

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜZENSİZ BETONARME PERDE YERLEŞİMİNE SAHİP HASARLI BİR
BİNANIN ANALİZİ**

HASAN VEHBİ ERSOY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ALİ KOÇAK**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜZENSİZ BETONARME PERDE YERLEŞİMİNE SAHİP HASARLI BİR
BİNANIN ANALİZİ**

Hasan Vehbi ERSOY tarafından hazırlanan tez çalışması 30.05.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Ali KOÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ali KOÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tezde, düzensizlikleri oldukça fazla olan ve hem dayanımı hem de sünekliği düşük betonarme perdeli ve çerçeveli Antalya İl Özel İdaresi Binası incelenmiştir. Binanın yaşı yüksek olup perdelerinden biri aniden hasar görmüştür ve hasarın sebebi bilinmemektedir. Doğrusal yöntem olan “Mod Birleştirme Yöntemi” ve doğrusal olmayan yöntemlerden biri olan “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap” ile analizler yapılmış, hem hasar gören perdenin hasarı analitik olarak elde edilmeye çalışılmış, hem de genel olarak perdelerin deprem davranışına katkısı araştırılmıştır. Aynı zamanda doğrusal olmayan modellemede perde modellerinde kesme mafsalı tariflemenin önemi de araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında emeğini, sabrını ve bilgisini esirgemeyen tez hocam Doç. Dr. Ali KOÇAK’a teşekkürü bir borç bilirim.

Her türlü zor anımda yanımda olan ve beni hiç yalnız bırakmayarak sevgilerini ve desteklerini esirgemeyen eşime, çocuklarıma ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs, 2018

Hasan Vehbi ERSOY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	5
PERFORMANSA DAYALI TASARIM	5
2.1 Performans Seviyeleri ve Kesit Hasar Sınırları	6
2.2 Performansa Dayalı Tasarım Yöntemleri	9
2.2.1 Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri.....	9
2.2.1.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	9
2.2.1.2 Mod Birleştirme Yöntemi	10
2.2.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri.....	10
2.2.2.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	10
2.2.2.2 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi	13
2.2.2.3 Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın Modellenmesi	14
BÖLÜM 3	16
3.1 Antalya Özel İdaresi Hizmet Binası Özellikleri	16
3.1.1 Binanın Geometrik Özellikleri	17

3.1.2	Malzeme Özellikleri	20
3.1.3	Zemin Özellikleri	20
3.1.4	Taşıyıcı Sistem Donatı Düzeni	22
3.1.5	Sistem İncelemesi ve Yapıda Oluşan Hasar	22
3.2	Analiz ve Yöntem	29
3.2.1	Perde Kapasiteleri.....	29
3.2.2	Analitik Model	30
3.2.2.1	Modal Analiz.....	31
3.2.3	Doğrusal Elastik Deprem Analizi.....	37
3.2.4	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz.....	39
3.2.4.1	Doğrusal Olmayan Modelleme	39
3.2.4.2	Yer Hareketi Kayıtları	41
3.2.4.3	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları	48
BÖLÜM 4		69
SONUÇ VE ÖNERİLER		69
4.1	Sonuçlar	70
4.2	Öneriler	72
KAYNAKLAR		73
ÖZGEÇMİŞ		75

SİMGE LİSTESİ

A	Spektral ivme
A_{ch}	Perde kesit alanı
A_0	Etkin ivme katsayısı
D	Spektral yerdeğiştirme
f_{ctd}	Beton tasarım çekme dayanımı
f_{ywd}	Yatay donatı tasarım akma dayanımı
I	Bina önem katsayısı
l_w	Perde genişliği
M	Moment
M_p	Plastik moment
R	Taşıyıcı sistem dayanım azaltma katsayısı
S(T)	Spektrum katsayısı
T	Periyot
T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyotları
u_N	Çatı yerdeğiştirmesi
V_b	Taban kesme kuvveti
V_r	Kesme dayanımı
$q_{a,min}$	Zeminin güvenilir en düşük taşıma gücü değeri
$q_{a,maks}$	Zeminin güvenilir en büyük taşıma gücü değeri
$q_{u,min}$	Zeminin en düşük basma değeri
$q_{u,maks}$	Zeminin en büyük basma değeri
Φ_{N1}	Binanın tepesinde birinci moda ait katkı çarpanı
Γ_1	Birinci moda ait katkı çarpanı
η_{bi}	i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
ρ_{sh}	Perdenin hacımsal yatay donatı yüzdesi

KISALTMA LİSTESİ

DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
MBY	Mod Birleştirme Yöntemi
ZTADOH	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmaya Hesap

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Performans seviyeleri	6
Şekil 2. 2 Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	7
Şekil 2. 3 Tasarım spektrumu [11]	8
Şekil 2. 4 Doğrusal olmayan statik itme ve plastik mafsal dağılımı	11
Şekil 2. 5 Doğrusal olmayan statik itme eğrisi	11
Şekil 2. 6 Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi.....	12
Şekil 2. 7 Örnek bir yerdeğiştirme zaman geçmişi.....	13
Şekil 2. 8 Örnek moment – eğrilik ve karşılıklı etki diyagramları.....	14
Şekil 2. 9 DBYBHY 2007'ye göre iç kuvvet – şekil değiştirme ilişkisi [11].....	15
Şekil 3. 1 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binasının Görünümleri.....	17
Şekil 3. 2 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası bodrum kat planı.....	17
Şekil 3. 3 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası zemin kat şematik planı.....	18
Şekil 3. 4 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası 1. normal kat şematik planı.....	18
Şekil 3. 5 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14. ve 15. normal kat şematik planı.....	19
Şekil 3. 6 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası 16. ve 17. normal kat şematik planı.....	19
Şekil 3. 7 Zeminde sondaj çalışmalarından bazı görüntüler.....	20
Şekil 3. 8 Zeminden alınan bazı numunelerden görüntüler.....	21
Şekil 3. 9 Donatı miktar ve düzeninin saptanması.....	22
Şekil 3. 10 Hasar gören perde.....	23
Şekil 3. 11 Hasar gören perdenin hasar görünüşleri.....	24
Şekil 3. 12 Hasar gören perde çevresinde yer alan duvarlarda meydana gelen çatlaklar.....	25
Şekil 3. 13 Hasar gören perdenin güçlendirilmesi için çelik profiller ile sarılması.....	26
Şekil 3. 14 Hasar gören perdenin güçlendirilmesi için eklenen donatılar ve beton dökümü.....	28
Şekil 3. 15 Binanın SAP 2000'de hazırlanan sonlu eleman modeli.....	29
Şekil 3. 16 Binanın SAP 2000'de hazırlanan sonlu eleman modeli.....	31
Şekil 3. 17 Binanın planda ilk 1. mod şekli.....	32
Şekil 3. 18 Binanın planda ilk 2. mod şekli.....	33
Şekil 3. 19 Binanın 3. mod şekli.....	33
Şekil 3. 20 Binanın 1. mod şeklinin 3 boyutlu gösterimi.....	34
Şekil 3. 21 Binanın 2. mod şeklinin 3 boyutlu gösterimi.....	35

Şekil 3. 22 Binanın 3. mod şeklinin 3 boyutlu gösteri.....	36
Şekil 3. 23 Eşdeğer çubuk ile modellenen bir perdenin şematik gösterimi [16].....	40
Şekil 3. 24 SAP 2000’de eşdeğer çubuk ile modellenen perde örneği.....	40
Şekil 3. 25 Takeda histeretik çevrim modeli [17].....	41
Şekil 3. 26 Ölçeklenmemiş (orijinal) yer hareketi kayıtlarının ivme – zaman geçmişleri.....	44
Şekil 3. 27 Ölçeklenmiş yer hareketi kayıtlarının ivme – zaman geçmişleri.....	44
Şekil 3. 28 Ölçeklenmemiş yer hareketi kayıtlarının elastik ivme spektrumları ve tasarım spektrumu.....	45
Şekil 3. 29 Ölçeklenmiş yer hareketi kayıtlarının elastik ivme spektrumları ve tasarım spektrumu.....	46
Şekil 3. 30 Ölçeklenmiş tüm kayıtların elastik ivme spektrumlarının ortalaması ve tasarım spektrumu.....	47
Şekil 3. 31 Binanın X-X doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman geçmişi grafikleri.....	52
Şekil 3. 32 Binanın Y-Y doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman geçmişi grafikleri.....	55
Şekil 3. 33 Binanın X-X doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri.....	59
Şekil 3. 34 Binanın Y-Y doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri.....	62
Şekil 3. 29 ZTADOH ve MBY perde taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	66

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Binalar için hedeflenen minimum performans seviyeleri [11].....	7
Çizelge 3. 1 Perde kesme kapasiteleri.....	30
Çizelge 3. 2 Binanın modal değerleri.....	37
Çizelge 3. 3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen perde kesme kuvvetleri.....	38
Çizelge 3. 4 Yer hareketi kayıtları.....	43
Çizelge 3. 5 Tepe yerdeğiştirmesi değerleri.....	63
Çizelge 3. 6 Taban kesme kuvveti değerleri.....	63
Çizelge 3. 7 X – X doğruştusu depremleri için perde taban kesme kuvvetleri.....	64
Çizelge 3. 8 Y – Y doğruştusu depremleri için perde tabana kesme kuvvetleri.....	64
Çizelge 3. 9 ZTADOH ile X – X doğruştusunda elde edilen en büyük ve ortalama perde taban kesme kuvvetleri.....	65
Çizelge 3. 10 ZTADOH ile Y – Y doğruştusunda elde edilen en büyük ve ortalama perde taban kesme kuvvetleri.....	65
Çizelge 3. 11 ZTADOH ve MBY elde edilen perde taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	66

DÜZENSİZ BETONARME PERDE YERLEŞİMİNE SAHİP HASARLI BİR BİNANIN ANALİZİ

Hasan Vehbi ERSOY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı:Doç. Dr. Ali KOÇAK

Ülkemizdeki yapı stoğu hem mimari hem de statik olarak deprem mühendisliği temel ilkeleri bakımından uygun olmayan tasarımlarla inşa edilmiş ve bu tip yapılar büyük depremlerde oldukça fazla hasarlar görmüştür. Bu binalar aşırı düzensiz olmalarıyla birlikte düşük dayanım ve süneklığe sahiptirler. Bu eksiklikler sadece konut tipi yapılarda değil kamu binalarında da görülmektedir. Bu tip binaların deprem güvenilirliği saptanmalı ve güvensiz yapıların hızlı bir şekilde güçlendirilmesi yapılmalıdır.

Yatay yük dayanımını artırmada çok faydalı ve pratik bir çözüm olarak taşıyıcı sisteme perde eklenebilir. Birçok çalışma göstermiştir ki perdeler yatay yük taşıma kapasitesini oldukça artırmaktadır. Ancak taşıyıcı sistemde kullanılan perdeler dayanım ve süneklikte belirli koşulları sağlarsa sistemin davranışı iyileştirilebilecektir.

Antalya İl Özel İdaresinin eski hizmet binasının perdelerinden biri sebebi belirsiz bir şekilde aniden göçmüştür. Bu bina 17 katlı olup betonarme perde ve çerçevelerden oluşmaktadır. Binanın mimarisi planda V şeklindedir ve malzeme kalitesi ile taşıyıcı sistem tasarımı açısından oldukça zayıftır. Binada büyük kesitli perdeler olmasına rağmen hasar görmesi önlenememiştir. Herhangi bir deprem olmadığı halde hasar gören bu binanın deprem durumunda nasıl bir davranış göstereceği meçhuldür.

Bu çalışmada, hasar gören bu bina SAP 2000 programında analitik olarak modellenerek perdelerin taşıma kapasiteleri ve deprem davranışına katkıları araştırılmıştır. Bu amaçla

hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlerle analizler yapılmış ve perdeler değerlendirilmiştir. Doğrusal yöntemde Mod Birleştirme Yöntemi, doğrusal olmayan yöntemde ise Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap (ZTADOH) kullanılmıştır. Doğrusal olmayan modelde doğrusal olmama durumu taşıyıcı sisteme plastik mafsallar tariflenerek sağlanmıştır. İncelemesi yapılan binada perdede oluşan hasarın kesme hasarı olduğu görülmüştür bu nedenle analitik modelde perdelerde eğilme mafsalı ile birlikte kesme mafsalı da tariflenmiştir. ZTADOH 7 adet deprem ivme kaydı kullanılmış ve bu kayıtlar DBYBHY 2007'de verilen tasarım spektrumuna ölçeklenmiştir. Hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlerle elde edilen perde kesme kuvvetleri perdelerin kesme kuvveti taşıma güçleriyle karşılaştırılmış ve mevcut perdelerin oldukça yetersiz oldukları görülmüştür. Bunun yanında ZTADOH sırasında hasar gören perde analitik olarak ilk kesme hasarına uğramıştır ve kesme hasarı oluştuktan sonra program analize devam edememiştir. Zaten klasik olarak sadece eğilme mafsalı tarifleyerek yapılan bir doğrusal olmayan analiz, özellikle düşük dayanım ve süneklikli yapılarda sonuçların hatalı olmasına sebep olacaktır. Çünkü, eğilmeden önce kesme hasarı oluşması durumunda program bu hasarı algılayamayacak ve sanki perde hasar görmemiş gibi analize devam edecektir.

Sonuç olarak düzgün tasarlanmamış perdeler binanın deprem davranışını iyileştirmenin aksine daha kötü hale getirebilecektir. Perdelerin doğrusal olmayan modelinde kesme veya eğilme hasarından hangisinin önce gerçekleşeceğini belirlenmediği durumlarda hem eğilme hem de kesme mafsalını birlikte tariflemek daha uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme bina, düzensizlik, doğrusal analiz, doğrusal olmayan analiz, plastik mafsal, perde, deprem, dinamik analiz

**ANALYZE OF A DAMAGED RC BUILDING WITH IRREGULARLY
DISTRIBUTED SHEAR WALL**

Hasan Vehbi ERSOY

Department of Civil Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Doç. Dr. Ali KOÇAK

The building stock in our country has been built both architecturally and statically with designs that are unsuitable for the basic principles of earthquake engineering, and such structures have suffered considerable damage in major earthquakes. These buildings are extremely irregular and have low strength and ductility. These shortcomings are not only seen in residential buildings, but also in public buildings. The earthquake reliability of such buildings should be determined and the unreliable structures should be strengthened rapidly.

As a very useful and practical solution to increase the lateral strength, the shear wall can be added to the structural system. Many studies have shown that shear walls greatly increase the lateral load carrying capacity. However, the behavior of the system can be improved if the shear walls used in the structural system provide certain conditions in strength and ductility.

One of the shear walls of the old service building of the Antalya Provincial Administration suddenly collapsed. This 17-storey building is reinforced concrete building with frames and shear walls. Architectural plan of the building is V shaped and material quality and structural system design is very low. Damage can not be prevented even though there are large shear walls in the building. It is not known how

this building, which has been damaged without an earthquake, will behave under the effect of an earthquake.

In this study, this damaged building was modeled analytically in SAP 2000 program and capacity and contribution to earthquake behavior of the building of shear walls were investigated. For this purpose, both linear and nonlinear methods were used to analyze the system and evaluate the shear walls. Mode Superposition Method is used in linear method and Time History Analysis is used in nonlinear method. Plastic hinges were assigned to structural elements to define the nonlinearity. In the considered building, it is seen that the damage occurred in the shear wall is the shear damage. Therefore, in the analytical model, shear hinge also described to shear walls with moment hinge. 7 ground motion records were used in Nonlinear Time History Analysis (NTHA) and these records were scaled to design spectrum which is given in Turkish Seismic Code 2007. Shear walls shear forces obtained by both linear and nonlinear methods are compared with shear capacities of shear walls and it is seen that existing shear walls are insufficient. the damaged shear Wall had firstly shear damage in NTHA and the program could not continue to analyze after the shear damage occurred. A nonlinear analysis, which is already classically described by simply describing the bending hinge, will result in incorrect results, especially in low strength and ductility. Because, if the shear damage occurs before bending damage, the program will not detect this damage and it will continue to analyze as if the shear wall is not damaged.

As a result, shear walls with low strength and ductility may make the building worse, as opposed to improving the earthquake behavior. In the nonlinear model of the shear walls, it is more appropriate to describe both the bending and shear hinge together, in case it is not determined which of the shear or bending damage will occur first.

Keywords: Reinforced concrete building, linear analysis, nonlinear analysis, plastic hinge, shear wall, earthquake, dynamic analysis

1.1 Literatür Özeti

Türkiye, büyük ve yıkıcı depremlerin oluştuğu önemli bir deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu yüzden inşaa edilen yapıların oluşması muhtemel bir depreme karşı güvenli olması gerekmektedir. Fakat uzun yıllardır meydana gelen birçok depremde oluşan hasarlar ve yıkımlar göstermiştir ki, ülkemizdeki yapı stoğu büyük bir depreme karşı dayanıksızdır. Kocaman'ın [1] 2012'de yayınladığı bir raporda Türkiye'de son 60 yılda doğal afetlerden oluşan hasarların %61'inin depremlerden dolayı oluştuğu belirtilmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı önemli bir konudur ve birçok araştırmacı tarafından yıllardır üzerinde çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Bir binayı tasarlarken veya güçlendirmek istediğimizde perde kullanmak, depremden dolayı oluşabilecek büyük yerdeğıştirmeleri ve bu yerdeğıştirmelerden kaynaklanabilecek hasarları oldukça azaltmakta veya önlemektedir [2], [3], [4]. Düzgün şekilde inşaa edilmiş perdeler, yumuşak kat, kısa kolon, yetersiz sargılama, kolon – giriş birleşimlerindeki yetersiz donatılandırma ve düşük malzeme kalitesi gibi düzensizlikleri ve yetersizlikleri bile giderebilir [5]. Yetersiz bir perde yukarıda bahsedildiği şekilde bir fayda sağlayamayacaktır. Birincil ya da tek yatay yük taşıyıcı sistemi perdelerden oluşan binalar “perde binalar” olarak isimlendirilmektedir ve bu tip binalar yatay yük taşıma kapasitesi açısından en etkili binalar olarak isimlendirilmektedir [6].

Burak ve Çömlekoğlu [7] orta katlı betonarme binaların deprem davranışlarına perde alanı ile toplam bina alanı oranının etkisini analitik olarak incelemişler ve görel

ötelemelerin kontrol altında tutulabilmeleri için en düşük perde oranının %1 olması gerektiğini söylemişlerdir.

El-Azizy vd. [8] farklı yatay donatı oranlarına ve kesit konfigürasyonuna sahip perdelerin deprem performanslarını incelemişlerdir. Kesit konfigürasyonu olarak dikdörtgen, başlıklı ve uç bölgesi olmak üzere 3 farklı kesit dikkate almışlardır. Yerdeğiştirme kontrollü çevrimsel yüklemeler yaptıkları perde örneklerinden elde ettikleri verilere göre başlık veya uç bölgesi kullanıldığı takdirde, dikdörtgene göre %30 daha az yatay donatı kullanılabilir.

Dashti vd. [9] farklı yönetmeliklere göre tasarlanmış tipik perdelerin deprem performanslarını araştırmışlar ve yatay yük kapasiteleri, eğrilikleri ve yerdeğiştirme sünekliklerin açısından doğrusal olmayan davranışlarının karşılaştırmışlardır. Rao vd. [10] çok katlı yapılarda perde oranının doğrusal olmayan performansa etkisini incelemişler ve yatay yükleri karşılamada ideal bir çözüm olduklarını belirtmişlerdir.

Antalya İl Özel İdaresine ait 17 katlı betonarme çerçevelerden ve perdelerden oluşan bir binanın perdelerinden biri belli olmayan bir sebepten ötürü aniden hasar görmüştür. En alt katta oluşan bu hasarın kesme hasarı olduğu saptanmıştır. Bina hemen boşaltılarak perde onarılmış ve güçlendirilmiştir. Hasar gören bu binanın perde hasarının sebebi ve genel olarak perdelerinin deprem performansı araştırılmak istenmiştir. Binanın tasarımının Türk Deprem Yönetmeliği 1975'e göre yapıldığı ve oldukça zayıf bir bina olduğu görülmektedir. Günümüz deprem mühendisliği anlayışına göre çok düşük performanslı bir bina olduğu düşünülmektedir. Uygun tasarlanmış bir perdenin, bina deprem performansını artırdığı yukarıdaki çalışmalardan anlaşılmaktadır. Fakat binaların ve perdelerin tasarımı kadar tasarım yöntemi de önemli bir husustur. Yeni bir yapının depreme dayanıklı olarak tasarımı veya mevcut bir yapının deprem güvenilirliğinin belirlenmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler olmak üzere 2 farklı yaklaşım vardır [11], [12], [13]. Doğrusal yöntem kuvvet esaslı olup "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" veya "Mod Birleştirme Yöntemi"lerini içermektedir. Doğrusal olmayan yöntemler şekil değiştirme esaslı yaklaşımlardır ve statik itme analizi ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden oluşmaktadır. Zaman tanım alanında hesap dinamik bir yöntemdir. Bu çalışmada, hasar

gören bu binanın perdelerinin deprem performansı ve hasar gören perdedeki hasarın elde edilmesi için doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Fakat bina yüksek katlı ve düzensiz bir bina olduğundan statik itme analizi yapmak mümkün değildir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007'ye göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap (ZTADOH) yapılarak deprem davranışı ve hasar durumu elde edilmeye çalışılmıştır.

Bina SAP 2000 [15] programında modellenmiş ve doğrusal olmama durumu kolon, giriş ve perde elemanlara plastik mafsallık olarak tanımlanmıştır. Kesme hasarını elde edebilmek adına perdeler kesme mafsallık olarak tanımlanmıştır. Böylece kesme hasarı oluşan perdeler göçtüğü için analiz devam edemeyecektir. ZTADOH için 7 farklı deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Aynı şiddeti elde edebilmek adına deprem kayıtları DBYBHY 2007'de verilen tasarım spektrumuna ölçeklenmiştir. Bunun dışında "Mod Birleştirme Yöntemi" (MBY) kullanarak doğrusal analiz de yapılmış, perdelerde oluşacak tasarım kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Hem ZTADOH hem de MBY ile elde edilen perde kesme kuvvetleri, perdelerin kesme kuvveti taşıma kapasiteleri ile karşılaştırılarak yapıdaki perdelerin deprem performansına katkıları ve oluşan hasarın sebebi araştırılmıştır.

Çalışmanın 2. bölümünde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Bölüm 3'te ise mevcut binanın analizi yapılarak sonuçlar verilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Bölüm 4'te sonuç ve öneriler verilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Belirsiz bir sebepten bir perdesi hasar gören Antalya İl Özel İdaresi binası olarak bilinen 17 katlı betonarme bir binanın incelemesi yapılmıştır. Bina 1975 yönetmeliğine göre tasarlanmış ve inşaa edilmiştir. Oluşan hasarın kesme hasarı olduğu saptanmıştır ve bu hasarın sebebi araştırılmaktadır. Bu çalışmada, binada oluşan kesme hasarının analitik olarak elde edilmesinin yanı sıra bina perdelerinin genel olarak deprem performanslarının araştırılması amaçlanmıştır. Günümüz yöntemliğine uygun tasarlanmış bir bina olması durumunda mevcut haldeki taşıma güçlerinin karşılaştırılmasının yapılması istenmiştir. Aynı zamanda doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin, davranışa ve kapasiteye etkisi de elde edilmek istenmiştir.

1.3 Hipotez

Özellikle yüksek katlı binalarda perdelerin deprem davranışının artırdığı bir gerçektir. Fakat kullanılan perdelerin belirli bir standarttan az olması davranışı iyileştirmenin aksine daha da kötü hale getirebilmektedir. Tasarlanan perdelerin öngörülen bir deprem etkisinde yeterli dayanım ve süneklığe sahip olması gerekmektedir. Bunu yanında doğrusal olmayan analizde perdeleri modellerken, özellikle düşük performanslı perdelerde yalnızca eğilme mafsalı tanımlamak ve kesme mafsalı tariflememek doğru sonuçlar vermeyecektir. Zira herhangi bir perdede kesme hasarı oluşsa bile program sanki hasar yokmuş gibi eğilme hasarı oluşana kadar çözüme devam edecektir.



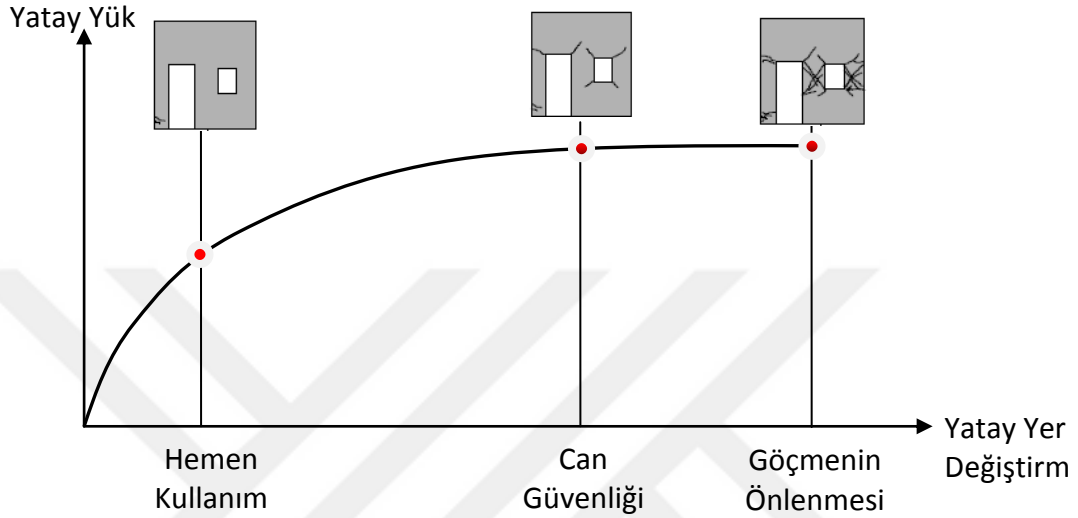
PERFORMANSA DAYALI TASARIM

Son yıllarda, özellikle bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde de bir yapının deprem güvenilirliğinin belirlenmesinde performans esaslı yaklaşım tercih edilmekte ve kullanılmaktadır. Performansa dayalı tasarım, belirli bir deprem etkisi altında bir yapıda oluşabilecek hasarların ve bu hasarların dağılımının elde edilmesi ile yapı güvenliğinin tahmini olarak tanımlanabilir. Bir yapının belirli bir deprem için performansı, yapının kullanım amacına göre belirlenebileceği gibi yapı sahibinin ihtiyaç ve istekleri doğrultusunda da belirlenebilir. Performansa dayalı tasarım ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma yapılmış ve yönetmeliklerde [11], [12], [13] kullanılmak üzere tarif edilmiştir. Performansa dayalı tasarım aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yapı analitik modeli oluşturulur
- Belirli bir deprem için yapıda oluşacak iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler elde edilir. Böylelikle hasar belirlenmiş olur.
- Performans hedefi belirlenir
- Elde edilen hasar seviyesi ile hedef performans seviyesini sağlayacak sınır değerler karşılaştırılır
- Elde edilen hasar değerleri, hedef performans hasar sınırlarını aşmadığı sürece, performans seviyesi sağlanmış olur.

2.1 Performans Seviyeleri ve Kesit Hasar Sınırları

Ülkemizde, DBYBHY 2007’de [11] “Performansa Dayalı Tasarım” yaklaşımı Bölüm 7’de verilmektedir. DBYBHY 2007’de [11], *Hemen Kullanım (HK)*, *Can Güvenliği (CG)* ve *Göçme Öncesi (GÖ)* olmak üzere 3 farklı performans seviyesi belirtir. Şekil 2. 1’de bu performans düzeyleri gösterilmiştir.



Şekil 2. 1 Performans seviyeleri

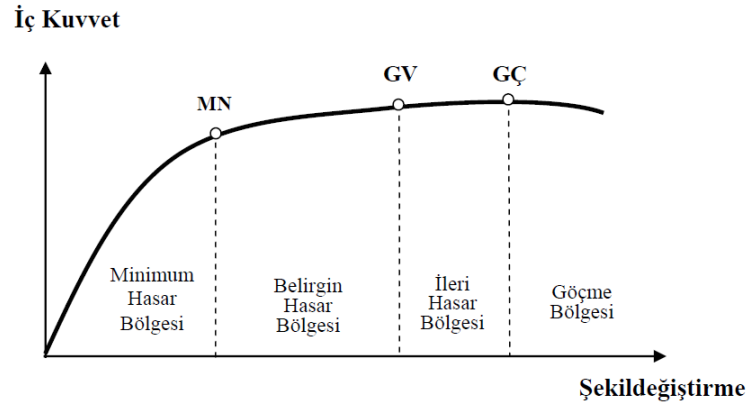
Hemen Kullanım Performans Seviyesi (HK): Bu performans seviyesinde yapısal ve yapısal olmayan elemanlar hemen hemen hiç hasar görmezler veya oluşabilecek hasar çok sınırlı ve hemen onarılabilecek düzeyde kalır.

Can Güvenliği Performans Seviyesi (CG): Bu performans seviyesinde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasar can güvenliğini tehlikeye atmayacak ölçüde sınırlı ve çoğunlukla onarılabılır düzeyde kalır.

Göçme Öncesi Performans Seviyesi (GÖ): Bu performans seviyesinde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda ileri derecede hasar meydana gelmiştir. Şekil 2. 1’ de görüldüğü üzere taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan (nonlineer) davranışı göçme konumuna yaklaşmıştır. Bina hala göçmemiştir, ancak can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve büyük olasılıkla yıkılması gerekecektir.

Binanın performans seviyesi, kesitlerde oluşacak hasarların seviyesine ve dağılımına bağlı olarak elde edilmektedir. Şekil 2. 2’de kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri gösterilmiştir. Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)

olmak üzere 3 adet hasar sınırı tanımlanmıştır. Kesit hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesinde, MN ile GV arasında olan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesinde, GV ile GÇ arasında olan elemanlar İleri Hasar Bölgesinde ve GÇ'yi aşanlar ise Göçme Bölgesinde kabul edilmiştir.



Şekil 2. 2 Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

DBYBHY 2007'de binaların kullanım amaçlarına göre farklı deprem düzeyleri için hedef performans seviyeleri verilmiştir. Bu hedef performans seviyeleri Çizelge 2. 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. 1 Binalar için hedeflenen minimum performans seviyeleri [11]

Binanın kullanım amacı ve türü	Depremin aşılma olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Hastahaneler, sağlık tesisleri, itfaye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kıışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	HK	-	CG
Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	-	CG	GÖ
Toksik, patlayıcı ve patlayıcı özelliği olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ

Yukarıdaki tanımlamalara girmeyen diğer binalar	-	CG	-
---	---	----	---

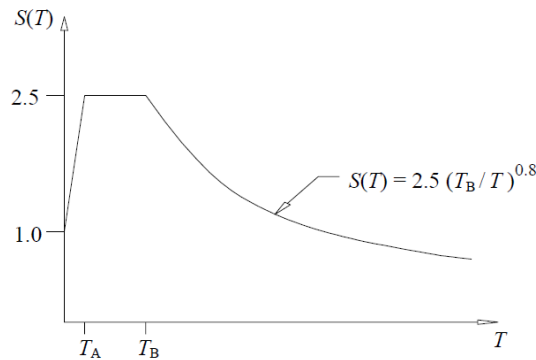
Çizelge 2. 1'den görüldüğü üzere 50 yılda aşılma olasılıklarına göre 3 farklı deprem tanımlanmıştır.

➤ **Kullanım Depremi:** 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremdir ve dönüş periyodu 72 yıldır. Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyuca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, görece olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade etmektedir.

➤ **Tasarım Depremi:** 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremdir ve dönüş periyodu 475 yıldır. Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir.

➤ **En büyük Deprem:** 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremdir ve dönüş periyodu 2475 yıldır. Bu deprem düzeyi, binaların maruz kalabileceği en şiddetli deprem yer hareketini ifade etmektedir.

DBYBHY 2007'de verilen standart spektrum "Tasarım Depremine" karşılık gelmektedir. Şekil 2. 3'te DBYBHY 2007'de verilen tasarım spektrumu gösterilmiştir. Tasarım spektrumun ordinatı 0.5 ile çarpıldığında "Kullanım Depremi", 1.5 ile çarpıldığında ise "En Büyük Deprem" elde edilmektedir.



Şekil 2. 3 Tasarım spektrumu [11]

2.2 Performansa Dayalı Tasarım Yöntemleri

Bu yöntemler genel olarak doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler olarak 2'ye ayrılmaktadır. Doğrusal yöntemler kuvvet esaslı tarif edilmişken doğrusal olmayan yöntemler şekil değiştirme esaslı tarif edilmiştir.

Doğrusal elastik hesap yöntemleri;

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- Mod Birleştirme Yöntemi

Doğrusal olmayan hesap yöntemleri;

- Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

olarak DBYBHY 2007'de [11] belirtilmiştir. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Artımsal Mod Birleştirme Yönteminde artımsal itme analizi kullanılmaktadır ve statik yöntemlerdir. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ise dinamik bir yöntem olup gerçek veya benzeştirilmiş deprem ivme kayıtları kullanılarak hasarlar ve performans seviyesi elde edilir.

2.2.1 Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri

2.2.1.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

DBYBHY 2007'de [11] Bölüm 2.7'de tanımlanmış olan hesap yöntemidir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

- Yapının bordum kat üzerindeki toplam yüksekliğinin 25 metreyi aşmaması,
- Toplam kat sayısının 8 katı aşmaması,
- Ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 1.4$ olmalı.

Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesaplanmasında $R_a=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

Sünek elemanların hasar sınırlarının tanımın *etki/kapasite (r)* oranı kullanılmaktadır. Kırılma türü eğilme olan sünek elemanların etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kırılma türü kesme olan gevrek elemanların etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımına bölünmesi ile elde edilir.

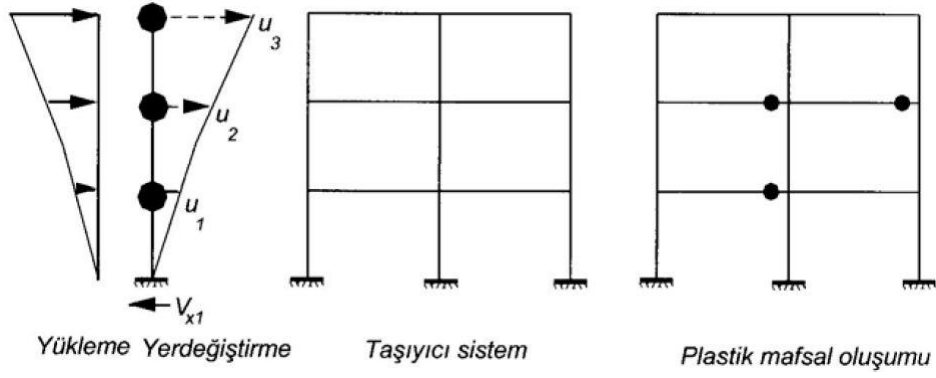
2.2.1.2 Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yönteminin uygulanmasında herhangi bir kısıtlama söz konusu değildir. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönüyle uyumlu eleman içkuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hâkim olan mod da elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır. Bu yöntemde de etki/kapasite oranı aynı şekilde kullanılmaktadır.

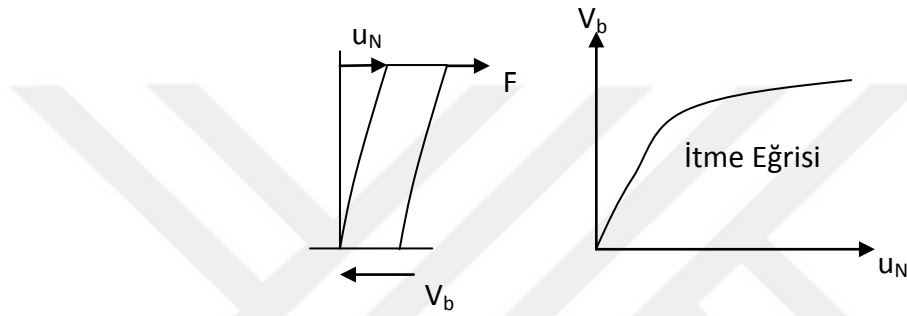
2.2.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

2.2.2.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Bu yöntemde, binaya hâkim titreşim modu ile orantılı ve aynı doğrultuda yatay yükler etki ettirilerek bina monotonik olarak itilir ve tepe yerdeğiştirmesi ile taban kesme kuvveti ilişkisi elde edilir. Elde edilen bu ilişkiye itme eğrisi veya pushover eğrisi denilmektedir. Her bir itme adımında kesitlerde oluşacak plastif mafsal dağılımları elde edilmektedir. İtme eğrisi elde edilirken yatay deprem yükünün katlara dağılımı belirlenmelidir. Yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır ve bu dağılımın sistemdeki plastik mafsal oluşumundan bağımsız olarak sabit kaldığı kabul edilmektedir. Şekil 2. 4'te yatay yük dağılımı temsili olarak gösterilmiştir. Şekil 2. 5'te ise örnek bir itme eğrisi verilmiştir.



Şekil 2. 4 Doğrusal olmayan statik itme ve plastik mafsalları dağılımı



Şekil 2. 5 Doğrusal olmayan statik itme eğrisi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir:

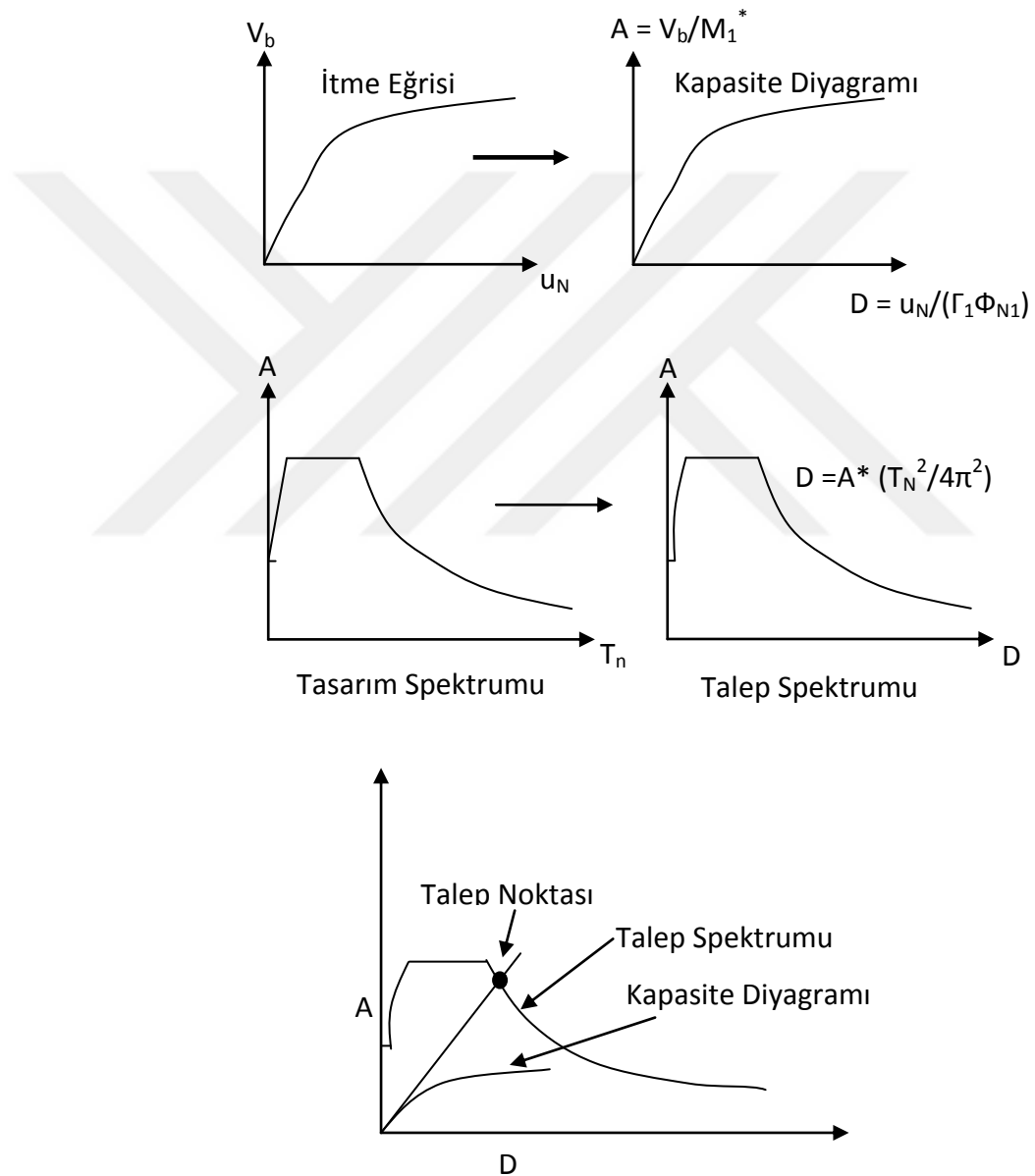
- Bodrum kat üzerindeki toplam kat sayısı 8'i geçmemelidir,
- Ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olmalıdır,
- Ayrıca, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması gerekmektedir.

İtme eğrisi elde edilen sistemin deprem yerdeğiştirme istemi belirlenir ve bu yerdeğiştirme istemine karşılık gelen kesit hasar bölgeleri elde edilir. Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde deprem yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi şu şekilde özetlenebilir:

- İtme eğrisi elde edilir

- İtme eğrisi kapasite diyagramına dönüştürülür
- Tasarım spektrumu talep spektrumuna dönüştürülür
- Kapasite diyagramı ile talep eğrisi uygun yöntemlerle kesiştirilir
- Son olarak depremin spektral yerdeğiştirme istemi elde edilir.

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde deprem yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi şematik olarak Şekil 2. 6'da gösterilmiştir.



Şekil 2. 6 Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi

Şekil 2. 6'da,

A: spektral ivme,

D: spektral yerdeğiştirme,

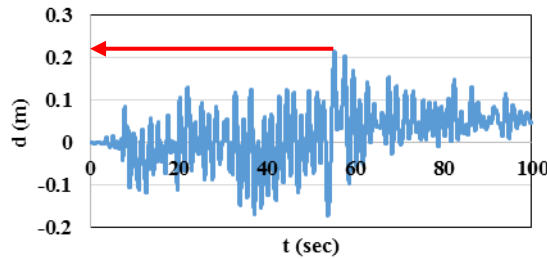
u_N : tepe yerdeğiştirmesi,

Γ_1 : hakim mod katılım çarpanı,

ϕ_{N1} : binanın tepesinde hakim moda ait mod şekli genliğidir.

2.2.2.2 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanında hesap yöntemi deprem yükünün, yer hareketi ivme kaydının zamana bağlı bir fonksiyonu olarak tanımlanarak yerdeğiştirme, şekil değiştirme ve iç kuvvetler gibi tasarım parametrelerinin zamana bağlı olarak elde edilmesi esasına dayanır. Gerçek davranışa en yakın sonuçlar bu yöntemle elde edilmektedir. Bu yöntemde çözüm adımları karmaşık ve uzun sürse de bilgisayar teknolojilerindeki ilerleme sayesinde daha kısa sürelerle inebilmektedir. Belirli bir deprem ivme kaydı için hareket denklemi çözülür ve sistemin bütün elastik ve plastik şekildeğiştirmeleri ve kesit iç etkileri zamana bağlı olarak bulunur. Mutlak değerce en büyük yerdeğiştirme taleptir ve bu andaki kesit hasar durumları hasar seviyelerini vermektedir. Şekil 2. 7'de herhangi bir depremin yerdeğiştirme zaman geçmişi verilmiştir ve kırmızı ok ile işaret edilen nokta o depremin yerdeğiştirme talebidir. Şekil 2. 7'de düşey eksen yerdeğiştirme yatayeksen ise zamandır.

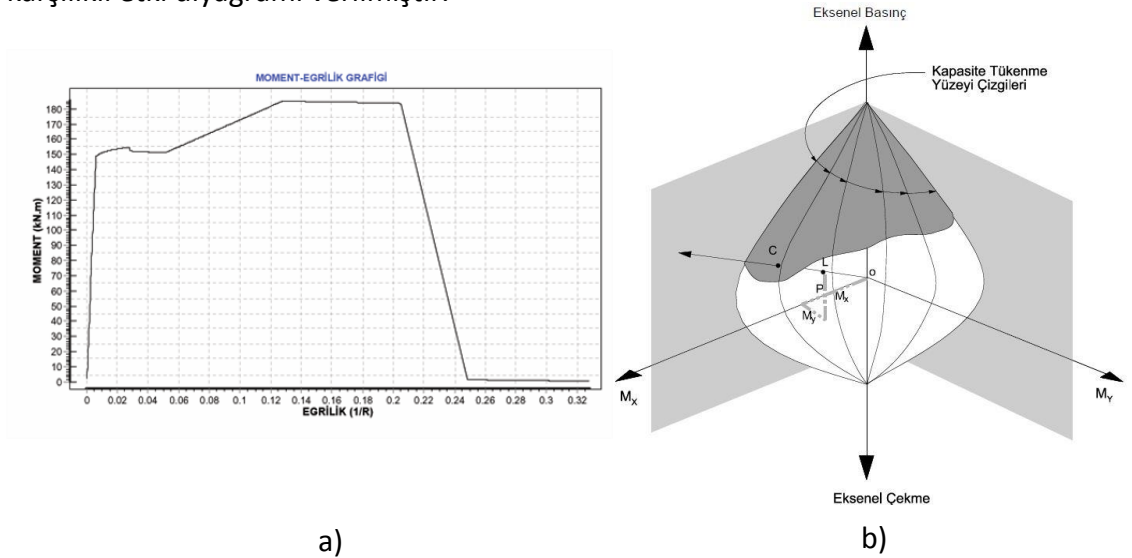


Şekil 2. 7 Örnek bir yerdeğiştirme zaman geçmişi

2.2.2.3 Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın Modellenmesi

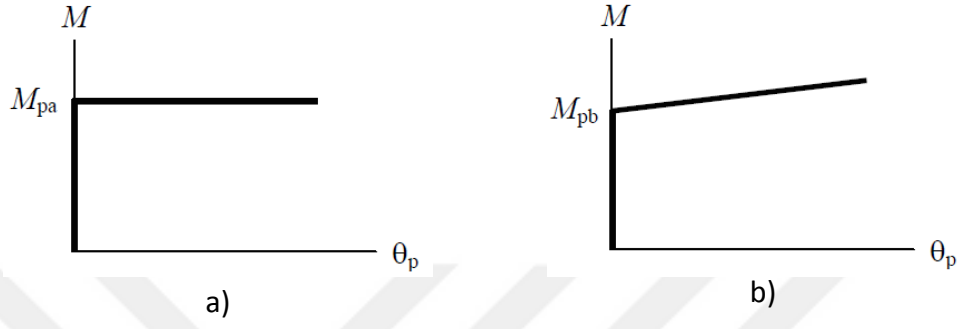
Mevcut ve yeni tasarlanan yapıların büyük bir kısmı, şiddetli bir deprem etkisinde elastik ötesi kısma geçecek ve doğrusal olmayan davranış gösterecektir. Doğrusal olmayan davranışı dikkate alan bir çözümleme yönteminde, analitik modeli oluşturulan yapının doğrusal olmama durumu da modellenmelidir. Yapıların doğrusal olmama durumu, elemanlara “plastik mafsall” tanımı ile dikkate alınmaktadır. Plastik mafsallar, elastik ötesi kısma geçen yapının büyük şekil değiştirmeleri sebebi ile elemanlarda oluşan hasarı modellemek için kullanılır. DBYBHY 2007’de “yığılı plastik davranış modeli” esas alınmaktadır. Bu modele göre plastik şekil değiştirmeler, sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca düzgün bir biçimde yayılmaktadır. Bu uzunluğa “plastik mafsall boyu” denilmektedir.

Bir yapıya plastik mafsall tanımlanırken, kiriş elemanların uçlarına için *moment – eğrilik ilişkisi*, kolon ve perde elemanların uçlarına ise *karşılıklı etki diyagramı* tarif edilmektedir. Karşılıklı etki diyagramının bir yüzey olabilmesi için en az 3 farklı eksen için etki diyagramı tariflenmelidir. Bu diyagramlar, ortogonal eksenler ile bu eksenlerle belirli açılar yapan eksenler için elde edilen etki diyagramlarıdır. Genellikle ortogonal eksenlerle 45° açı yapan eksen için elde edilen etki diyagramları 3. yüzey için yeterli olmaktadır. Şekil 2. 8a’da örnek bir moment eğrilik ilişkisi ile Şekil 2. 8b’de örnek bir karşılıklı etki diyagramı verilmiştir.



Şekil 2. 8 Örnek moment – eğrilik ve karşılıklı etki diyagramları

DBYBHY 2007 [11], plastik kesitlerin iç kuvvet – plastik şekil değiştirme tanımlarında peklemeyi dikkate almaya ve almamaya izin vermektedir. Buna göre, Şekil 2. 9a'da verilen moment – eğrilik ilişkisi peklemeyi dikkate almazken, Şekil 2. 9b'de verilen moment – eğrilik ilişkisi peklemeyi dikkate almaktadır.



Şekil 2. 9 DBYBHY 2007'ye göre iç kuvvet – şekil değiştirme ilişkisi [11]

Şekil 2. 4'te gösterilen çerçeve sistem ve oluşan plastik mafsallar, herhangi bir deprem etkisi durumunda o yapıda oluşması olası plastik mafsalların yerini göstermektedir.

BİNA VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmada Antalya Özel İdaresi Hizmet Binası'nın performans değerlendirmesi yapılmıştır. Antalya'nın simge binalarından olan bu binanın seçilmesinde ve incelenmesindeki en önemli sebep binanın 17 katlı olan bloğundaki büyük bir perdenin ani bir şekilde hasar görmesidir. Binanın köşesinde bulunan büyük bir perde beklenmedik bir şekilde hasar görmüş ve bodrum katta çatlamıştır. Bu binanın mevcut hasarsız durumu analitik olarak modellenerek hem deprem performansı elde edilmeye çalışılmış hem de meydana gelen hasarın analitik olarak da bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak doğrusal elastic deprem analizi yapılarak, tasarım depreminde perdelerin taşıma güçlerinin yeterliliğine bakılmıştır. Daha sonra 7 farklı deprem kaydı, tasarım spektrumuna ölçeklenmiş ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yapılarak hasar gören perde ve diğer perdeler de incelenmiştir.

3.1 Antalya Özel İdaresi Hizmet Binası Özellikleri

Antalya Özel İdaresi Hizmet Binası A, B, C ve D blokları olmak üzere 4 bloktan oluşmaktadır ve tüm bloklar birbirlerinden derzler ile ayrılmıştır. A bloğu bodrum kat + zemin kat + 15 normal kat olmak üzere, toplam 17 katlı olarak inşa edilmiştir. B, C ve D blokları ise bodrum kat + zemin kattan oluşmaktadır. Tüm bloklar derzlerle ayrıldığından ayrı ayrı modellenebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen perde hasarı A blokta meydana gelmiştir ve bu çalışmada 17 katlı olan A blok dikkate alınmıştır. Diğer bloklar 2 katlı olup inceleme yapılmamıştır.

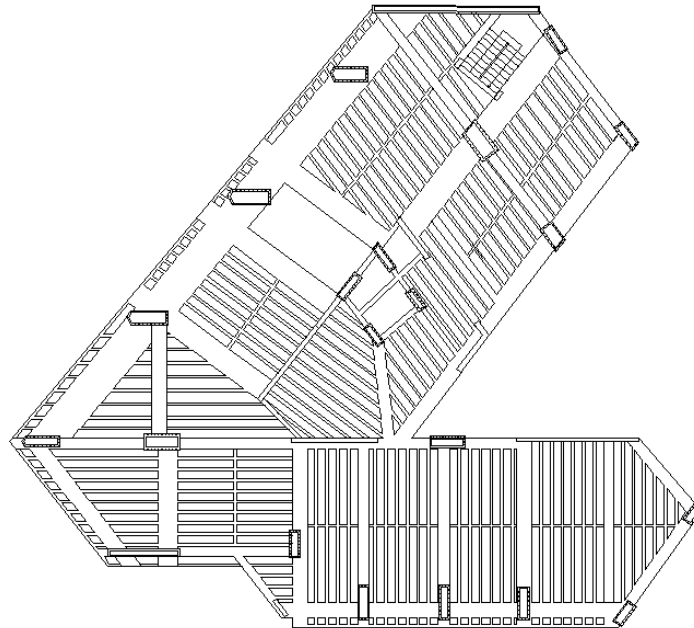
Çalışmanın bu kısmından sonra bahsedilen bina ifadesi her zaman A bloğu kapsayacaktır.

3.1.1 Binanın Geometrik Özellikleri

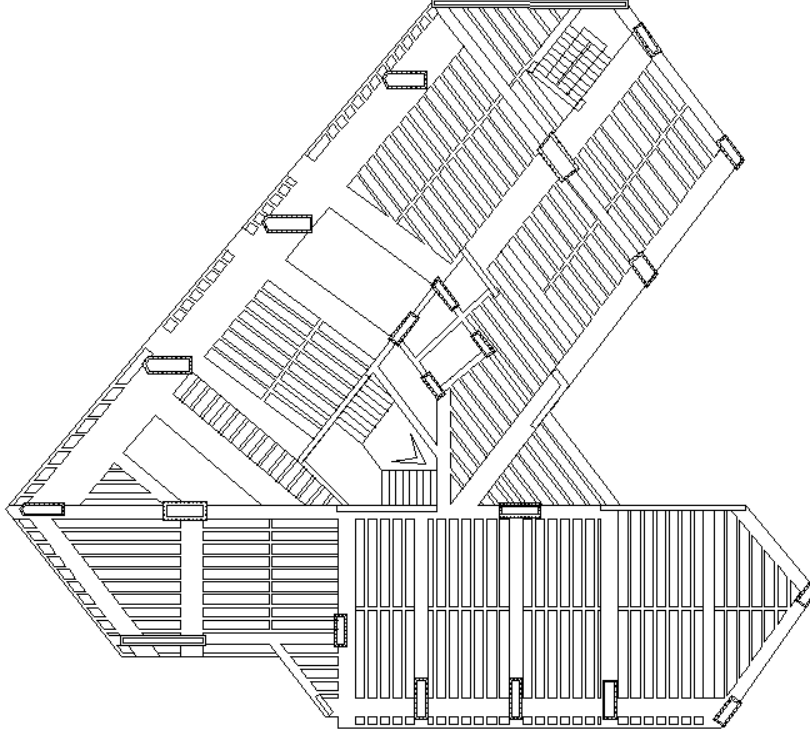
Bina bodrum kat + zemin kat + 15 normal kat olmak üzere, toplam 17 katlı olarak inşa edilmiştir ve betonarme çerçeveler ile perdelerden oluşmaktadır. Bina yüksekliği $H = 49.15$ m'dir. Şekil 3.1'de binanın görünüşlerinin olduğu fotoğraflar verilmiştir. Şekil 3.2'de bodrum kat, Şekil 3.3'te zemin kat, Şekil 3.4'te 1. normal kat, Şekil 3.5'te 2 – 15. arası normal kat ve Şekil 3.6'da ise 16. ve 17. normal kat planları verilmiştir.



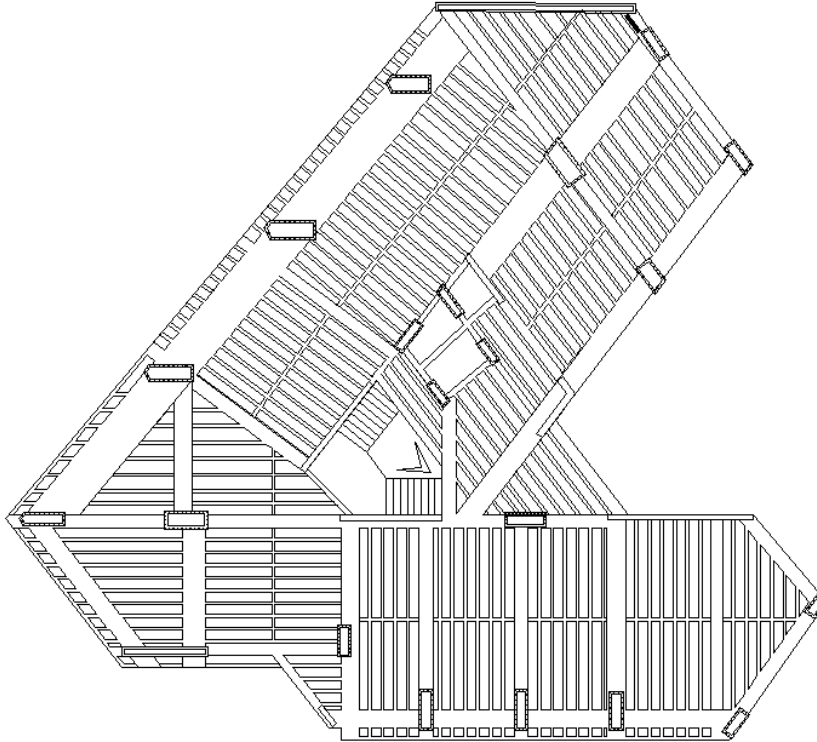
Şekil 3. 2 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binasının Görünümleri



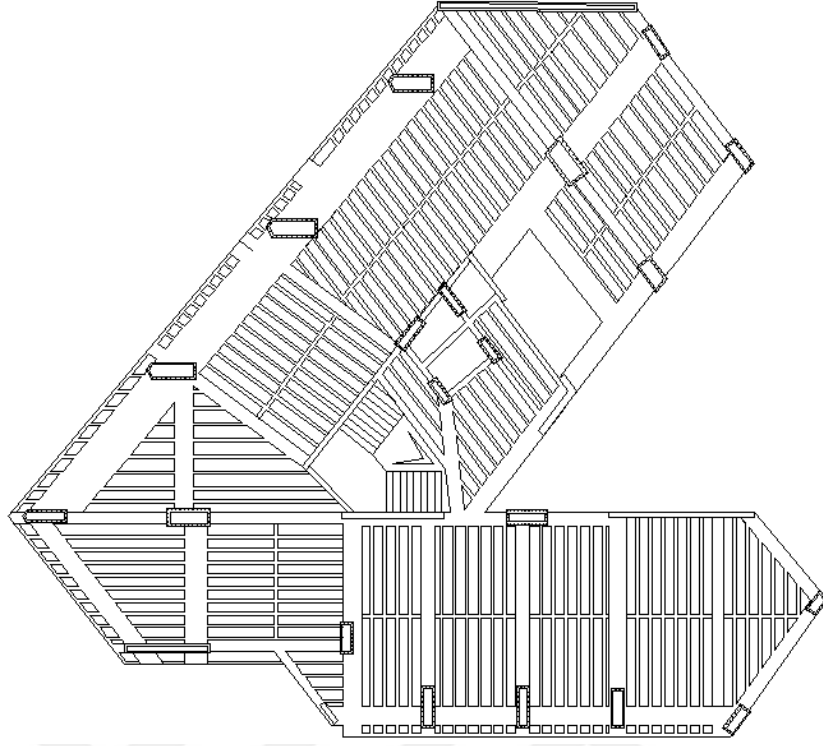
Şekil 3. 3 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası bodrum kat planı



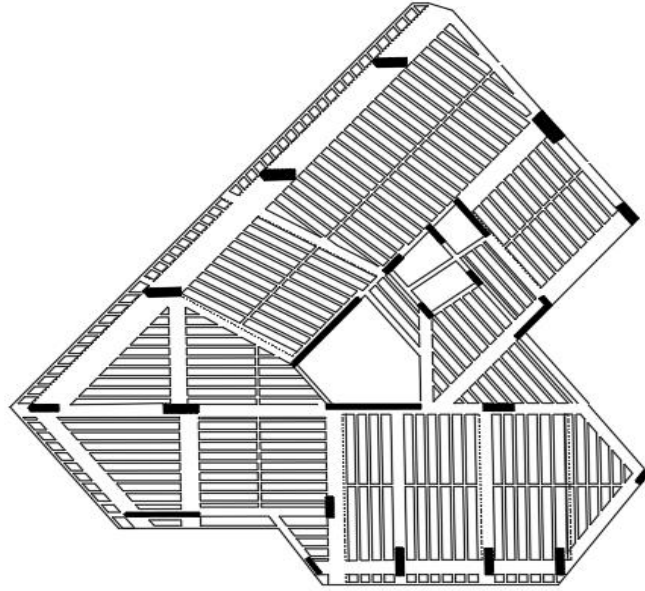
Şekil 3. 4 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası zemin kat şematik planı



Şekil 3. 5 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası 1. normal kat şematik planı



Şekil 3. 6 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14. ve 15. normal kat şematik planı



Şekil 3. 7 Antalya İl Özel İdaresi Hizmet Binası 16. ve 17. normal kat şematik planı

3.1.2 Malzeme Özellikleri

Binadan, standartlara uygun olarak alınan karotlarla yapılan basınç deneyleri sonucu binada kullanılan betonun ortalama basınç dayanımı 20.04 N/mm^2 , standart sapması 3.97 N/mm^2 , varyasyon katsayısı 0.20 olarak bulunmuştur. DBYBHY 2007 [11] kurallarına göre mevcut bina beton basınç dayanımı 16.07 N/mm^2 'dir. Orta bilgi düzeyi için mevcut malzeme dayanımının %90'ı alınmaktadır. Dolayısıyla binanın A bloğunda kullanılan beton C14 sınıfına girmektedir. Donatı olarak da S220 donatı kullanıldığı belirlenmiştir.

3.1.3 Zemin Özellikleri

Binasının çevresinde 6 adet 40 m, 1 adet 30 m ve hasar gören perdenin hemen yanında 1 adet 40 m olmak üzere toplam 8 ayrı lokasyonda zemin sondaj çalışması yapılmıştır. Şekil 3.7'de sondaj çalışmaları ile ilgili fotoğraflar ve Şekil 3.8'de ise zeminden alınan bazı numunelerin fotoğrafları verilmiştir.



a)



b)

Şekil 3. 8 Zeminde sondaj çalışmalarından bazı görüntüler



Şekil 3. 9 Zeminden alınan bazı numunelerden görüntüler

Yüzeiden itibaren 0 - 40 metreler arasında gözenekli, çok gözenekli orta sert, yer yer bej renkli masif, kırıklı, çatlaklı, kirli sarı renkli yumuşak, çok yumuşak, kırmızımsı ve kırmızı renkli çok küçük parçalı olmak üzere farklı özelliklere sahip Traverten birimi tespit edilmiştir.

Yapılan karotlu sondaj çalışmaları neticesinde farklı kuyuların farklı derinliklerinden alınan karot numuneleri üzerinde laboratuar tek eksenli basma deneyleri uygulanmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre en düşük dayanımı değeri $q_u = 16.0$ kgf/cm^2 ve en yüksek en yüksek basma dayanımı değeri $q_u = 177.8$ kgf/cm^2 'dir. Bu değerlerin %20'si en düşük ve en yüksek güvenilir taşıma gücü değerlerini vermektedir. Buna göre;

$$q_{a,\min} = 0.20 \times q_{u,\min} = 0.20 \times 16 = 3.2 \text{ kgf/cm}^2 \quad (3.1)$$

$$q_{a,\max} = 0.20 \times q_{u,\max} = 0.20 \times 177.8 = 35.5 \text{ kgf/cm}^2 \quad (3.2)$$

Laboratuar deney sonuçları esas alındığında traverten birim için en düşük güvenilebilir taşıma gücü değeri $q_{a,\min} = 3.2$ kgf/cm^2 ve en yüksek güvenilebilir taşıma gücü değeri $q_{a,\max} = 35.5$ kgf/cm^2 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan incelemelerde **zemin grubu B, Yerel Zemin Sınıfı Z2**, spektrum karakteristik periyotları ise $T_A = 0,15$ – $T_B = 0,40$ sn olarak belirlenmiştir. Türkiye Deprem Haritasına göre, incelenen bina **2. Derece deprem bölgesinde** bulunmaktadır.

3.1.4 Taşıyıcı Sistem Donatı Düzeni

Donatı belirleme aleti ve çıplak gözle görülebilen donatılardan yararlanılarak örnekleme olarak seçilen elemanlardaki donatıların miktar, konum ve düzenleri belirlenmiştir. Şekil 3.10'da donatı miktar ve düzenini belirlemek için yapılan çalışma gösterilmiştir. Yerinde yapılan incelemeler kolon boyuna donatılarının genellikle 0.008-0.01 oranında olduğunu göstermiştir. Kolon enine donatı aralıklarının da 18-25 cm mesafesinde olduğu belirlenmiştir ve sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı da görülmüştür.

Bu verilere dayanarak kolonlarda minimum donatıyı sağlayacak donatılar belirlenmiş ve sistemde bu donatıların mevcut olduğu düşünülmüştür.



Şekil 3. 10 Donatı miktar ve düzeninin saptanması

3.1.5 Sistem İncelemesi ve Yapıda Oluşan Hasar

Yapı şekil ve sisteminin, yapıların özellikle deprem yüklerine karşı dayanımlarını, stabilitelerini, süneklik ve yanal yerdeğiştirmelerini etkilediği bilinmektedir. Hatalı bir sistem seçildiği takdirde yapının diğer aşamalarında hata yapılmaya bile arzulan emniyete sahip yapıyı bilinçli olarak inşa etmek imkânsızdır.

İl Özel İdaresi Hizmet binası A bloğunun sistem seçiminde ve uygulama aşamasında yapılan başlıca hatalar şu şekilde sıralanabilir:

-

İl Özel İdaresi Hizmet binası A bloğunun taşıyıcı sistemi depreme dayanıklılık

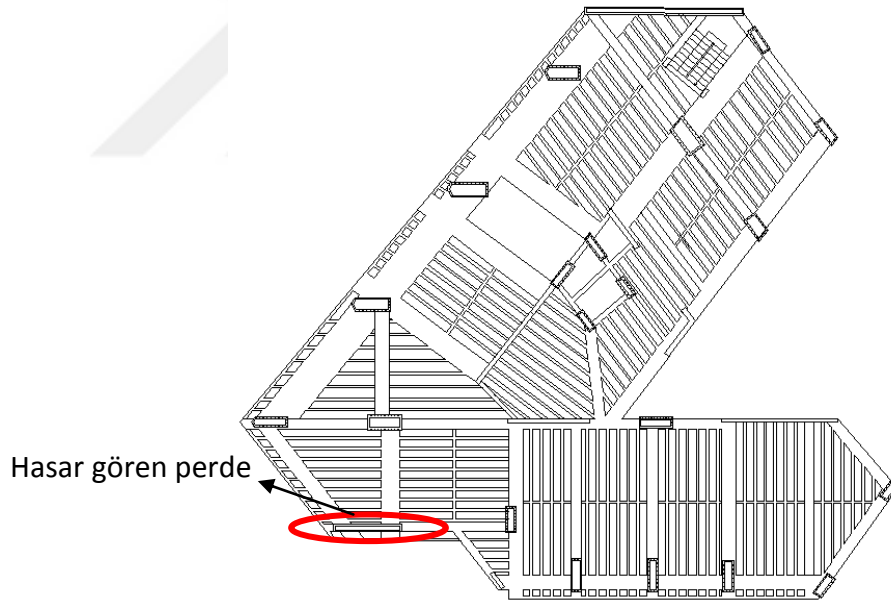
bakımından bir binada bulunması gereken simetriklik, düzgünlük, süreklilik gibi birçok özelliği bakımından uygun olarak seçilmemiştir. Bu durum olası bir deprem veya başka kaynaklı bir yer sarsıntısı durumunda bina davranışını olumsuz olarak etkileyecektir.

- Katlarda kullanılan kaplama malzemeleri genellikle ağır malzemelerden seçilmiştir. Bu da binanın ağırlığını gereksiz yere artırmakta ve depremden daha fazla etkilenmesine sebep olmaktadır.

- Binanın taşıyıcı sistemi ve taşıyıcı sistem elemanlarının bir kısmı birbirlerine paralel olarak seçilmiştir.

Kısacası bina gereksiz yere ağır ve taşıyıcı sistemi ise düzensiz bir yapıya sahiptir. Bu sebeplerden ötürü deprem gibi yatay yüklere karşı daha zayıf olacağı düşünülmektedir.

2004 yılında binanın bir betonarme perdesi ani şekilde hasar görmüş ve bina tahliye edilmiştir. Şekil 3.11’de hasar gören perde plan üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 3. 11 Hasar gören perde

Bina tahliye edildikten sonra hasar gören perde geçici olacak şekilde güçlendirilmiş ve perdenin ayakta tutulması sağlanmıştır. Şekil 3.12’de hasar gören perdenin bazı fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 3. 12 Hasar gören perdenin hasar görünüşleri

Şekil 3.11'den de görüldüğü üzere yapıda meydana gelen ani bir etki ile perde hasar görmüştür. Perdede oluşan hasar eğilmeden dolayı oluşmuştur ve sistem belirli bir etkiyle titreşime girmiş ve perde zorlanmıştır.

Hasarın olduğu tarihlerde o bölgede bir yol çalışması olduğu ve dinamit patlatma yöntemiyle yolun açıldığı tespit edilmiştir. Dinamit patlatma sırasında yapıda meydana gelen titreşimler sebebiyle yapının burulma moduna girdiği ve Şekil 3.10'da gösterilmiş olan perdenin hasar gördüğü düşünülmektedir. Ayrıca binanın üst katlarında hasar gören elemandan kaynaklanan ve betonarme perde çevresinde yer alan duvarlarda da diyagonal yönde hasarlar belirlenmiştir. Bu hasarlar Şekil 3.12'deki fotoğrafta görülmektedir.



Şekil 3. 13 Hasar gören perde çevresinde yer alan duvarlarda meydana gelen çatlaklar Perde hasar gördüğünde acilen geçici olarak güçlendirilmiş ve bina güvenlik altına alınmıştır. Perdenin hasar gören kısmı olan bodrum kattaki bölümü ve zemin kattaki bölümü çelik profiller ile sarılarak kafes bir sistem oluşturulmuş ve kafes sistemin etrafı da donatı ile sarılarak beton dökülmüştür. Yapılan güçlendirme, binayı o an kurtarma için yapılmıştır. Şekil 3.13'te çelik profillerle oluşturulan kafes sistem, Şekil 3.14'te ise donatılarla sarılan perde sisteminin fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 3. 14 Hasar gören perdenin güçlendirilmesi için çelik profiller ile sarılması



Şekil 3. 14 Hasar gören perdenin güçlendirilmesi için eklenen donatılar ve beton dökümü (devam...)



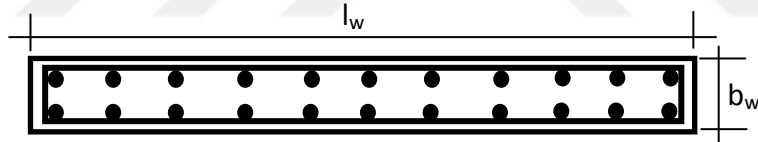
Şekil 3. 15 Hasar gören perdenin güçlendirilmesi için eklenen donatılar ve beton dökümü

3.2 Analiz ve Yöntem

Antalya İl Özel İdaresi Binasının A bloğunda bulunan bir perde (bu çalışmada P07 perdesi olarak isimlendirilmiştir) ani bir şekilde hasar uğramıştır ve hasardan sonra onarılarak önlem alınmıştır. Oluşan hasarın bir kesme hasarı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, kesin olarak bilinmeyen bir nedenle P07 perdesi hasar gören Antalya İl Özel İdaresi binasının analitik olarak incelenerek perde hasarının sebebi araştırılmıştır. İlk olarak tasarım depremi için doğrusal elastik deprem analizi yapılmış ve perdelerin kesme kapasitelerinin yeterli olup olmadığı araştırılmıştır. İkinci olarak ise Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan analiz yapılmış ve dikkate alınan deprem yükleri için hasar gören perdenin kesme kapasitesine ulaşip ulaşmadığına bakılmıştır. Buna göre, hasar görmüş perdenin, herhangi bir deprem durumunda da hasar görebilirliği araştırılmıştır.

3.2.1 Perde Kapasiteleri

Binada kullanılan perdelerin tipik enkesiti Şekil 3. 15'te verilmiştir. Şekil 3. 11'den de açıkça görüldüğü gibi perdelerde uç bölgesi kullanılmamıştır.



Şekil 3. 16 Binanın SAP 2000'de hazırlanan sonlu eleman modeli

Denklem (3.3)'te DBYBHY 2007'ye [11] göre perde kesitlerinin kesme dayanımı V_r hesabı gösterilmiştir.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'te A_{ch} perdenin kesit alanı, f_{ctd} betonun tasarım çekme dayanımı, ρ_{sh} perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı ve f_{ywd} yatay donatının tasarım akma dayanımıdır.

$$f_{ctd} = 0.87 \text{ MPa (14 MPa basınç dayanımı için)}$$

$$f_{ywd} = 191 \text{ MPa (S220 için)}$$

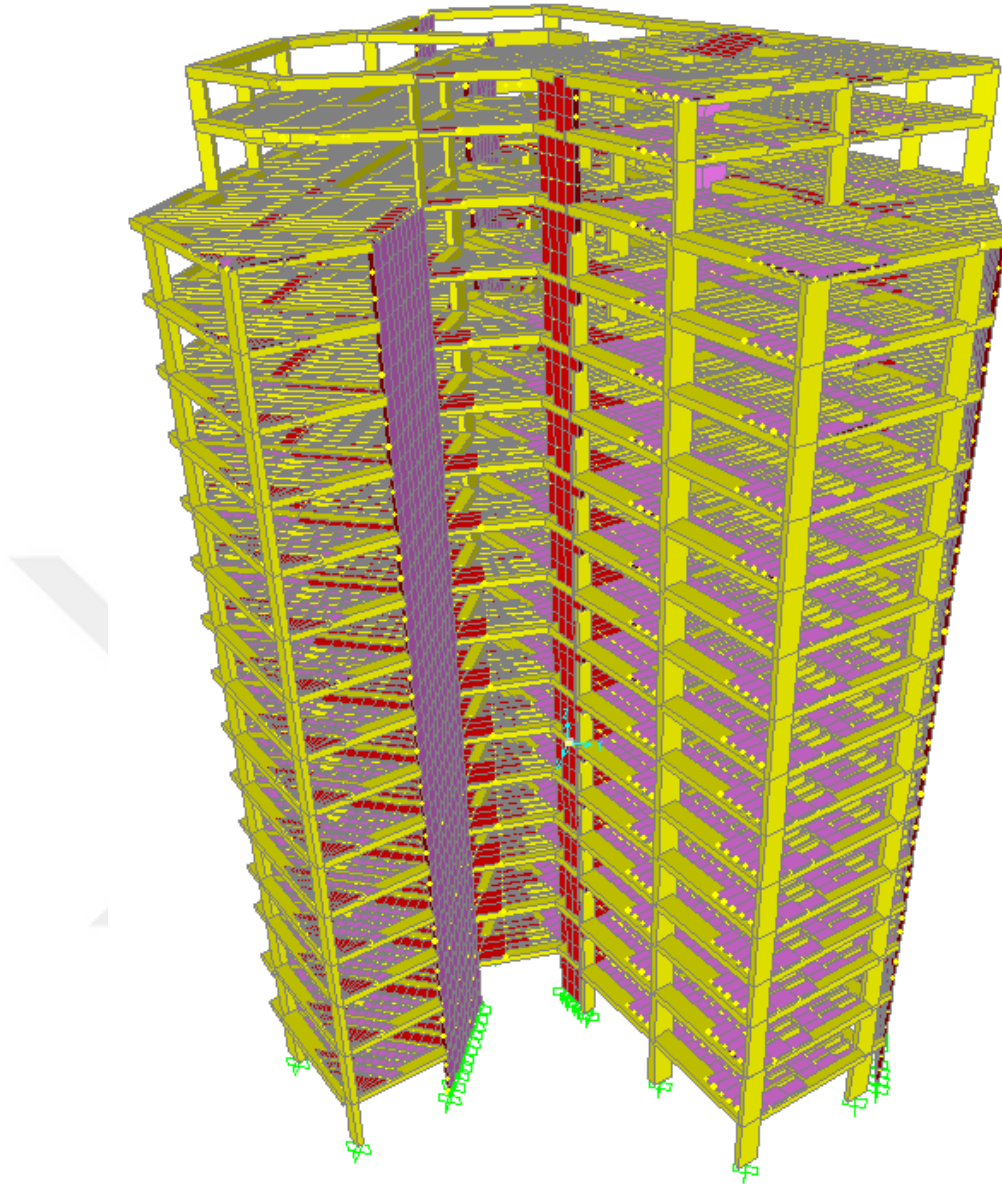
Tüm perdelerin boyutları, donatı miktarları ve kesme kapasiteleri Çizelge 3. 1’de verilmiştir.

Çizelge 3. 2 Perde kesme kapasiteleri

Perde	b_w (cm)	l_w (cm)	Düşey Donatı	Yatay Donatı	ρ_{sh}	V_r (kN)
P01	20	875	Φ12/20	Φ8/25	0.002	1658
P02	25	240	Φ12/20	Φ8/25	0.0016	523
P03	25	220	Φ12/20	Φ8/25	0.0016	479
P04	25	470	Φ12/20	Φ8/25	0.0016	1024
P05	25	435	Φ12/20	Φ8/25	0.0016	947
P06	25	605	Φ12/20	Φ8/25	0.0016	1318
P07	20	280	Φ12/20	Φ8/25	0.002	530

3.2.2 Analitik Model

Bina analitik modeli SAP 2000 [15] programında yapılmıştır. Kolon ve kirişler çubuk elemanlarla modellenmiştir. Perde taşıyıcı elemanları doğrusal analiz durumunda kabuk elemanlar ile modellenirken doğrusal olmayan analiz için çubuk eleman olarak modellenmiştir. Şekil 3. 16’da binanın SAP 2000 [15] modeli verilmiştir.



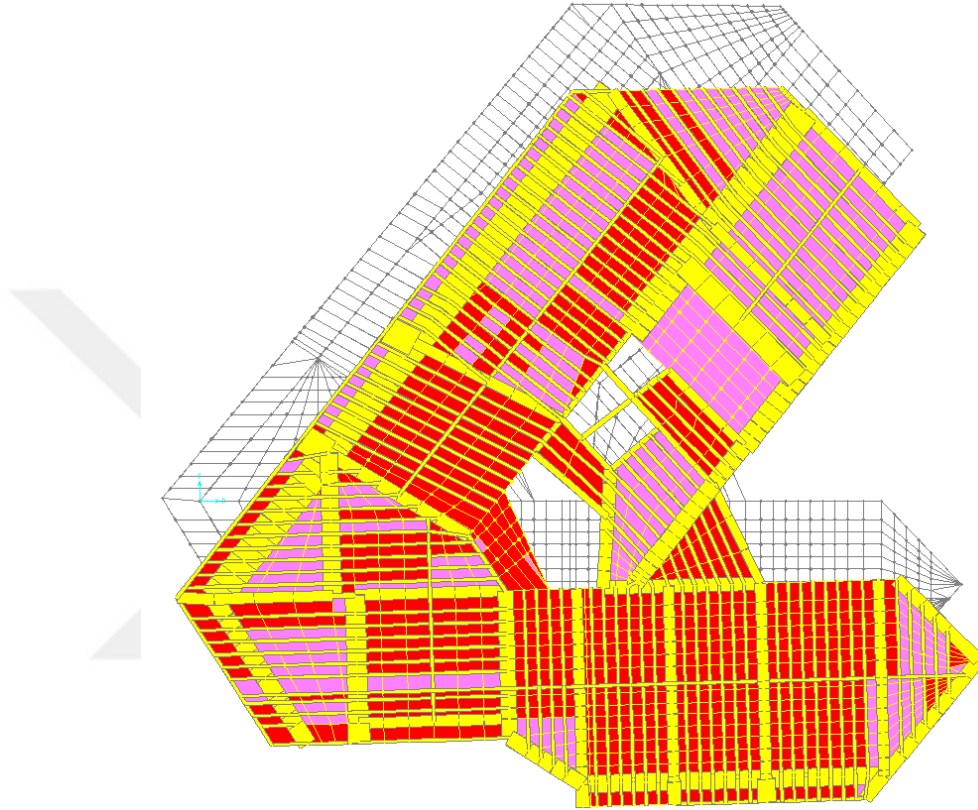
Şekil 3. 17 Binanın SAP 2000’de hazırlanan sonlu eleman modeli

3.2.2.1 Modal Analiz

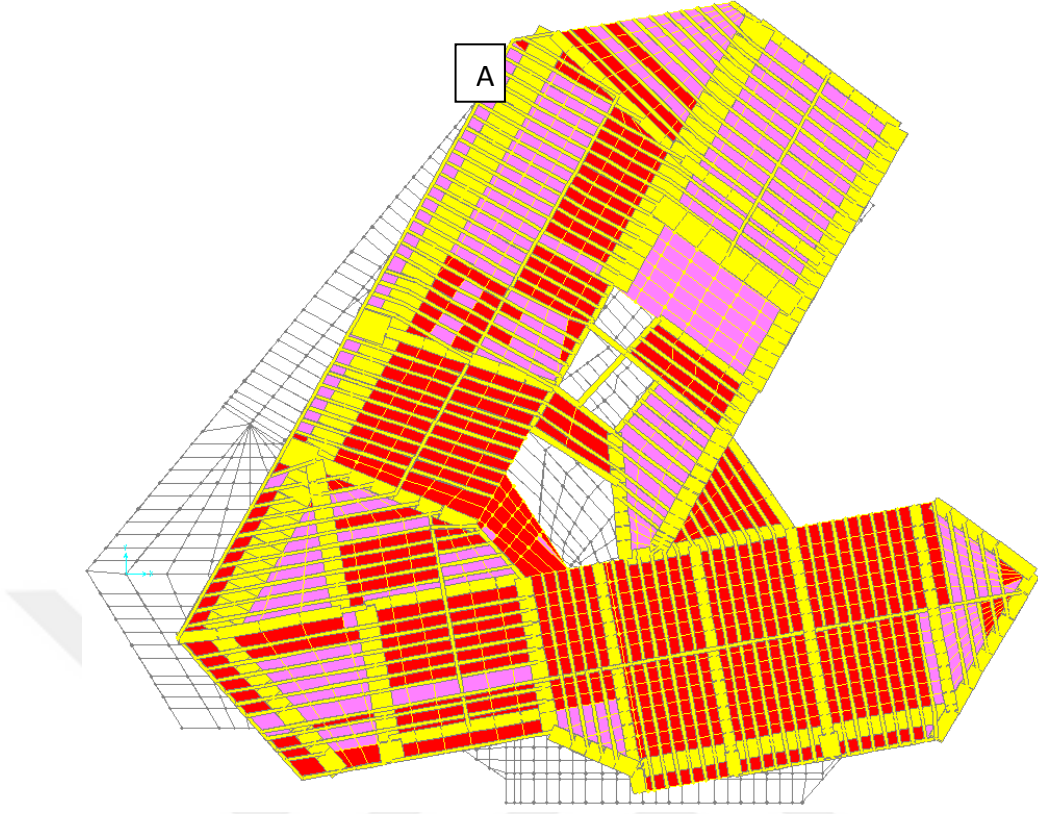
Modal analiz sonucu yapıda oluşan ilk 3 mod şekli Şekil 3. 17 – 3. 19’da plan olarak, Şekil 3. 21 – 3.23’de ise 3 boyutlu olarak gösterilmiştir. Çizelge 3. 2’de ise ilk 12 mod için modal değerler verilmiştir.

Şekil 3. 17’den görüldüğü üzere binanın 1. modu Y doğrultusunda öteleme modudur. Şekil 3. 18 ve Şekil 3. 19’da verilen mod şekillerine göre 2. ve 3. modlar burulma modudur. 1. mod periyodu 2.65 sn., 2. mod periyodu 2.13 sn. ve 3. mod periyodu ise

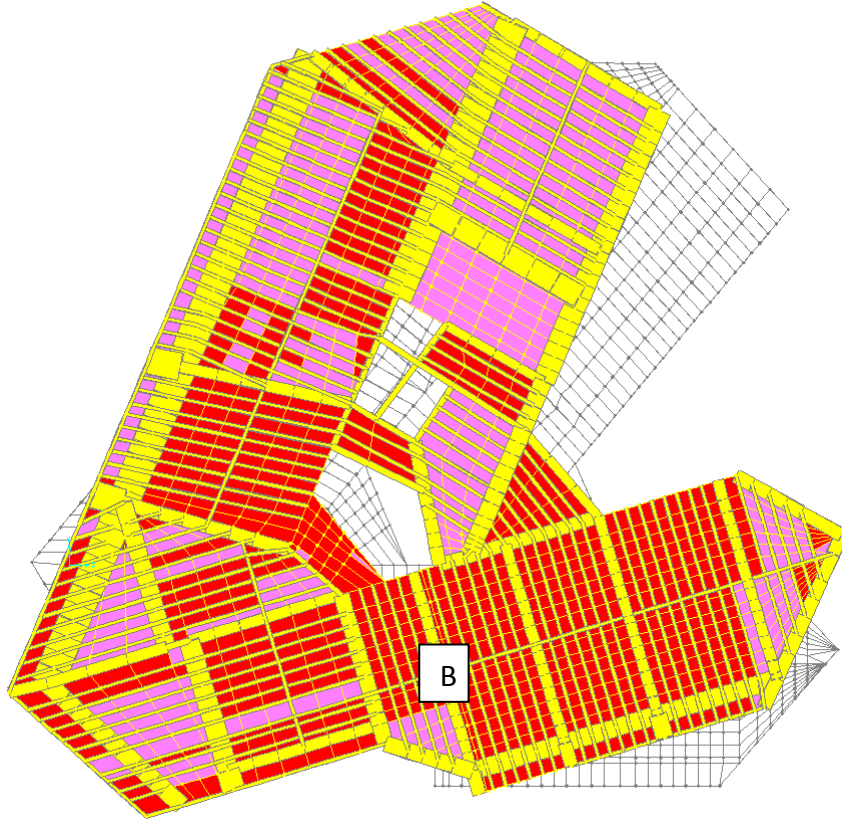
1.51 sn'dir. Bina 2. modda Şekil 3. 18'de verilen A noktası etrafında dönmekte, 3. modda ise B noktası etrafında dönmektedir. 2. ve 3. mod burulmaları taşıyıcı sistemde önemli zorlanmalara sebep olabileceğinden taşıyıcı sistemin seçimi önem taşımaktadır. En azından 1. ve 2. modların öteleme modu olacak şekilde bir taşıyıcı sistem tasarımı daha uygun bir yaklaşım olacaktır.



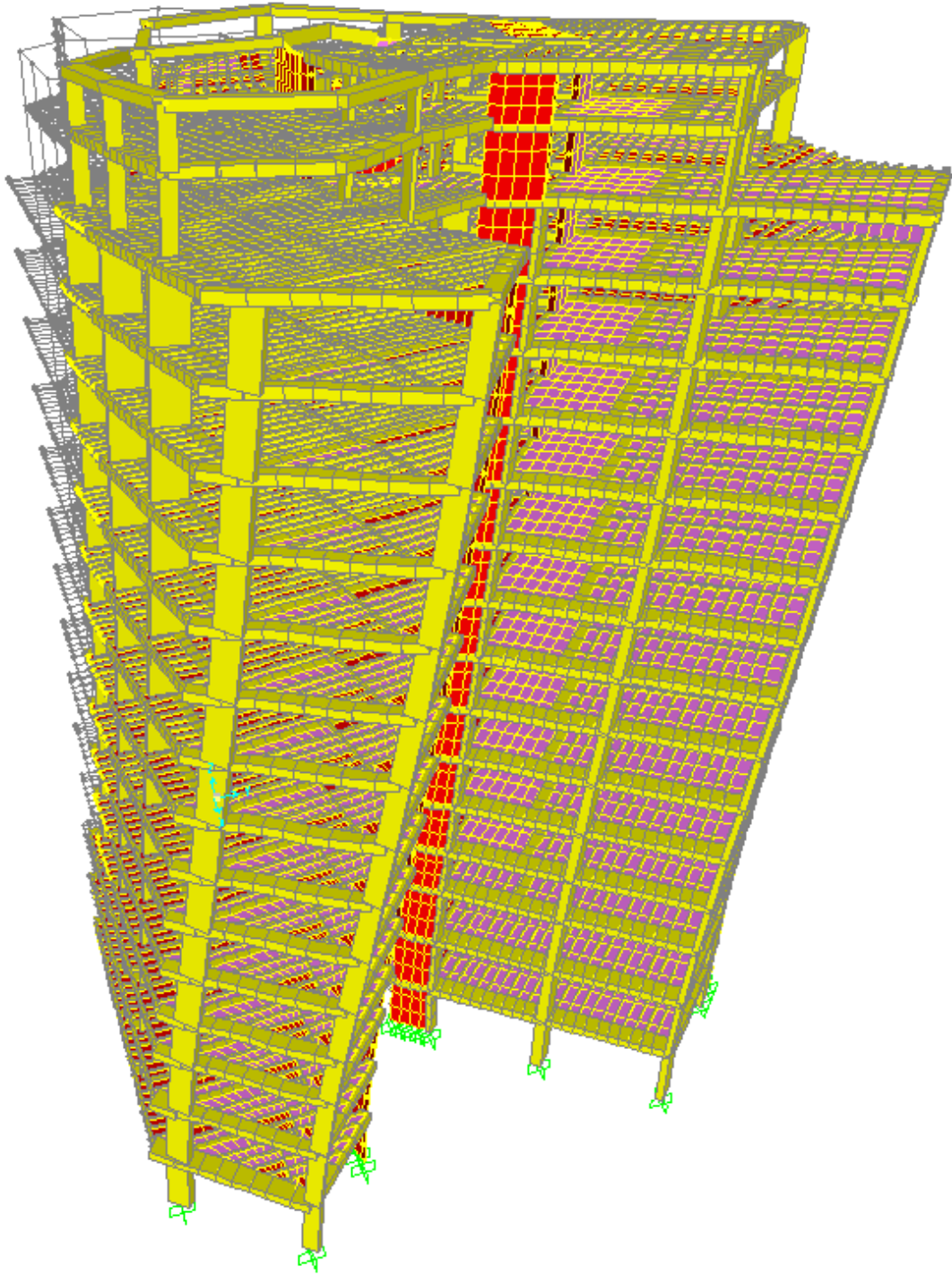
Şekil 3. 18 Binanın planda ilk 1. mod şekli



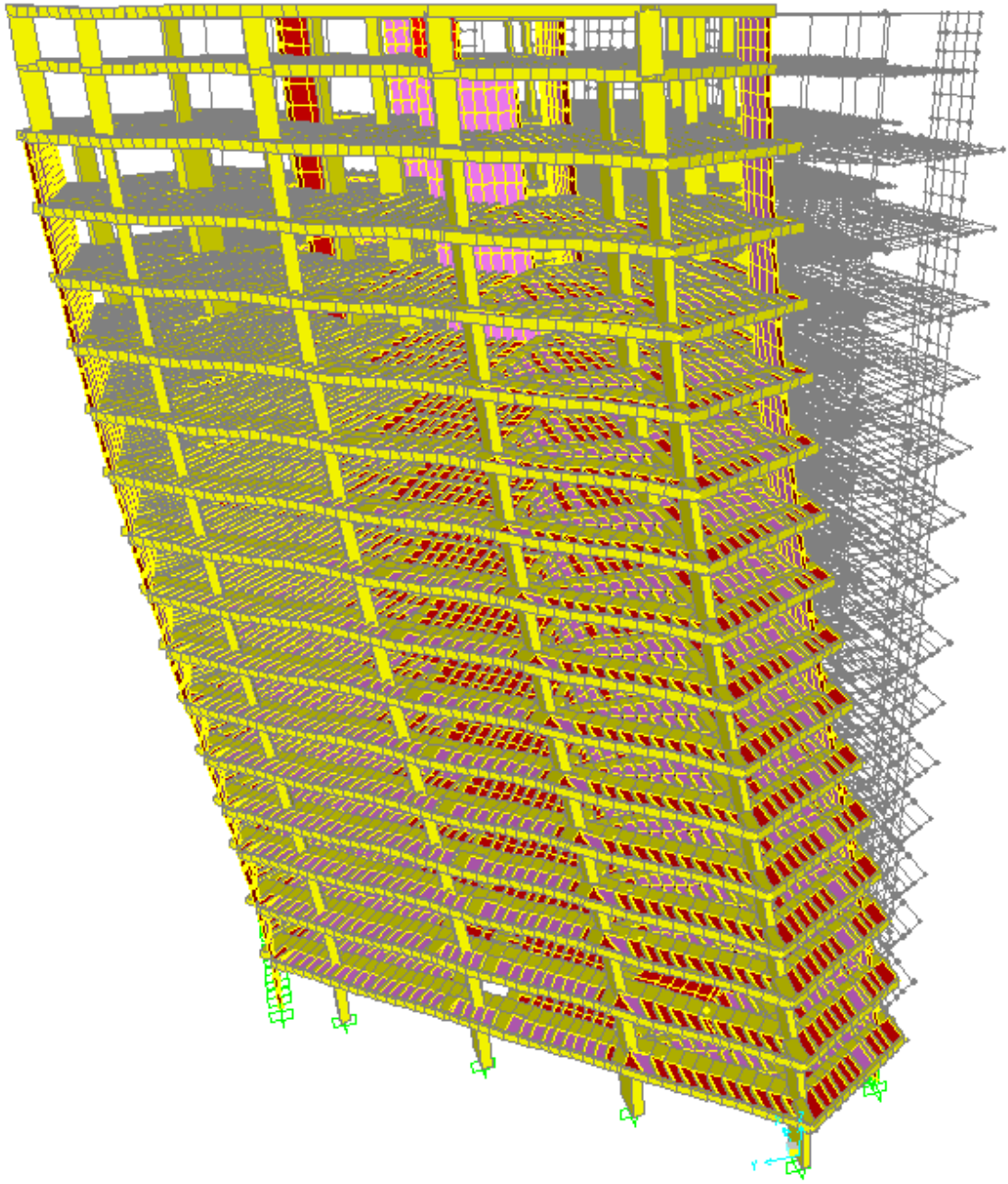
Şekil 3. 19 Binanın planda ilk 2. mod şekli



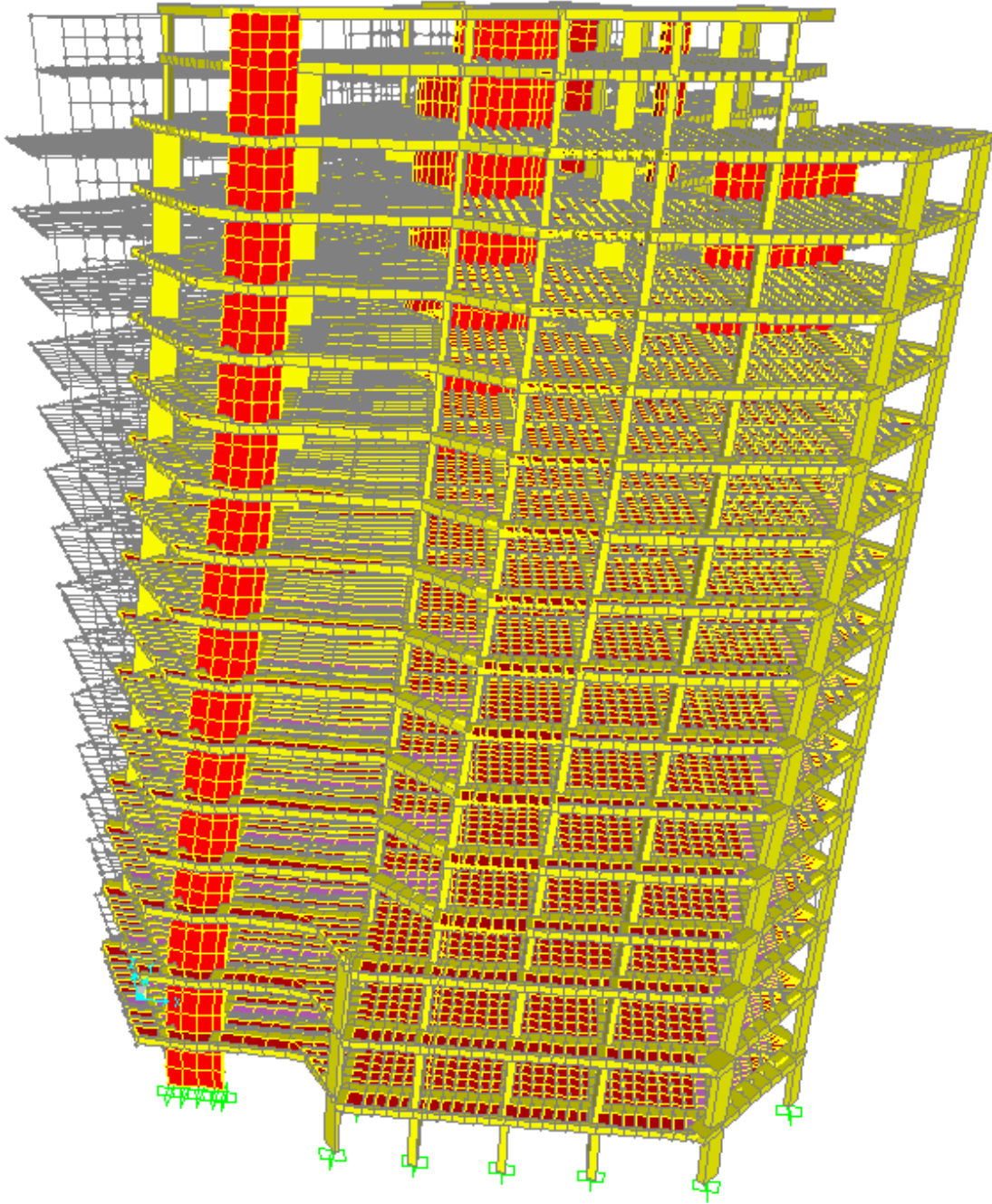
Şekil 3. 20 Binanın 3. mod şekli



Şekil 3. 21 Binanın 1. mod şeklinin 3 boyutlu gösterimi



Şekil 3. 22 Binanın 2. mod şeklinin 3 boyutlu gösterimi



Şekil 3. 23 Binanın 3. mod şeklinin 3 boyutlu gösteri

Çizelge 3. 3 Binanın modal değerleri

Mod Numarası	Periyot (sn)	X Katılımı	Y Katılımı
1	2.650986	0.01246	0.74289
2	2.133973	0.47182	0.01611
3	1.505363	0.22619	0.00016
4	0.817711	0.0022	0.10739
5	0.610663	0.08297	0.00274
6	0.431141	0.0000977	0.04267
7	0.388697	0.05486	0.00015
8	0.295461	0.03666	0.00058
9	0.270705	0.00002684	0.02326
10	0.219179	0.00007788	0.000008955
11	0.215425	0.000002865	0.000007757
12	0.204399	0.00203	0.00041

3.2.3 Doğrusal Elastik Deprem Analizi

Tasarım depremi için deprem analizi yapılmış ve deprem kombinasyonları için perdelerde oluşacak kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Deprem hesabında dikkate alınan bazı parametrlerin değerleri aşağıda verilmiştir:

Deprem bölgesi: 1. Derece bölgesi

Yerel zemin sınıfı: Z2

Spektrum karakteristik periyotları: $T_A = 0.15$ sn, $T_B = 0.40$ sn.

I (Bina önem katsayısı): 1.5

A_0 (Etkin yer ivmesi katsayısı): 0.40

R (Taşıyıcı sistem davranış katsayısı): 4

Deprem hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme yöntemlerinin kullanılabilceği Bölüm 2.1’de belirtilmişti. Çizelge 2. 1’de eşdeğer deprem yüğü yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken koşullar verilmiştir. Buna göre bina yüksekliği $H_N=49.15 \text{ m} > 25 \text{ m}$ olduğundan eşdeğer deprem yüğü yöntemi kullanılamaz, bunun yerine MBY kullanılacaktır. Kesit tesirlerinin birleştirme yöntemi olarak CQC dikkate alınmıştır. Depremlili durumda elde edilecek tasarım kesme kuvvetlerinde kullanılacak yük kombinasyonları aşağıdaki şekilde dikkate alınmıştır:

$$G + Q \pm E_x \pm 0.30E_y$$

$$G + Q \pm 0.30E_x \pm E_y$$

$$0.9G \pm E_x \pm 0.30E_y$$

$$0.9G \pm 0.30E_x \pm E_y$$

DBYBHY 2007’ye göre perdelerde kesme güvenliği denklem (3.4)’te verildiği gibi sağlanmaktadır.

$$V_e \leq \min(V_r ; 0.22A_{ch}f_{cd}) \quad (3.4)$$

Çalışmada dikkate alınan perdeler ‘‘Süneklik Düzeyi Normal’’ perde olarak kabul edilmiştir ve DBYBHY 2007’ye göre süneklik düzeyi normal perdelerde V_e yerine $2V_d$ alınacaktır. Çizelge 3. 3’te depremlili durumda her bir perdede oluşacak en büyük kesme kuvveti ile perdelerin kesme kapasiteleri verilmiştir

Çizelge 3. 4 Eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile elde edilen perde kesme kuvvetleri

Perde	V_e (kN)	Kesme Kapasitesi V_r (kN)	$0.22A_{ch}f_{cd}$ (kN)
P01	6440.66	1658	5390
P02	1380.6	523	1848
P03	1242.42	479	1694
P04	6279.76	1024	3619
P05	2862.2	947	3350
P06	5049.58	1318	4659
P07	1091.22	530	1725

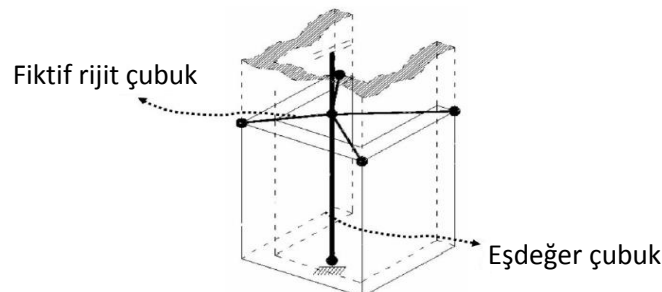
3.2.4 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Bu çalışmada, binanın doğrusal olmayan modeli oluşturularak herhangi bir deprem esnasında bu perdedeki kesme hasarının elde edilip edilemeyeceği araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla binanın SAP 2000 programında doğrusal olmayan bir modeli oluşturulmuş ve farklı depremler için zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesabı yapılmıştır.

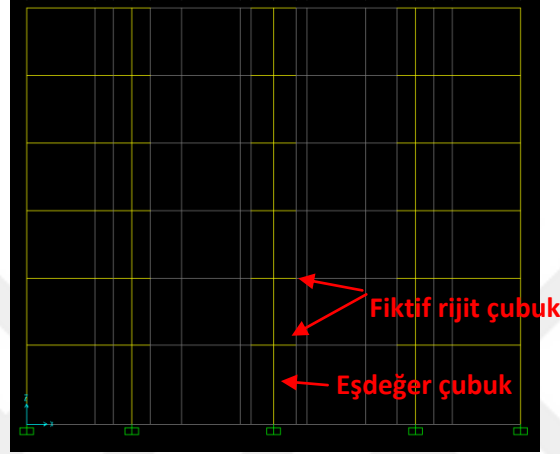
3.2.4.1 Doğrusal Olmayan Modelleme

Binada doğrusal olmama durumu kolon, kiriş ve perde taşıyıcı elemanlara plastik mafsalsal tanımlayarak sağlanmıştır. Kiriş elemanların uç bölgelerine moment – eğrilik ilişkileri ile plastik mafsalsal tanımlanmıştır. Kolon ve perde elemanların uç bölgelerine ise karşılıklı etki diyagramı ile plastik mafsalsal tanımlanmıştır. Ayrıca, kesme hasarı aranan perdede, perde orta bölgesine kuvvet esaslı kesme mafsalsal tanımlanmıştır. Plastik mafsalsal tanımında “*yığılı plastik davranış modeli*” esas alınmıştır [11]. DBYBHY 2007, iç kuvvet – plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisinin terk edilmesine izin vermektedir. Bu yüzden moment – eğrilik ilişkisi tanımlanırken elasto-plastik davranış kabulü yapılmıştır.

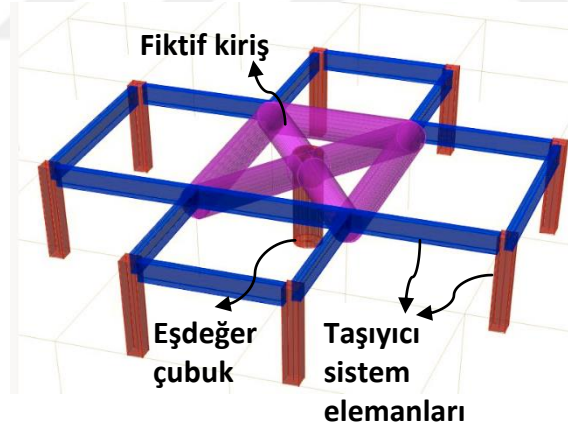
Perdelere plastik mafsalsal atayabilmek için kabuk yerine eşdeğer çubuk eleman olarak modellenmeleri gerekmektedir. Bu sebeple, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap (ZTADOH) yapabilmek için perdeler, eşdeğer çubuk elemanlar ile tariflenmiştir. Eşdeğer çubuk elemanlar perdelerin kütle merkezlerine yerleştirilirler ve perdelerle bağlanan kiriş veya döşeme gibi elemanlara da fiktif rijit elemanlarla [16]. Fiktif rijit elemanlar, perde ve kirişler arasında oluşacak etkileşimleri taşımakla görevli hayali elemanlardır. Oluşacak etkileri daha düzgün aktarabilmeleri adına dairesel kesitli bir eleman kullanmak daha uygundur [16]. Eşdeğer çubuk eleman atanan bir perde şematik olarak Şekil 3. 23’te gösterilmiştir. Şekil 3. 24’te ise SAP 2000 [15] programında yapılan eşdeğer çubuk atamasına bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 3. 24 Eşdeğer çubuk ile modellenen bir perdenin şematik gösterimi [16]



a) Düzlem çerçeve



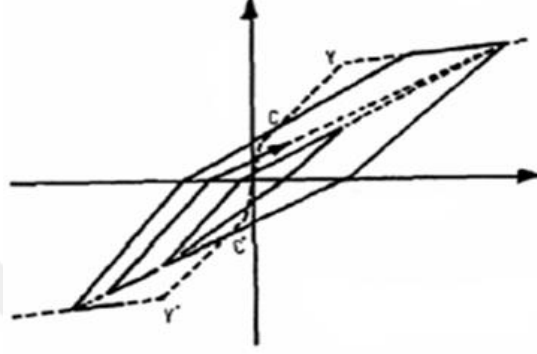
b) 3 boyutlu bir sistem

Şekil 3. 25 SAP 2000’de eşdeğer çubuk ile modellenen perde örneği

DBYBHY 2007’ye [11] göre doğrusal olmayan yöntem kullanılması durumunda taşıyıcı elemanlarda çatlama kesit rijitliği dikkate alınması gerektiği Bölüm 2’de anlatılmıştır. Bu nedenle, eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılmıştır.

Modellenen binada plastik mafsal tanımları SAP 2000 programına otomatik yaptırılmıştır. Kiriş, kolon ve perdelerin donatıları programda tanımlanmış ve plastik mafsallar SAP 2000 programına hesaplatılmıştır. Perdeler fiber eleman olarak tanımlanarak plastik mafsallar elde edilmiştir.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap (ZTADOH) yapılırken çevrimsel davranış için Takeda modeli dikkate alınmıştır. Takeda modeline örnek Şekil 3. 25'te verilmiştir.



Şekil 3. 26 Takeda histeretik çevrim modeli [17]

Hareket denklemi Newmark – Beta yöntemi ile çözülmüştür. Adım adım iterasyona dayanan bu yöntemde γ ve β olarak iki adet katsayı kullanılmaktadır ve bu katsayıların aldığı değerlere göre iterasyon adımları arasında ivme değişim tipi değişmektedir.

- Sabit ortalama ivme için: $\gamma = \frac{1}{2}$ ve $\beta = \frac{1}{4}$
- Doğrusal ivme için: $\gamma = \frac{1}{2}$ ve $\beta = \frac{1}{6}$

Sabit ortalama ivme durumu Δt 'nin (deprem kaydı zaman artımı) tüm değerleri için stabildir, fakat doğrusal ivme $\Delta t/T_n < 0.551$ olduğu durumlarda stabildir [18]. Bu yüzden bu çalışmada **sabit ortalama ivme** durumu gözönüne alınmıştır.

3.2.4.2 Yer Hareketi Kayıtları

DBYBHY 2007'ye göre ZTADOH için yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş en az 3 deprem yer hareketi kullanılabilir. Üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların en büyüğü, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalamasınının tasarım için esas alınacağı belirtilmiştir. Buna dayanarak ve

istatistik olarak daha doğru sonuçlar elde edebilmek adına bu çalışmada 7 adet yer hareketi kaydı kullanılmıştır. Kayıtların seçiminde beklenen deprem senaryosunu karşılayabilecek kayıtların tercih edilmesi, yapılan çözümlerinin güvenilirliği açısından önem teşkil etmektedir. Kayıtların seçiminde büyüklük (M), kayıt istasyonunun yırtılma yüzeyine olan uzaklığı (R_{jb} ya da R_{rup}) ve incelenen zemin tipi olmak üzere 3 parametre dikkate alınmıştır. Deprem büyüklüğü ve incelenen zeminden yırtılma yüzeyine olan uzaklık bir sismik olayla ilgili en genel parametreler olduğundan, M-R çiftini en kolay kayıt seçimi sürecidir [19]. Deprem uzaklığı kavramı yerleşmeden önce, deprem kaydı seçiminde önemli bir parametre veya en azından bir başlangıç kriteri olarak deprem büyüklüğü (M) kabul ediliyordu [20], [21]. Deprem uzaklığı kavramı, incelenen kayıta *yakın alan etkisi* olup olmaması açısından önem arz etmektedir ve seçim yapılırken bu etkinin ihmal edilip edilmeyeceğine karar verilmelidir. Kayıt seçiminde dikkate alınan parametrelerden sonuncusu ise zemin tipidir. Zemin sınıflandırması, 30 m derinlikteki katmanda S dalgası hızı ortalamasına (V_{s30}) göre verilen değerler ile yapılmaktadır. Deprem kayıtları PEER'dan [22] elde edilmiştir. DBYBHY 2007'ye [11] göre yapıların inşaa edileceği bölgelerde Z1, Z2, Z3, Z4 olmak üzere 4 farklı yerel zemin sınıflandırması yapılmaktadır. Kalyoncuoğlu vd. [23] yaptıkları çalışmada DBYBHY 2007'de [11] verilen yerel zemin sınıflandırmasına en uygun sınıf tanımlamasının USGS [24] olduğunu göstermişlerdir. USGS'e [24] göre yapılan zemin sınıfı tanımı aşağıdaki gibidir:

- Zemin sınıfı A ($V_{s30} \geq 750$ m/s) (Z1'e karşılık gelmektedir)
- Zemin sınıfı B ($360 \text{ m/s} \leq V_{s30} < 750$ m/s) (Z2'ye karşılık gelmektedir)
- Zemin sınıfı C ($180 \text{ m/s} \leq V_{s30} < 360$ m/s) (Z3'e karşılık gelmektedir)
- Zemin sınıfı D ($V_{s30} \leq 180$ m/s) (Z4'e karşılık gelmektedir)

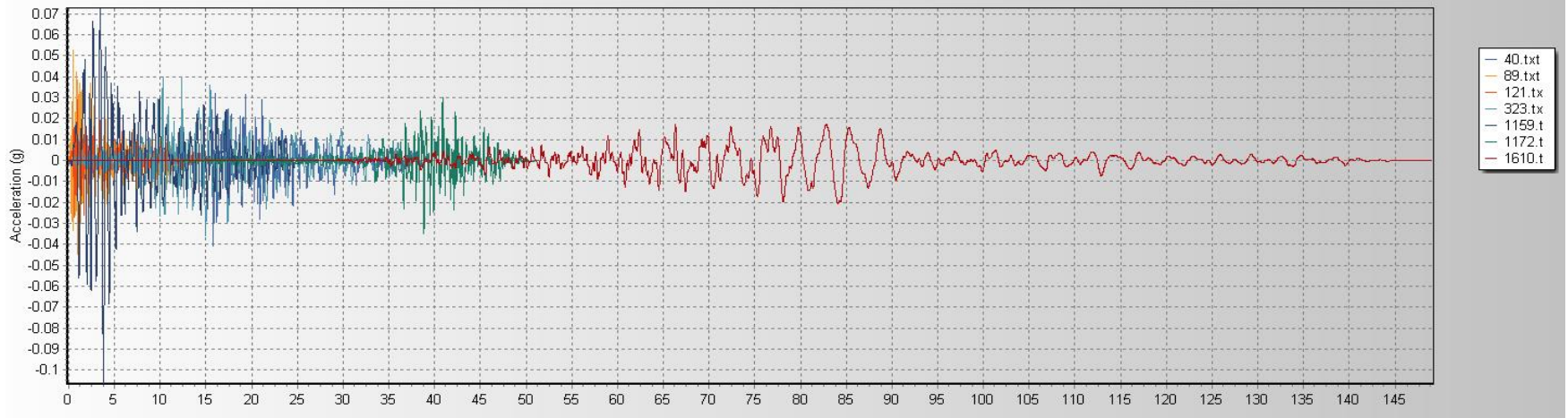
Özet olarak yer hareketi seçiminde büyüklük, kayıt istasyonunun yırtılma yüzeyine uzaklığı ve zemin sınıfı parametreleri dikkate alınmıştır. 6.36 – 7.51 arasında büyüklüklere sahip 7 adet yer hareketi ivme kaydı seçilmiştir. Hangi fay uzaklığından sonra yakın alan etkisinin azalacağı tartışma konusu olmakla beraber; bu çalışmada, yakın alan etkisini azaltabilmek adına uzaklıkların en az 40 km olmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede yakın alan etkisi taşıyan yer hareketlerinin ayıklandığı

düşünülmektedir. Bina yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan USGS'e göre B zemin sınıfıdır ve seçilen kayıtların 30 m derinlikteki katmanda S dalgası hızı ortalaması (V_{s30}) 360 m/s ile 750 m/s arasındadır. Yer hareketi kayıtları PEER NGA'dan indirilmiştir. Çalışmada kullanılan kayıtlar ve özellikleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3. 5 Yer hareketi kayıtları

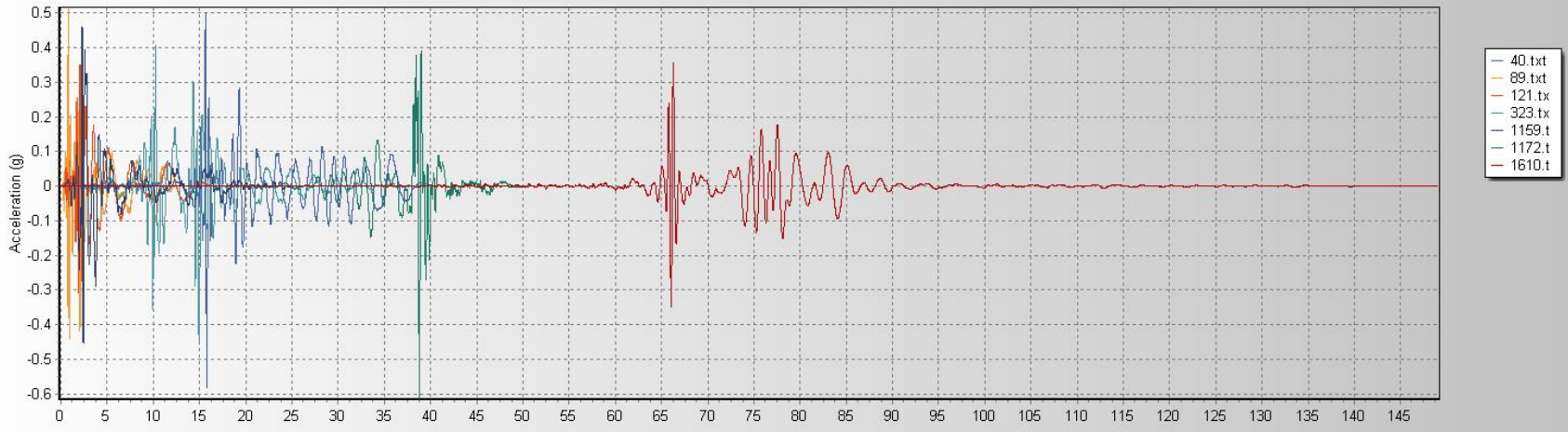
No	Deprem	Yıl	İstasyon	Mag	R_{jb} (km)	R_{rup} (km)	V_{s30} (m/s)
40	Borrego Mtn	1968	San Onofre - So Cal Edison	6.63	129.1	129.1	442.9
89	San Fernando	1971	Tehachapi Pump	6.61	61.8	63.8	669.5
121	Friuli, Italy-01	1976	Barcis	6.5	49.1	49.4	424.8
323	Coalinga-01	1983	Parkfield - Cholame 12W	6.36	55	55.8	408.9
1159	Kocaeli, Turkey	1999	Eregli	7.51	141.4	142.3	659.6
1172	Kocaeli, Turkey	1999	Tekirdag	7.51	164.2	165	659.6
1610	Duzce, Turkey	1999	Kutahya	7.14	168.26	168.26	399.61

Ülkemizde gerçekleşmesi olası bir depremi daha doğru temsil edebilmesi açısından tüm kayıtlar DBYBHY 2007'de verilen tasarım spektrumuna ölçeklenmiştir. Ölçekleme, DBYBHY 2007'de önerildiği gibi kayıtların %5 sönüm oranı için bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki hakim periyot T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için tasarım spektrumunun elastik spektral ivmelerinin %90'undan az olmayacak şekilde yapılmıştır. Ölçekleme SeismoMatch [25] programı ile yapılmıştır. Seçilen kayıtların ölçeksiz ivme – zaman geçmişleri Şekil 3. 26'da, ölçekli ivme – zaman geçmişleri Şekil 3. 27'de verilmiştir. Ölçeksiz kayıtların elastik ivme spektrumları Şekil 3. 28'de, ölçekli kayıtların elastik ivme spektrumları ise Şekil 3. 29'da verilmiştir. Şekil 3.230'da ise tasarım spektrumu ve 7 yer harekete kaydının ölçeklenmiş halinin ivme spektrumlarının ortalaması verilmiştir.



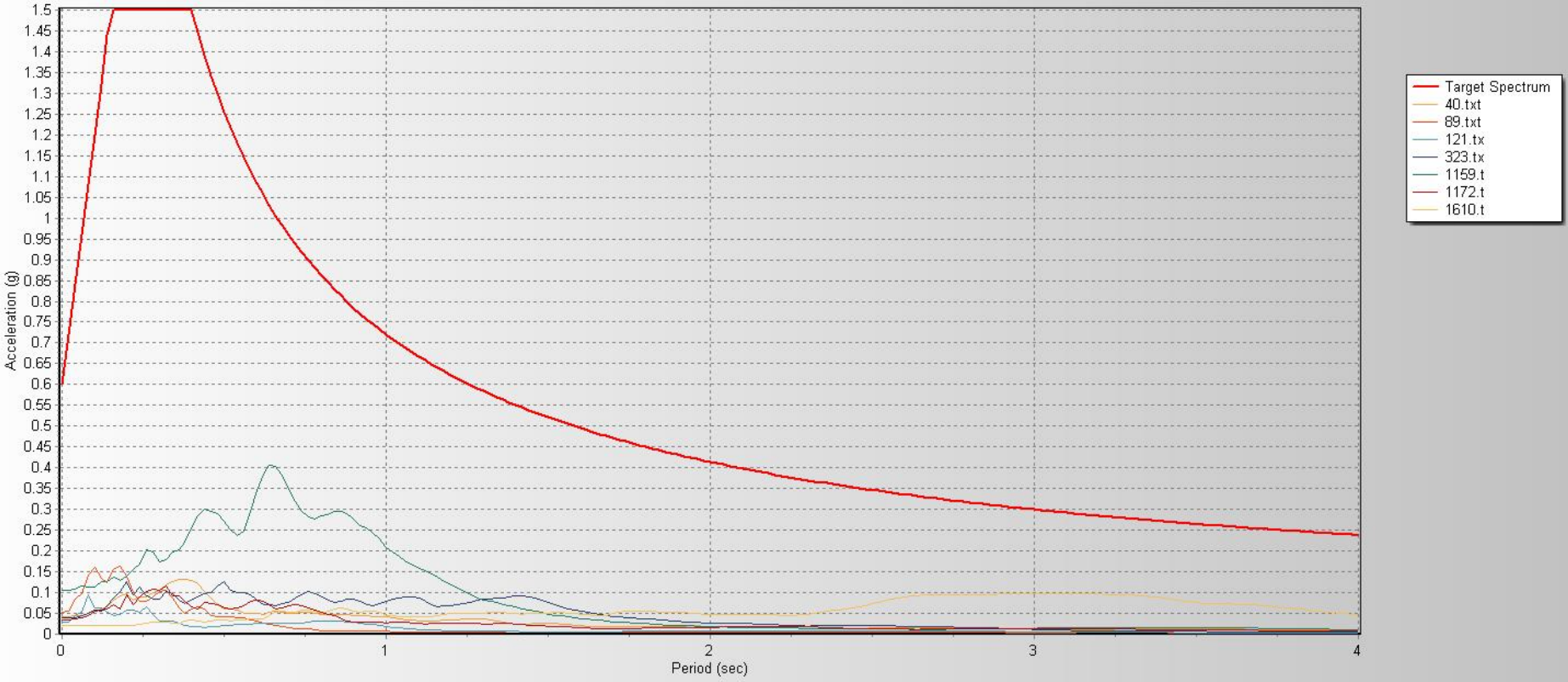
Şekil 3. 27 Ölçeklenmemiş (orijinal) yer hareketi kayıtlarının ivme – zaman geçmişleri

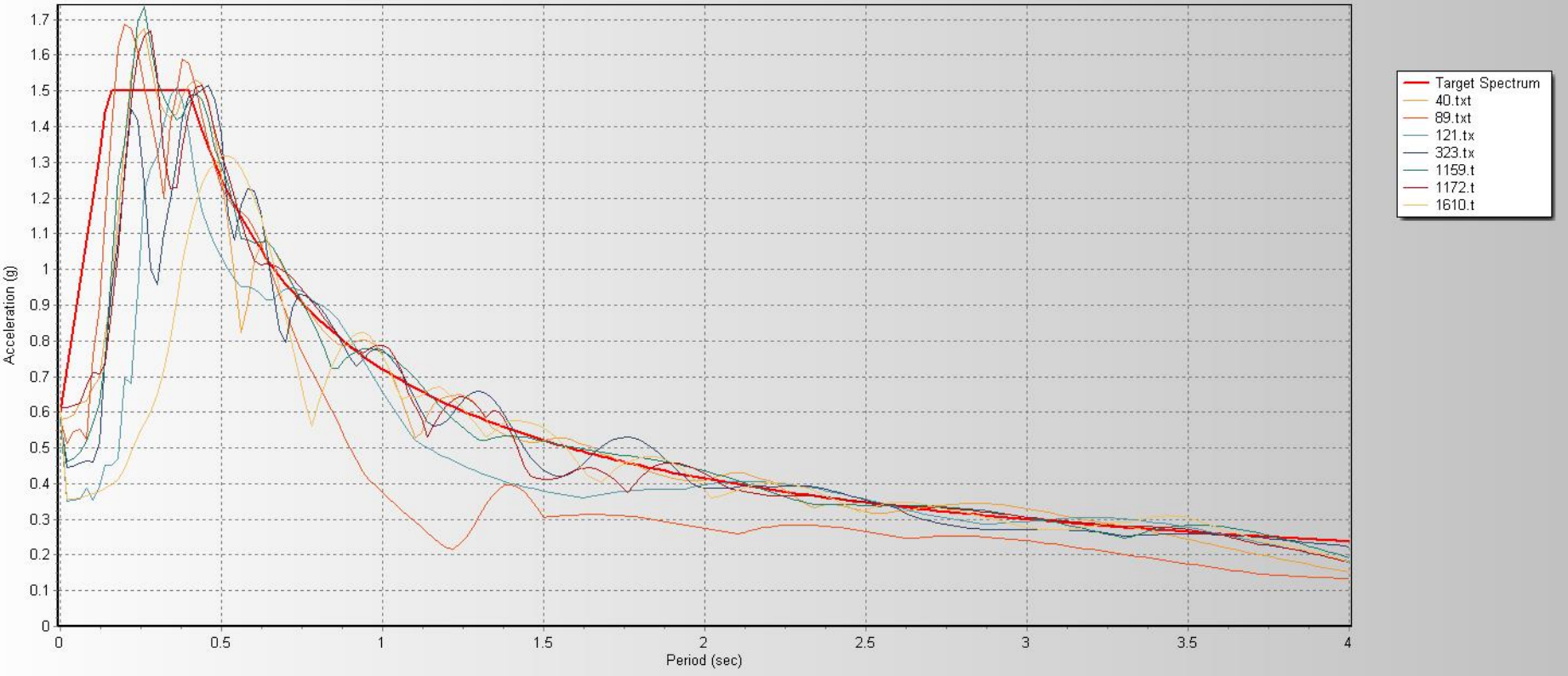
44



Şekil 3. 28 Ölçeklenmiş yer hareketi kayıtlarının ivme – zaman geçmişleri

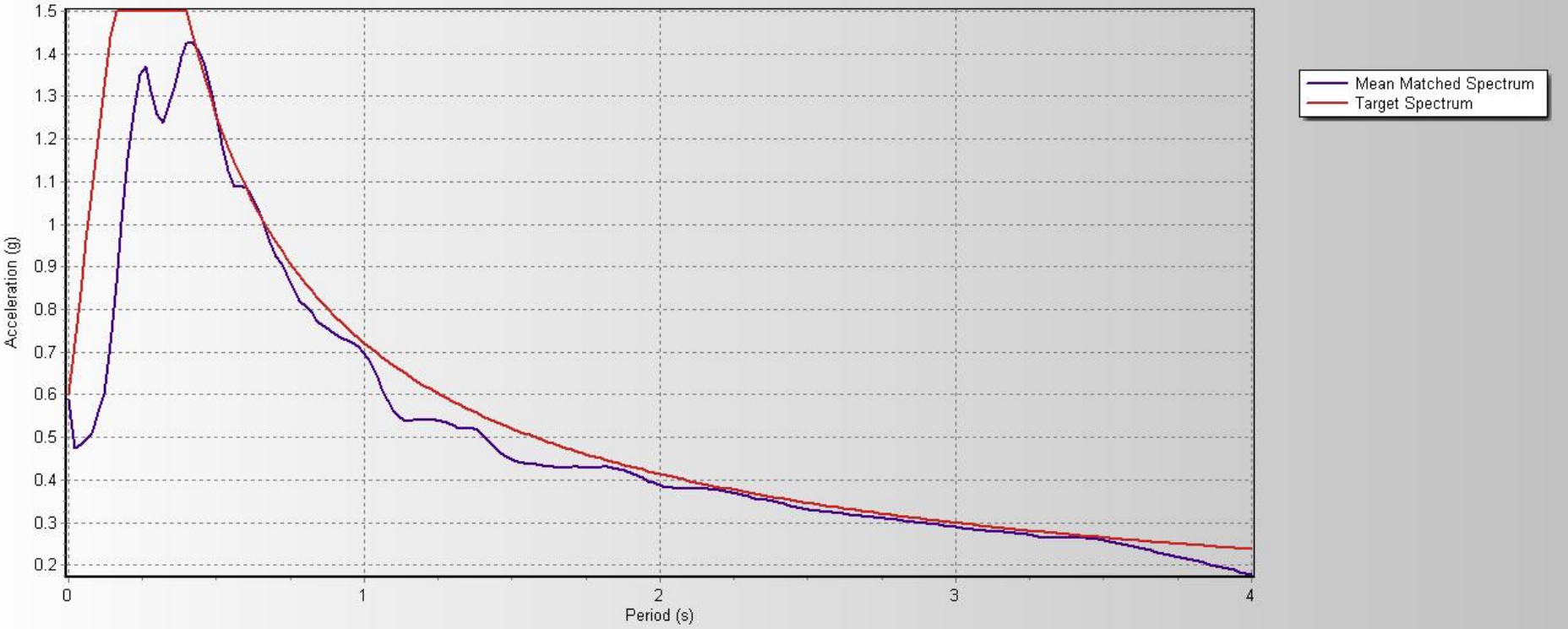
Şekil 3. 29 Ölçeklenmemiş yer hareketi kayıtlarının elastik ivme spektrumları ve tasarım spektrumu





Şekil 3. 29 Ölçeklenmiş yer hareketi kayıtlarının elastik ivme spektrumları ve tasarım spektrumu

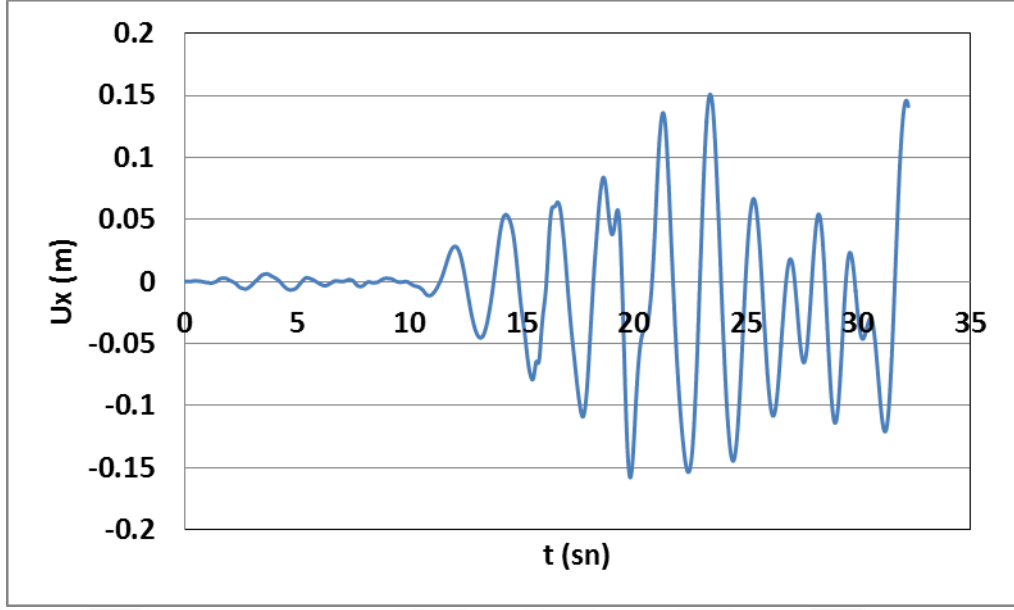
Şekil 3. 30 Ölçeklenmiş tüm kayıtların elastik ivme spektrumlarının ortalaması ve tasarım spektrumu



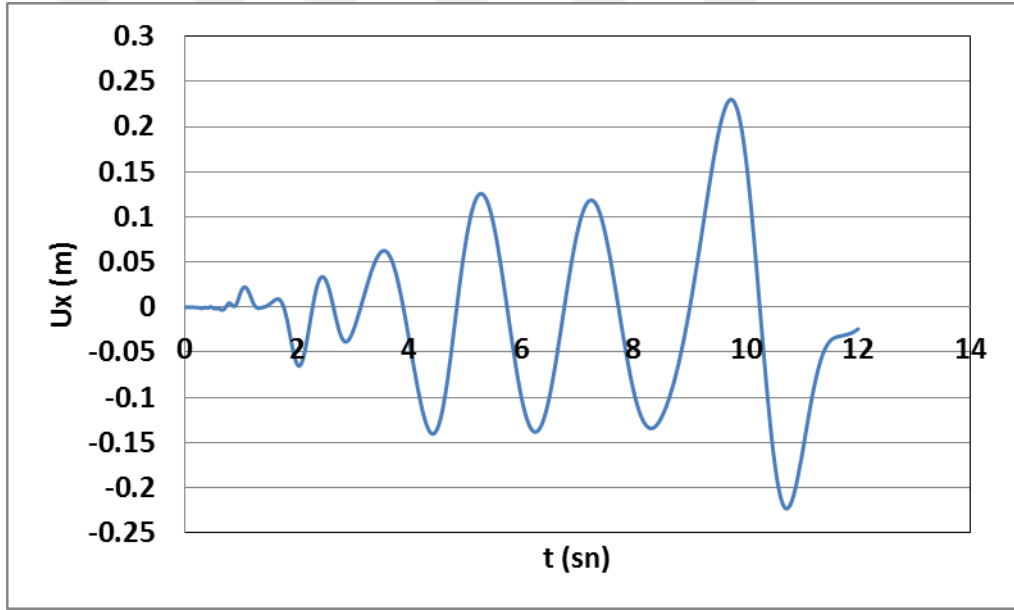
3.2.4.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları

Çizelge 3. 4'te verilen depremler SAP 2000 programında X – X ve Y – Y ortogonal doğrultularda binaya uygulanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümleri yapılmıştır. Çözümler sonucu elde edilen X – X doğrultusu çatı yerdeğiştirmesi zaman geçmişleri X – X doğrultusu depremi için Şekil 3. 31'de, Y – Y doğrultusu çatı yerdeğiştirmesi zaman geçmişleri Y – Y doğrultusu depremi için Şekil 3. 32'de verilmiştir. Şekil 3. 33'te X – X doğrultusu taban kesme kuvveti zaman geçmişi, Şekil 3. 34'te ise Y – Y doğrultusu taban kesme kuvveti zaman geçmişleri verilmiştir. Çizelge 3. 5'te X ve Y doğrultuları için en büyük çatı yer değiştirmeleri, Çizelge 3.6'da ise en büyük taban kesme kuvvetleri verilmiştir.

Ani bir şekilde hasar gören perdede oluşan hasarın kesme hasarı olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple, ZTADOH yapabilmek için bina analitik olarak modellenirken bu perdeye kuvvet esaslı kesme mafsalı da tanımlanmıştır. Yapılan çözümler göstermiştir ki herhangi bir depremde perde kesme kapasitesine ulaşırsa ve kesme hasarı oluşursa, SAP 2000 zaman tanım alanında hesaba devam edememekte ve analizi ilerletememektedir. Şekil 3. 31 ve Şekil 3. 32'de verilen yerdeğiştirme geçmişleri incelendiğinde bazı depremler için analizin aniden bittiği görülmektedir. Grafikteki bu ani bitiş bize perdede kesme hasarının oluştuğunu ve analizin devam edemediğini göstermektedir.

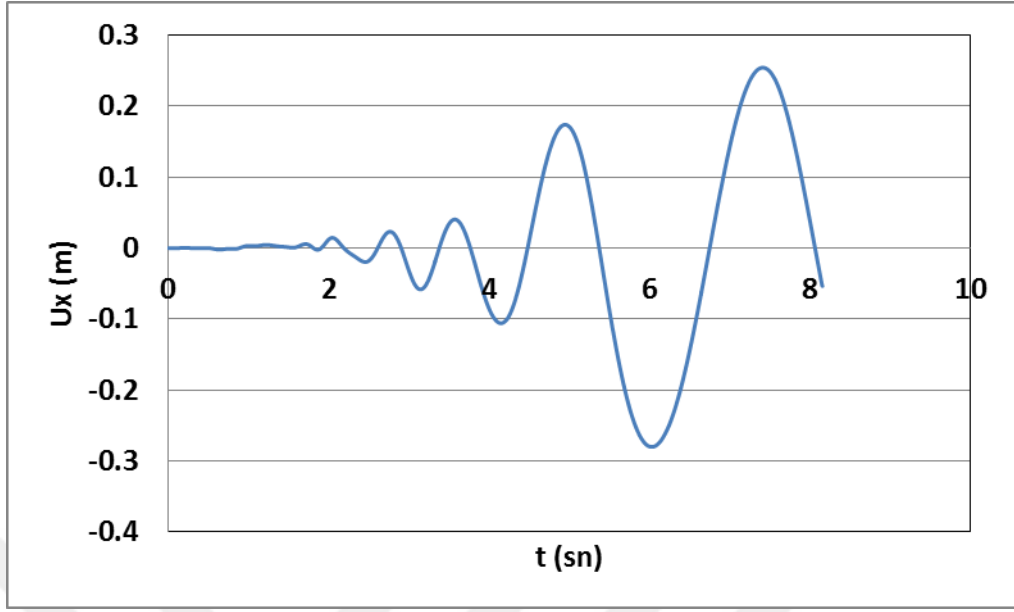


a) 40 depremi

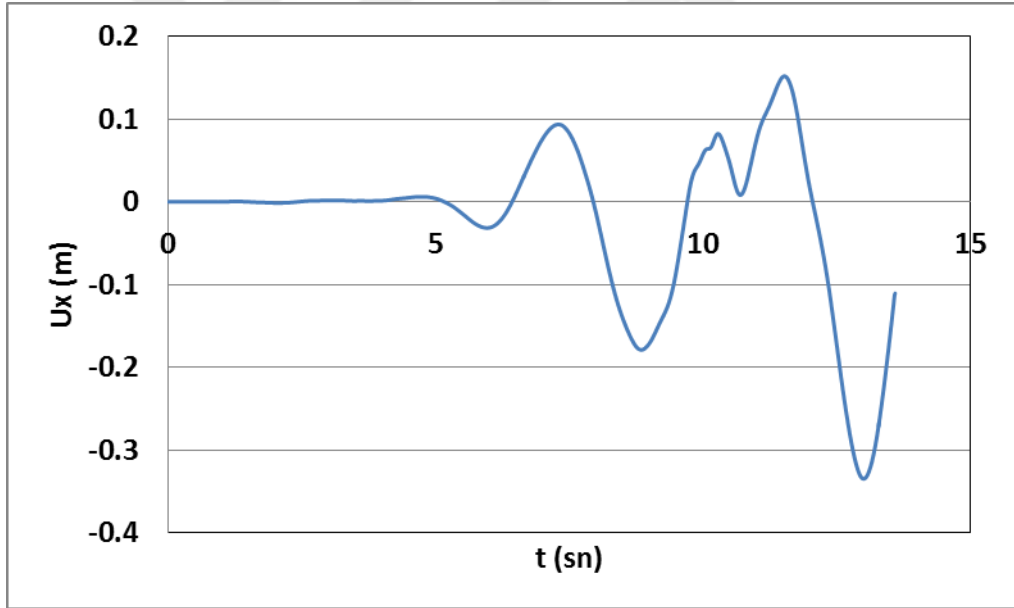


b) 89 depremi

Şekil 3. 31 Binanın X-X doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman gemişi grafikleri
(devamı)

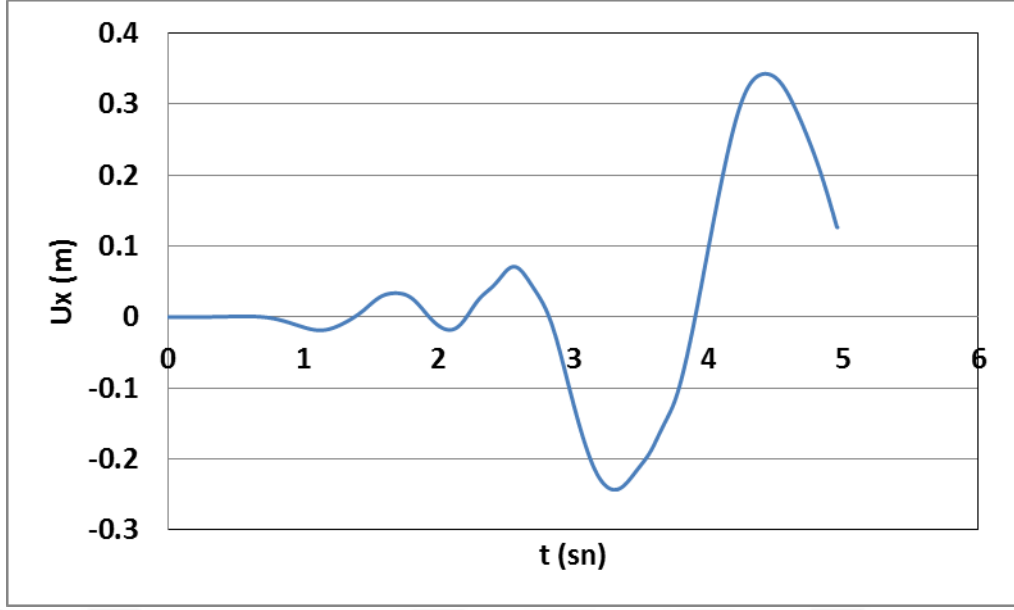


c) 121depremi

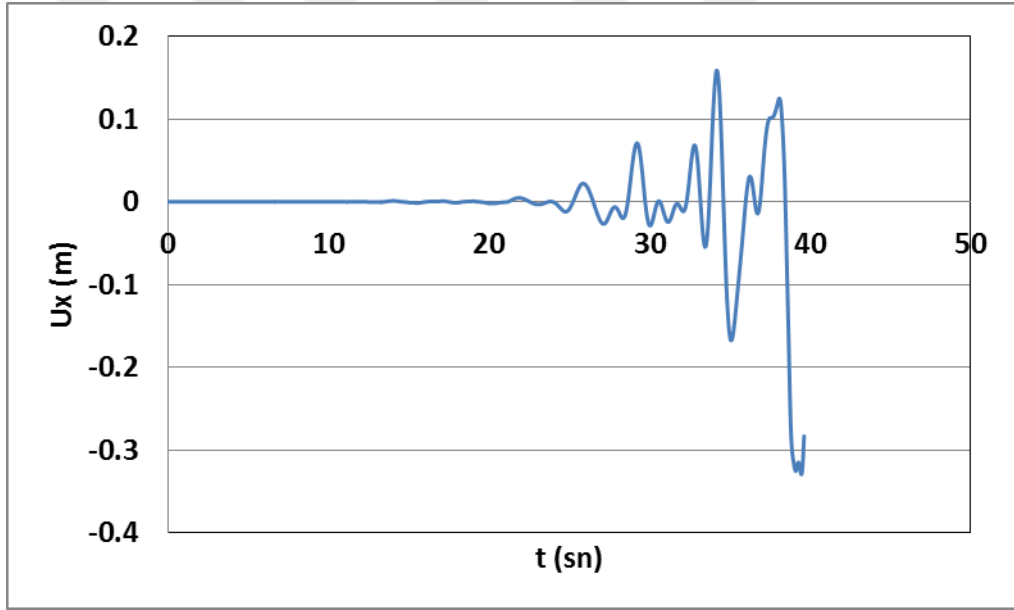


d) 323 depremi

Şekil 3. 31 Binanın X-X doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)

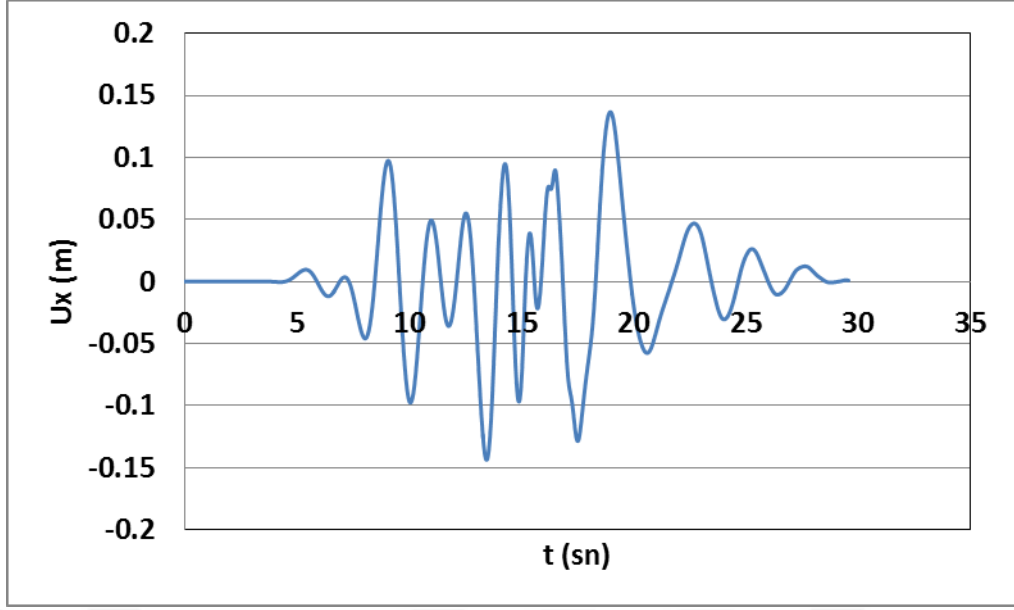


e) 1159 depremi



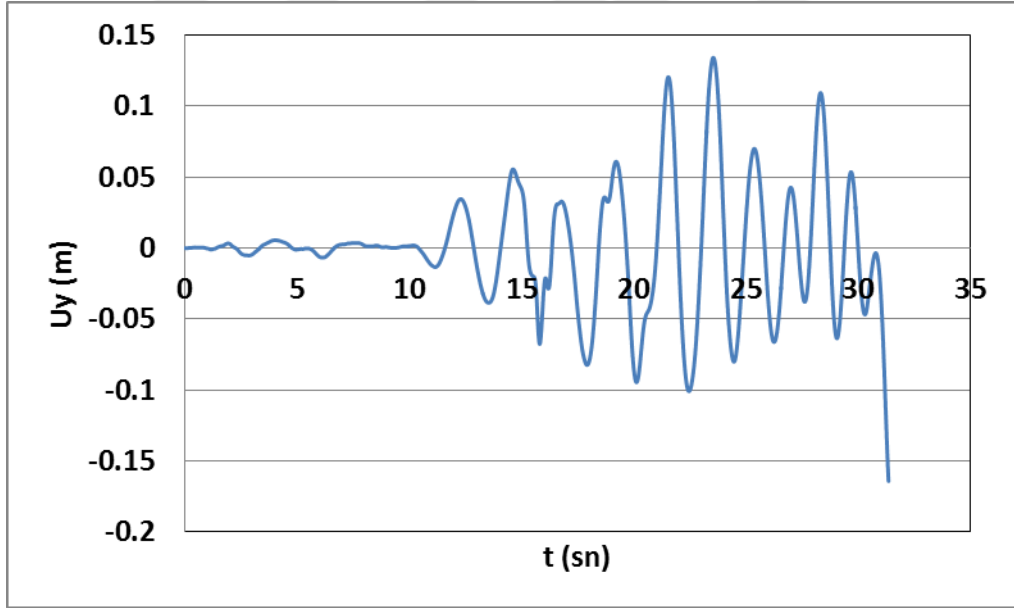
f) 1172 depremi

Şekil 3. 31 Binanın X-X doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)



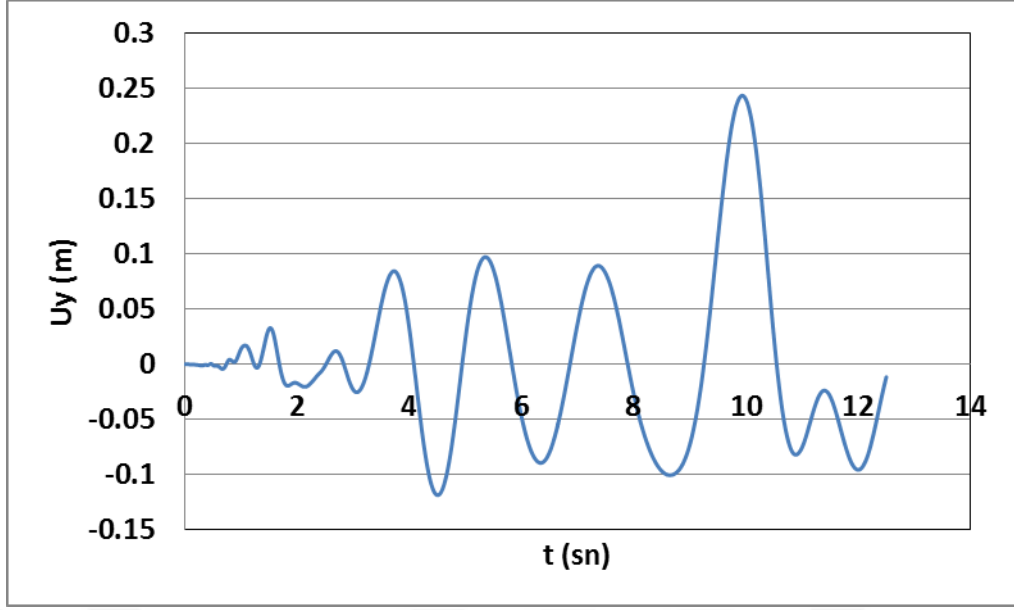
g) 1610 depremi

Şekil 3. 31 Binanın X-X doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman geçmişi grafikleri

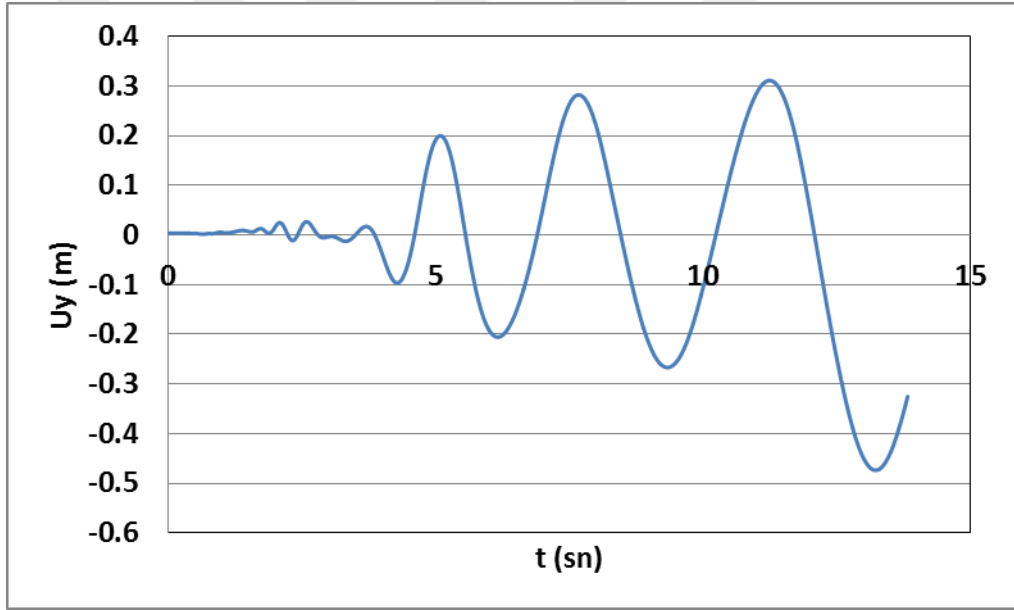


a) 40 depremi

Şekil 3. 32 Binanın Y-Y doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman gemişi grafikleri
(devamı)

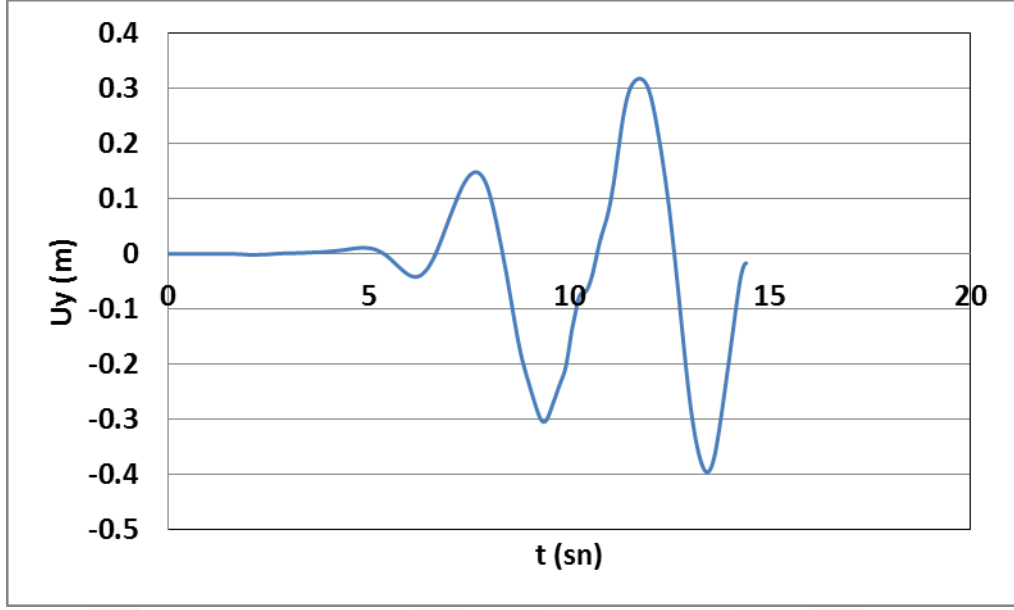


b) 89 depremi

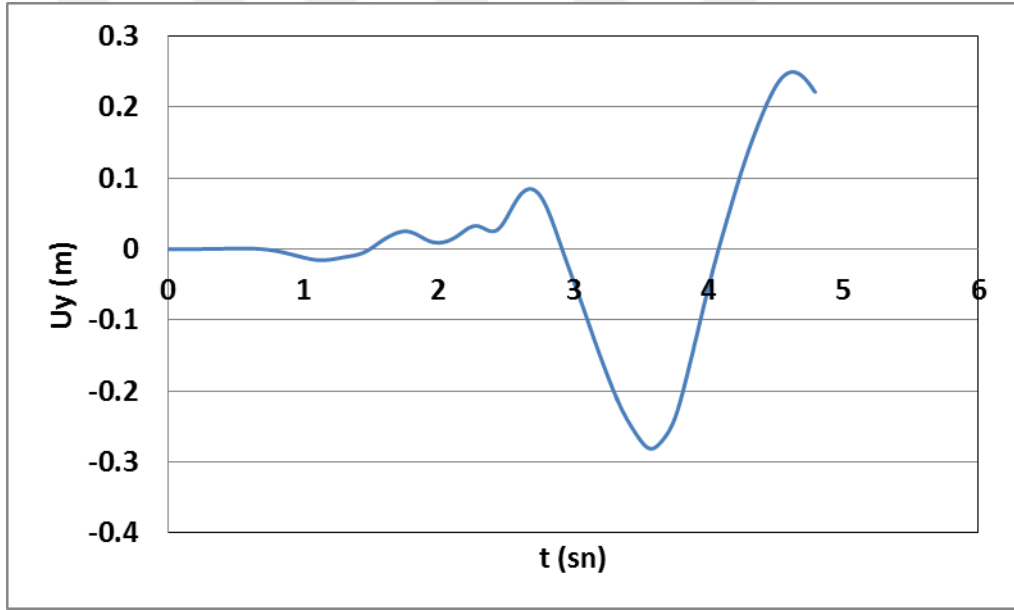


c) 121 depremi

Şekil 3. 32 Binanın Y-Y doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman gemişi grafikleri (devamı)

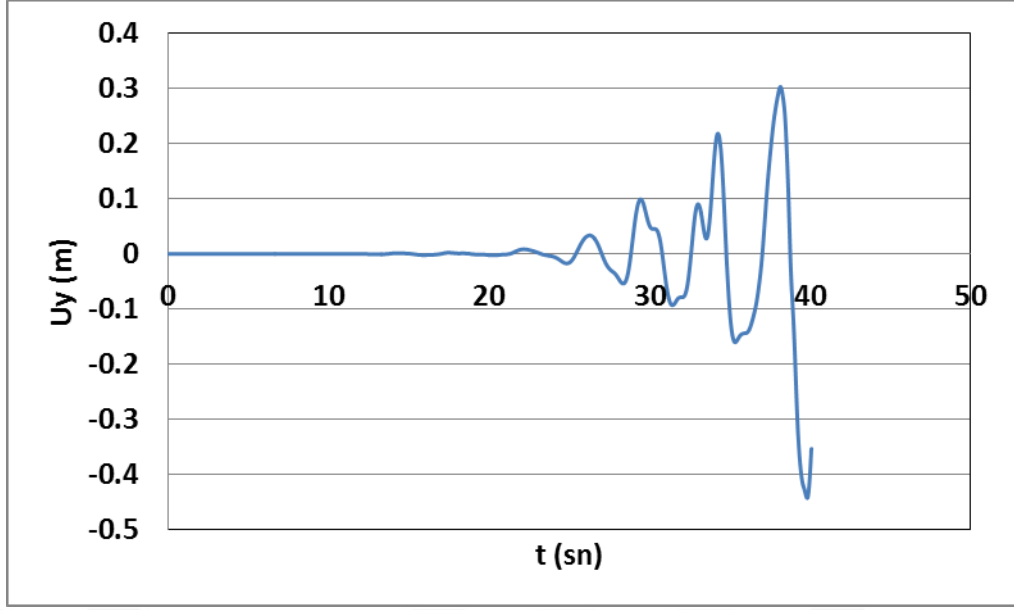


d) 323 depremi

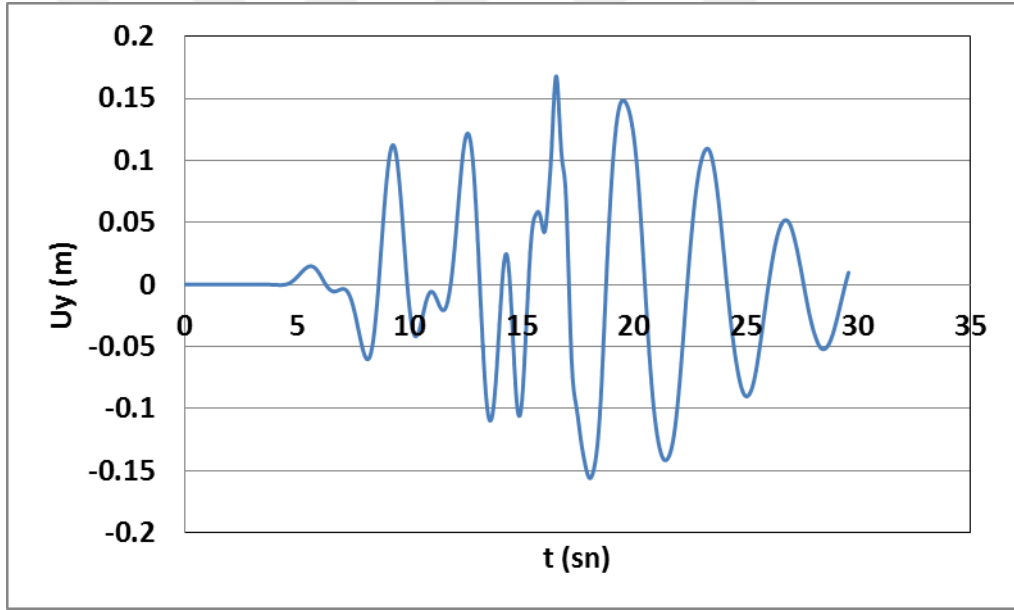


e) 1159 depremi

Şekil 3. 32 Binarın Y-Y doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)

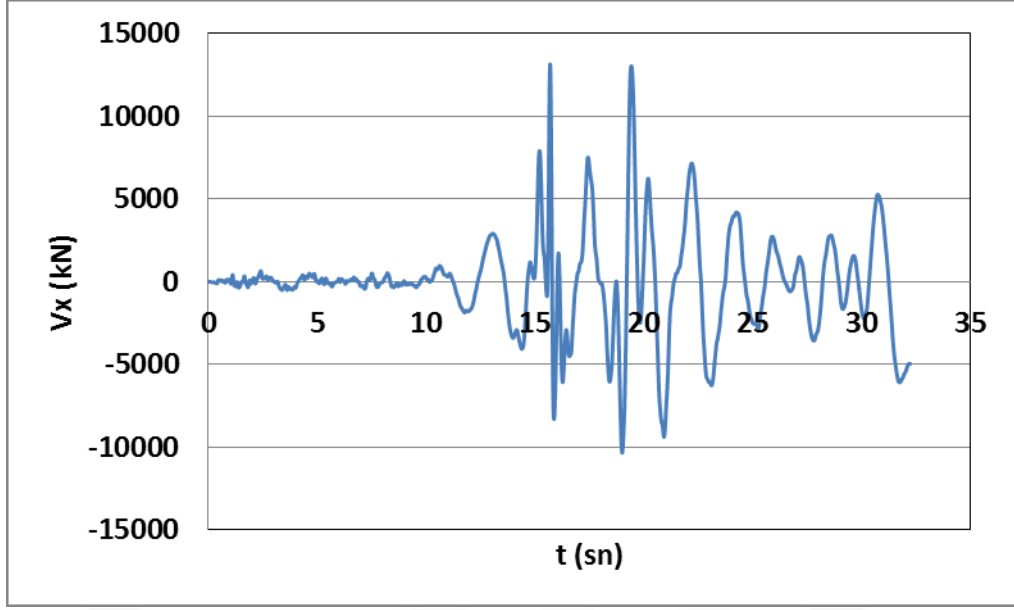


f) 1172 depremi

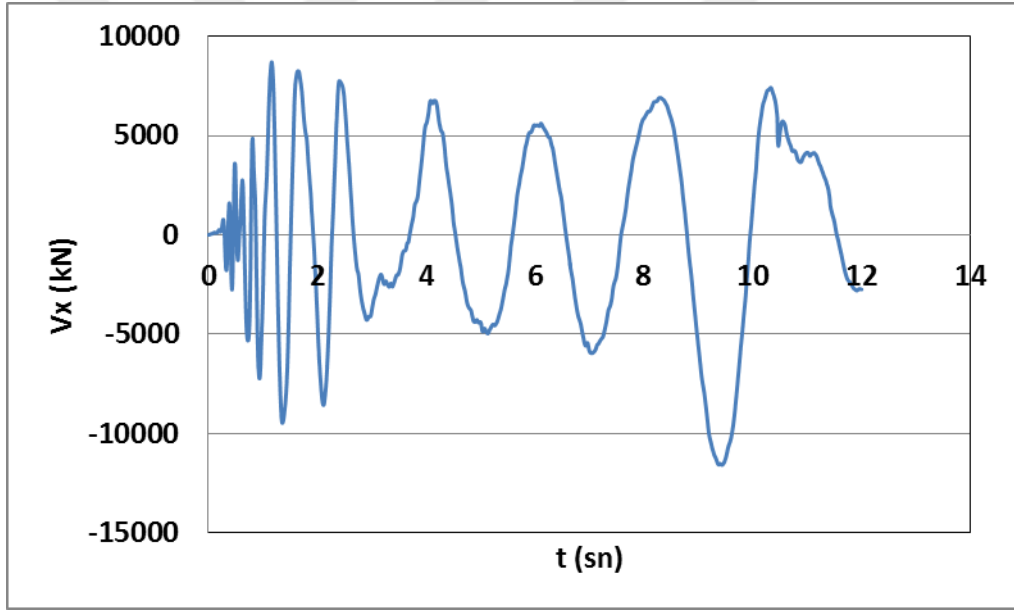


g) 1610 depremi

Şekil 3. 32 Binanın Y-Y doğrultusu tepe yerdeğiştirmesi - zaman geçmişi grafikleri

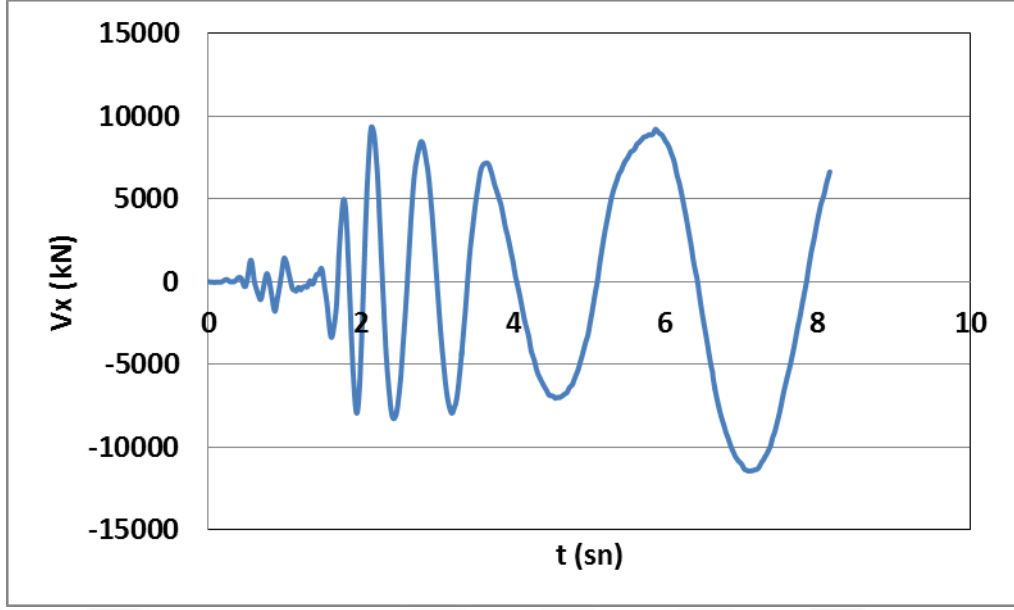


a) 40 depremi

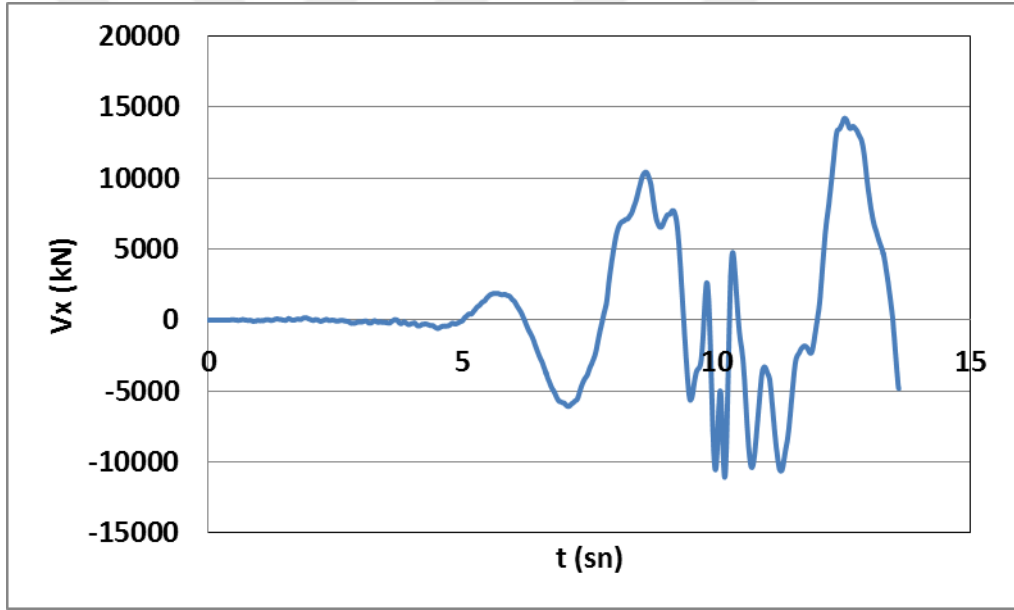


b) 89 depremi

Şekil 3. 33 Binanın X-X doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)

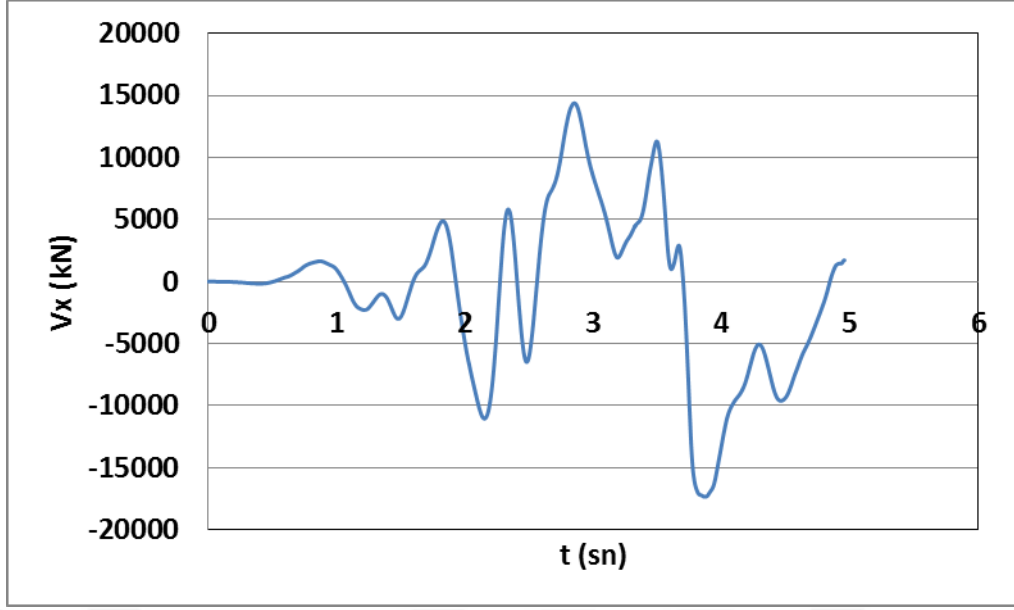


c) 121 depremi

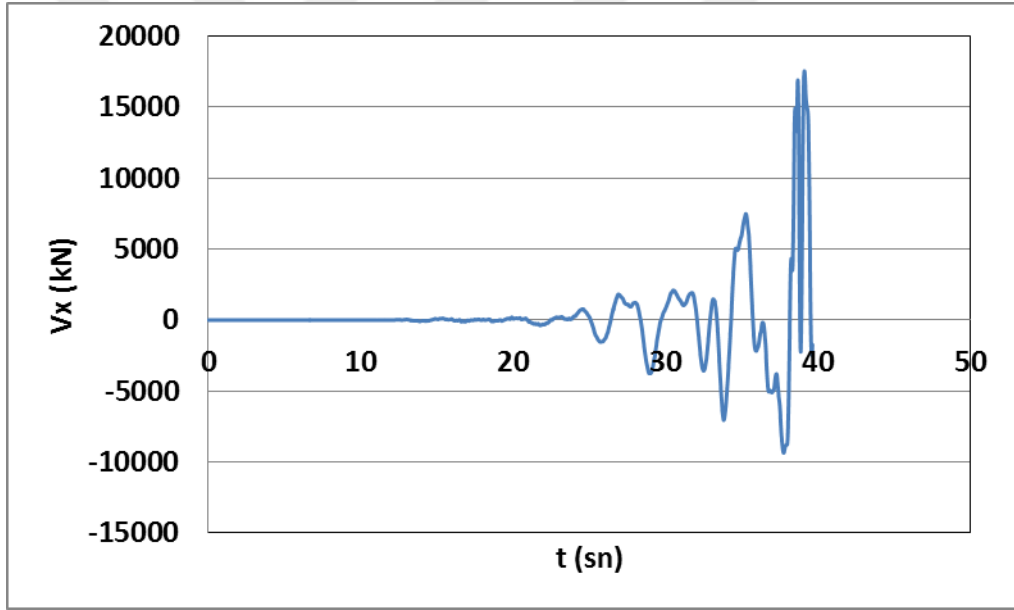


d) 323 depremi

Şekil 3. 33 Binanın X-X doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)

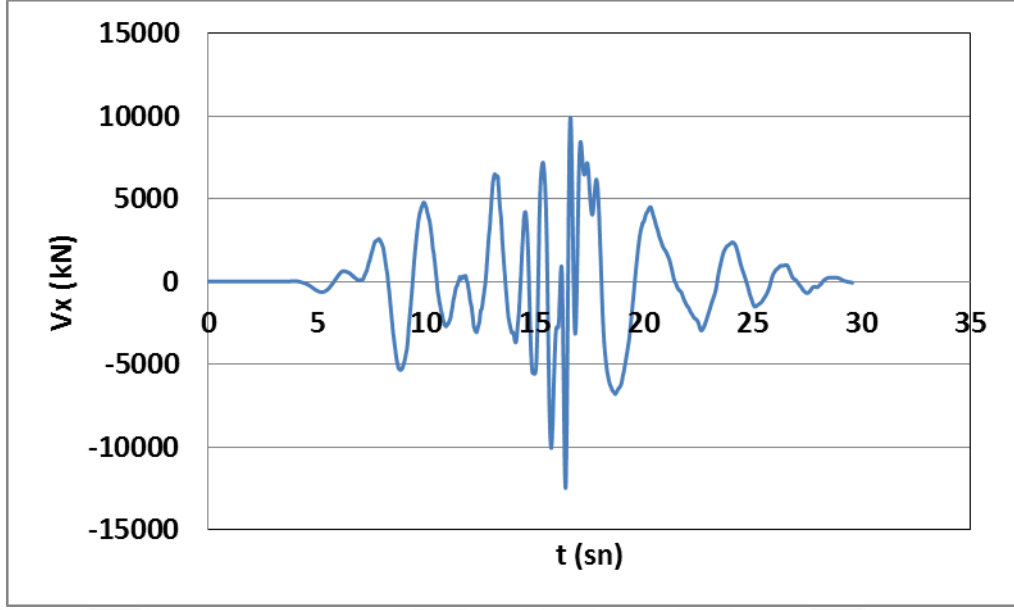


e) 1159 depremi



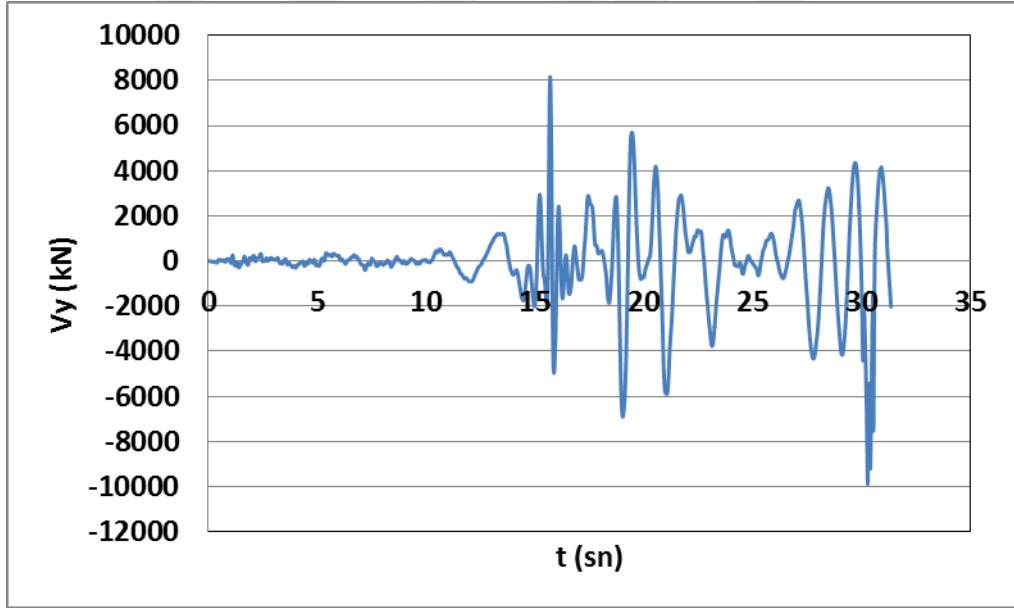
f) 1172 depremi

Şekil 3. 33 Binanın X-X doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)



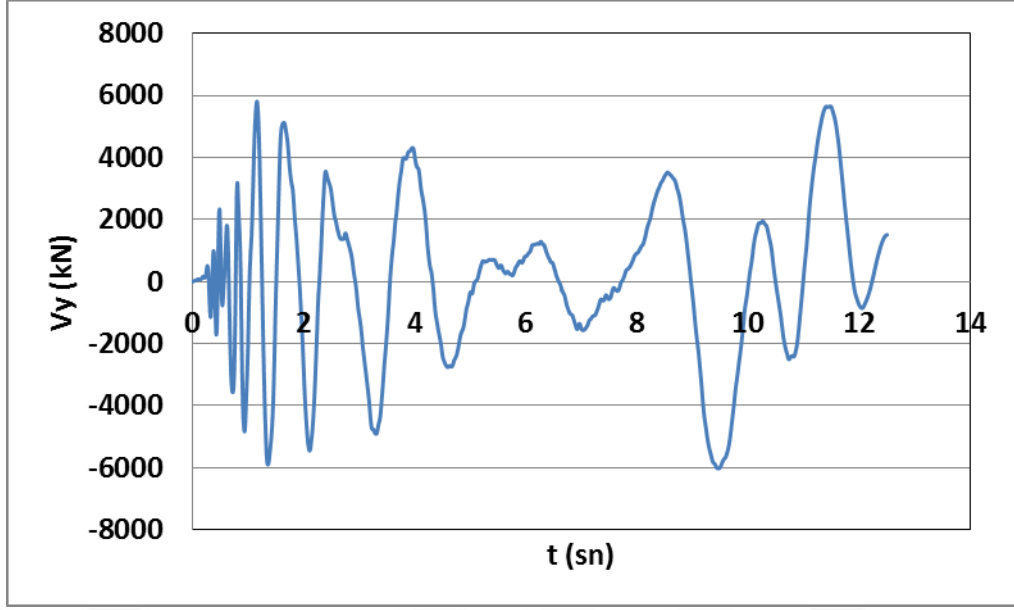
g) 1610 depremi

Şekil 3. 33 Binanın X-X doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri

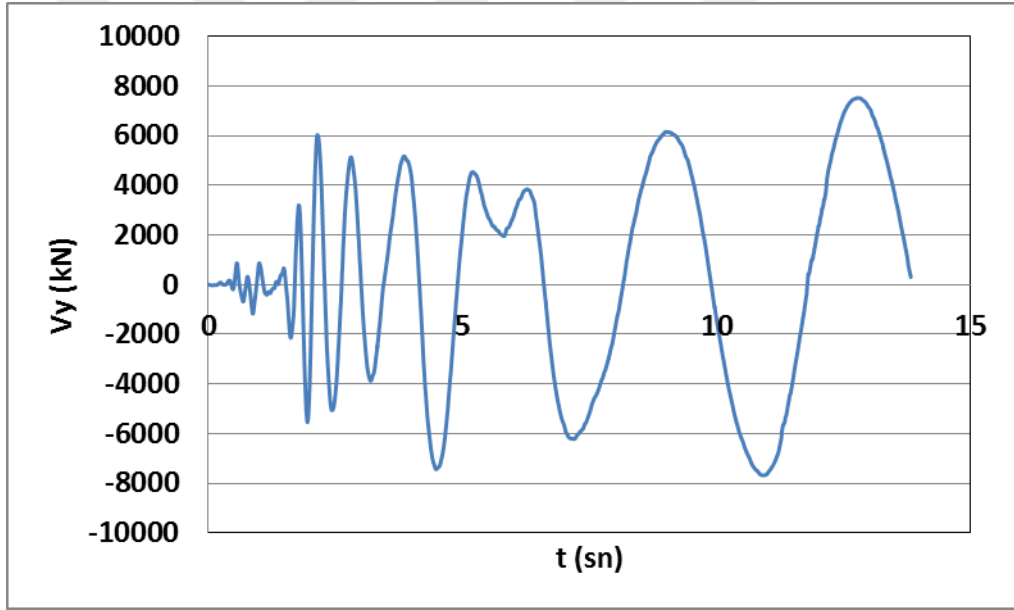


a) 40 depremi

Şekil 3. 34 Binanın Y-Y doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)

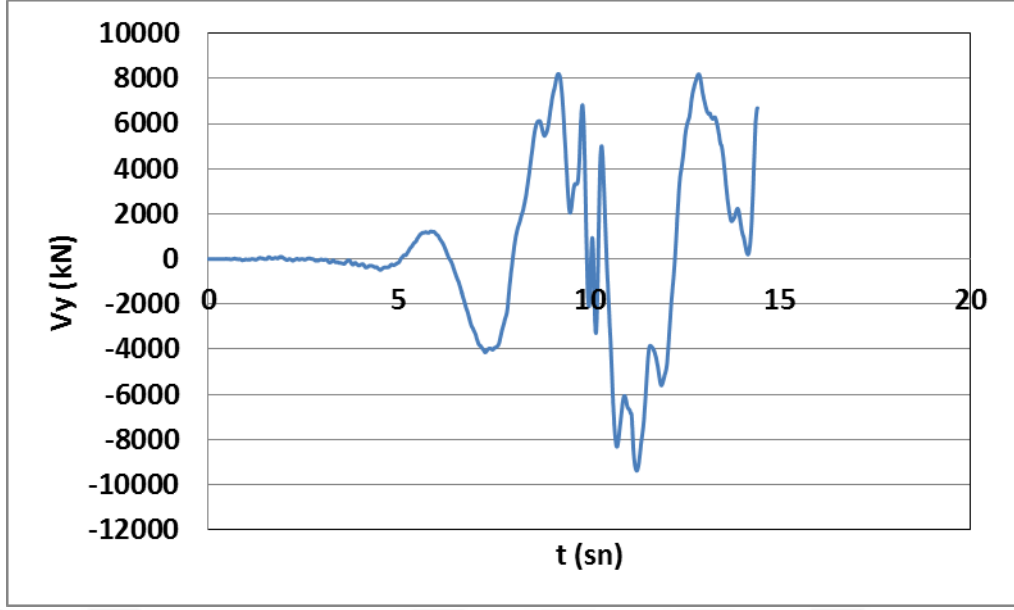


b) 89 depremi

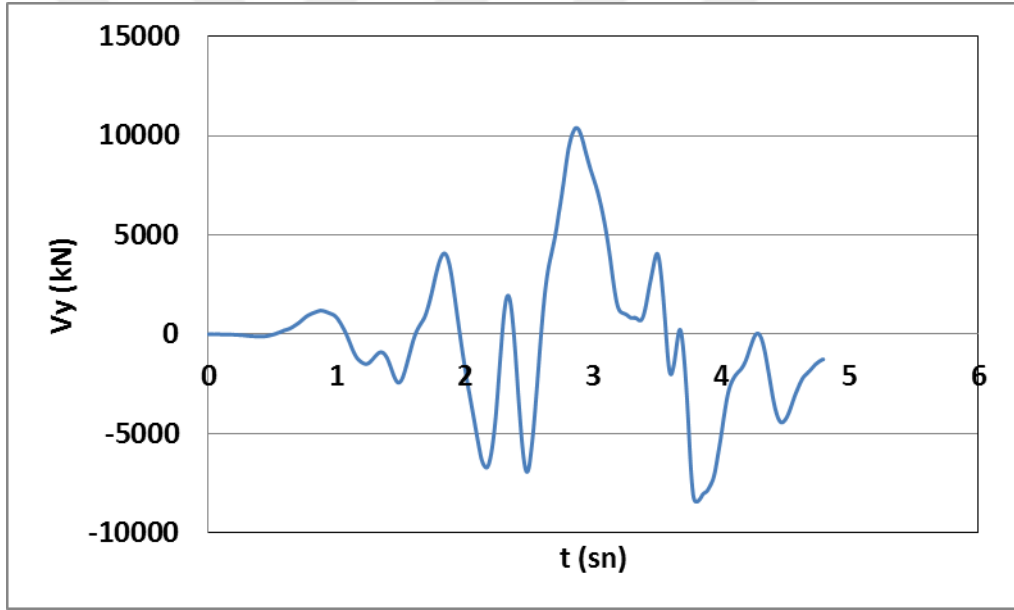


c) 121 depremi

Şekil 3. 34 Binaın Y-Y doğruıtusu taban kesme kuvveti - zaman gemişı grafikleri
(devamı)

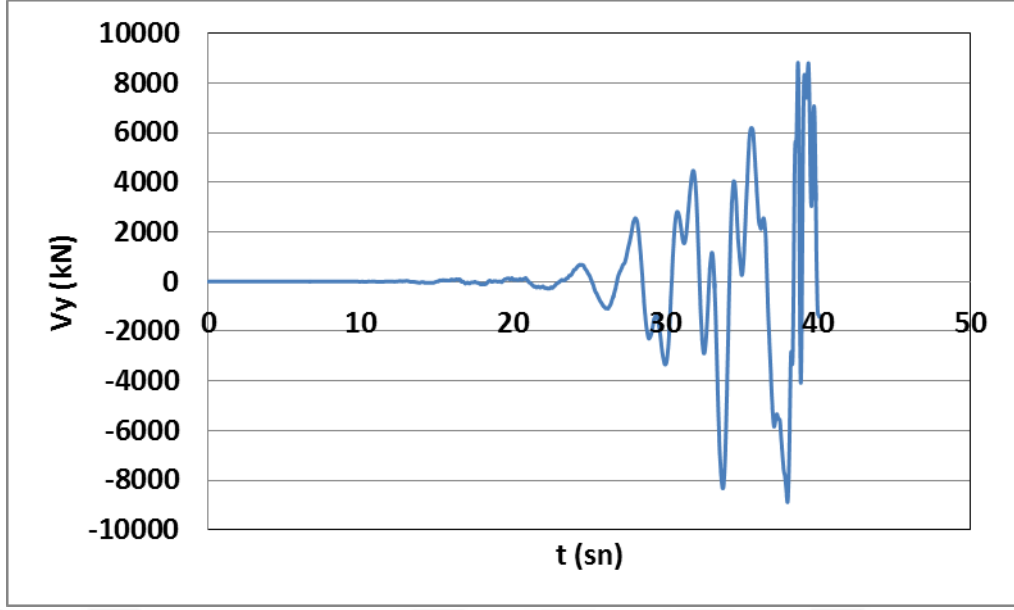


d) 323 depremi

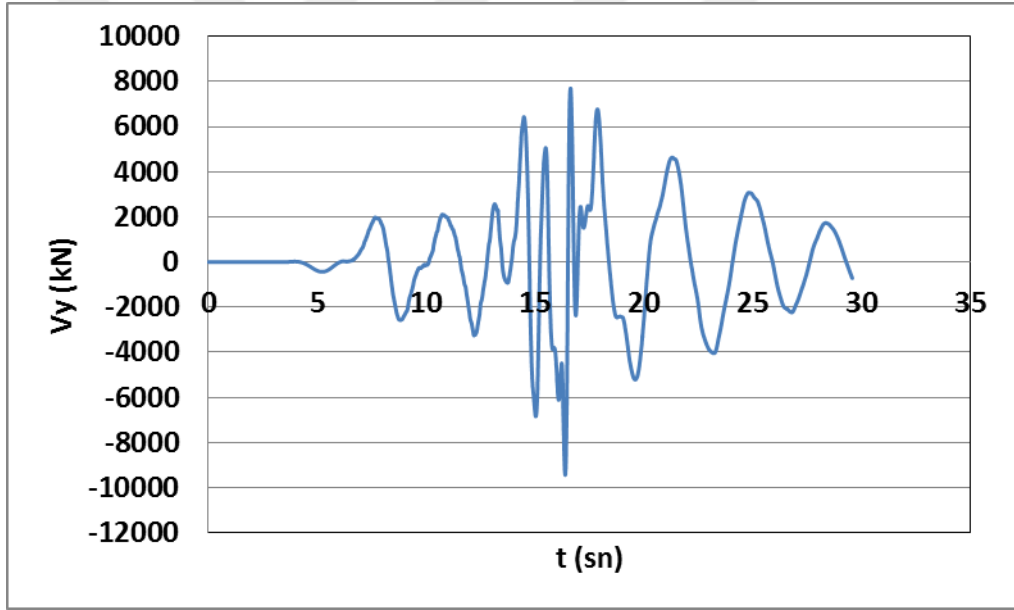


e) 1159 depremi

Şekil 3. 34 Binanın Y-Y doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri
(devamı)



f) 1172 depremi



g) 1610 depremi

Şekil 3. 34 Binanın Y-Y doğrultusu taban kesme kuvveti - zaman geçmişi grafikleri

Çizelge 3. 6 Tepe yerdeğiştirmesi değerleri

Deprem	U_x (cm) (X doğrultusu için)	U_y (cm) (Y doğrultusu için)
40	15.8	16.4
89	23	24.4
121	28	47.7
323	33.5	39.5
1159	34.3	28.1
1172	32.9	44.2
1610	14.4	16.8

Çizelge 3. 7 Taban kesme kuvveti değerleri

Deprem	V_x (cm) (X doğrultusu için)	V_y (cm) (Y doğrultusu için)
40	13133.21	9879.6
89	11582	3025.2
121	11449.8	7686.8
323	14233.5	9381
1159	17338.3	10393.9
1172	17556.9	8891
1610	12474.9	9434.9

Sonuçlara göre X doğrultusu için en büyük yerdeğiştirme 34.3 cm ortalama yerdeğiştirme ise 26 cm'dir. Y doğrultusu için en büyük yerdeğiştirme 47.7 cm ortalama yerdeğiştirme ise 31 cm'dir. En Büyük taban kesme kuvveti X doğrultusu için 17556.9 kN, Y doğrultusu için ise 10393.9 kN'dur. X doğrultusu için ortalama taban kesme kuvveti 13966.94 kN, Y doğrultusu için ortalama taban kesme kuvveti 4102.82 kN'dur.

Çizelge 3. 7 ve Çizelge 3. 8'de X ve Y doğrultularında her bir deprem için perde kesme kuvvetleri verilmiştir. Çizelge 3. 9'da her bir perde için X doğrultusunda en büyük ve ortalama kesme kuvvetleri, Çizelge 3. 10'da her bir perde için Y doğrultusunda en büyük ve ortalama kesme kuvvetleri verilmiştir. Çizelge 3. 11'de ZTADOH ve MBY ile elde edilen perde kesme kuvvetlerinin perde kesme kapasitesi ile karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 3. 35'te ise ZTADOH ve MBY ile elde edilen perde kesme kuvvetlerinin perde kesme kapasitesi ile karşılaştırılması grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 3. 8 X – X doğrultusu depremleri için perde taban kesme kuvvetleri

Perde	Her bir deprem için perde taban kesme kuvveti (kN)						
	40	89	121	323	1159	1172	1610
P01	3244.46	3687.65	2213.80	2522.14	4402.13	3237.88	2768.92
P02	216.45	462.11	507.21	598.71	579.62	715.73	245.39
P03	200.16	301.90	171.91	464.32	271.18	540.12	148.18
P04	965.86	1307.10	1207.15	1443	1559.36	1693.31	824.97
P05	1569.39	1355.60	1271.65	2357.85	1902.56	2661.33	1235.80
P06	2528.53	2453.11	2238.96	2520.98	3406.84	3005.50	2444.44
P07	441.61	679.64	409.79	1131.20	626.17	1237.28	354.20

Çizelge 3. 9 Y – Y doğrultusu depremleri için perde tabana kesme kuvvetleri

Perde	Her bir deprem için perde taban kesme kuvveti (kN)						
	40	89	121	323	1159	1172	1610
P01	3844.18	798.08	1040.96	1122.82	1517.90	1462.08	1272.69
P02	1519.25	450.80	1072.28	956.02	956.76	913.50	710.97
P03	1028.49	365.30	721.07	741.62	676.71	724.03	550.65
P04	4383.52	2136.51	3435.44	2782.94	2963.37	2924.06	2880.20
P05	1283	223.43	1003.48	436.47	381.14	580.74	311.87
P06	3790.80	428.98	1920.82	825.92	742.28	1191.11	611.52
P07	880.98	100.99	193.29	196.65	120.24	165.18	137.82

Çizelge 3. 10 ZTADOH ile X – X doğrultusunda elde edilen en büyük ve ortalama perde taban kesme kuvvetleri

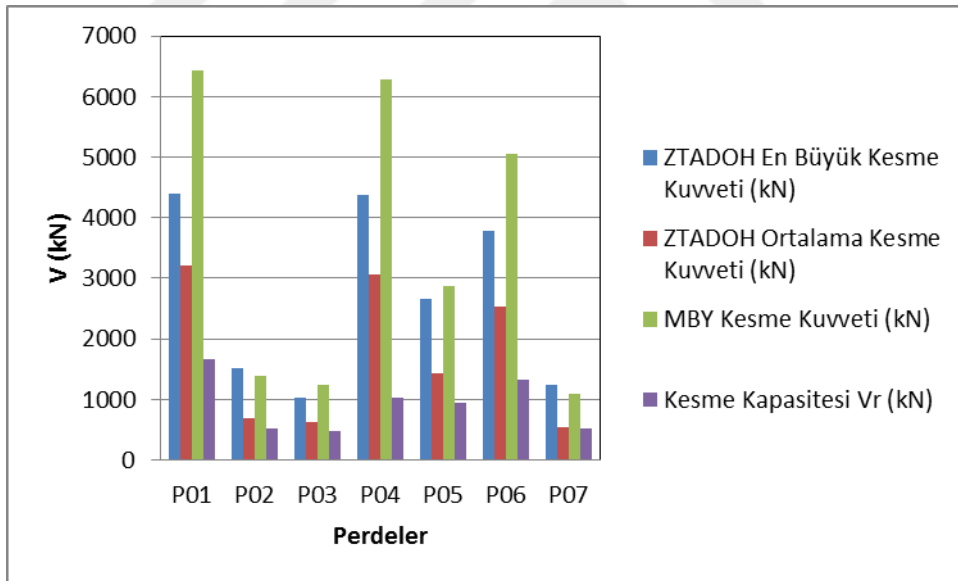
Perde	En Büyük Kesme Kuvveti (kN)	Ortalama Kesme Kuvveti (kN)
P01	4402.13	3153.854
P02	715.73	475.0314
P03	540.12	299.6814
P04	1693.31	1285.821
P05	2661.33	1764.883
P06	3406.84	2656.909
P07	1237.28	697.1271

Çizelge 3. 11 ZTADOH ile Y – Y doğrultusunda elde edilen en büyük ve ortalama perde taban kesme kuvvetleri

Perde	En Büyük Kesme Kuvveti (kN)	Ortalama Kesme Kuvveti (kN)
P01	3844.18	1579.816
P02	1519.25	939.94
P03	1028.49	686.8386
P04	4383.52	3072.29
P05	1283	602.8757
P06	3790.8	1358.776
P07	880.98	256.45

Çizelge 3. 12 ZTADOH ve MBY elde edilen perde taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Perde	ZTADOH En Büyük Kesme Kuvveti (kN)	ZTADOH En Ortalama Kesme Kuvveti (kN)	MBY Kesme Kuvveti (kN)	Kesme Kapasitesi V_r (kN)
P01	4402.13	3220.33	6440.66	1658
P02	1519.25	690.3	1380.6	523
P03	1028.49	621.21	1242.42	479
P04	4383.52	3072.29	6279.76	1024
P05	2661.33	1431.10	2862.2	947
P06	3790.80	2524.79	5049.58	1318
P07	1237.28	545.61	1091.22	530



Şekil 3. 35 ZTADOH ve MBY perde taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Özellikle Şekil 3. 35 yapılan analizerin tümünün sonuçlarının özeti mahiyetindedir. Genel olarak söylenebilir ki perdeler düzgün tasarlanamamış, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlerle elde edilen tasarım kuvvetlerine göre oldukça yetersiz kalmıştır. Grafik değerleri incelendiğinde MBY ile elde edilen tasarım kesme kuvvetlerinin ZTADOH ile elde edilenlerden oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre söylenebilir ki, doğrusal yöntem oldukça güvenli tarafta sonuçlar vermektedir. Perdeler, MBY ile tasarlanmış olsaydı, hasar gören perdede bu hasarın oluşmayacağı söylenebilirdi. Bunların dışında, grafiklerden görüldüğü üzere ZTADOH ile elde edilen kesme kuvvetlerinden en büyüğü ve ortalama değer arasında dikkate değer fark vardır. Kesme kuvvetlerinin ortalaması en büyük değerden oldukça küçüktür. Gözönüne alınan deprem serileri için bu hesapta her zaman en büyük kesme kuvvetini kullanmak daha güvenli bir yaklaşımdır. Özellikle P02, P03 ve P07 perdelerinde perde kapasiteleri ile ortalama olarak elde edilmiş tasarım kesme kuvvetleri birbirine oldukça yakındır. Bu perdeler tasarlanırken ZTADOH dikkate alındığında ortalama tasarım kesme kuvvetini kullanmak yeterli olmayacaktır. Ortalama tasarım kesme kuvvetine göre yapılacak bir tasarımda hemen hemen aynı kesitler elde edilecekti ve özellikle hasar gören perde P07’de bir değişiklik olmayacaktı. Bu da demektir ki, ZTADOH yöntemi kullanıldığı halde ortalama değer kullanılarak yapılan bir tasarımda göçme oluşacaktı.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde doğrusal olmayan hesapta kesme mafsallarının da dikkate alınması çözümlerin sağlıklı olması açısından uygundur. Kesme mafsalı dikkate alınmadığı takdirde bir perdede kesmeden dolayı göçme gerçekleştiği halde program çözümlere devam etmektedir. Halbu ki bir perdede kesme mafsalı oluştuğunda program artık analizi sürdürmekte zorlanmakta ve devam edememektedir. DBYBHY 2007’de kesme mafsalının alınıp alınmaması ile ilgili kesin bir hüküm belirtilmemiş fakat $H_w/l_w < 2$ olan perdelerde eğilme etkisi altında plastik şekil değiştirmelerin gözönüne alınmayacağı söylenmiştir. Fakat genellikle doğrusal olmayan yöntem kullanılmak istendiğinde sadece eğilme mafsalları modellenmekte, perdeler için kesme mafsalları ihmal edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu ihmalin hatalı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Örneğin kesme kapasitesi düşük bir perdede, kesme mafsalı tanımlamadan yalnızca eğilme mafsalı tanımlandığı takdirde,

bu perde kesme kapasitesine ulaşsa bile, program bunu algılayamayacak ve perde hasar görmemiş gibi analize devam edecektir. Kesme hasarı bile olsa hasar görmüş bir perdede eğilme şekil değiştirmesi de olamayacaktır.



BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Perdeler özellikle yüksek katlı binalarda deprem performansını artırmada önemli rol oynamaktadırlar. Fakat kullanılan perdelerin tasarımı ve uygulaması performansa olan bu olumlu katkıyı etkilemektedir. Hatta bazı durumlarda davranışı iyileştirmenin aksine daha da kötü hale getirebilmektedir. Türk Deprem Yönetmeliği 1975'e göre tasarlanmış 17 katlı betonarme çerçeveli ve perdeli bir il özel idaresi binasının perdelerinden biri aniden ve belirsiz bir nedenle hasar görmüştür. Oluşan bu hasar sonrası perde hemen onarılmış ve ayakta kalması sağlanmıştır. Genel olarak bakıldığında, binanın sünekliği düşük, sargılaması yetersizdir. Mimari ve statik açıdan düzensizliği çok fazladır hatta ilk mod burulma modu olmaktadır.

Bu çalışmada, hasar görmüş bu bina SAP 2000 programında analitik olarak modellenmiş ve doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yapılarak perdelerin kesme kuvveti açısından taşıma güçleri araştırılarak hasar gören perdenin analitik olarak da hasarının elde edilmesine çalışılmıştır. Doğrusal analiz olarak Mod Birleştirme Yöntemi, doğrusal olmayan analiz olarak ise Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap yöntemi tercih edilmiştir. Doğrusal olmayan modellemede perdelerde eğilme şekil değiştirmesini temsilen eğilme mafsalı yanında kesme mafsalı da tanımlanmıştır. ZTADOH için 7 adet deprem ivme kaydı kullanılmış ve her bir kayıt DBYBHY 2007'de verilen tasarım spektrumuna ölçeklenmiştir.

4.1 Sonuçlar

Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- İl Özel İdaresi Hizmet binası A bloğunun taŐıyıcı sistemi depreme dayanıklılık bakımından bir binada bulunması gereken simetriklik, dűzgűnlűk, sűreklilik gibi birçok ۆzelliđi bakımından uygun olarak seçilmemiŐtir. Bu durum olası bir deprem veya baŐka kaynaklı bir yer sarsıntısı durumunda bina davranıŐını olumsuz olarak etkileyecektir.
- Katlarda kullanılan kaplama malzemeleri genellikle ağır malzemelerden seçilmiştir. Bu da binanın ağırlığını gereksiz yere artırmakta ve depremden daha fazla etkilenmesine sebep olmaktadır.
- Binanın 1. modu ۆteleme modu iken 2. ve 3. modlar burulma modudur. TaŐıyıcı sistem tasarımı yapılırken en azından ilk iki modun ۆteleme modu olmasının sağlanması, deprem gibi yatak yűk etkileri sırasında daha gűvenilir bir davranıŐ elde edilmesine sebep olacaktır.
- MBY gۆre yapılan hesaptan gۆrűlmektedir ki perde kesme kapasiteleri tasarım yűkleri için oldukça dűŐűktűr. ۆzellikle P01, P04 ve P06 perdeleri neredeyse 5 kat dűŐűk kapasiteye sahiptir. Bu bina gűnűműz yۆnetmeliđine gۆre tasarlanmış olması durumunda, hasar gۆren perdenin bu hasara maruz kalmayacađı açıktır.
- MBY gۆre elde edilen tasarım kesme kuvvetlerinin oldukça bűyűk olmasının sebebi binanın yűksek sűneklikli olmamasıdır. DűŐűk sűneklikli bu yapıya etki eden tasarım kuvvetleri sűnek yapıya oranlafazla olmaktadır. Bu yűzden sűnek bir tasarım yapmak kesit ve donatı tasarrufu açısından da ۆnem taŐımaktadır.
- ZTADOH yۆnteminde binanın genel davranıŐı açısından X – X doğrultusunda en bűyűk tepe yerdeđiŐtirmesi 34.3 cm ile 1159 (Kocaeli) depreminde, Y – Y doğrultusu için ise 47.7 cm ile 121 (Friuli) depreminden elde edilmiŐtir. Toplam bina yűksekliđi 49.15 m olduğundan X – X doğrultusu için tepe noktası gۆrelili yerdeđiŐtirme oranı 0.007, Y – Y doğrultusu için ise yaklaşık olarak 0.01'dir. Bu değerler pratikte kabul edilebilir sınırlardır. X – X doğrultusu için ortalama tepe yerdeđiŐtirmesi 26 cm ve Y – Y doğrultusu için ortalama tepe yerdeđiŐtirmesi 31 cm'dir. Ortalama tepe yerdeđiŐtirmeleri açısından X – X doğrultusu tepe noktası gۆrelili yerdeđiŐtirme oranı

0.005, Y – Y doğrultusu tepe noktası görelî yerdeğîştirme oranı 0.006'dır. Ortalama ve en büyük değêrler dikkate alındığında deprem kaydı seçiminin elde edilecek sonuçlarda önemli etkisinin olacağı açıktır. DBYBHY 2007'de en az 7 adet deprem kaydı kullanılması durumunda ortalama değêrlerin ullanımına izin vermektedir kafat ortalama değêr ile en büyük değêr arasında dikkate değêr fark bulunmaktadır. Kullanılan deprem setine göre ortalama değêr oldukça küçülebilmektedir.

- ZTADOH yönteminde binanın genel davranışı açısından X – X doğrultusunda en büyük taban kesme kuvveti 17556.9 kN ile 1172 (Kocaeli) depremi için, Y – Y doğrultusu için ise 10393.9 kN ile 1159 (Kocaeli) depremi için elde edilmiştir. X – X doğrultusu için ortalama taban kesme kuvveti 13966.94 kN, Y – Y doğrultusu için ortalama taban kesme kuvveti ise 4102.82 kN'dur. Bir önceki sonuçta belirtildiği gibi ortalama değêr daha düşük sonuçlar vermiş ve ortalama değêre göre yapılan bir tasarımın güvensiz tarafata kalacağı açıktır.

- ZTADOH yöntemi ile her bir perde için elde edilen tasarım kesme kuvvetlerinin hem en büyük değêrleri hem de ortalama değêrleri verilmiştir. Ortalama değêrlerin en büyük değêrlerden oldukça düşük olduğu, hatta bazı perdeler için (P02 , P07) ortalama değêrin en büyük değêrin neredeyse yarısı olduğu bulunmuştur. MBY için elde edilen perde tasarım kesme kuvvetlerinin genel olarak ZTADOH için elde edilen en büyük kesme kuvvetine yakın olduğu görülmüştür. Fakat tekrar unutulmamalıdır ki, ZTADOH yönteminde kullanılan depremler elde edilecek sonuçlarda büyük önem arz etmektedir.

- ZTADOH yönteminden elde edilen perde kesme kapasitelerinin en büyükleri de, ortalama değêrler de ve MBY için elde edilen perde kesme kapasiteleri de her bir perde için taşıma kapasitelerini aşmaktadır. Bu da göstermektedir ki, her durumda bina perdeleri yetersiz tasarlanmış ve inşaa edilmiştir.

- ZTADOH kullanılması durumunda, 7 deprem de kullanılsa ortalama değêrler yerine her bir deprem için elde edilen değêrlerin en büyüğünü kullanmak daha güvenli tarafata sonuçlar verecektir.

- ZTADOH yönteminde binanın SAP 2000 analitik modeli oluşturulurken doğrusal olmama durumu taşıyıcı sisteme mafsâl atayarak sağlanmaktadır. Perdelerin modelinde sadece eğilme mafsâl kullanılması ve kesme mafsâlının ihmal edilmesi

analiz sürecinin hatalı olmasına sebep olabilmektedir. Örneğin kesme mafsalı tanımlardan yalnızca eğilme mafsalı tanımlanmış bir perdede eğilmeden dolayı güç tükenmesi gerçekleşmeden kesme göçmesi olabilir ve kesme mafsalı tanımlanmamış olan perde, program tarafından göçmemiş kabul edilerek analize devam eder. Bu durumda gerçekte göçmüş olan perdenin hasar görmemiş gibi sistemde çalışması söz konusu olur. Bu nedenle özellikle tasarımı zayıf olan binalarda perdelerin doğrusal olmayan modelinde eğilme mafsalı ile birlikte kesme mafsalı da tanımlamak gerekmektedir.

- Perdelerin yatay yük taşıma kapasitesini artırdığı ve deprem davranışına olumlu katkı yaptığı açıktır. Fakat bu çalışmada dikkate alınan binada olduğu gibi uygun şartlarda tasarlanmamış perdeler, değil davranışı iyileştirmek aksine daha da kötü hale getirebilmektedir. Herhangi bir deprem etkisi olmadığı halde binadaki bir perde aniden hasar görmüş ve binayı tehlikeli hale getirmiştir.

4.2 Öneriler

Anılan bina perdesi hasar görmüş ve yalnızca hasar gören kısım onarılmıştır. Yapılan bu çalışmada mevcut bina modellenerek sonuçlar elde edilmiştir. Bu bina, farklı güçlendirme teknikleri ve önerileri ile güçlendirilerek deprem performansı ve perde davranışları incelenebilir, elde edilen sonuçlar tez kapsamında yapılan sonuçlarla karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kocaman, C., (2012). Deprem Riskli Binanalrın Tespiti, Çevre ve Şhircilik Bakanlığı, Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Yer Bilimsel Etüt Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- [2] Fintel, M., (1991). "Shear Wall-an answer for seismic resistance", Concrete International, 13(7): 48-53.
- [3] Satpute, S.G. ve Kulkarni, D.B., (2013). "Comparative study of reinforced concrete shear wall analysis in multistoreyed building with openings by nonlinear methods", Int. J of Structural & Civil Eng. Res., 2(3): 183-193.
- [4] Görgülü, O. ve Taşkın B., (2015). "Strength reduction factor variation in school buildings retrofitted by RC infill walls", 8th National Conference on Earthquake Engineering, Mayıs, İstanbul, Turkey.
- [5] Avsar, O. ve Tunaboyu, O., (2014), "Influence of structural walls on the seismic performance of RC buildings during the May 19.2011 Simav earthquake in Turkey", J. of Performance of Constructed Facilities, 28(4): 04014016.
- [6] Koçak, A., Zengin, B. ve Kadioğlu F., (2015). "Performance assessment of irregular RC buildings with shear walls after earthquake", Engineering Failure Analysis, 55: 157-168.
- [7] Burak, B. ve Comlekoglu, H.G., (2013), "Effect of shear wall area to floor area ratio on the seismic behavior of reinforced concrete", J. of Struct. Eng., 139(11): 1928-1937.
- [8] El-Azizy, O.A., Shedid, M.T., El-Dakhakhni, W.W. ve Drysdale, R.G., (2015), "Experimental evaluation of the seismic performance of reinforced concrete structural walls with different end configurations", Engineering Structures, 101: 246-263.
- [9] Dashti, F., Dhakal, R.P. ve Pampanin, S., (2014), "Comparative in-plane pushover response of a typical RC rectangular wall designed by different standards", Earthquakes and Structures, 7(5): 667-689.

- [10] Rao, G.V.R., Gopalakrishnan, N., Jaya, K.P., et al., (2016), "Studies on nonlinear behavior of shear walls of medium aspect ratio under monotonic and cyclic loading", J. of Performance of Constructed Facilities, 30(1)
- [11] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, DBYYHY 2007. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [12] EN Eurocode (2005) Design of structures for earthquake resistance— part 3 assessment and retrofitting of buildings (Eurocode 8). European Union, Brussels.
- [13] FEMA (2000) Prestandard and commentary for the seismic evaluation of buildings (FEMA 356). Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- [14] ATC (1996) Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (ATC40). Applied Technology Council, California [5]T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Yeniden Yapılanma ve Norm Kadro Projesi, www.ogm.gov.tr, 11 Mart 2003.
- [15] SAP 2000,(2009). Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkley, California.
- [16] Koçak, Y. ve Fahjan, Y.M., (2015). "Modeling and Analysis of R/C U-Shear Wall Under Earthquake Loading". Eighth National Conference on Earthquake Engineering, 11-15 Mayıs 2015, Istanbul, Turkey.
- [17] Takede, T., Sozen, M.A. ve Nielsen, N.N., (1970). "Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes", Journal of Structural Division, 96(ST12):2557-2573.
- [18] Chopra, A.K., (2001). Dynamics of Structures, Prentice-Hall, New Jersey
- [19] Katsanos, E. I., Sextos, A. G., Manolis, G. D., (2010), "Selection of Earthquake Ground Motion Records: A state-of-the-art Review from a Structural Engineering Perspective", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 30: 157-169.
- [20] Stewart, J. P., Chiou, S. J., Bray, R. W., Graves, P., Somorville, G., Abrahamson, N. A., (2001), "Groun Motion Evaluation Procedures for Performance-based Design", PEER Report 2001/9, Berkeley.
- [21] Bommer, J.J. ve Acevedo, A., (2004), "The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis", Journal of Earthquake Engineering, 8(1):43-91.
- [22] PEER Strong Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/> smcat.
- [23] Kalyoncuoğlu, Ü. Y., Özer, M. F., Arı, B., Altuncu, S., (2005), "Yeraltı Yapısı Etkisi ve Depreme Dayanıklı Yapılaşma", Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- [24] USGS, U.S. Geological Survey, <http://www.usgs.gov/>
- [25] SeismoMatch (2017). SeismoSoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Pavia, Italy.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Hasan Vehbi ERSOY
Doğum Tarihi ve Yeri : 1962 / Sinop
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta :hasanvehbiersoy@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Yıldız Teknik Üni.	1996
Lise		Gerze Lisesi	1979

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011- devam	Haver İnşaat Ltd. Şti.	Yönetim Kurulu Başkanı
2003-devam	Hasan Vehbi Ersoy İnşaat Turizm Ltd. Şti.	Yönetim Kurulu Başkanı

YAYINLARI

Bildiri

1. Borekci, M., **Ersoy, H.V.** ve Koçak, A., (2017). “Effect of Dimension and Analytical Modelling Technics of U –Shaped Shear Wall on Behavior of RC Buildings”, Fifth International Conference on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering (ACSEE 2017) Mayıs, Roma, İtalya.
2. **Ersoy, H.V.**, Borekci, M. ve Koçak, A., (2018). “Analytical Damage Estimation of an Existing RC Building Suffered a Shear Wall Damage Using Linear and Nonlinear Methods”, 4th International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2018), 02-06 Mayıs, Kiev, Ukrayna. **(Bu tezden üretilmiş bildiridir)**

