ve frekans değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Elde edilen modal periyot, frekans ve açısal frekans değerleri

<b>Modal Periyot ve Frekanslar</b>			
<b>Mod</b>	<b>Periyot (sn)</b>	<b>Frekans (Hertz)</b>	<b>Açısal Frekans (rad/sn)</b>
1	0.27099115	3.69015742	23.18594289
2	0.2513063	3.97920778	25.00209987
3	0.21892346	4.56780645	28.70037438
4	0.07834493	12.76406797	80.19900435
5	0.07376751	13.5561031	85.17550785
6	0.06799292	14.70741356	92.40940479
7	0.03862454	25.89027471	162.6733937
8	0.03705627	26.98598582	169.5579496
9	0.03563802	28.05992217	176.3056907
10	0.02376375	42.08090485	264.4021231

Analiz sonucu elde edilen modal katılım faktör değerleri Çizelge 4.3’te verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Elde edilen modal katılım faktörleri

<b>Modal Katılım Faktörleri</b>							
Global koordinatlardaki birim ivme yükleri için							
<b>Mod</b>	<b>Periyot</b>	<b>Ux</b>	<b>Uy</b>	<b>Uz</b>	<b>Rx</b>	<b>Ry</b>	<b>Rz</b>
1	0.27099115	16.3247	0	0	0	52.6223	0
2	0.2513063	0	-16.3604	0	52.458	0	0
3	0.21892346	0	0	0	0	0	-66.048
4	0.07834493	6.5096	0	0	0	-61.9362	0
5	0.07376751	0	-6.5319	0	-62.9652	0	0
6	0.06799292	0	-0.0001	0	-0.0009	0.0005	24.8127
7	0.03862454	4.2391	0	0	0	-24.5309	0
8	0.03705627	0	-4.1399	0	-23.8014	0	0
9	0.03563802	0.0004	0.0007	-0.0006	0.0043	-0.0026	-16.383
10	0.02376375	0	0	-16.435	0	0	0



Özdeğer analiz sonuçlarında elde edilen efektif modal kütle değerleri Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Efektif modal kütle değerleri

Mod	Periyot	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1	0.27099115	266.495629	0	0	0	2769.111	0
2	0.2513063	266.495629	267.661277	0	2751.841	2769.111	0
3	0.21892346	266.495629	267.661277	0	2751.841	2769.111	4362.31
4	0.07834493	308.870064	267.661277	0	2751.841	6605.206	4362.31
5	0.07376751	308.870064	310.327289	0	6716.461	6605.206	4362.31
6	0.06799292	308.870064	310.327289	0	6716.461	6605.206	4977.98
7	0.03862454	326.840252	310.327289	0	6716.461	7206.974	4977.98
8	0.03705627	326.840252	327.465671	0	7282.967	7206.974	4977.98
9	0.03563802	326.840252	327.465672	0	7282.967	7206.974	5246.37
10	0.02376375	326.840252	327.465672	270.104	7282.967	7206.974	5246.37

Efektif kütle yüzde değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

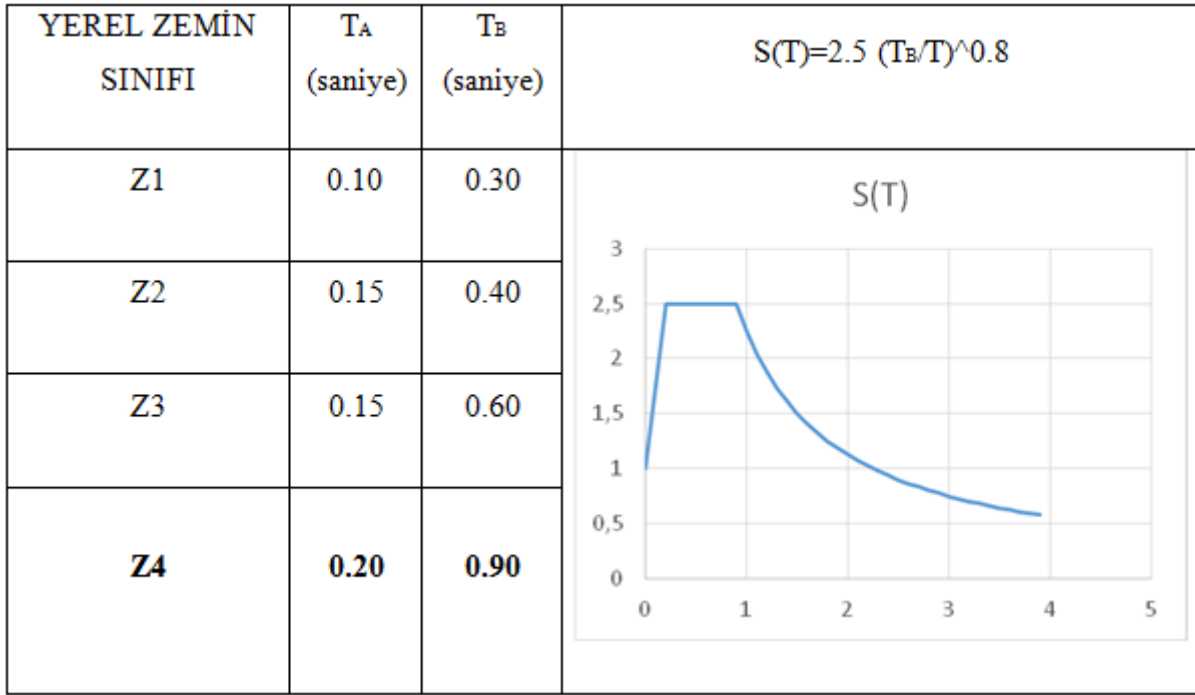
**Çizelge 4.5.** Analiz sonucu elde edilen efektif kütle yüzdeleri

Mod	Periyot	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1	0.27099115	78.52%	0.00%	0.00%	0.00%	24.71%	0.00%
2	0.2513063	78.52%	78.87%	0.00%	28.33%	24.71%	0.00%
3	0.21892346	78.52%	78.87%	0.00%	28.33%	24.71%	80.27%
4	0.07834493	91.01%	78.87%	0.00%	28.33%	58.93%	80.27%
5	0.07376751	91.01%	91.44%	0.00%	69.14%	58.93%	80.27%
6	0.06799292	91.01%	91.44%	0.00%	69.14%	58.93%	91.60%
7	0.03862454	96.30%	91.44%	0.00%	69.14%	64.30%	91.60%
8	0.03705627	96.30%	96.49%	0.00%	74.97%	64.30%	91.60%
9	0.03563802	96.30%	96.49%	0.00%	74.97%	64.30%	96.54%
10	0.02376375	96.30%	96.49%	79.59%	74.97%	64.30%	96.54%

#### 4.2.2 Tepki Spektrumu Analizi

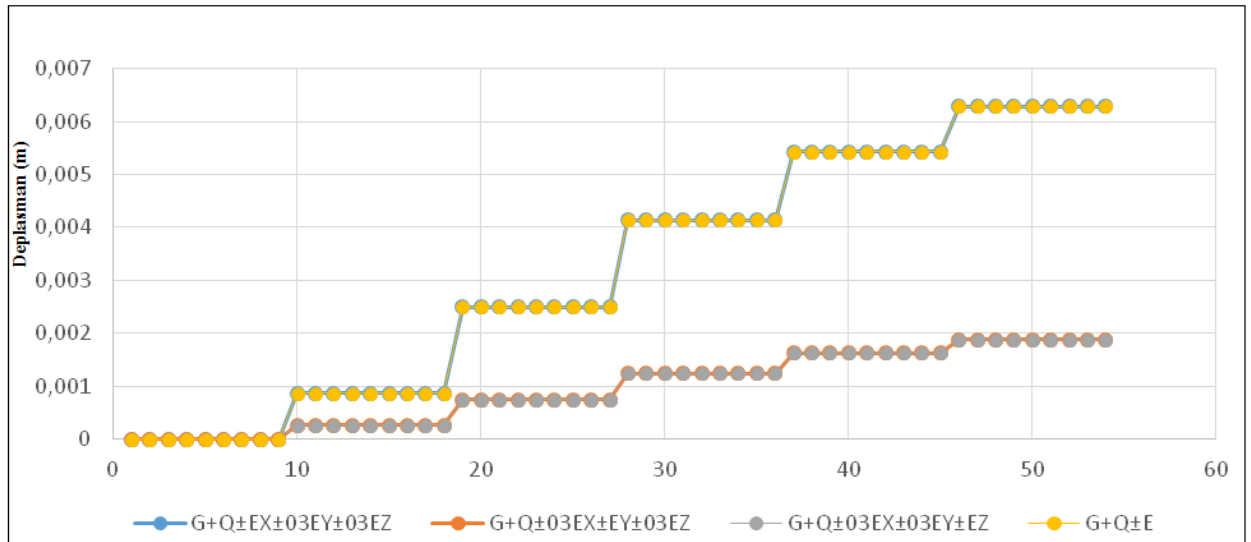
Tepki spektrumu analizi yapıya ait niceliklerinin (eleman tesir ve ivme, hız, deplasmanlar) deprem etkisi altındaki doğrusal elastik-dinamik benzeri bir istatistik analiz yöntemidir. Kullanıcılardan tepki spektrumu tanımlamaları ve ilgili analizin takip edeceği ve sonuçlarının elde edileceği sismik yükleme kombinasyonlarının tanımlanması gerekmektedir. Söz konusu binamız Van İlinin Erciş İlçe 'sinde yer aldığı için o bölgenin zemin sınıfına göre tepki

spektrumu programa tanımlanarak kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bölgeye ait tepki spektrumu ve kombinasyonları aşağıda ki Şekil 4.7 de belirtilmiştir [36].

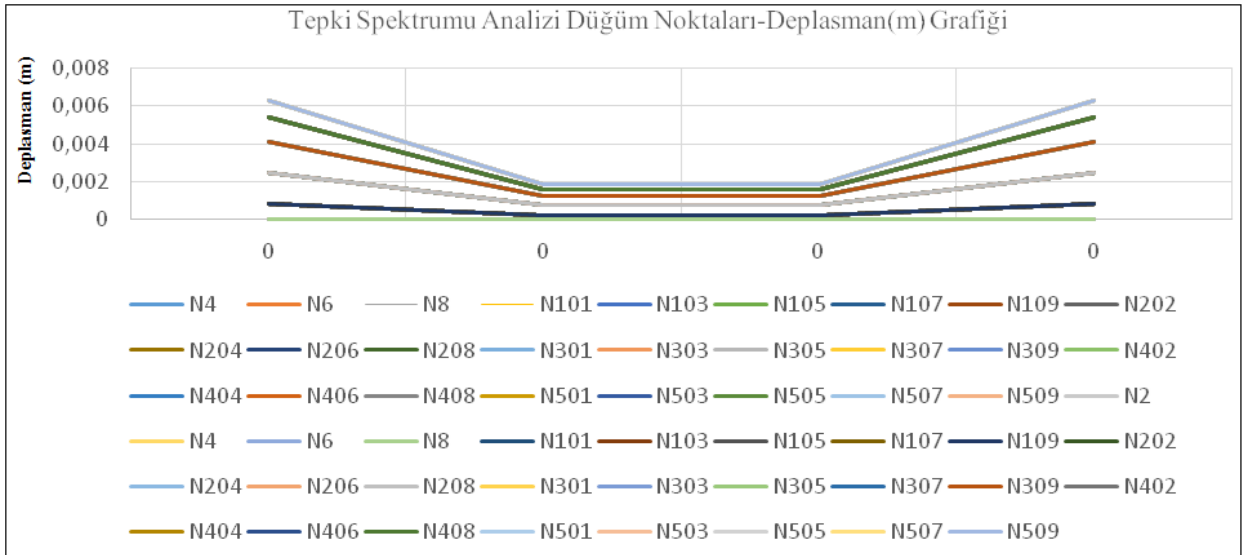


Şekil 4.7 Van İli Erciş İlçe 'sine ait spektrum ivme grafiği

Yazılım programından elde edilen düğüm noktalarında oluşan deplasman değerleri Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil.4.8. Düğüm noktaları deplasman değerleri



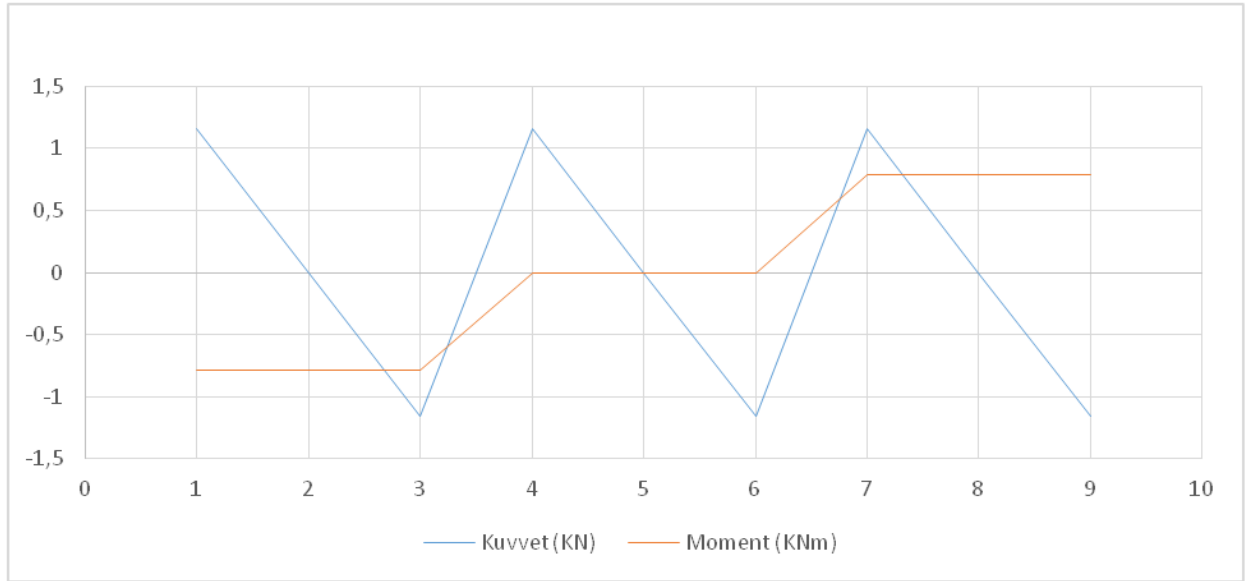
**Şekil.4.9** Dügüm noktaları için deplasman değerleri

#### 4.2.3 Statik Analizi (Değişken Yük Olmayan)

Bu analiz genel olarak yapıya uygulanan ve genelde akma öncesi elastik davranışa yol açan zati ağırlık, temel oturması gibi kalıcı yükleri modellemekte kullanılır. Eğer uygulanan yük yapıyı inelastik davranışa zorluyorsa program yakınsamaya ulaşmıyaca kadar denge iterasyonu uygular. Yük daha otomatik olarak daha küçük adımlara bölünür ve kullanıcının müdahalesi olmaksızın program tarafından artımsal iterasyon ile çözümü elde edilir. Fakat böyle durumlarda kullanıcıya analiz çalıştırmakta ve sonuçları değerlendirmekte daha çok imkan sağladığı için statik itme analizi kullanımı önerilir. [36]

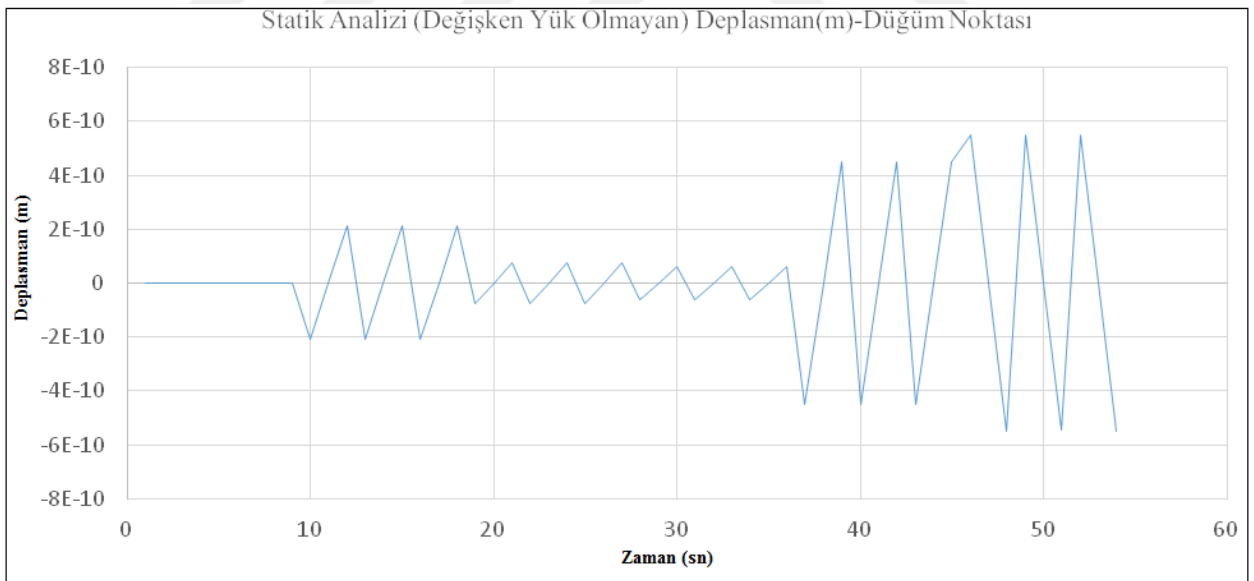
Değerlendirme yapılmasında kullanılan düğüm noktaları temel kat planında bulunan düğüm noktaları (N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8 ve N9) ve N1 düğüm noktası ile aynı doğrultuda bulunan N101, N201, N301, N401 ve N501 düğüm noktalarının karşılaştırılmaları yapılacaktır.

Yazılım programında modellenen binanın statik analiz (değişken olmayan) sonucu oluşan düğüm noktalarındaki kuvvet ve moment diyagramı sonucu ve düğüm noktalarının deplasman değerleri Şekil 4.10'de verilmiştir.



**Şekil.4.10** Dügüm noktalarının statik analiz(değişken olmayan) sonucu oluşan kuvvet ve moment değerleri

Yazılım programında yapılan statik analiz sonucu elde edilen zaman – deplasman diyagramı Şekil 4.11’te gösterilmiştir.

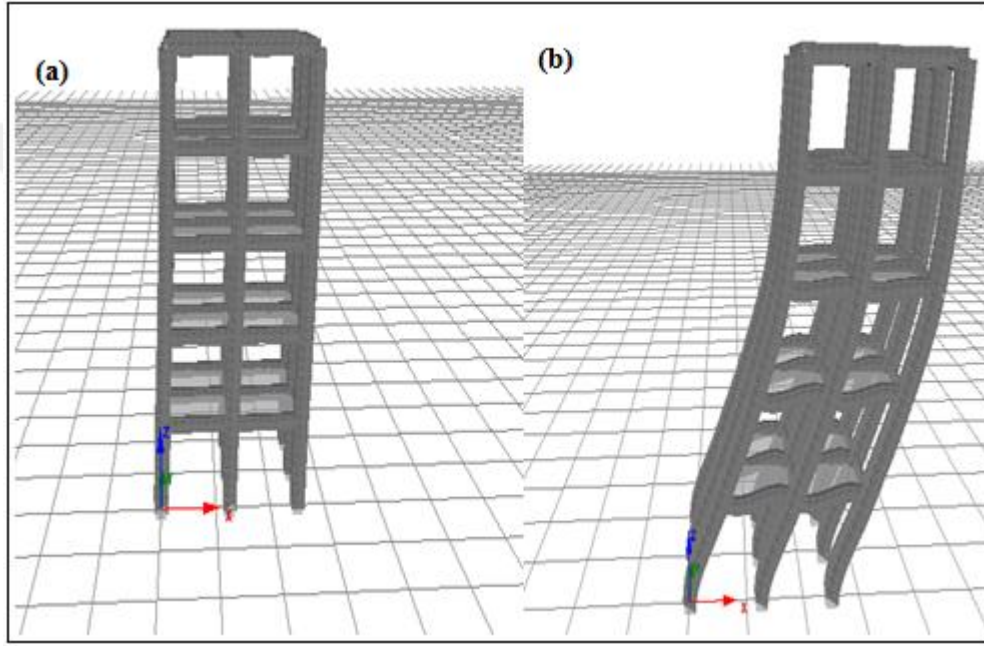


**Şekil.4.11** Dügüm noktalarının statik analiz(değişken olmayan) sonucu oluşan deplasman değerleri

#### 4.2.4 Statik İtme (pushover) Analizi

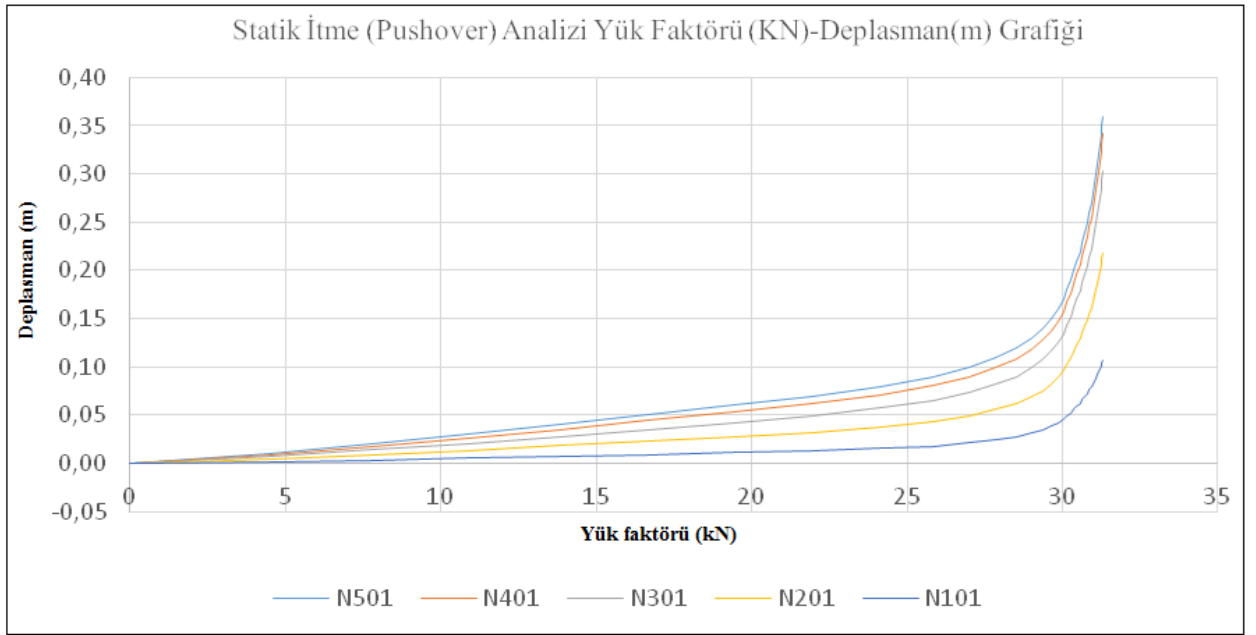
İtme analizi dinamik davranışı, oluşan deformasyon seviyeleri ile belirgin ölçüde etkilenmeyen yapıların yatay kapasitelerini tahmin etmekte kullanılan bir yöntemdir. Diğer bir deyişle dinamik davranışı simüle etmesi gereken yatay yük şekli sabit farz edilir. Program tarafından kullanıcı-tanımlı limite veya sayısal bir hataya ulaşınca kadar otomatik olarak arttırılır [36].

Yazılım programı kullanılarak çalışmada kullanılan betonarme bina için analiz sonuçları incelendiğinde 1. ve 36. adımlar için hasar durumları Şekil 4.11’de verilmiştir.



**Şekil 4.11.** Analiz sonucu bina hasar durumu, (a) 1.adım için; (b) 36. adım için

Yazılım programında yer alan statik itme analizi kullanılarak elde edilen aynı doğrultuda bulunan düğüm noktaları için yük faktörü ve deplasman grafiği Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



**Şekil.4.12** Aynı doğrultuda yer alan düğüm noktalarında oluşan deplasman değerleri

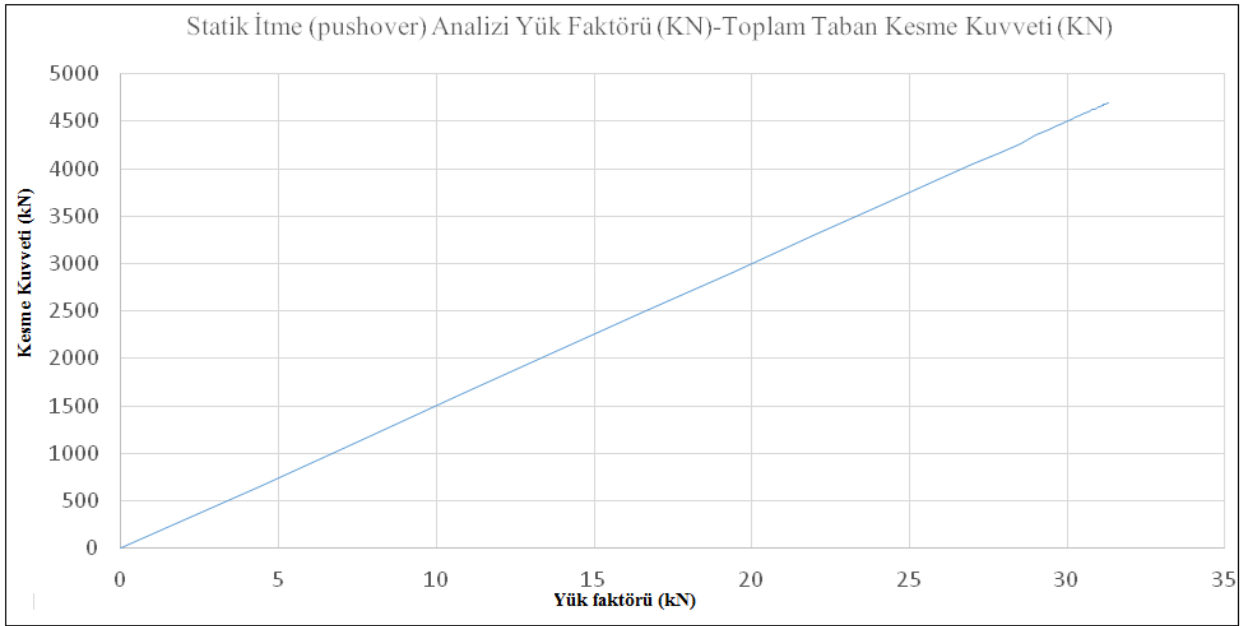
Statik itme (pushover) eğrisi incelendiğinde 31.29kN’luk yükleme sonucunda N501 düğüm noktası 36cm’lik maksimum tepe yer değiştirmesi yapmış ve yıkıma uğramıştır.

**Çizelge 4.6** Göreceli Kat Öteleme Değerleri

Düğüm Noktası	Deplasman Değeri (cm)
N101	10,76
N201	21,83
N301	30,30
N401	34,22
N501	36,00

Çizelge 4.6 da Statik İtme (pusover) analizi sonucu maksimum deplasmana ulaşıldığı andaki aynı doğrultuda bulunan düğüm noktalarının kat öteleme değerleri tablo halinde verilmiştir.

Analiz sonucu elde edilen yük faktörü – topla kesme kuvveti diyagramı Şekil 4.13’de verilmiştir.



**Şekil.4.13** Analiz sonucu uygulanan yük faktörüne bağlı olarak toplam taban kesme kuvveti değerleri

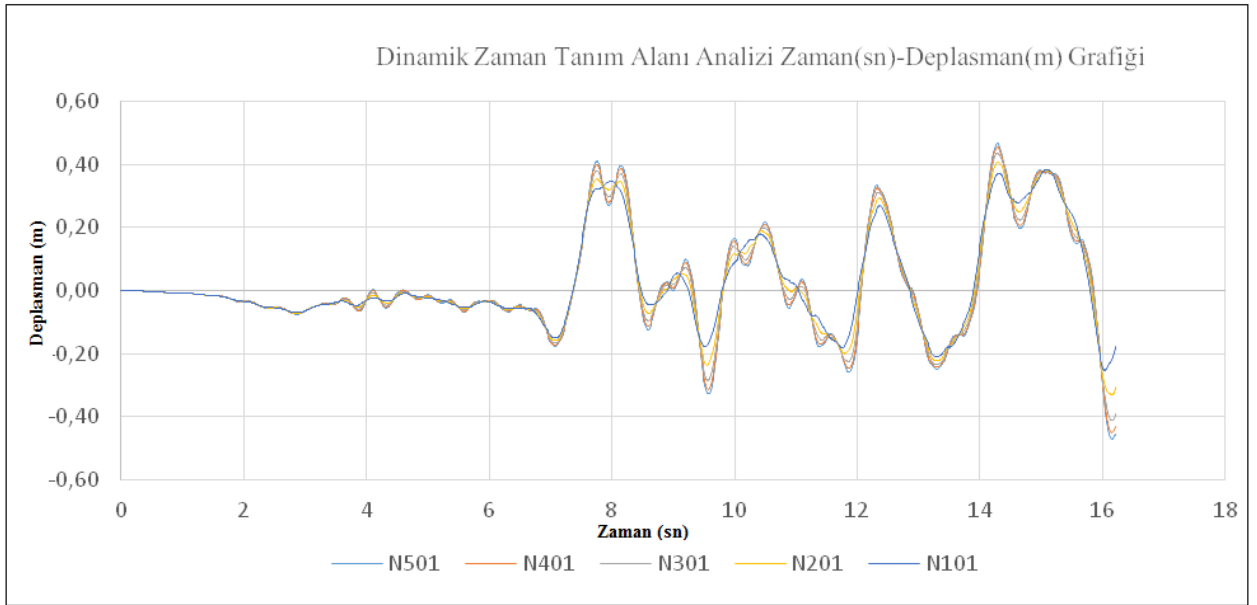
Betonarme binaya uygulanan 31,29 kN’luk yük miktarı sonucunda N501 düğüm noktasında 36 cm’lik deplasmana uğrarken toplam taban kesme kuvveti 4694,48kN değerini almıştır.

#### 4.2.5 Dinamik Zaman Tanım Alanı Analizi

Deprem yüklerine maruz kalmış bir yapının doğrusal ve elastik olmayan davranışını tahmin etmekte yaygın olarak kullanılan bir analiz yöntemidir. Hareket denkleminin direkt integrali sayısal sönümlü  $\alpha$  integral algoritması [23] veya bunu daha özel bir durumu olan herkesçe bilinen Newmark tertibinin [23] kullanılmasıyla alınır. Otomatik zaman adımı ayarlanması ile optimum doğruluk ve verimliliği elde etmeyi sağlamaktadır [36].

Sismik etkilerin modellenmesi, mesnetlere ivme yük eğrilerinin tanımlanmasıyla sağlanır. Her mesnette farklı eğriler tanımlanabilmekte ve böylelikle eşzamanlı olamayan yer hareketlerinin temsiline izin verilmektedir [36].

Seçilen betonarme yapı için dinamik zaman tanım alan analizi gerçekleştirilirken 2011 Van deprem ivme kayıtlarında elde edilen değerle kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre seçilen betonarme bina 16.21 saniyede geçmektedir. Dinamik zaman tanım alanlı analiz yönteminde elde edilen zaman – deplasman grafiği Şekil 4.14’de gösterilmiştir.



**Şekil.4.14** Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu aynı doğrultuda bulunan düğüm noktalarının deplasman değerleri

N501 düğüm noktası 46.79cm'lik maksimum deplasman değerine 14.28 saniyede ulaşmıştır. Bina bu saniyede göçme mekanizmasına henüz geçmemiştir. Seçilen betonarme bina 16.21 saniyeye kadar depreme maruz kaldıktan sonra göçme oluşmuştur.

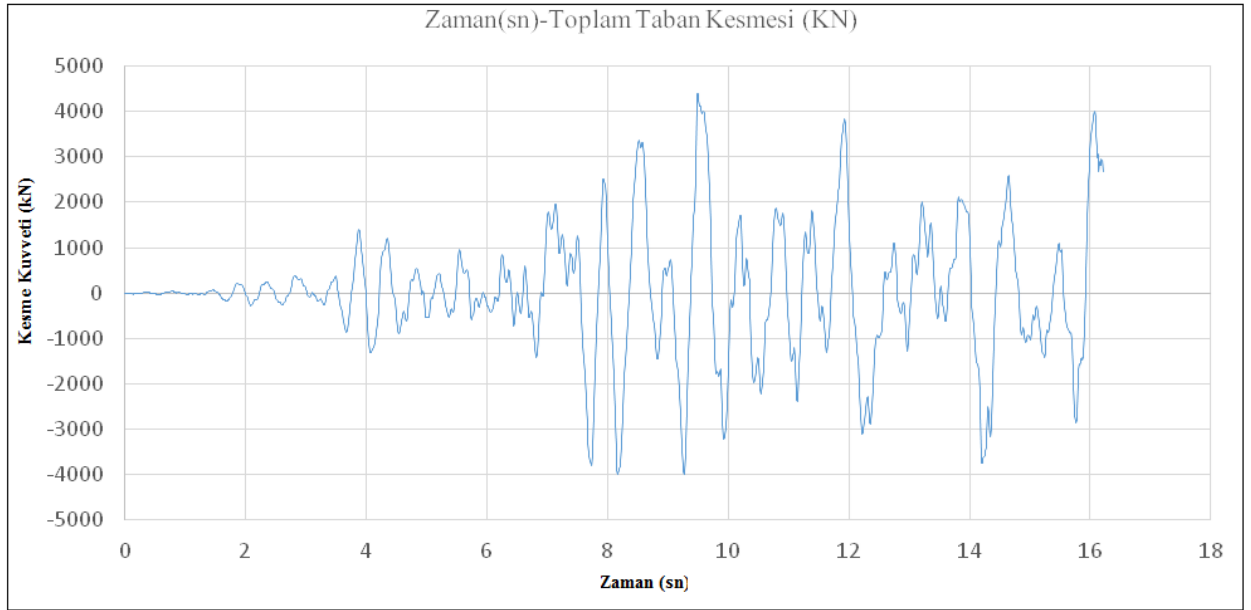
**Çizelge 4.7** Göreceli Kat Öteleme Değerleri

Düğüm Noktası	Deplasman Değeri (cm)
N101	37,01
N201	40,67
N301	43,53
N401	45,48
N501	46,79

Çizelge 4.7 de 14.28. saniyede oluşan maksimum deplasman değerinde kat öteleme değerleri tablo halinde gösterilmiştir.



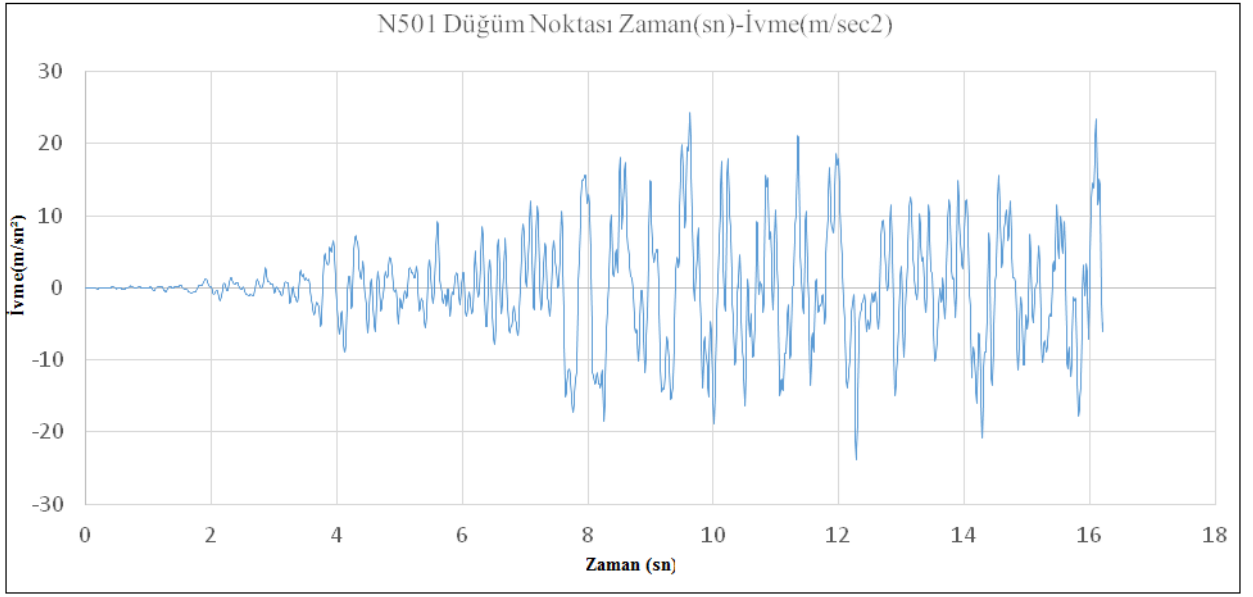
Dinamik zaman tanım analizi yapılarak elde edilen zaman – taban kesme kuvveti diyagramı Şekil 4.15 te gösterilmiştir.



**Şekil.4.15** Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu zamana bağlı toplam taban kesme kuvveti değerleri

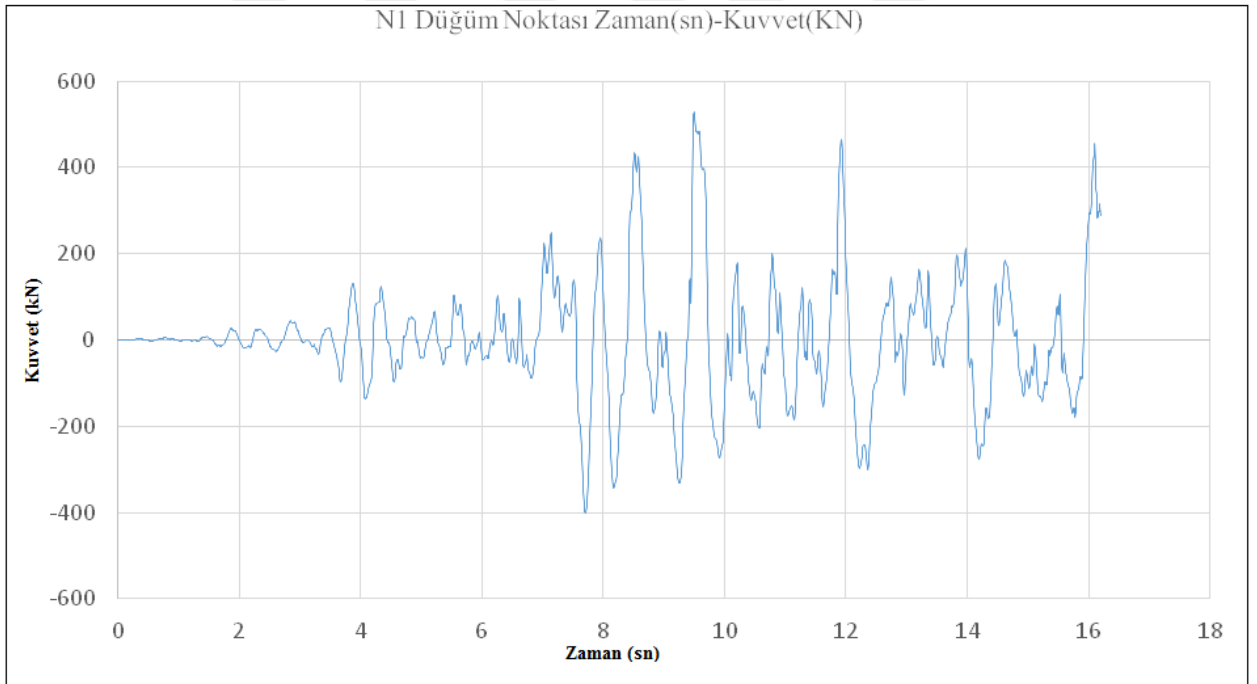
Analiz sonucunda betonarme bina 9.49 saniyede maksimum toplam taban kesme kuvvetine ulaşmış ve bu değer 4404.12kN'dur.

Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri grafiği Şekil 4.16'te gösterilmiştir. 2011 Van deprem kayıtlarının yapıya uygulanması sonucu binanın N501 adlı düğüm noktasındaki ivme değerleri tarif edilmiştir. Grafik 2011 Van depremi ivme grafiğine benzerlik göstermektedir. Fakat sayısal değer olarak gerçek deprem ivmesinden düşüktür.



**Şekil.4.16** Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri

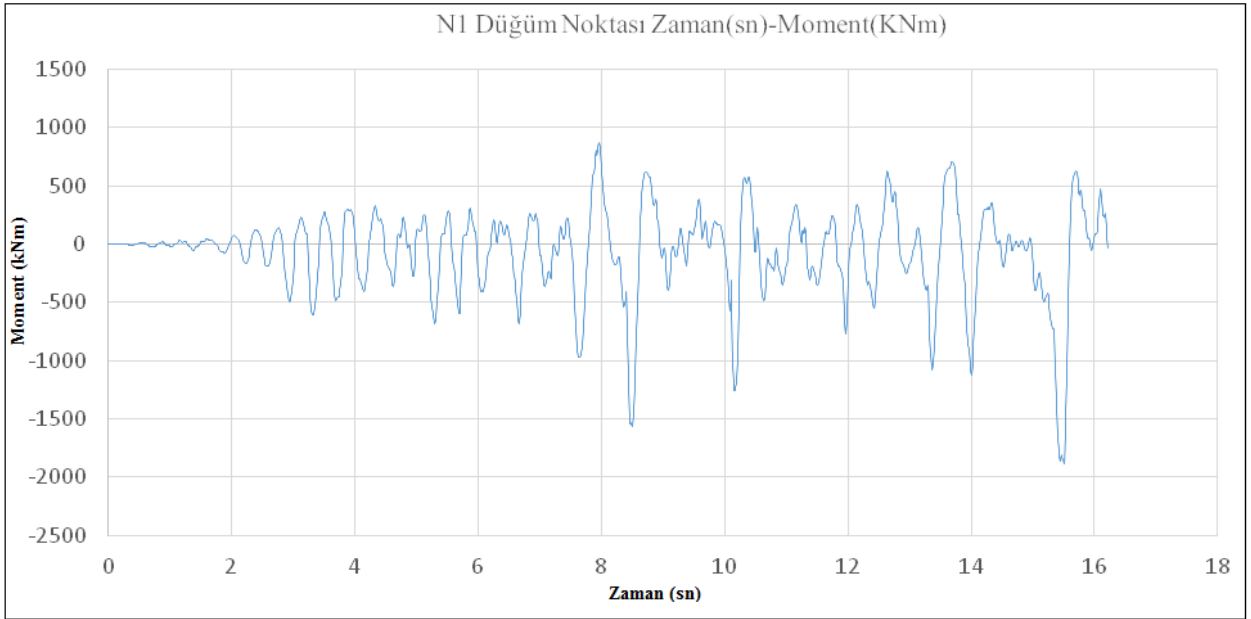
Dinamik zaman tanım alanı analiz sonucu N1 düğüm noktası için elde edilen zaman – kuvvet diyagramı Şekil 4.17’te gösterilmiştir.



**Şekil.4.17** Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası kuvvet değerleri

Şekilden de görüleceği üzere maksimum kuvvete 9.49. saniyede ulaşılmış olup bu değer 524.11kN’dur.

N1 düğüm noktası için analiz sonucu elde edilen zaman – moment grafiği Şekil 4.18’de görülmektedir.



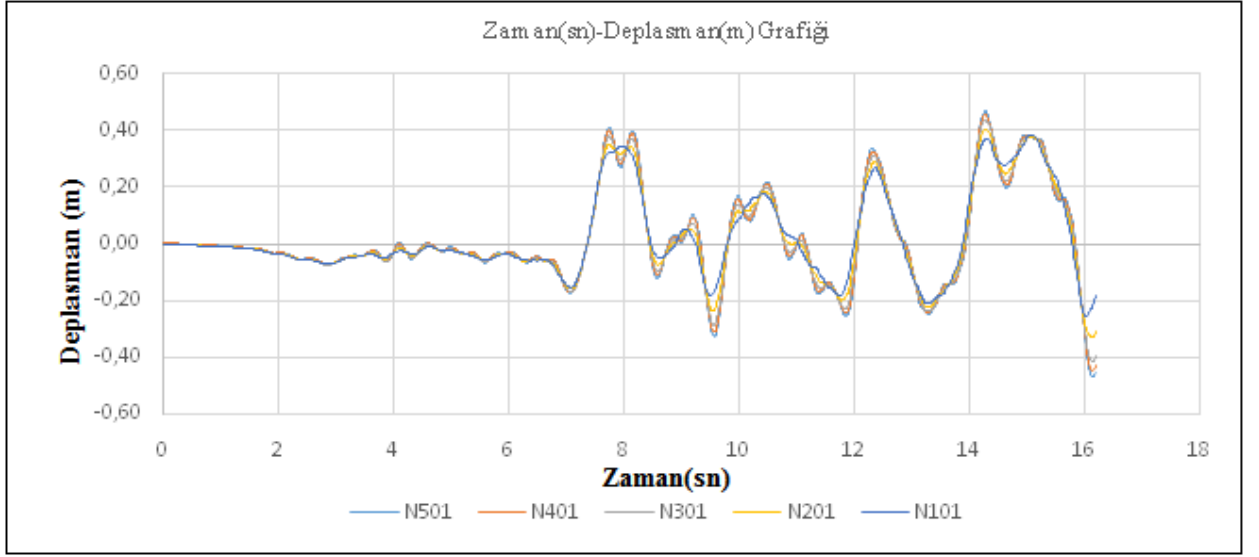
**Şekil.4.18** Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası moment değerleri

N1 düğüm noktasında 15.51 saniyede 1884.08kNm’lik maksimum moment oluşmuştur.

#### 4.2.6 Artımsal Dinamik Analizi

Yapı, bir seri artan şiddetli doğrusal olmayan zaman-tanım alanı analizine maruz kalınan bir analiz türüdür. Daha sonra, her bir dinamik analiz sonucu taban kesme kuvveti azami değerleri ile onlara karşılık gelen en üst deplasman değerleri alınarak, dinamik itme eğriler elde edilmektedir [36].

Yazılım programında modellenen betonarme binaya 2011 Van depremi ivme yük eğrileri uygulayarak analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucu modellenen yapı 15.53 saniyede göçmüştür. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.19’de gösterilmiştir.



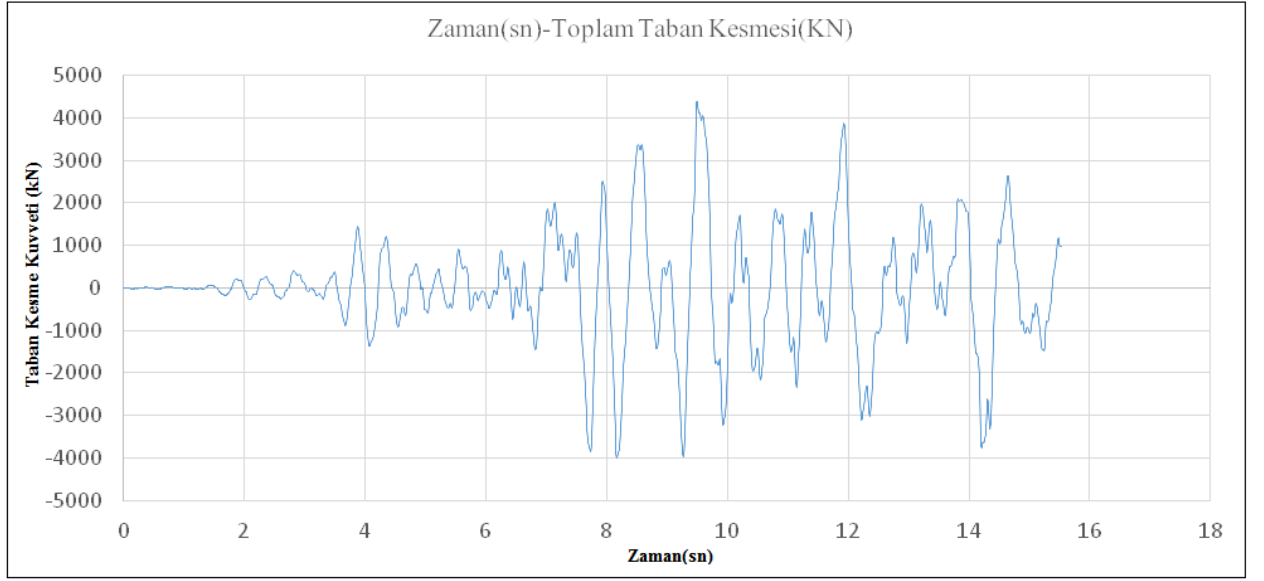
**Şekil.4.19** Artımsal Dinamik Analizi sonucu aynı hizada bulunan düğüm noktalarının deplasman grafiği

Şekil 4.19 de görüldüğü gibi 14.29 saniyede N501 düğüm noktası 46.50 cm lik maksimum deplasmana ulaşmıştır. Fakat bina bu saniyede göçmemiş, 15.53 saniyeye kadar depreme maruz kalıp göçme yaşanmıştır.

**Çizelge 4.8** Göreceli Kat Öteleme Değerleri

Düğüm Noktası	Deplasman Değeri (cm)
N101	36,62
N201	40,29
N301	43,18
N401	45,16
N501	46,50

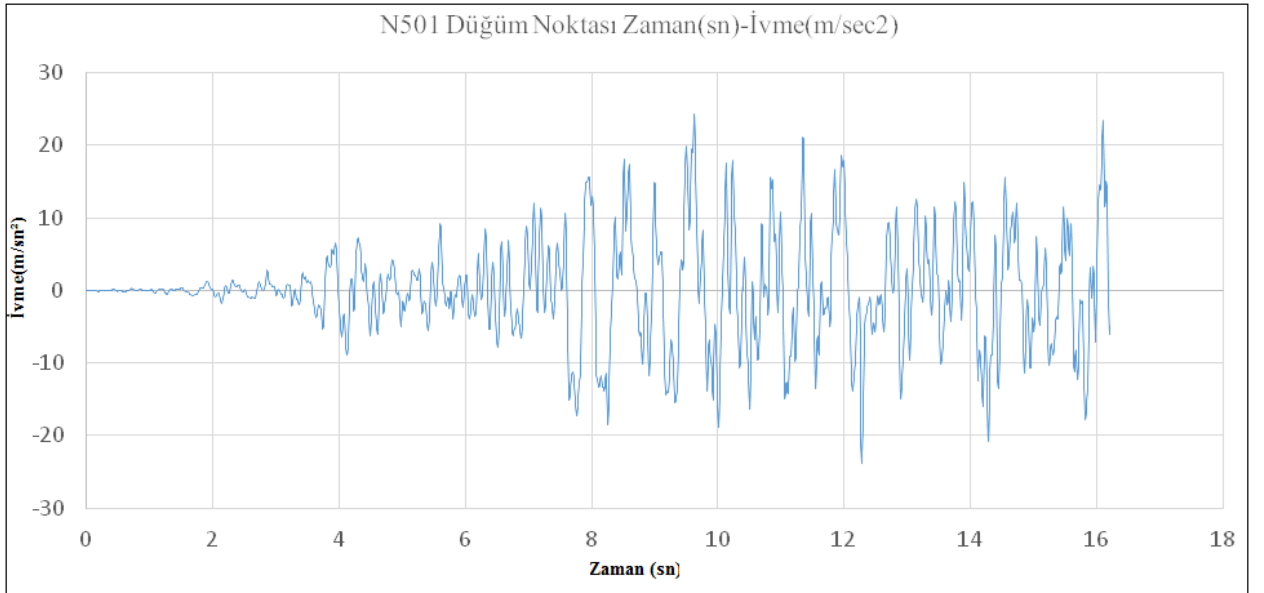
Çizelge 4.8 de 14.29. saniyede oluşan maksimum deplasman değerinde kat öteleme değerleri tablo halinde gösterilmiştir.



**Şekil.4.20** Artımsal Dinamik Analizi sonucu zamana bağlı olarak oluşan toplam taban kesme kuvveti grafiği

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi 9.49 saniyede maksimum toplam taban kesme kuvvetine ulaşmış olup, değeri 4389.39kN’dur.

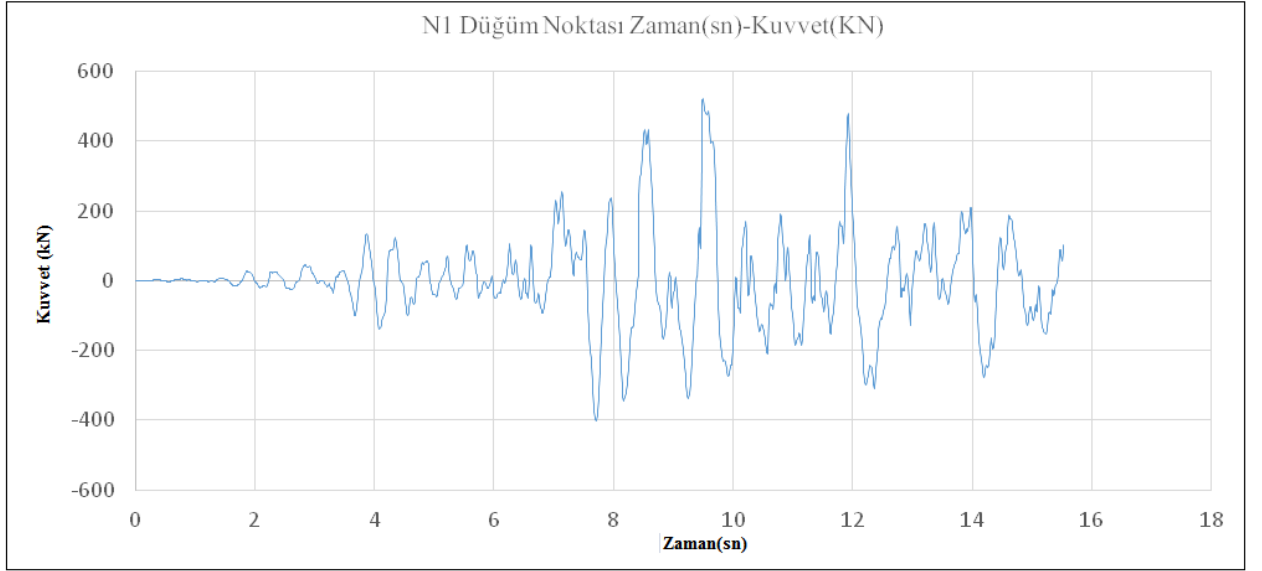
Artımsal dinamik analizi gerçekleştirilen binada N501 düğün noktası ivme değerleri Şekil 4.21’da gösterilmiştir.



**Şekil.4.21.** Artımsal dinamik analizi sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri

2011 Van depremine maruz kalan betonarme yapı modelinin ivme grafiği 2011 Van deprem grafiğine benzerlik göstermektedir. Fakat sayısal değer olarak deprem ivmesine göre daha kcktr.

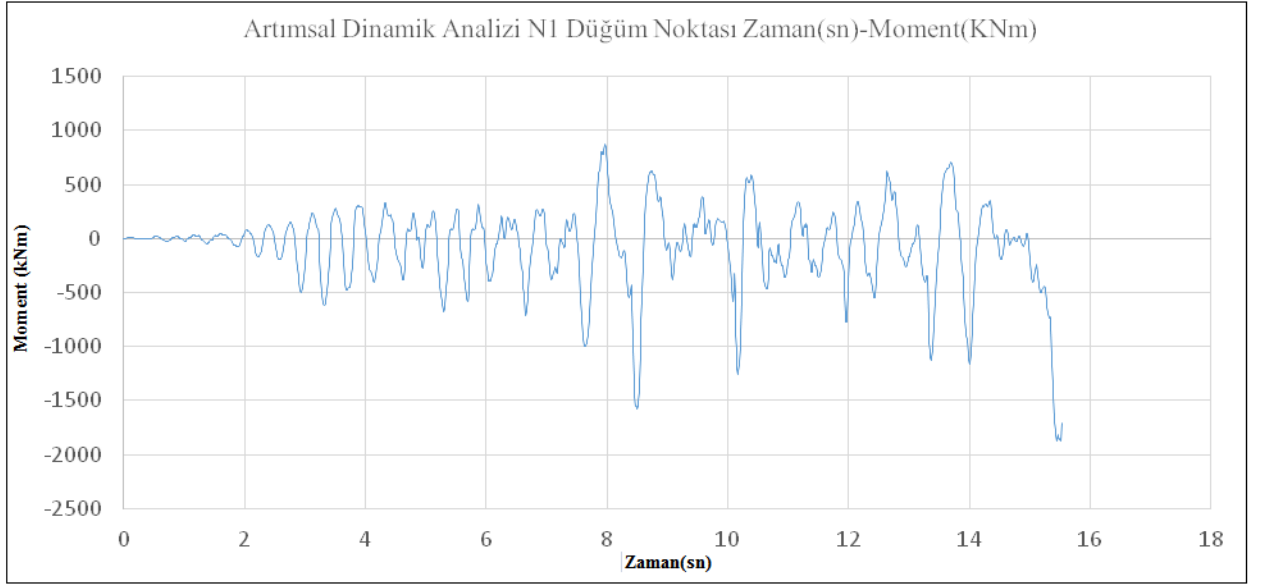
Analiz sonucu N1 düğüm noktası için elde edilen kuvvet – zaman grafiği Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



**Şekil.4.22.** Artımsal dinamik analizi sonucu N1 düğüm noktası kuvvet - zaman değerleri

Şekil 4.22 de görüldüğü gibi maksimum kuvvete 9.50 saniyede ulaşılmış olup, 523.90kN değerindedir.

Artımsal dinamik analiz sonucu N1 düğüm noktasında elde edilen zaman – moment diyagramı Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



**Şekil.4.23.** Artımsal dinamik analiz sonucu N1 düğüm noktasında elde edilen moment değerleri

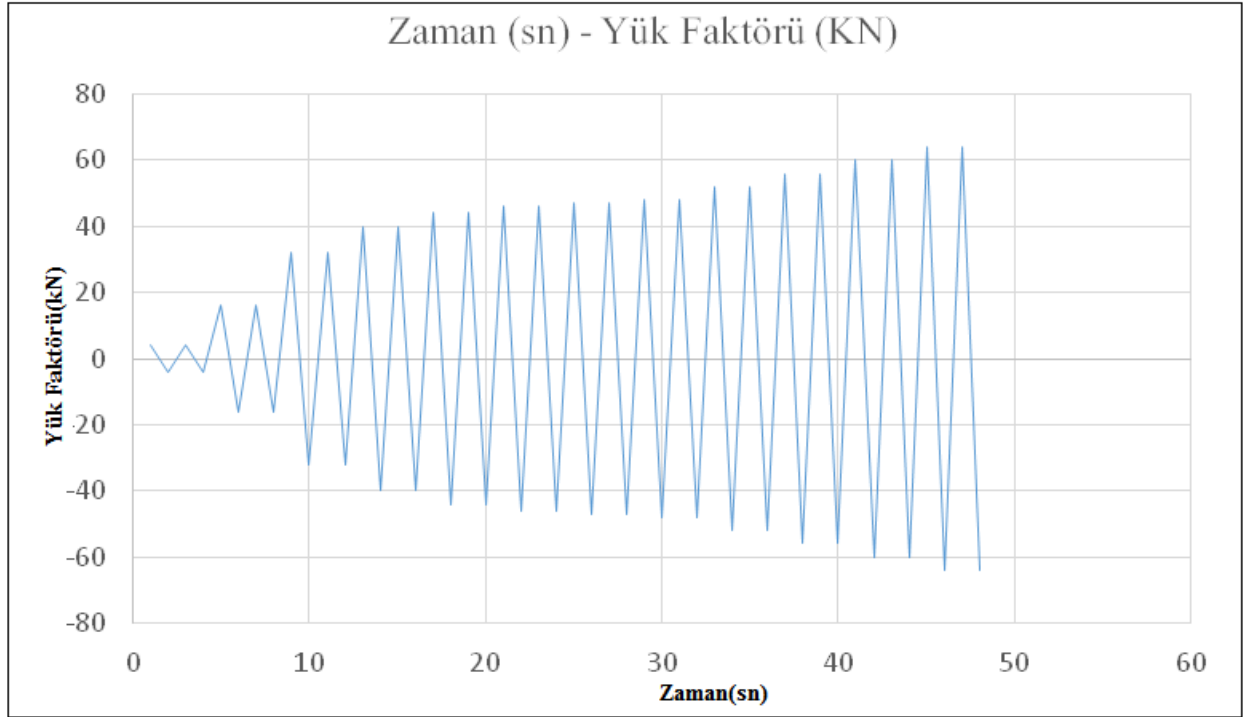
Şekil 4.23 de ki grafikte görüldüğü gibi N1 düğüm noktası 8.5 saniyede -1573,73 kNm’lik maksimum momente maruz kalmıştır.

#### 4.2.7 Statik Zaman Tanım Alanı Analizi

Statik zaman-tanım alanı analizinde, uygulanan yükler (deplasman, kuvvet veya ikisinin kombinasyonu) öngörülen yük şablonuna göre zamana bağlı alanda bağımsız olarak değişebilir. İ düğüm noktasına uygulanan yük  $P_i = \lambda_i(f) P_i^o$  olarak hesaplanır. Diğer değışle zamana bağılı yük faktörü  $\lambda_i(f)$  ve nominal yükün  $P_i^o$  bir fonksiyonudur. Bu analiz tipi genellikle değışik yükler ve yer değıştirme şablonları altında yapıların statik modellemesi için kullanılır [36].

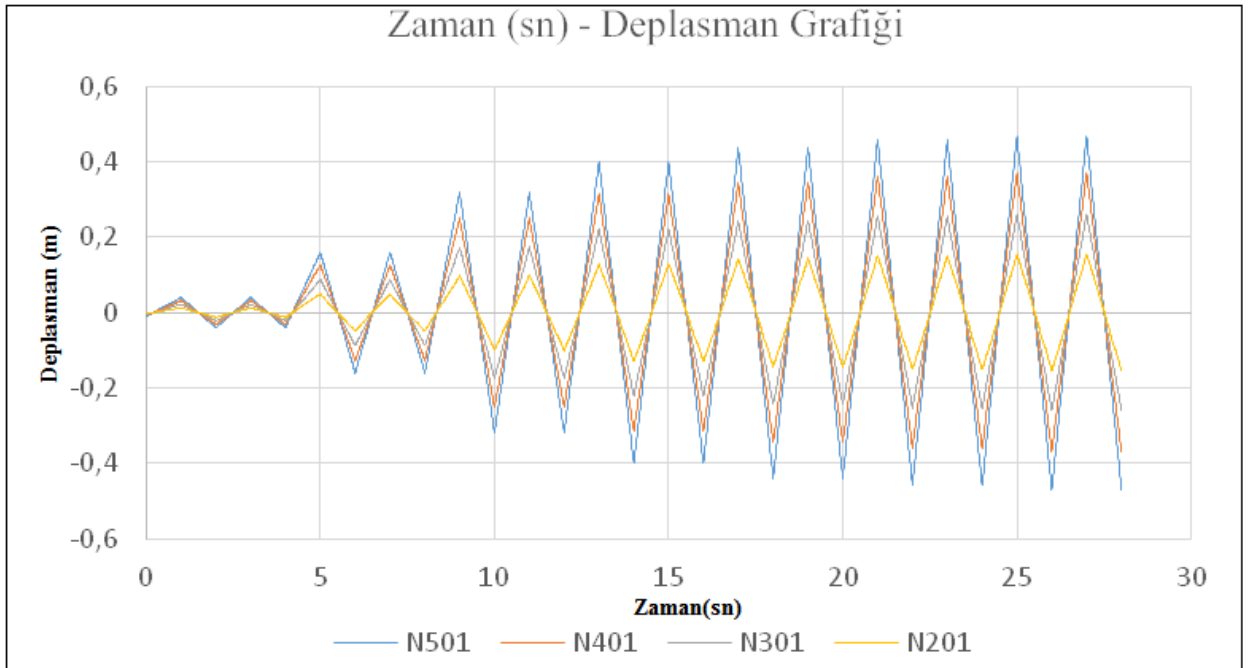
Bu analiz yöntemi yönetmeliklerde bulunmamaktadır. Fakat çalışmada kullanmış olduğumuz Seismostruct programında bir türü olarak bulunması sebebiyle yapmış olduğumuz bu tez çalışmasında bu analiz türünün de karşılaştırılması uygun görülmüştür.

Modellenen betonarme bina için zamana göre yük şablonu değışkenliğı kullanılan programda kayıtlı bulunan yük faktörü dikkate alınarak elde edilen zaman – yük faktörü grafiğı Şekil 4.24’de gösterilmiştir.



**Şekil.4.24.** Yazılım programında yer alan yük faktörü-zaman değerleri

Şekil 4.24 de görüldüğü gibi yük faktörü grafiği modellenen binaya etki ettirilerek analiz yapılmıştır. Statik zaman tanım alanı analiz sonucu aynı doğrultuda yer alan düğüm noktaları için elde edilen zaman deplasman grafiği Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.25.** Statik zaman tanım alanı analizi sonucu elde edilen deplasman değerleri



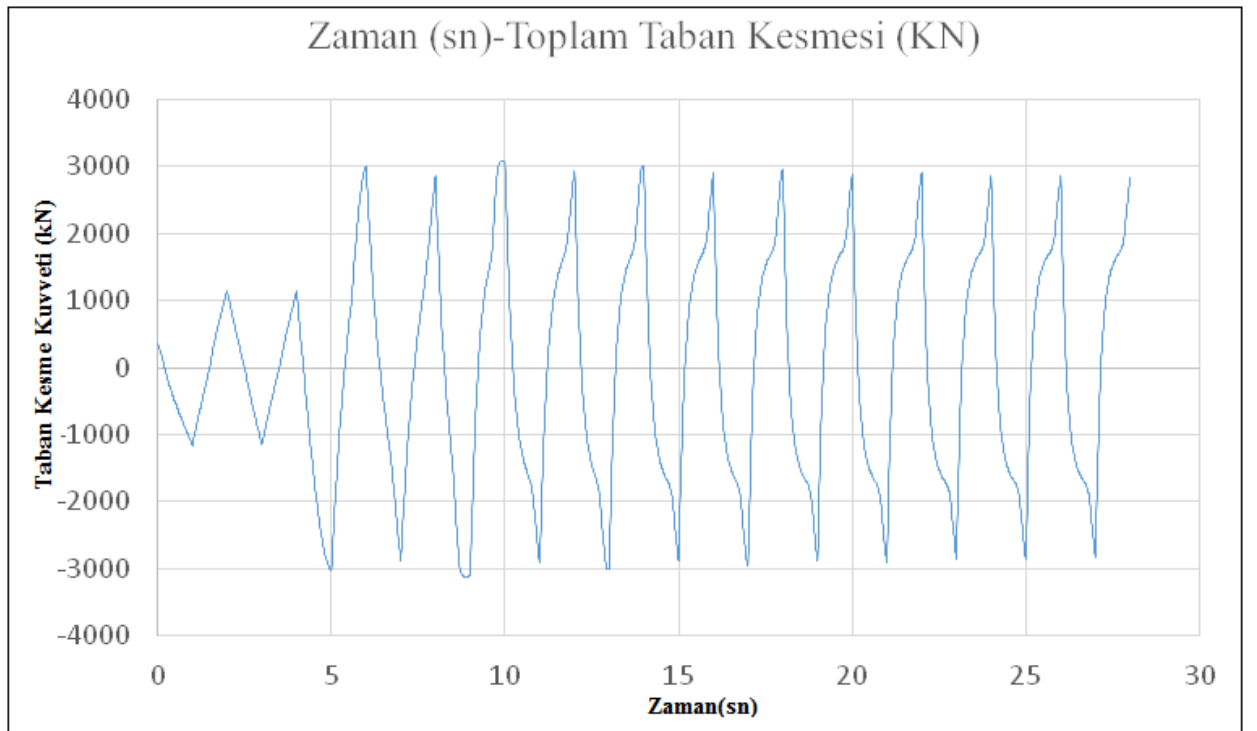
Şekil 4.25’de görüldüğü gibi 28. saniyede 47 cm’lik maksimum deplasmana ulaşmıştır.

**Çizelge 4.9** Göreceli Kat Öteleme Değerleri

Düğüm Noktası	Deplasman Değeri (cm)
N101	6,24
N201	15,48
N301	26,04
N401	36,85
N501	47,00

Çizelge 4.9 de 28. saniyede oluşan maksimum deplasman değerinde kat öteleme değerleri tablo halinde gösterilmiştir.

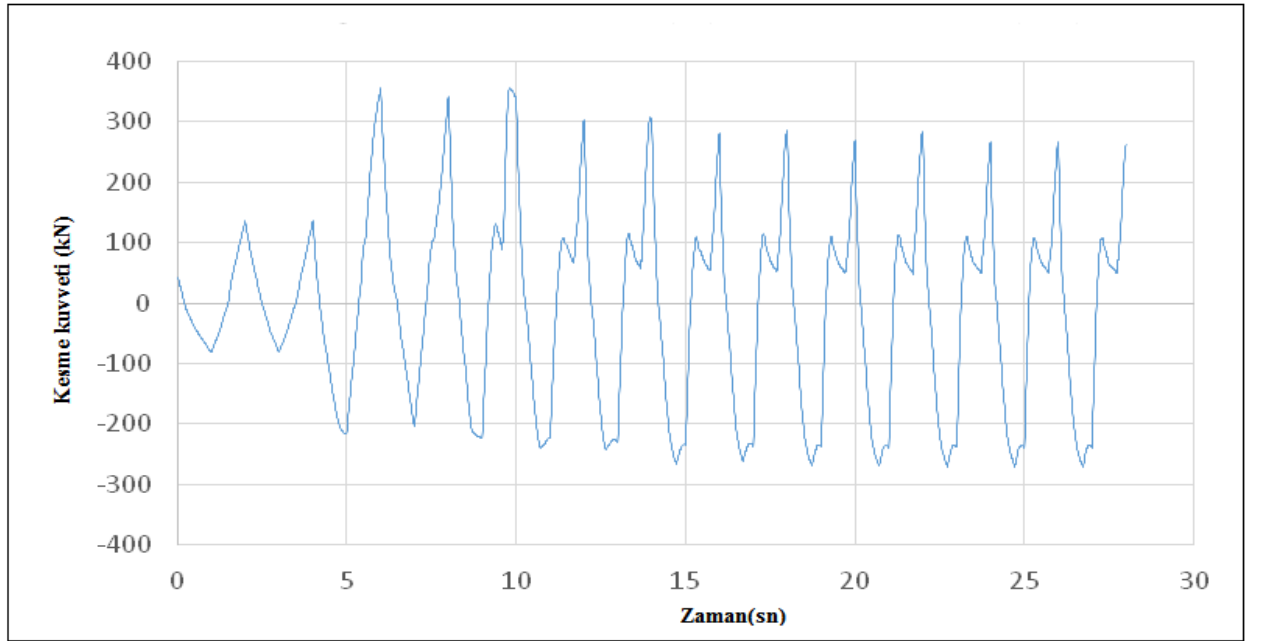
Yapılan analizler sonucu elde edilen toplam taban kesme kuvveti – zaman diyagramı Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



**Şekil 4.26.** Statik zaman tanım alan analizi sonucu elde edilen zamana bağlı toplam taban kesme kuvveti değerleri

Şekil 4.26’da görüldüğü gibi 8.88 saniyede maksimum taban kesme kuvvetine ulaşmış olup, değeri -3122.43kN’dur.

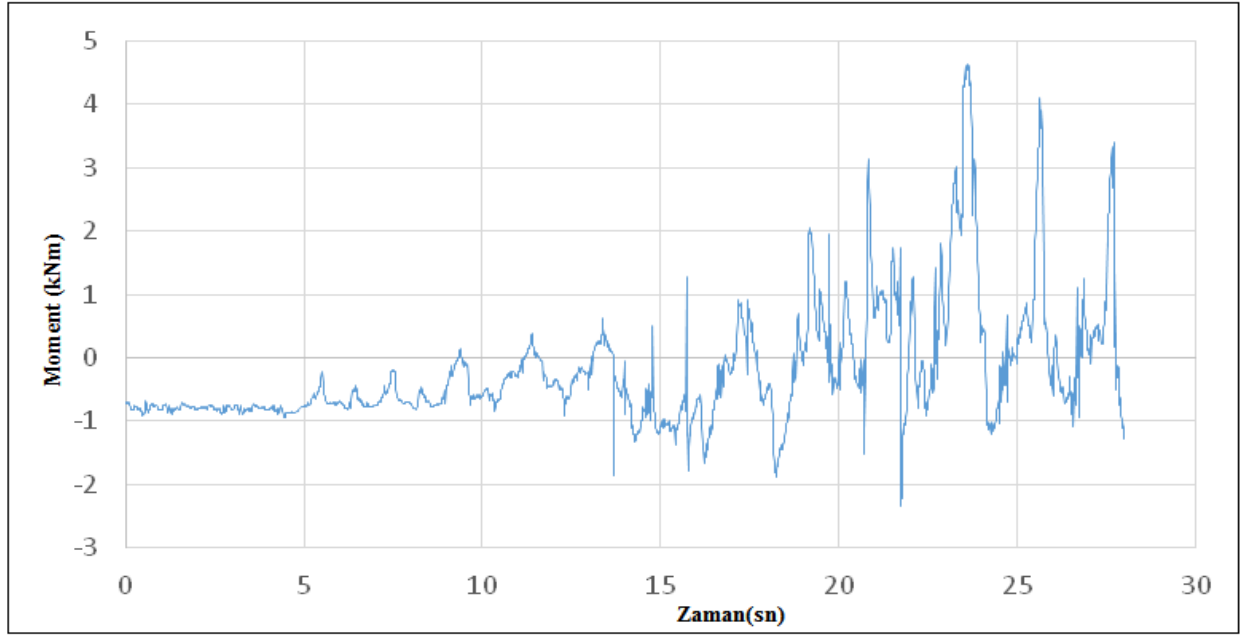
N1 düğüm noktası için elde edilen zaman – kesme kuvveti diyagramı Şekil 4.27’te gösterilmiştir.



**Şekil 4.27.** Statik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası için elde edilen kuvvet değerleri

Şekil 4.27’de görüldüğü gibi maksimum kuvvete 6 saniyede ulaşılmış, 356.08 KN değerindedir.

N1 düğüm noktası için analiz sonucu elde edilen zaman- moment grafiği Şekil 4.28’de gösterilmiştir.

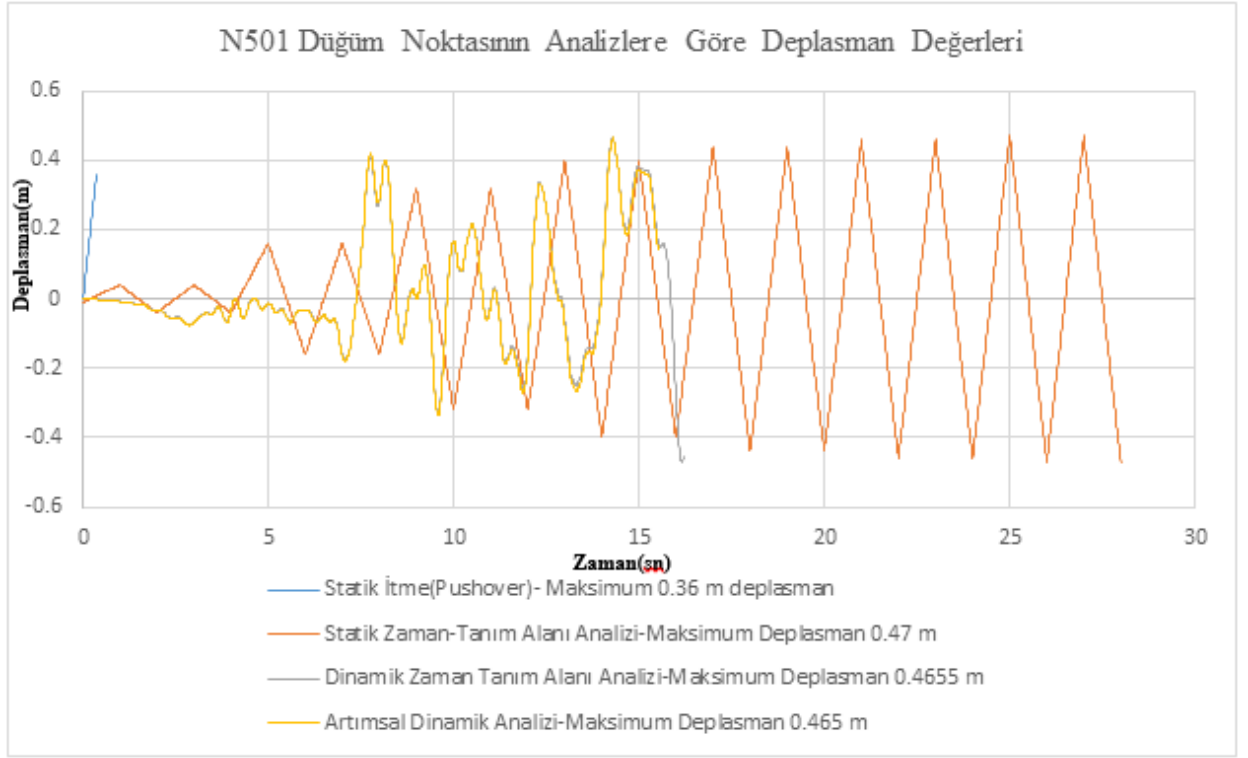


**Şekil 4.28.** N1 düğüm noktası için elde edilen moment değerleri

Şekil 4.28’de görüldüğü gibi N1 düğüm noktası 23.6 saniyede 4.642 kNm’lik moment değeriyle maksimum değere ulaşmıştır.

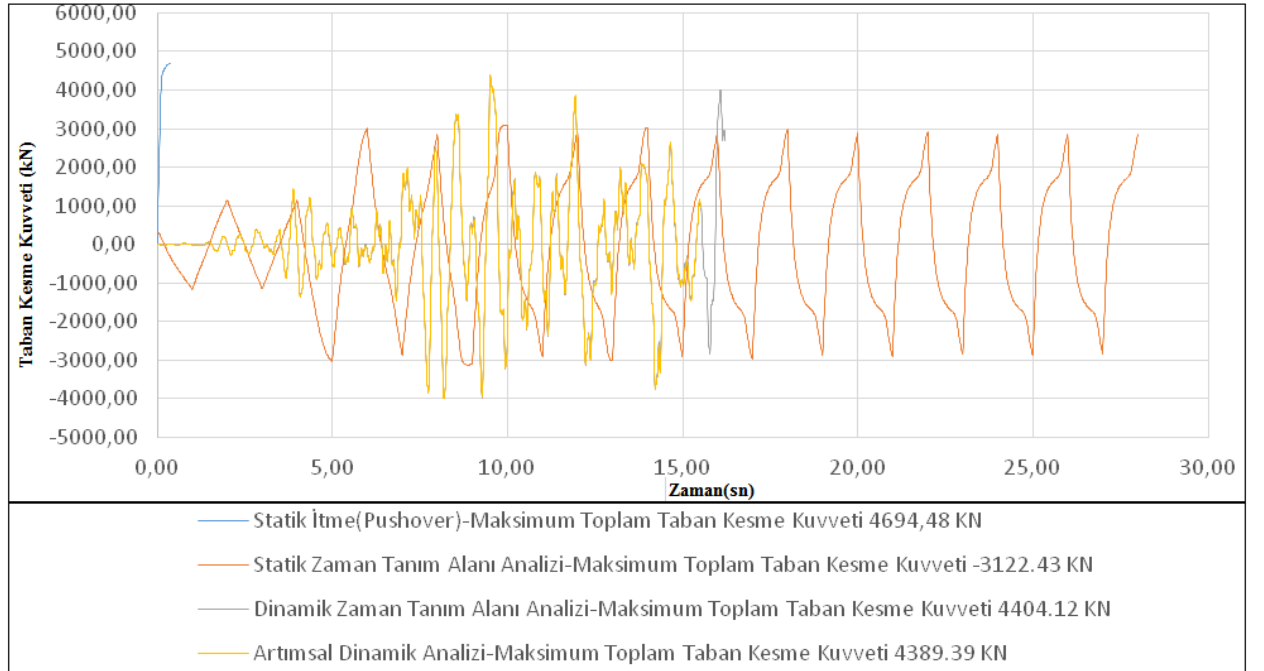
#### 4.2.8 Analizlerin Karşılaştırılması

Çalışmada kullanılan yapının analiz sonuçlarının deplasman değerlerinin karşılaştırılması, analizlerde en fazla deplasman yapan 4. kat planında bulunan N501 düğüm noktası baz alınarak yapılmıştır. N501 düğüm noktası için elde edilen zamana bağlı deplasman değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.29’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.29.** N501 düğüm noktasının analizlere göre zaman bağı deplasman değerleri

Çalışmada kullanılan analizler sonucu elde edilen zamana bağı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması Şekil 4.30'de verilmiştir.



**Şekil 4.30.** Analizlere göre toplam taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Yapılan analizlere göre N 501 noktasında meydana gelen maksimum yer değiştirme değerleri ve toplam taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması izelge 4.10'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Kullanılan analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Analiz Türü	N501 düğüm noktasının maksimum deplasmanı (m)	Maksimum toplam taban kesme kuvveti (kN)
Statik itme (pushover) analizi	0.36	4694.48
Statik zaman tanım alanı analizi	0.47	3122.43
Dinamik zaman tanım alanı analizi	0.4678	4404.12
Artımsal dinamik analizi	0.465	4389.39

Dinamik zaman tanım alanı analizi ve artımsal dinamik analizler elde edilen sonuçlar birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır. Neredeyse birbirleri ile eşit değerler almıştır. Bu da her iki yöntem arasındaki tutarlılığı ortaya koymaktadır. Dolayısıyla her iki yöntemin kullanılabilirliği sonucuna varılmaktadır. Her iki yöntem için elde edilen analiz sonuçları izelge 4.11'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.11.**Analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Yöntem	Dinamik zaman tanım alanı analizi	Artımsal dinamik analiz
Maksimum taban kesme kuvveti (kN)	4404.12	4389.39
Maksimum taban kesme kuvvetine ulaşma zamanı (sn)	9.49	9.49
Maksimum kuvvet(kN)	524.11	523.9
Göçme zamanı (sn)	16.21	15.53
Maksimum deplasman(m)	46.78	46.5
Maksimum deplasmana ulaşma zamanı (sn)	14.28	14.28

## 5. SONUÇ

Mevcut betonarme yapıların performans analizlerinin irdelenmesi, yapıların deprem güvenliğinin ve güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi ve incelenmesi son yıllarda daha da önem kazanmıştır. Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerin tutarlılığının betonarme binalara uygulanmasını konu edinmiştir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında özellikle son yıllarda yapıların performans kavramı ortaya çıkmış ve bu kavram gelişmeye devam etmektedir. Yapıların performansa göre tasarımı ve değerlendirilmesi yapı yönetmeliklerinde ve yapı analiz yazılım programlarında yerini almaya başlamıştır. Yapıların deprem altındaki incelemeleri için farklı analiz yöntemleri mevcuttur.

Mevcut betonarme yapılarda kullanılan değerlendirme yöntemlerinin tutarlılığı konulu tez çalışması kapsamında seçilen bir örnek betonarme bina mevcut bina gibi düşünülmüş ve deprem performansları belirlenmiştir. Seçilen betonarme bina için deprem performansları doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak belirlenerek, karşılaştırılmaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında analizler için SeismoStruct yazılım programı kullanılarak analizler yapılmıştır.

Seçilen örnek betonarme bina için yazılım programında bulunan öz değer analizi, tepki spektrumu analizi, statik analiz (değişken olmayan yük), statik itme (pushover) analizi, dinamik zaman tanım alanı analizi, artımsal dinamik analizi ve statik zaman tanım alanı analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu analizler hakkında bilgi verilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Zaman tanımlı analizlerde elde edilen yer değiştirme değerleri birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır. Zamandan bağımsız olarak yapılan statik itme analizdeki değer diğer analizlere göre daha düşük çıkmıştır. Taban kesme kuvveti olarak en büyük değere statik itme analizinde ulaşılmıştır. Dinamik zaman tanım alanı analizi ve artımsal dinamik analizler taban kesme kuvvetlerinin birbirine eşit olduğu kabul edilebilir.

Artımsal Dinamik ve Dinamik Zaman Tanımlı analizinde de göçme zamanları, maksimum taban kesme kuvvetine ulaşılma zamanı ve maksimum deplasmana ulaşılma zamanı yaklaşık olarak birbirine eşit çıkmıştır. Her iki yöntemin kullanılması durumunda da yapıdaki sonuçlara için eşit değerlere ulaşılmaktadır. Her iki yöntem de ayrı ayrı kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Sucuoğlu H.,2006. 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri,444-445, 267-284.
- [2] Aydınoğlu M.N.,2007. A Response Spectrum-Based Nonlinear Assessment Tool forPractice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA). ISET Journal of Earthquake Technology, 44(1), 169-172.
- [3] Doran B. , Akbaş B. , Sayım İ. , FahjanY., Alacalı S.N., 2011. Uzun Periyotlu Bir Yapıda Yapısal Sağlık İzlemesi ve Deprem Performansının Belirlenmesi, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011 ODTÜ, Ankara, 43-51.
- [4] DBYYHY 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara
- [5] Freeman S.A., 2005. Performance Based Eartquake Engineering During the Last 40 Years,Eartquake Engineering: Essantianeland Applications Workshops, EERC METU, Ankara.
- [6] Comartin C.D. Niewiarowski R.W. Rojahn C. 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (Vol. 1). SeismicSafety Commission, State of California.
- [7] Council B.S.S. 1997. NEHRP Guidelinesfor the Seismic Rehabilitation of Buildings. FEMA-273, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- [8] Council B.S.S. 1997. NEHRP Guidelinesfor the Seismic Rehabilitation of Buildings. FEMA-274, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- [9] Council B.S.S. 1997. NEHRP Guidelinesfor the Seismic Rehabilitation of Buildings. FEMA-276, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- [10] Habibullah A., Pyle S., 1988. Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis in SAP2000, Structure Magazine , 1: 1-4.

- [11] Chopra A.K.,GoelR.K., 2002. A Modal Pushover Analysis Procedure for Estimation Seismic Building, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31: 561-582.
- [12] Maison B.F.,2005. Discussions of Evaluation of Modal and FEMA Pushover Analyses, Earthquake Spectra, 21: 275-279.
- [13] Işık, E.,Kutunis, M., 2015.Performance Based Assessment for Existing Residential Buildings in Lake Van Basin and Seismicity of the Region”, Earthquakes and Structure, 9(4), 893-910.
- [14] Korkmaz A. Düzgün M. 2007. Doğrusal Olmayan Yapısal Analiz Yöntemlerinin Değerlendirilmesi.İtü Dergisi/d, 6(3), 11-23.
- [15] Uygun G. Celep Z. 2007. Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği 2007’deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırmalı İncelemesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 269-279.
- [16] Yılmaz M.B.,2008. Betonarme Bir Taşıyıcı Sistemin Deprem Performansının Değişik Yöntemlerle Karşılaştırılması Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [17] Denizer M.İ. 2012. Depremde Betonarme Bina Performansının Doğrusal Elastik ve Elastik Olmayan Yöntemler ile Belirlenmesi ve Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [18] Temiz B. 2012. Betonarme Bir Yapının Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler Kullanılarak Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [19] Kanbir Z.,2012. Performans Analizinde Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Doğrusal Elastik Olmayan İtme Analizi Yönteminin Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.



- [20] Duman N.,2012. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanan Betonarme Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Deprem Performansının Belirlenmesi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.
- [21] Erol O.,2006. Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi. Lisans Üstü Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [22] Ağcakoca M. 2006. Burulma Modu Etkin Olan Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı. Lisans Üstü Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [23] Celep Z., Kumbasar N. 2004. Deprem Mühendisliğine Girişve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [24] Darcan C., 2005. Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [25] Ülker M., Işık E., Bakır D.,Karaşin İ.B. 2016. The Effect of Concrete Strengthto Rigidity in RC Buildings, International Conference on Natural Science and Engineering(ICNASE'16), Kilis.
- [26] Orak E., 2008. Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Deprem Geçirmiş Binalarla İlişkilendirilerek Belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [27] Sucuoğlu H.,2006. 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi, Mühendislik Haberleri,444-445: 267-284.
- [28] Özer E., 2007. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme, İTÜ Ders Notları.
- [29] Celep Z., 2007. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme Deprem Yönetmeliği 2007 Kavramları, Beta Dağıtım, İstanbul.

- [30] Yakut A., 2004. A Preliminary Seismic Assessment Procedure for Reinforced Concrete Buildings in Turkey. Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada, 1-6 August.
- [31] Mermer S., 2007. Mevcut bir Yapının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Performans Değerlendirmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [32] Federal Emergency Management Agency. 1988. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. FEMA.
- [33] Kutanis M., 2007. Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı, İMO Sakarya Şubesi, Sakarya.
- [34] Kutanis M., 2006. Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, YOGS-2006, Pamukkale Üniversitesi, 7-8 Aralık 2006, Denizli.
- [35] İnternet adresi: <http://sismo.deprem.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 25.02.2016)
- [36] SeismoStruct v6.5 (2016) – A Computer Program For Static And Dynamic Nonlinear Analysis Of Framed Structures. Seismosoft.

## ÖZGEÇMİŞ

14.01.1989 yılı Merkez/BİTLİS doğumluyum. İlköğretimi TOBB Okulu'nda tamamladım. 2006 yılında kazandığım Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldum. 15.09.2012 tarihinde Bitlis Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünde çalışmaya başladım. Aynı yılın Eylül ayında Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladım. Ağustos 2016'da yüksek lisansımı tamamladım.

