



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**PEKLEŞME ETKİSİNİN ORTA KATLI ÇELİK YAPININ
DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BUSHRA FARHAT

İSTANBUL, 2022



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**PEKLEŞME ETKİSİNİN ORTA KATLI ÇELİK YAPININ
DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BUSHRA FARHAT
(190241101)**

**Danışman
(Dr. Öğr. Üyesi Nihan Doğramacı Aksoylar)**

İSTANBUL, 2022



FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
TEZ ONAY FORMU

19/07/2022

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliği Tezli yüksek lisans programı 190241101 numaralı Bushra FARHAT'ın hazırladığı "Pekleşme Etkisinin Orta Katlı Çelik Yapının Deprem Davranışına Etkisi" konulu Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 19/07/2022 Salı günü saat 13:00'da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin Kabulüne Oy Birliği ile karar verilmiştir.

Düzeltilme verilmesi halinde:

Adı geçen öğrencinin Tez Savunma Sınavı .../.../20... tarihinde, saat da yapılacaktır.

Tez adı değişikliği yapılması halinde: Tez adının
.....
şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Karar
1. Dr. Öğr. Üyesi Nihan D. AKSOYLAR (Danışman)	Kabul...
2. Prof. Dr. İbrahim EKİZ	Kabul...
3. Prof. Dr. Müberra E. AYDEMİR	Kabul...

*2. Danışman varsa doldurulması gerekmektedir.

ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Bushra Farhat

PEKLEŞME ETKİSİNİN ORTA KATLI ÇELİK YAPININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

Bushra Farhat

ÖZET

Moment aktaran çelik çerçeve sistemler yüksek süneklik kapasiteleri nedeniyle orta katlı binalarda sıklıkla kullanılırlar. Son yıllarda meydana gelen büyük depremler sonrasında bu yapısal sistemlerin deprem davranışı incelenmiş ve yeni tasarım yönetmeliklerimizde önemli değişikliklere gidilmiştir.

Moment aktaran çelik yapıların deprem davranışları incelenirken yapı malzemesinin yük altındaki davranışının bilinmesi ve gerçekçi olarak modellenebilmesi gerekmektedir. Yapısal tasarım ve analizlerde genellikle çelik malzeme pekleşmeli iki doğrulu elasto plastik malzeme modeli ile tariflenmektedir. 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren “Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar” yönetmeliğinde çelik kesitlerin iki doğrulu iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisinin terk edilebileceği ifade edilmiştir. Buna göre çelik yapıların şekildeğiştirmeye göre tasarımında, yapısal elemanlarda plastik mafsallı modelinin tanımlanmasında kullanılan moment-dönme ilişkisi, pekleşmeli ve pekleşmesiz olarak göz önüne alınabilmektedir. Bu çalışmada plastik mafsallı modellenmesinde dikkate alınan pekleşme etkisinin orta katlı çelik yapıların deprem performansına olan etkisi araştırılmıştır.

Bu amaçla üç farklı kat sayısına sahip çelik çerçeve ÇYTHYE,2016 ve TBDY, 2018’e göre tasarlanmıştır. Daha sonra moment dönme ilişkisinde pekleşme etkisi pekleşmeli ve pekleşmesiz dikkate alınarak çerçevelerin statik itme analizleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiş ve deprem davranışları değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler; Çelik yapılar, Pekleşme etkisi, Deprem davranışı, Statik itme, Dinamik analiz

EFFECT OF STRAIN HARDENING ON THE EARTHQUAKE BEHAVIOR OF STEEL BUILDING

Bushra Farhat

ABSTRACT

Moment resisting steel frame systems are used frequently in medium rise buildings because of their high ductility capacity. After major earthquakes happened in our country the behavior of these structural systems has been examined and significant changes have been made in our new design regulations.

The mechanical behaviour of steel materials should be well known and modeled realistically while investigated earthquake behaviors moment resisting frames. In structural design and analysis, the steel material is generally described with a bilinear elastic plastic material model with hardening. In the “Principles for the Design of Buildings under the Impact of Earthquake” regulation, which entered into force on January 1, 2019, it is stated that the hardening effect can be neglected in bilinear stress-plastic strain relationships.. In this study, the effect of strain hardening, which is considered in the modeling of steel sections was investigated on the earthquake performance of medium-rise steel structures.

For this purpose, steel frames with three different floors are designed according to the regulations of ÇYTHYE,2016 and TBDY, 2018. Stress- plastic strain relationships of plastic hinges are taken into account with two different hardening levels. The seismic performances of three frames are evaluated with nonlinear pushover and nonlinear time history analyses.

Keywords: Steel structures, Strain hardening, Earthquake behavior, Pushover, Dynamic analysis.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, bana her zaman destek olan, tavsiyeleri ve deneyimleriyle yol gösteren danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Nihan DOĞRAMACI AKSOYLAR'a çok teşekkür ederim. Tezimin proje aşamasında desteğini esirgemeyen büyük katkıda bulunan hocam Dr. Öğr. Üyesi Cenk AKSOYLAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince yanımda olan aileme özellikle de sevgili babama ve anneme ve dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz, 2022

Bushra Farhat

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
SEMBOLLER	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR	xiv
1. 2016 ÇELİK YAPILAR YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIM KRİTERLERİ	6
1.1. TASARIM İLKESİ	6
1.2. ENKESİT ÖZELLİKLERİ.....	8
1.3. STABİLİTE TASARIMI	9
1.3.1. Yaklaşık İkinci Mertebe Analiz Yöntemi	9
1.4. DAYANIM TASARIMI	10
1.4.1. Çekme Tasarımı.....	10
1.4.2. Basınç Tasarımı.....	11
1.4.3. Eğilme Tasarımı.....	12
1.4.4. Kesme Tasarımı	13
1.4.5. Eksenel Kuvvet ve Eğilme Momenti Etkisi	13
1.5. KULLANABİLİRLİK TASARIMI	14
2. ÇELİK YAPILARIN 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIM ESASLARI.....	16
2.1. SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK MOMENT AKTARAN ÇELİK ÇERÇEVELER	16
2.1.1. Enkesit Koşulları.....	17
2.1.2. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu	18
2.2. ÖRNEK BİNALARIN TASARIMI.....	19
2.2.1. Taşıyıcı Sistem Tanımı	19
2.2.2. Yük Analizi.....	20

2.2.3. Bina Performans Hedefleri	23
2.2.4. Bina Hakim Doğal Titreşim Periyodu	23
2.2.5. Deprem Yüğü Hesabı	24
2.2.6. Yüğü Birleşimleri.....	25
2.3. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI.....	26
2.3.1. Kiriş Eleman Boyutlandırılması.....	26
2.3.2. Kolon Eleman Boyutlandırılması	30
3. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK İTME ANALİZİ.....	37
3.1. MODAL KAPASİTE DİYAGRAMI.....	38
3.2. DEPREMİN MODAL YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN SPEKTRAL YERDEĞİŞTİRME OLARAK ELDE EDİLMESİ.....	39
3.3. TAŞIYICI SİSTEM GÜVENLİĞİ.....	41
3.4. ÇELİK KİRİŞ VE KOLONLARIN ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI.....	42
3.5. STATİK İTME ANALİZ SONUÇLARI	44
3.5.1. Kapasite Eğrileri.....	44
3.5.2. Kiriş ve Kolonlarda Şekildeğiştirme Sınır Değerleri.....	47
3.5.3. Plastik Mafsal Oluşum Yerleri	48
3.5.4. Kirişlerin Performans Düzeyi.....	51
3.5.5. Kolonların Performans Düzeyi.....	55
4. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ	58
4.1. DEPREM KAYITLARININ SEÇİMİ	58
4.2. DEPREM KAYITLARININ ÖLÇEKLENDİRİLMESİ.....	62
4.3. DİNAMİK ANALİZ SONUÇLARI	65
4.3.1. Taban Kesme Kuvveti ve Tepe Deplasman Değerleri.....	65
4.3.2. Kirişlerde Plastik Mafsal Sayıları	70
4.3.3. Kolonlarda Plastik Mafsal Sayıları.....	74
5. SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME	79
6. KAYNAKLAR	83

SEMBOLLER

A_g	: Kayıpsız enkesit alanı
C_w	: Çarpılma sabiti
E	: Çeliğin elastisite modülü
F_{cr}	: Kritik burkulma gerilmesi
F_e	: Elastik burkulma gerilmesi
F_n	: Karakteristik gerilme
F_y	: Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi
F_u	: Yapısal çelik karakteristik çekme gerilmesi
J	: Burulma sabiti
L	: İlgili kattaki bir kolonun sistem boyu
L_c	: Basınç elemanının burkulma düzlemindeki burkulma boyu
L_b	: Stabilite bağlantısı ile desteklenmeyen eleman uzunluğu
L_p	: Akma sınır durumu için yanal olarak desteklenmeyen sınır uzunluk
L_r	: Elastik olmayan yanal burulmalı burkulma durumu için sınır uzunluk
M_c	: Mevcut eğilme momenti dayanımı (ϕM_n)
M_n	: Karakteristik eğilme momenti
M_r	: YDKT yük birleşimleri için gerekli eğilme momenti dayanımı
M_p	: Plastik eğilme momenti
P_c	: Mevcut eksenel basınç kuvveti dayanımı (ϕP_n)

P_n	: Karakteristik aksenal basınç kuvveti dayanımı
P_r	: YDKT yük birleşimleri için gerekli aksenal kuvvet dayanımı
R_n	: Karakteristik dayanım
ϕ	: Dayanım katsayısı
ϕR_n	: Tasarım dayanımı
V_u	: Kesme kuvveti
$W_{el,x}$: x-x eksenine göre elastik mukavemet momenti
$W_{el,y}$: y-y eksenine göre elastik mukavemet momenti
$W_{pl,x}$: x-x eksenini etrafında plastik mukavemet momenti
$W_{pl,y}$: y-y eksenini etrafında plastik mukavemet momenti
b	: Profil başlık parçası uzunluğu
d	: Profil gövde yüksekliği
h	: Profil yüksekliği
i_x	: x-x yönündeki atalet yarıçapı
i_y	: y-y yönündeki atalet yarıçapı
i_{ts}	: Tasarım atalet yarıçapı
t_w	: Profil gövde kalınlığı
t_f	: Profil başlık parçası kalınlığı
λ	: Yerel burkulma narinlik değeri
θ_g	: Yangın bölümündeki gaz sıcaklığı
θ_y	: Akma dönmesi

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. 1 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu.....	18
Şekil 2. 2 Çerçevelerin geometrik özellikleri	20
Şekil 2. 3 Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY,2018'den alınmıştır)	22
Şekil 3. 1 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi (TBDY 2018)	39
Şekil 3. 2 Modal kapasite ve doğrusal deprem spektrumu ($T_1 > T_B$)	41
Şekil 3. 3 Kesit hasar sınırları ve bölgeleri (TBDY 2018).....	42
Şekil 3. 4 3 Katlı çerçeve kapasite eğrileri	45
Şekil 3. 5 5 Katlı çerçeve kapasite eğrileri	45
Şekil 3. 6 8 Katlı çerçeve kapasite eğrileri	45
Şekil 3. 7 3 Katlı çerçeve modal yerdeğiştirme talebi (pekleşmeli durum)	46
Şekil 3. 8 3 Katlı çerçevelerde plastik mafsall oluşum yerleri.....	48
Şekil 3. 9 5 Katlı çerçevelerde plastik mafsall oluşum yerleri.....	49
Şekil 3. 10 8 Katlı çerçevelerde plastik mafsall oluşum yerleri.....	50
Şekil 4. 1 Yer hareketi kayıtları ve ortalaması elastik spektral ivme-periyot ilişkisini	60
Şekil 4. 2 1994 Northridge depremi Beverly Hills, 9 bileşeni ivme spektrumu ..	63
Şekil 4. 3 3katlı çerçevenin taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı ilişkileri....	67
Şekil 4. 4 5 katlı çerçevenin Taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı ilişkileri .	68
Şekil 4. 5 8 katlı çerçevenin Taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı ilişkileri .	69
Şekil 4. 6 3 katlı çerçeve kirişlerinin pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi	71
Şekil 4. 7 5 katlı çerçeve kirişlerinin pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi	72
Şekil 4. 8 8 katlı çerçeve kirişlerinin pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviye	73

Şekil 4. 9 3 katlı çerçeve kolonları pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi	75
Şekil 4. 10 5 katlı çerçeve kolonları pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi	76
Şekil 4. 11 8 katlı çerçeve kolonları pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi	77
Şekil 4. 12 5 katlı çerçeve 1 no'lu deprem kaydına ait deprem performansı	78

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. 1 Basınç etkisindeki enkesit parçalarının genişlik/kalınlık oranları....	8
Çizelge 1. 2 Eğilme etkisindeki enkesit parçalarının genişlik/kalınlık oranları..	8
Çizelge 2. 1 Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	21
Çizelge 2. 2 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	21
Çizelge 2. 3 Deprem tasarım sınıfları (DTS).....	22
Çizelge 2. 4 Yeni yapılacak binalar için performans hedefi/tasarım yaklaşımı.	23
Çizelge 2. 5 Örnek çerçevelerin hakim titreşim periyotları.....	24
Çizelge 2. 6 Deprem tasarım parametreleri.....	25
Çizelge 3. 1 Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları.....	43
Çizelge 3. 2 Çelik kolonlarda plastik dönme sınırları.....	43
Çizelge 3. 3 Modal kapasite için kullanılan parametreler (3 Katlı çerçeve).....	46
Çizelge 3. 4 Süneklik düzeyi yüksek kirişlerde plastik dönme sınırları (rad)	47
Çizelge 3. 5 Süneklik düzeyi yüksek kolonlarda plastik dönme sınırları (rad)..	47
Çizelge 3. 6 Üç katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri.....	52
Çizelge 3. 7 Beş katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri	53
Çizelge 3. 8 Sekiz katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri	54
Çizelge 3. 9 Üç katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri.....	55
Çizelge 3. 10 Beş katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri	56
Çizelge 3. 11 Sekiz katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri	57
Çizelge 4. 1 Deprem yer hareketi kayıtlarının bilgileri	61
Çizelge 4. 2 Yer hareketi kayıtlarının ölçeklendirme katsayıları	64

KISALTMALAR

BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
ÇYTHYE	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları
DD	Deprem Düzeyi
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
KH	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
GKT	Güvenlik Katsayıları ile Tasarım Yöntemi
GÖ	Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
SH	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
TS	Türk Standartları
TBDY	Türk Bina Deprem Yönetmeliği
YDKT	Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım Yöntemi

GİRİŞ

Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeve sistemleri hem süneklik kapasiteleri yüksek hem de tasarımı ekonomik olduğu için depremselliği yüksek bölgelerde az ve orta katlı binalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yapıların deprem altındaki tasarımında ve değerlendirilmesinde yapı malzemesinin yük altındaki davranışının bilinmesi ve gerçekçi olarak modellenmesi gerekmektedir. Yapısal elemanların elastik bölge aşılmasından bir başka deyişle akma sonrasındaki gerilme- birim şekil değiştirme ilişkisini ifade etmek çeşitli matematiksel malzeme modellerinden yararlanır. Ancak bu malzeme modellerinde doğrusal olmayan bölgedeki davranışı gerçeğe yakın şekilde modelleyebilmek kolay değildir.

Literatürde yapılan çalışmalarda yapısal tasarım ve analizlerde çelik malzeme (kesitler) geçerliliği kanıtlanmış farklı malzeme modelleri kullanılmaktadır. Uluslararası çelik yapı tasarım yönetmeliklerde genellikle basitleştirilmiş elastik-plastik veya rijit-plastik malzeme modelleri kullanılarak malzemenin doğrusal olmayan davranışı dikkate alınır. Ancak gerçekte yapısal çeliğin gerilme-şekildeğiştirme davranışı daha karmaşıktır ve özellikle şekil değiştirme hesaplarında malzemedeki pekleşme etkisi önem kazanmaktadır.

Çelik yapıların şiddetli depremler altında doğrusal olmayan bölgede büyük şekil değiştirme yapabildiği beklenmektedir. Çelik malzemenin plastik şekil değiştirme bölgesinde, şekil değiştirmeler arttıkça akma sınırı yükselir bir diğer ifadeyle plastik şekil değişime karşı direnci artar. Bu duruma pekleşme denir ve plastik deformasyon (yükleme) boyunca akma yüzeyinin şeklinin ve boyutunun değişimi olarak tanımlanır. Bu nedenle çelik yapısal eleman kesitlerinde elastik ötesi bölgede şekil değiştirmeler ilerledikçe pekleşme etkisiyle kesit taşıma güçlerinde artış meydana gelir. Yapısal tasarım sürecinde pekleşme etkisinin ihmal edilmesi güvenli tarafta kalan bir yaklaşım gibi görünse de yapısal elemanların deprem davranışlarının belirlenmesi için bu elemanların gerçeğe en yakın şekilde modellenmesi önem arz etmektedir.

Tezin Amacı

Çelik yapıların deprem davranışları incelenirken yapı malzemesinin yük altındaki davranışının bilinmesi ve gerçekçi olarak modellenmesi önemlidir. TBDY 2018’de analizlerde dikkate alınacak çelik malzeme için (kesitler) pekleşmeli iki doğrulu elasto plastik malzeme modeli kullanılmaktadır. Bununla birlikte doğrusal olmayan davranışın modellenmesinde yığılı plastik mafsal yaklaşımı için TBDY 2018 5.3.1.6 maddesinde çelik kesitlerin iki doğrulu iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) terk edilebileceği ifade edilmiştir. Bu çalışmada plastik mafsal modellenmesinde kullanılan iç kuvvet- plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisinin göz önüne alınmasının orta katlı çelik yapıların deprem performansına olan etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışmanın ilk aşamasında Türkiye’de inşaat ve çelik yapılar sektörü açısından büyük önem taşıyan 4 Şubat 2016 tarihinde yayımlanan ve 1 Eylül 2016 tarihinde yürürlüğe giren “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik” ve 18 Mart 2018 yılında tarihinde yayımlanan ve 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren “Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar” yönetmeliklerine göre 3 katlı, 5 katlı ve 8 katlı süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveler tasarlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında doğrusal olmayan davranışın modellenmesinde kullanılan iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarındaki pekleşme etkisinin tasarımı yapılan üç farklı kat sayısına sahip çelik çerçevelerin deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Daha sonra doğrusal olmayan statik (pushover) analiz ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri kullanılarak 6 çerçevenin deprem performansları değerlendirilmiştir.

Tezin Akışı

Bu tezde yapılan çalışmalar iki aşama altında gruplandırılabilir. İlk aşamada pekleşme etkisini inceleyeceğimiz çerçevelerin tasarımı gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise tasarlanan çerçevelerin deprem performansları incelenmiş ve

karşılaştırılmıştır. Bu iki aşamada incelediğimiz çalışmalar altı bölüm halinde sunulmuştur.

Birinci bölümde problemin tanımının açıklandığı giriş, tezin amacı ve tezin akışı verilmiştir. Ardından çelik yapılarda pekleşme etkisinin incelendiği önceki yıllarda yapılmış çalışmalar hakkında literatür bilgisi verilmiştir.

İkinci bölümde 2016 tarihinde yürürlüğe giren “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik” göre çelik yapıların tasarımı kriterleri özetlenmiştir.

Örnek çerçevelerin tasarımı üçüncü bölümde ele alınmıştır. Bu bölümde ilk olarak 2018 “Türk Bina Deprem Yönetmeliğine” göre süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerin tasarım esasları açıklanmıştır. İkinci kısımda ise örnek binaların taşıyıcı sistemin tanımı, yük analizleri, bina performans hedefleri, bina hakim doğal titreşim periyodu, deprem yükü ve yük birleşimleri verilmiştir. Son olarak, örnek yapılar tasarlanmış ve kesit boyutları, periyotları ve kat öteleme değerleri özet halinde sunulmuştur. Taşıyıcı sistemlerin tasarım ve boyutlandırma aşamalarında SAP2000,2018 ve Excel programları kullanılmıştır.

Dördüncü bölümde tasarlanan örnek çerçevelerin doğrusal olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla önce statik itme analizi açıklanmış ve yapılan kabuller ifade edilmiştir. Ardından üç farklı kat yüksekliğine sahip çerçevelerin statik itme analizleri sonucu deprem performansları değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde ise tasarlanan örnek çerçevelerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz açıklanmıştır. Bu bölümde dinamik analizlerde kullanılan deprem kayıtlarının seçimi, normalizasyonu ve ölçeklendirilmesi anlatılmıştır. Son olarak dinamik analizler sonucu çerçevelerin deprem performansları değerlendirilmiştir.

Son bölüm olan altıncı bölümde ise statik itme ve dinamik analizler sonucunda elde edilen tüm sonuçları karşılaştırılmalı olarak ve özet halinde verilmiştir.

Literatür Araştırması

Deprem etkisindeki çelik yapıların tasarımında ve değerlendirilmesinde yapı malzemesinin yük altındaki davranışının bilinmesi ve gerçekçi olarak modellenmesi oldukça önemlidir. Çelik malzemenin gerilme - birim şekil değiştirme ilişkisini ifade etmek kullanılan çeşitli matematiksel malzeme modelleri mevcuttur. Literatürde bu malzeme modellerinin çelik yapı sistemleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çok çalışma söz konusudur. Bu çalışmalar neticesinde malzeme modelleri yönetmeliklerde de yer almıştır. Bu bölümde çelik yapıların malzeme modellemesinde özellikle pekleşme etkisinin dikkate alındığı çalışmalar incelenerek sunulmuştur.

Kato (1990) çalışmasında moment aktaran çelik çerçevelerde akma sonrasında pekleşme etkisinin elastik ötesi davranışa olan etkisini incelemiştir. Çalışmada 9 katlı, 3 açıklıklı bir çerçeve sisteminin deprem altındaki davranışı dinamik analizlerle belirlenmiştir. Analizlerde çerçevenin kiriş ve kolon elemanlarının malzeme modellerini farklı pekleşme oranlarını dikkate alarak kurmuş ve elemanların deformasyon kapasiteleri belirlemiştir. Çalışmanın sonucunda, çelik elemanların plastik deformasyon kapasitesi temel malzemesinin akma oranına bağlı olduğunu ve yapısal performansı iyileştirmek için akmanın üst sınır değeri veya akma dayanımının üst sınırı her çelik sınıfı için malzeme standardında belirtilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Gardner ve Wang (2011) yılında yaptığı çalışmada çelik yapıların tasarım ve davranışına pekleşmenin etkisini hem teorik hem de deneysel olarak incelemiştir. Çalışmada izostatik ve hiperstatik sistemlerin önerilen "Sürekli Mukavemet Yöntemi" kullanılarak deformasyon kapasiteleri belirlenmiştir. Daha sonra Eurocode yönetmeliğine uygun olarak 20 kolon, 6 basit kiriş ve 12 sürekli kirişin çekme deneylerini gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda önerilen metod ile deneysel çalışma karşılaştırılmış ve izostatik ve hiperstatik sistemler üzerinde pekleşmenin oldukça etkili olduğu ifade edilmiştir.

Foster ve Gardner (2015) çalışmalarında ortalama enkesit özelliklerinin bünye bağıntıları üzerindeki etkisini araştırmak için bir dizi deney yapmışlardır. Bu

deneylerde pratik tasarımda elastik doğrusal pekleşme modelini geliştirmek için yenilikçi bir kesit çekme deneyi yöntemini kullanmışlardır. Deney sonuçları Sürekli Mukavemet Yöntemi” ile doğrulanmıştır. Çalışmanın sonucunda enkesit çekme deneylerinin genel davranışı elastik doğrusal pekleşen malzeme modelinin yeterli yaklaşıklıkla sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca Eurocode 1993-1-5’de verilen pekleşmenin büyüklüğünün oldukça konservatik olduğunu belirtmişlerdir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. 2016 ÇELİK YAPILAR YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIM KRİTERLERİ

Günümüzde çelik yapı sistemlerinin tasarımında esas olarak iki farklı tasarım yöntemi: i) Emniyet gerilmeleri esaslı tasarım ve ii) Taşıma gücü esaslı tasarım kullanılmaktadır. Emniyet gerilmeleri esasına dayalı tasarım yöntemi uzun yıllar çelik yapıların tasarımında kullanılan en önemli boyutlandırma ilkesi olmuştur. Ancak son 50 yılda taşıma gücü esaslı tasarım yönteminin kullanımı yaygınlaşarak yönetmeliklere girmiştir.

2016 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları” (ÇYTHYE) yönetmeliğinde çelik yapıların tasarımı taşıma gücü esaslı tasarım yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır. Yönetmelikte “Güvenlik Katsayıları ile Tasarım Yöntemi” (GKT) ve “Yük Ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım Yöntemi” (YDKT) olarak adlandırılan iki tasarım yaklaşımına göre hesap adımları verilmiştir. Her iki tasarım yaklaşımında da göçme aynı sınır durumlar için tanımlanmış ve tasarım ifadeleri karakteristik dayanıma bağlı olarak tanımlanmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan çerçeve sistemlerinin tasarımı ÇYTHYE, 2016 yönetmeliğinde verilen YDKT yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu bölümde ilk olarak tasarım süreci hakkında genel bilgi verilmiştir. Daha sonra analizlerde kullanılan çerçevelerin genel özellikleri ve tasarım süreçleri açıklanmıştır.

1.1. TASARIM İLKESİ

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT), tüm yapısal elemanlar için, tasarım dayanımının tüm yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanımına eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır (ÇYTHYE, 2016).

$$R_u \leq \phi R_n \quad (1.1)$$

Burada

R_u : YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

R_n : Karakteristik dayanım.

ϕ : Dayanım katsayısı.

ϕR_n : Tasarım dayanımı.

ÇYTHYE 2016 yönetmeliğine göre YDKT tasarım yönteminde gerekli dayanım, R_u , aşağıda verilen yük birleşimleri kullanılarak belirlenecektir.

- 1) 1.4G
- 2) 1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r veya S veya R)
- 3) 1.2G + 1.6(Q_r veya S veya R) + (Q veya 0.8W)
- 4) 1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r veya S veya R) + 1.6W
- 5) 1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E
- 6) 0.9G + 1.6W
- 7) 0.9G + 1.0E

Bu yük birleşimlerinde yer alan yükler aşağıda açıklanmıştır.

G : sabit yük

Q : hareketli yük

Q_r : çatı hareketli yükü

S : kar yükü

R : yağmur yükü

W : rüzgâr yükü

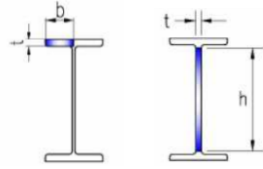
E : deprem etkisi

Bu çalışmada çelik yapı elamanlarının ve birleşimlerinin tasarımı ÇYTHYE 2016 yönetmeliğinde verilen işletme ömrü boyunca kendisinden beklenen tüm fonksiyonları belirli bir güvenlik altında yerine getirebilecek düzeyde dayanım, kararlılık ve rijitliğe sahip olacak şekilde yapılmıştır. Bu amaçla çelik çerçevelerin tasarımı dayanım ve kullanılabilirlik sınır durumları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

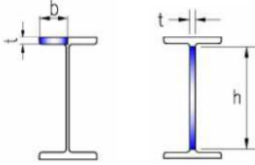
1.2. ENKESİT ÖZELLİKLERİ

Çelik yapı eleman boyutlarının hesaplanmasında etkili olacak sınır durumun belirlenmesinde kesit yerel burkulma davranışlarına göre yapılan sınıflandırılma dikkate alınır. Bu sınıflandırma eleman enkesitini oluşturan enkesit parçalarının genişlik / kalınlık oranlarına bağlı olarak tanımlanmıştır. Basınç elemanlarının genişlik / kalınlık oranının, λ , **Çizelge 1.1**' de verilen λ_r sınır değerini aşmadığı enkesitler narin olmayan enkesit, en az bir enkesit parçasının genişlik/kalınlık oranının λ_r sınır değerini aştığı enkesitler narin enkesit olarak sınıflandırılır. Benzer şekilde eğilme momentinin basınç bileşeni etkisi için elemanlarının genişlik / kalınlık oranının, λ , **Çizelge 1.2**' de verilen λ_p sınır değerini aşmaması gerekir. Eğer bir veya daha fazla basınç elemanının genişlik/kalınlık oranı λ_p sınırını aşıyor ama λ_r sınırını aşmıyorsa, kesitler kompakt olmayan kesit olarak nitelendirilir. Eğer herhangi bir elemanın genişlik/kalınlık oranı, λ_r sınırını aşıyorsa kesit narin kesit olarak tanımlanır.

Çizelge 1. 1 Basınç etkisindeki enkesit parçalarının genişlik/kalınlık oranları.

Tanım	Genişlik/Kalınlık	Genişlik/Kalınlık	Enkesit
	λ	λ_r	
Hadde I profillerin başlıkları	b/t	$0.56 \sqrt{E/F_y}$	
Çift simetri eksenli I profil gövdeleri	h/t_w	$1.49 \sqrt{E/F_y}$	

Çizelge 1. 2 Eğilme etkisindeki enkesit parçalarının genişlik/kalınlık oranları.

Tanım	Genişlik/Kalınlık	Genişlik/Kalınlık	Genişlik/Kalınlık	Enkesit
	λ	λ_p	λ_r	
Hadde I profillerin başlıkları	b/t	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$1.00 \sqrt{E/F_y}$	
Çift simetri eksenli I profil gövdeleri	h/t_w	$3.76 \sqrt{E/F_y}$	$5.70 \sqrt{E/F_y}$	

1.3. STABİLİTE TASARIMI

Yapı sistemlerinin stabilite tasarımı hem yapısal elemanlarda hem de taşıyıcı sistemin genelinde stabilite kayıplarının olmamasına dayanır. Yapı sistemlerinin stabilitesini elemanların eğilme, kayma, eksenel şekildeğişimleri ve yapı sisteminin yerdeğiştirmesi, geometrik ön kusurlar ve ikinci mertebe etkileri gibi faktörler etkilemektedir.

ÇYTHYE, 2016 yönetmeliğine göre elemanların gerekli dayanımı, hem eleman şekildeğiştirmesine ait $(P - \delta)$ (yatay ötelemesi önlenmiş sistemlerde, eleman şekildeğiştirmesine ait ikinci mertebe etkileri) hem de sistem yerdeğiştirmesine ait $(P - \Delta)$ yatay ötelemesi önlenmemiş sistemlerde, sistem yerdeğiştirmesine ait ikinci mertebe etkileri) etkilerini hesaba katan ikinci mertebe analiz yöntemleri kullanılarak belirlenebilir. Bu yöntemlerin yanı sıra yönetmelikte ikinci mertebe etkilerin doğrudan doğruya hesaba katılması yerine uygulanabilecek “yaklaşık ikinci mertebe analiz” yöntemi de verilmiştir. Bu yöntem birinci mertebe analiz yöntemi kullanılarak elde edilen iç kuvvetlerin (P ve M) belirli katsayılarla artırılması prensibine dayanmaktadır.

1.3.1. Yaklaşık İkinci Mertebe Analiz Yöntemi

Yapısal sistem elemanlarının ikinci mertebe etkilerini içeren gerekli ikinci mertebe eğilme momenti dayanımı M_r , ve gerekli eksenel kuvvet dayanımı P_r sırasıyla aşağıda verilen denklemler kullanılarak hesaplanacaktır.

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{1t} \quad (1.2)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{1t} \quad (1.3)$$

Burada

- B₁ : Eğilme ve basınç etkisindeki her elemanda P- δ etkisini göz önüne almak için büyütme katsayısı, basınç etkisinde olmayan elemanlarda B₁ katsayısı 1.0 olarak alınır.
- B₂ : Yapının her katında P- Δ etkisini göz önüne almak için büyütme katsayısı
- M_{1t} : YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan ikinci mertebe etkileri içeren gerekli eğilme momenti dayanımı.

- P_r : YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan ikinci mertebe etkileri içeren gerekli eksenel kuvveti dayanımı.
- M_{nt} : Yatay ötelenmesi önlenmiş sistemde, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan birinci mertebe eğilme momenti.
- P_{nt} : Yatay ötelenmesi önlenmiş sistemde, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında hesaplanan birinci mertebe eksenel kuvvet.
- M_{1t} : Yapı sistemin sadece yanal ötelenmesi sonucu, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında ilgili elemanda oluşan birinci mertebe eğilme momenti .
- P_{1t} : Yapı sistemin sadece yanal ötelenmesi sonucu, YDKT veya GKT yük birleşimleri altında ilgili elemanda oluşan birinci mertebe eksenel kuvvet.

1.4. DAYANIM TASARIMI

Dayanım tasarımı, çelik yapı elemanları ve birleşimlerinde dayanım ve stabilite yetersizliği nedeniyle yerel veya genel göçme oluşumlarını tanımlayan tüm dayanım sınır durumları için yeterli kapasiteye sahip olmasıdır. Bu çalışmada tasarlanan çerçeve elemanlarının eksenel çekme kuvveti etkisi, eksenel basınç kuvveti etkisi, eğilme momenti etkisi, eğilme momenti ve eksenel kuvvet etkisi (bileşik etkiler) ve kesme kuvveti etkisi altındaki tasarım dayanımlarının hesaplanması kısa bir şekilde anlatılmıştır.

1.4.1. Çekme Tasarımı

Tasarım çekme kuvveti dayanımı $\phi_t T_n$, eksenel çekme kuvveti etkisindeki elemanın, akma sınır durumu ve kırılma sınır durumlarına göre hesaplanacak dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır (ÇYTHYE, 2016).

Akma sınır durumunu için karakteristik çekme kuvveti dayanımı:

$$T_n = F_y A_g \quad (1.4)$$

Kırılma sınır durumunu için karakteristik çekme kuvveti dayanımı:

$$T_n = F_u A_e \quad (1.5)$$

Burada

A_e : Etkin net enkesit alanı

- A_g :Kayıpsız enkesit alanı
 F_y :Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi
 F_u :Yapısal çelik karakteristik çekme gerilmesi

1.4.2. Basınç Tasarımı

Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_n , eksenel basınç etkisindeki elemanın enkesit asal eksenlerinden herhangi biri etrafında eğilmeli burkulma, burulmalı burkulma ve/veya eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumlarına göre hesaplanacak dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır (ÇYTHYE, 2016).

Narin olmayan enkesitli elemanların eğilmeli burkulma sınır durumunda karakteristik basınç kuvveti dayanımı,

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (1.6)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada kritik burkulma gerilmesi, F_{cr} , aşağıdaki denklemler kullanılarak belirlenir:

$$\frac{L_c}{i} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (1.7)$$

$$\frac{L_c}{i} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{cr} = 0.877 F_e \quad (1.8)$$

Elastik burkulma gerilmesi F_e ,

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i} \right)^2} \quad (1.9)$$

şeklinde hesaplanır. Burada:

- L_c : Eleman burkulma boyu
 i : Atalet yarıçapı
 F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi

F_e : Elastik burkulma gerilmesi

1.4.3. Eğilme Tasarımı

Eğilme etkisindeki elemanların karakteristik eğilme momenti dayanımı olası her bir göçme sınır durumu için belirlenecek dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır (ÇYTHYE, 2016).

Güçlü eksen etrafında eğilmeye maruz gövde ve başlık parçaları kompakt olan çift simetri eksenli I-enkesitli elemanların karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n ,

$$L_b \leq L_p \quad \text{ise} \quad M_n = M_p = F_y W_{px} \quad (1.10)$$

$$L_p < L_b \leq L_r \quad \text{ise} \quad M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y W_{ex}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (1.11)$$

$$L_b > L_r \quad \text{ise} \quad M_n = F_{cr} W_{ex} \leq M_p \quad (1.12)$$

olarak hesaplanır. Burada

M_n : Karakteristik eğilme momenti dayanımı

M_p : Plastik eğilme momenti

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi

W_{px} : x-ekseni etrafında plastik mukavemet momenti

L_b : Yatay ötelemeye karşı basınç başlığının tutulu olduğu noktalar arasındaki mesafe

L_r : Yanal burkulmanın elastik olmayan bölgede oluşması için gereken mesnetlenmemiş mesafedir ve **Denklem 1.13** ile belirlenir.

$$L_r = 1.95 i_s \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{W_{ex} h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{W_{ex} h_0} \right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E} \right)^2}} \quad (1.13)$$

L_p : Plastik eğilme kapasitesine ulaşmak için gereken mesnetlenmemiş mesafe olarak ifade edilir ve **Denklem 1.14** ile belirlenir.

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (1.14)$$

Kiritik gerilme, F_{cr} , aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{W_{ex} h_0} \left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \quad (1.15)$$

i_{ts} : etkin atalet yarıçapı:

$$i_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{ht_w}{b_f t_f}\right)}} \quad (1.16)$$

C_b moment düzeltme katsayısı aşağıdaki denklemden hesaplanır:

$$C_b = \frac{12.5M_{maks}}{2.5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (1.17)$$

Yukarıdaki denklemede verilen M_A , M_B ve M_C momentleri, elemanın serbest uzunluğunun sırasıyla $\frac{1}{4}$ 'ü, $\frac{1}{2}$ 'si ve $\frac{3}{4}$ 'ü noktalarındaki eğilme momentleridir. M_{maks} ise elemanda oluşan maksimum momentin mutlak değeridir.

1.4.4. Kesme Tasarımı

Kesme kuvveti etkisindeki elemanın karakteristik kesme kuvveti dayanımı, V_n

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1} \quad (1.18)$$

denklemleri ile belirlenir. Burada,

C_{v1} : Gövde kesme kuvveti dayanım katsayısı

A_w : Gövde alanı

1.4.5. Eksenel Kuvvet ve Eğilme Momenti Etkisi

Eksenel basınç kuvveti ve eğilme etkisindeki çift ve tek simetri eksenli elemanların tasarımında ÇYTHYE, 2016 yönetmeliğinde verilen etkileşim denklemleri,

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ için} \quad \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (1.19)$$

$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2 \text{ için} \quad \frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (1.20)$$

sağlanmalıdır. Denklemlerdeki terimler

- P_r : YDKT yük birleşimleri için gerekli eksenel kuvvet dayanımı
 P_c : Mevcut eksenel basınç kuvveti dayanımı (ϕP_n)
 M_r : YDKT yük birleşimleri için gerekli eğilme momenti dayanımı
 M_c : Mevcut eğilme momenti dayanımı (ϕM_n)

1.5. KULLANILİRLİK TASARIMI

Kullanılabilirlik sınır durumları, yapının veya elemanların kalite seviyesini tanımlar ve yapının kullanım amacına göre belirlenir. Kullanılabilirlik, öngörülen normal kullanım koşulları ve yükleri altında, yapının kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getirmesi, dış görünümünün ve çevresel etkilere karşı dayanıklılığının korunması, yapısal olmayan elemanların olumsuz etkilenmemesi, kullanıcıların konforunun sağlanması gibi durumların tümü olarak tanımlanır.

Kullanılabilirlik sınır durumları, öngörülen belirli yük birleşimleri altında, yapı sisteminin yerdeğiştirme ve ivme gibi davranış büyüklüklerine ait sınırlar ile tanımlanır. Yapılarda kullanılabilirlik sınır durumunun aşılması, genellikle yapı işlevinin bozulması veya azalması anlamına gelir. Moment dayanımlı çelik çerçevelerde yapı işlevini etkileyen iki önemli kullanılabilirlik sınır durumu; sehim ve yatay ötelemedir.

ÇYTHYE, 2016 yönetmeliğine göre kullanılabilirlik sınır durumlarının kontrollerinde, G sabit yükleri, Q hareketli yükleri, S kar yüklerini ve W rüzgar yüklerini göstermek üzere,

- sabit yükler ve hareketli yükler veya kar yükleri altındaki düşey yerdeğiştirme kontrollerinde ($G + Q$) ve ($G + 0.5S$) yük birleşimleri,
- yatay yerdeğiştirme kontrollerinde ($G + 0.5Q + W$) yükleme birleşimi

kullanılmalıdır. Bu kontrollerde, sabit ve hareketli yükler (kar yükleri) altında hesaplanan toplam düşey yerdeştirmelerin açıklığa oranı için 1/300 sınır değeri verilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇELİK YAPILARIN 2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE TASARIM ESASLARI

Depreme dayanıklı bina tasarımında yönetmelikler taşıyıcı sistemlerin yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik koşullarını sağlayacak şekilde tasarlanması yaklaşımını benimser. Çelik yapısal sistemler üstün mekanik özellikleri, ekonomik tasarım olanakları, yüksek süneklik kapasitelerini, rijitlikleri, dayanımları ve sürdürülebilir bir malzeme olması nedeniyle depremselliği yüksek bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri, depreme karşı davranışları bakımından, üç sınıfa ayrılmıştır. Bunlar i) Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler, ii) Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler ve iii) Süneklik Düzeyi Karma Sistemlerdir. Süneklik düzeyi yüksek sistemlerin şiddetli depremler altında dayanımında önemli bir azalma, stabilite kaybı veya göçme olmadan büyük elastik ötesi şekil değiştirme yapabilmesi istenir ve tasarım esasları bu amaca uygun olarak belirlenir.

Bu bölümde tez çalışması kapsamında dikkate alınan süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeve sistemlerinin tasarımı için TBDY, 2018’de verilen esaslar kısaca açıklanmıştır.

2.1. SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK MOMENT AKTARAN ÇELİK ÇERÇEVELER

TBDY, 2018 süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveleri, deprem etkileri altında kirişlerinin önemli ölçüde, kiriş-kolon birleşimlerinin kayma bölgesinin ise sınırlı miktarda doğrusal olmayan şekilde değiştirme yapabilme özelliğine sahip olacak şekilde tasarlar. Bu sistemlerin kirişleri ve kolonları deprem etkisi içeren yük birleşimleri esas alınarak boyutlandırılırlar. Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin düğüm noktalarında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlanması gerekmektedir.

2.1.1. Enkesit Koşulları

Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeve kiriş ve kolon eleman enkesitlerinin başlık genişliği / kalınlığı (b/t) ve gövde yüksekliği / kalınlığı (h/t_w) oranları TBDY, 2018 Tablo 9.3’de verilen sınır değerleri aşmayacaktır. TBDY, 2018’e göre süneklik düzeyi yüksek elemanlar için λ_{hd} sınır değerleri aşağıda verilmiştir.

I kesitlerin başlıkları (rijitleştirilmemiş elemanlar)

$$\frac{b_f}{2t_f} < 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.1)$$

I kesitlerin gövdeleri (rijitleştirilmiş elemanlar)

$$\frac{h}{t_w} < 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.2)$$

$C_a \leq 0.125$ olması durumunda I kesitlerde, h / t_w sınır değeri $2.45 \sqrt{E/F_y}$ yi aşmamalıdır.

Süneklik düzeyi elemanlar olarak tasarlanan kirişlerin alt ve/veya üst başlıkları yanal burkulmaya karşı belirli sınır değeri aşmayacaktır. Kiriş için yanal destek elemanları arasındaki en büyük uzaklık **Denklem 2.3**’de verilen şartı sağlamalıdır.

$$L_b \leq 0.086 i_y \frac{E}{F_y} \quad (2.3)$$

2.1.2. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçevelerin her bir kiriş-kolon düğüm noktasında, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, **Denklem 2.4** ile uyumlu olarak kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlandığı gösterilecektir (**Şekil 2.1**).

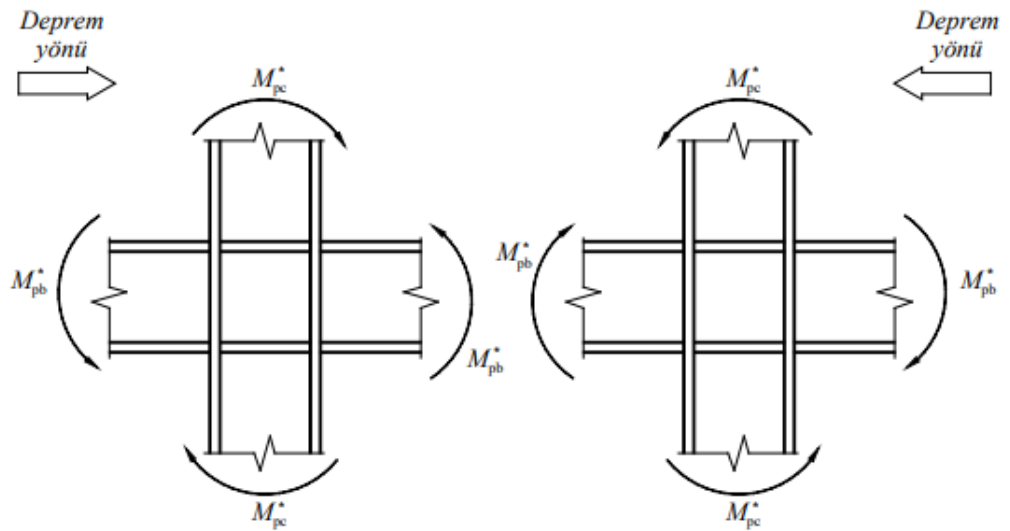
$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1.0 \quad (2.4)$$

M_{pc}^* ve M_{pb}^* sırayla kolon ve kiriş eğilme momenti kapasitelerini ifade eder ve aşağıdaki denklemlerden hesaplanır,

$$\sum M_{pc}^* = \sum W_{pc} (F_{yc} - P_{uc} / A_g) \quad (2.5)$$

$$\sum M_{pb}^* = \sum (1.1R_y F_{yb} W_{pb} + M_{uv}) \quad (2.6)$$

Burada, W_{pb} , kiriş plastik mukavemet momentini, W_{pc} olon plastik mukavemet momentini ve R_y , olası akma gerilmesinin karakteristik akma gerilmesine oranını ifade eder. P_{uc} : arttırılmış deprem etkileri gözönüne alınarak, (YDKT) yük birleşimleri için hesaplanan gerekli aksenal basınç kuvveti ve M_{uv} ise (YDKT) yük birleşimleri esas alınarak, kiriş uçlarında olası plastik mafsal noktasındaki kesme kuvveti nedeniyle kolon ekseninde meydana gelen ek eğilme momenti değeridir.



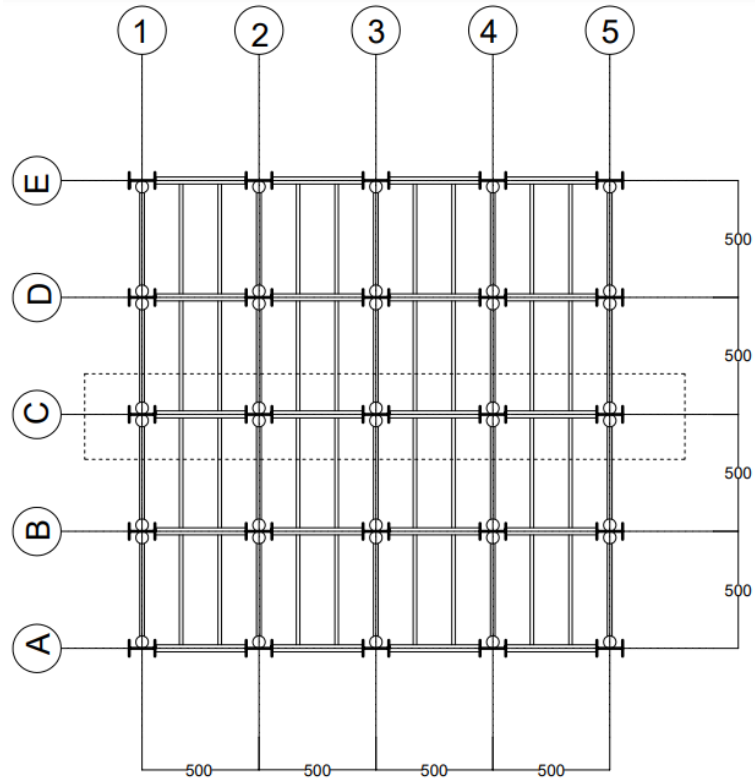
Şekil 2. 1 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu

2.2. ÖRNEK BİNALARIN TASARIMI

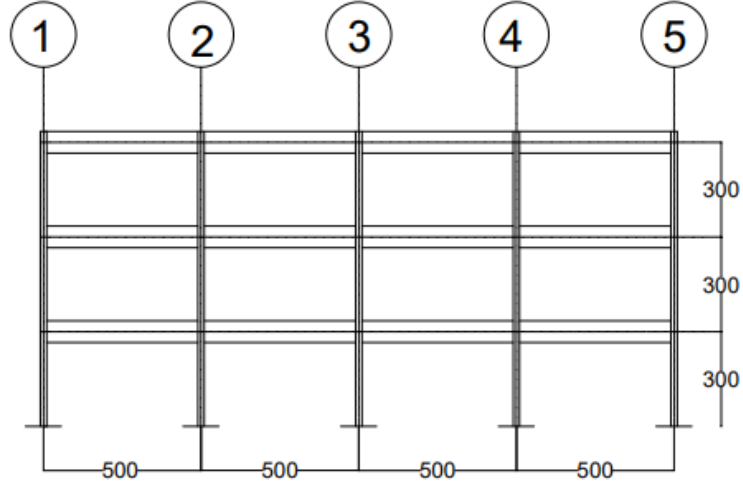
2.2.1. Taşıyıcı Sistem Tanımı

Bu çalışmada incelenen yapılarda, tüm çerçeveler süneklik düzeyi yüksek yatay yük taşıyan çerçeve olarak düzenlenmiştir. Örnek yapıların taşıyıcı sistemi, doğu batı doğrultusunda moment aktaran çelik çerçevelerden, kuzey güney doğrultusunda merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşmuştur. Tasarlanan yapıların taşıyıcı sisteminin simetrik ve düzenli olarak yerleştiği bir kat planı seçilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, plastik mafsallı modellemesinde kullanılan iç kuvvet şekildeğiştirme ilişkisindeki pekleşmenin yapı davranışı üzerindeki etkisinin incelenmesi olduğu için moment aktaran iç bir çerçevenin tasarımı yapılmış ve davranışı değerlendirilmiştir. Örnek yapılar her iki doğrultuda dört açıklıklı ve 5.00m aks aralıklarına sahip olarak düzenlenmişlerdir. Aynı kat planına sahip yapılar 3 katlı, 5 katlı ve 8 katlı olarak tasarlanmıştır. Kat yükseklikleri zemin kat dahil tüm katlarda 3.00m alınmıştır. **Şekil 2.2'**de örnek yapılara ait kat planı ve üç katlı yapının boy kesiti verilmiştir.



a) örnek yapıların planı



b) üç katlı yapının boykesiti

Şekil 2. 2 Çerçevelerin geometrik özellikleri

2.2.2. Yük Analizi

Yapıların tasarımında dikkate alınan düşey yük değerleri TS498 yük şartnamesi kullanılarak belirlenmiştir. Deprem yüklerinin ve yükleme kombinasyonlarının belirlenmesinde ise TBDY, 2018 dikkate alınmıştır. Yapıların tasarımında dikkate alınan tüm yükler aşağıda açıklanmıştır.

Düşey yükler

Yapıların kullanım amacının işyeri olduğu kabul edilerek katlara etkiyen sabit ve hareketli yükler TS498'e göre belirlenmiştir. Sabit yükler belirlenirken yapıda bulunan sabit yüklerin (döşeme betonu, kaplama, sıva vb.) yanı sıra taşıyıcı sistem elemanlarının zati ağırlığı ile tesisat ağırlıkları da hesaba katılmıştır. Bu çalışmada normal kat döşemesi için sabit yük $g = 4.50 \text{ kN} / \text{m}^2$, hareketli yük $q = 3.50 \text{ kN} / \text{m}^2$ kabul edilmiştir.

Deprem Yüğü

Binaların deprem parametreleri belirlenirken depremselliği yüksek bölgelerde yapıldıkları dikkate alınmıştır. Yerel zemin sınıfı ZC olarak kabul edilmiş ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre Türkiye Deprem Yer Hareketi haritaları kullanılarak spektral ivme katsayıları, kısa periyot için, $S_s = 1.2$, 1 sn periyot için

$S_1 = 0.5$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca binaların kullanım amacı işyeri olarak tasarlandığından, bina kullanım sınıfı, BKS = 3, bina önem katsayısı, $I = 1.0$ olarak alınmıştır.

Tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} ,

$$S_{DS} = S_s \times F_s \quad (2.7)$$

$$S_{D1} = S_1 \times F_1 \quad (2.8)$$

kullanılarak hesaplanmıştır. Burada F_s ve F_1 , yerel zemin etki katsayılarıdır ve yerel zemin sınıfları ile yer hareketi parametrelerine bağlı olarak Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2 kullanılarak belirlenir.

Çizelge 2. 1 Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

Çizelge 2. 2 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

$$S_{DS} = 1.20 \times 1.2 = 1.44 \quad (2.9)$$

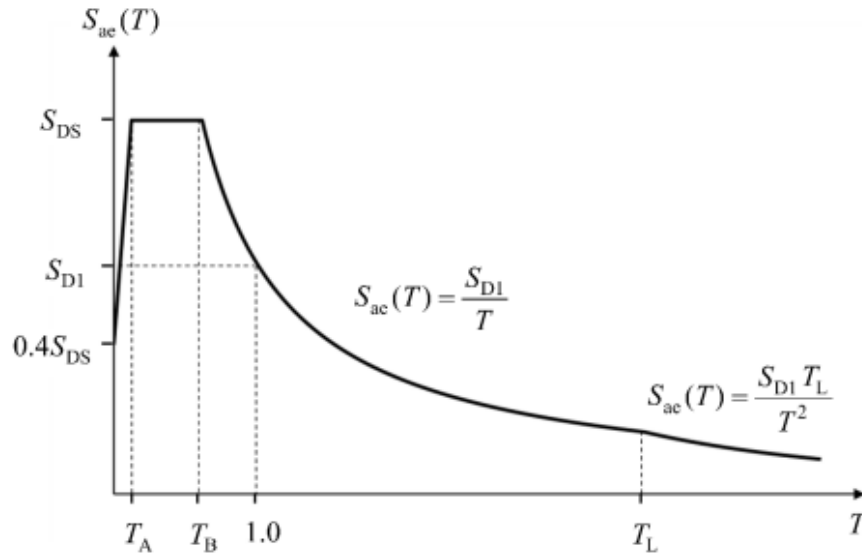
$$S_{D1} = 0.50 \times 1.5 = 0.75 \quad (2.10)$$

Kısa periyot spektral ivme katsayısı $S_{DS} = 1.44 \geq 0.75$ ve BKS = 3 olduğundan dolayı **Çizelge 2.3**'e göre deprem tasarım sınıfı DTS = 1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. 3 Deprem tasarım sınıfları (DTS).

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Belirlenen tasarım ivme spektrum değerlerine göre, TBDY 2018'de tanımlanan yatay elastik tasarım spektrumu **Şekil 2.3**'de verilmiştir.



Şekil 2. 3 Yatay elastik tasarım spektrumu (TBDY,2018'den alınmıştır)

2.2.3. Bina Performans Hedefleri

TBDY, 2018’de binaların performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları deprem yer hareketi düzeyleri ve deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak **Çizelge 2.4’de** verilmiştir. Bu çalışmada incelenen yapıların deprem yer hareketi düzeyleri DD-2 ve deprem tasarım sınıfları DTS = 1 olduğundan bina performans hedefi “Kontrollü Hasar” (KH) ve tasarım yaklaşımı “Dayanıma Göre Tasarım” (DGT) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. 4 Yeni yapılacak binalar için performans hedefi/tasarım yaklaşımı.

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Çalışmanın temel amacı pekleşmenin etkisinin incelenmesi olduğundan dayanıma göre tasarımın (DGT) yanı sıra şekil değiştirmeye göre tasarım yönteminde kullanılmıştır.

2.2.4. Bina Hakim Doğal Titreşim Periyodu

Binaların hakim doğal titreşim periyodu T_p , SAP2000 analiz programı kullanılarak hesaplanmıştır. TBDY, 2018’e göre bina hakim doğal titreşim periyodu T_p , **Denklem 2.11’de** verilen ampirik formül kullanılarak da hesaplanabilir.

$$T_{PA} = C_t H_N^{3/4} \quad (2.11)$$

Burada C_t katsayısı çelik çerçevelerden oluşan binalarda 0.08 olarak alınacaktır. H_N ise binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam yüksekliğidir (TBDY 2018).

Bu çalışmada tasarlanan 3 katlı, 5 katlı ve 8 katlı çerçevelerin hakim doğal titreşim periyotları **Çizelge 2.5**'te verilmiştir.

Çizelge 2. 5 Örnek çerçevelerin hakim titreşim periyotları

Çerçeve Tipi	Periyot (T_p)
3 Katlı	0.69 sn
5 Katlı	1.19 sn
8 Katlı	1.89 sn

2.2.5. Deprem Yüğü Hesabı

Deprem yüğü hesabında kullanılacak hesap yönteminin seçiminde TBDY, 2018'de verilen uygulama koşulları dikkate alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan binaların, deprem tasarım sınıfları, $DTS = 1$ ve bina yükseklik sınıfları $BYS \geq 5$ olduğu için deprem yüğü hesaplarında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır.

TBDY, 2018'e göre, gözönüne alınan (X) deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti), $V_{tE}^{(X)}$, **Denklem 2.12** ile belirlenmelidir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR} (T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (2.12)$$

Bu denklemde m_t binanın toplam kütesini, S_{aR} , azaltılmış tasarım spektral ivmesini, T_{pb} bina hakim doğal titreşim periyodunu, ve I bina önem katsayısını ifade eder.

Bu çalışmada incelenen yapılar TBDY,2018'e göre deprem etkilerinin tamamının X doğrultusunda süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçevelerle, Y doğrultusunda süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar sınıfına girmektedir. Buna göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 8$, dayanım fazlalığı katsayısı $D = 3$ olarak alınmıştır. Örnek çerçevelerin tasarımında kullanılan deprem tasarım parametreleri **Çizelge 2.6**'da verilmiştir.

Çizelge 2. 6 Deprem tasarım parametreleri.

	3 Katlı	5 Katlı	8 Katlı
Periyot (T_p)	0.69 sn	1.16 sn	1.89 sn
Kütle ($\sum m_t$)	240 ton	405 ton	648 ton
Yatay elastik tasarım ivmesi (S_{ae})	1.087	0.630	0.397
Azalt. tasarım spektral ivmesi (S_{aR})	0.136	0.079	0.050
Taban kesme kuvveti (V_{me}) (SAP2000)	280.37	265.24	276.6
Taban kesme kuvveti (V_{te})	319.90 kN	313.00 kN	315.32 kN
$0.04 m_t I S_{DS} g$	135.61 kN	228.85 kN	366.16 kN

2.2.6. Yük Birleşimleri

Binaların tasarımında ÇYHTYE, 2016 yönetmeliğinde yük ve dayanım katsayıları yöntemi için verilen ve Bölüm 2.1’de verilen yükleme kombinasyonları kullanılmıştır. Yük birleşimlerinde verilen deprem yükü etkisi (E) TBDY, 2018’de açıklanan şekilde aşağıdaki (2.13) ve (2.14) denklemleri ile hesaba katılmıştır:

$$1.2G + Q + 0.2S \pm E_x \quad (2.13)$$

$$0.9G + H \pm E_x \quad (2.14)$$

2.3. TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI

Bu çalışmada incelenen çerçevelerin tasarımları ÇYHTYE, 2016 ve TBDY,2018'e göre yapılmıştır. Çerçevelerin Bölüm 3.2.2'de hesaplanan düşey ve yatay yükler altındaki analizleri SAP2000 programı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırma hesaplarında kullanılacak gerekli dayanım değerleri elde edilmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımda gerekli dayanımlarının belirlenmesi ve stabilite analizleri için Bölüm 1.3.1'de açıklanan "Yaklaşık İkinci Mertebe Analiz Yöntemi" kullanılmıştır. Kiriş ve kolon eleman enkesitleri TBDY, 2018'de süneklik düzeyi yüksek sistem elemanlarına için verilen sınır değerlere uygun olarak seçilmiştir.

Bu bölümde kiriş ve kolon eleman tasarımına birer örnek detaylı olarak verilmiştir. İlerleyen kısımlarda ise üç katlı, beş katlı ve sekiz katlı çerçevelerin kesit özellikleri tablolar halinde sunulmuştur.

2.3.1. Kiriş Eleman Boyutlandırılması

Kiriş eleman boyutlandırılmasına örnek olarak üç katlı çerçevenin birinci kat kirişleri verilmiştir.

HE260B

d	= 260 mm	A _g	= 11840 mm ²	h ₀	= 242.5 mm
h	= 177 mm	I _x	= 150x10 ⁶ mm ⁴	i _x	= 112.2 mm
b _f	= 260 mm	I _y	= 51 x10 ⁶ mm ⁴	i _y	= 65.8 mm
t _f	= 17.5 mm	W _{ex}	= 1148000 mm ³	J	= 1238000 mm ⁴
t _w	= 10.0 mm	W _{ey}	= 395000 mm ³	C _w	= 7.53x10 ¹¹ mm ⁶

Kesit Tesirleri

Üç katlı çerçevenin SAP2000 analizleri sonucunda envelope yük birleşimi altında elde edilen en elverişsiz kesit tesiri değerleri

$$M_{maks} = M_u = 139.18 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = V_u = 99,56 \text{ kN}$$

olarak belirlenmiştir.

Yerel burkulma sınır durumu için enkesitin sınıflandırılması

Başlık parçası:

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = 7.43 \quad \lambda_p = 0.38 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10.25 \quad \lambda_r = \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 26.97$$

Gövde parçası:

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = 17.70 \quad \lambda_p = 3.76 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 101.40 \quad \lambda_r = 5.7 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 153.72$$

TBDY, 2018'e göre elemanın narinlik (λ) değerleri,

Başlık parçası:

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = 7.43 \quad \lambda_{hd} = 0.3 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 8.09$$

Gövde parçası:

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = 17.70 \quad \lambda_{hd} = 2.45 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 0.93C_a) = 66.07 \quad C_a = 0$$

sınır narinlik (λ_{hd}) değerlerinden küçük olduğu için seçilen kiriş enkesiti süneklik düzeyi yüksek kiriş olarak dikkate alınmıştır.

Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti

$$M_n = M_p = W_{px} F_y = 1283000 \times 275 \times 10^{-6} = 352.83 kN.m$$

Yanal burulmalı burkulma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti:

Kiriş başlığı sadece mesnet noktalarından desteklendiği için $L_b = 5000 mm$ olarak alınmıştır. Akma sınır durumu için yanal olarak desteklenmeyen uzunluğu L_p

$$L_p = 1.76 * i_y * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 * 65.8 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{275}} = 3123.11 \text{ mm}$$

olarak hesaplanmıştır.

$$C = 1.0$$

$$i_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 * \left(1 + \frac{h * t_w}{6 b_f * t_f}\right)}} = \frac{260}{\sqrt{12 * \left(1 + \frac{177 * 10}{6 * 260 * 17.5}\right)}} = 72.73 \text{ mm}$$

değerleri kullanılarak elastik olmayan burkulma sınır uzunluğu, L_r ;

$$L_r = 1.95 * 72.73 * \frac{2 * 10^5}{0.7 * 275} * \sqrt{\frac{1238000 * 1}{395000 * 242.5} + \sqrt{\left(\frac{1238000 * 1}{395000 * 242.5}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 275}{2 * 10^5}\right)^2}}$$

$$= 14400.31 \text{ mm}$$

elde edilmiştir.

$$L_r > L_b > L_p \quad \Rightarrow 14400.31 \text{ mm} > 5000 \text{ mm} > 3123.11 \text{ mm}$$

olduğu için karakteristik eğilme moment dayanımı Bölüm 1 de verilen **Denklem 1.11** ile hesaplanmıştır.

Yanal stabilite bağlantısı ile desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğu boyunca kirişin 1/4 noktasındaki, 1/2 noktasındaki, 3/4 noktasındaki ve en büyük eğilme momenti değerleri sırasıyla $M_A = 42.07 \text{ kNm}$, $M_B = 60.58 \text{ kNm}$, $M_B = 49.81 \text{ kNm}$ ve $M_{maks} = 139.18 \text{ kNm}$ olduğu için moment azaltma katsayısı, C_b ,

$$C_b = \frac{12.5 * 139.18}{2.5 * 139.18 + 3 * 42.07 + 4 * 60.58 + 3 * 49.81} = 2.01$$

olarak bulunmuştur. Buna göre

$$M_n = 2.01 \left[352.8 - (352.8 - 0.7 * 275 * 395000) \left(\frac{5000 - 3123.1}{14400.3 - 3123.1} \right) \right] = 664.8 \text{ kN} > M_p$$

olduğundan kirişin karakteristik eğilme momenti dayanımı (M_n) akma sınır durumundaki karakteristik eğilme dayanımına (M_p) eşit olur.

$$M_n = M_p = 352.8 \text{ kNm}$$

Kirişin tasarım eğilme momenti dayanımının kontrolü yapıldığında,

$$M_{cx} = \phi M_n = 0.9 \times 352.83 = 317.55 \text{ kNm}$$

$M_{cx} = 317.55 > 139.2 \text{ kNm}$ olduğundan HE260B profili yeterli eğilme dayanıma sahiptir.

Kesme Kuvveti Dayanımı

Kirişin karakteristik kesme kuvveti dayanımı aşağıdaki denklemlerle belirlenmiştir.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1}$$

Çift simetri eksenli HE260B enkesitinde,

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow \frac{177}{10} = 17.7 \leq 2.24 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 60.4$$

olduğu için $\phi_v = 1.00$ ve $C_{v1} = 1.0$ alınmıştır.

$$A_w = d \times t_w = 260 \times 10 = 2600 \text{ mm}^2$$

Tasarım kesme kuvveti dayanımı,

$$V_n = 0.6 \times 275 \times 2600 \times 1 = 429 \text{ kN}$$

$V_n = 429 \text{ kN} > 99.56 \text{ kN}$ olduğundan HE260B profili yeterli kesme dayanıma sahiptir.

2.3.2. Kolon Eleman Boyutlandırılması

SAP2000 yardımı ile her kolona ait bütün yük birleşimlerinin maksimum ve minimum değerlerini dikkate alınarak tüm kolonlarda gerekli kontroller yapılarak kesit seçimi gerçekleştirildi. Burada örnek amacıyla üç katlı çerçevenin birinci kat C2 kolonunun boyutlandırma aşamaları verilmiştir.

HE320B

d	= 320 mm	A _g	= 16130 mm ²	h ₀	= 299.5 mm
h	= 225 mm	I _x	= 3082x10 ⁵ mm ⁴	i _x	= 138.2 mm
b _f	= 300 mm	I _y	= 9239 x10 ⁴ mm ⁴	i _y	= 75.7 mm
t _f	= 20.5 mm	W _{ex}	= 1926000 mm ³	J	= 2251000 mm ⁴
t _w	= 11.5 mm	W _{ey}	= 615900 mm ³	C _w	= 2.07x10 ¹² mm ⁶

Kesit Tesirleri

Çerçeve analizleri sonucunda (0.9G+Ex)_{max} yük birleşimi altında elde edilen gerekli dayanımlar aşağıda verilmiştir.

$$M_{maks} = M_u = 133.16 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = V_u = 61.48 \text{ kN}$$

$$N_{max} = 450.21 \text{ kN}$$

Yerel burkulma sınır durumu için enkesitin sınıflandırılması

Başlık parçası

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = 7.32 \quad \lambda_p = 0.38 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10.25 \quad \lambda_r = 0.56 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.10$$

Gövde parçası

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = 19.6 \quad \lambda_p = 3.76 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 101.40 \quad \lambda_r = 1.49 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 40.18$$

$\lambda_r > \lambda_p > \lambda$ olduğu için başlık ve gövde parçası narin değil ve kompaktır.

TBDY, 2018'e göre elemanın narinlik (λ) değerleri,

Başlık parçası:

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = 7.32 \quad \lambda_{hd} = 0.3 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 8.09$$

Gövde parçası:

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = 19.6 \quad C_a = \frac{N * 1000}{0.9 * A_g * F_y} = 0.11$$

sınır narinlik (λ_{hd}) $\lambda_{hd} = 2.45 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 0.93C_a) = 59.14$ değerinden küçük olduğu

için seçilen kolon eleman enkesiti süneklik düzeyi yüksektir.

Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti:

$$M_n = M_p = W_{px} F_y = 2149000 \times 275 \times 10^{-6} = 590.98 \text{ kNm}$$

Yanal burulmalı burkulma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti:

Kolon başlığı sadece mesnet noktalarından desteklendiği için $L_b = 3000 \text{ mm}$ olarak alınmıştır. Akma sınır durumu için yanal olarak desteklenmeyen uzunluğu, L_p

$$L_p = 1.76 * i_y * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 * 75.7 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{275}} = 3593 \text{ mm}$$

olarak hesaplanmıştır. $C = 1.0$ ve

$$i_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 * (1 + \frac{h * t_w}{6b_f * t_f})}} = \frac{300}{\sqrt{12 * (1 + \frac{225 * 11.5}{6 * 300 * 20.5})}} = 83.72 \text{ mm}$$

değerleri kullanılarak elastik olmayan burkulma sınır uzunluğu, L_r ;

$$L_r = 1.95 \times 83.72 \times \frac{2 \times 10^5}{0.7 \times 275} \sqrt{\frac{2251000 * 1}{1926000 * 299.5} + \sqrt{\left(\frac{2251000 * 1}{1926000 * 299.5}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 275}{2 * 10^5}\right)^2}}$$

$$= 15672.15 \text{ mm}$$

elde edilmiştir.

$15672.15 \text{ mm} > 3593 \text{ mm} > 3000 \text{ mm} \Rightarrow L_r > L_p > L_b$ olduğu için karakteristik eğilme momenti dayanımı (M_n) akma sınır durumundaki karakteristik eğilme dayanımına (M_p) eşit olur.

$$M_n = M_p = W_{px} F_y = 2149000 \times 275 = 590.98 \text{ kNm}$$

$$M_{cx} = \phi M_n = 0.9 \times 590.98 = 531.88 \text{ kN.m}$$

Eksenel Basınç Kuvveti Taşıma Gücü Hesabı:

Elastik burkulma gerilmesi,

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\lambda_{x,y}^2} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^5}{39.63^2} = 1256.84 \text{ MPa}$$

Eğilmeli burkulma sınır durumunda kritik burkulma gerilmesi,

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y = 250.93 \text{ MPa}$$

Karakteristik basınç kuvveti dayanımı,

$$P_n = F_{cr} A_g = 250.93 \times 16130 = 4047.57 \text{ kN}$$

Tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımı,

$$P_c = \phi P_n = 0.9 \times 4047.57 = 3642.81 \text{ kN}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{450}{3642.81} = 0.12 < 0.2$$

$$\frac{P_r}{2P_n} + \frac{M_{\max}}{M_{cx}} = \frac{450}{2 \times 4047.57} + \frac{133.16}{531.88} = 0.31 < 1$$

olduğundan HE320B profili yeterli eğilme dayanıma sahiptir.

Kesme Kuvveti Dayanımı

Kolonun karakteristik kesme kuvveti dayanımı aşağıdaki denklemle belirlenmiştir.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_{v1}$$

Çift simetri eksenli HE320B enkesitinde,

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow \frac{225}{11.5} = 19.57 \leq 2.24 \sqrt{\frac{200000}{275}} = 60.41$$

olduğu için $\phi_v = 1.00$ ve $C_{v1} = 1.0$ alınmıştır.

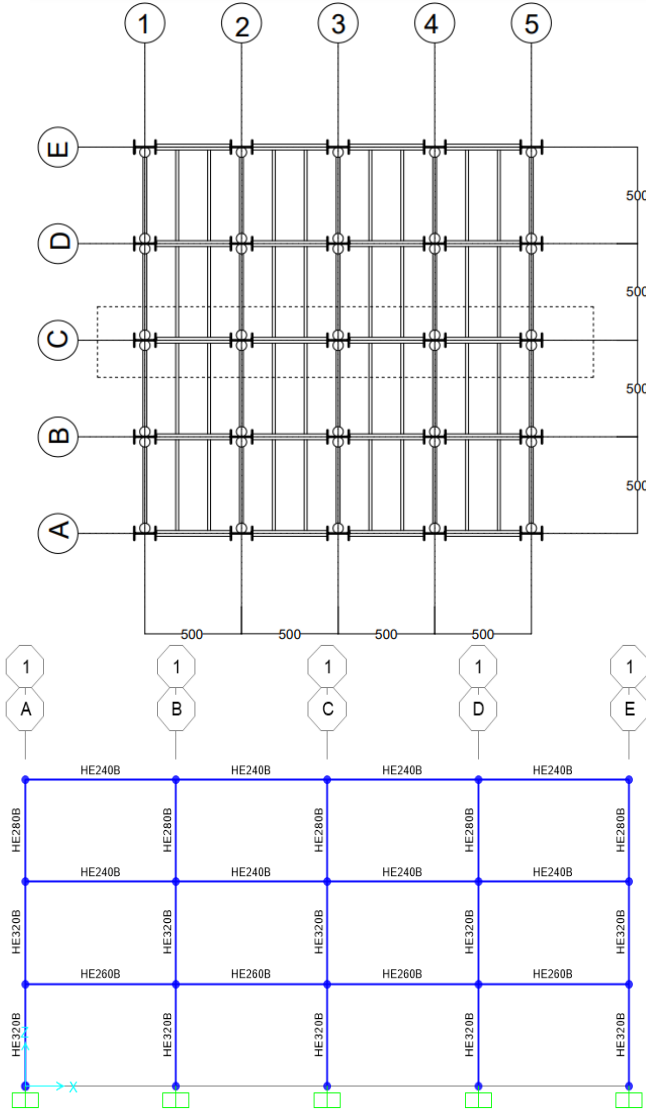
Tasarım kesme kuvveti dayanımı yapıldığında,

$$V_n = 0.6 \times 275 \times 320 \times 11.5 \times 1 = 607.20 \text{ kN}$$

$$V_n = 607.20 \text{ kN} > 61.48 \text{ kN}$$

HE320B profili yeterli kesme dayanıma sahiptir.

Üç Katlı Dört Açıklıklı Çerçeve



Eleman Kesitleri

Kat	Kolon Kesiti	Kiriş Kesiti
1	HE320B	HE260B
2	HE320B	HE240B
3	HE260B	HE240B

Kat Ağırlıkları ve Kütleleri

Kat	Wi(kN)	m (ton)
1	794.61	81
2	794.61	81
3	794.61	81
Σ	2383.83	243

Periyot

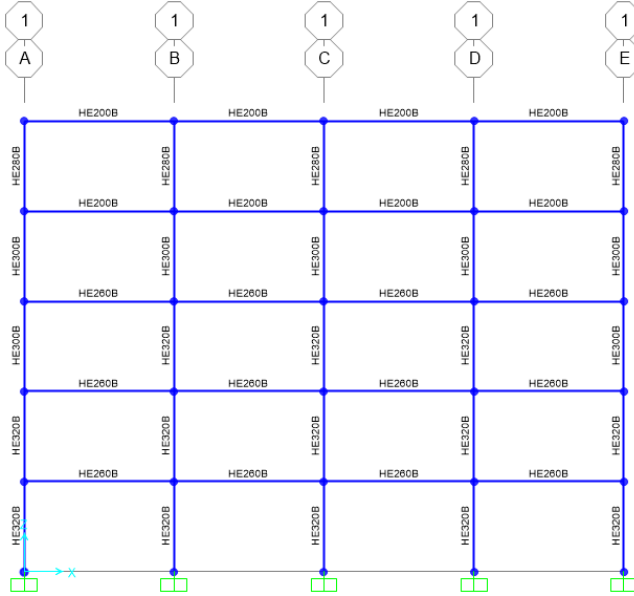
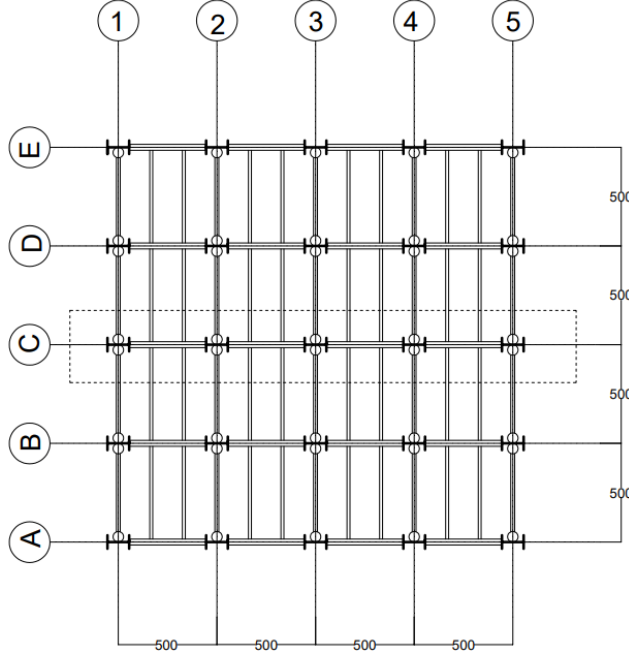
	Periyot (s)
1.mod	0.694
2.mod	0.211
3.mod	0.109

Görelü Kat Ötelemelerin Kontrolü (X Doğrultusu)

Kat	h_i (m)	d_{ix} (m)	Δ_{ix} (m)	$\delta_{ix} = R\Delta_{ix}/I$	δ_{ix}/h_i
3	3.00	0.0216	0.0074	0.0592	0.0197
2	3.00	0.0142	0.0086	0.0688	0.0229
1	3.00	0.0056	0.0056	0.0448	0.0149

$$\lambda_x \frac{\delta_{i \max}}{h_i} \leq 0.008 \Rightarrow 0.35 * 0.0229 = 0.008$$

Beş Katlı Dört Açıklıklı Çerçeve



Eleman Kesitleri

Kat	Kolon Kesiti	Kiriş Kesiti
1	HE320B	HE260B
2	HE320B	HE260B
3	İç HE320B Dış HE300B	HE260B
4	HE300B	HE200B
5	HE280B	HE200B

Kat Ağırlıkları ve Kütleleri

Kat	Wi(kN)	m (ton)
1x5	794.61x5	81x5
Σ	3973.05	405

Periyot

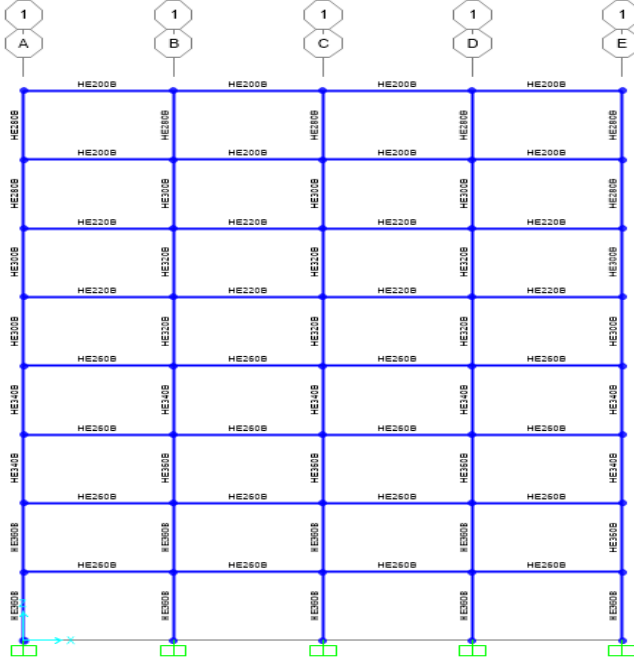
	Periyot (s)
1.mod	1.190
2.mod	0.415
3.mod	0.206
4.mod	0.131
5.mod	0.097

Görel Kat Ötelemelerin Kontrolü (X Doğrultusu)

Kat	h_i (m)	d_{ix} (m)	Δ_{ix} (m)	$\delta_{ix} = \frac{R\Delta_{ix}}{I}$	$\frac{\delta_{ix}}{h_i}$
5	3.00	0.0378	0.0075	0.0600	0.0200
4	3.00	0.0303	0.0082	0.0656	0.0219
3	3.00	0.0221	0.0082	0.0656	0.0219
2	3.00	0.0139	0.0085	0.068	0.0227
1	3.00	0.0054	0.0054	0.0432	0.0144

$0.35 \times 0.0227 = 0.0079 \leq 0.008$

Sekiz Katlı Dört Açıklıklı Çerçeve



Eleman Kesitleri

Kat	Kolon Kesiti	Kiriş Kesiti
1	HE360B	HE260B
2	HE360B	HE260B
3	İç HE360B Dış HE340B	HE260B
4	HE340B	HE260B
5	İç HE320B Dış HE300B	HE220B
6	İç HE320B Dış HE300B	HE220B
7	İç HE300B Dış HE280B	HE200B
8	HE280B	HE200B

Kat Ağırlıkları ve Kütelleri

Kat	Wi(kN)	m (ton)
1x8	794.61x8	81x8
Σ	6356.88	648

Periyot

Periyot (s)	
1.mod	1.891
2.mod	0.676
3.mod	0.361
4.mod	0.230
5.mod	0.161
6.mod	0.122
7.mod	0.099
8.mod	0.082

Görel Kat Ötelemelerin Kontrolü (X Doğrultusu)

Kat	h_i (m)	d_{ix} (m)	Δ_{ix} (m)	$\delta_{ix} = R\Delta_{ix}/I$	δ_{ix}/h_i
8	3.00	0.0614	0.0062	0.0600	0.0200
7	3.00	0.0552	0.0079	0.0632	0.0210
6	3.00	0.0473	0.0086	0.0688	0.0229
5	3.00	0.0387	0.0086	0.0688	0.0229
4	3.00	0.0301	0.0083	0.0664	0.0221
3	3.00	0.0218	0.0086	0.0688	0.0229
2	3.00	0.0132	0.0083	0.0664	0.0221
1	3.00	0.0049	0.0049	0.0392	0.0131

$0.35 \times 0.0229 \cong 0.008 \leq 0.008$

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK İTME ANALİZİ

Deprem etkisi altında yapıların taşıma ve yer değiştirme kapasitesi doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemleri kullanılarak belirlenebilir. Son yıllarda doğrusal olmayan itme analizleri yapının yatay yükler altındaki davranışının ve performansının belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem yapıya etkitilen yatay yüklerin seçilen kontrol noktasının daha önceden belirlenen hedef deplasman değerine ulaşmasına kadar artırılmasına dayanır. Monotonik olarak adım adım uygulanan deprem yükü artımları etkisi altında, taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet değerleri sürekli olarak hesaplanır.

TBDY,2018’de yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde iki farklı doğrusal olmayan statik itme analiz yöntemi kullanılabilir bunlar; i) Tek modlu itme yöntemleri ve ii) Çok modlu itme yöntemleridir. Tek modlu itme yöntemi ise yapıya etkiyen deprem yük dağılımlarına bağlı olarak “Sabit tek modlu statik itme yöntemi” ve “Değişken tek modlu statik itme yöntemi” olarak iki şekilde dikkate alınmaktadır.

Bu çalışmada incelenen çerçevelerin ilk modları en etkin mod olduğu için statik itme analizlerinde sabit tek modlu itme yöntemi kullanılmıştır. Dikkate alınan deprem doğrultusunda (X doğrultusu) her bir itme adımında katlara etkitilen artımsal yatay yükler, deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekli ile orantılı olarak etkitilmiştir. Bu yükler kontrol noktasının seçilen yer değiştirmesine ulaşılan kadar monotonik olarak artırılmıştır. Statik itme analizleri sonucunda yapıların taban kesme kuvveti – tepe deplasman eğrileri elde edilmiştir.

3.1. MODAL KAPASİTE DİYAGRAMI

Bu çalışmada incelenen örnek çerçevelerin statik itme analizleri sonucunda elde edilen kapasite eğrilerine TBDY 2018'e göre koordinat dönüşümleri uygulanarak modal kapasite diyagramları elde edilmiştir.

Buna göre çerçevelerin statik itme analizlerinde sabit tek modlu itme yöntemi kullanıldığından dikkate alınan deprem doğrultusunda (X), k'nci itme adımında katlara etkiyen deprem yükü artımları deprem dışı yüklemelerden sonraki birinci adımda belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şekline göre hesaplanan kat modal etkin kütleleri cinsinden ifade edilirler (**Denklem 3.1**):

$$\Delta f_{ix1}^{(X,k)} = m_{ix1}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)}, \Delta f_{iy1}^{(X,k)} = m_{iy1}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)}, \Delta f_{i\theta1}^{(X,k)} = m_{i\theta1}^{(X,1)} \Delta a_1^{(X,k)} \quad (3.1)$$

Burada $m_{ix1}^{(X,1)}$, $m_{iy1}^{(X,1)}$ ve $m_{i\theta1}^{(X,1)}$ kat etkin kütlelerinin birinci adımda (k=1) hesaplanan birinci mod karşılıklarıdır (n=1) ve **Denklem 3.2** ile belirlenir.

$$m_{ix1}^{(X,1)} = m_i \Phi_{ix1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}, m_{iy1}^{(X,1)} = m_i \Phi_{iy1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}, m_{i\theta1}^{(X,1)} = m_i \Phi_{i\theta1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)} \quad (3.2)$$

Bağıntılara $\Gamma_1^{(X,1)}$, gözönüne alınan (X) doğrultusu ve birinci titreşim modu için hesaplanan modal katkı çarpanı'dır.

İtme hesabında $a_1^{(X,k)}$ (X) deprem doğrultusunda taban kesme kuvveti $V_{ix1}^{(X,k)}$ için yazılan **Denklem 3.3**'ten elde edilir:

$$a_1^{(X,k)} = \frac{V_{ix1}^{(X,k)}}{m_{ix1}^{(X,1)}} \quad (3.3)$$

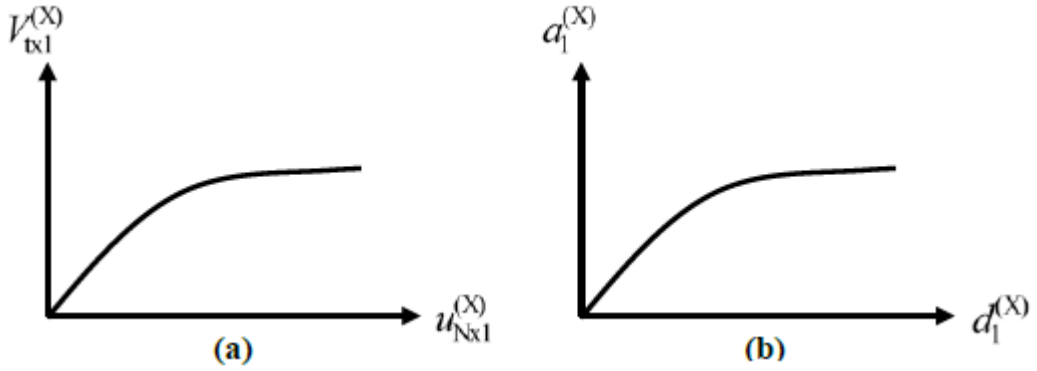
Burada yer alan taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi $m_{ix1}^{(X,1)}$, x eksenini doğrultusunda Denklem 4.2'de birinci itme adımındaki mod şekli'ne göre tanımlanan ve tüm itme hesabı boyunca sabit olarak alınan kat modal etkin kütleleri $m_{ix1}^{(X,1)}$ 'lerin tüm katlardaki toplamıdır.

Birinci moda ait modal tek serbestlik dereceli sistemin modal yerdeğiştirmesi $d_1^{(X,k)}$, itme hesabından herhangi bir i'inci katta x doğrultusunda elde edilen yatay

yerdeğiştirmeden hesaplanabilir (**Denklem 3.4**). Geleneksel itme hesabında bu amaçla N'inci kattaki tepe yer değiştirmesinden yararlanılır:

$$d_1^{(X)k} = \frac{u_{Nx1}^{(X,k)}}{\Phi_{Nx1}^{(1)} \Gamma_1^{(X,1)}} \quad (3.4)$$

İtme hesabında önce taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi olarak itme eğrisi çizilir (**Şekil 3.1a**) ve daha sonra bu eğrinin koordinatları **Denklem 3.3** ve **Denklem 3.4**'e göre dönüştürülerek modal tek serbestlik dereceli sisteme ait modal sözde ivme – modal yerdeğiştirme ilişkisi olarak modal kapasite diyagramı elde edilir (**Şekil 3.1b**)



Şekil 3. 1 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi (TBDY 2018)

3.2. DEPREMİN MODAL YERDEĞİŞTİRME TALEBİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN SPEKTRAL YERDEĞİŞTİRME OLARAK ELDE EDİLMESİ

Statik itme analizleri sonucunda tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğiştirmesini belirlemek için kullanılan modal kapasite diyagramı ile birlikte sistemin birinci doğal titreşim periyoduna ait yatay elastik tasarım spektrum kullanılarak depremin modal yer değiştirme talebi belirlenecektir.

TBDY 2018'e göre depremin modal yerdeğiştirme talebinin elde edilmesi, verilen deprem etkisi altında modal kapasite diyagramı tarafından temsil edilen modal tek serbestlik dereceli sistemin enbüyük yerdeğiştirmesinin hesabına karşı gelmektedir.

Modal tek serbestlik dereceli sistemde en büyük yerdeğiştirme, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme olarak tanımlanır.

$$d_{1,\max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (3.5)$$

Burada $S_{di}(T_1)$ taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmeyi ifade eder.

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (3.6)$$

Denklemden $S_{de}(T_1)$ birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesidir, C_R ise **Denklem 3.7**'de tanımlanan spektral yerdeğiştirme oranını göstermektedir.

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \quad (3.7)$$

Burada R_y akma dayanımı azaltma katsayısıdır ve dayanıma göre tasarım yaklaşımı için yönetmelikte verilen tanımdan farklı olarak, öngörülen süneklik kapasitesine bağlı olarak tanımlanan bir büyüklüğü değil, itme hesabından doğrudan elde edilen akma dayanımına bağlı bir büyüklüğü ifade etmektedir.

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{a_{y1}} \quad (3.8)$$

Bu bağıntıda f_e ve $S_{ae}(T_1)$ elastik dayanım talebini ve ona karşı gelen elastik spektral ivmeyi, f_y ve a_{y1} ise akma dayanımını ve ona karşı gelen akma sözde-ivmesini temsil etmektedir.

Denklem 3.7'de yer alan $\mu(R_y, T_1)$, akma dayanımı'na ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak ifade edilen süneklik talebidir ve aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak elde edilir.

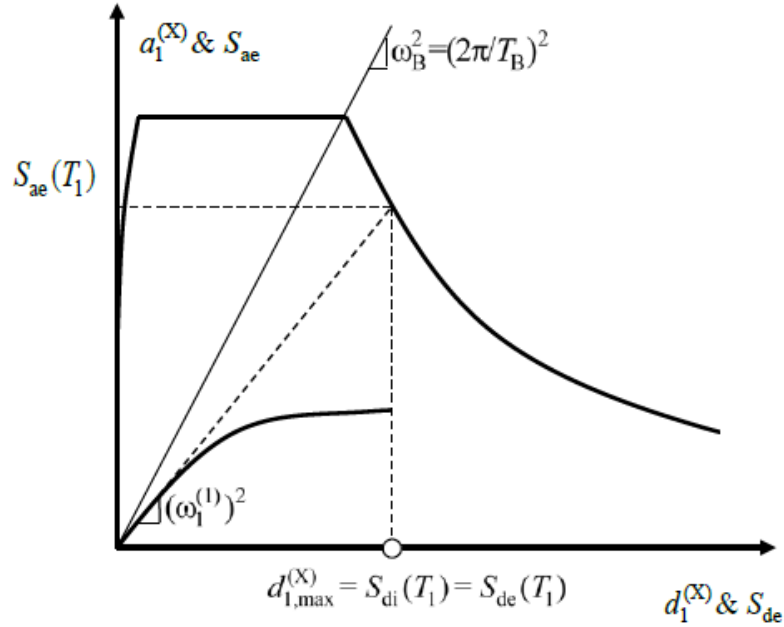
Depremün süneklik talebi $\mu(R_y, T_1)$, eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca rijitliği fazla olmayan taşıyıcı sistemler için Akma Dayanımı Azaltma Katsayısı R_y 'a eşit alınır:

$$\mu(R_y, T_1) = R_y \quad T_1 > T_B \quad (3.9)$$

Rijitliği fazla taşıyıcı sistemler için ise aşağıdaki verilen bağıntı kullanılır:

$$\mu(R_y, T_1) = 1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1} \quad T_1 \leq T_B \quad (3.10)$$

Yukarıda verilen ifadeler neticesinde **şekil 3.2**'de sistemin birinci hakim titreşim moduna ait modal kapasite diyagramı ile doğrusal deprem spektrumu birarada çizilmiştir.



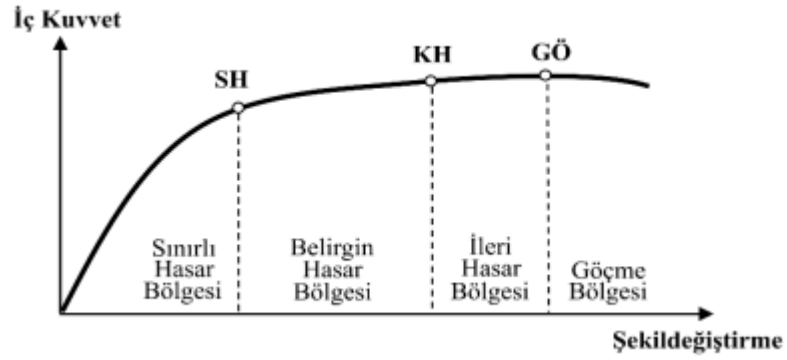
şekil 3. 2 Modal kapasite ve doğrusal deprem spektrumu ($T_1 > T_B$)

3.3. TAşIYICI SİTEM GÜVENLİĞİ

Deprem etkisindeki taşıyıcı sistem davranışının değerlendirilmesi, doğrusal olmayan analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti - en üst kat yerdeğiştirme eğrisi üzerinde ifade edilen sınır değerlerle kontrol edilebilir. TBDY 2018'de bina taşıyıcı sistemleri için dört farklı performans düzeyi tanımlanmıştır. Bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı durum *Kesintisiz Kullanım* (KK), bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine *Sınırlı Hasar* (SH), can güvenliğini

sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine Kontrollü Hasar (KH) ve bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruda *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi* olarak tanımlanmıştır.

Kesit düzeyinde ise yönetmelikte sünük elemanlar için **Şekil 3.3**'de gösterilen üç hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar *Sınırlı Hasar (SH)*, *Kontrollü Hasar (KH)* ve *Göçme Öncesi Hasar (GÖ)* durumları ve bunların sınır değerleridir.



Şekil 3. 3 Kesit hasar sınırları ve bölgeleri (TBDY 2018)

3.4. ÇELİK KİRİŞ VE KOLONLARIN ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI

Doğrusal olmayan analizlerde yapısal elemanların davranışlarının modellenmesi ve değerlendirilmesi için şekil değiştirme sınır parametreleri tanımlanmalıdır. TBDY, 2018'e göre çelik kirişlerde ve kolonlarda (eğilme) şekil değiştirme sınırları akma dönmesi cinsinden hesaplanacaktır. Yönetmelikte akma dönmesi için çelik kiriş elemanlarında **Denklem 3.11**'de, çelik kolon elemanlarında ise **Denklem 3.12**'de tanımlanan ifadelerin kullanılması önerilmiştir.

Kiriş Elemanı:
$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} L_b}{6EI_b} \quad (3.11)$$

Kolon Elemanı:
$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} L_k}{6EI_k} \left[1 - \frac{P}{P_{ye}} \right] \quad (3.12)$$

Burada,

θ_y : Akma dönmesi (rad)

- F_{ye} : Yapı çeliğinin beklenen akma gerilmesi
 W_p : Plastik mukavemet momenti
 L_b : Kiriş boyu
 L_k : Kolon boyu
 P : Mak. plastik dönme durumunda çelik kesitte bulunan aksenal kuvvet
 P_{ye} : Çelik elemanın beklenen aksenal akma dayanımı

TBDY, 2018’de çelik kiriş elemanları ve kolon elemanları için izin verilen şekildeğiştirme sınırları, farklı performans düzeyleri için plastik dönme olarak verilmiştir. Bu sınır değerler kirişler ve kolonlar için sırasıyla **Çizelge 3.1** ve **Çizelge 3.2**’de sunulmuştur.

Çizelge 3. 1 Çelik kirişlerde plastik dönme sınırları.

Kiriş (Eğilme)	Şekildeğiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1 \theta_y$	$6 \theta_y$	$9 \theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25 \theta_y$	$3 \theta_y$	$4 \theta_y$

Çizelge 3. 2 Çelik kolonlarda plastik dönme sınırları.

Kolon (Eğilme)	Plastik Dönme Sınırları (rad)		
	SH	KH	GÖ
$P / P_c < 0.20$			
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1 \theta_y$	$6 \theta_y$	$9 \theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25 \theta_y$	$3 \theta_y$	$4 \theta_y$
$0.20 \leq P / P_c \leq 0.50$			
Süneklik Düzeyi Yüksek	$1.5(1-1.66P/P_c)\theta_y$	$9(1-1.66P/P_c)\theta_y$	$13.5(1-1.66P/P_c)\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı	$0.25 \theta_y$	$0.7 \theta_y$	$1 \theta_y$
Kayma Bölgesi	$1 \theta_y$	$6 \theta_y$	$9 \theta_y$

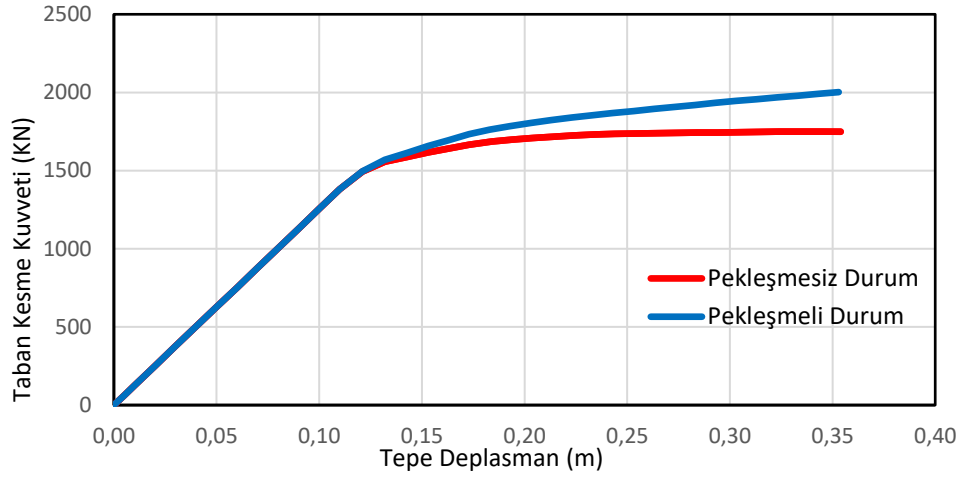
3.5. STATİK İTME ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada incelediğimiz üç, beş ve sekiz katlı çerçevelerin doğrusal olmayan statik itme analizleri sonucunda, kapasite eğrileri, lokal ve global sınır değerleri gerçekleşme anları, performans parametreleri, plastik mafsall oluşum sıraları ve yerleri, hedef deplasman değerleri belirlenmiştir.

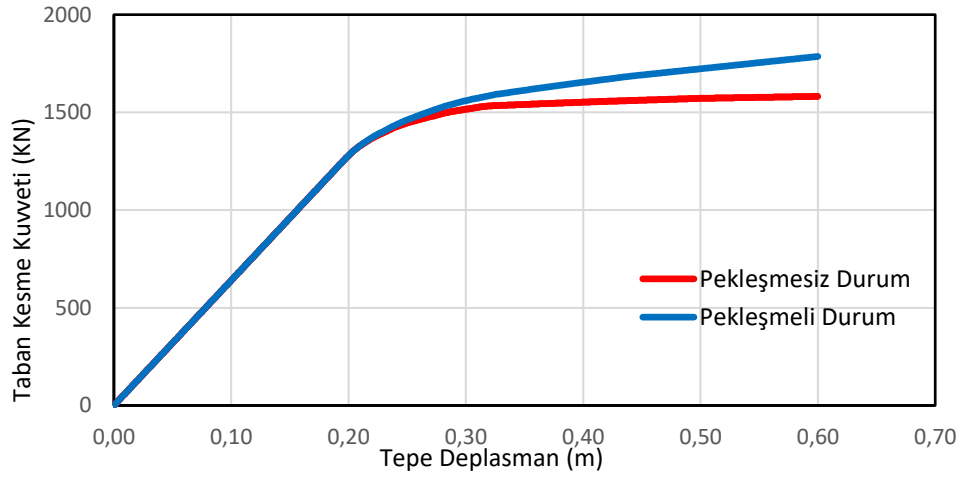
3.5.1. Kapasite Eğrileri

Statik itme analizlerinde çerçeveler başlangıçta kontrol noktasının yer değiştirme değeri, yapının toplam yüksekliğinin %3'ü olarak şekilde itilmiştir. Maksimum yer değiştirme, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, dikkate alınan deprem (X) doğrultusunda her bir itme adımında hesaplanan yer değiştirme değeridir. Taban kesme kuvveti ise her adımda eşdeğer deprem yükünün toplamı olarak hesaplanmıştır.

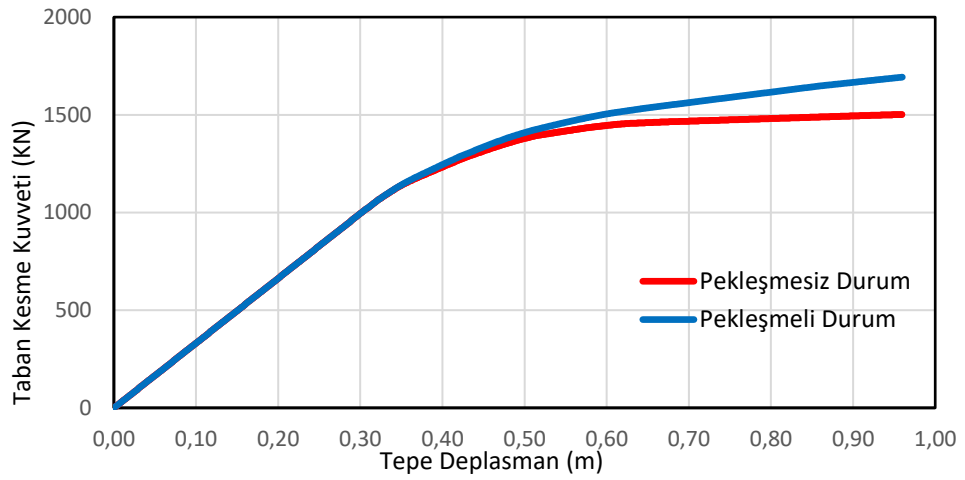
Örnek çerçevelerin pekleşmeli ve pekleşmesiz durumları için elde edilen taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı ilişkisi, üç katlı, beş katlı ve sekiz katlı çerçeveler için sırasıyla **Şekil 3.4**, **Şekil 3.5** ve **Şekil 3.6**'da verilmiştir. Beklenildiği üzere pekleşmeli durumun yatay yük taşıma kapasitesi ve elastik ötesi davranışındaki kapasitesi pekleşmesiz duruma göre artış göstermiştir.



Şekil 3. 4 3 Katlı çerçeve kapasite eğrileri



Şekil 3. 5 5 Katlı çerçeve kapasite eğrileri

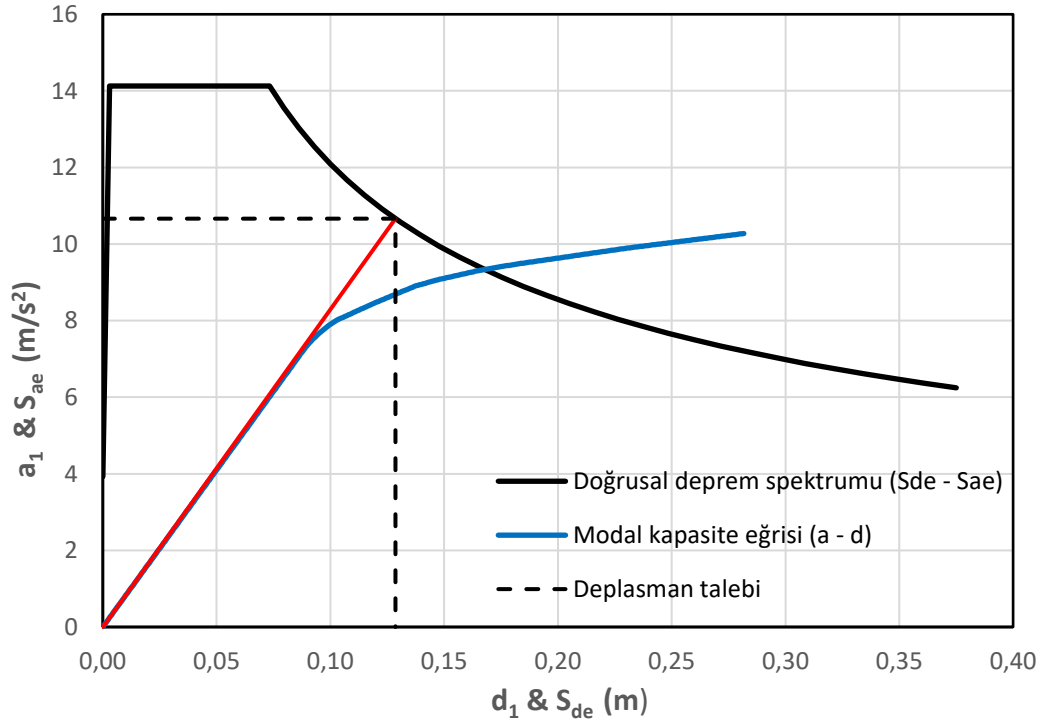


Şekil 3. 6 8 Katlı çerçeve kapasite eğrileri

Ardından kapasite diyagramlarının koordinat değişimleri gerçekleştirilerek modal kapasite eğrileri elde edilmiştir. Üç katlı çerçevenin modal kapasite hesabında kullanılan parametreler **Çizelge 3.3**'de sunulmuştur. Aynı çerçeveye ait modal yer değiştirme talebi ise **Şekil 3.7**'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Modal kapasite için kullanılan parametreler (3 Katlı çerçeve)

m (ton)		ϕ		$\Gamma^{(X)}$	Kat etkin kütle (ton)	
m1	81	$\phi_{1x1}^{(X)}$	0.134	2.445	m11	26.232
m2	81	$\phi_{2x1}^{(X)}$	0.343	2.445	m21	67.149
m3	81	$\phi_{3x1}^{(X)}$	0.523	2.445	m31	102.236



Şekil 3. 7 3 Katlı çerçeve modal yerdeğiştirme talebi (pekleşmeli durum)

Burada üç katlı çerçevenin pekleşmeli durumu için açıklanan adımlar her bir örnek çerçeve için tekrarlanmış ve modal yer değiştirme talepleri ayrı ayrı elde edilmiştir. Buna göre üç katlı, beş katlı ve sekiz katlı çerçevelerin dikkate alınan deprem (X) doğrultusu için hedef deplasman değerleri sırasıyla 0.129m, 0.222 m ve 0.352 m olarak hesaplanmıştır. Pekleşmenin etkisinin hesaplanan hedef deplasman değerini değiştirmedeği gözlemlenmiştir.

3.5.2. Kiriş ve Kolonlarda Şekildeğiştirme Sınır Değerleri

Statik itme analizleri sonucunda çerçevelerdeki kiriş ve kolon elemanlarının şekildeğiştirme sınır değerleri kontrol edilmiştir. Çerçevelerin kiriş ve kolonlarında (eğilme) şekildeğiştirme sınırları akma dönmesi cinsinden hesaplanmıştır. Elde edilen değerler TBDY 2018’de farklı performans seviyeleri için izin verilen plastik dönme sınırları ile karşılaştırılmıştır. Kiriş elemanları ve kolon elemanları için hesaplanan plastik dönme sınırları **Çizelge 3.4** ve **Çizelge 3.5**’de verilmiştir.

Çizelge 3. 4 Süneklik düzeyi yüksek kirişlerde plastik dönme sınırları (rad)

Çerçeve	Kiriş Kesiti	M (kN.m)	θ_y (rad)	SH	KH	GÖ
				$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
3 Katlı	HE260B	458.7	0.0128	0.0128	0.0769	0.1153
	HE240B	376.5	0.0139	0.0139	0.0836	0.1254
5 Katlı	HE260B	458.67	0.0128	0.0128	0.0769	0.1153
	HE200B	229.69	0.0168	0.0168	0.1008	0.1512
8 Katlı	HE260B	458.7	0.0128	0.0128	0.0769	0.1153
	HE220B	295.65	0.01523	0.01523	0.0914	0.1370
	HE200B	229.69	0.0168	0.0168	0.1008	0.1512

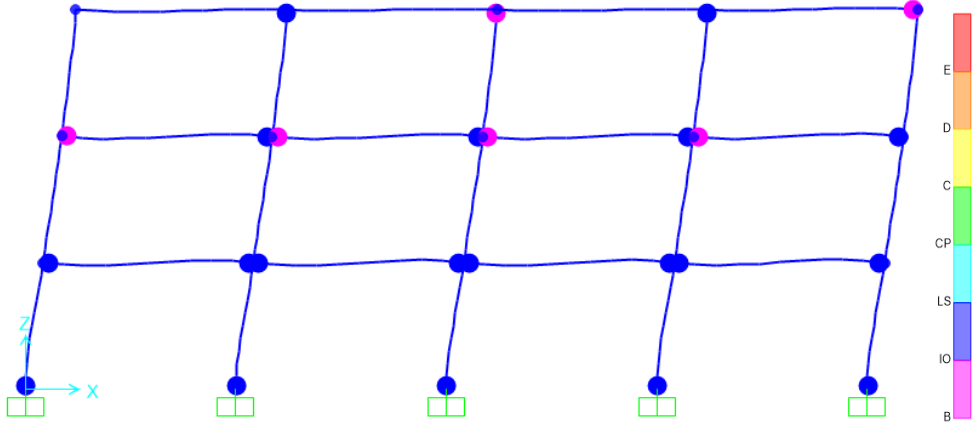
Çizelge 3. 5 Süneklik düzeyi yüksek kolonlarda plastik dönme sınırları (rad)

	Kolon Kesiti	P (kN)	P _{ye} (kN)	M (kN.m)	θ_y (rad)	SH	KH	GÖ
3 Katlı	HE320B	585.6	5766.5	690.3	0.0056	0.0056	0.0339	0.0508
	HE320B	390.5	5766.5	716.2	0.0058	0.0058	0.0349	0.0523
	HE320B	276.5	5766.5	731.4	0.0059	0.0059	0.0356	0.0534
	HE280B	166.9	4697.6	528.9	0.0069	0.0069	0.0412	0.0618
5 Katlı	HE320B	875.8	5766.5	651.6	0.0053	0.0048	0.0286	0.0429
	HE320B	543.7	5766.5	695.8	0.0056	0.0056	0.0339	0.0508
	HE300B	334.5	5330.3	626.2	0.0062	0.0062	0.0373	0.0560
	HE280B	167.0	4697.6	528.9	0.0069	0.0069	0.0412	0.0618
8 Katlı	HE360B	1561.9	6456.5	727.1	0.0042	0.0023	0.0138	0.0206
	HE360B	1264.4	6456.5	771.3	0.0045	0.0032	0.0195	0.0292
	HE360B	850.7	6456.5	832.8	0.0048	0.0047	0.0283	0.0425
	HE340B	1025.4	6109.7	716.38	0.0049	0.0041	0.0246	0.0368
	HE340B	624.5	6109.7	772.8	0.0053	0.0053	0.0316	0.0474
	HE320B	735.1	5766.5	670.3	0.0054	0.0054	0.0325	0.0488
	HE300B	411.0	5330.3	616.7	0.0061	0.0061	0.0367	0.0551
	HE280B	191.1	4697.6	526.1	0.0068	0.0068	0.0409	0.0614

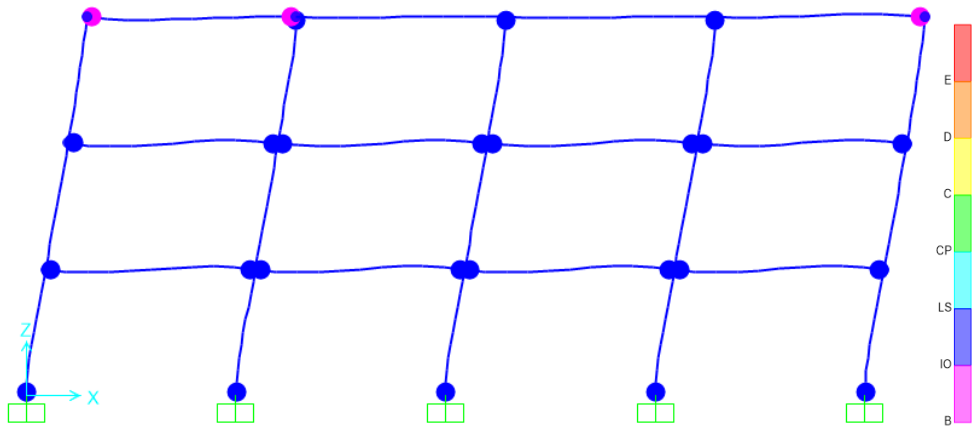
Kolon elemanlarının akma dönmesi hesapları, her bir kolon için SAP2000'den alınan normal kuvvet değerlerinin $\pm\%20$ aralığındaki değerlerinin ortalamasına göre yapılmıştır.

3.5.3. Plastik Mafsall Oluşum Yerleri

3, 5 ve 8 katlı çerçevelerin statik itme analizleri sonucunda TBDY 2018'e göre elde edilen modal yer değiştirme talepleri 0.129m, 0.222 m ve 0.352 m olarak hesaplanmıştır. Bu yer değiştirme taleplerine ulaşıldığında yerleri pekleşme etkili ve pekleşmesiz çerçevelerde meydana gelen mafsalların oluşum yerleri her bir çerçeve için Şekil 3.8 ~ Şekil 3.9 'de verilmiştir.

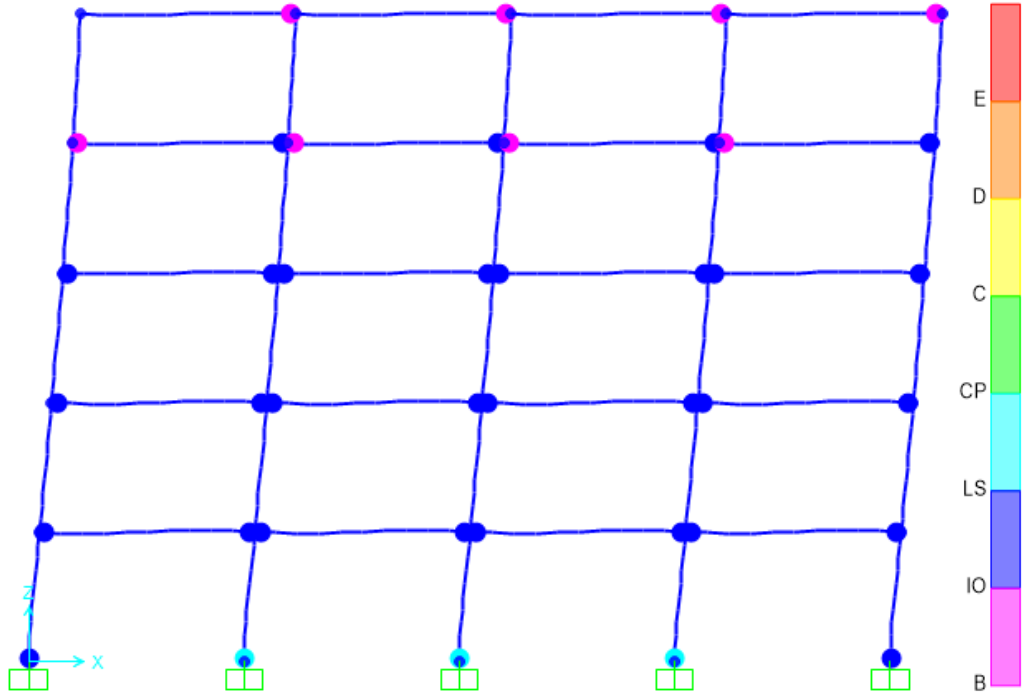


a) Pekleşmesiz çerçeve

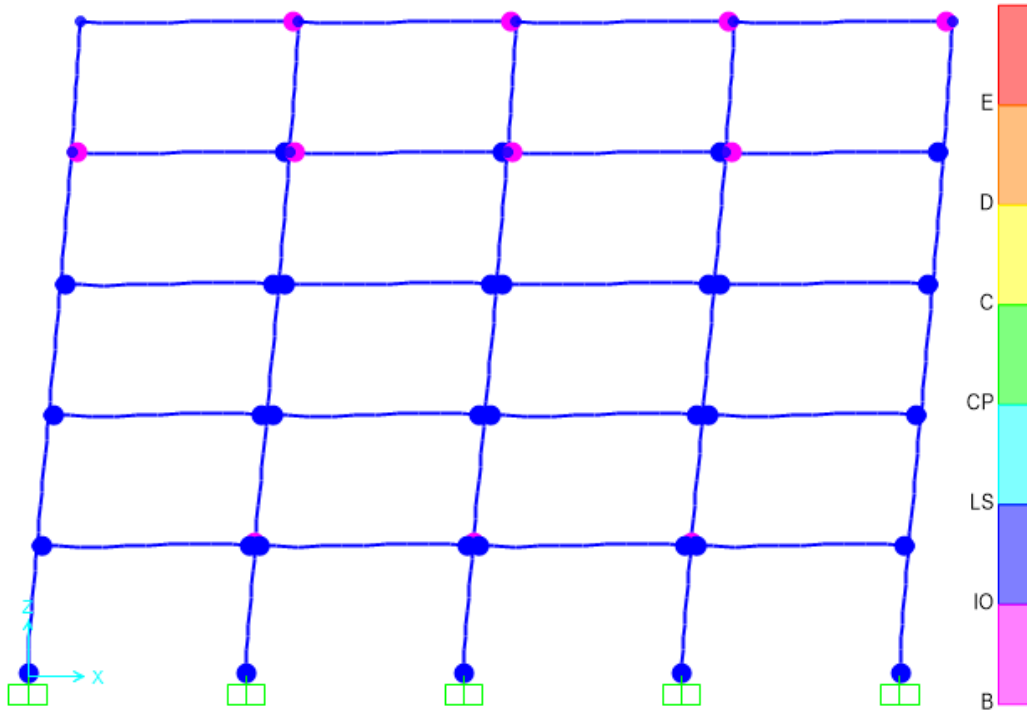


a) Pekleşmeli çerçeve

Şekil 3. 8 3 Katlı çerçevelerde plastik mafsall oluşum yerleri

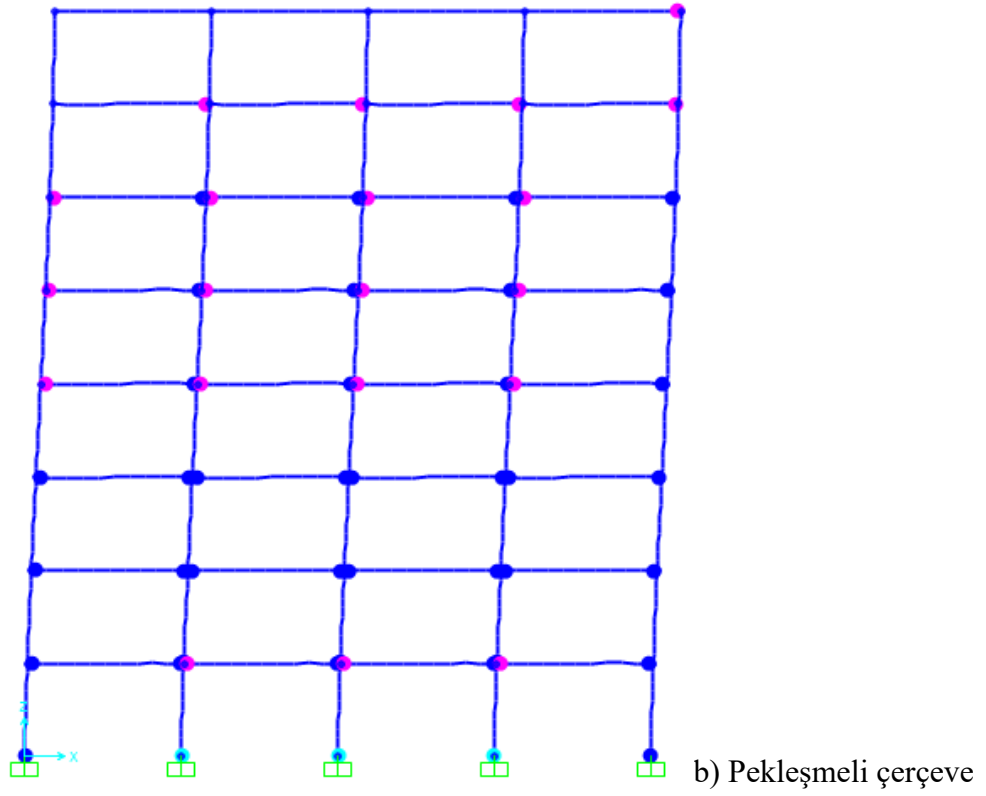
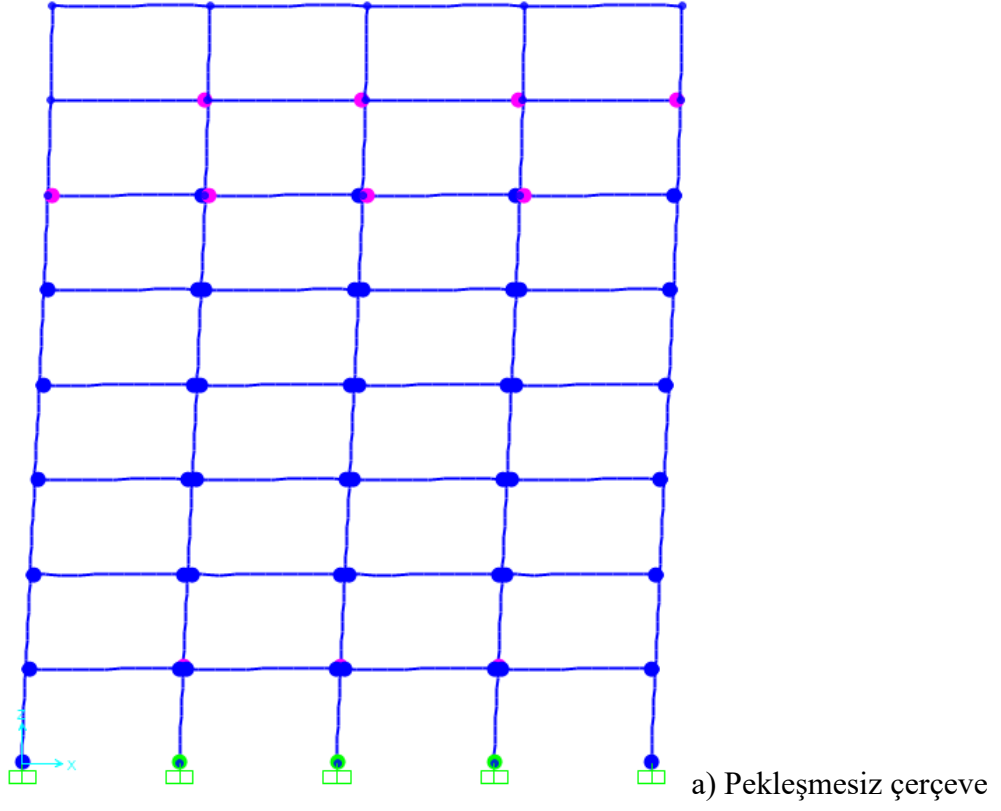


b) Pekleşmesiz çerçeve



b) Pekleşmeli çerçeve

Şekil 3. 9 5 Katlı çerçevelerde plastik mafsall oluşum yerleri



Şekil 3. 10 8 Katlı çerçevelerde plastik mafsall oluşum yerleri

Örnek çerçevelerde statik itme analizleri sonucu plastik mafsallar ilk olarak alt kat kirişlerin uçlarında oluşmaya başlamıştır. Çerçeveler hedef deplasmanlarına kadar itildikten sonra kiriş ve kolon uçlarında oluşan plastik mafsalları sayıları incelendiğinde,

- Üç katlı pekleşmesiz çerçevelerde kiriş uçlarında 18 mafsallın plastikleştiği bunlardan 12'sinin belirgin hasar bölgesinde kaldığı 6'sının ise sınırlı hasar bölgesine geçtiği ve pekleşmeli çerçevelerde kiriş uçlarında 20 mafsallın plastikleştiği bunlardan 17'sinin belirgin hasar bölgesinde kaldığı 3'ünün ise sınırlı hasar bölgesine geçtiği,
- Beş katlı pekleşmesiz ve pekleşmeli çerçevelerde plastik mafsalları sayıları benzer çıkmıştır. Çerçevelerin kiriş uçlarında 36 mafsallın plastikleştiği bunlardan 28'inin belirgin hasar bölgesinde kaldığı 8'inin ise sınırlı hasar bölgesine geçtiği,
- Sekiz katlı pekleşmesiz ve pekleşmeli çerçevelerin kiriş uçlarında sırasıyla 63 ve 64 mafsallın plastikleştiği gözlemlenmiştir. Pekleşmesiz çerçevelerde 10 mafsall sınırlı hasar bölgesine geçerken pekleşmeli çerçevelerde 20'sinin sınırlı hasar bölgesine geçtiği gözlemlenmiştir.

3.5.4. Kirişlerin Performans Düzeyi

TBDY2018'de tanımlanan hasar seviyelerini 3, 5 ve 8 katlı çerçevelerinin statik analizi sonucunda kirişlerde belirlenen θ_y plastik dönme sınırına göre belirlenmiştir.

3 katlı çerçevelerin analiz sonuçlarına göre kirişlerin %33'ü sınırlı hasar bölgesinde(SH) ve %67'si belirgin hasar bölgesinde (KH) kaldığını gözlemlenmiştir. Üst katlardaki kiriş elemanlarında alt katlara göre daha az hasar görülmüştür ve pekleşmenin etkisini kirişlerin hasar seviyesinde bir değişiklik yapmadığı gözlemlenmiştir. **Çizelge 3.6**'da üç katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 3. 6 Üç katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri

Kat No.	Kiriş No.	Pekleşmesiz Durum		Pekleşmeli Durum	
		R3 (rad)	Hasar Bölgesi	R3 (rad)	Hasar Bölgesi
Kat 1	B1	0.0234	Belirgin Hasar	0.02112	Belirgin Hasar
	B2	0.0235	Belirgin Hasar	0.021139	Belirgin Hasar
	B3	0.0235	Belirgin Hasar	0.021127	Belirgin Hasar
	B4	0.0266	Belirgin Hasar	0.024022	Belirgin Hasar
Kat 2	B5	0.0212	Belirgin Hasar	0.021001	Belirgin Hasar
	B6	0.0215	Belirgin Hasar	0.021116	Belirgin Hasar
	B7	0.0215	Belirgin Hasar	0.021121	Belirgin Hasar
	B8	0.0234	Belirgin Hasar	0.0229	Belirgin Hasar
Kat 3	B9	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000555	Sınırlı Hasar
	B10	0.0000	Sınırlı Hasar	1.32E-07	Sınırlı Hasar
	B11	0.0000	Sınırlı Hasar	1.3E-07	Sınırlı Hasar
	B12	0.0045	Sınırlı Hasar	0.006321	Sınırlı Hasar

5 katlı çerçevelerin analiz sonuçlarına göre kirişlerin %20'si sınırlı hasar bölgesinde (SH) ve %80'i belirgin hasar bölgesinde (KH) kaldığını gözlemlenmiştir. Üst kat kirişlerinde alt katlara göre daha az hasar görmüştür ve pekleşmenin etkisindeki kirişlerde hasar seviyesi değişmediğini gözlemlenmiştir. **Çizelge 3.7'**de beş katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri verilmiştir.

8 katlı çerçevelerin analiz sonuçlarına göre kirişlerin %25'i sınırlı hasar bölgesinde (SH) ve %75'i belirgin hasar bölgesinde (KH) kaldığını gözlemlenmiştir. Üst kat kirişlerinde alt katlara göre daha az hasar görmüştür ve pekleşmenin etkisindeki kirişlerde hasar seviyesinin değişmediğini gözlemlenmiştir. **Çizelge 3.8'**de sekiz katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 3. 7 Beş katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri

Kat No.	Kiriş No.	Pekleşmesiz Durum		Pekleşmeli Durum	
		R3 (rad)	Hasar Bölgesi	R3 (rad)	Hasar Bölgesi
Kat 1	B1	0.031279	Belirgin Hasar	0.024147	Belirgin Hasar
	B2	0.031483	Belirgin Hasar	0.024166	Belirgin Hasar
	B3	0.031482	Belirgin Hasar	0.024163	Belirgin Hasar
	B4	0.034623	Belirgin Hasar	0.028256	Belirgin Hasar
Kat 2	B5	0.03183	Belirgin Hasar	0.029666	Belirgin Hasar
	B6	0.032191	Belirgin Hasar	0.029936	Belirgin Hasar
	B7	0.032189	Belirgin Hasar	0.029934	Belirgin Hasar
	B8	0.03399	Belirgin Hasar	0.031866	Belirgin Hasar
Kat 3	B9	0.026209	Belirgin Hasar	0.026602	Belirgin Hasar
	B10	0.02668	Belirgin Hasar	0.026966	Belirgin Hasar
	B11	0.026678	Belirgin Hasar	0.026964	Belirgin Hasar
	B12	0.028942	Belirgin Hasar	0.029185	Belirgin Hasar
Kat 4	B13	0.025915	Belirgin Hasar	0.027404	Belirgin Hasar
	B14	0.026454	Belirgin Hasar	0.027901	Belirgin Hasar
	B15	0.026447	Belirgin Hasar	0.027899	Belirgin Hasar
	B16	0.027334	Belirgin Hasar	0.028583	Belirgin Hasar
Kat 5	B17	0.010681	Sınırlı Hasar	0.014141	Sınırlı Hasar
	B18	0.009576	Sınırlı Hasar	0.013108	Sınırlı Hasar
	B19	1.41E-07	Sınırlı Hasar	1.63E-07	Sınırlı Hasar
	B20	0.01275	Sınırlı Hasar	0.016514	Sınırlı Hasar

Çizelge 3. 8 Sekiz katlı çerçeve kirişlerinin hasar seviyeleri

Kat No.	Kiriş No.	Pekleşmesiz Durum		Pekleşmeli Durum	
		R3 (rad)	Hasar Bölgesi	R3 (rad)	Hasar Bölgesi
Kat 1	B1	0.0291	Belirgin Hasar	0.0191	Belirgin Hasar
	B2	0.0295	Belirgin Hasar	0.0193	Belirgin Hasar
	B3	0.0294	Belirgin Hasar	0.0192	Belirgin Hasar
	B4	0.0323	Belirgin Hasar	0.0237	Belirgin Hasar
Kat 2	B5	0.0354	Belirgin Hasar	0.0310	Belirgin Hasar
	B6	0.0359	Belirgin Hasar	0.0314	Belirgin Hasar
	B7	0.0359	Belirgin Hasar	0.0314	Belirgin Hasar
	B8	0.0372	Belirgin Hasar	0.0330	Belirgin Hasar
Kat 3	B9	0.0362	Belirgin Hasar	0.0342	Belirgin Hasar
	B10	0.0368	Belirgin Hasar	0.0349	Belirgin Hasar
	B11	0.0369	Belirgin Hasar	0.0349	Belirgin Hasar
	B12	0.0384	Belirgin Hasar	0.0363	Belirgin Hasar
Kat 4	B13	0.0340	Belirgin Hasar	0.0188	Belirgin Hasar
	B14	0.0348	Belirgin Hasar	0.0194	Belirgin Hasar
	B15	0.0348	Belirgin Hasar	0.0194	Belirgin Hasar
	B16	0.0369	Belirgin Hasar	0.0209	Belirgin Hasar
Kat 5	B17	0.0336	Belirgin Hasar	0.0279	Belirgin Hasar
	B18	0.0345	Belirgin Hasar	0.0287	Belirgin Hasar
	B19	0.0199	Belirgin Hasar	0.0287	Belirgin Hasar
	B20	0.0353	Belirgin Hasar	0.0293	Belirgin Hasar
Kat 6	B21	0.0242	Belirgin Hasar	0.0238	Belirgin Hasar
	B22	0.0252	Belirgin Hasar	0.0247	Belirgin Hasar
	B23	0.0253	Belirgin Hasar	0.0247	Belirgin Hasar
	B24	0.0267	Belirgin Hasar	0.0258	Belirgin Hasar
Kat 7	B25	0.0121	Sınırlı Hasar	0.0147	Sınırlı Hasar
	B26	0.0134	Sınırlı Hasar	0.0162	Sınırlı Hasar
	B27	0.0136	Sınırlı Hasar	0.0162	Sınırlı Hasar
	B28	0.0138	Sınırlı Hasar	0.0162	Sınırlı Hasar
Kat 8	B29	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	B30	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	B31	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	B32	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar

3.5.5. Kolonların Performans Düzeyi

TBDY 2018’de tanımlanan hasar seviyelerini 3, 5 ve 8 katlı çerçevelerinin statik analizi sonucunda kirişlerde belirlenen R3 plastik dönme sınırına göre belirlenmiştir.

3 katlı çerçevelerin analiz sonuçlarına göre kolonların %53’ü sınırlı hasar bölgesinde (SH) ve %47’si belirgin hasar bölgesinde (KH) kaldığını gözlemlenmiştir. Pekleşmenin etkisindeki kolonlarda hasar seviyesi değişmediğini ve kolonlar kirişlere göre daha az hasar gördüğünü gözlemlenmiştir. Üç katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri **Çizelge 3.9**’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Üç katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri

Kat No.	Kiriş No.	Pekleşmesiz Durum		Pekleşmeli Durum	
		R3 (rad)	Hasar Bölgesi	R3 (rad)	Hasar Bölgesi
Kat 1	C1	0.0189	Belirgin Hasar	0.0189	Belirgin Hasar
	C2	0.0204	Belirgin Hasar	0.0204	Belirgin Hasar
	C3	0.0204	Belirgin Hasar	0.0204	Belirgin Hasar
	C4	0.0204	Belirgin Hasar	0.0204	Belirgin Hasar
	C5	0.0189	Belirgin Hasar	0.0189	Belirgin Hasar
Kat 2	C6	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C7	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C8	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C9	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C10	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
Kat 3	C11	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C12	0.0088	Belirgin Hasar	0.0088	Belirgin Hasar
	C13	0.0065	Sınırlı Hasar	0.0065	Sınırlı Hasar
	C14	0.0077	Belirgin Hasar	0.0077	Belirgin Hasar
	C15	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar

5 katlı çerçevelerin analiz sonuçlarına göre pekleşmesiz durumda kolonların %80’i sınırlı hasar bölgesinde (SH) , %8’i belirgin hasar bölgesinde (KH) ve %12’si ileri hasar bölgesinde pekleşmeli durumda ise kolonların %80’i sınırlı hasar bölgesinde (SH) , %20’si belirgin hasar bölgesinde (KH) kaldığını gözlemlenmiştir. Pekleşmenin etkisindeki kolonlar daha az hasar gördüğünü gözlemlenmiştir. En çok 1.kat hasar görmüştür. Üç katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri **Çizelge 3.10**’da verilmiştir.

Çizelge 3. 10 Beş katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri

Kat No.	Kiriş No.	Pekleşmesiz Durum		Pekleşmeli Durum	
		R3 (rad)	Hasar Bölgesi	R3 (rad)	Hasar Bölgesi
Kat 1	C1	0.0317	Belirgin Hasar	0.021	Belirgin Hasar
	C2	0.0336	İleri Hasar	0.023	Belirgin Hasar
	C3	0.0336	İleri Hasar	0.023	Belirgin Hasar
	C4	0.0336	İleri Hasar	0.023	Belirgin Hasar
	C5	0.0317	Belirgin Hasar	0.021	Belirgin Hasar
Kat 2	C6	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C7	0.0000	Sınırlı Hasar	0.003	Sınırlı Hasar
	C8	0.0000	Sınırlı Hasar	0.003	Sınırlı Hasar
	C9	0.0000	Sınırlı Hasar	0.003	Sınırlı Hasar
	C10	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
Kat 3	C11	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C12	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C13	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C14	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C15	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
Kat 4	C16	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C17	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C18	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C19	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C20	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
Kat 5	C21	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C22	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C23	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C24	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar
	C25	0.0000	Sınırlı Hasar	0.000	Sınırlı Hasar

8 katlı çerçevelerin analiz sonuçlarına göre pekleşmesiz durumda kolonların %87.5'u sınırlı hasar bölgesinde (SH) , %5'i belirgin hasar bölgesinde (KH) ve %7.5'u göçme bölgesinde, pekleşmeli durumda ise kolonların %80'i sınırlı hasar bölgesinde (SH) , %12.5'u belirgin hasar bölgesinde ve %7.5'u ileri hasar bölgesinde (KH) kaldığını gözlemlenmiştir. Pekleşmenin etkisindeki kolonlar daha az hasar gördüğünü gözlemlenmiştir. En çok 1. ve 2. kat kolonlarında hasar görmüştür. Sekiz katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri **Çizelge 3.11**'de verilmiştir.

Çizelge 3. 11 Sekiz katlı çerçeve kolonlarının hasar seviyeleri

Kat No.	Kiriş No.	Pekleşmesiz Durum		Pekleşmeli Durum	
		R3 (rad)	Hasar Bölgesi	R3 (rad)	Hasar Bölgesi
Kat 1	C1	0.0278	Belirgin Hasar	0.0144	Belirgin Hasar
	C2	0.0300	Göçme Bölgesi	0.0168	İleri Hasar
	C3	0.0300	Göçme Bölgesi	0.0167	İleri Hasar
	C4	0.0300	Göçme Bölgesi	0.0168	İleri Hasar
	C5	0.0278	Belirgin Hasar	0.0144	Belirgin Hasar
Kat 2	C6	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C7	0.0009	Sınırlı Hasar	0.0051	Belirgin Hasar
	C8	0.0006	Sınırlı Hasar	0.0048	Belirgin Hasar
	C9	0.0009	Sınırlı Hasar	0.0051	Belirgin Hasar
	C10	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
Kat 3	C11	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C12	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C13	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C14	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C15	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
Kat 4	C16	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C17	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C18	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C19	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C20	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
Kat 5	C21	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C22	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C23	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C24	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C25	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
Kat 6	C26	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C27	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C28	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C29	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C30	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
Kat 7	C31	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C32	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C33	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C34	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C35	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
Kat 8	C36	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C37	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C38	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C39	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar
	C40	0.0000	Sınırlı Hasar	0.0000	Sınırlı Hasar

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK ANALİZ

Yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri arasında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi en doğru ve uygulanabilir yöntem olarak kabul edilir. Bununla birlikte uygulama karmaşıklığından dolayı yöntemin çeşitli zorlukları mevcuttur. Bunların en önemlileri arasında deprem yer hareketlerinin seçilmesi ya da yapısal elemanların çevrimsel modellerinin seçilmesi gösterilebilir.

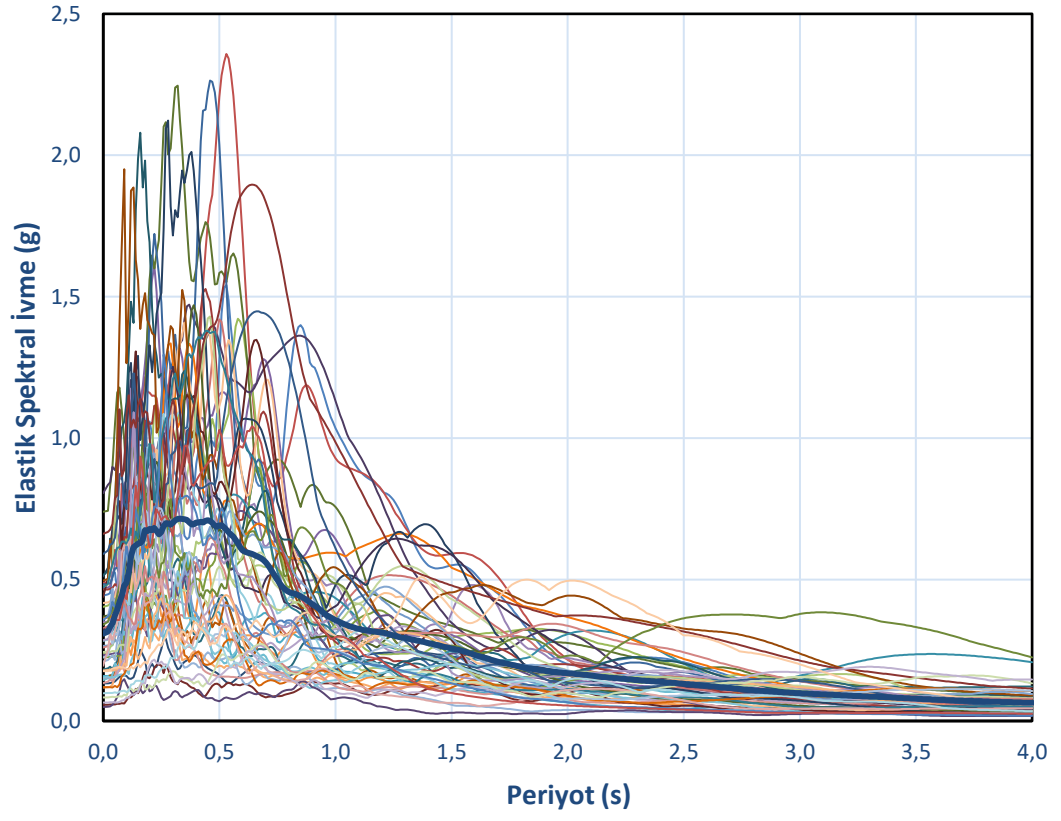
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerinin zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonuna karşılık gelmektedir. Bu yöntemde, doğrusal olmayan davranış sebebi ile sistemin rijitliğindeki değişim göz önüne alınır. Analiz yönteminde deprem kayıtlarının seçimi ve göz önüne alınan spektruma göre ölçeklendirilmesi önemlidir (Celep, 2018).

4.1. DEPREM KAYITLARININ SEÇİMİ

Zaman tanım alanında yapılacak hesaplarda en önemli parametrelerinden biri deprem kayıtlarının seçilmesidir. TBDY 2018'e göre deprem kayıtlarının seçimi tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır. Binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması durumunda öncelikle bu kayıtlar kullanılacaktır. Bununla birlikte bir veya iki boyutlu hesap için seçilecek deprem kayıtlarının ve üç boyutlu hesap için seçilecek deprem kaydı takımlarının sayısı en az on bir olacaktır. Aynı depremden seçilecek kayıt veya kayıt takımı sayısı üçü geçmeyecektir.

Deprem sırasında bina davranışını en doğru şekilde tahmin edebilmek için, kullanılan deprem yer hareketi kayıtlarının, binanın bulunduğu zemin koşullarını ve binanın bulunduğu deprem bölgesini en iyi şekilde temsil etmesi gerekir. Bu nedenle, seçilen konumdan yer hareket kayıtlarının tasarım ivme spektrumu ile eşleştirilmesi, analiz sonuçlarının tutarlılığının sağlanması ve sonuçların belirli bir oranda elde edilmesi için çok önemlidir.

Bu çalışmada yapılan analizlerde FEMA 440a, 2009 yönetmeliğinde tanımlanan yer hareketleri kullanılmıştır. Analizlerde 17 farklı depremin 28 farklı istasyonundan alınan 56 adet yer hareketi kaydı dikkate alınmıştır. Yer hareketlerinin seçiminde deprem büyüklüğünün (M) 6.5 ve üzeri olması, sıkı/orta sıkı zeminlerde kaydedilmiş olması, kaynak ve depremin olduğu yer arasındaki mesafe (faya uzak olan deprem kayıtları) gibi kriterler göz önüne alınmıştır. Deprem yer hareketi kayıtlarının elde edilmesinde “*Pasific Earthquake Engineering Research Center*” (PEER) yer hareketi veri bankası kullanılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizlerde **Çizelge 4.1**'de özellikleri verilen yer hareketi kayıtları kullanılmıştır. Her bir yer hareketi kayıtları ve ortalaması için elastik spektral ivme-periyot ilişkisi **Şekil 4.1**'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1 Yer hareketi kayıtları ve ortalaması elastik spektral ivme-periyot ilişkisini

Çizelge 4. 1 Deprem yer hareketi kayıtlarının bilgileri

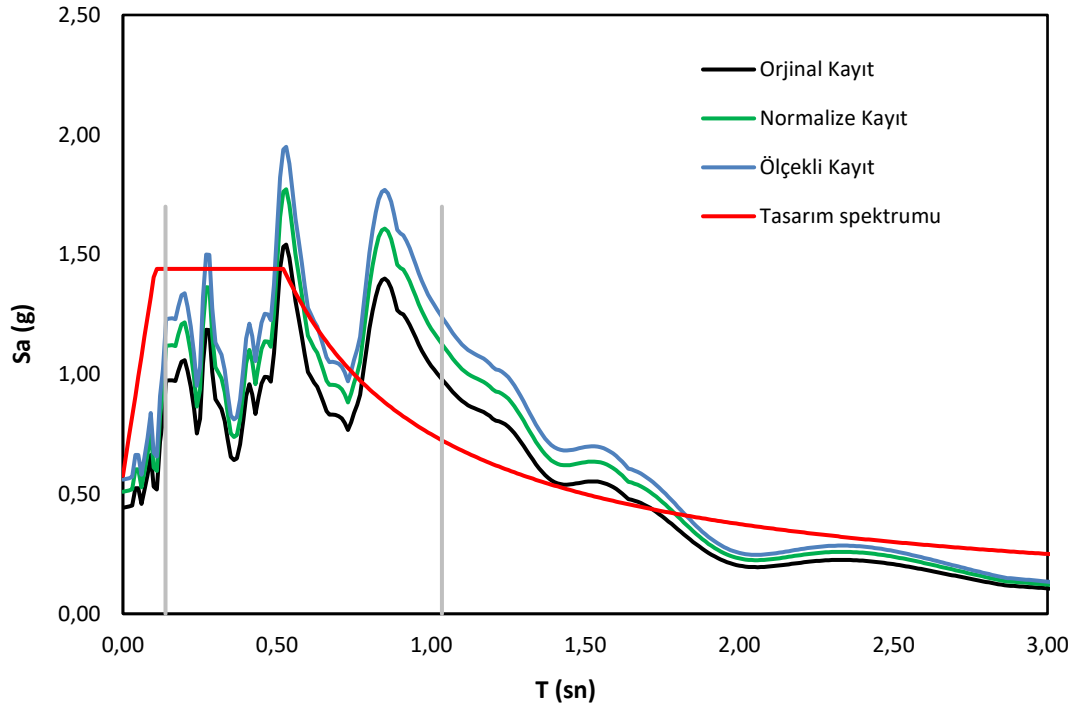
NO	Yıl	Deprem	Kayıt İstasyonu	Bileşeni	PGA (g)
1				9	0.443
2	1994	Northridge	Beverly Hills	279	0.488
3			Canyon Country	0	0.404
4				270	0.472
5			1952	Kem Country	Taft Lincoln School
6	111	0.180			
7	1968	Borrego Mtn	El Centro Array	180	0.133
8				270	0.058
9	1999	Duzce Turkey	Bolu	0	0.739
10				90	0.806
11	1999	Hector Mine	Armboy	90	0.182
12				360	0.150
13			Hector	0	0.265
14				90	0.328
15	1979	Imperial Valley	Delta	262	0.236
16				352	0.35
17			El Centro Array	140	0.367
18				230	0.379
19	1995	Kobe,Japan	Nishi-Akashi	0	0.483
20				90	0.464
21			Shin-Osaka	0	0.225
22				90	0.233
23	1999	Kocaeli,Turkey	Duzce	180	0.312
24				270	0.364
25			Arcelik	0	0.21
26				90	0.134
27	1992	Landers	Yermo Fire Stat.	270	0.245
28				360	0.152
29			Coolwater	L	0.284
30				N	0.417
31	1989	Loma Prieta	Capitola	0	0.511
32				90	0.439
33			Gilroy Array	0	0.559
34				90	0.368
35	1990	Manjil Iran	Abbar	L	0.515
36				T	0.497
37	1987	Superstition Hills	El Centro Imp.	0	0.357
38				90	0.259
39			Poe Road	270	0.475
40				360	0.286
41	1992	Cape Mendocino	Eureka	0	0.154
42				90	0.178
43			Petrolia	0	0.591
44				90	0.662
45	1999	Chi-Chi	CHY101	E	0.34
46				N	0.398
47			TCU045	E	0.473
48				N	0.507
49	1971	San Fernando	LA Hollywood Sto FF	90	0.225
50				180	0.195
51	1979	St Elias, Alaska	Yakutat	9	0.083
52				279	0.065
53			Icy Bay	90	0.098
54				180	0.176
55	1976	Friuli,Italy	Tolmezzo	0	0.357
56				270	0.315

4.2. DEPREM KAYITLARININ ÖLÇEKLENDİRİLMESİ

Deprem yer hareketi kayıtları, depremin büyüklüğü, kaynak mekanizması, faya olan uzaklığına, bölgenin zemin koşulları, etkin zaman ve kaydının spektral içeriği gibi belirli özelliklerine göre farklılık gösterirler. Bu nedenle binanın yapılacağı bölgeyi yansıtacak yer hareketlerinin benzer şiddet seviyelerini gösterebilmesi için ölçeklendirme yapılması gerekmektedir. Ölçeklendirme işlemi genel olarak iki adımdan oluşur. İlk olarak kayıtlar, aralarındaki büyük farkları ortadan kaldırmak için normalize edilir. Daha sonra normalize edilen kayıtlar, belirli bir deprem etkisini yansıtmak amacıyla ölçeklendirilir.

TBDY 2018 zaman tanım alanında hesapta kullanılacak deprem yer hareketlerinin elde edilmesinde basit ölçeklendirme yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntemde göre bir veya iki boyutlu analizlerde, deprem yer hareketi kayıtlarının her bir doğrultudaki yatay bileşenleri ayrı ayrı dikkate alınır. Ölçeklendirme işleminde ilk olarak, her bir kaydın %5 sönüm oranı için ivme spektrumları çizilir ve bu spektrumların ortalaması belirlenir. Daha sonra seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmamasına göre ölçeklendirilir. Burada T_p dikkate alınan deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodudur.

Bu çalışmada seçilen tüm deprem yer hareketleri 2018 TBDY'e göre ölçeklendirilmiştir. **Şekil 4.2**'de 1994 Northridge depremi Beverly Hills, 9 bileşeninin orijinal, normalize ve ölçeklendirilmiş ivme spektrumu verilmiştir. Ayrıca her bir yer hareketi kaydının ölçeklendirme işleminde kullanılan katsayılar **Çizelge 4.2** sunulmuştur.



Şekil 4. 2 1994 Northridge depremi Beverly Hills, 9 bileşeni ivme spektrumu

Çizelge 4. 2 Yer hareketi kayıtlarının ölçeklendirme katsayıları

No	Deprem	Kayıt İstasyonu	3 Kath	5 Kath	8 Kath
1			1.265	1.109	1.128
2	Northridge	Beverly Hills	1.041	0.960	1.025
3			1.596	1.671	1.621
4		Canyon Country	1.301	1.424	1.611
5	Kem Country		4.008	4.125	4.543
6		Taft Lincoln School	4.019	4.023	4.229
7	Borrego Mtn		6.898	4.527	3.624
8		El Centro Array	10.432	8.050	6.302
9	Duzce Turkey		1.027	1.102	1.239
10		Bolu	1.061	1.042	1.106
11	Hector Mine		3.826	3.466	3.298
12		Armboy	3.797	3.845	3.576
13			3.178	2.727	2.875
14		Hector	2.016	1.714	1.755
15	Imperial Valley		2.532	2.606	2.478
16		Delta	2.156	1.961	1.882
17			5.233	4.707	4.157
18		El Centro Array	6.239	5.722	5.392
19	Kobe,Japan		1.278	1.492	1.643
20		Nishi-Akashi	1.574	1.774	1.882
21			2.472	2.306	2.244
22		Shin-Osaka	2.618	2.384	2.469
23	Kocaeli,Turkey		2.091	2.058	1.865
24		Duzce	1.724	1.386	1.346
25			5.694	7.052	7.693
26		Arcelik	6.362	6.217	5.855
27	Landers		2.764	2.042	1.964
28		Yermo Fire Station	3.688	3.089	3.146
29			2.200	2.555	3.294
30		Coolwater	1.493	1.498	1.732
31	Loma Prieta		1.244	1.187	1.439
32		Capitola	1.601	1.746	2.027
33			1.914	1.950	2.174
34		Gilroy Array	2.092	1.624	1.666
35	Manjil Iran		1.545	1.971	2.081
36		Abbar	1.583	1.579	1.413
37	Superstition Hills		2.179	2.060	2.036
38		El Centro Imp.	3.622	2.857	2.176
39			2.029	2.106	2.118
40		Poe Road	2.374	2.519	2.473
41	Cape Mendocino		5.037	4.302	4.277
42		Eureka	4.917	3.556	3.076
43			1.272	1.392	1.497
44		Petrolia	0.994	0.964	0.919
45	Chi-Chi		2.192	2.129	1.725
46		CHY101	13.402	13.638	12.700
47			1.579	1.844	2.181
48		TCU045	5.776	5.432	5.213
49	San Fernando		3.482	3.342	3.610
50		LA Hollywood Sto	4.964	5.792	5.519
51	St Elias, Alaska		7.119	5.535	4.443
52		Yakutat	8.157	6.984	4.621
53			5.760	4.046	3.531
54		Icy Bay	4.241	2.650	1.746
55	Friuli,Italy		2.505	2.807	3.553
56		Tolmezzo	1.818	2.131	2.560

4.3. DİNAMİK ANALİZ SONUÇLARI

3 katlı, 5 katlı ve 8 katlı örnek çerçevelerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri 56 deprem yer hareketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deprem yer hareketi kayıtları tasarım deprem seviyesi için ölçeklendirilmiştir. Her bir çerçeve sisteminde pekleşmeli ve pekleşmesiz olmak üzere iki farklı pekleşme oranı dikkate alınmıştır. Böylece dinamik analizlerde 6 örnek çerçeveye 56 adet yer hareketi altında 672 adet analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda çerçevelere ait maksimum taban kesme kuvveti – maksimum deplasman değerleri, kiriş ve kolonlarda plastik mafsalları belirlenmiştir. Her bir çerçevenin 56 farklı deprem yer hareketi altındaki performans özeti tablo haline getirilmiş ve **Ek.Ave Ek. B'da** verilmiştir. 5 katlı çerçevenin 1 no'lu deprem kaydı altındaki deprem performans özeti ise **Şekil 4.12**'de sunulmuştur.

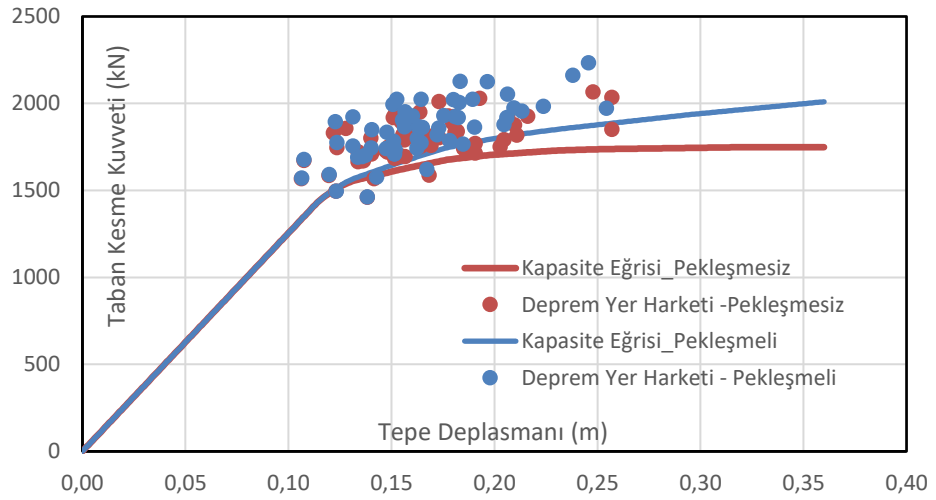
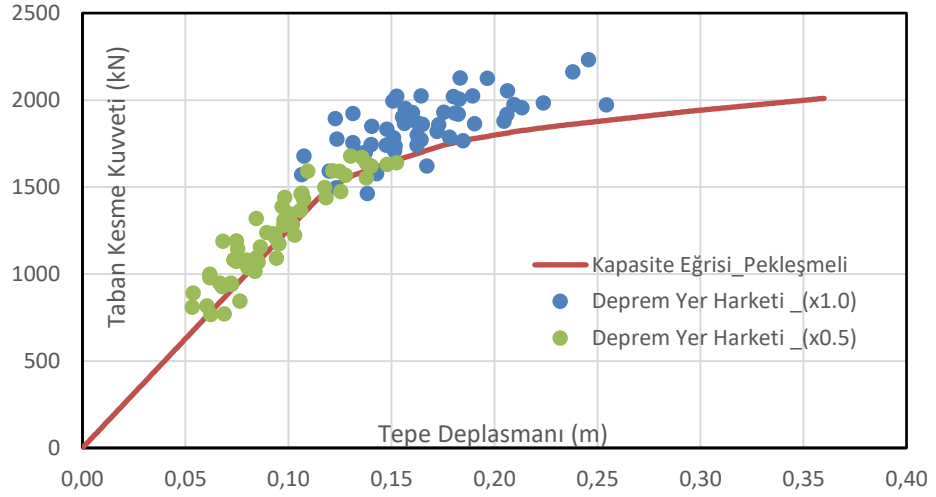
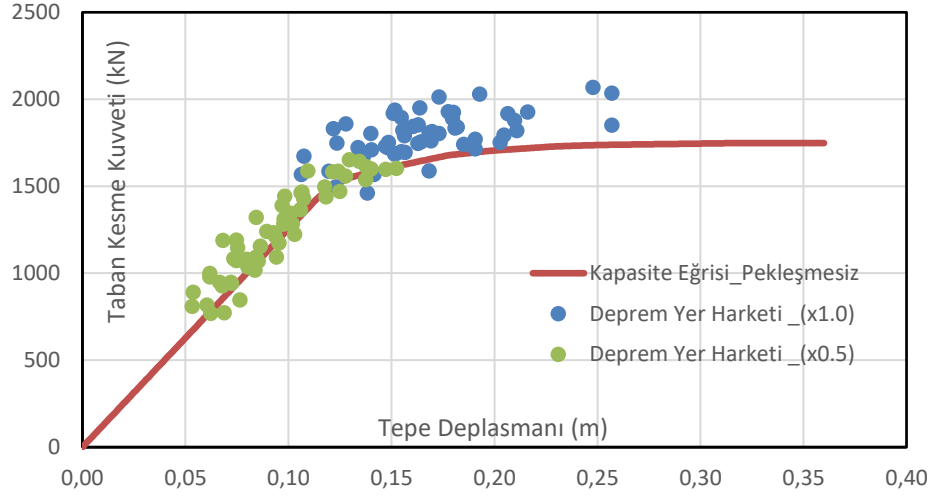
4.3.1. Taban Kesme Kuvveti ve Tepe Deplasman Değerleri

Örnek çerçevelerin deprem altındaki genel davranışlarını incelemek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen maksimum taban kesme kuvveti ve maksimum tepe deplasman değerleri, statik itme analizlerinden elde edilen kapasite eğrileri ile karşılaştırılarak pekleşmesiz ve pekleşmeli durum **Şekil 4.3**, **Şekil 4.4** ve **Şekil 4.5**'de verilmiştir.

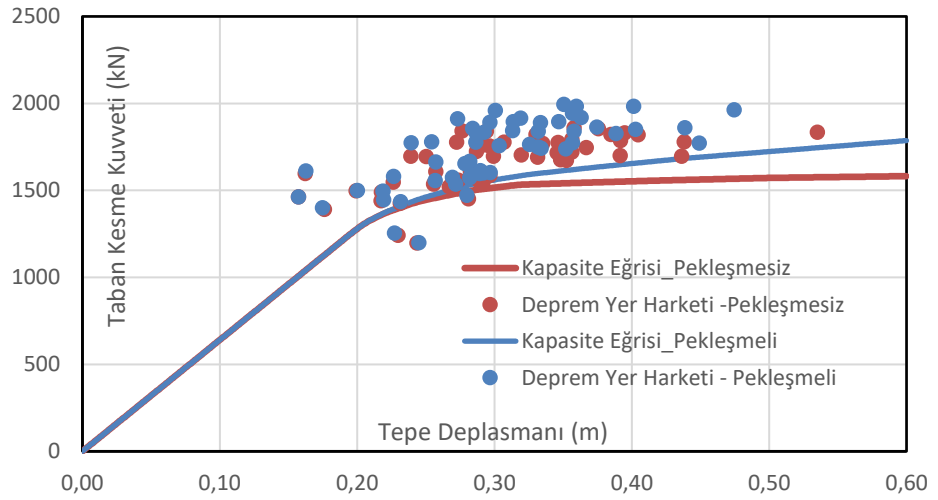
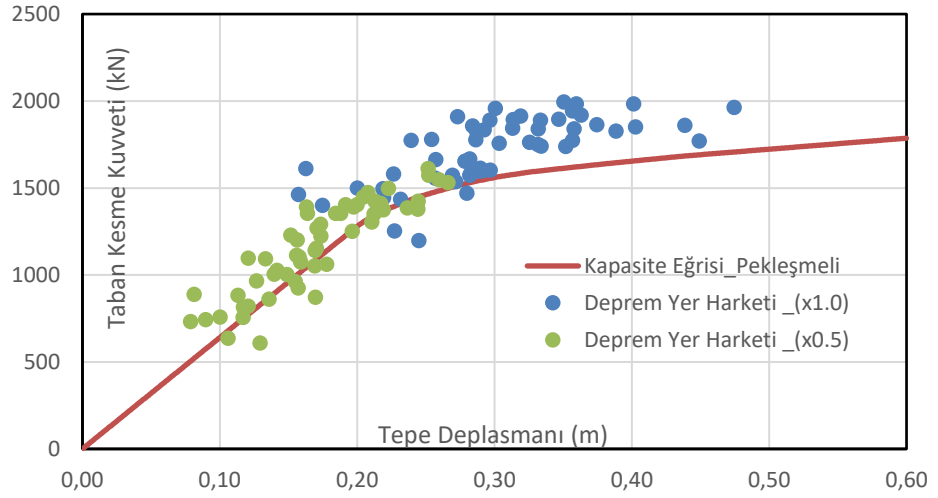
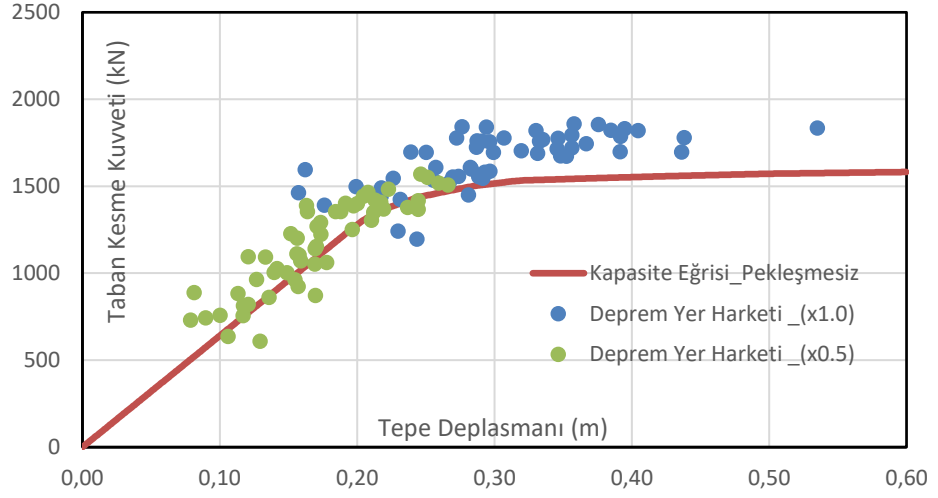
3 katlı çerçevelerin dinamik analiz sonuçlarına göre pekleşmeli durumda taban kesme kuvvetlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Bu artışın ortalama değeri %3.5 ve standart sapması 0.021. Pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için maximum taban kesme kuvveti değerleri sırayla (2067, 2234)kN, minimum değerleri (1461, 1463)kN ve ortalama değerleri (1786, 1850)kN elde edilmiştir. Tepe deplasman değerleri incelendiğinde pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için -%5.6 ile +%8 aralığında bir değişim söz konusu olmuştur. Pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için tepe deplasmanının ortalama değerleri sırayla (16.5, 16.6)cm ve standart sapma değerleri (3.4, 3.3)cm elde edilmiştir. Analizler neticesinde pekleşmenin etkisinin dikkate alınması tepe deplasmanın üzerinde, taban kesme kuvveti üzerinde olduğu kadar etki bırakmadığı gözlenmiştir.

5 katlı çerçevelerin dinamik analiz sonuçlarına göre pekleşmeli durumda taban kesme kuvvetlerinde pekleşmesiz duruma göre ortalama %3.7 oranında artış gözlenmiştir. Pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için maximum taban kesme kuvveti değerleri sırayla (1860 ,1994)kN, minimum değerleri (1196 ,1198)kN ve ortalama değerleri (1655,1719)kN elde edilmiştir. Her iki durum için standart sapma değerleri (152.5, 190)kN olmuştur. Tepe deplasman değerleri incelendiğinde pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için -%13 ile +%4 aralığında bir değişim söz konusu olmuştur. Pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için tepe deplasmanının ortalama değerleri sırayla (30.0, 29.7)cm ve standart sapma değerleri (7.2, 6.7)cm elde edilmiştir. Analizler neticesinde pekleşmenin etkisinin dikkate alınması tepe deplasmanının üzerinde, taban kesme kuvveti üzerinde olduğu kadar etki bırakmadığı gözlenmiştir.

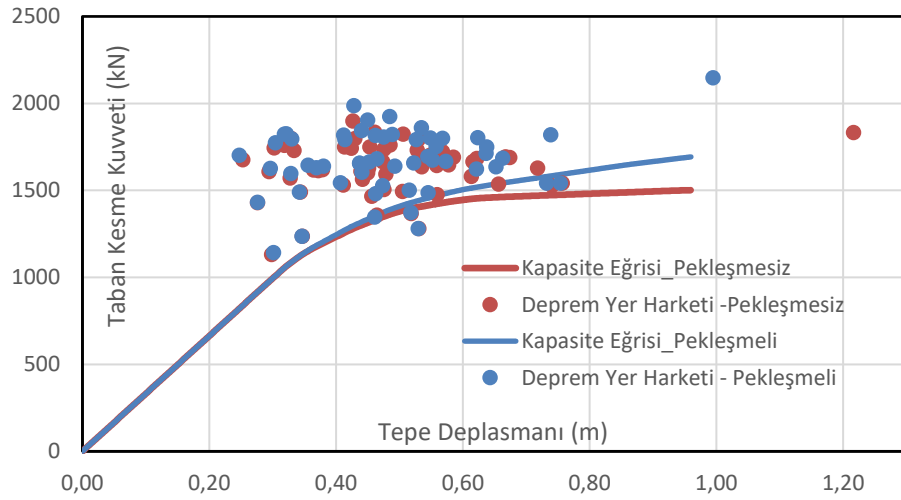
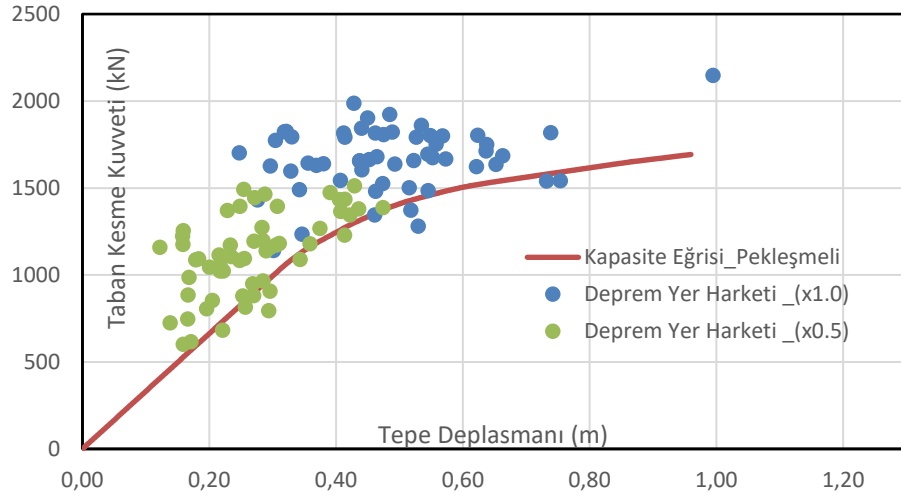
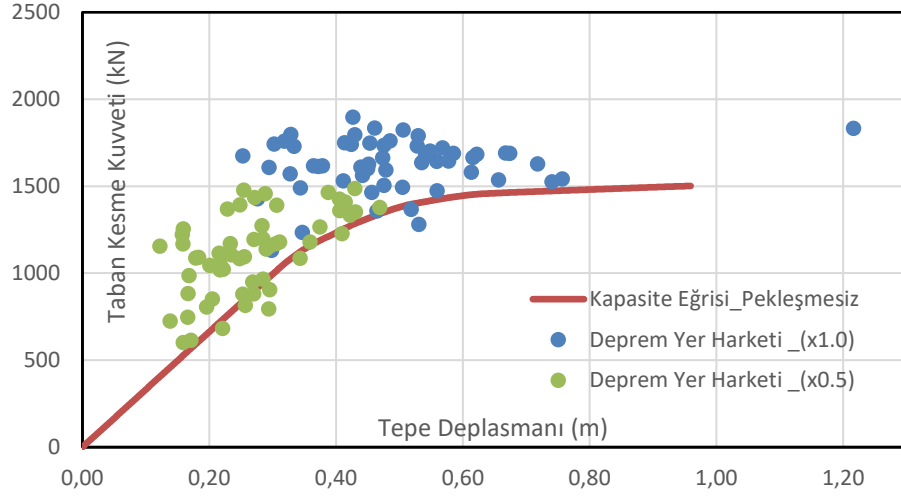
8 katlı çerçevelerin dinamik analiz sonuçlarına göre pekleşmeli durumda taban kesme kuvvetlerinde pekleşmesiz duruma göre ortalama %2.7 oranında artış gözlenmiştir. Pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için maximum taban kesme kuvveti değerleri sırayla (1898 ,2147)kN, minimum değerleri (1131 ,1141)kN ve ortalama değerleri (1622, 1688)kN elde edilmiştir. Her iki durum için standart sapma değerleri (153.1, 185)kN olmuştur. Tepe deplasman değerleri incelendiğinde pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için -%22.3 ile +%3.2 aralığında bir değişim söz konusu olmuştur. Pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için tepe deplasmanının ortalama değerleri sırayla (49.1, 48.5)cm ve standart sapma değerleri (15.6, 13.9)cm elde edilmiştir. Analizler neticesinde pekleşmenin etkisinin dikkate alınması tepe deplasmanının üzerinde, taban kesme kuvveti üzerinde olduğu kadar etki bırakmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4. 3 3kathlı çerçevenin taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı ilişkileri



Şekil 4. 45 katlı çerçevenin Taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı ilişkileri



Şekil 4. 5 8 katlı çerçevenin Taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı ilişkileri

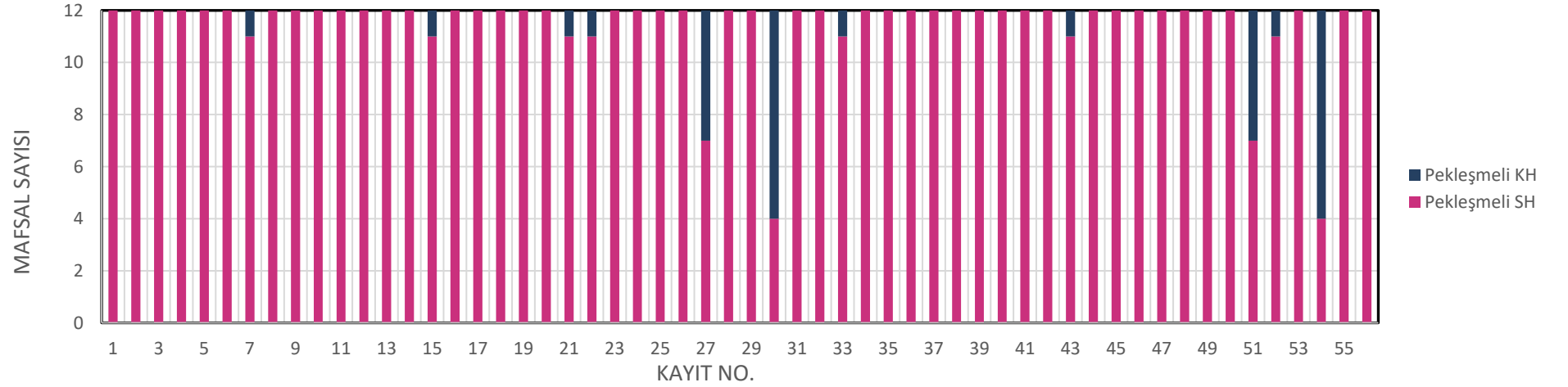
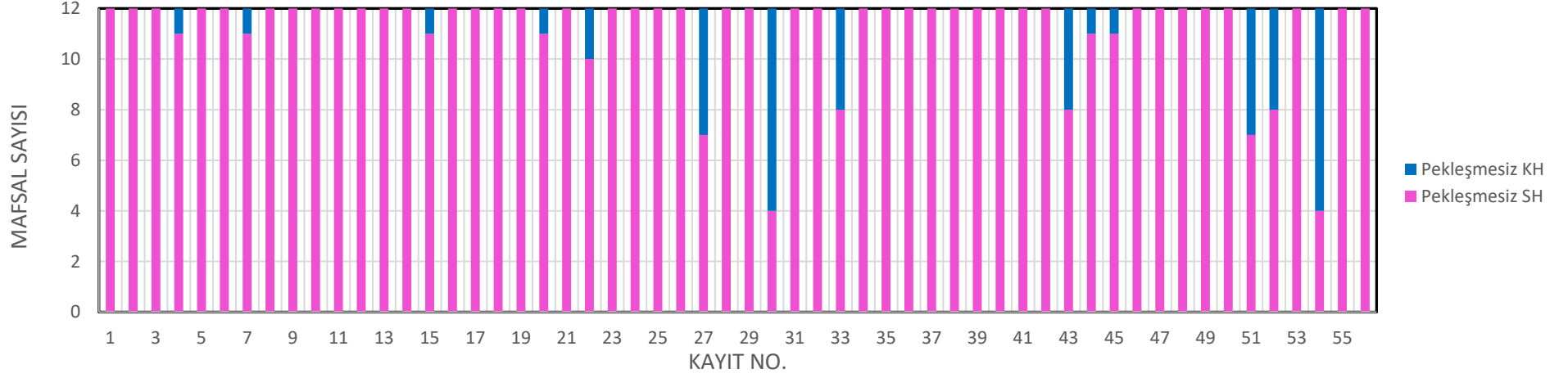
4.3.2. Kirişlerde Plastik Mafsalsayıları

Örnek çerçevelerde kiriş performansları üzerinde pekleşmenin etkisini değerlendirmek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri incelenmiştir. 56 adet deprem kaydı altında yapılan analizler sonucunda 3, 5 ve 8 katlı çerçeve kirişlerin sadece sınırlı hasar ve belirgin hasar bölgelerinde davranış sergilediği hiçbir kayıt altında ileri hasar bölgesine geçmediği gözlemlenmiştir.

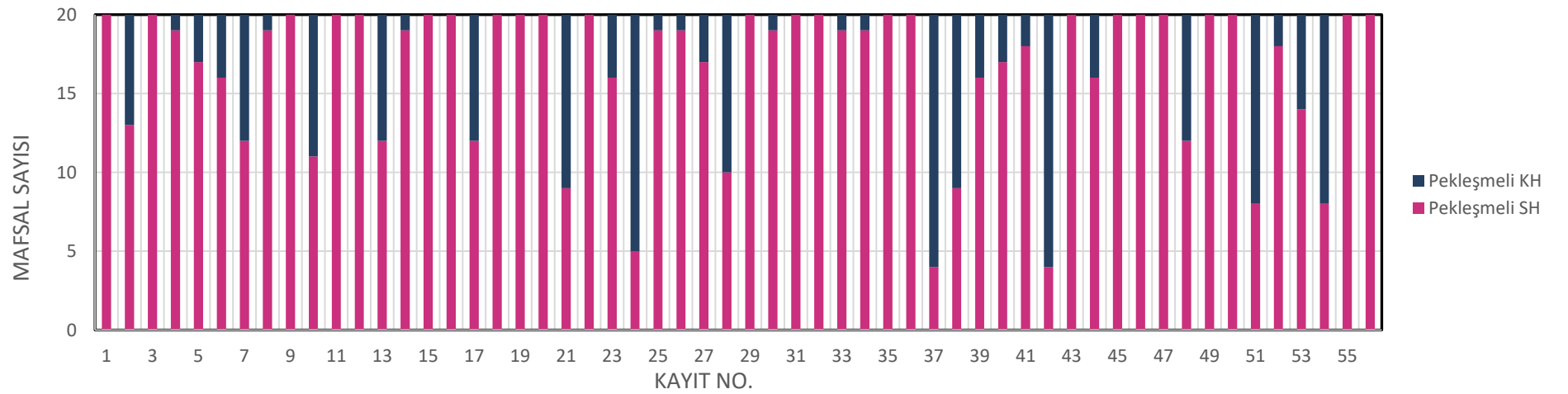
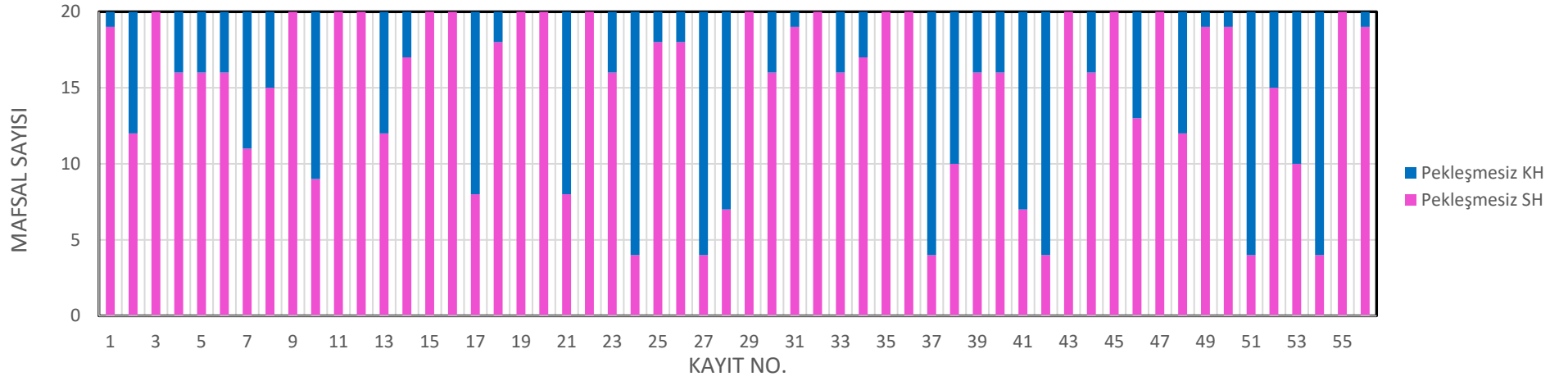
3 katlı çerçeve kirişlerine ait plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için ayrı ayrı **Şekil 4.6**'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere kirişlerde pekleşmenin etkisinden dolayı sınırlı hasar bölgesindeki mafsalsayılarının arttığını görülmüştür. Buna göre pekleşme etkisinin kiriş elemanlarında daha az hasar oluşumunu sebep olduğu söylenebilir. Pekleşmesiz durumunda deprem kayıtlarının %25'inde, pekleşmeli durumda ise %19.6'sında kiriş elemanları kontrollü belirgin hasar bölgesine geçmiştir.

5 katlı çerçeve kirişlerine ait plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için **Şekil 4.7**'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde pekleşmesiz durumunda yer hareketi kayıtlarının %87.5'inde pekleşmeli durumda ise %57'sinde kirişler belirgin hasar bölgesine geçmektedir. Bu çerçeve sisteminde de pekleşmenin etkisindeki kirişlerde daha az hasar gözlenmiştir.

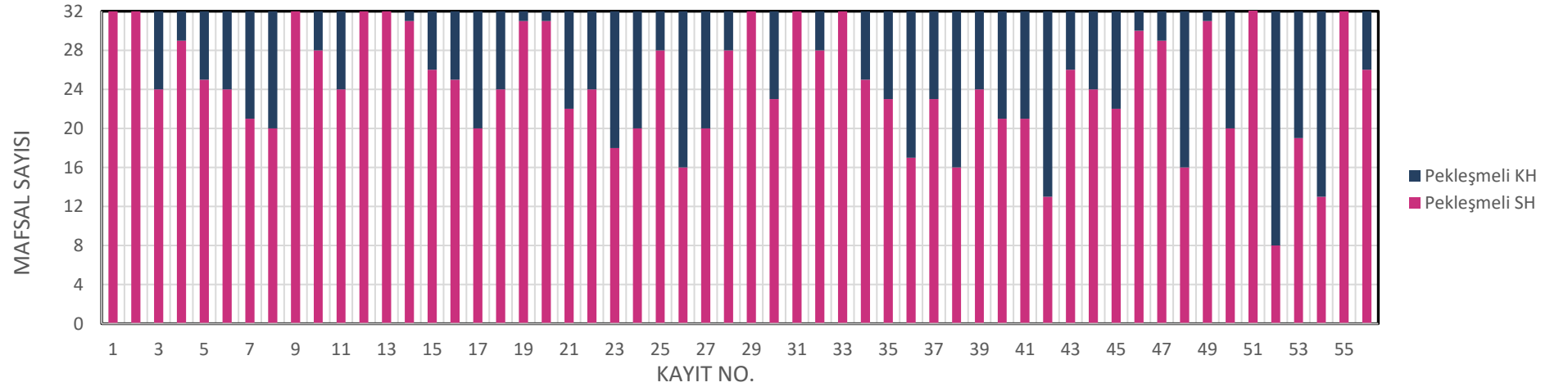
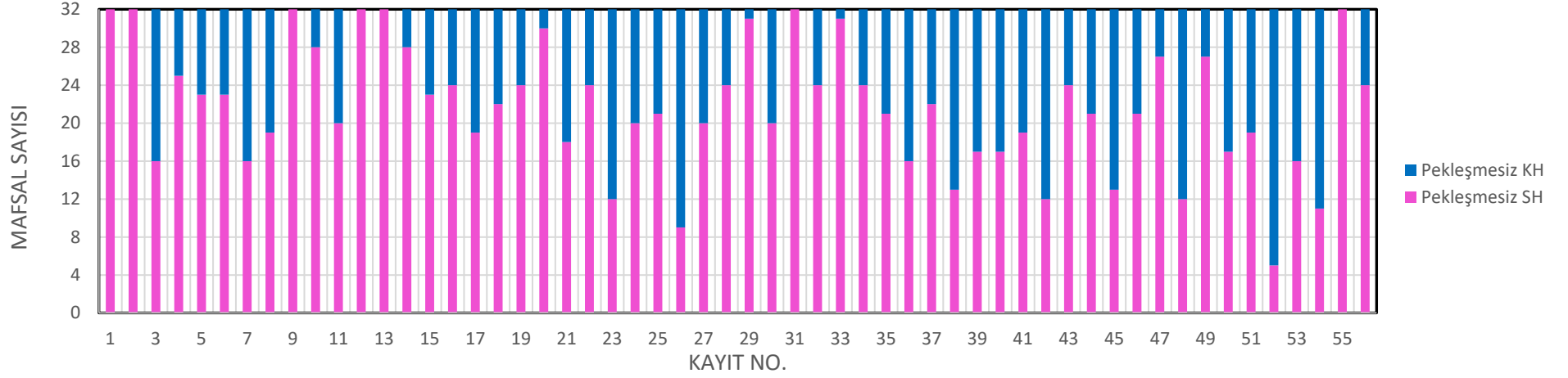
8 katlı çerçeve kirişlerine ait plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için **Şekil 4.8**'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde pekleşmesiz durumunda yer hareketi kayıtlarının %87.5'inde pekleşmeli durumda ise %80'ninde kirişler belirgin hasar bölgesine geçmektedir. Belirgin hasar bölgesine geçen kirişlerin oranları, pekleşmesiz durumda yaklaşık %50 ve pekleşmeli durumda ise %35 olduğunu gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 6 3 katlı çerçeve kirişlerinin pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi



Şekil 4. 7 5 katlı çerçeve kirişlerinin pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi



Şekil 4. 8 8 katlı çerçeve kirişlerinin pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviye

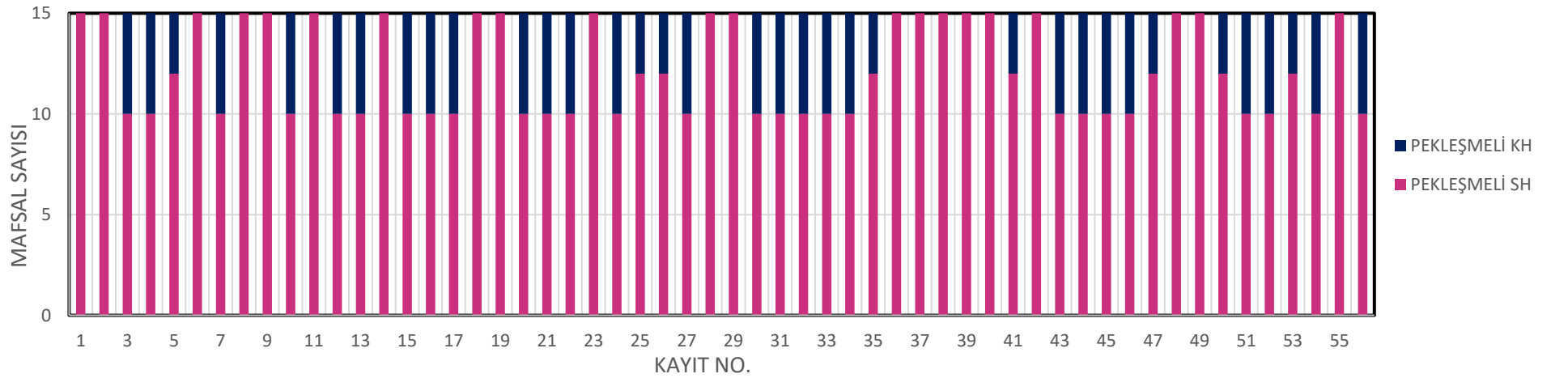
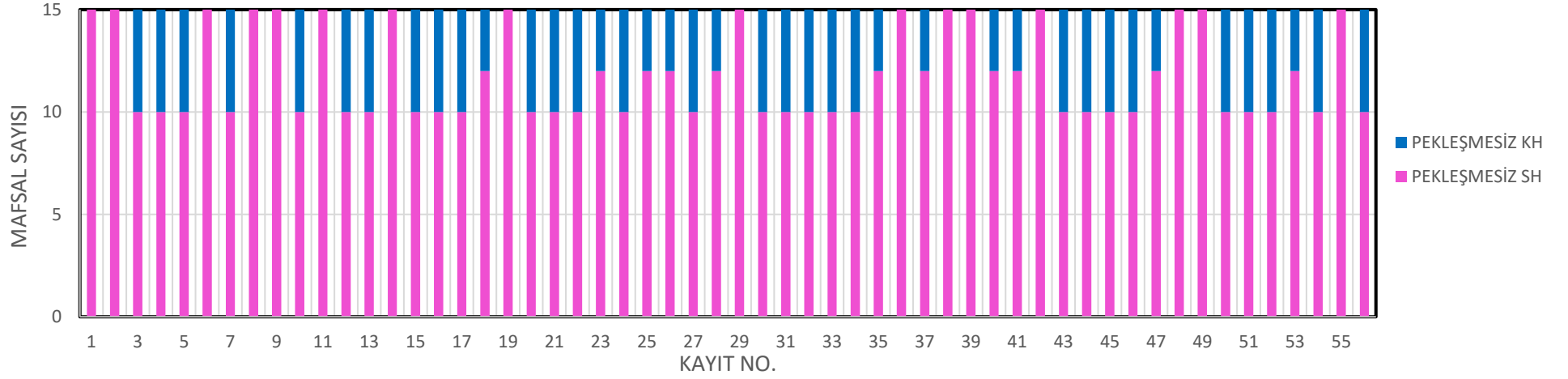
4.3.3. Kolonlarda Plastik Mafsalsayıları

Örnek çerçevelerde kolon performansları üzerinde pekleşmenin etkisini değerlendirmek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler sonucu elde edilen plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri incelenmiştir. 56 adet deprem kaydı altında yapılan analizler sonucunda 3, 5 ve 8 katlı çerçeve kolonların sınırlı hasar, belirgin hasar ve ileri hasar bölgelerinde davranışlar sergilediği gözlemlenmiştir.

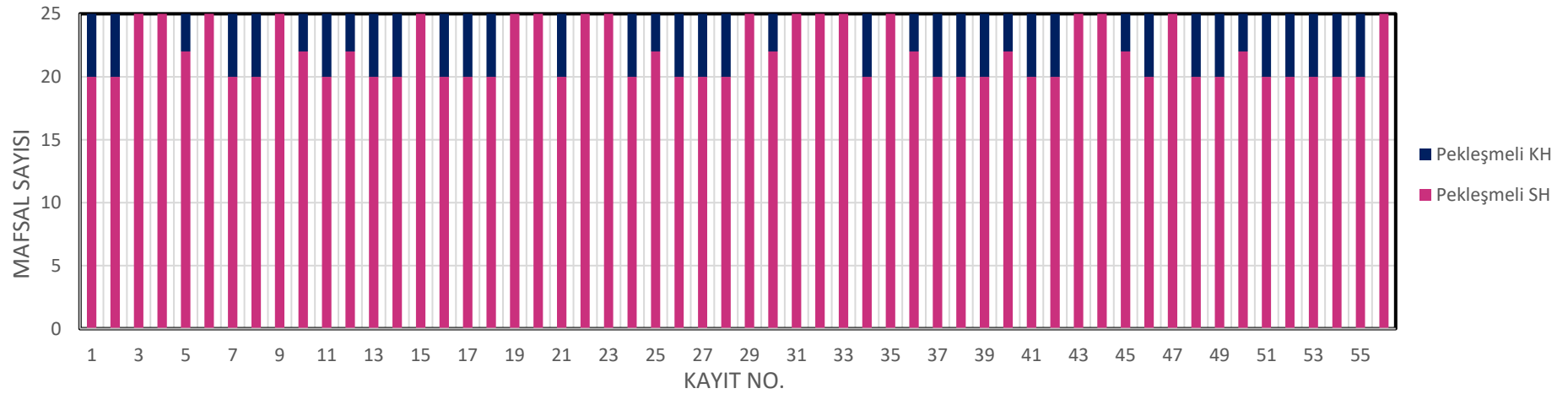
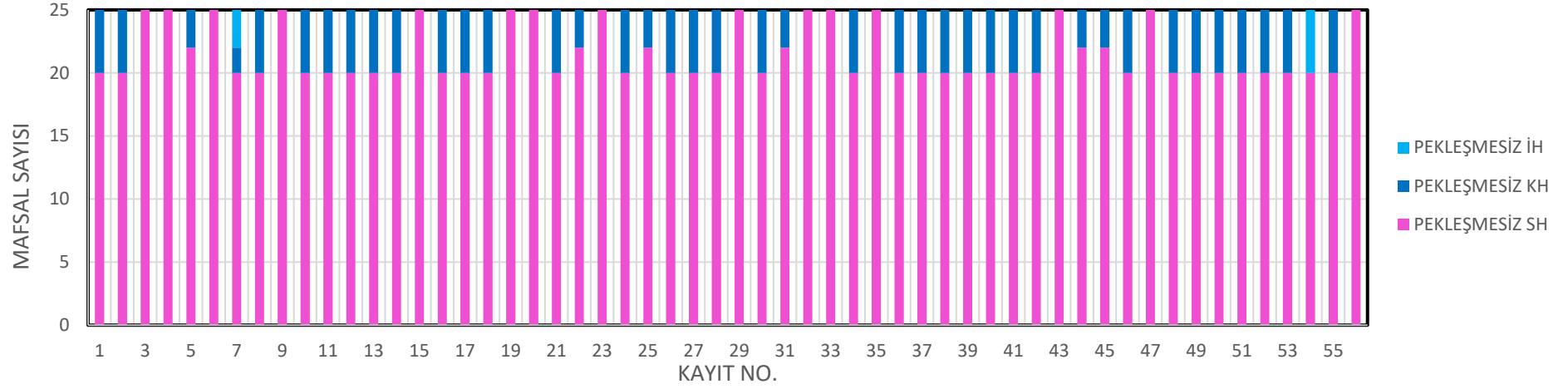
3 katlı çerçeve kolonlarına ait plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için ayrı ayrı **Şekil 4.9**'de verilmiştir. Buna göre kolon elemanlarının hiçbir kayıt altında ileri hasar (İH) bölgesine geçmediği görülmüştür. Kolon elemanlarında pekleşmesiz durumda deprem kayıtlarının %75'inde, pekleşmeli durumda ise %62.5'inde belirgin hasar bölgesine geçtiği gözlemlenmiştir.

5 katlı çerçeve kolonlarına ait plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için **Şekil 4.10**'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 7 ve 54 no'lu deprem kayıtları altında kolonlarda ileri hasar (İH) bölgesi gözlemlenmiş diğer kayıtlar altında sınırlı ve belirgin hasar bölgelerinde kalmıştır. Bu çerçeve kolonlarında pekleşmenin etkisiyle kolonların hiçbir deprem kaydı altında ileri hasar bölgesine geçmediği gözlemlenmiştir. Kolon elemanlarında pekleşmesiz durumda deprem kayıtlarının %70'inde, pekleşmeli durumda ise %68'inde belirgin hasar bölgesine geçtiği gözlemlenmiştir.

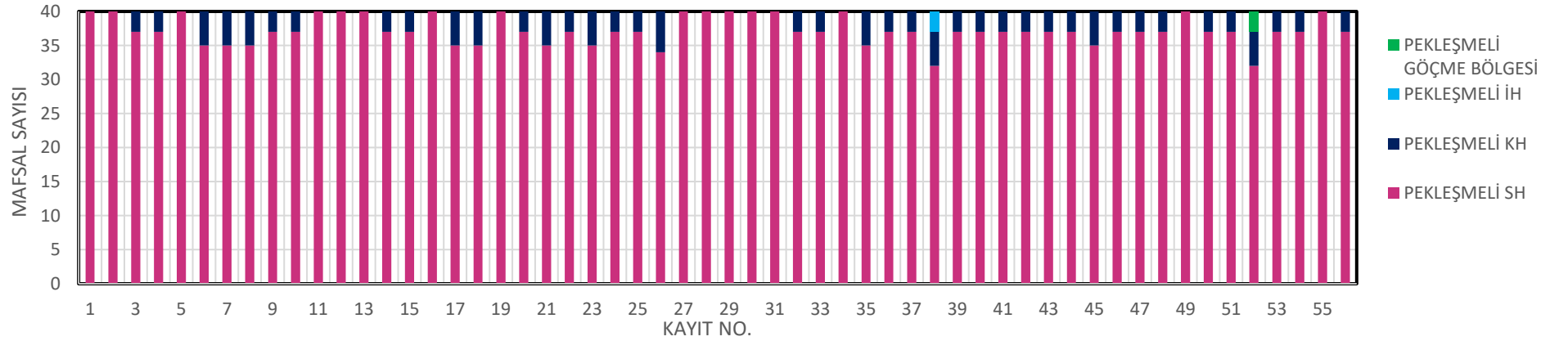
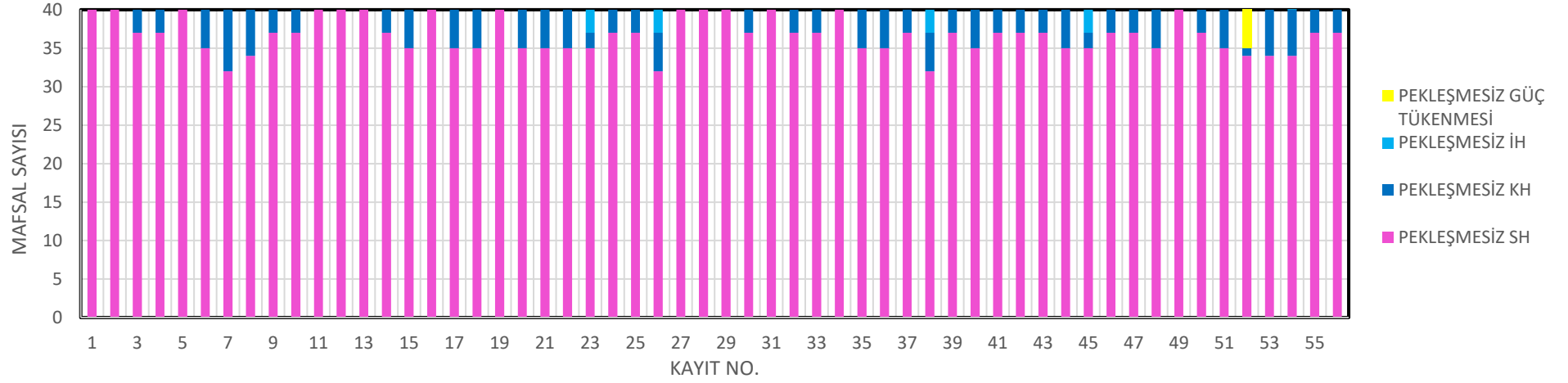
8 katlı çerçeve kolonlarına ait plastik mafsalsayıları ve hasar bölgeleri pekleşmeli ve pekleşmesiz durum için **Şekil 4.11**'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 52 no'lu deprem kaydı altında göçme bölgesi geçmiştir. diğer kayıtlar altında sınırlı ve belirgin hasar bölgelerinde kalmıştır. Kolon elemanlarında pekleşmesiz durumda deprem kayıtlarının %25'inde sınırlı hasar bölgesi, %66'sında belirgin hasar bölgesi, %7'sinde ileri pekleşmeli durumda ise kolonlar deprem kayıtlarının % 28'inde sınırlı hasar bölgesinde, %68'inde belirgin hasar bölgesinde, %2'sinde ileri hasar bölgesinde ve %2'sinde göçme bölgesindedir. Pektleşmenin etkisindeki kolonlarda daha az hasar oluştuğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 9 3 katlı çerçeve kolonları pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi

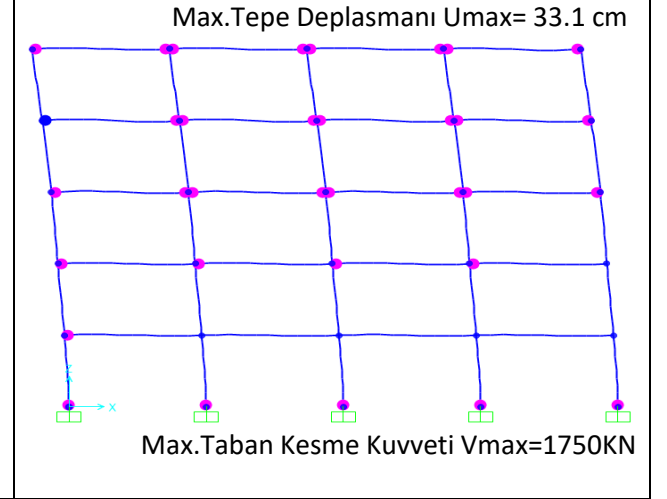
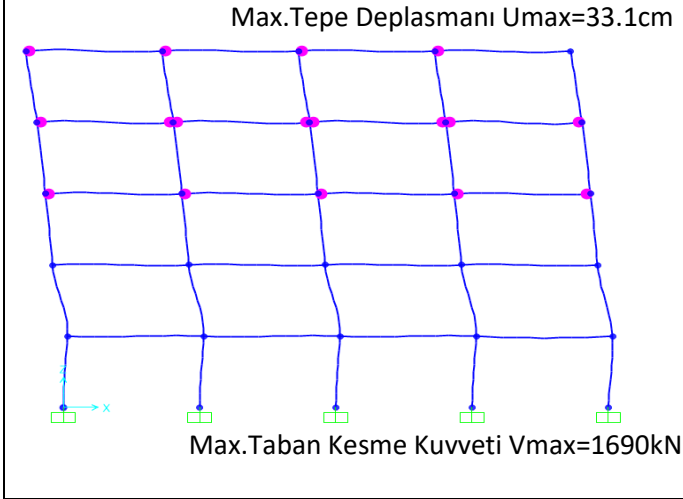
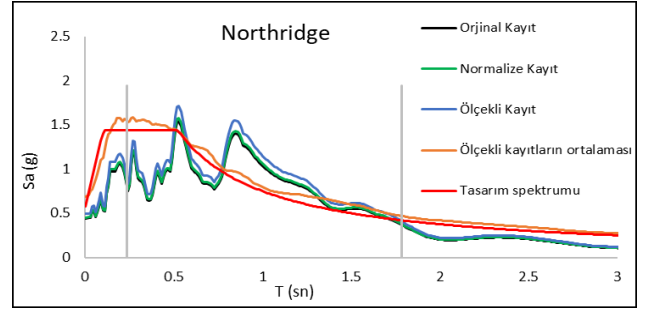


Şekil 4. 10 5 katlı çerçeve kolonları pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi

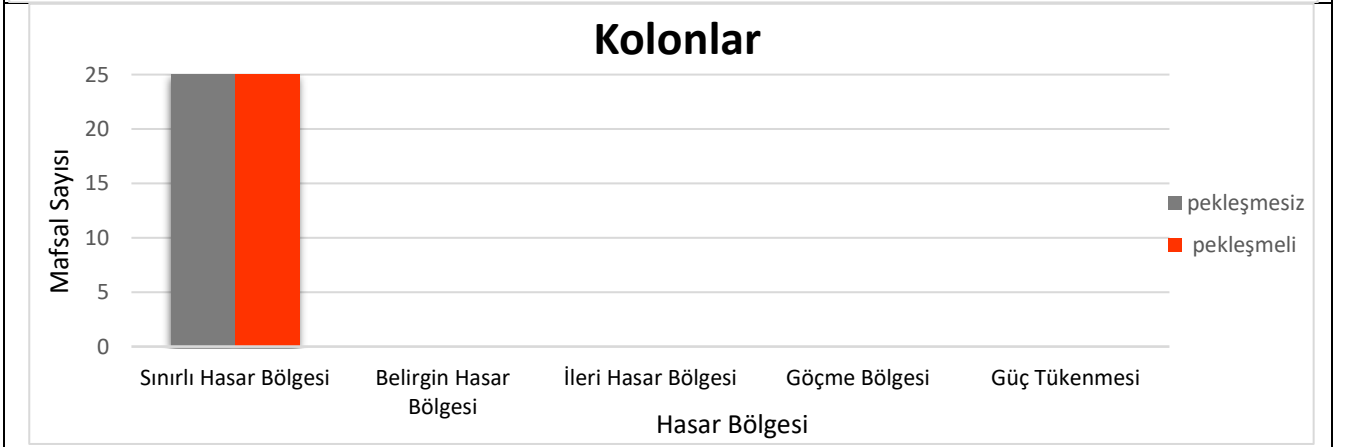
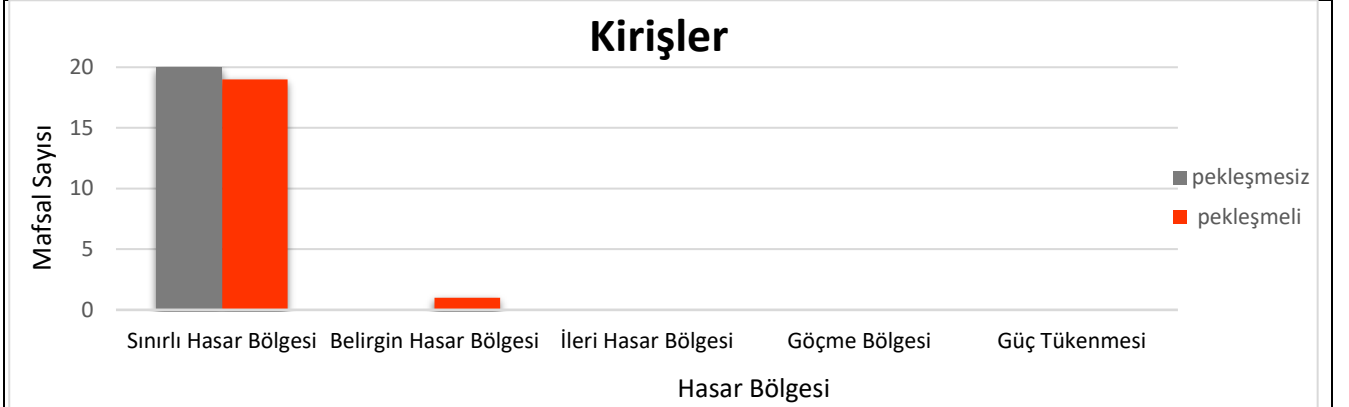


Şekil 4. 11 8 katlı çerçeve kolonları pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için hasar seviyesi

Deprem No:1- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Beverly Hills
Bileşen:	9
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Şekil 4. 12 5 katlı çerçeve 1 no'lu deprem kaydına ait deprem performansı

SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında pekleşmenin çelik çerçevelerin deprem davranışına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla kat planları aynı olan üç farklı kat sayısına sahip çerçeve sistemleri ele alınmıştır. Üç, beş ve sekiz katlı çerçevelerin tasarımları ÇYHTYE, 2016 ve TBDY, 2018'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan örnek çerçevelerin deprem performansları etkisi statik itme ve zaman tanım alanında dinamik analizlerle incelenmiştir. Statik itme analizleriyle yapıların kapasite eğrileri, hedef deplasman değerleri, plastik mafsall oluşum yerleri ve giriş kolon elemanlarında sınır değerler belirlenmiştir. Dinamik analizlerde 56 adet gerçek deprem yer hareketi iki farklı deprem seviyesine göre ölçeklendirilmiş ve 6 örnek çerçeve için 6 adet doğrusal olmayan itme analizi ve 672 adet doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Dinamik analizler sonucunda çerçevelerin maksimum kesme kuvveti – maksimum deplasman değerleri, giriş ve kolon elemanlarında plastik mafsall sayıları belirlenmiştir.

Statik itme ve dinamik analizler incelendiğinde dikkate alınan pekleşme etkisinin yapı taşıyıcı elemanlarında daha az hasar oluşumuna sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Statik itme analizlerinde. 3 katlı, 5 katlı ve 8 katlı çerçevelerin dikkate alınan deprem (X) doğrultusu için hedef deplasman değerleri sırasıyla 0.129m, 0.222 m ve 0.352 m olarak hesaplanmıştır. Pekleşme etkisinin 3 katlı, 5 katlı ve 8 katlı çerçevelerde hesaplanan hedef deplasman değerini değiştirmediği gözlemlenmiştir.

Statik itme analiz sonuçlarına göre pekleşmeli durumun yatay yük taşıma kapasitesi ve elastik ötesi davranışındaki kapasitesi pekleşmesiz duruma göre artış göstermiştir.

Statik itme analizinde bulduğumuz R3 plastik dönme sınırına göre girişlerde ve kolonlarda performans düzeyi (hasar bölgesi) aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

3 katlı çerçevelerde pekleşmesiz ve pekleşmeli durumda 4 adet kiriş (3.kat kirişleri) sınırlı hasar bölgesinde, 8 adet kiriş (1.ve 2. kat kirişleri) belirgin hasar bölgesinde kaldığını gözlemlenmiştir. Kolonlarda ise pekleşmeli ve pekleşmesiz durumda 8 adeti sınırlı hasar bölgesinde ve 7 adeti belirgin hasar bölgesinde yer almıştır.

5 katlı çerçevelerde pekleşmesiz ve pekleşmeli durumda 4 kiriş (5.kat kirişleri) sınırlı hasar bölgesinde 16 kiriş (1, 2, 3 ve 4 kat kirişleri) belirgin hasar bölgesinde kaldığını görülmüştür. Kolonların ise pekleşmesiz durumda 20 adeti sınırlı hasar bölgesinde 2'si belirgin hasar bölgesinde ve 3'ü (1.kat orta kolonları) ileri hasar bölgesinde kaldığı görülmüştür. Pekleşmeli durumda ise kolonların 20 adeti sınırlı hasar bölgesinde 5 adeti belirgin hasar bölgesinde kaldığı gözlemlenmiştir.

8 katlı çerçevelerde pekleşmesiz ve pekleşmeli durumda 8 kiriş (7 ve 8.kat kirişleri) sınırlı hasar bölgesinde 24 kiriş (1, 2, 3, 4, 5 ve 6 kat kirişleri) belirgin hasar bölgesinde kaldığını görülmüştür. Kolonların ise pekleşmesiz durumda 35'i sınırlı hasar bölgesinde 2 adeti belirgin hasar bölgesinde ve 3'ü (1.kat orta kolonları) göçme bölgesinde kaldığını görülmüştür. Pekleşmeli durumda ise kolonların 32'si sınırlı hasar bölgesinde, 5'i belirgin hasar bölgesinde ve 3 tanesi ise ileri hasar bölgesinde kaldığını görülmüştür.

Zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarına göre 56 yer hareketi kayıta pekleşme etkisindeki çerçevelerin taaban kesme kuvveti artış göstermiştir.

- 3 katlı çerçevelerde pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için taban kesme kuvveti ortalama değerleri sırayla (1786,1850)kN, tepe deplasman ortalama değerleri ise (16.5 ,16.6)cm.
- 5 katlı çerçevelerde pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için taban kesme kuvveti ortalama değerleri sırayla (1655,1719)kN,tepe deplasman ortalama değerleri ise (30 ,29.7)cm .
- 8 katlı çerçevelerde pekleşmesiz ve pekleşmeli durum için taban kesme kuvveti ortalama değerleri sırayla (1622,1668)kN,tepe deplasman ortalama değerleri ise (49.12 ,48.5)cm .

Dinamik analizler sonucunda kiriş ve kolon elemanlarda plastik mafsal oluşumlarına göre hasar seviyeleri belirlenmiştir. 3 katlı çerçevelerde kirişler;

- Pekleşmesiz durumda 42 kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 14 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde,
- Pekleşmeli durumda 45 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 11 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde

oldukları gözlemlenmiştir. 5 katlı çerçevelerde kirişler;

- Pekleşmesiz durumda 7 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 49 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde,
- Pekleşmeli durumda 24 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 32 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde

olduğu gözlemlenmiştir. 8 katlı çerçevelerde kirişler;

- Pekleşmesiz durumda 7 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 49 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde
- Pekleşmeli durumda 11 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 45 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde

olduğu gözlemlenmiştir. 3 katlı çerçevelerde kolonlar,

- Pekleşmesiz durumda 14 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 42 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde
- Pekleşmeli durumda 21 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 35 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde

olduğu gözlemlenmiştir. 5 katlı çerçevelerde kolonlar;

- Pekleşmesiz durumda 15 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde, 39 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde ve 2 adet kayıta ileri hasar bölgesinde
- Pekleşmeli durumda 18 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde ve 38 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde

olduğu gözlemlenmiştir. 8 katlı çerçevelerde kolonlar;

- Pekleşmesiz durumda 14 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde, 37 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde, 4 adet kayıta ileri hasar bölgesinde ve 1 adet kayıta göçme bölgesinde
- Pekleşmeli durumda ise 16 adet kayıta sınırlı hasar bölgesinde, 38 adet kayıta belirgin hasar bölgesinde , 1 adet kayıta ileri hasar bölgesinde ve 1 adet kayıta göçme bölgesinde

olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

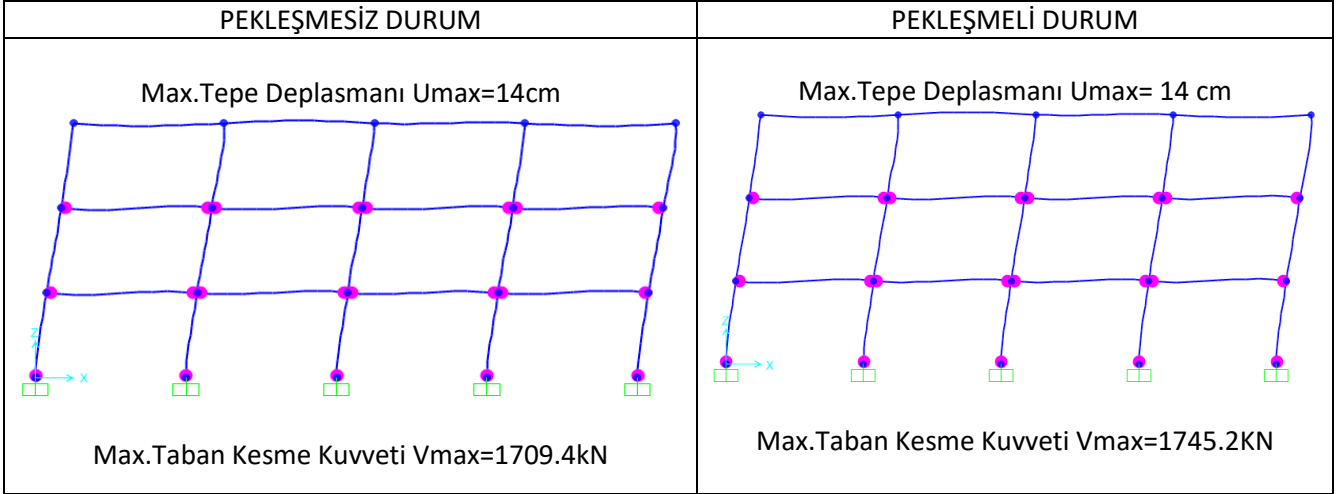
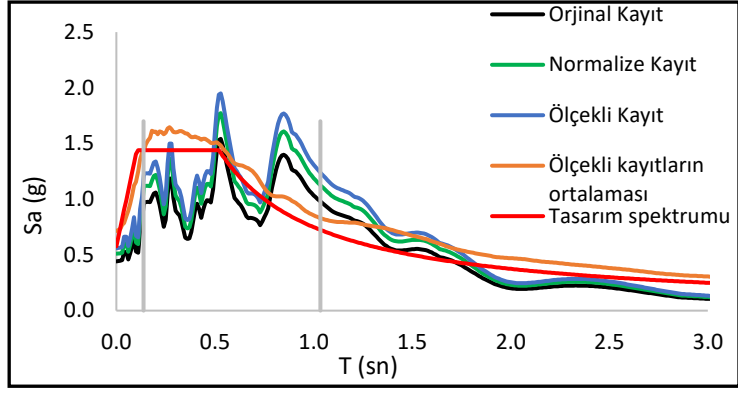
- Celep, Z.** (2018). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. BETA Basım Yayım.
- ÇYTHYE.** (2016). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İstanbul.
- El-Shaer, M. A.A.** (2012). Effect of Earthquake on Steel Frames With Partial Rigid Connection, Journal of Engineering Sciences, Assiut University.
- Doğramacı, N.** (2009). Yarı Rijit Birleşimli Çerçevelerin Deprem Performansının Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Foster, A. ve Gardner, L.** (2015). Practical Strain-Hardening Material Properties for Use in Deformation-Based Structural Steel Design, University College London.
- Kato, B.** (1990). Role of Strain-hardening of Steel in Structural Performance, Faculty of Engineering, The University of Tokyo.
- Wang, F. ve Gardner, L.** (2011). Influence of Strain Hardening on the Behavior and Design of Steel Structures, Imperial College London & Tsinghua University.
- TBDY.** (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- TS498.** (2021). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. TSE. Ankara
- SAP2000** Integrated Software For Structural Analysis and Design, v20, 2017.
- Excel.** (2022). Microsoft 365 Excel. PEER
- PEER Ground Motion Database* . (2013). <https://ngawest2.berkeley.edu/site>

EKLER

EK-A-

3 Katlı Çerçeve Deprem Kayıtlarına Ait Deprem Performansı

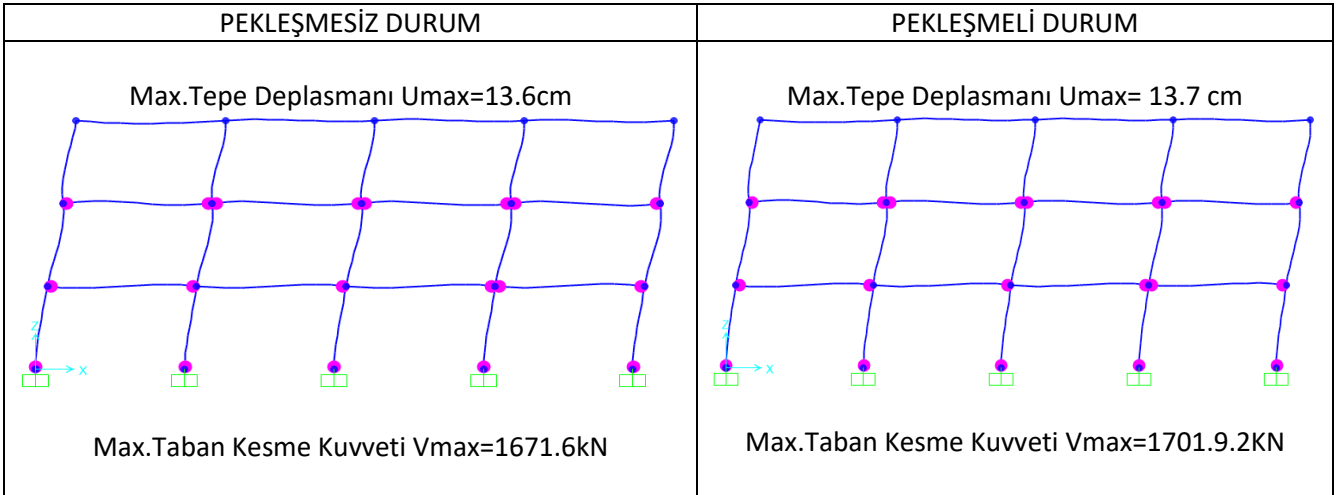
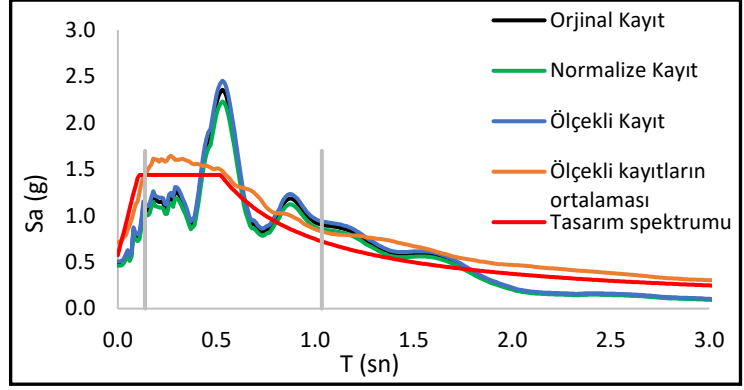
Deprem No:1- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Beverly Hills
Bileşen:	9
Zaman Adımı (sn):	0,01



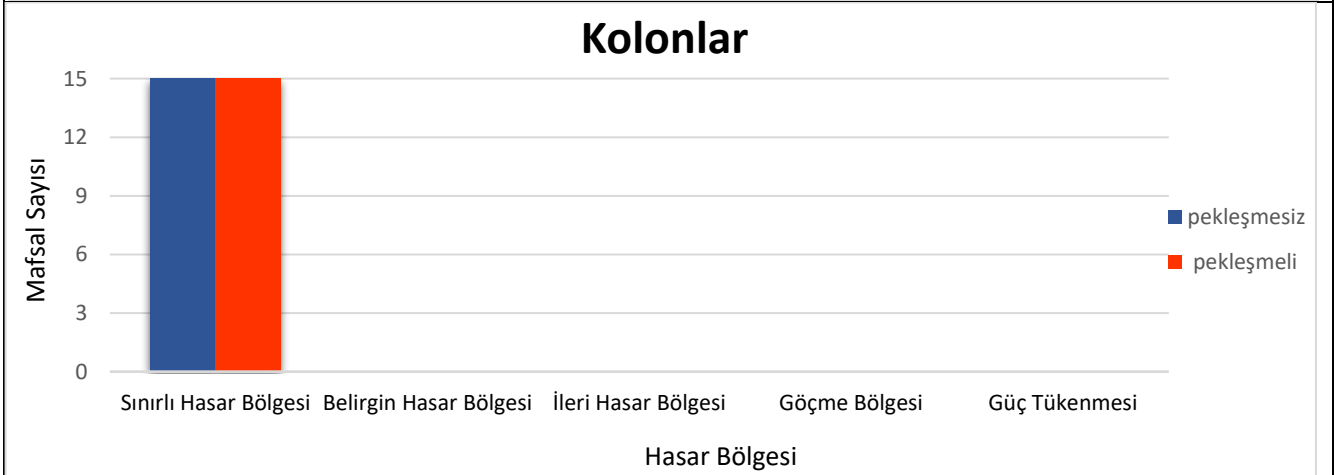
PERFORMANS DÜZEYLERİ



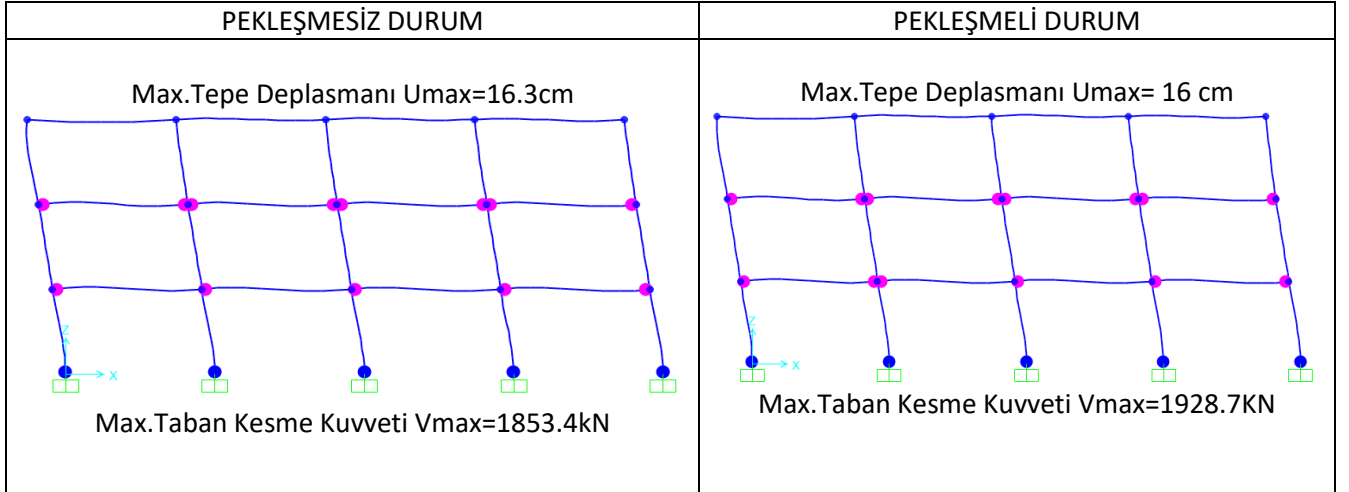
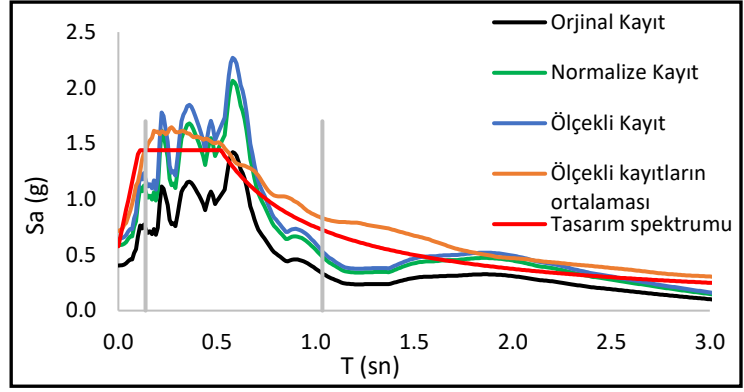
Deprem No:2- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Beverly Hills
Bileşen:	279
Zaman Adımı (sn):	0,01



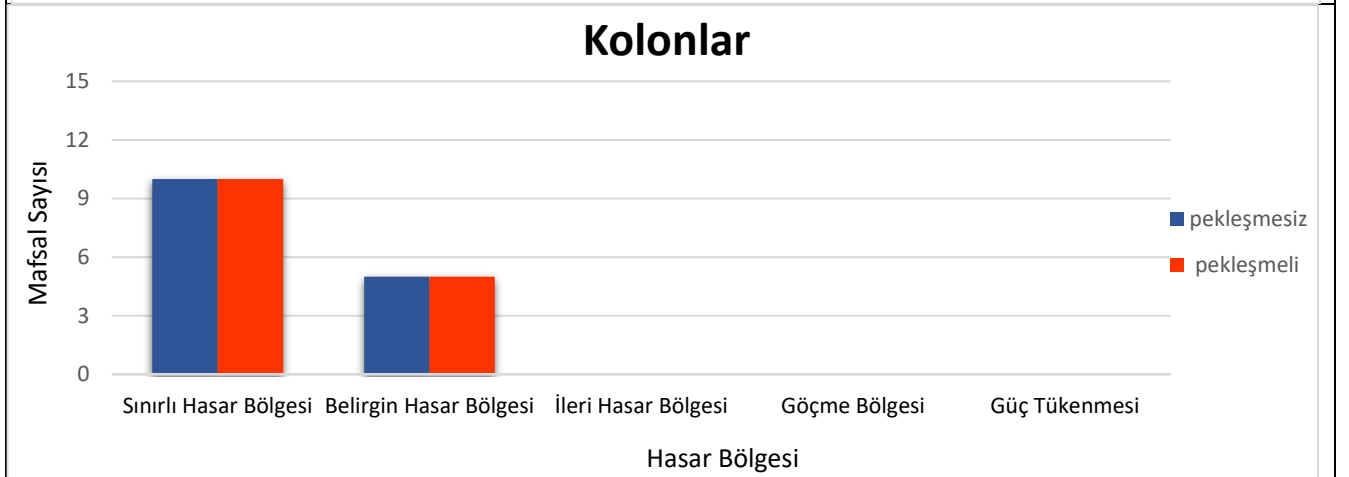
PERFORMANS DÜZEYLERİ



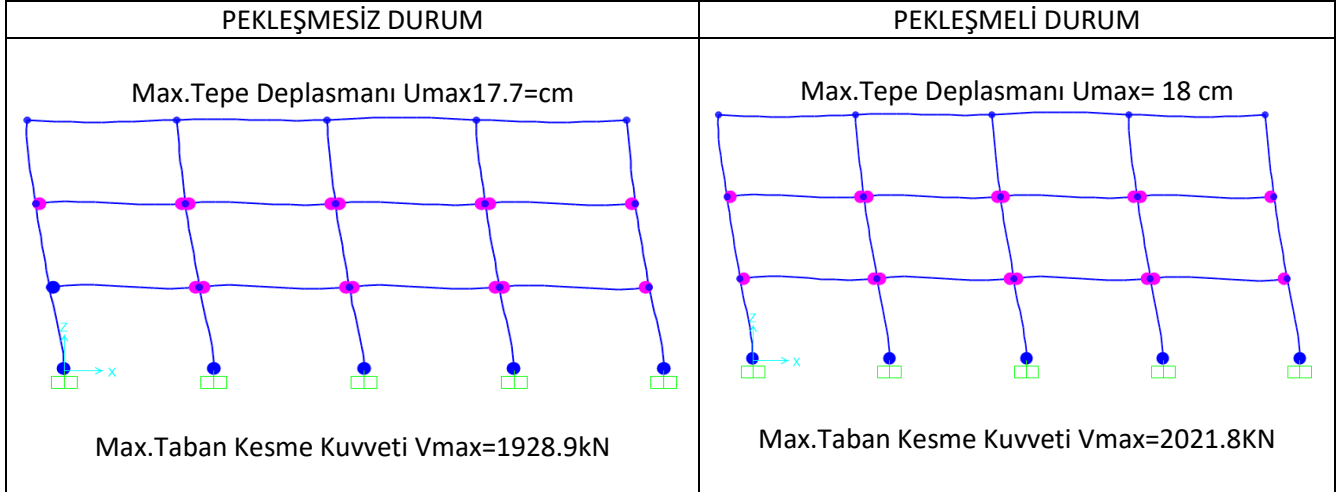
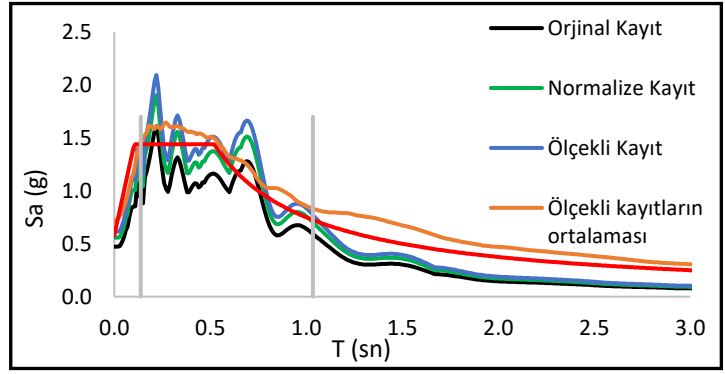
Deprem No:3- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Canyon Country
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



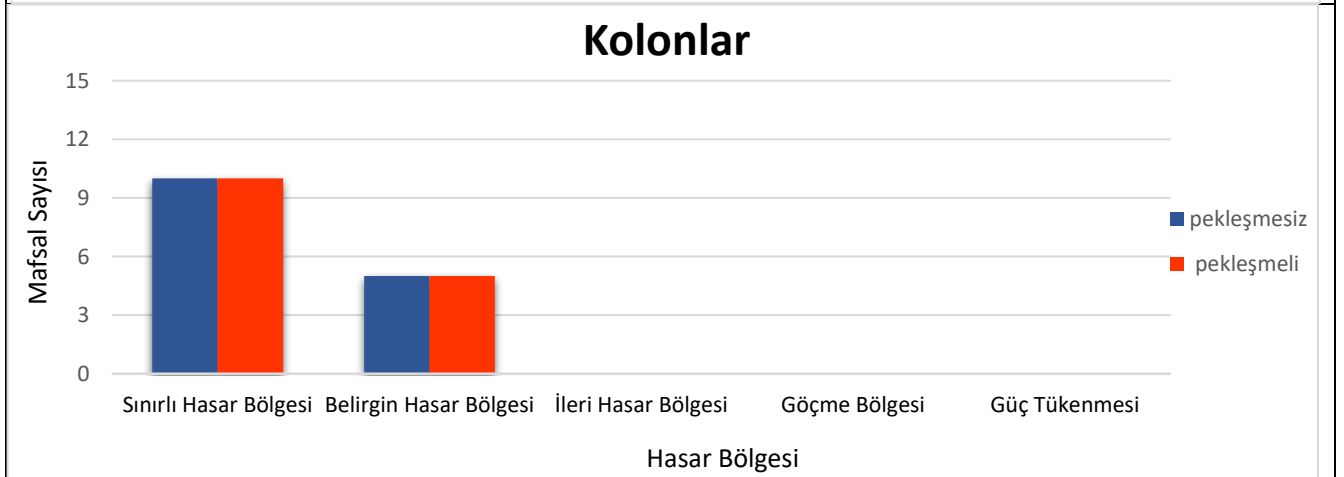
PERFORMANS DÜZEYLERİ



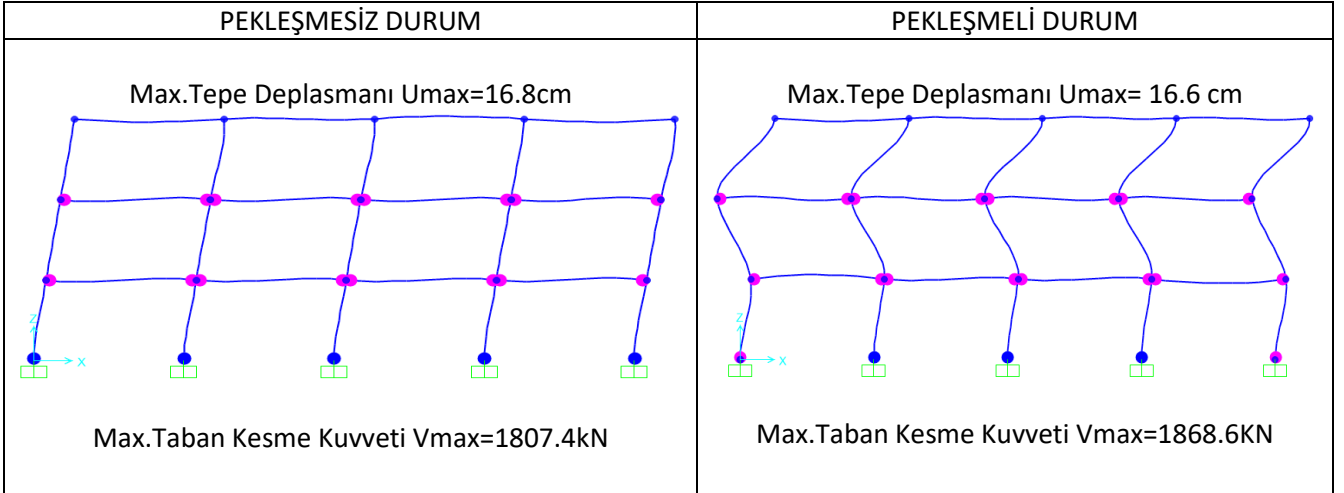
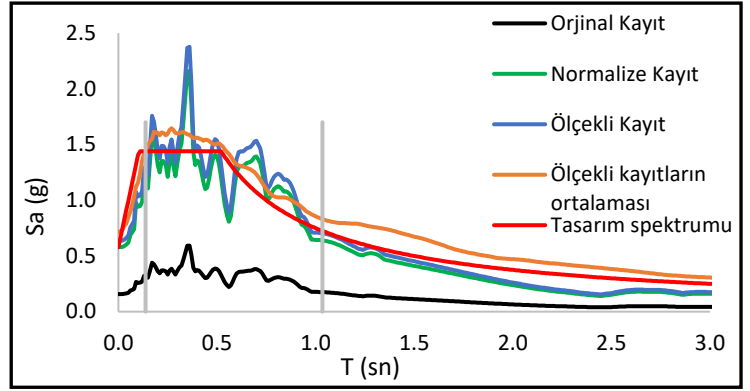
Deprem No:4- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Canyon Country
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01



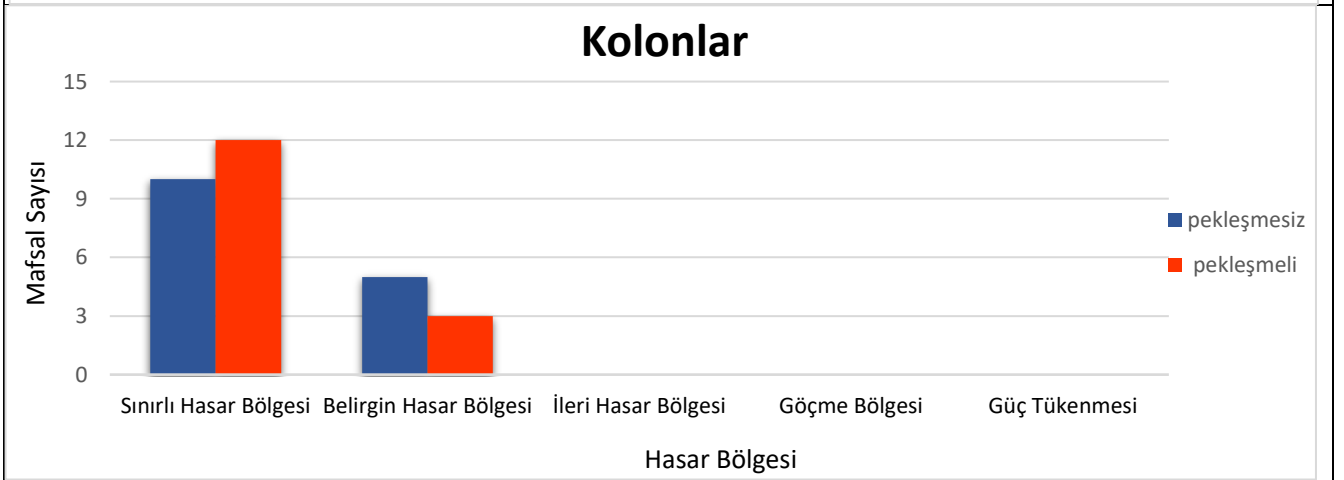
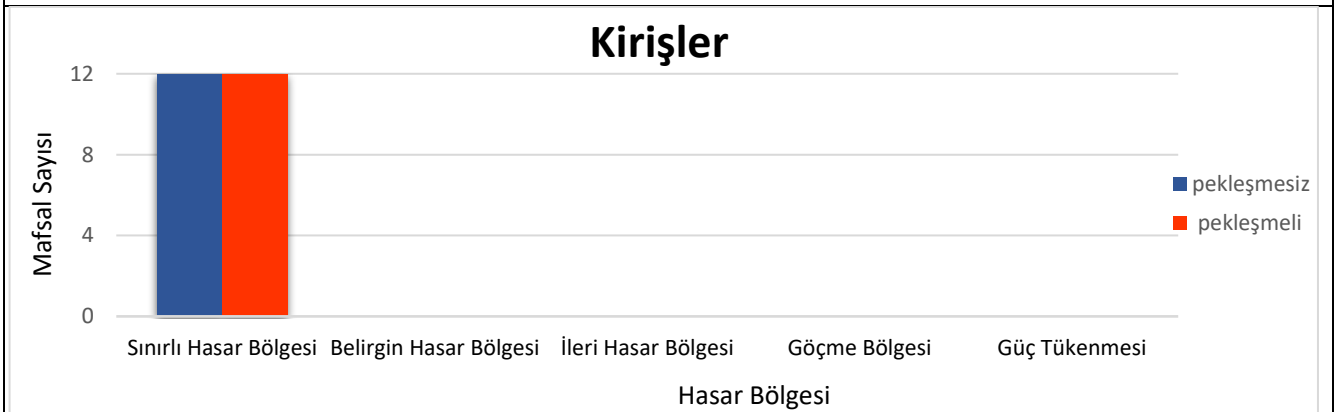
PERFORMANS DÜZEYLERİ



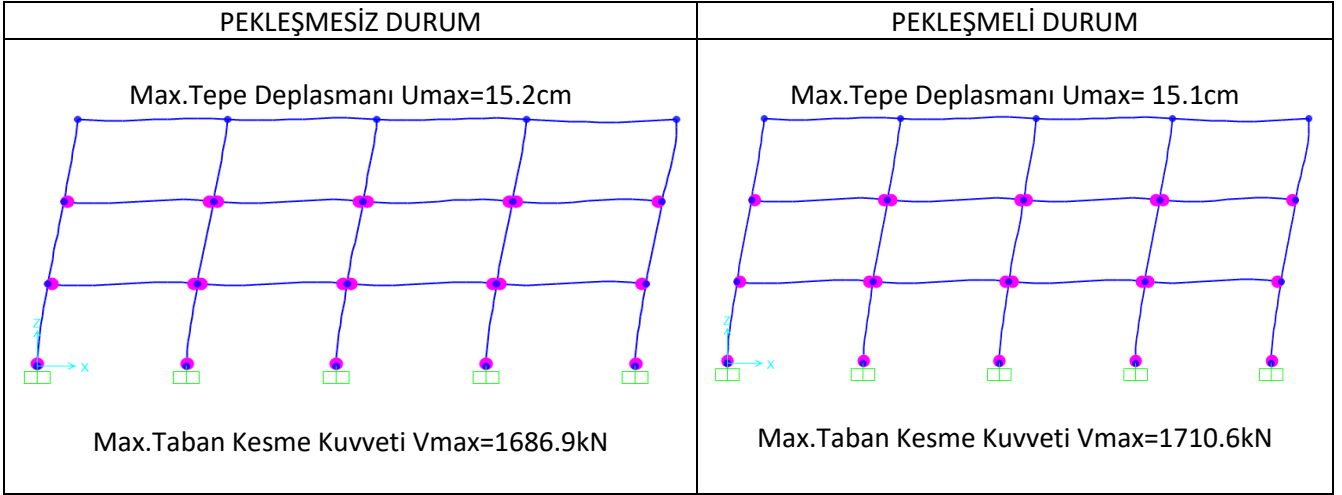
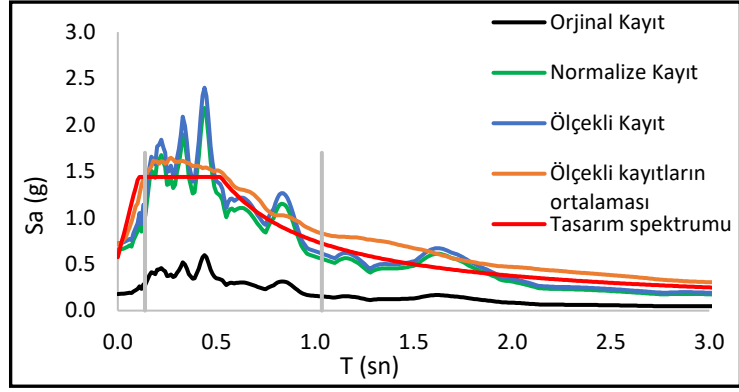
Deprem No:5-Kern County	
Tarihi:	07/21/1952
İstasyon Adı:	Taft Lincoln School
Bileşen:	21
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



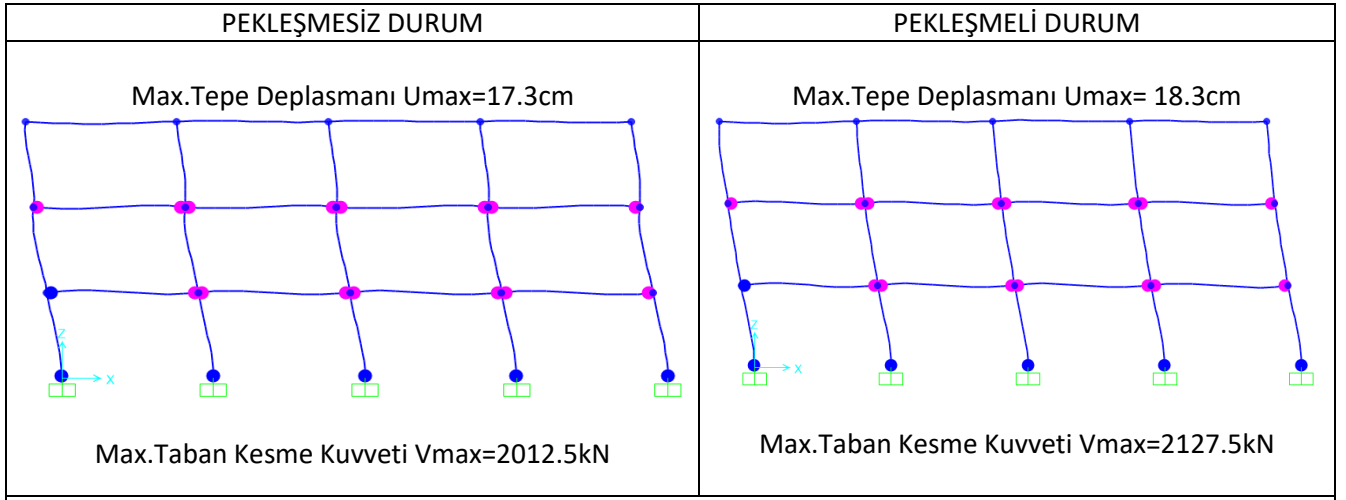
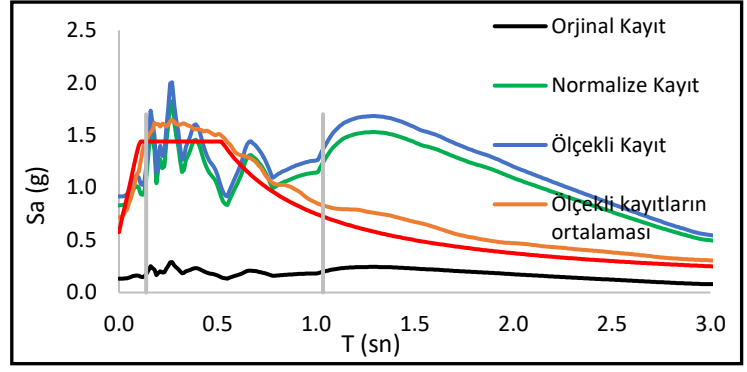
Deprem No:6-Kern County	
Tarihi:	07/21/1952
İstasyon Adı:	Taft Lincoln School
Bileşen:	111
Zaman Adımı (sn):	0,01



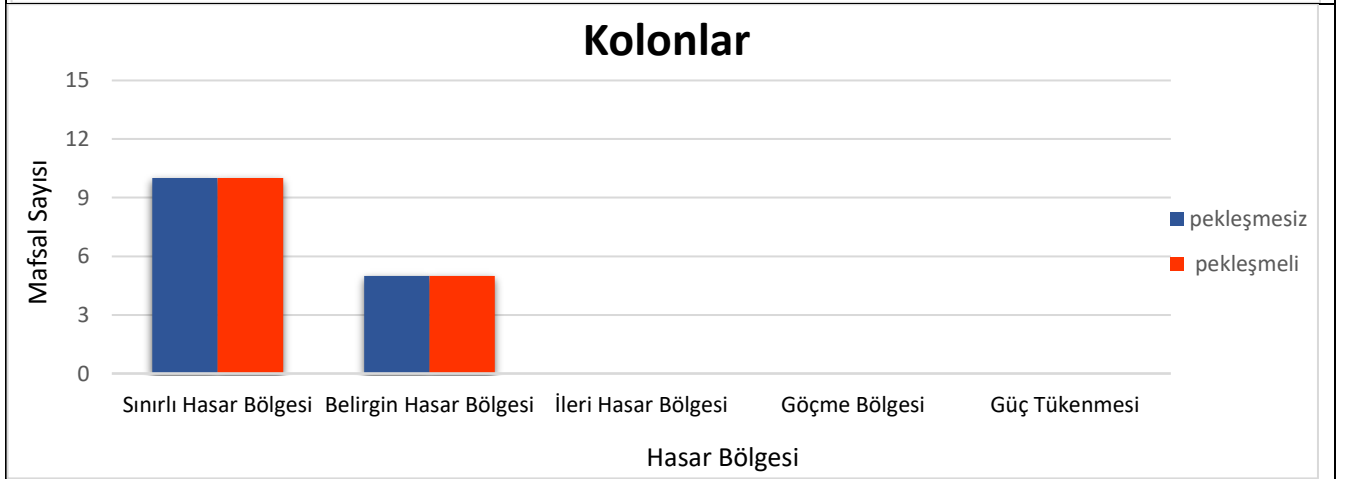
PERFORMANS DÜZEYLERİ



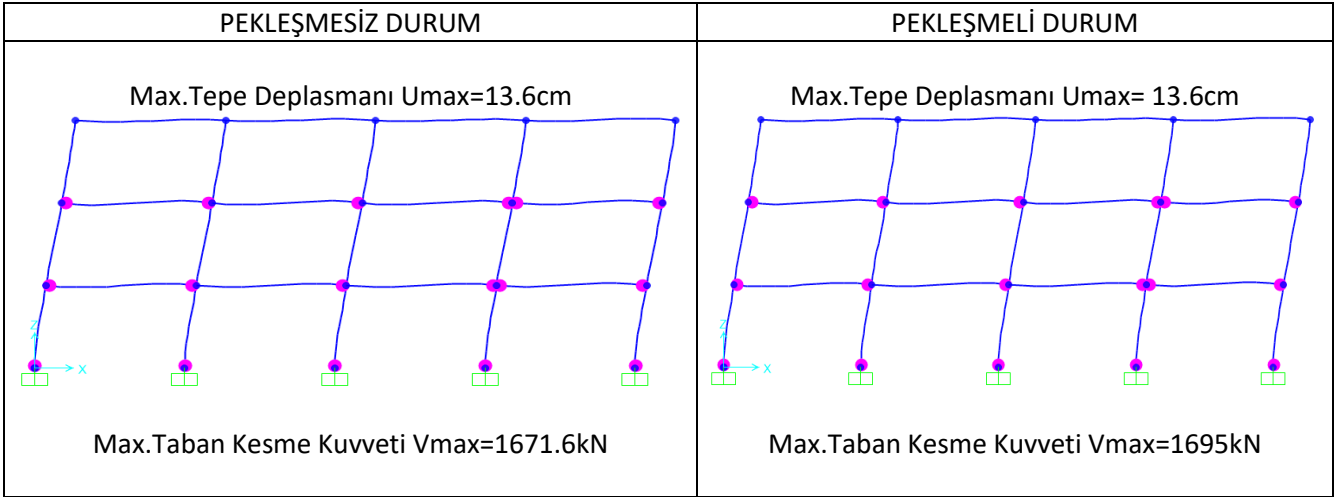
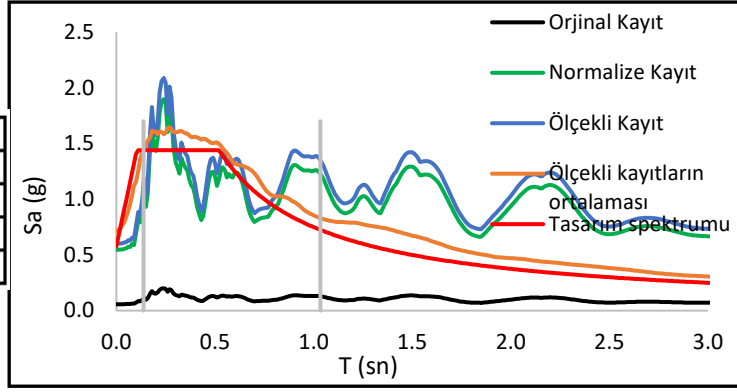
Deprem No:7- Borrego Mtn	
Tarihi:	4/9/1968
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

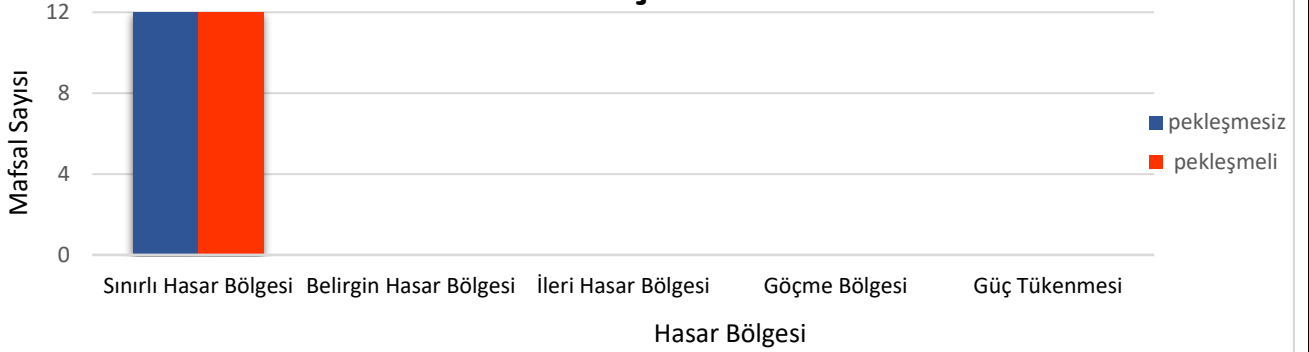


Deprem No:8- Borrego Mtn	
Tarihi:	4/9/1968
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01

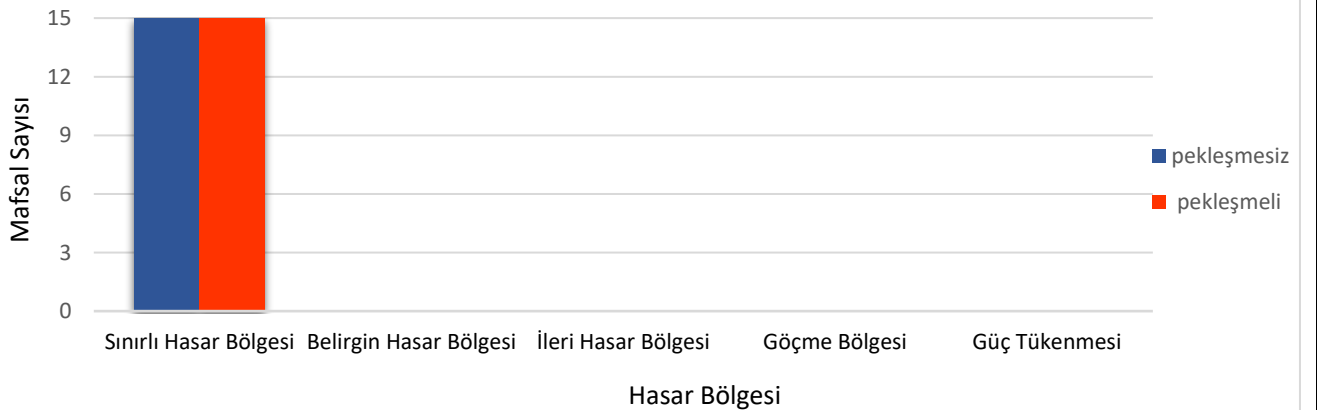


PERFORMANS DÜZEYLERİ

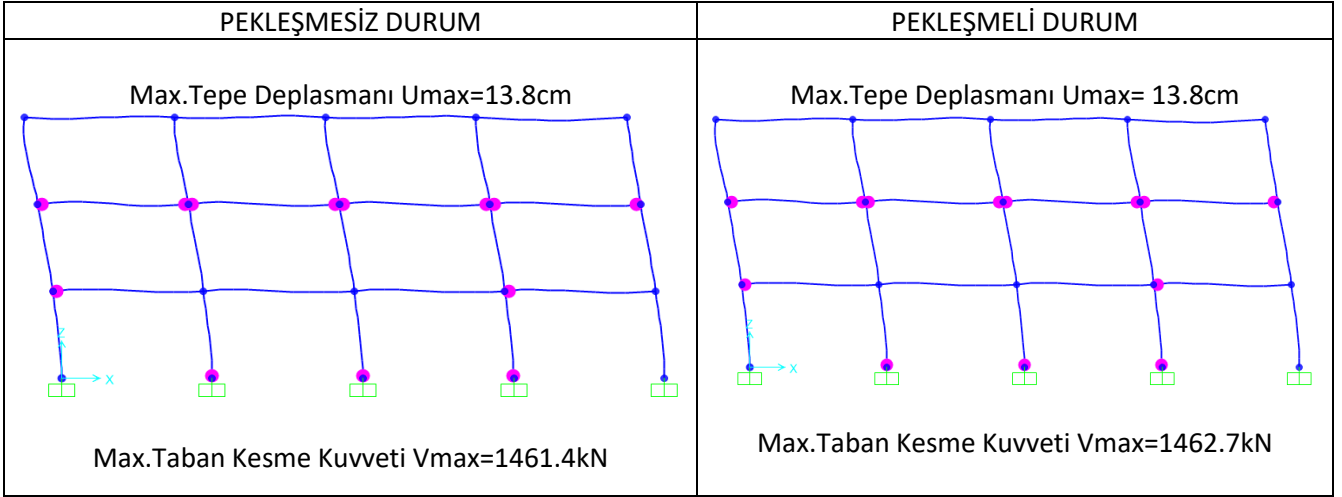
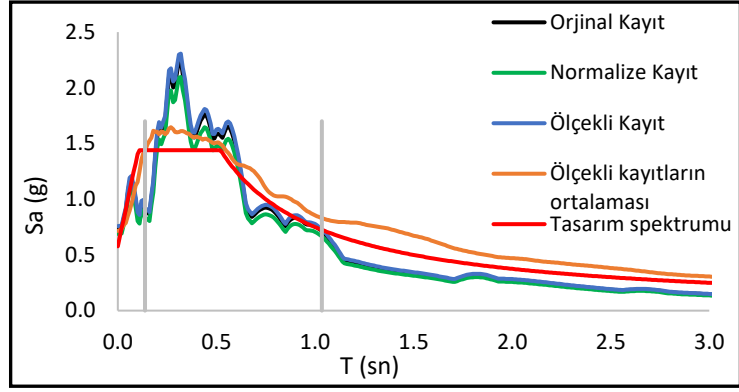
Kirişler



Kolonlar

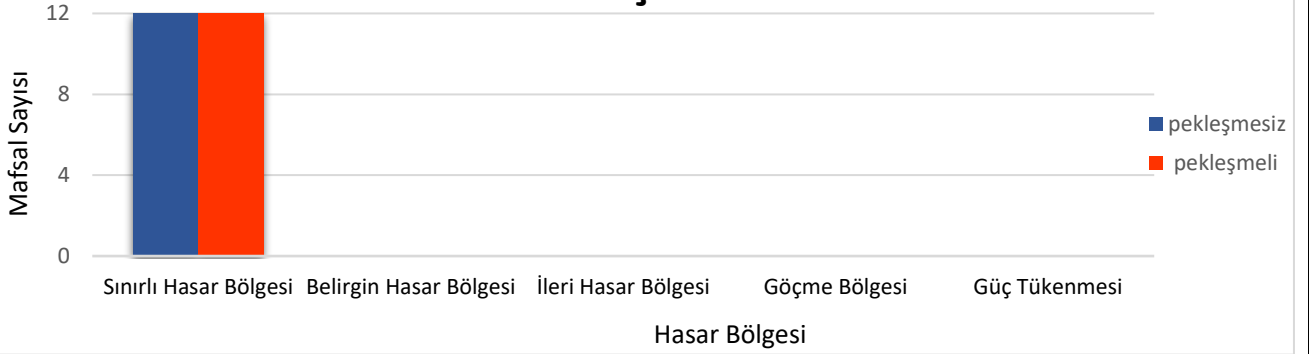


Deprem No:9- Duzce Turkey	
Tarihi:	11/12/1999
İstasyon Adı:	Bolu
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01

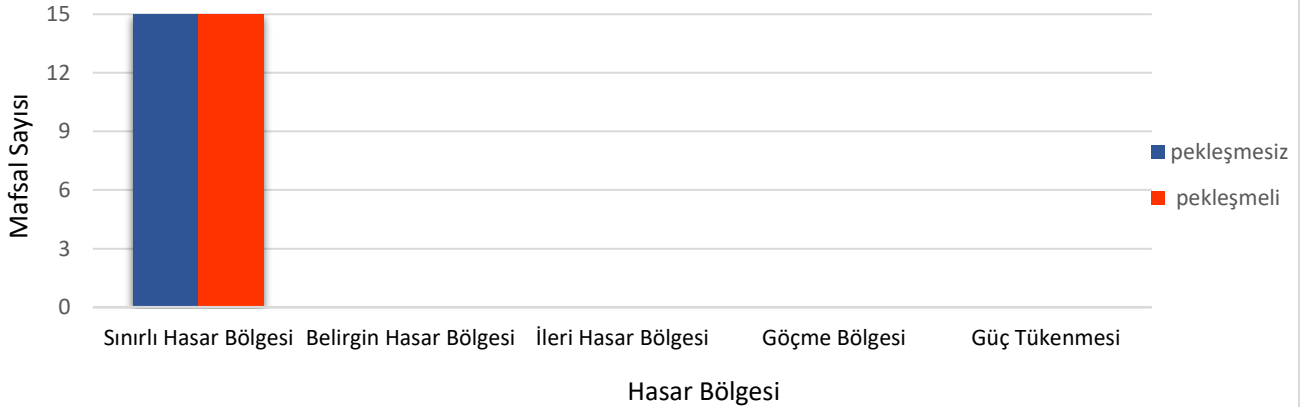


PERFORMANS DÜZEYLERİ

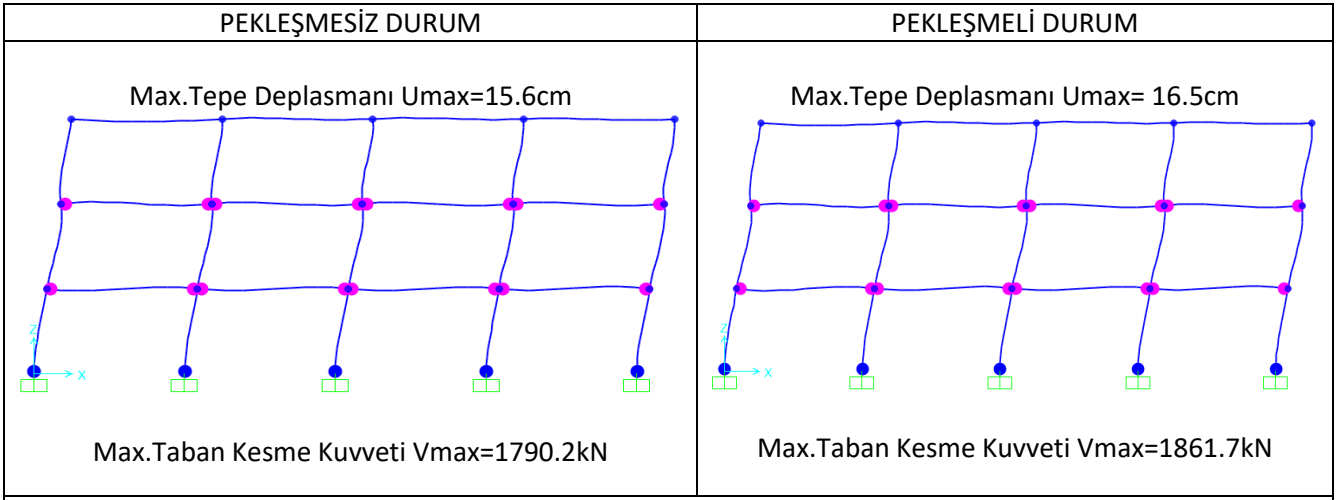
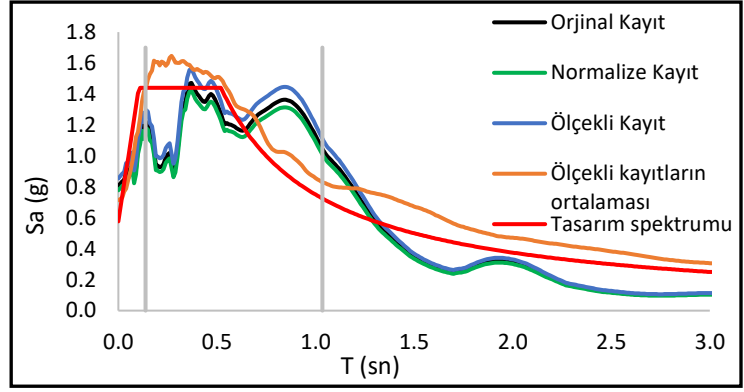
Kirişler



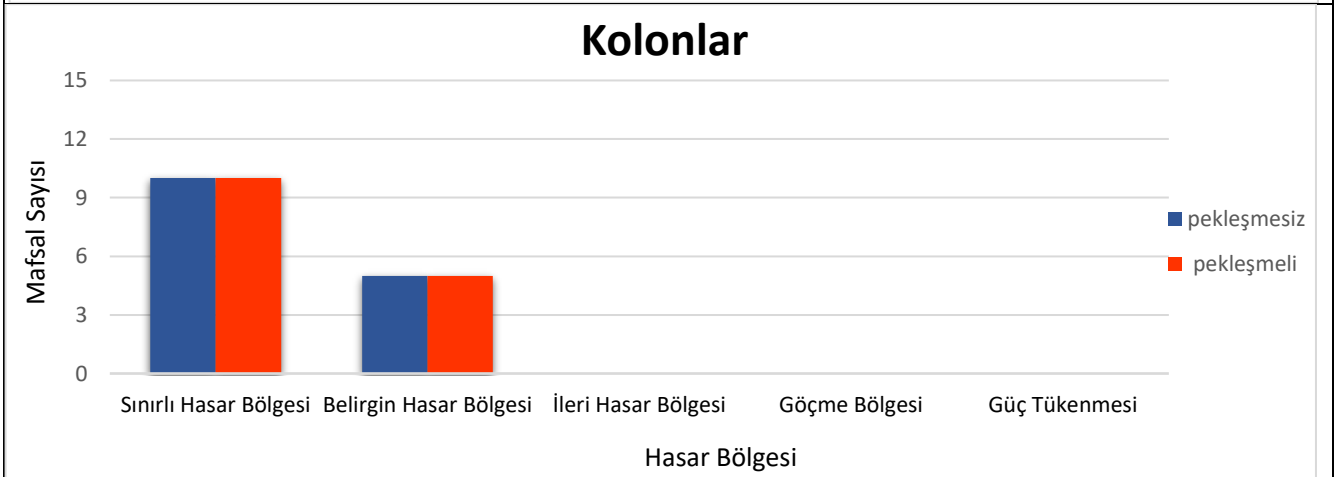
Kolonlar



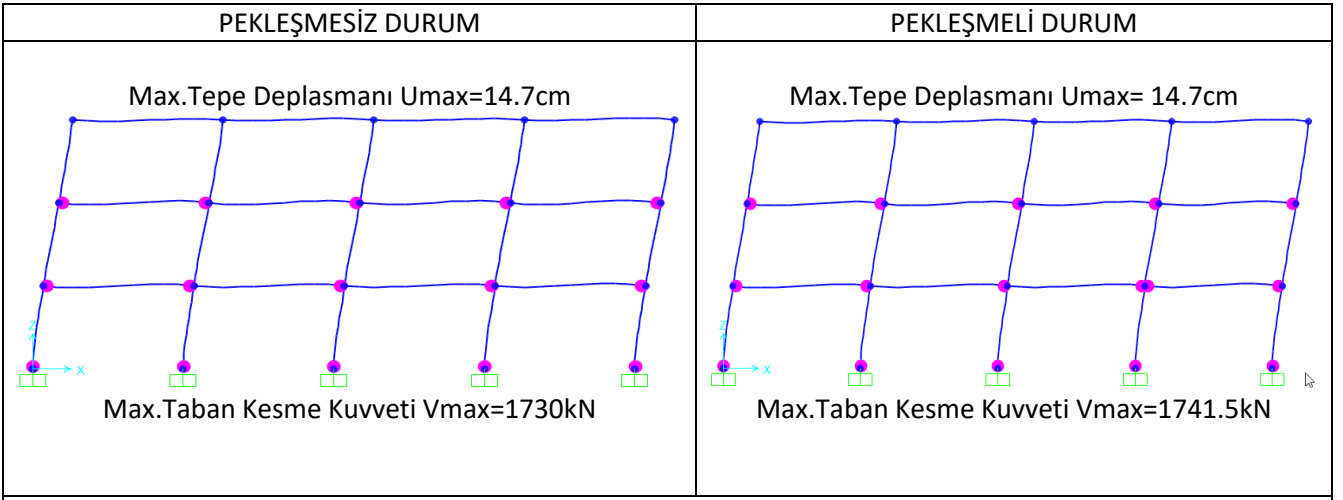
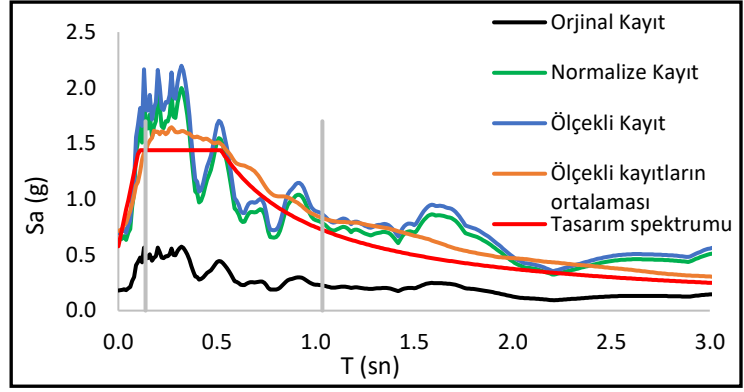
Deprem No:10- Duzce Turkey	
Tarihi:	11/12/1999
İstasyon Adı:	Bolu
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



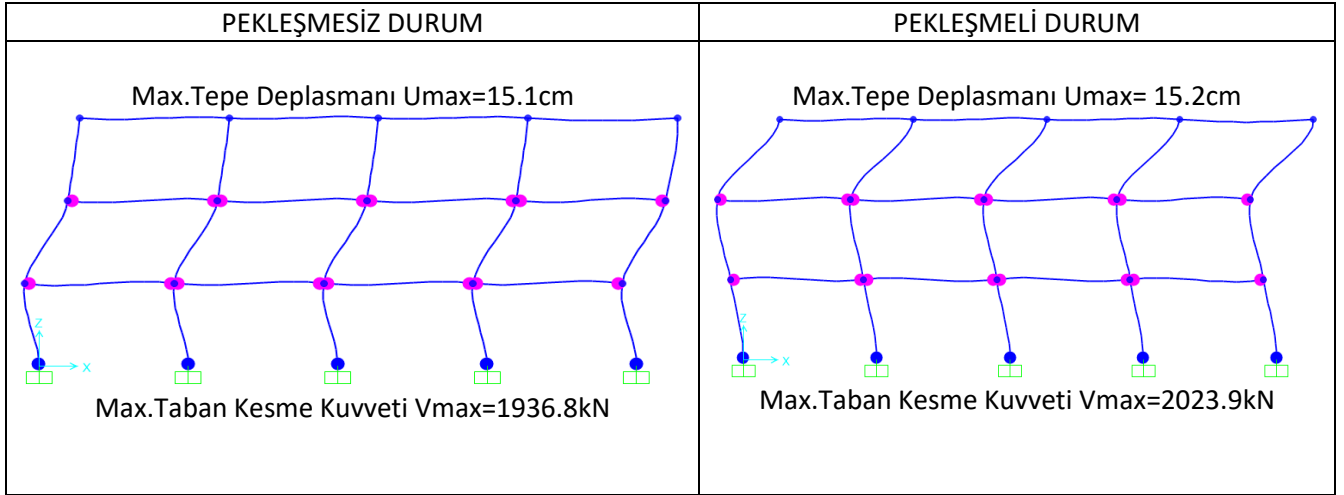
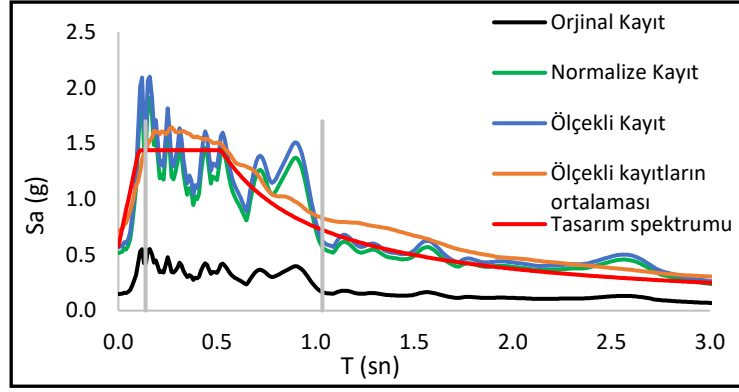
Deprem No:11- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Amboy
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



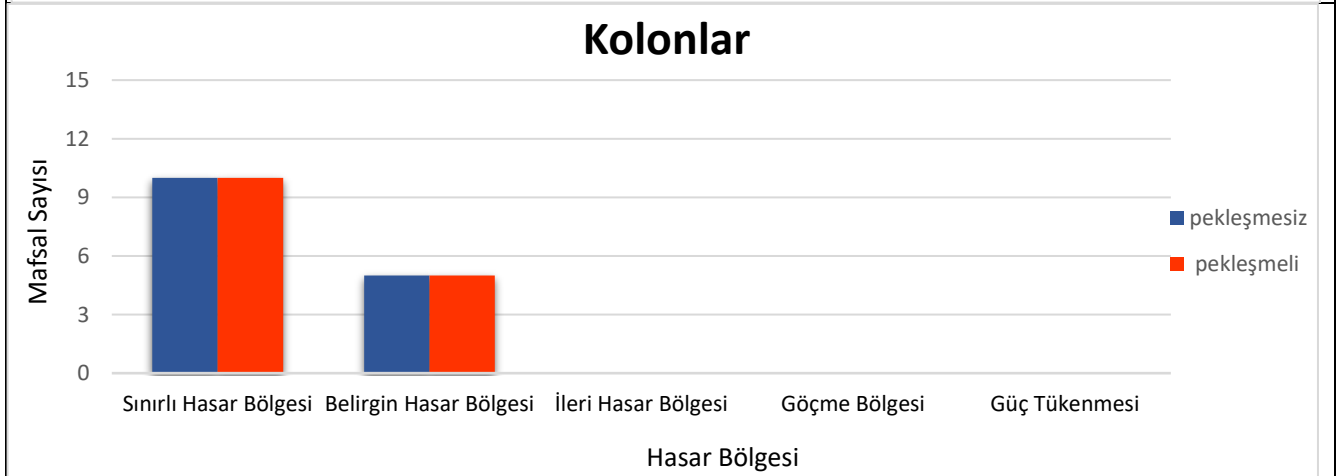
PERFORMANS DÜZEYLERİ



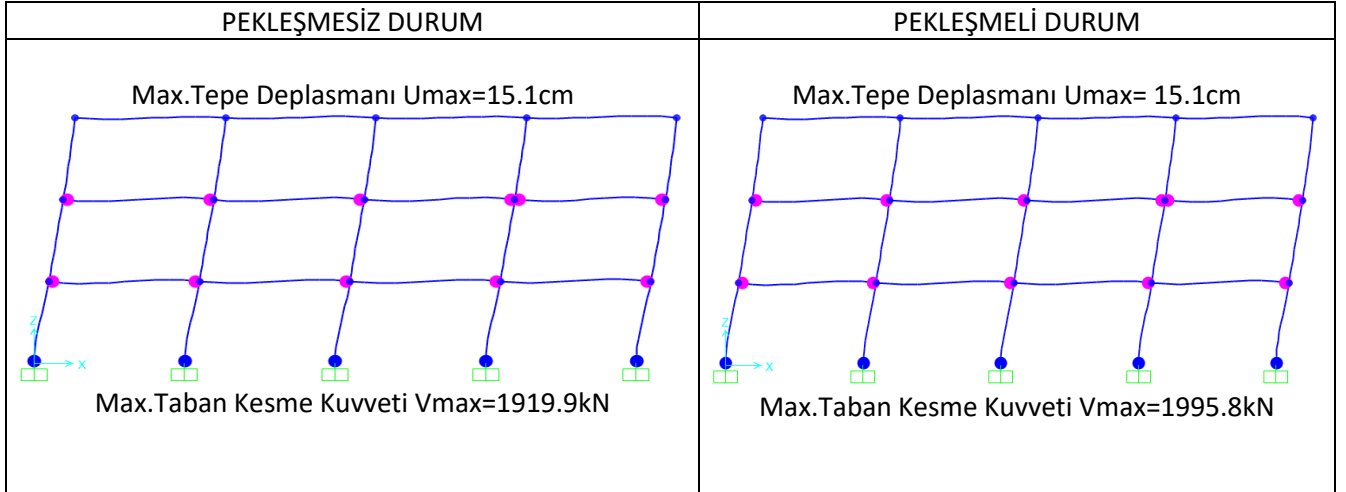
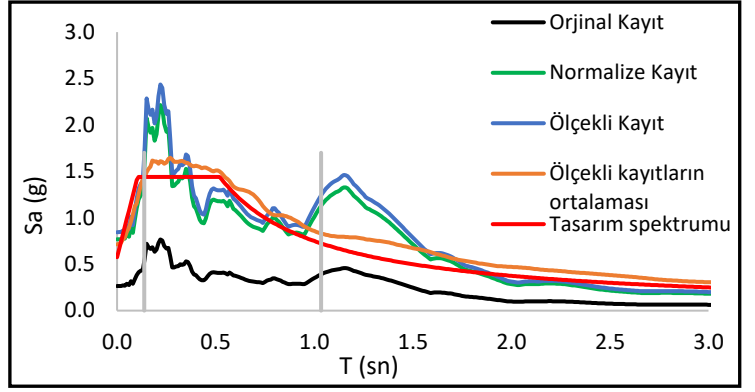
Deprem No:12- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Amboy
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:13- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Hector
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01

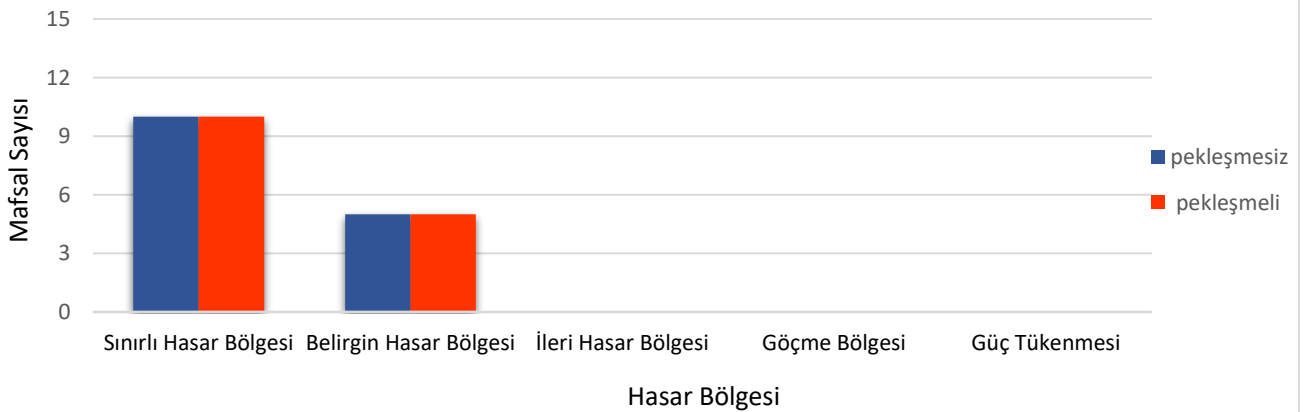


PERFORMANS DÜZEYLERİ

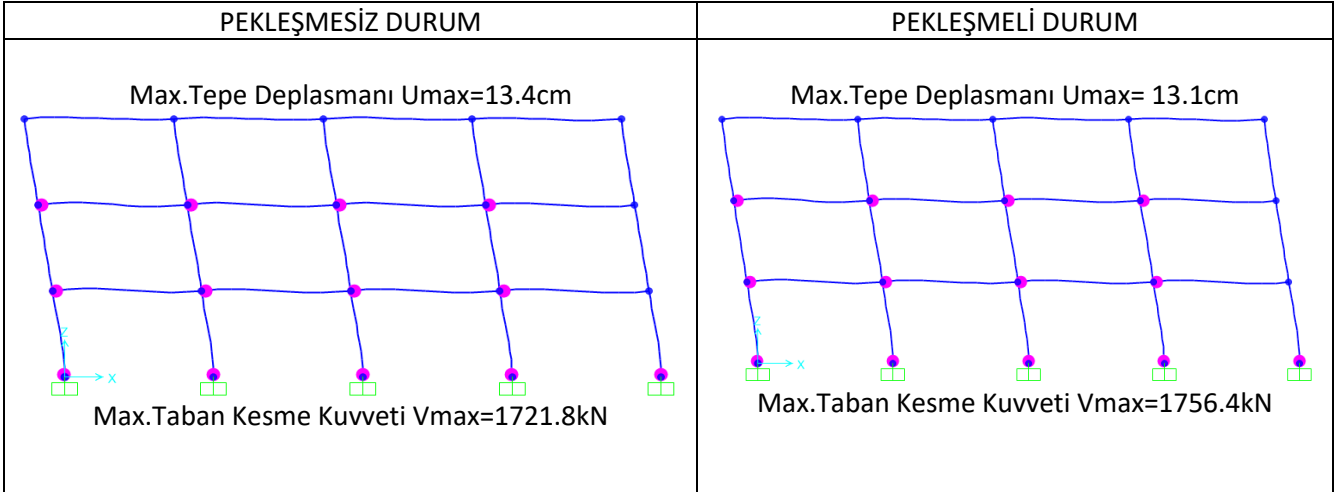
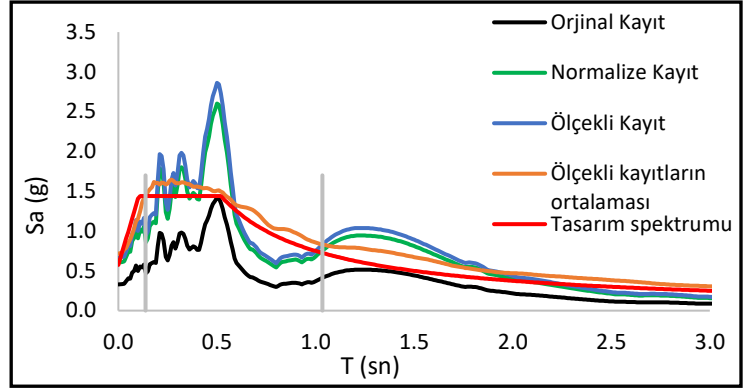
Kirişler



Kolonlar



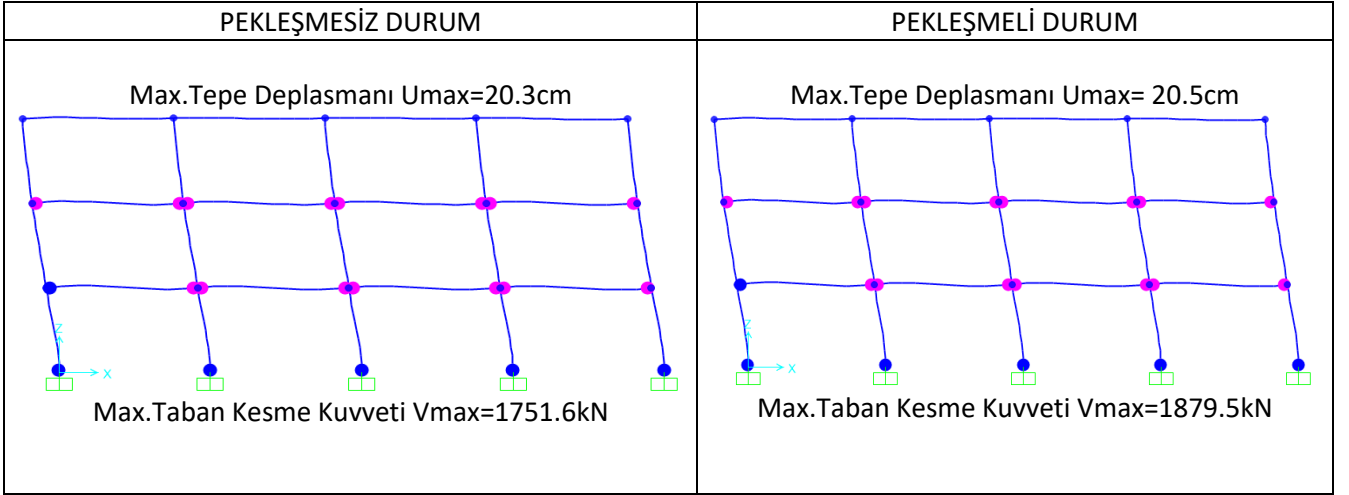
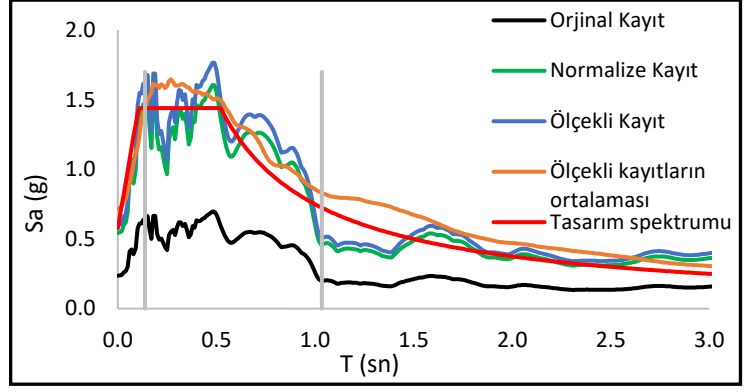
Deprem No:14- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Hector
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



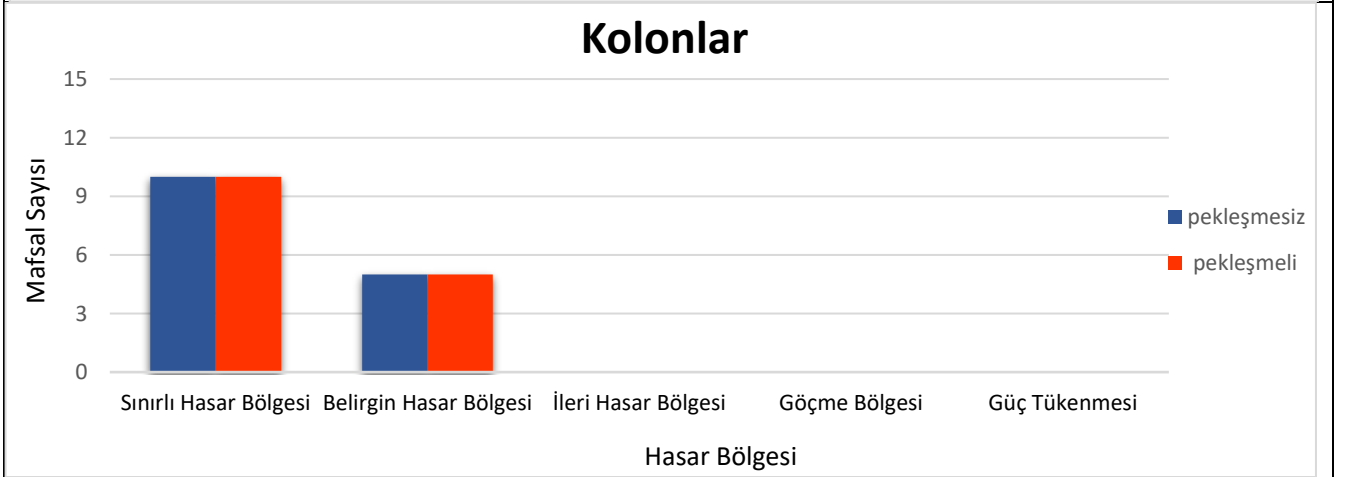
PERFORMANS DÜZEYLERİ



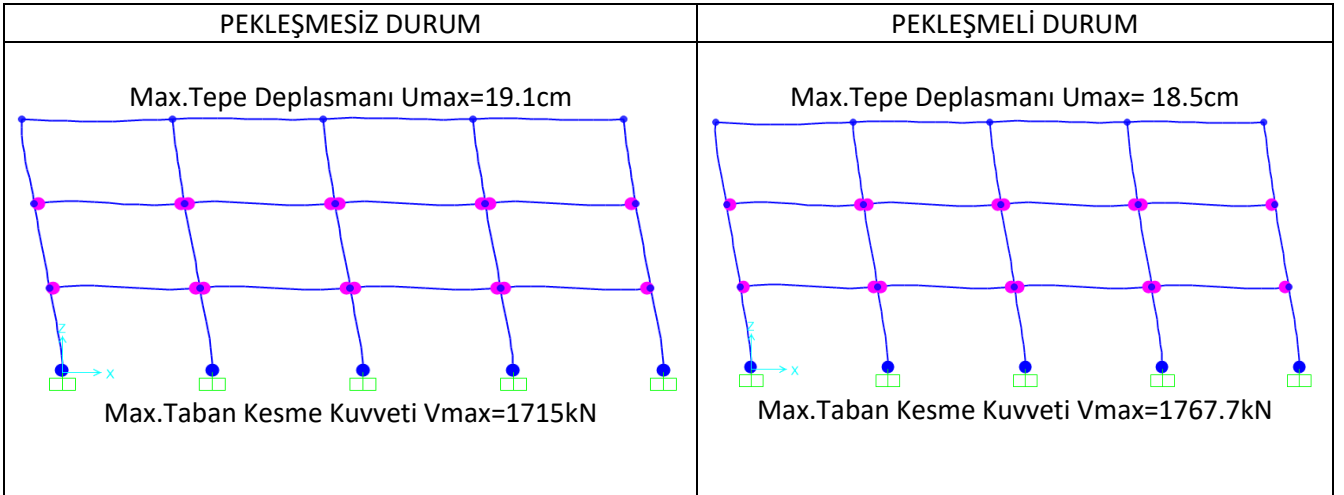
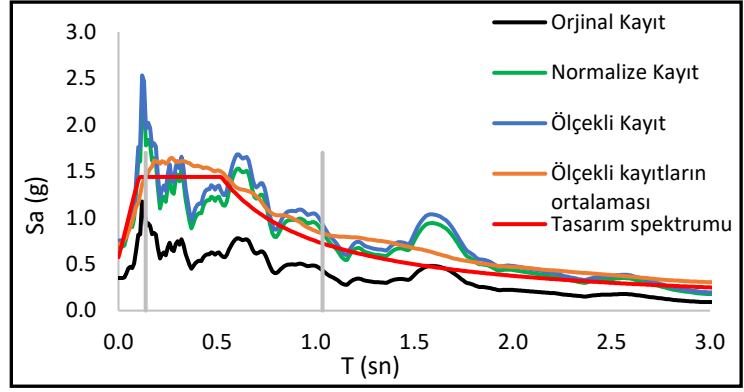
Deprem No:15- Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	Delta
Bileşen:	262
Zaman Adımı (sn):	0,01



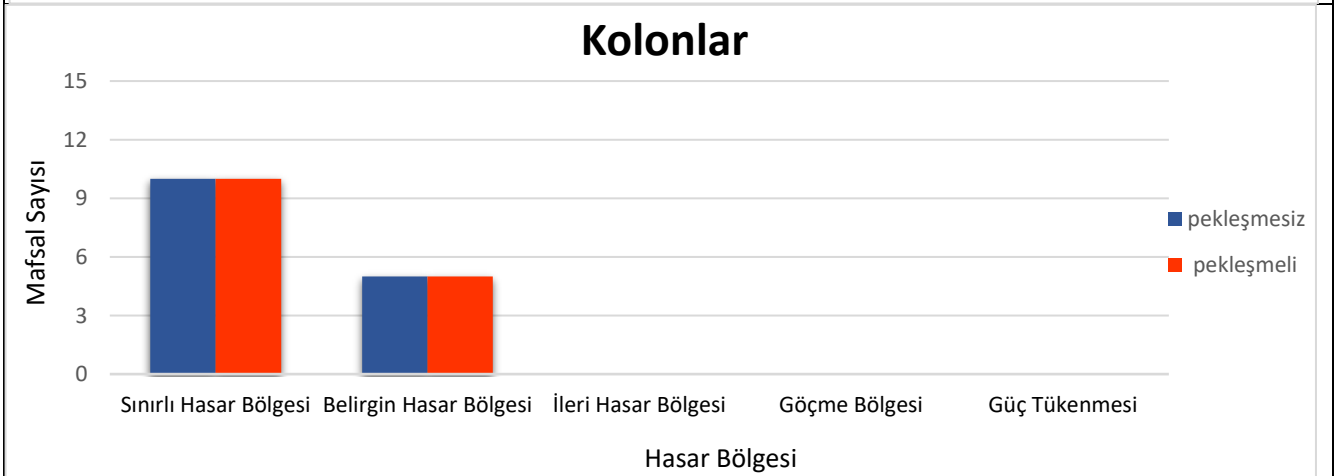
PERFORMANS DÜZEYLERİ



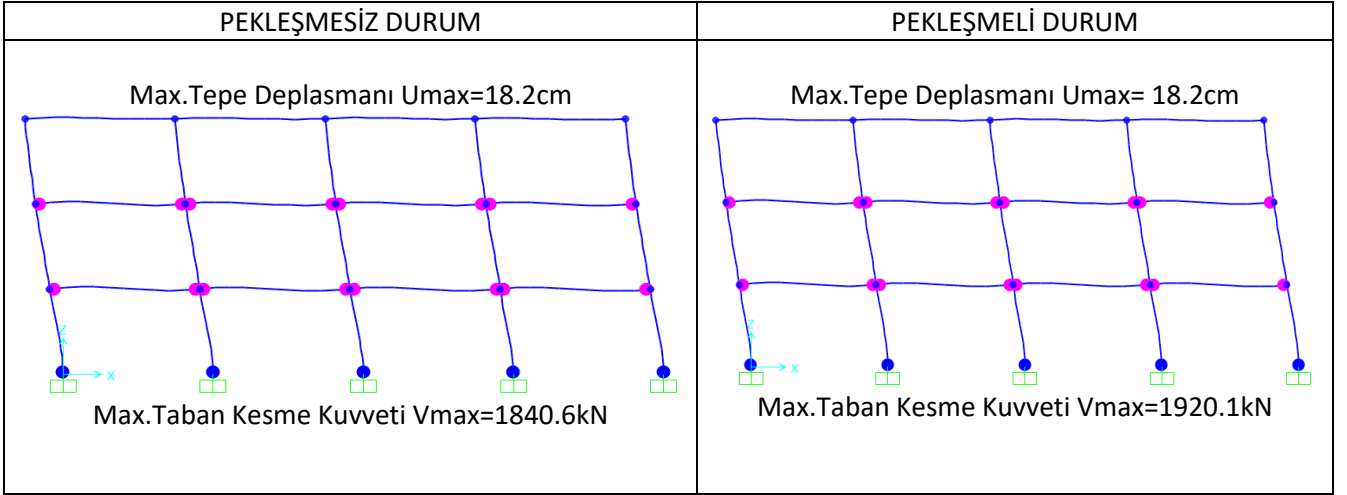
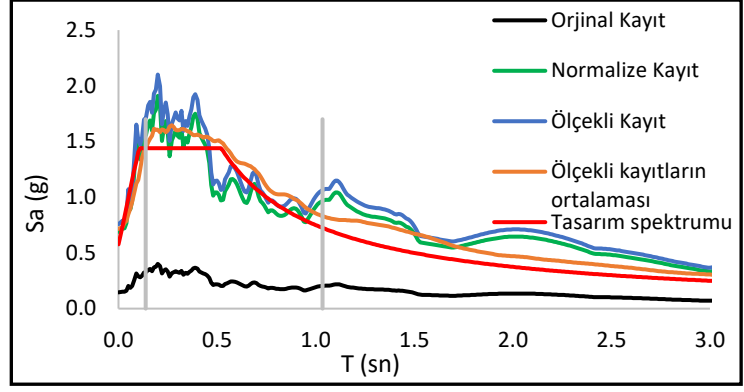
Deprem No:16- Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	Delta
Bileşen:	352
Zaman Adımı (sn):	0,01



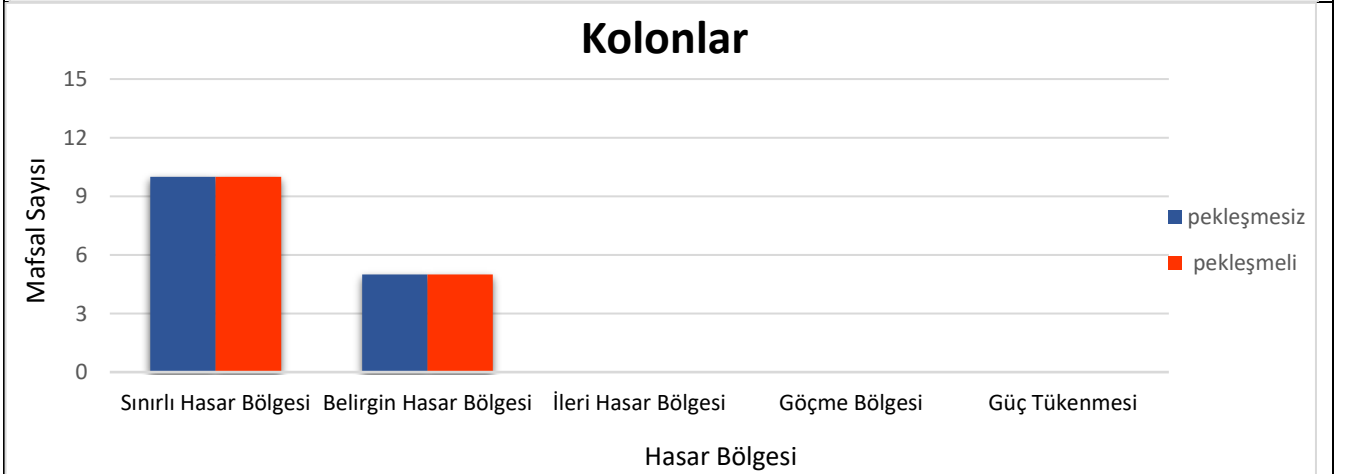
PERFORMANS DÜZEYLERİ



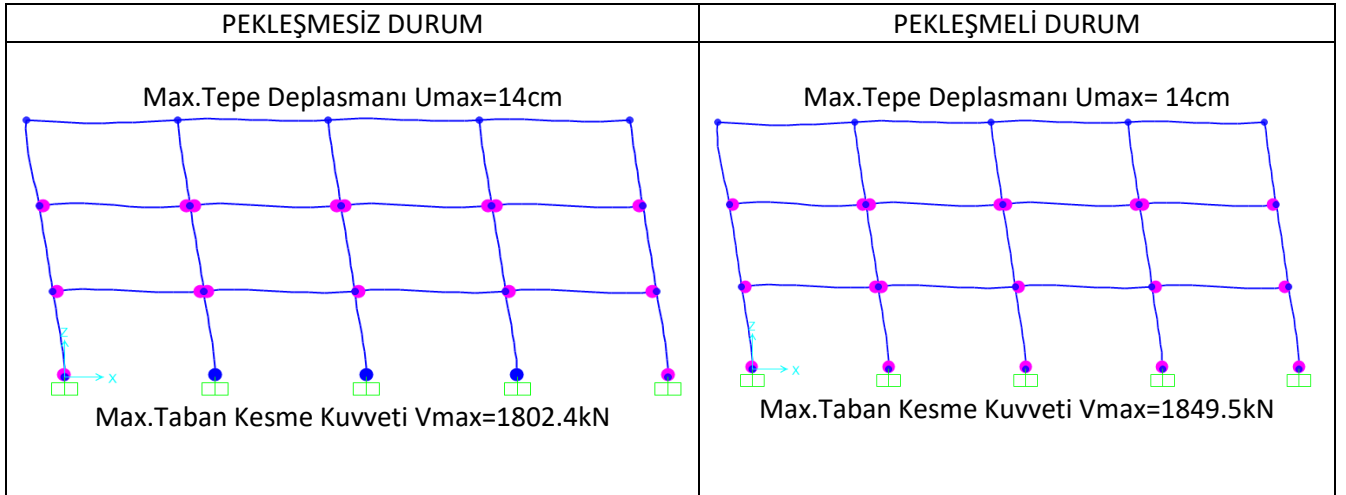
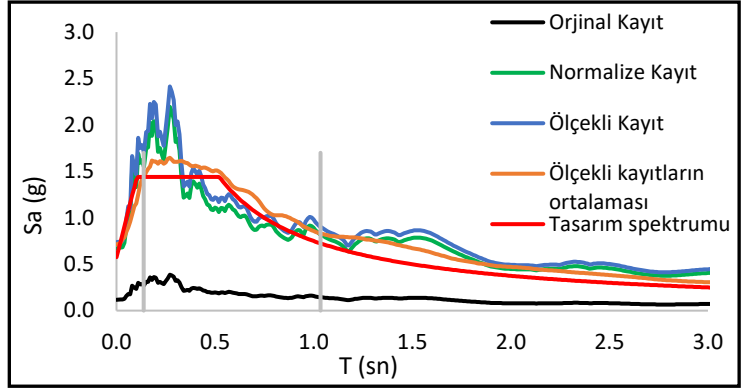
Deprem No:17-Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	140
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



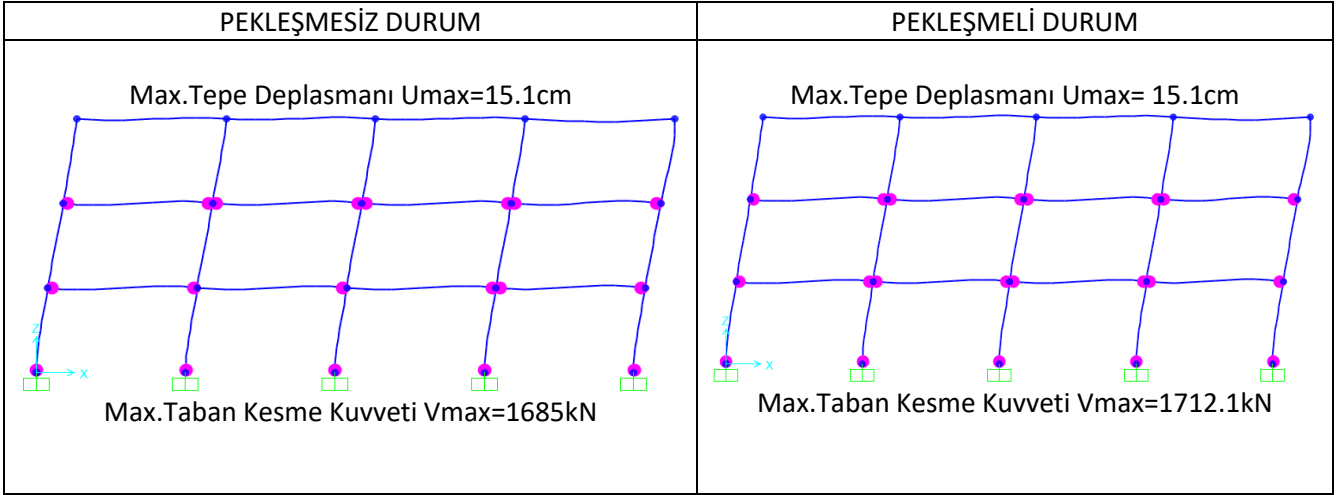
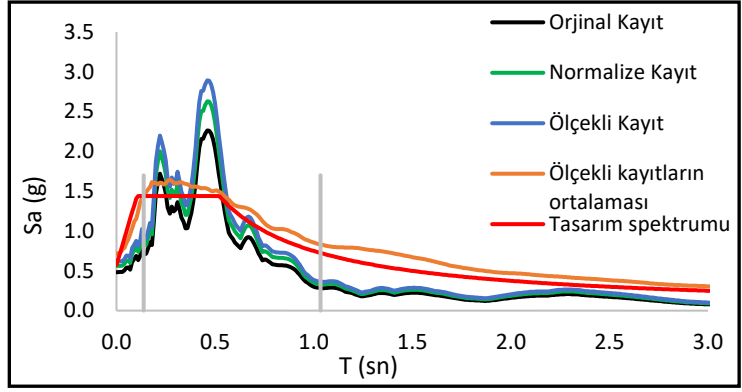
Deprem No:18-Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	230
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



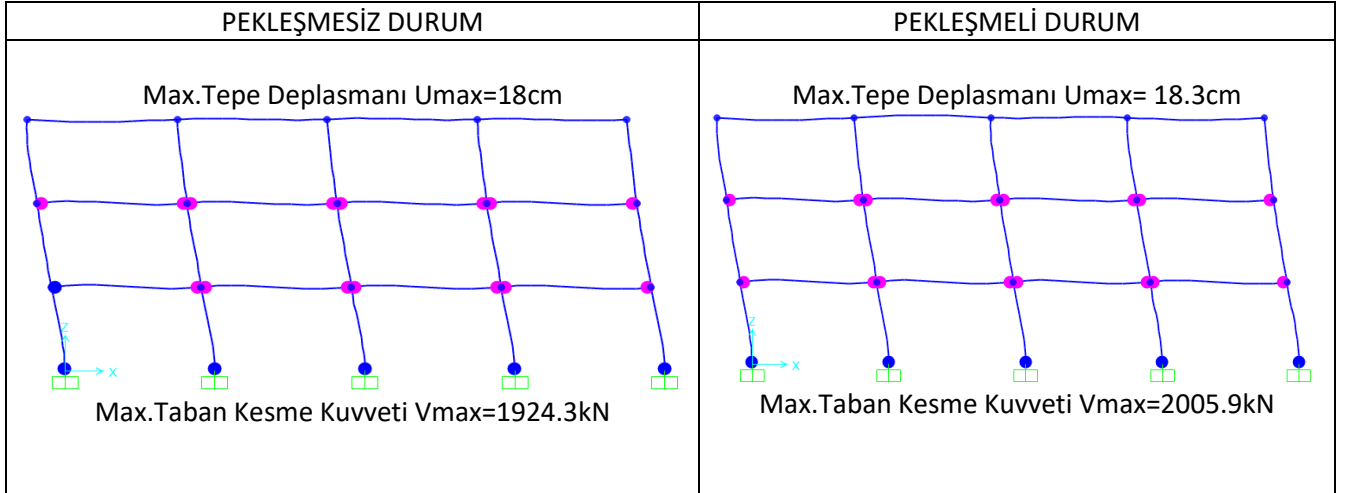
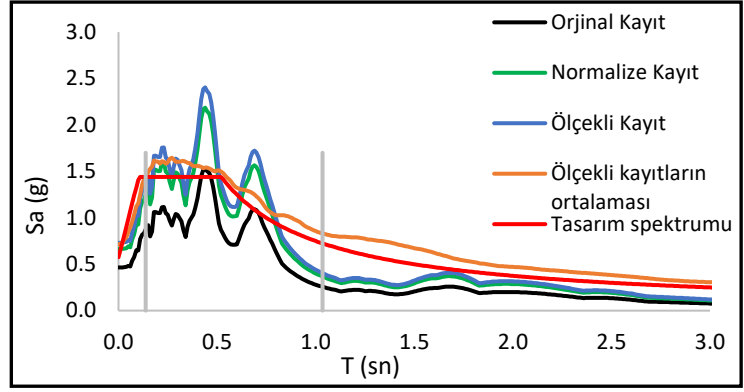
Deprem No:19-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Nishi-Akashi
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



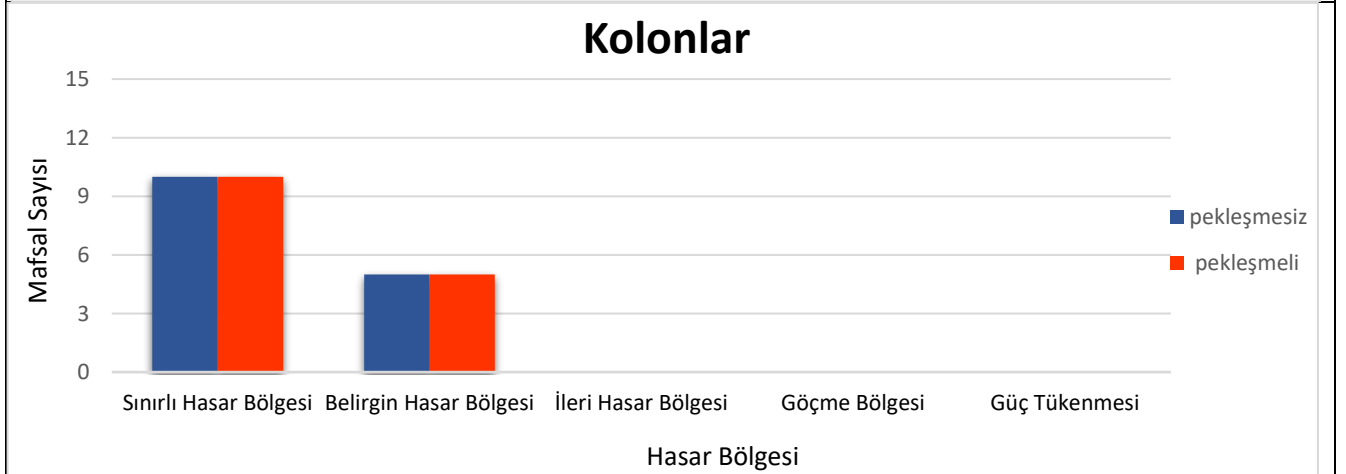
PERFORMANS DÜZEYLERİ



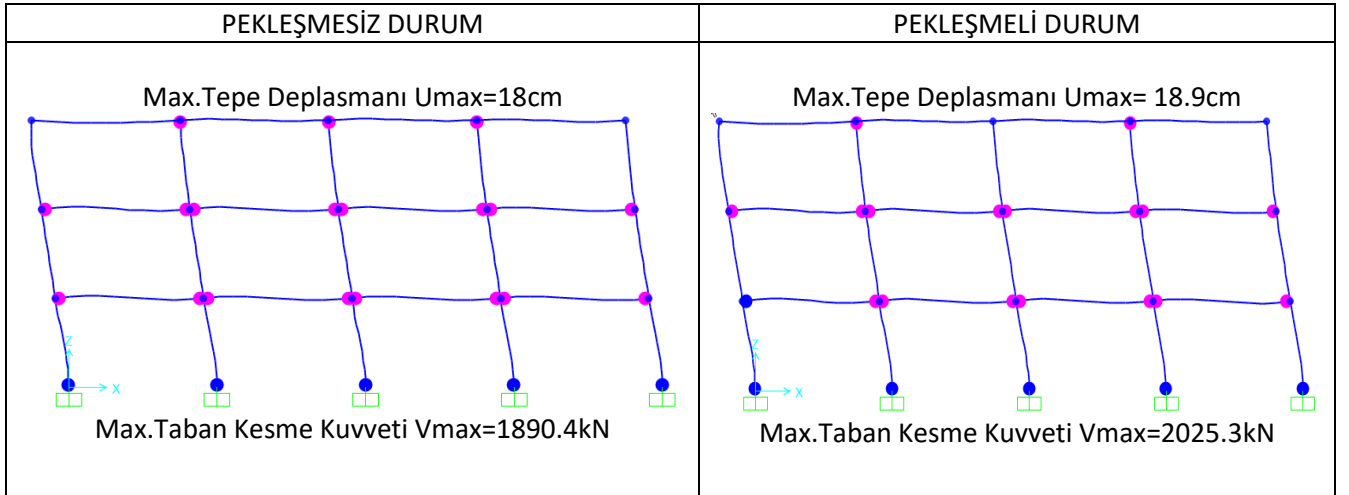
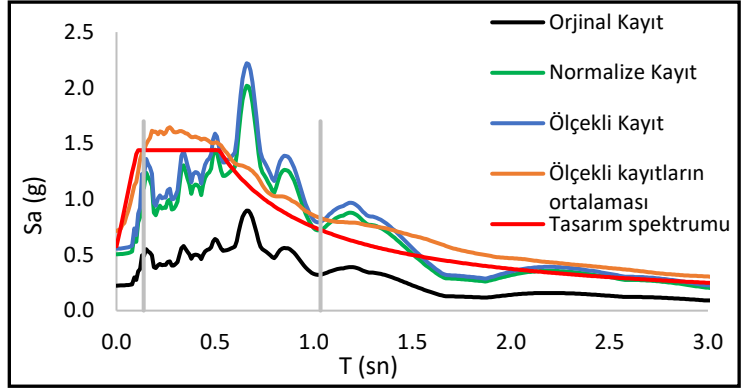
Deprem No:20-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Nishi-Akashi
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



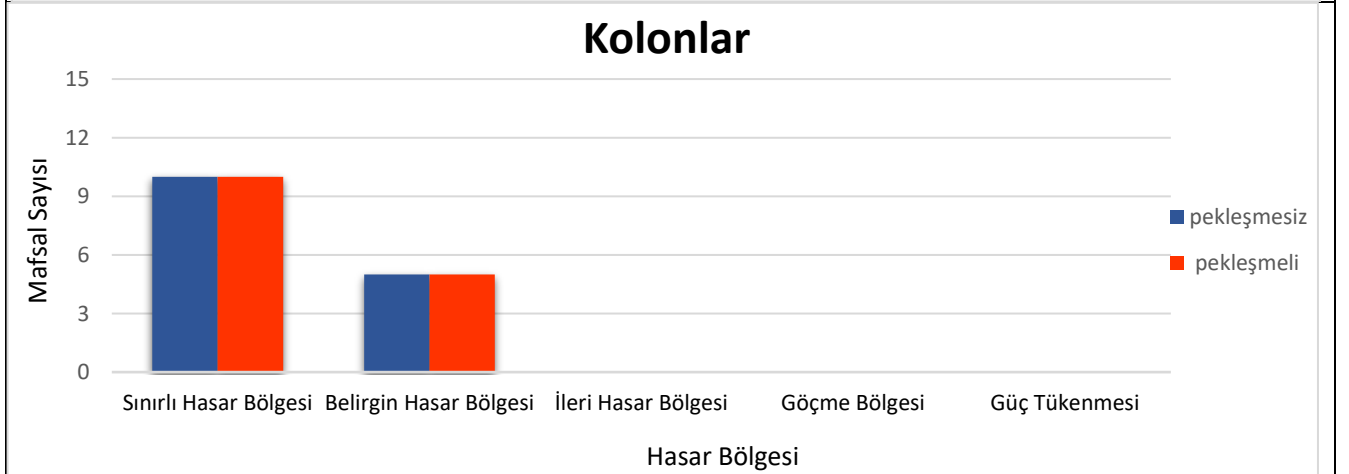
PERFORMANS DÜZEYLERİ



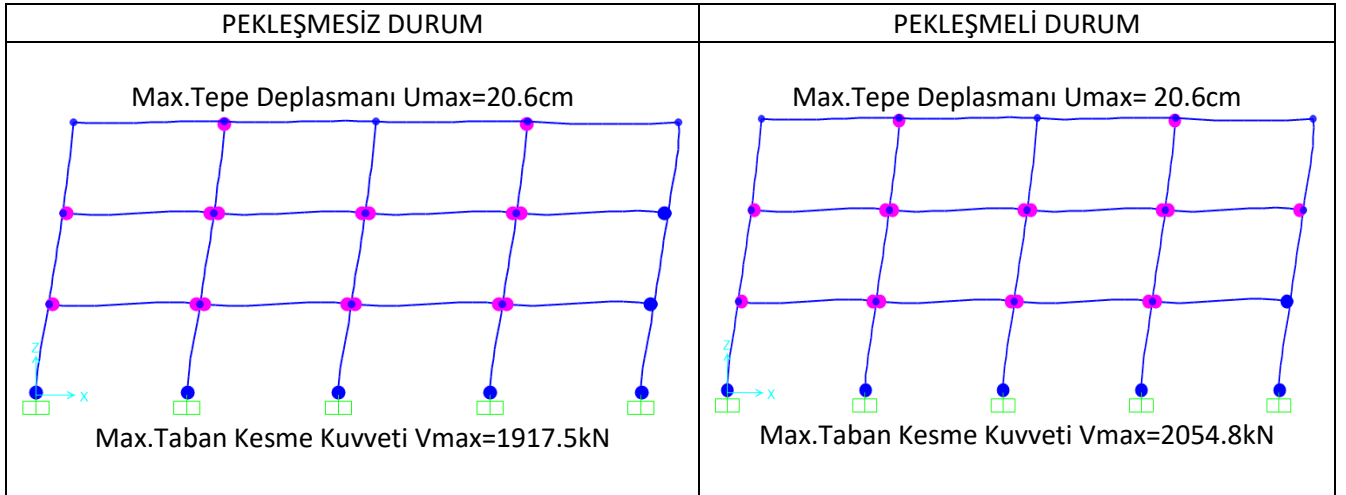
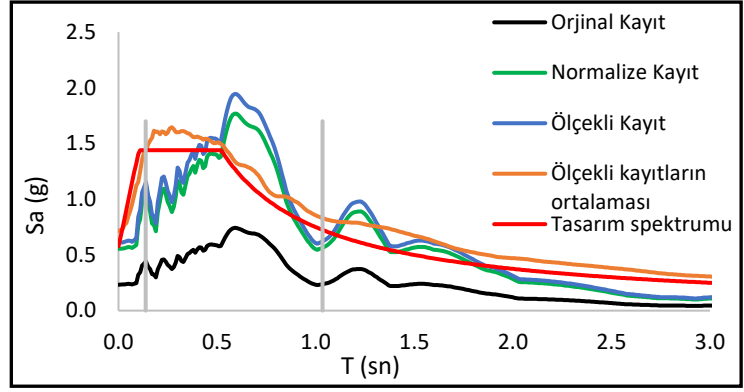
Deprem No:21-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Shin-Osaka
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



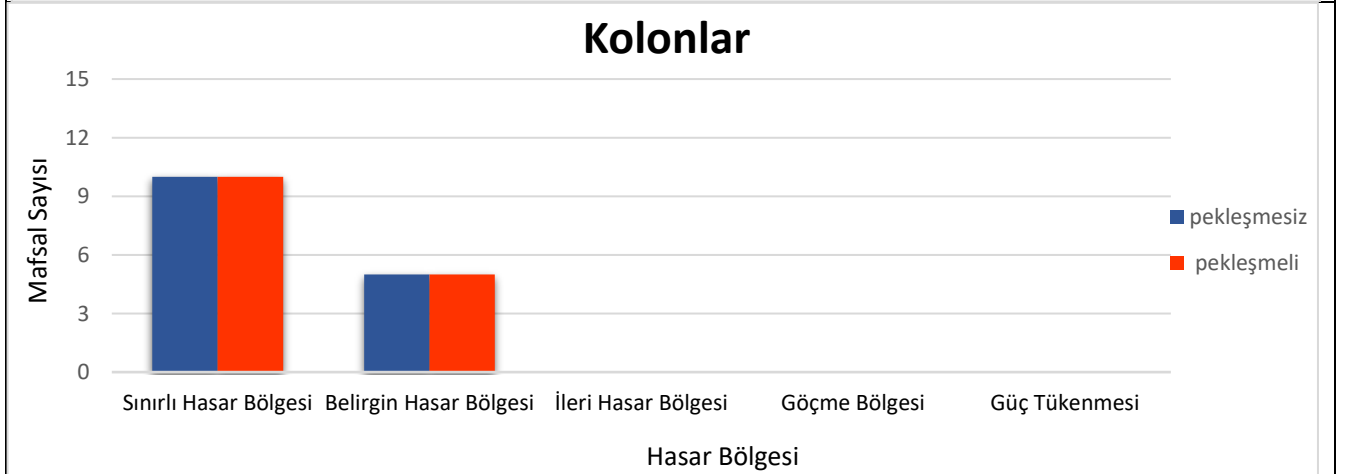
PERFORMANS DÜZEYLERİ



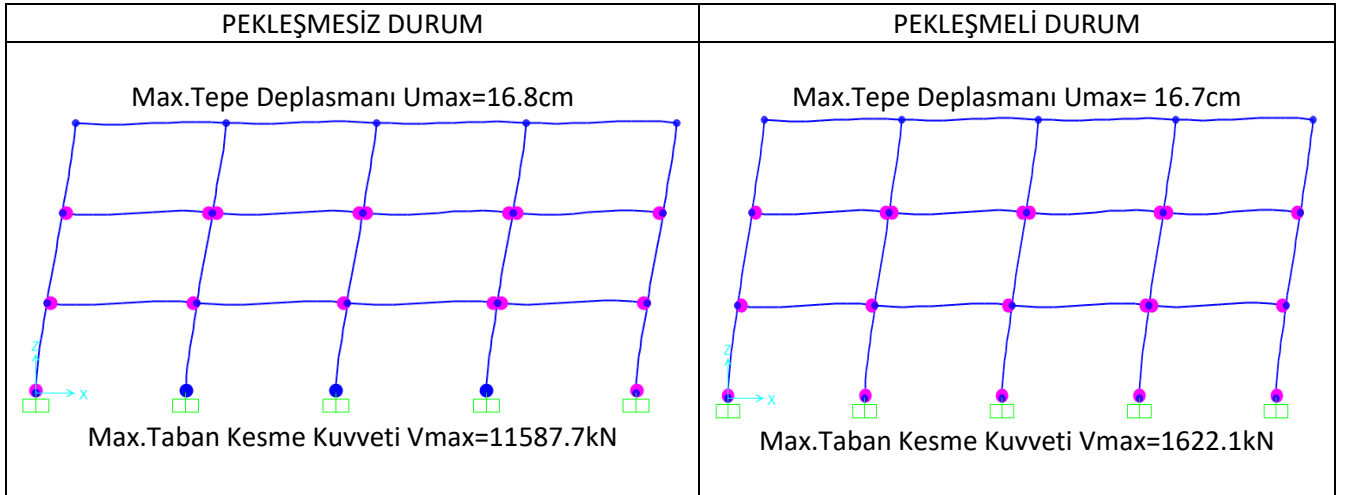
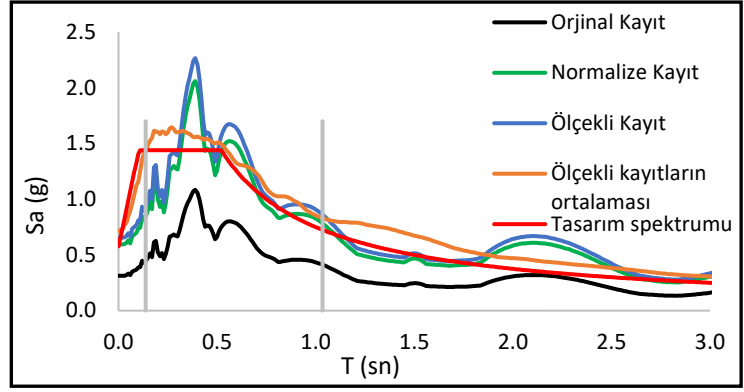
Deprem No:22-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Shin-Osaka
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



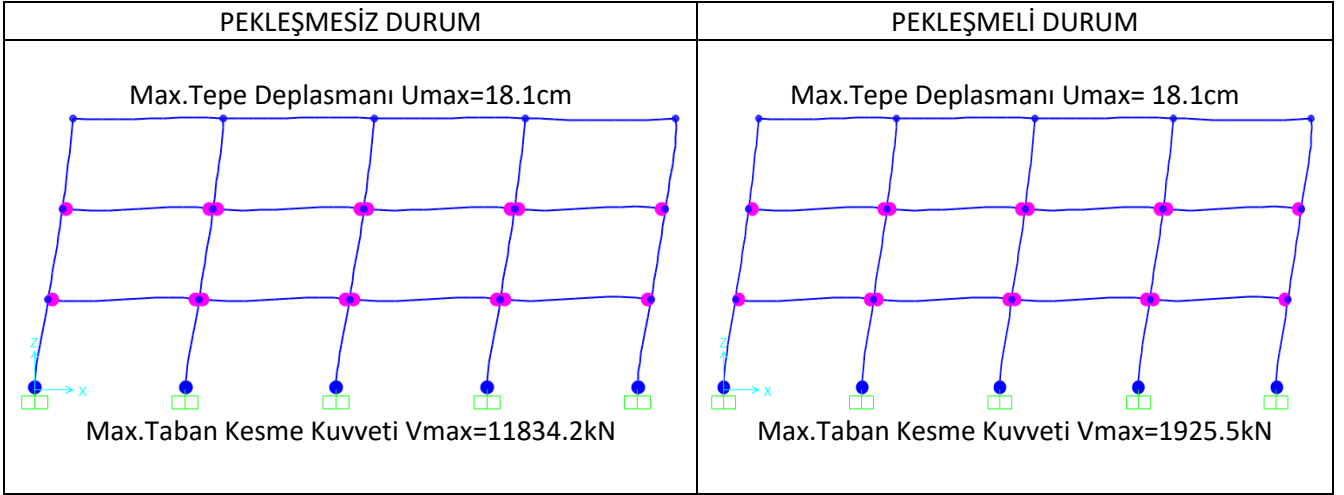
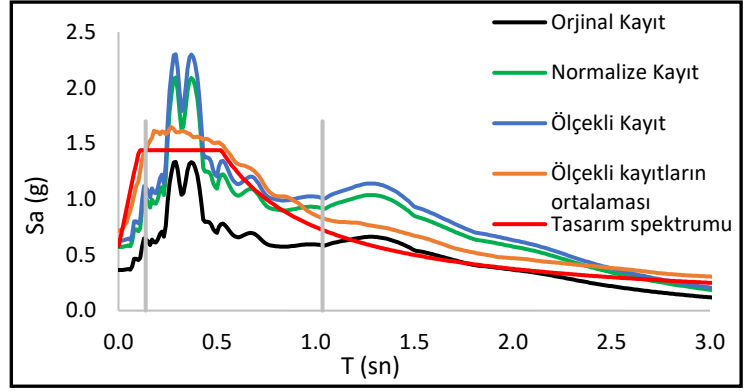
Deprem No:23-Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	DUZCE
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,005



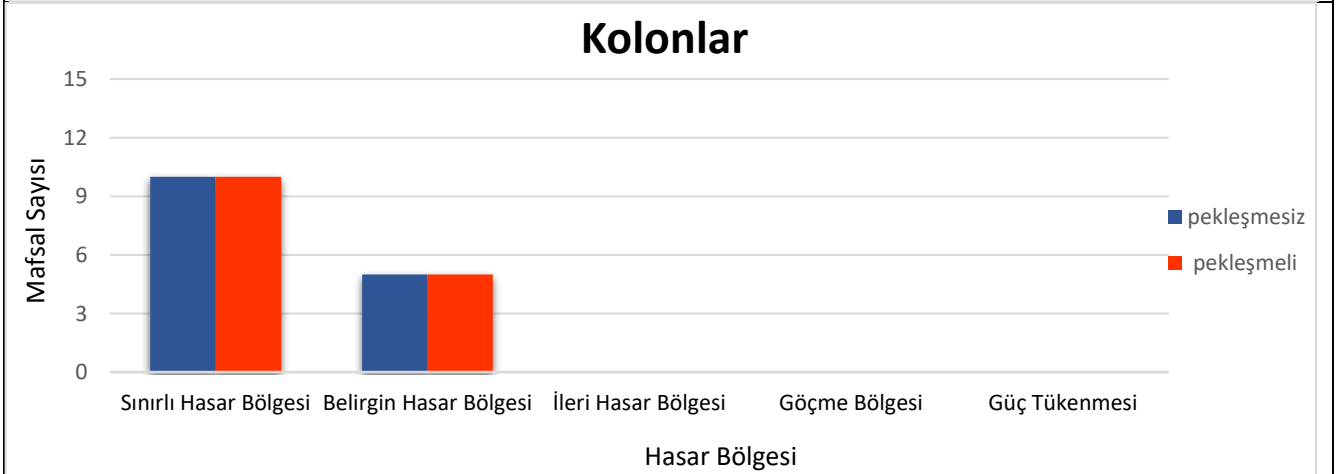
PERFORMANS DÜZEYLERİ



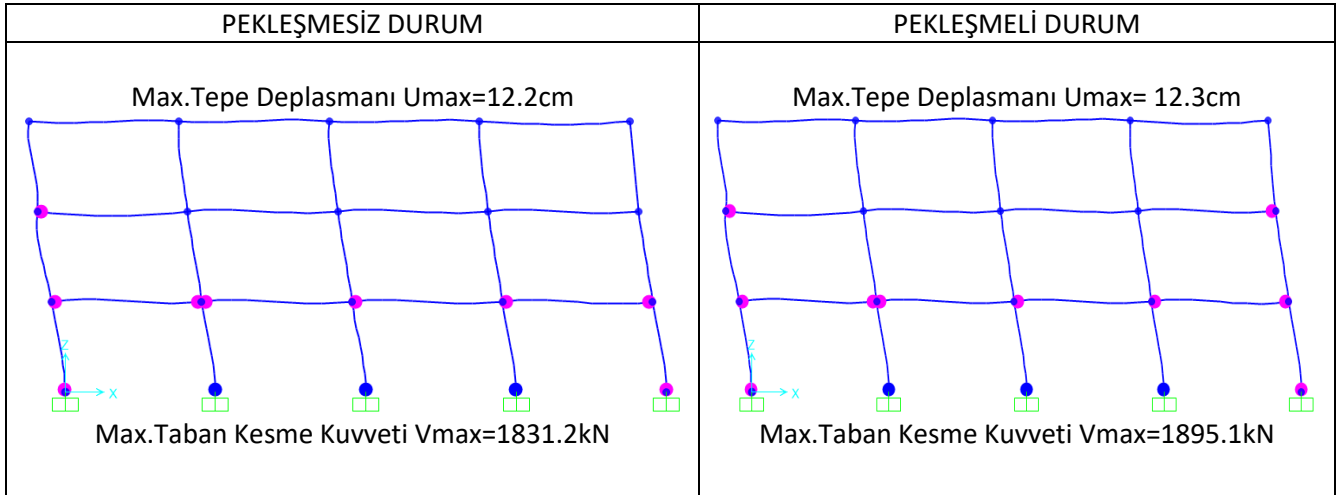
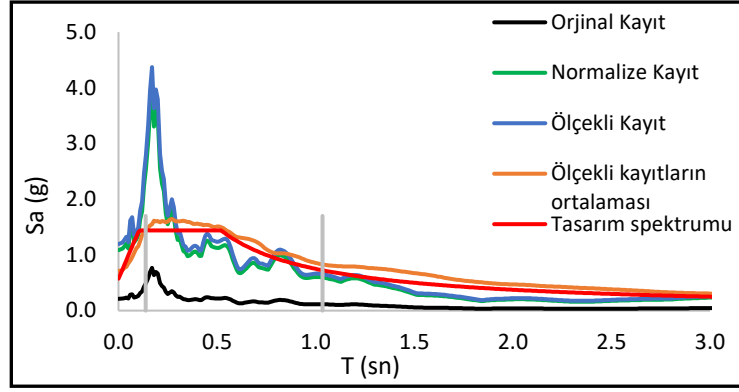
Deprem No:24- Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	DUZCE
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:25-Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	Arcelik
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005

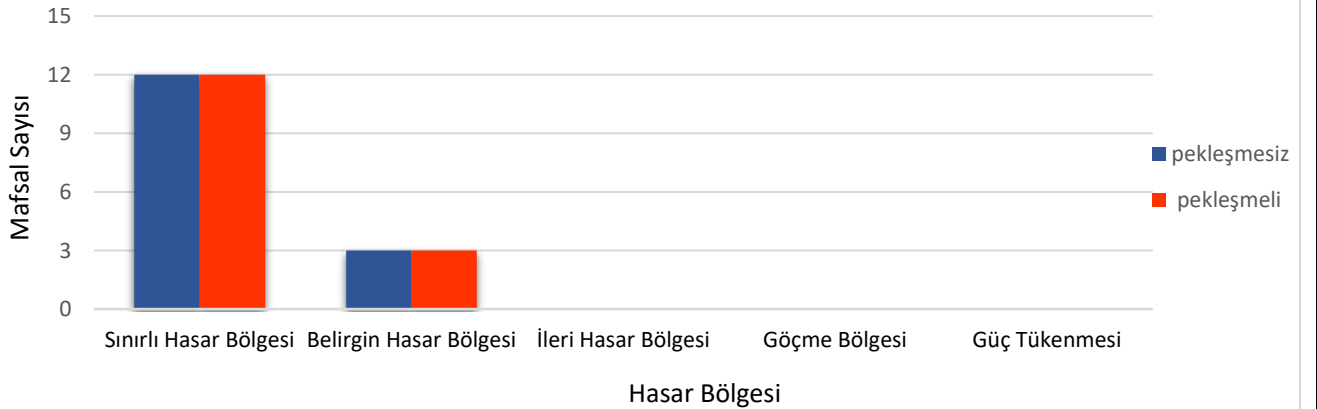


PERFORMANS DÜZEYLERİ

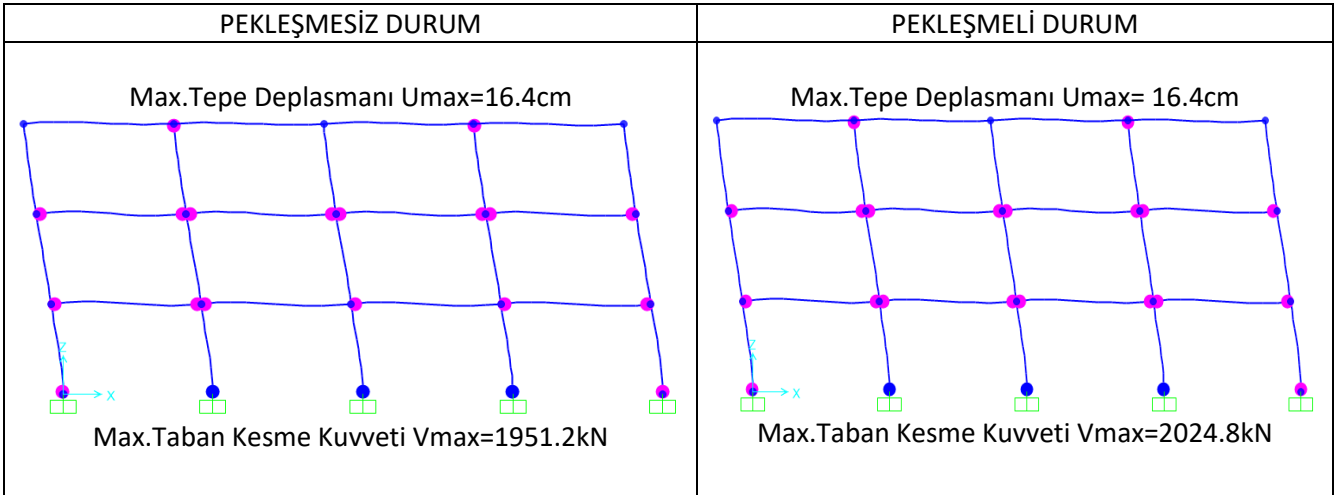
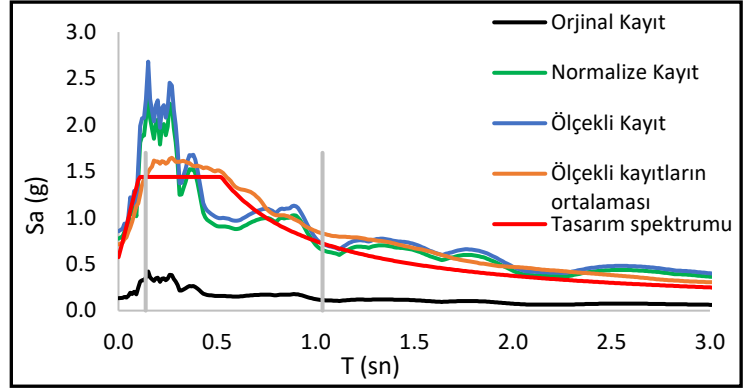
Kirişler



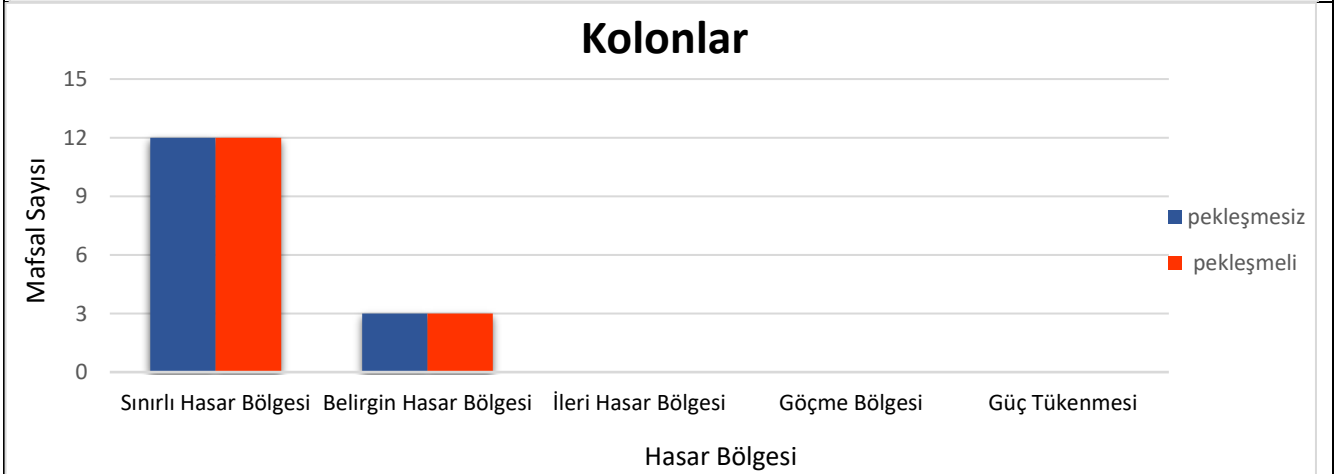
Kolonlar



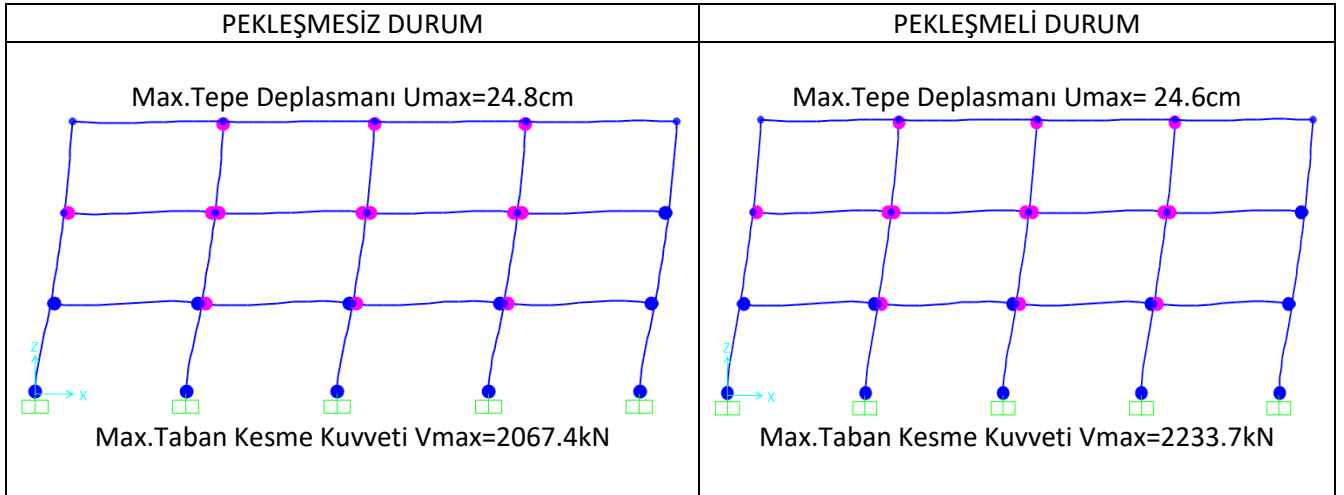
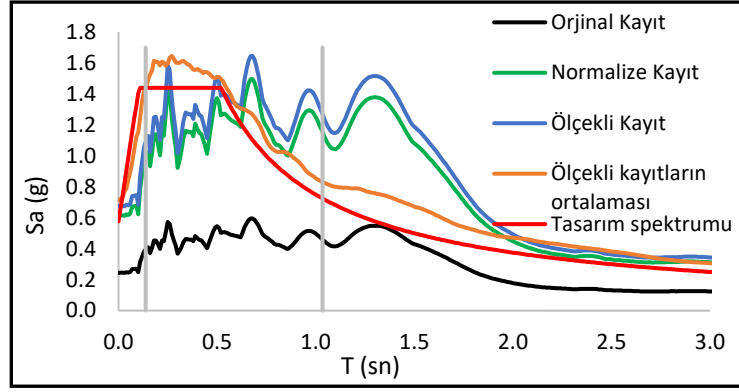
Deprem No:26- Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	Arcelik
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



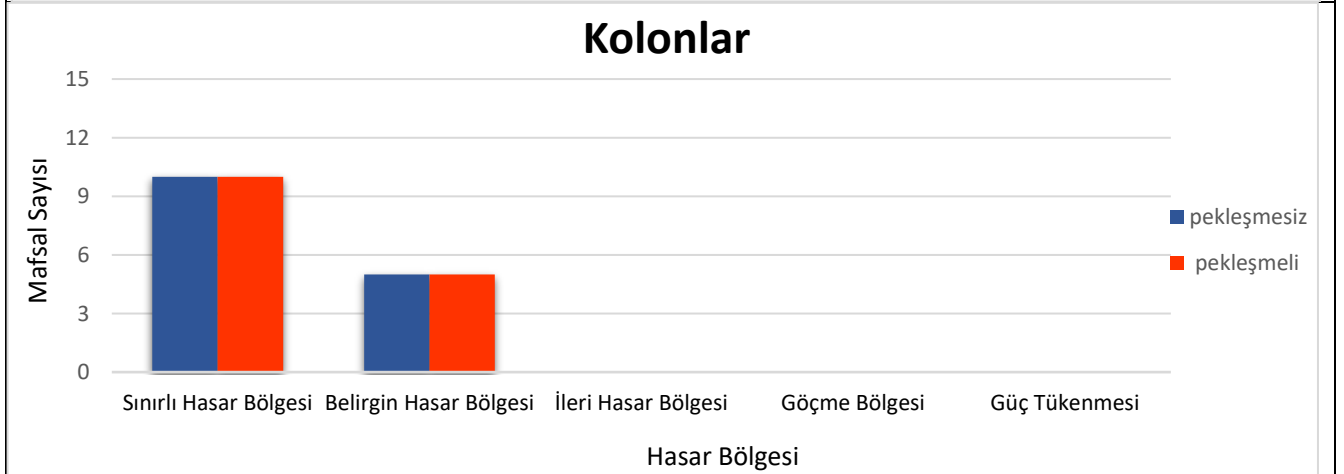
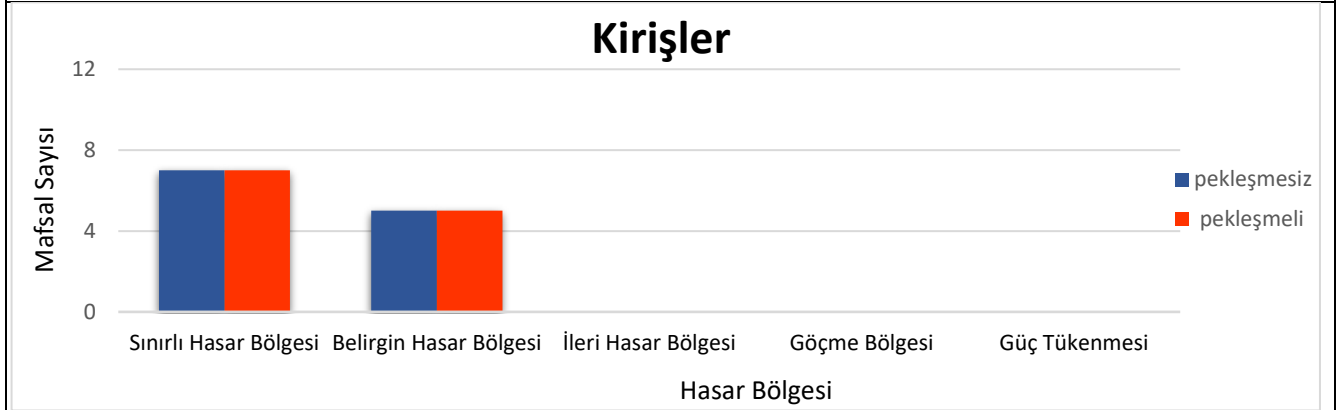
PERFORMANS DÜZEYLERİ



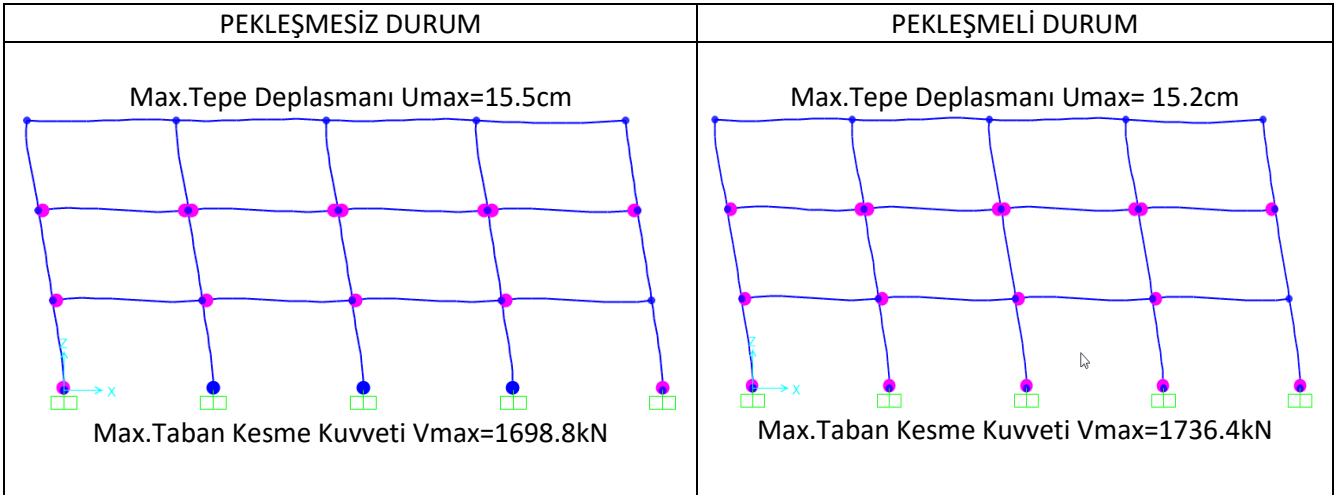
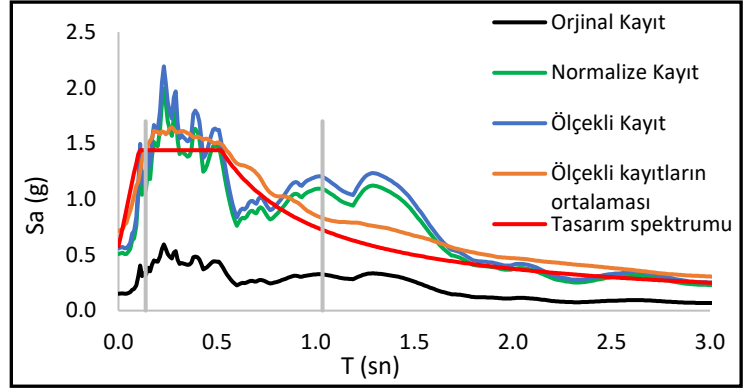
Deprem No:27- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Yermo Fire
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



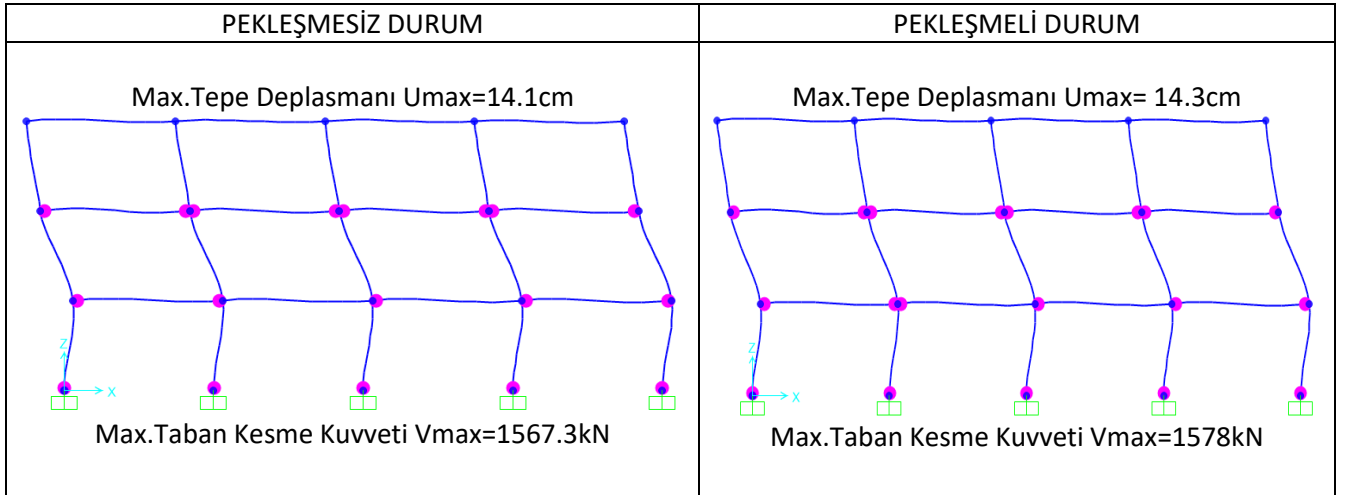
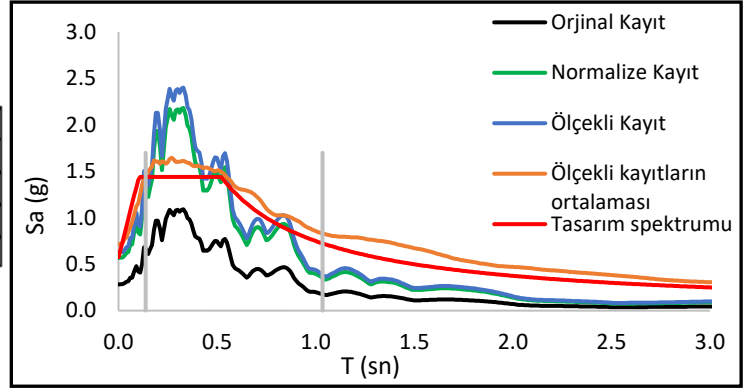
Deprem No:28- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Yermo Fire
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



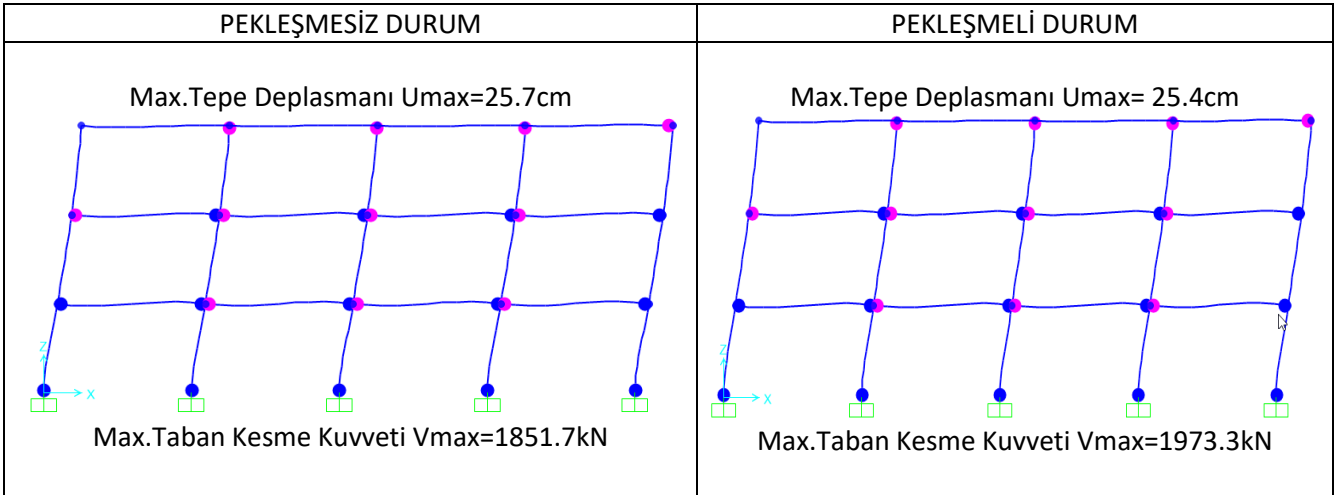
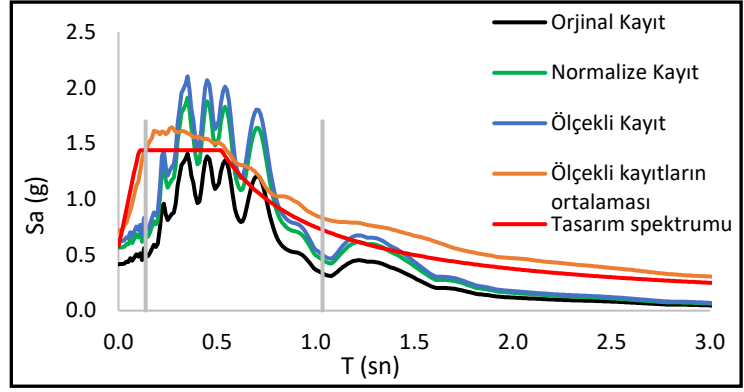
Deprem No:29-Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Coolwater
Bileşen:	LN
Zaman Adımı (sn):	0,0039



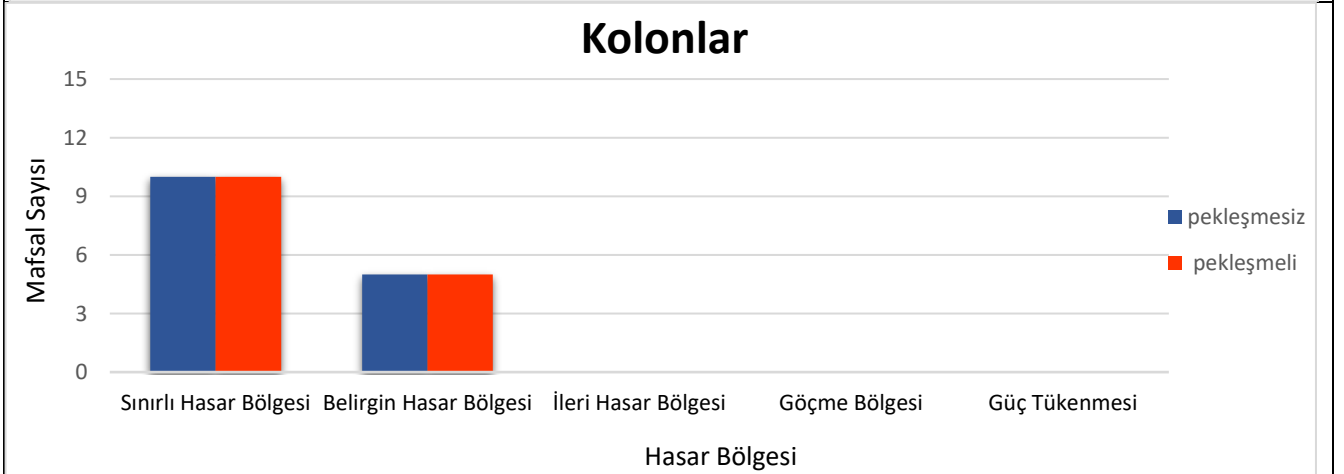
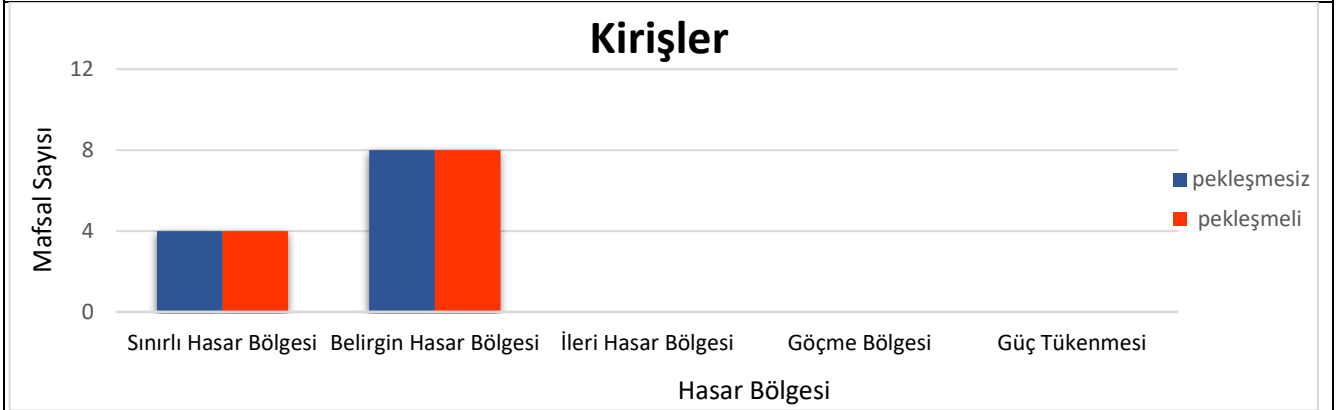
PERFORMANS DÜZEYLERİ



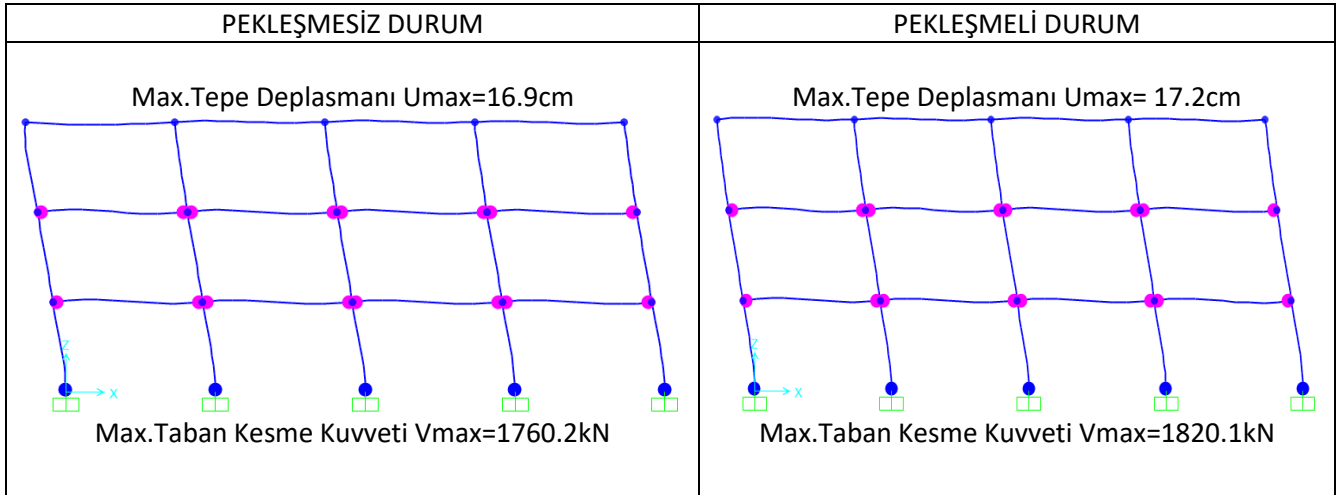
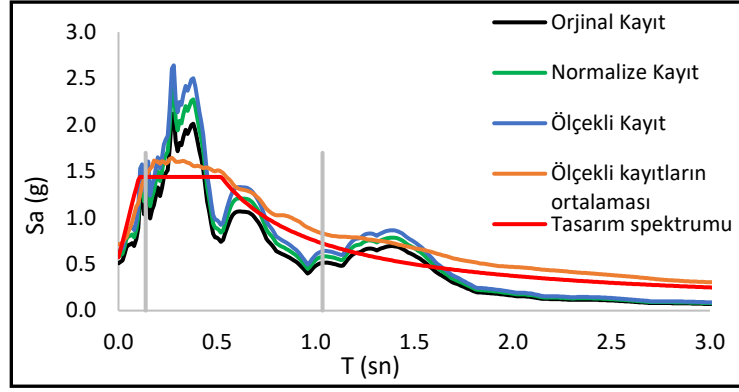
Deprem No:30- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Coolwater
Bileşen:	TR
Zaman Adımı (sn):	0,0039



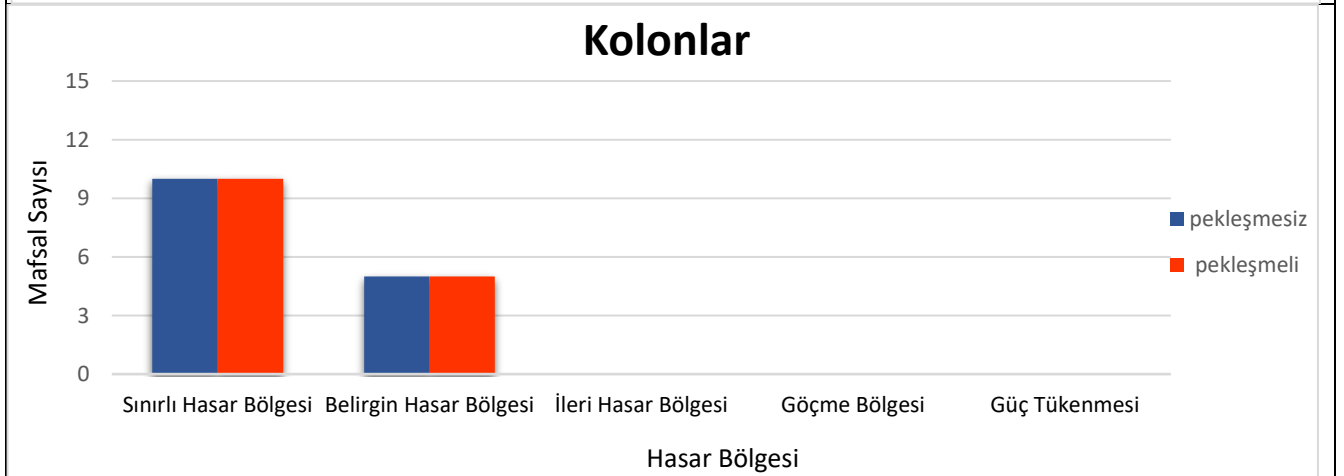
PERFORMANS DÜZEYLERİ



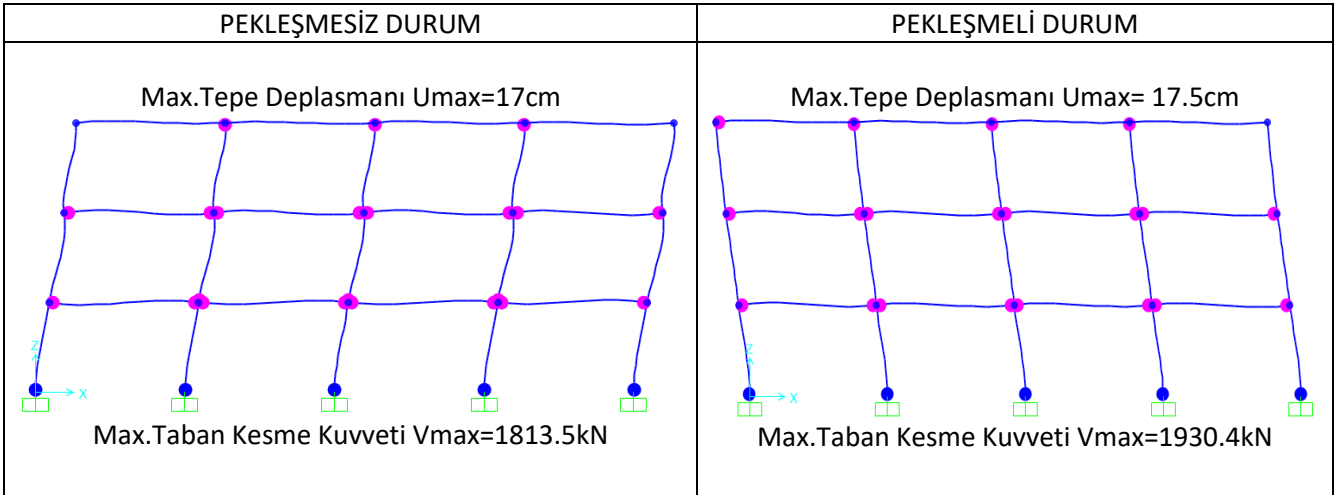
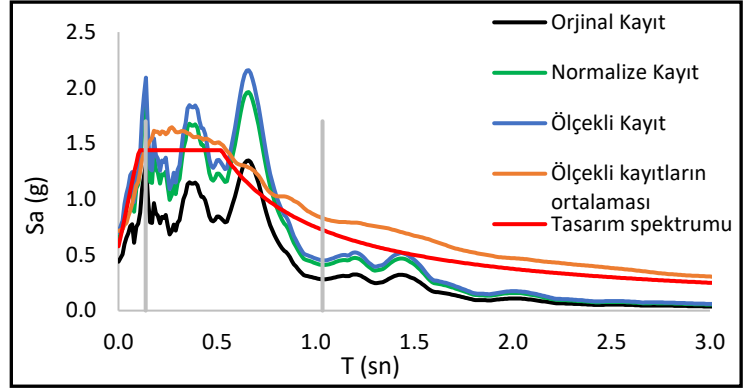
Deprem No:31-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Capitola
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



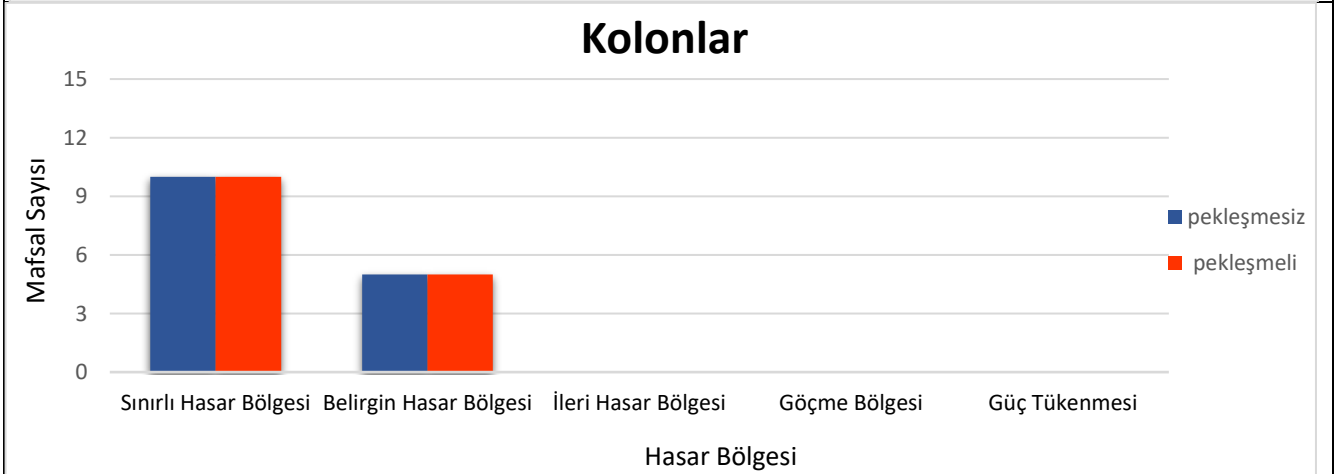
PERFORMANS DÜZEYLERİ



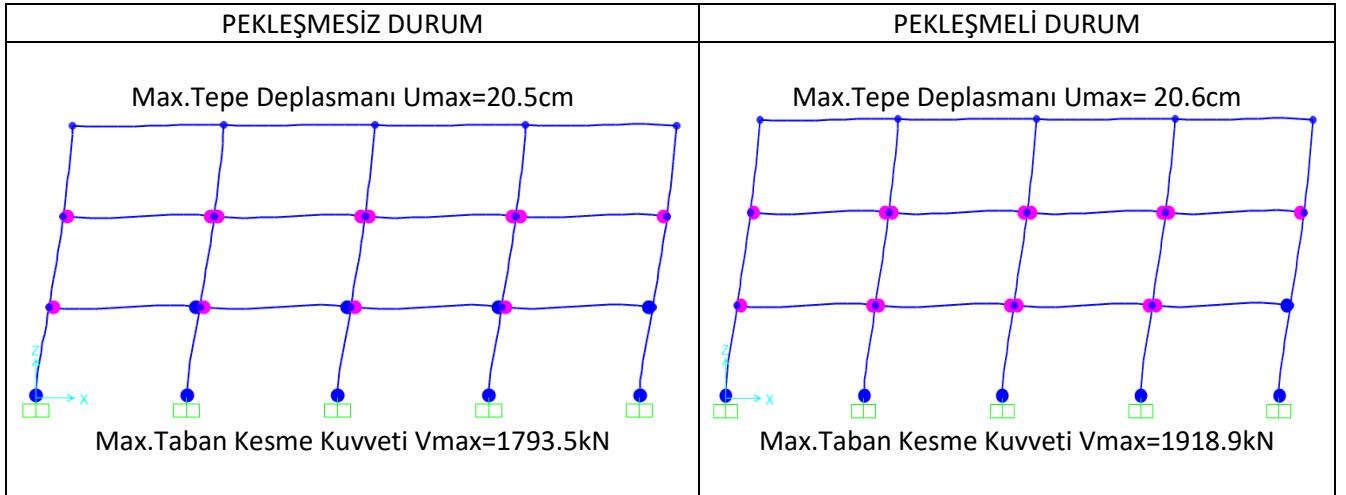
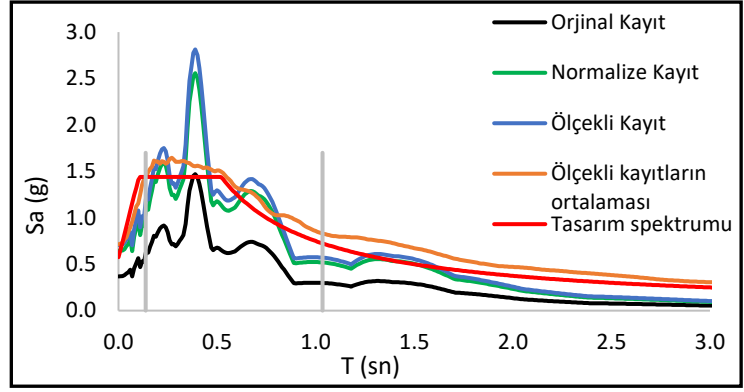
Deprem No:32- Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Capitola
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



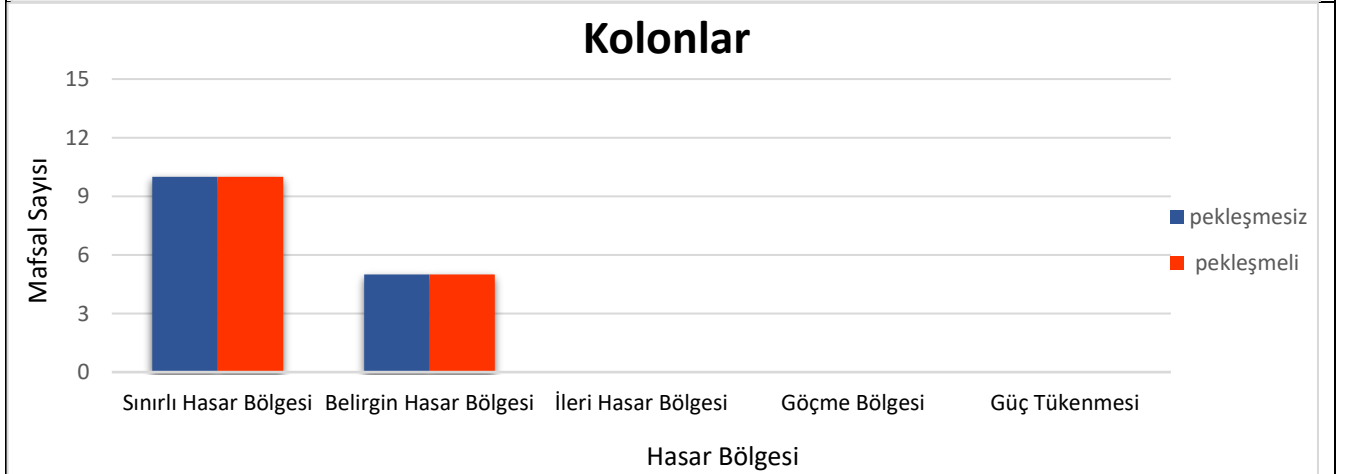
PERFORMANS DÜZEYLERİ



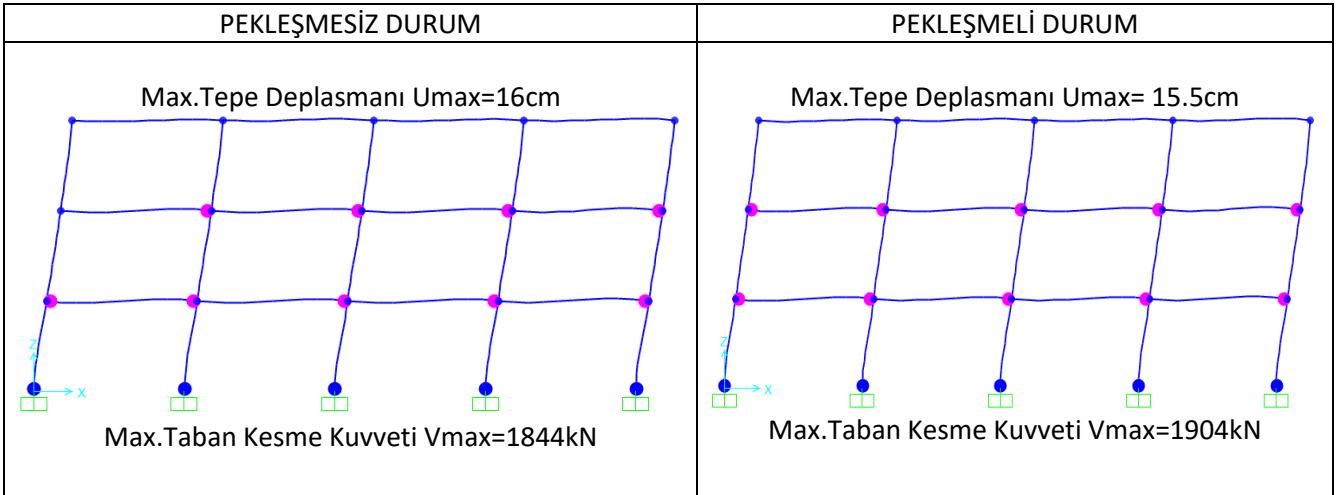
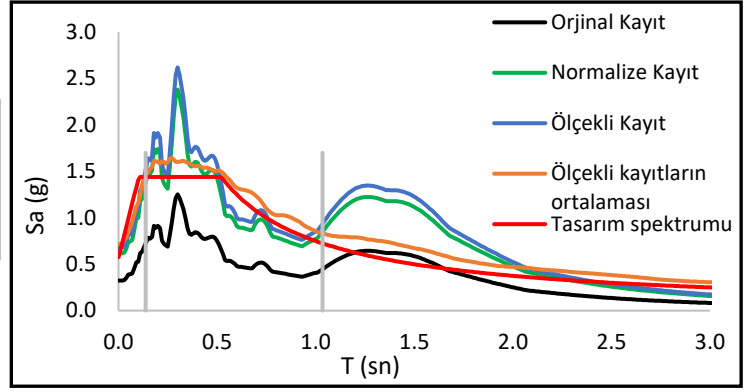
Deprem No:33-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Gilroy Array
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



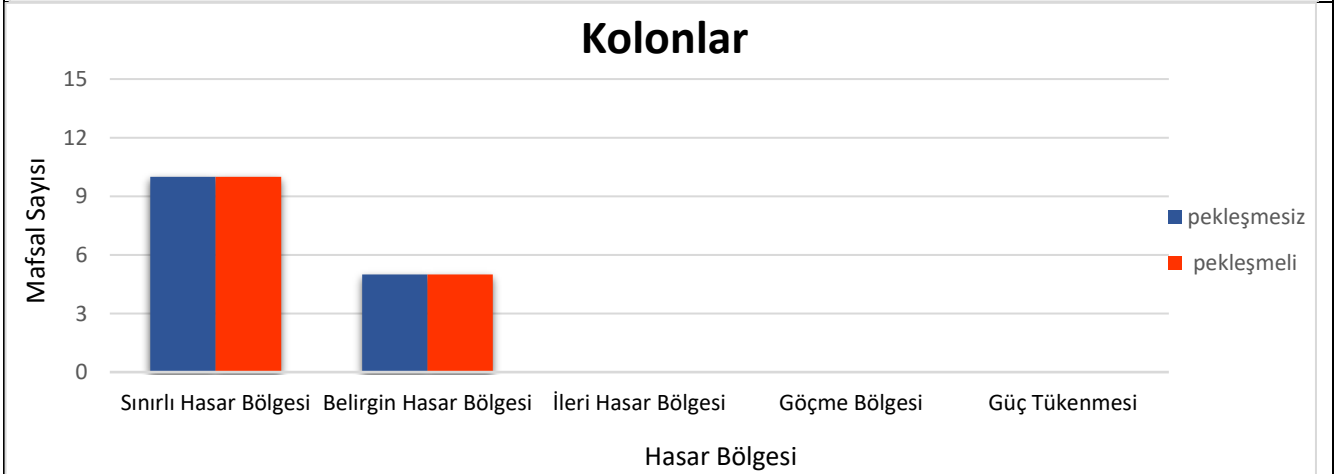
PERFORMANS DÜZEYLERİ



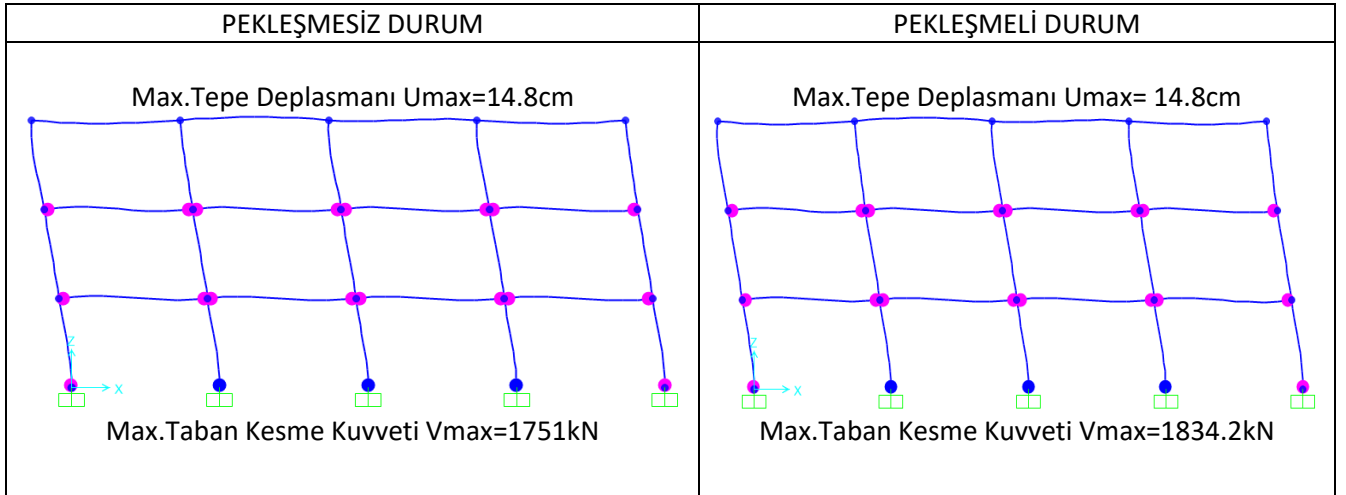
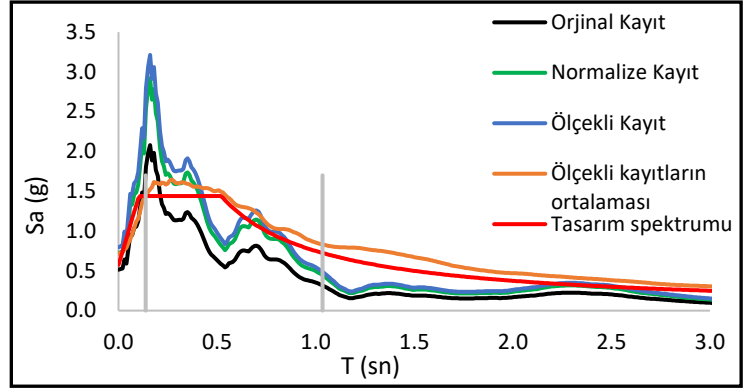
Deprem No:34-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Gilroy Array
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



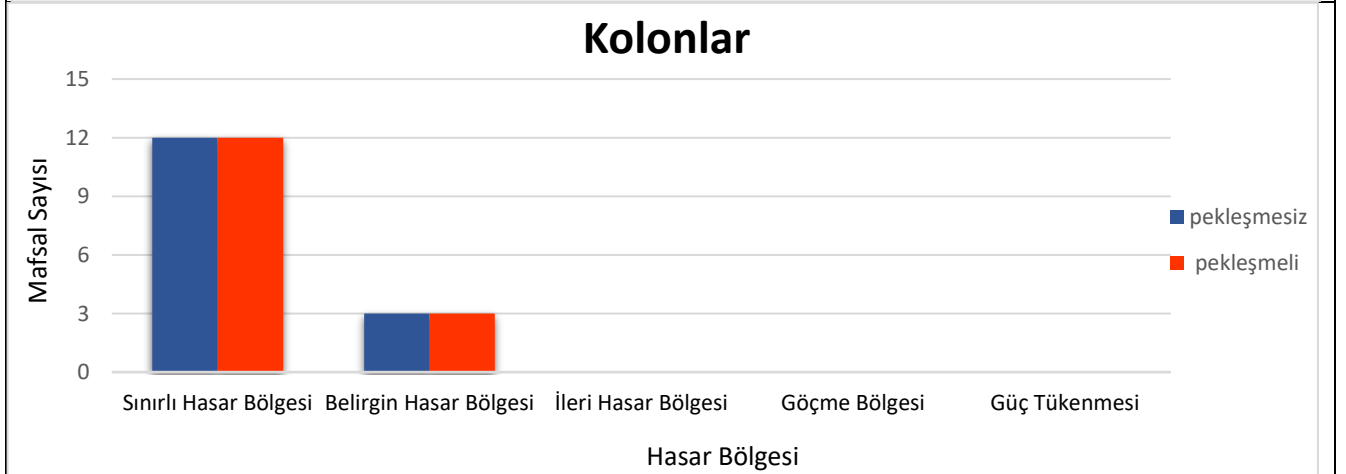
PERFORMANS DÜZEYLERİ



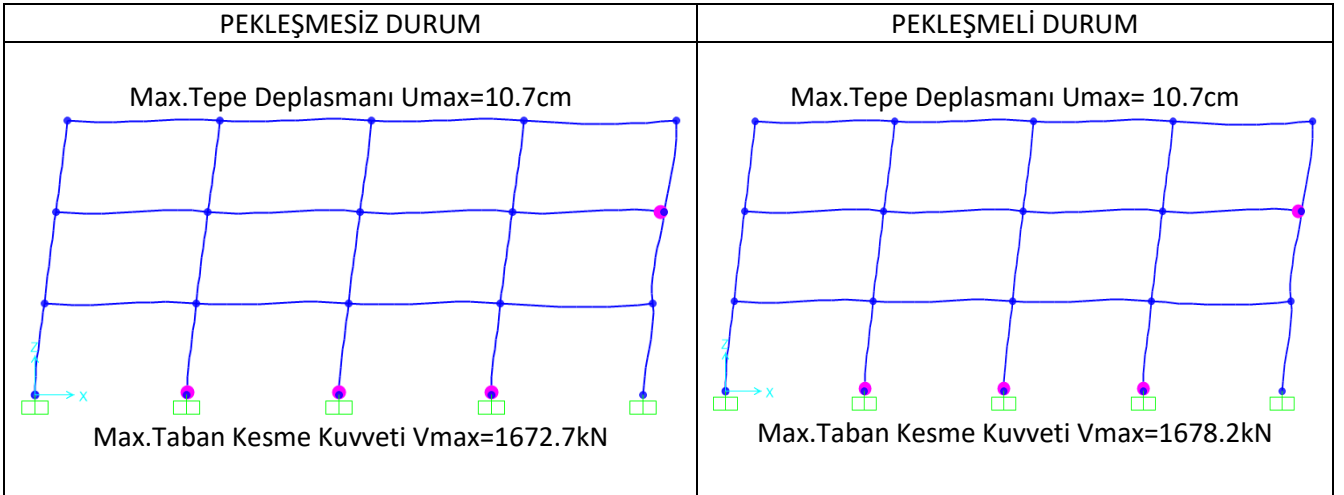
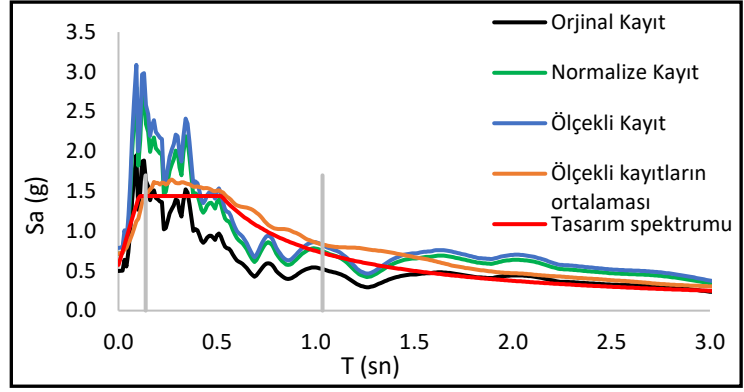
Deprem No:35-Manjil Iran	
Tarihi:	6/20/1990
İstasyon Adı:	Abbar
Bileşen:	L
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



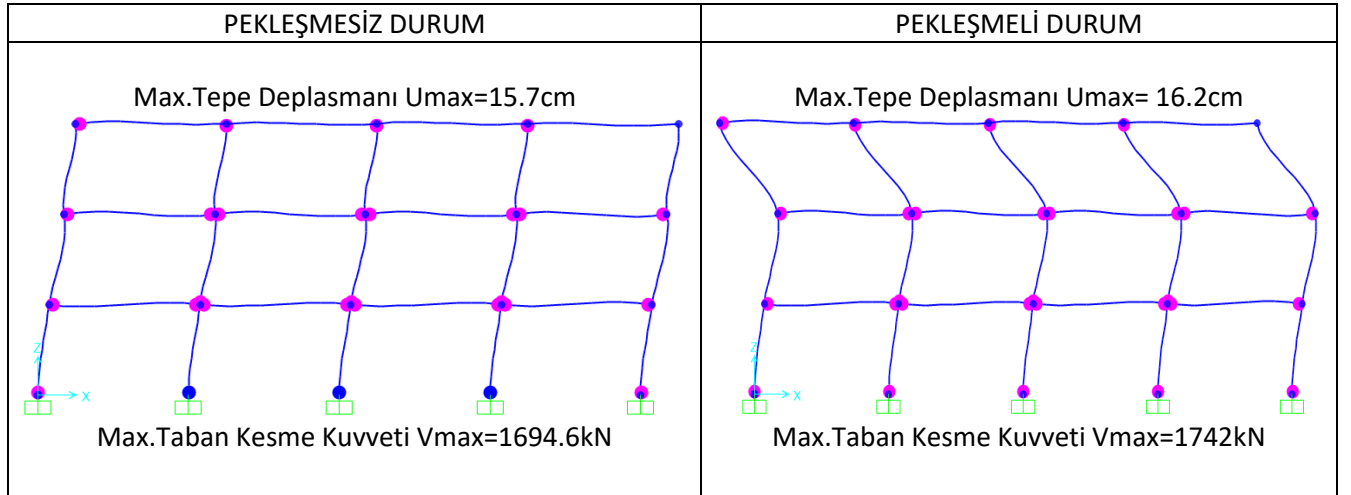
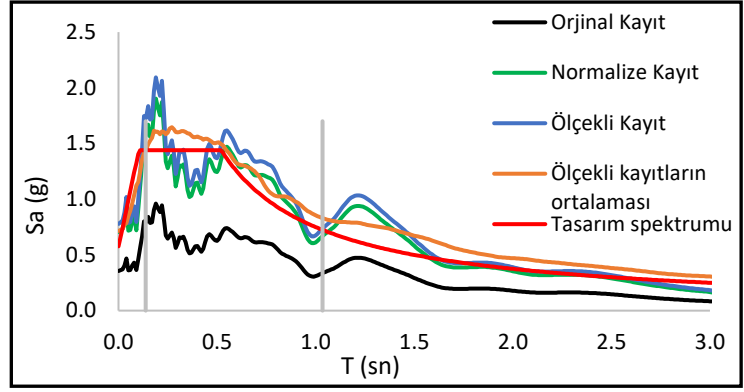
Deprem No:36-Manjil Iran	
Tarihi:	6/20/1990
İstasyon Adı:	Abbar
Bileşen:	T
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



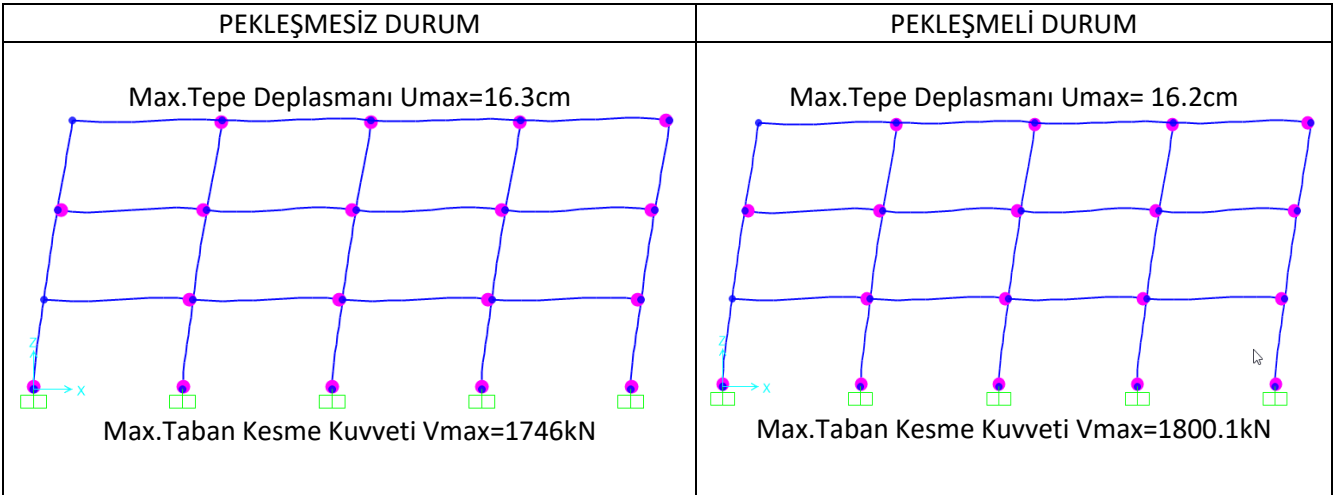
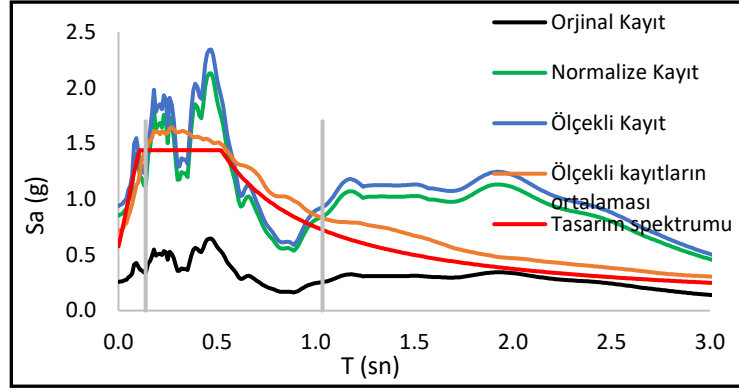
Deprem No:37- Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	El Centro Imp. Co. Cent
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



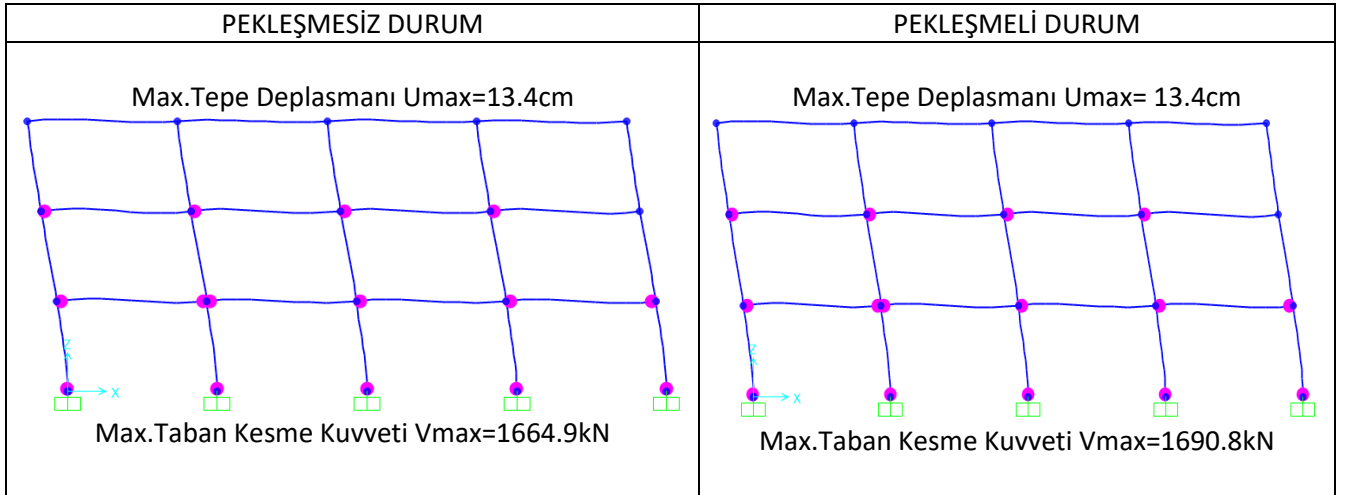
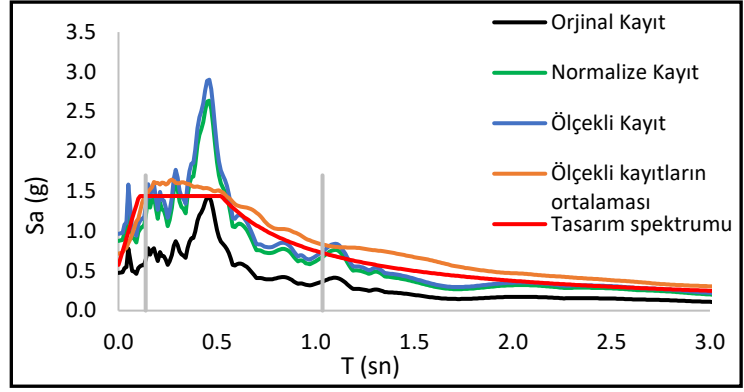
Deprem No:38-Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	El Centro Imp. Co. Cent
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



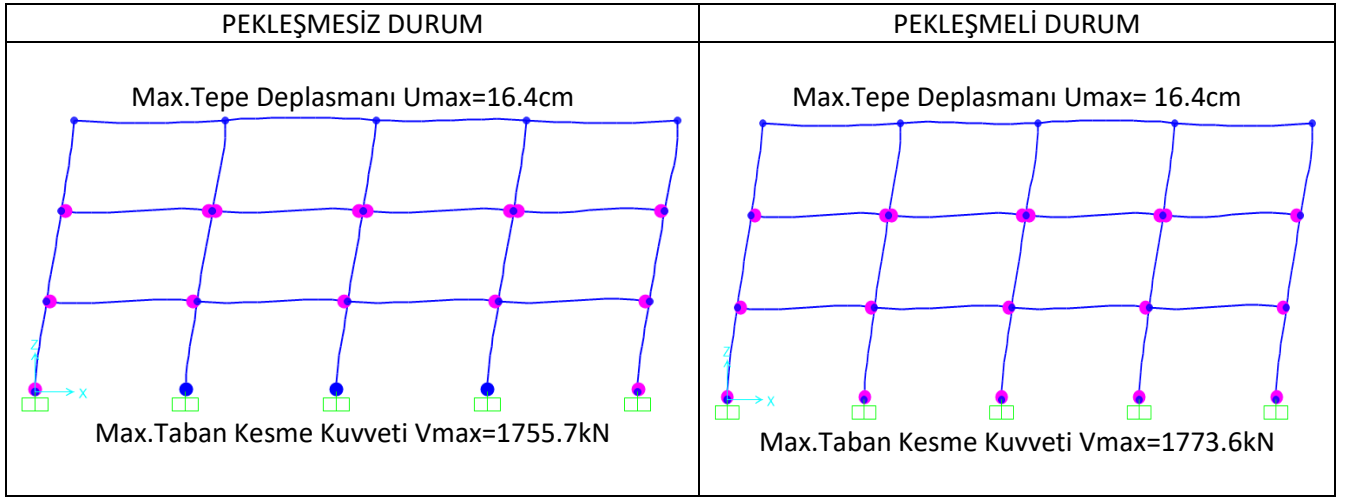
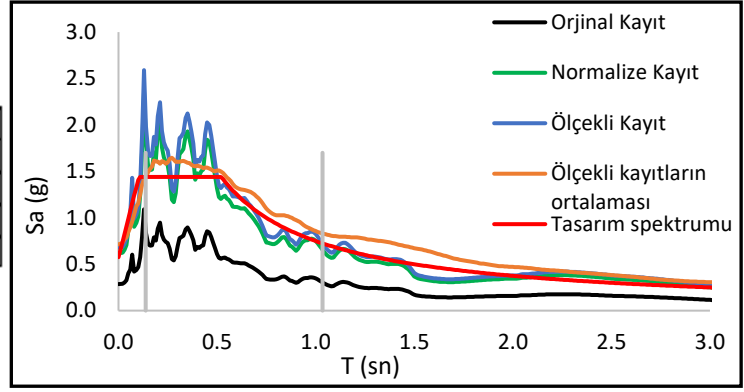
Deprem No:39- Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	Poe Road (temp)
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



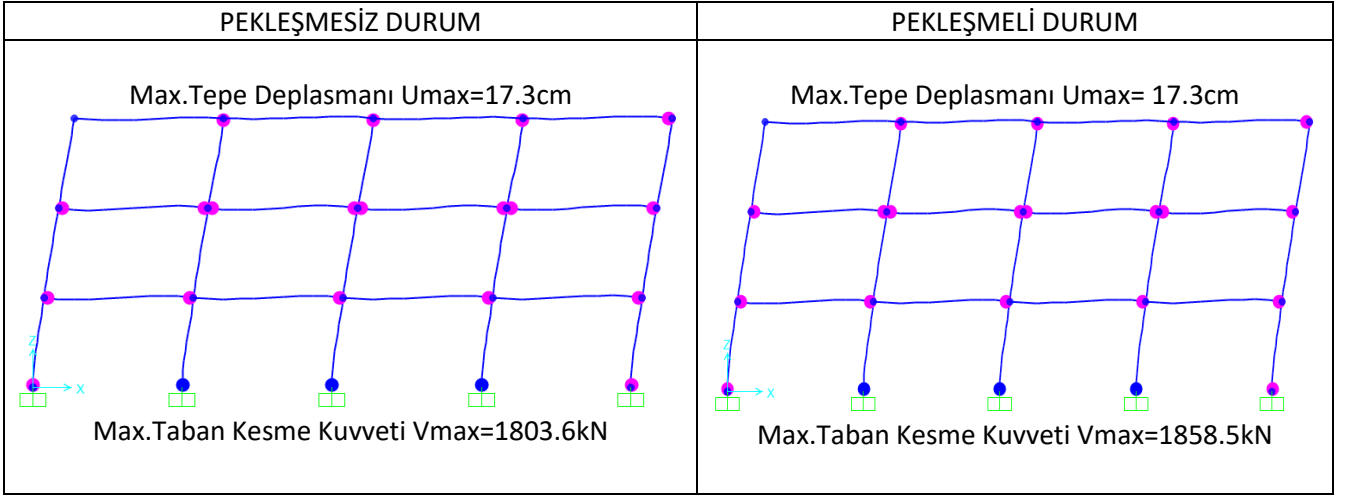
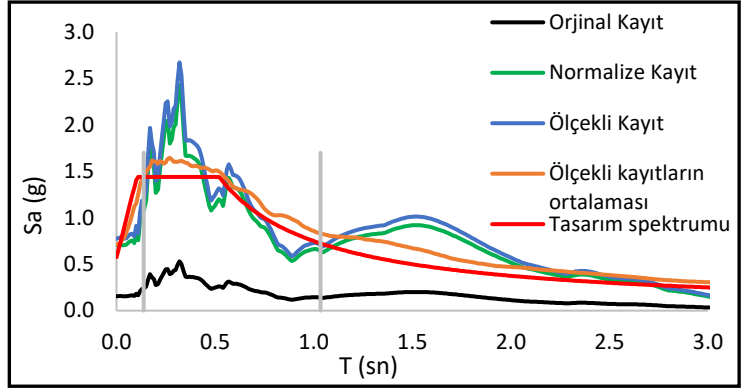
Deprem No:40-Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	Poe Road (temp)
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,01



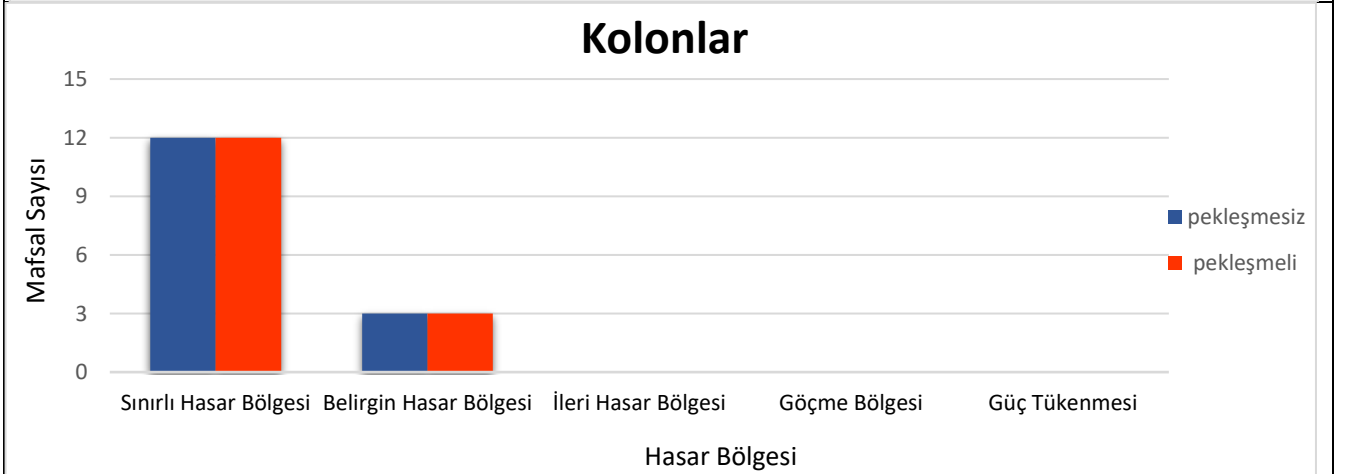
PERFORMANS DÜZEYLERİ



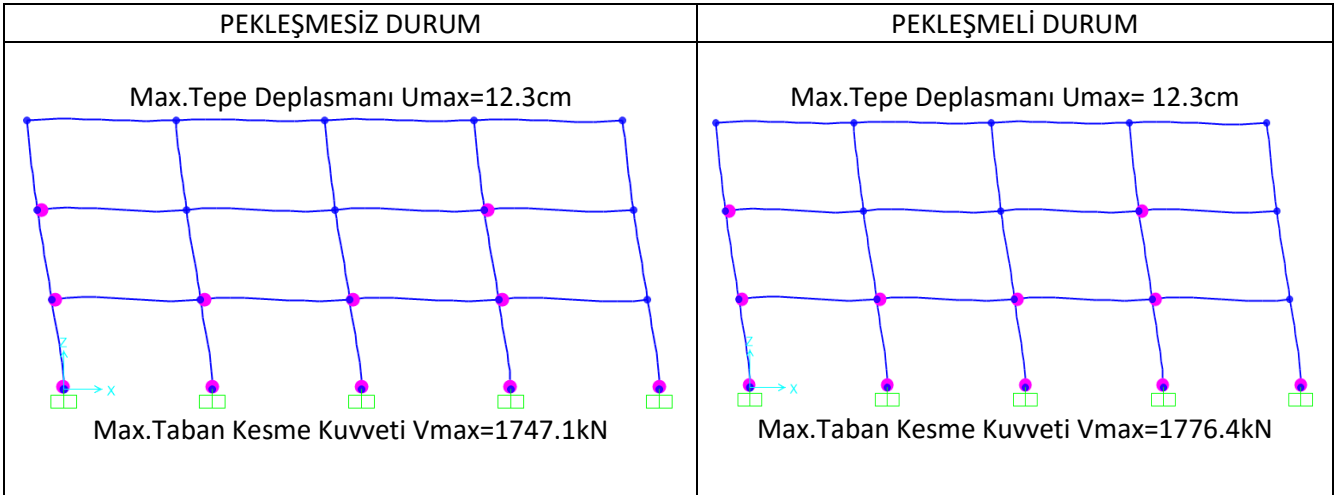
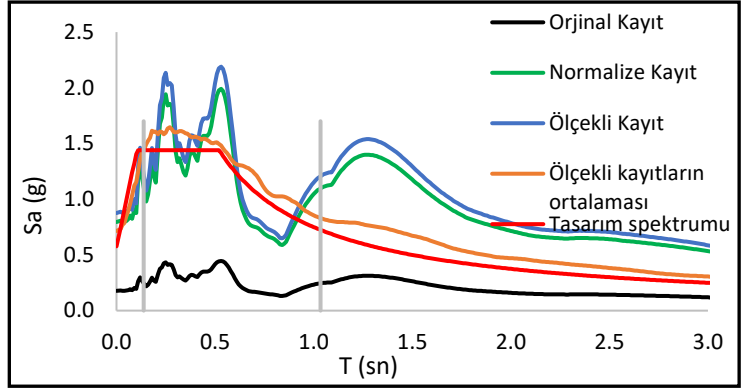
Deprem No:41-	Cape Mendocino,
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Eureka - Myrtle & West
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



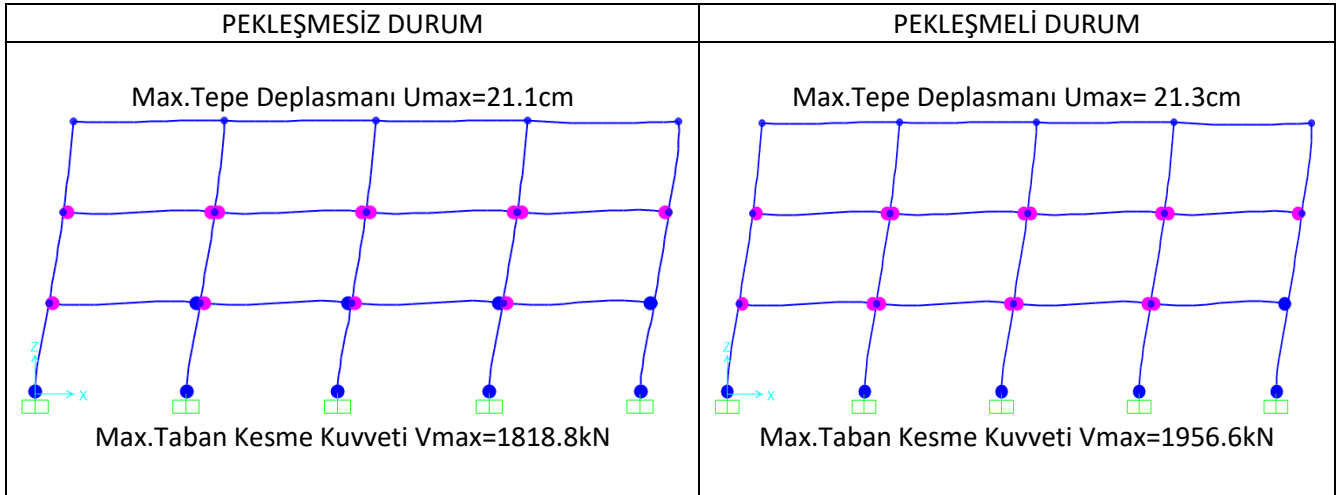
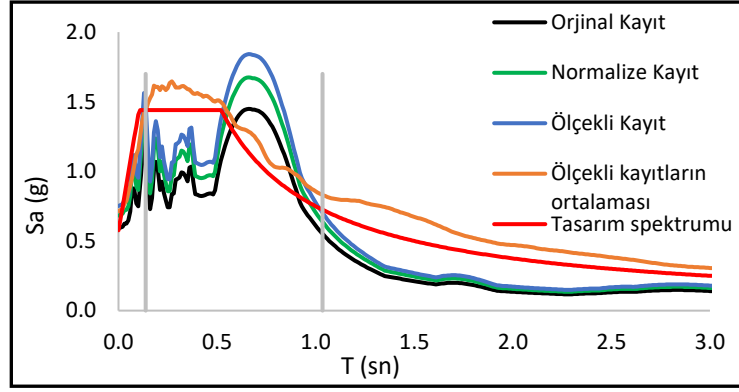
Deprem No:42-	Cape Mendocino,
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Eureka - Myrtle & West
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



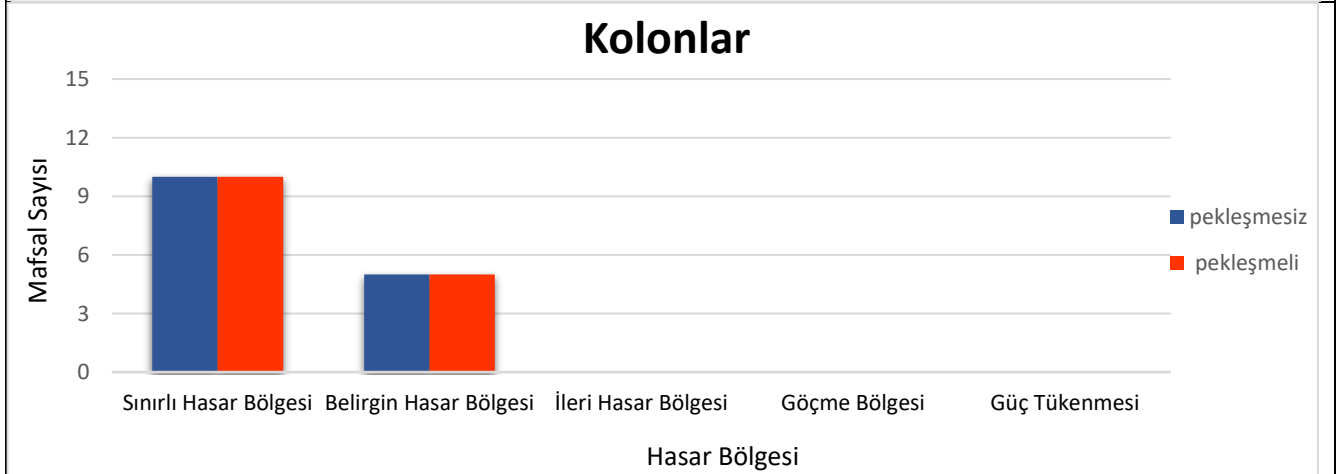
PERFORMANS DÜZEYLERİ



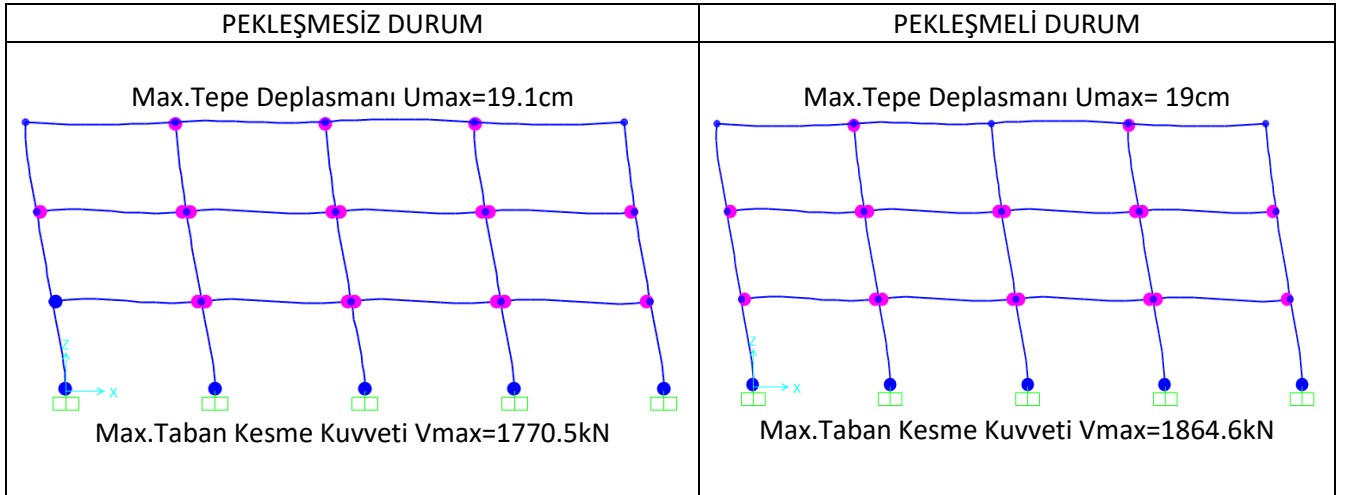
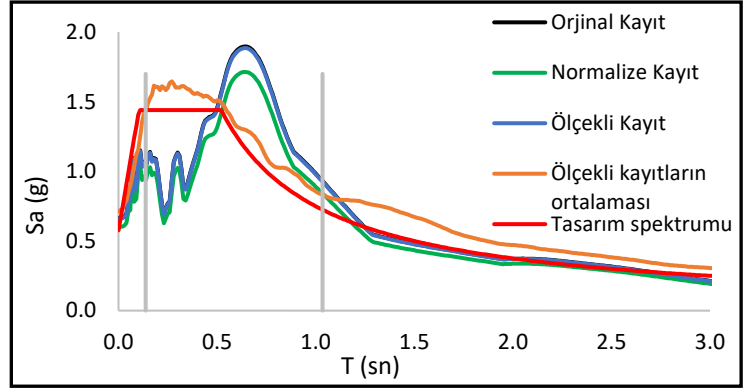
Deprem No:43- Cape Mendocino,	
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Petrolia
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,02



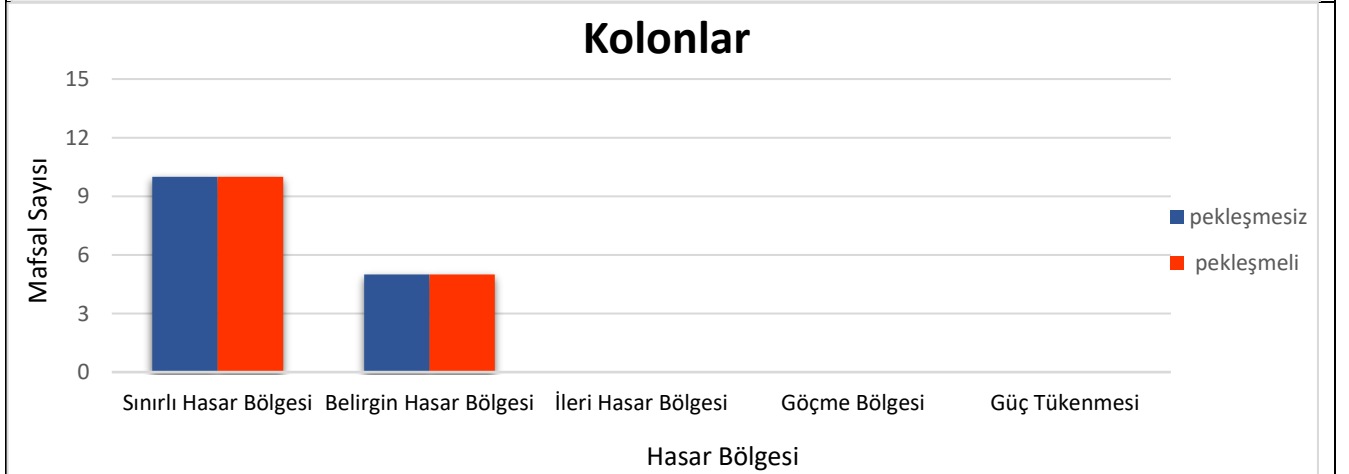
PERFORMANS DÜZEYLERİ



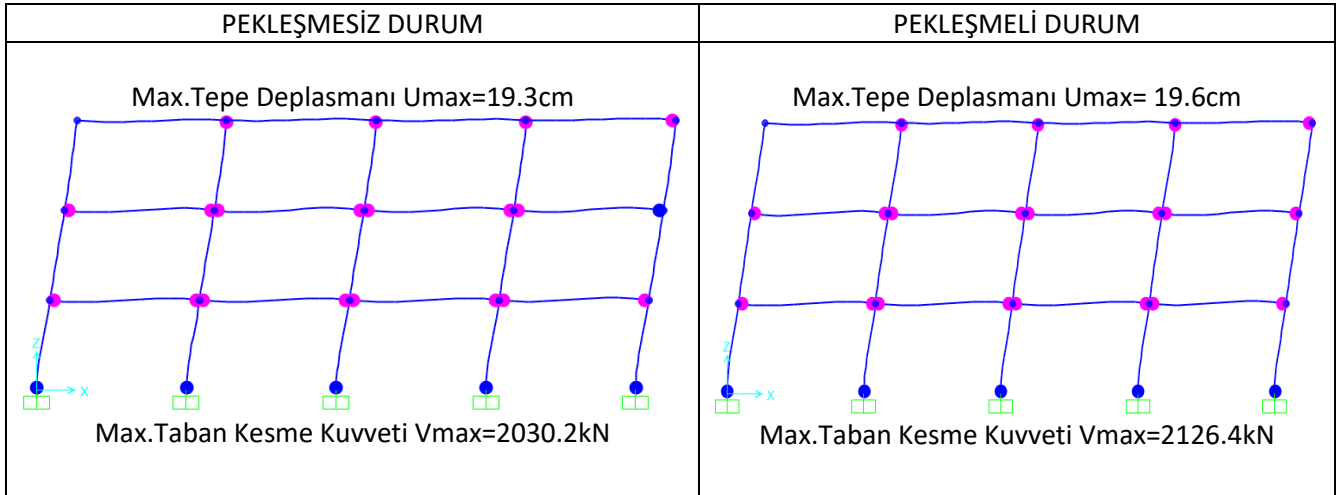
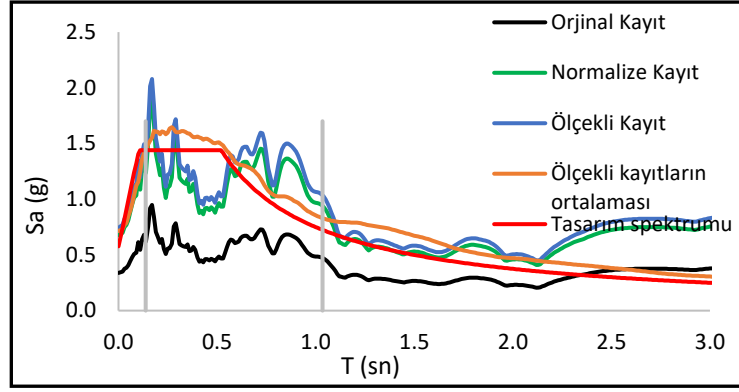
Deprem No:44-Cape Mendocino,	
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Petrolia
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



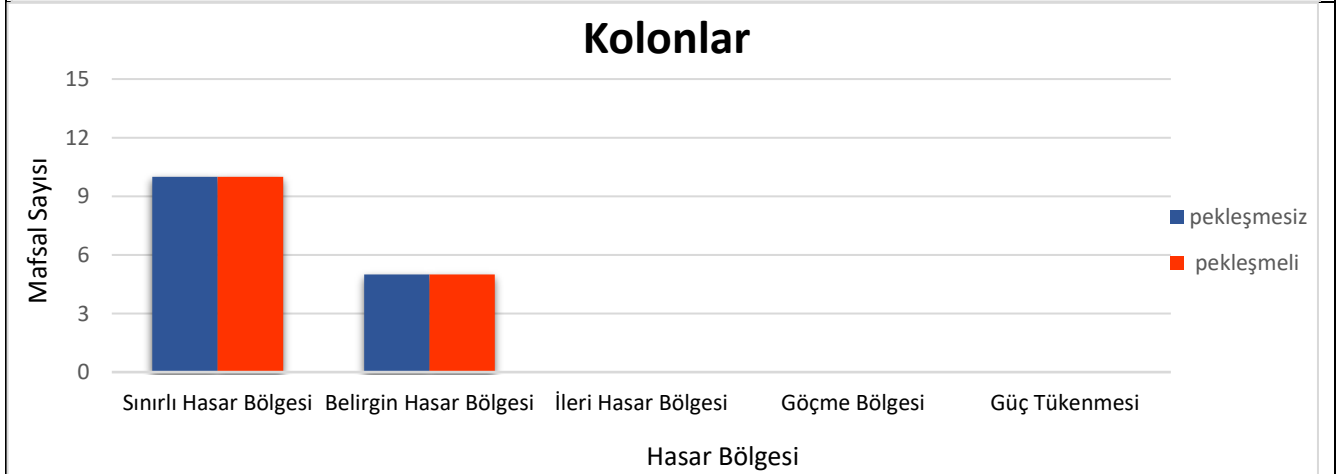
PERFORMANS DÜZEYLERİ



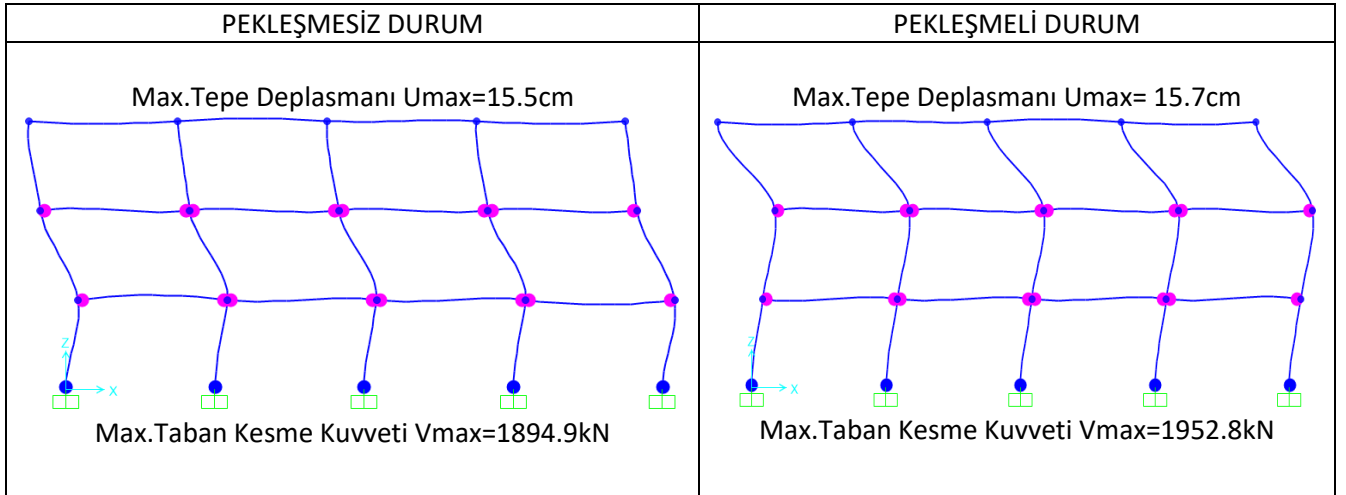
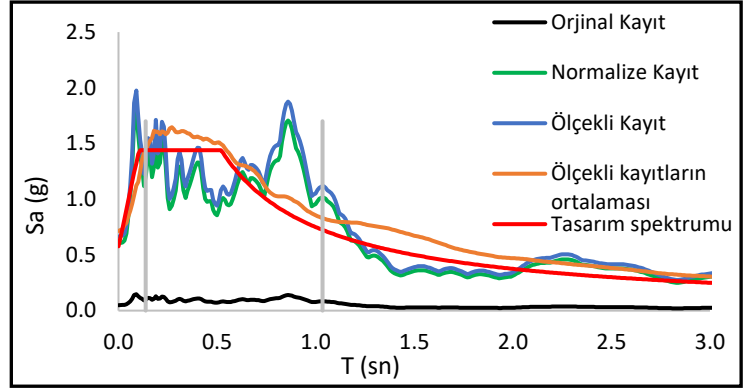
Deprem No:45-	Chi-Chi Taiwan
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	CHY101
Bileşen:	E
Zaman Adımı (sn):	0,005



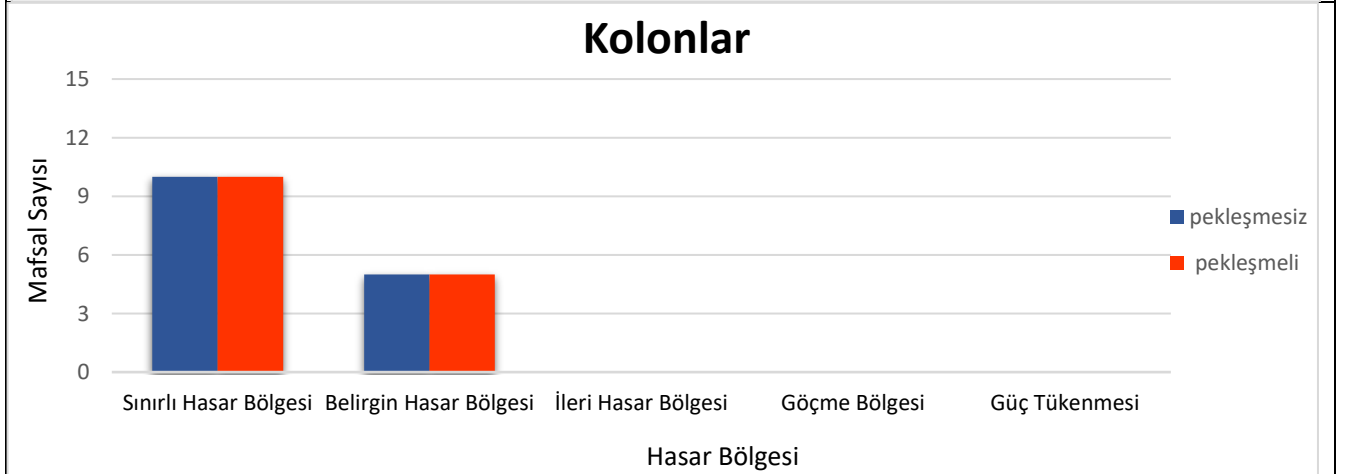
PERFORMANS DÜZEYLERİ



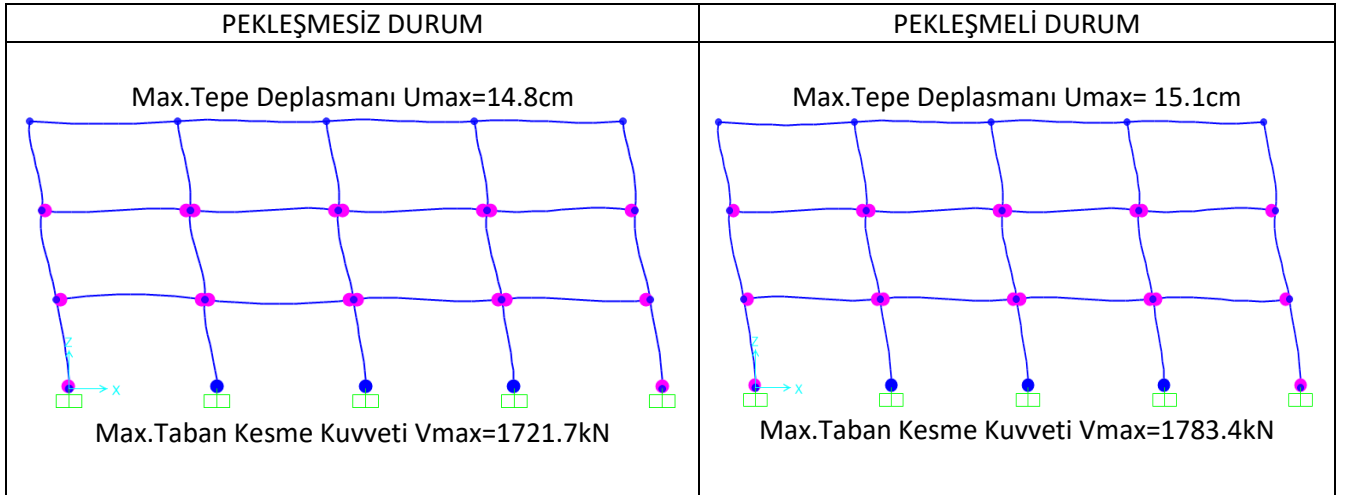
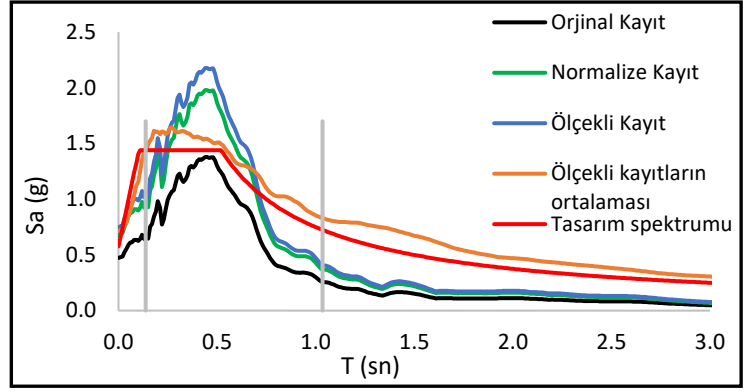
Deprem No:46-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	CHY101
Bileşen:	N
Zaman Adımı (sn):	0,005



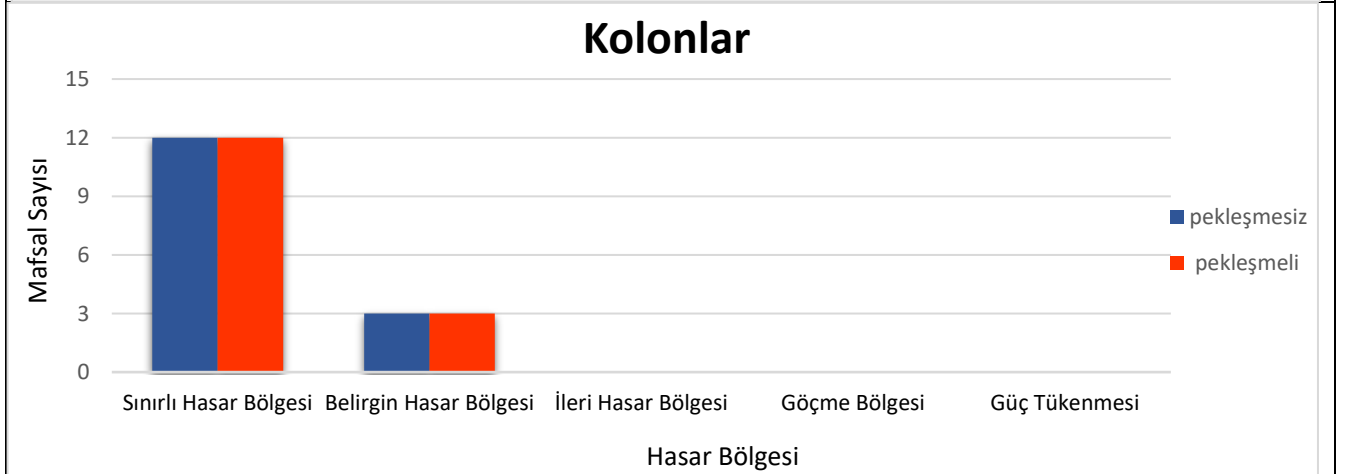
PERFORMANS DÜZEYLERİ



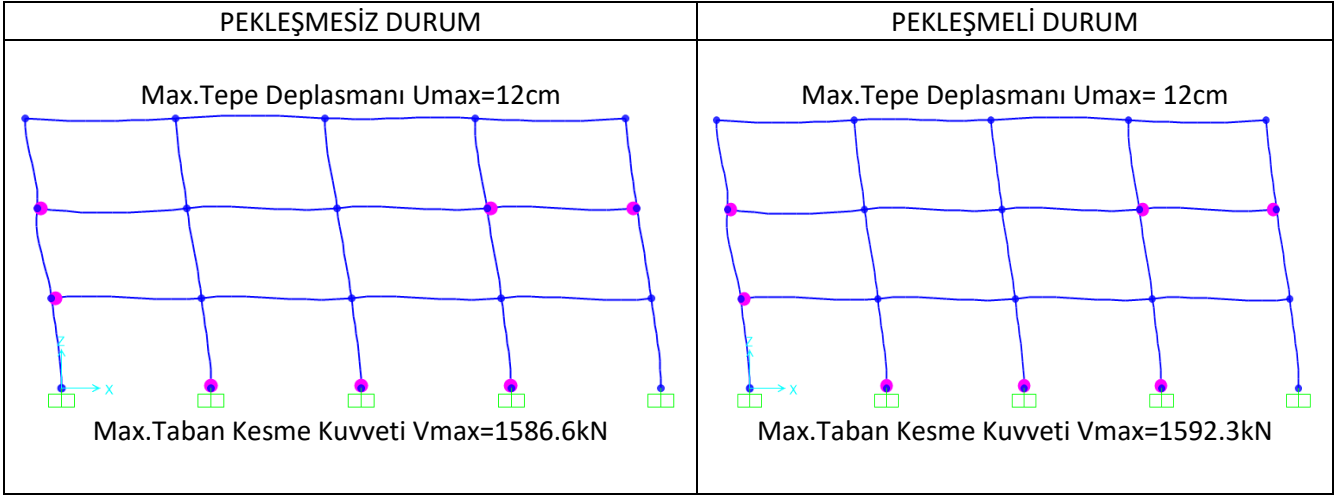
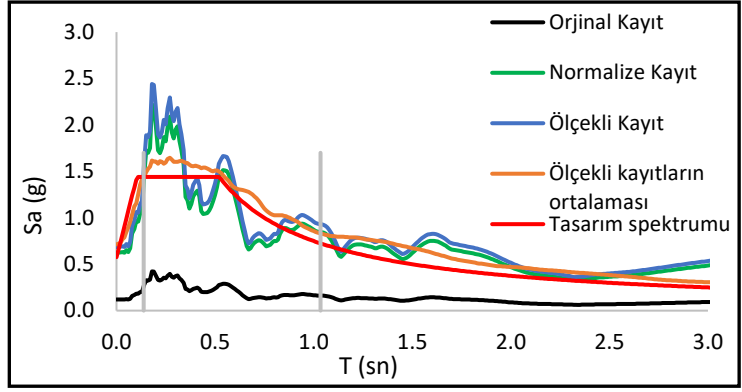
Deprem No:47-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	TCU045
Bileşen:	E
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



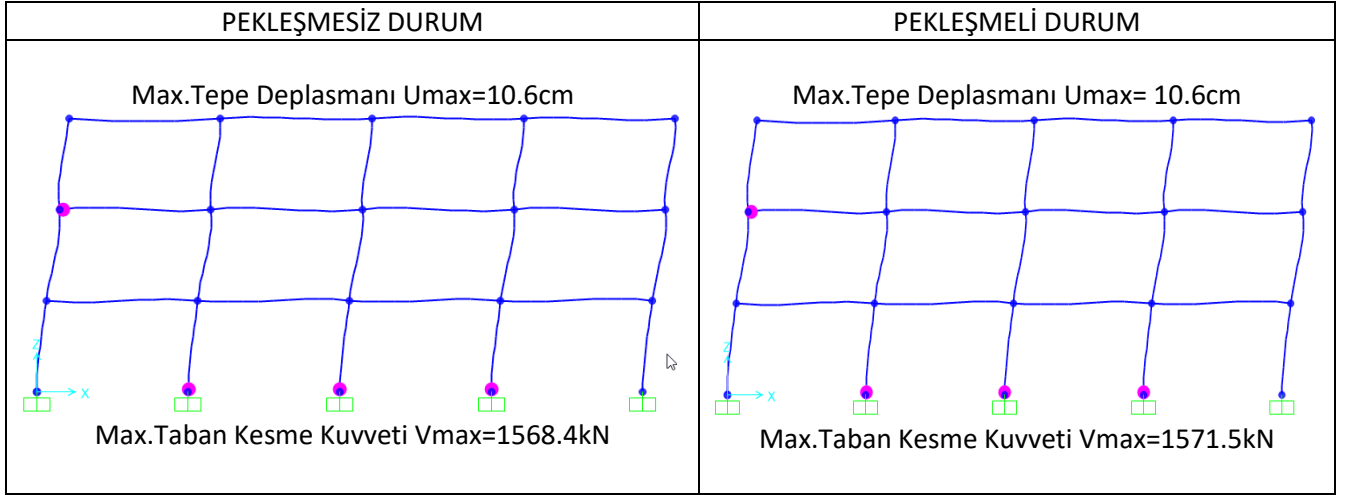
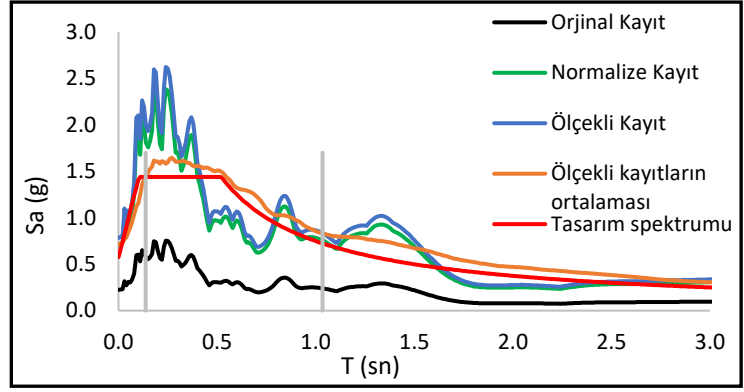
Deprem No:48-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	TCU045
Bileşen:	N
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

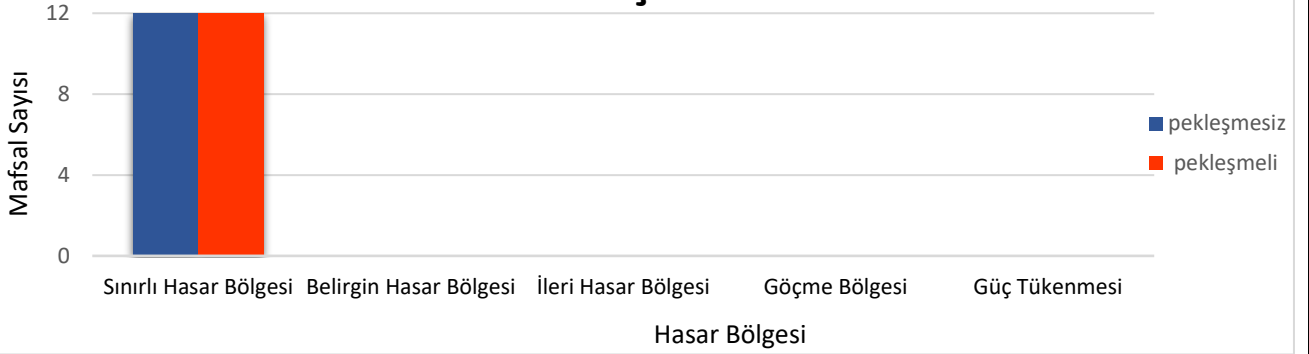


Deprem No:49-San Fernando	
Tarihi:	2/9/1971
İstasyon Adı:	LA - Hollywood Stor FF
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01

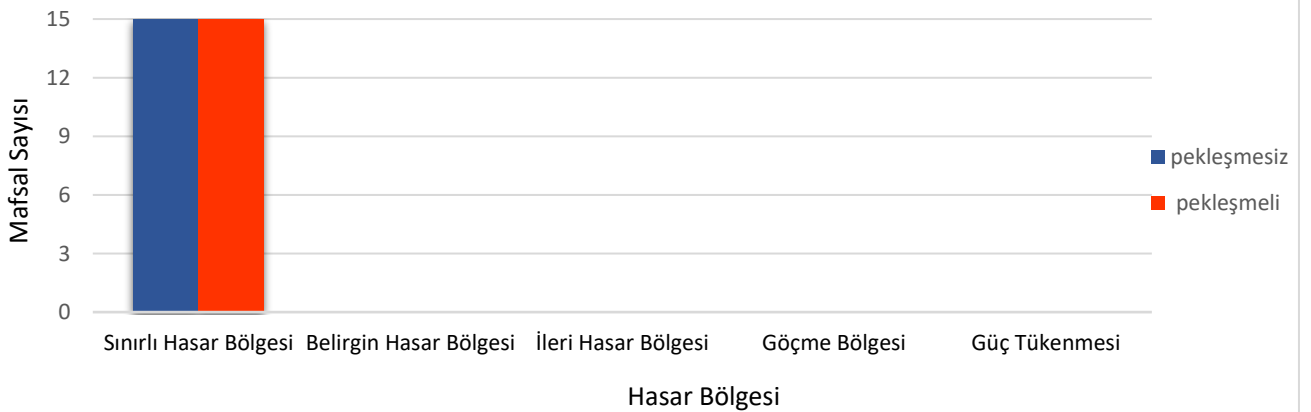


PERFORMANS DÜZEYLERİ

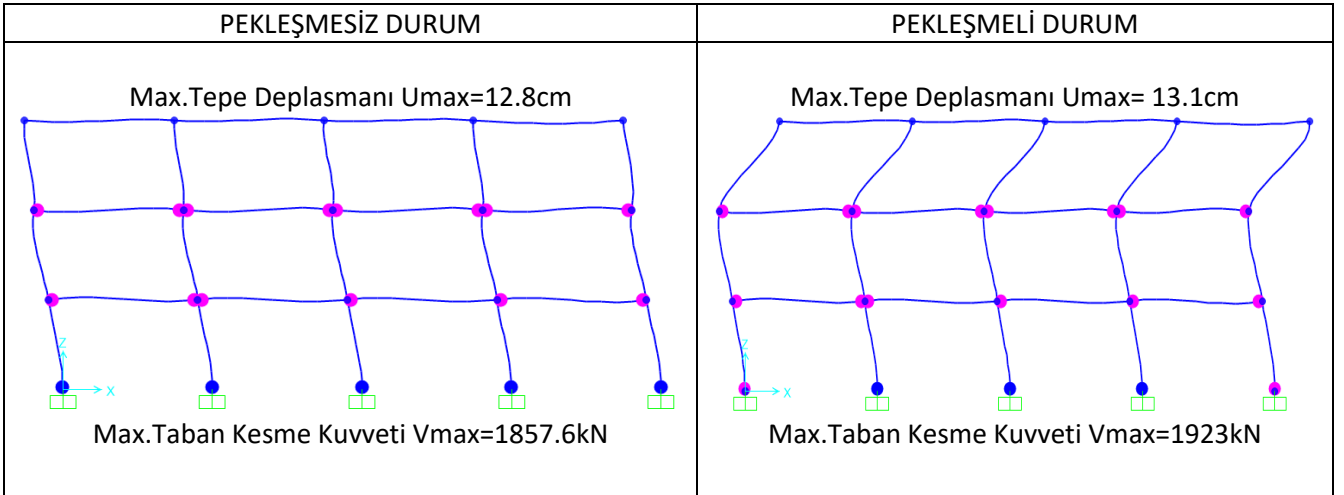
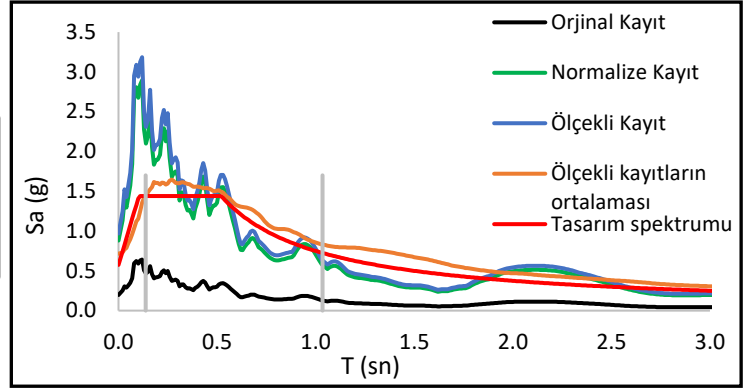
Kirişler



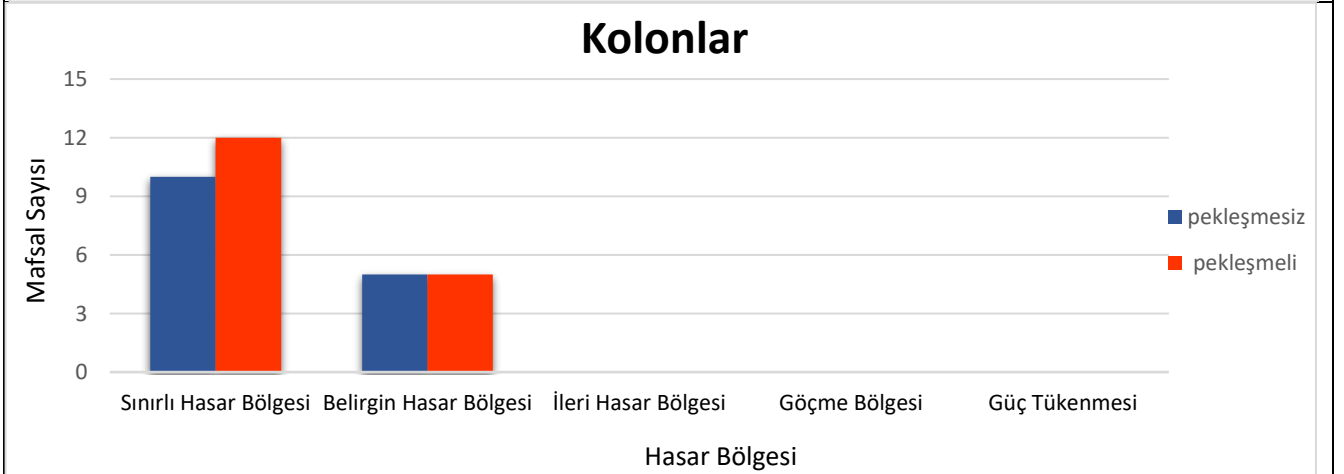
Kolonlar



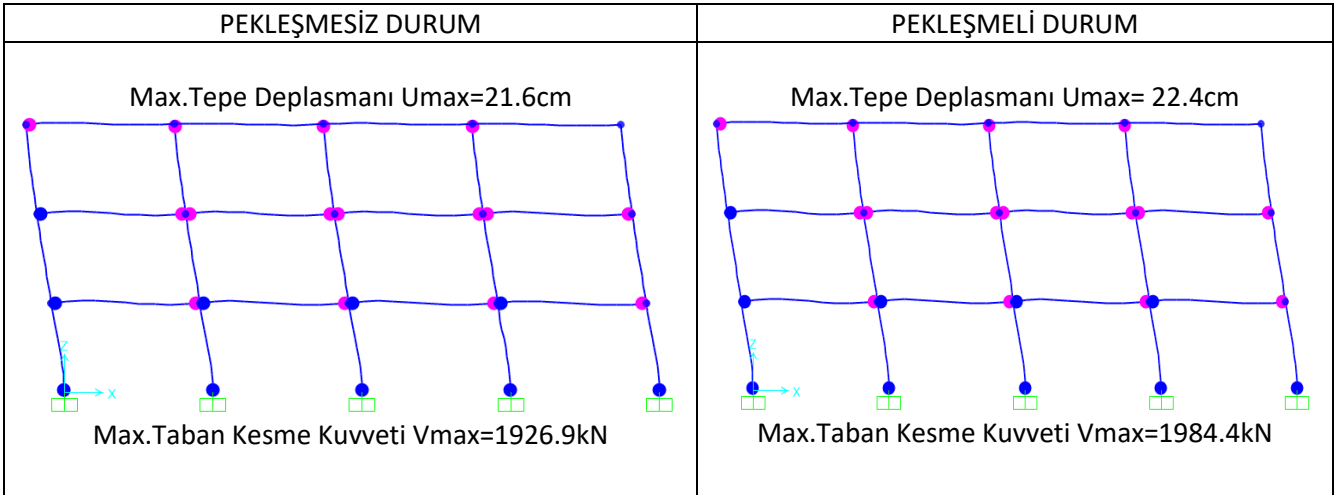
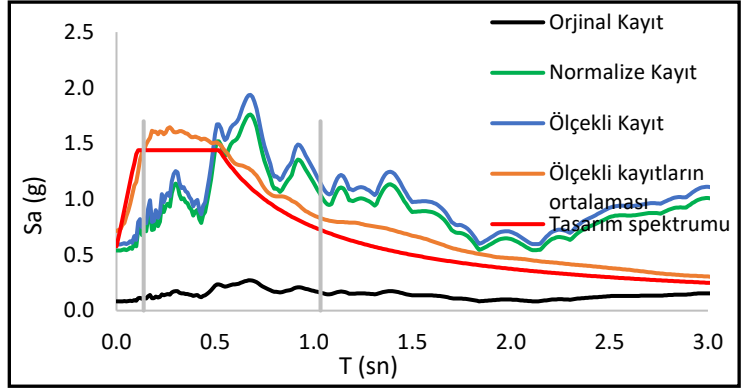
Deprem No:50- San Fernando	
Tarihi:	2/9/1971
İstasyon Adı:	LA - Hollywood Stor FF
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,01



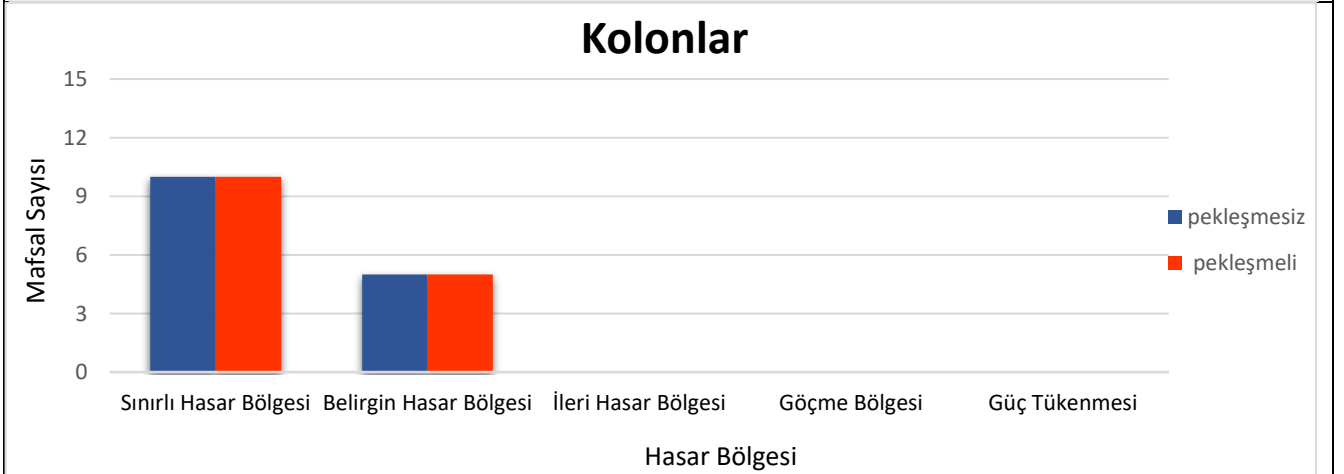
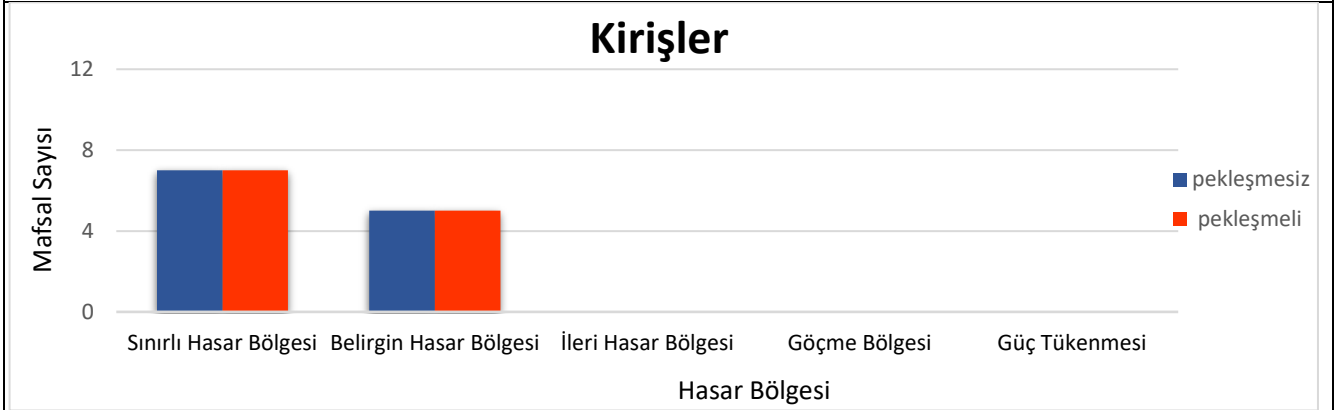
PERFORMANS DÜZEYLERİ



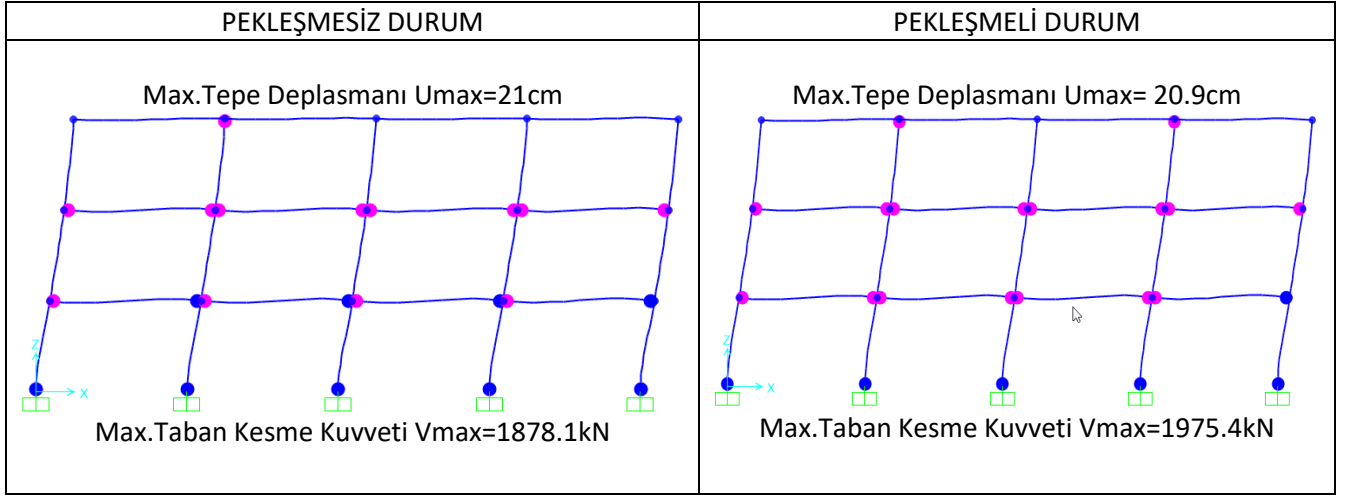
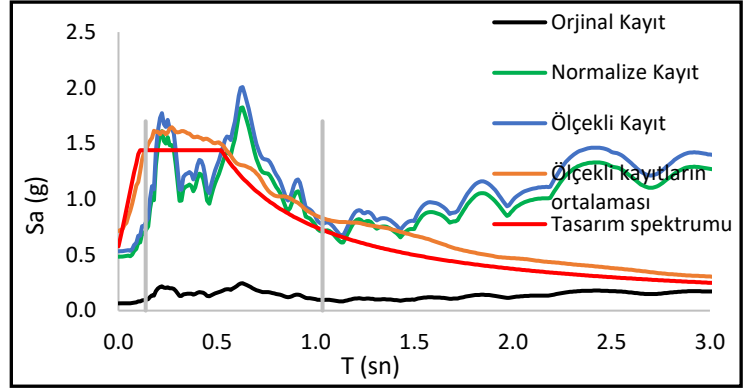
Deprem No:51- St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Yakutat
Bileşen:	9
Zaman Adımı (sn):	0,005



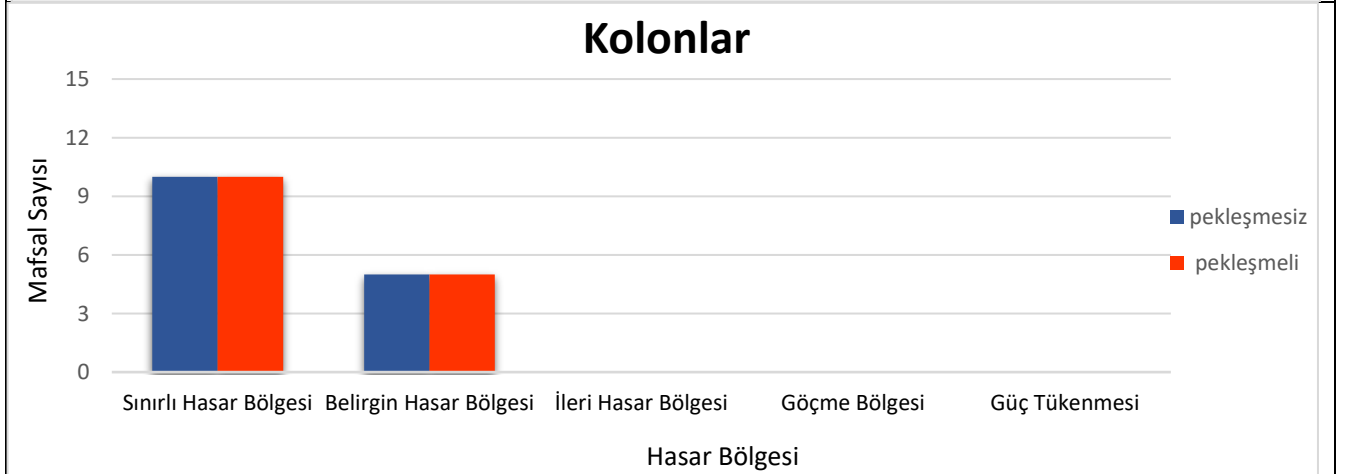
PERFORMANS DÜZEYLERİ



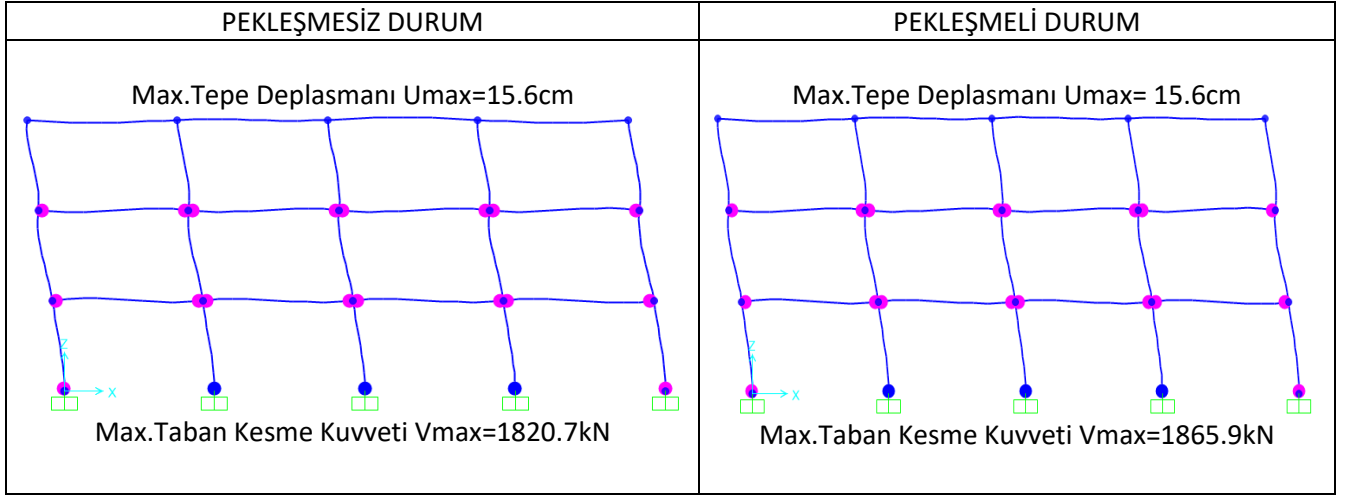
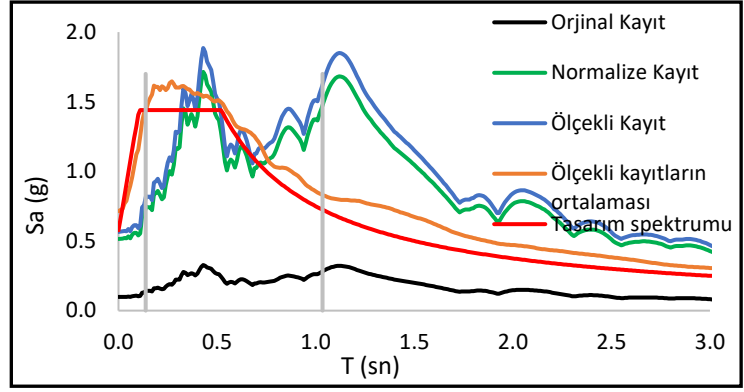
Deprem No:52-St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Yakutat
Bileşen:	279
Zaman Adımı (sn):	0,005



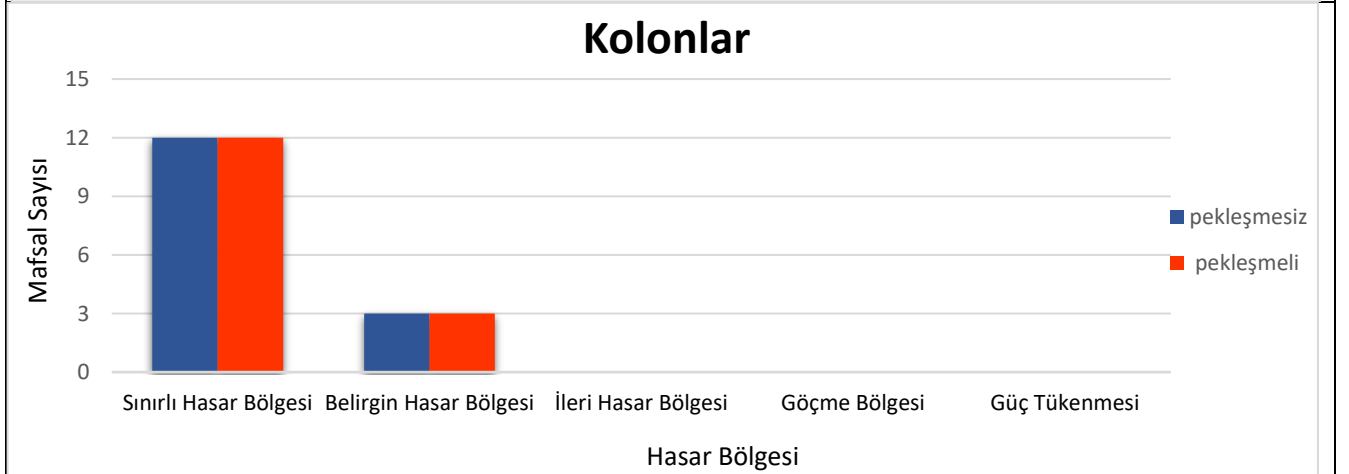
PERFORMANS DÜZEYLERİ



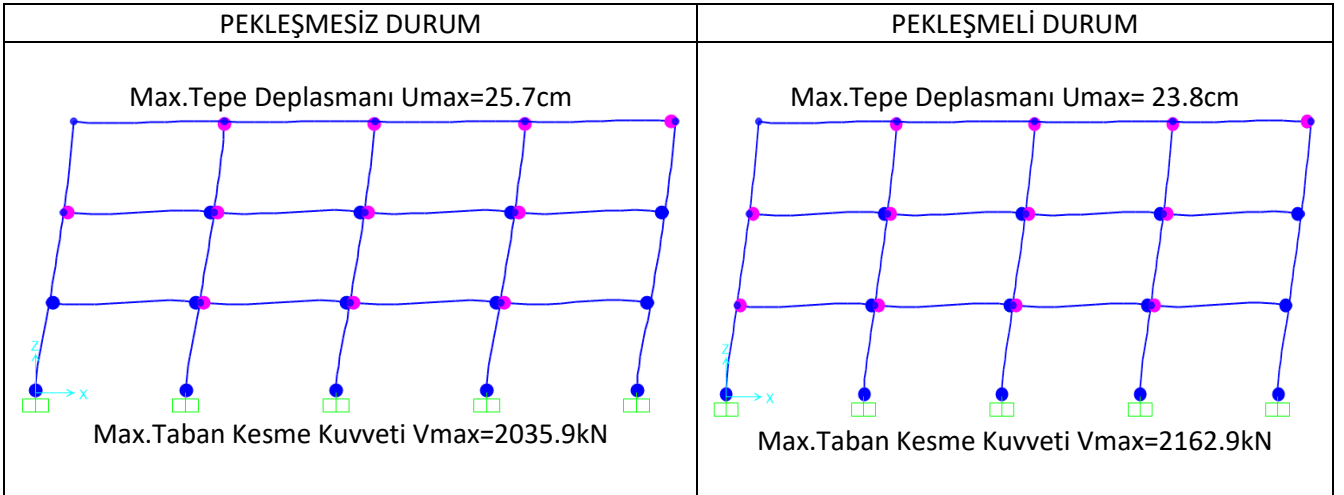
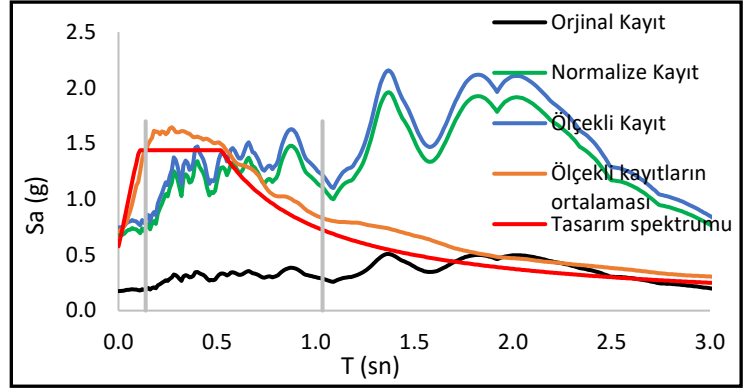
Deprem No:53- St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	İcy Bay
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



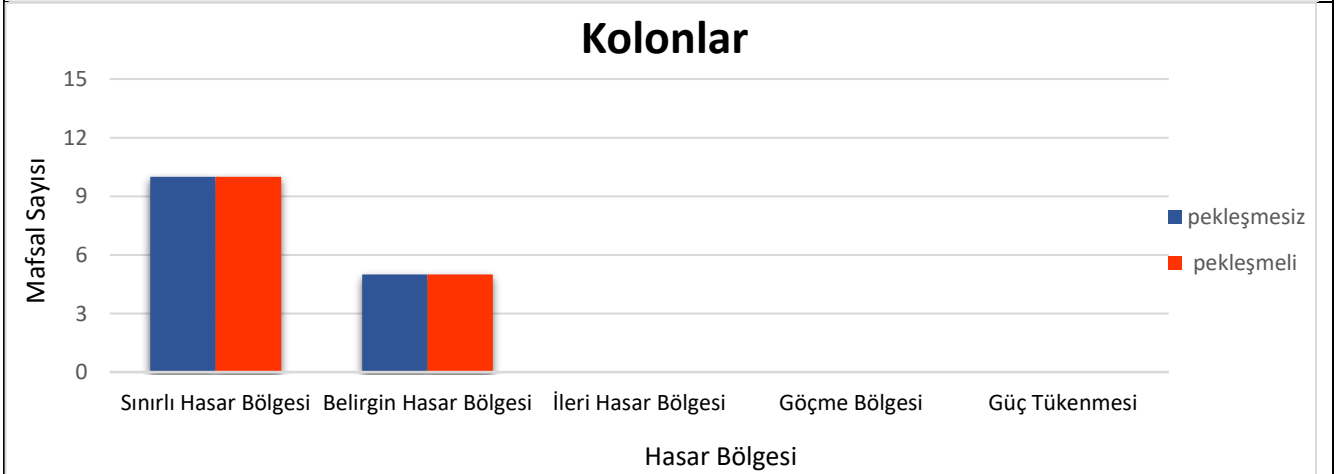
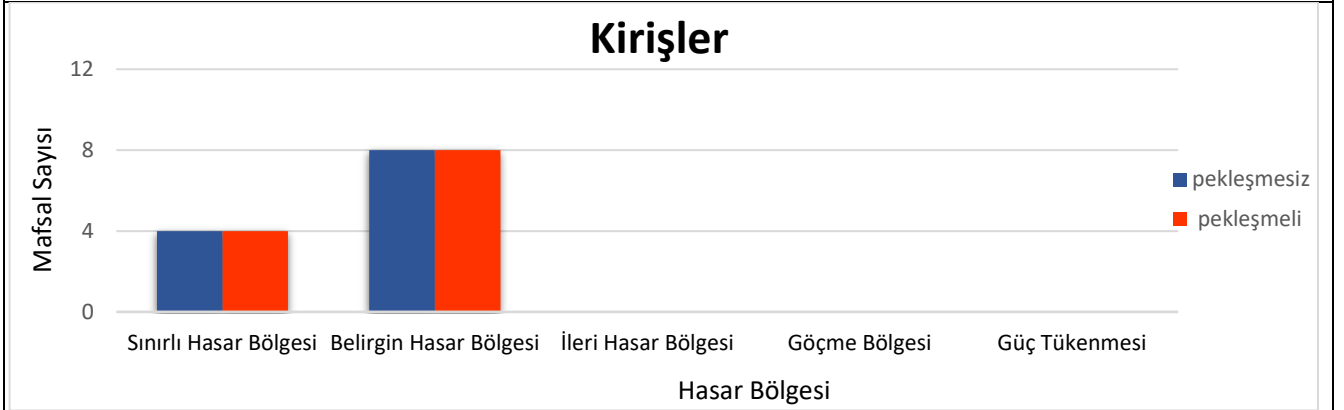
PERFORMANS DÜZEYLERİ



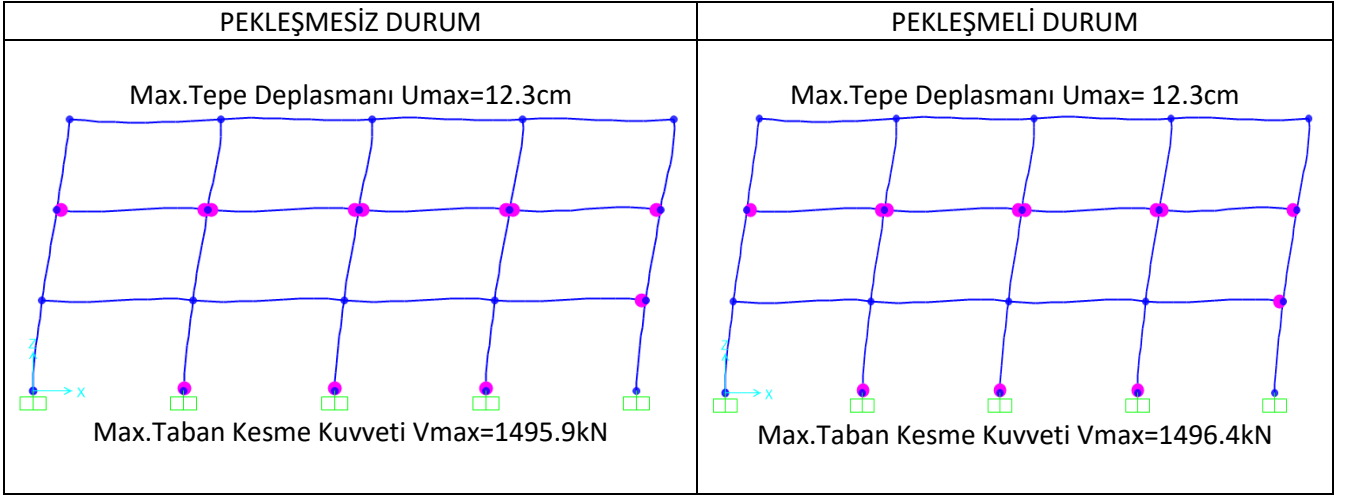
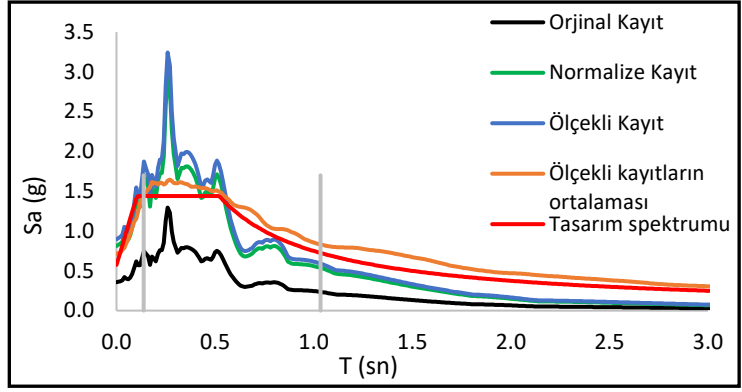
Deprem No:54-St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	İcy Bay
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

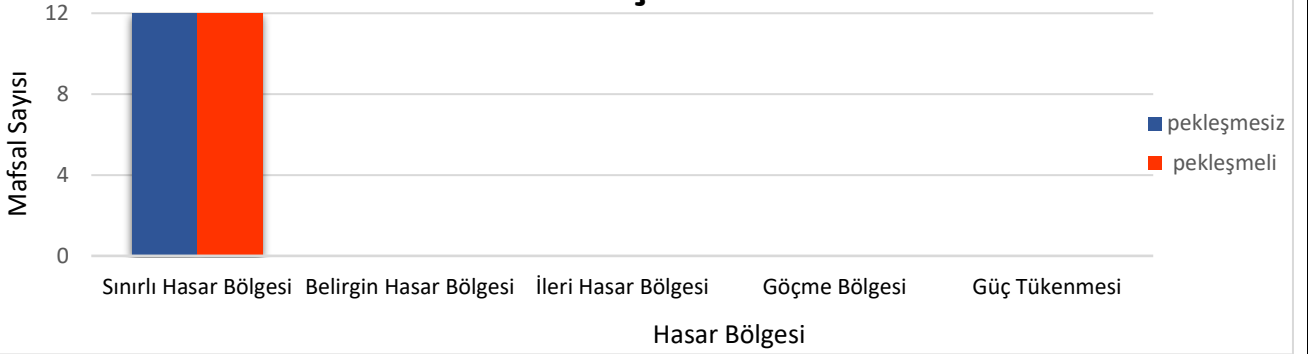


Deprem No:55-Friuli Italy	
Tarihi:	5/6/1976
İstasyon Adı:	Tolmezzo
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005

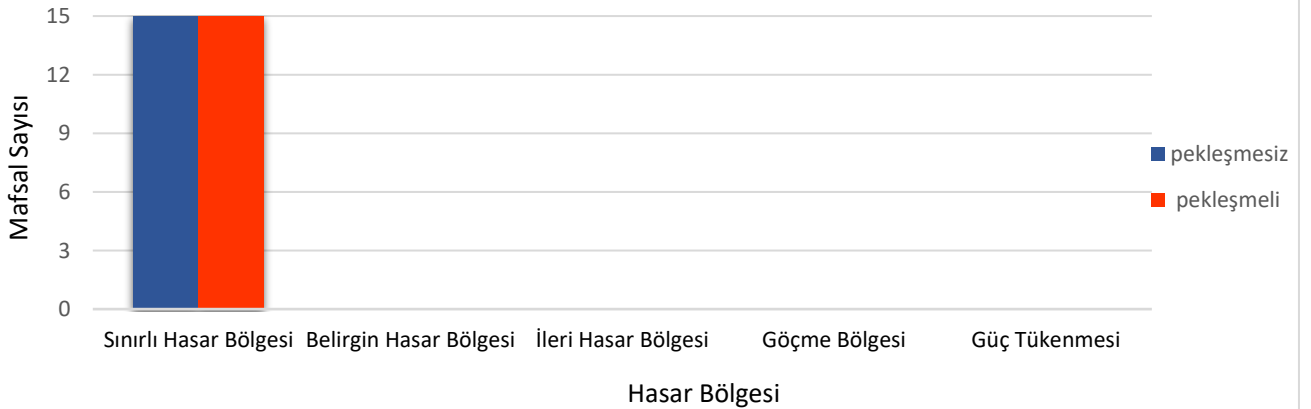


PERFORMANS DÜZEYLERİ

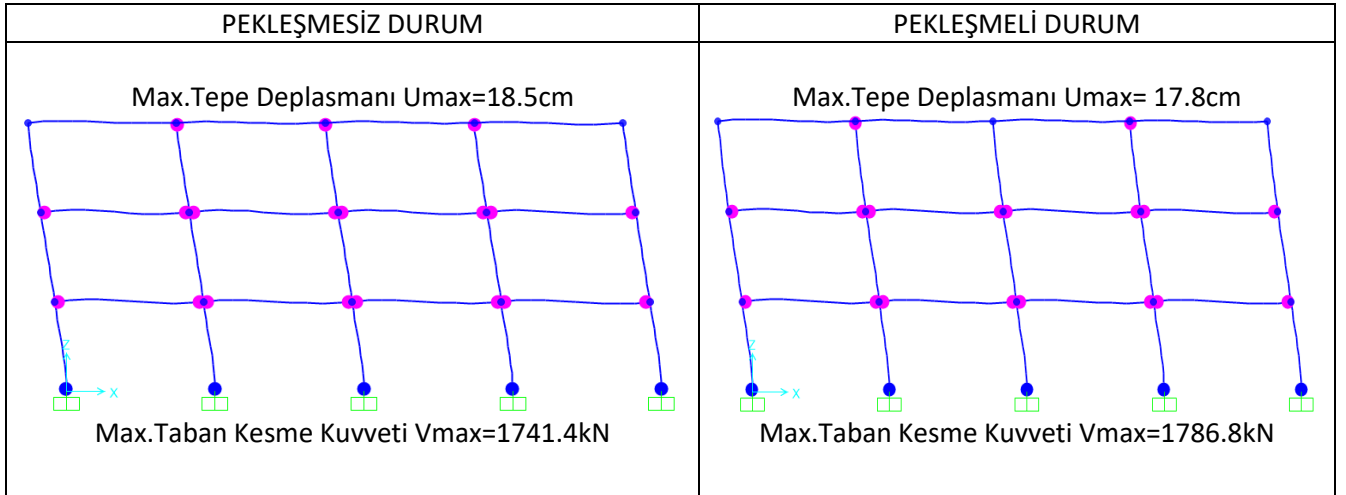
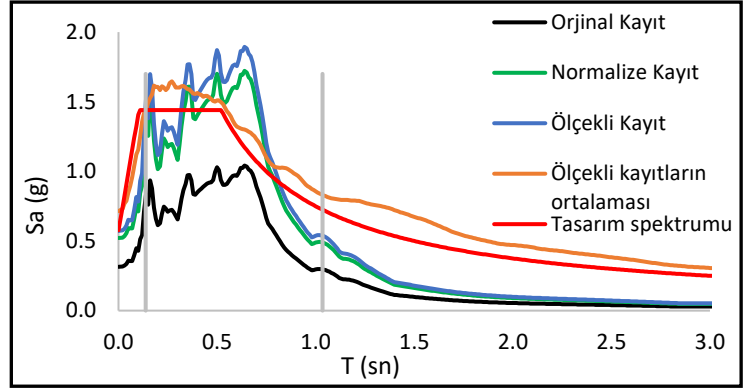
Kirişler



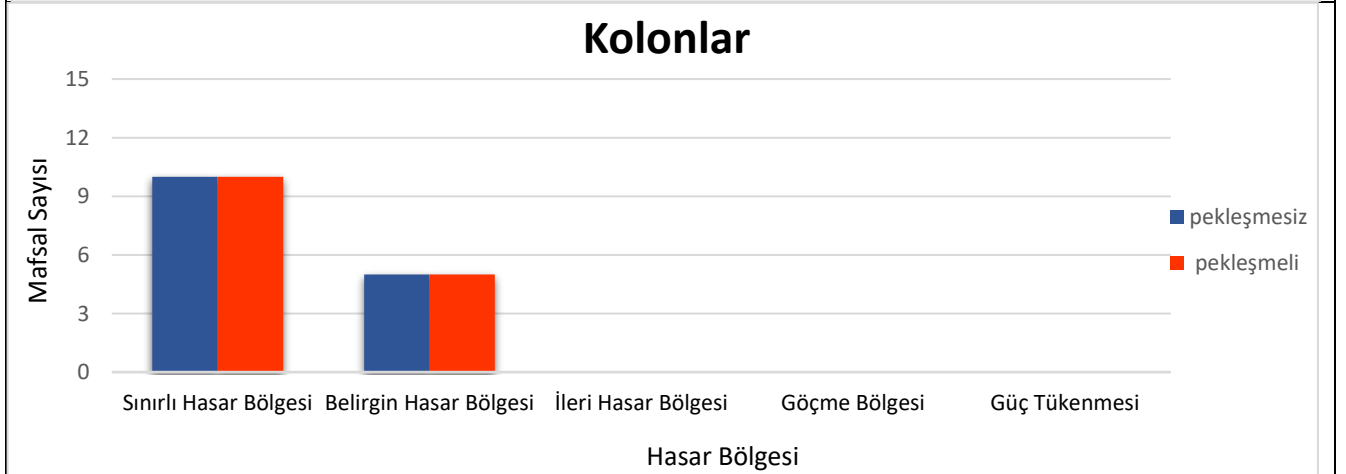
Kolonlar



Deprem No:56- Friuli Italy	
Tarihi:	5/6/1976
İstasyon Adı:	Tolmezzo
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,005

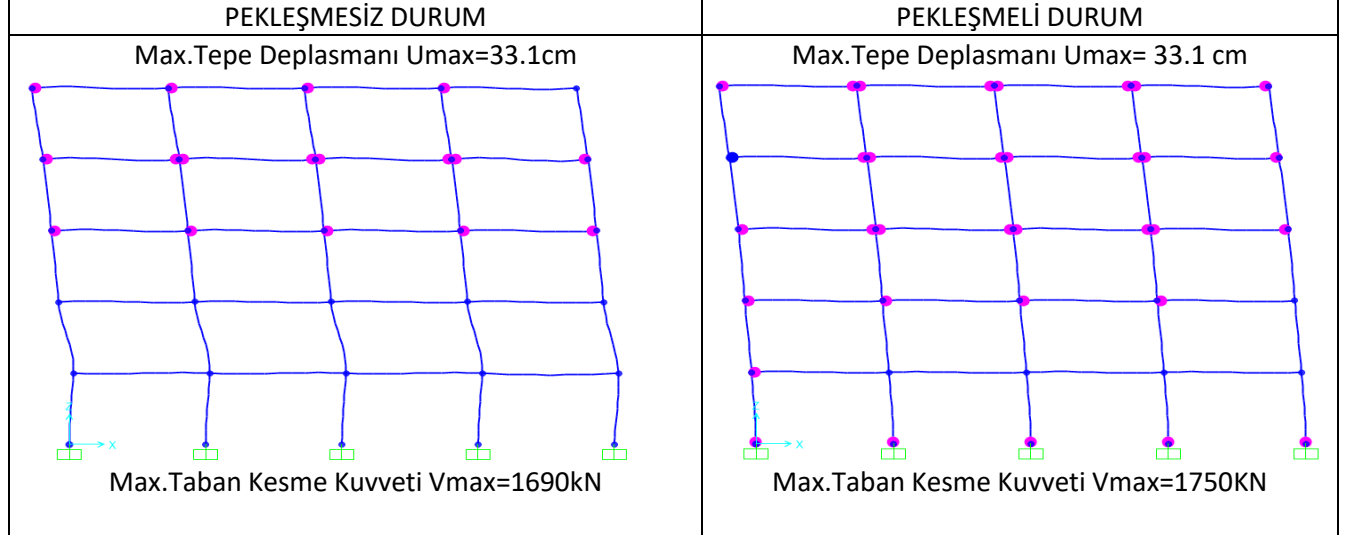
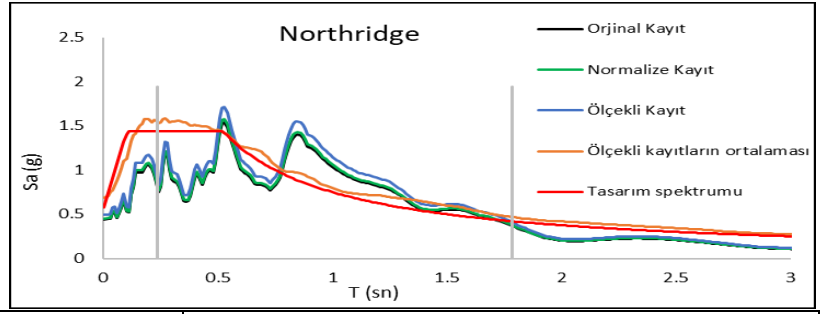


PERFORMANS DÜZEYLERİ

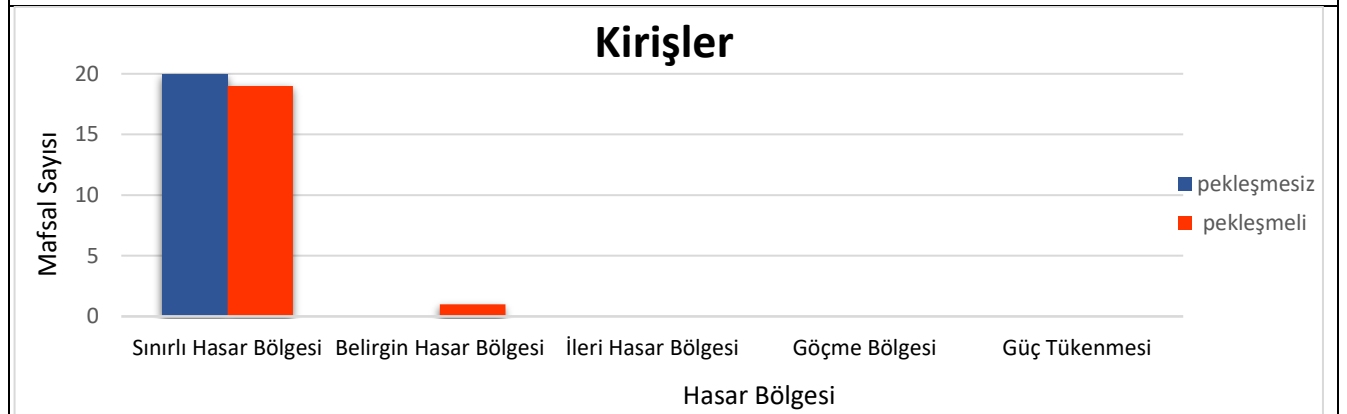


EK-B-

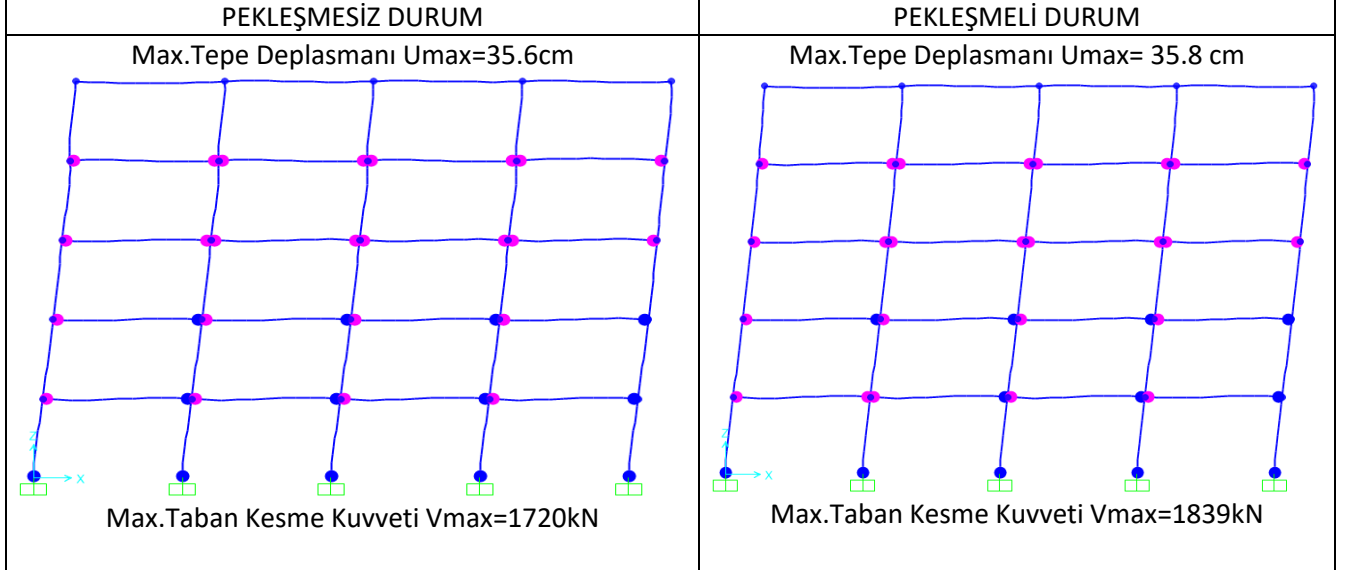
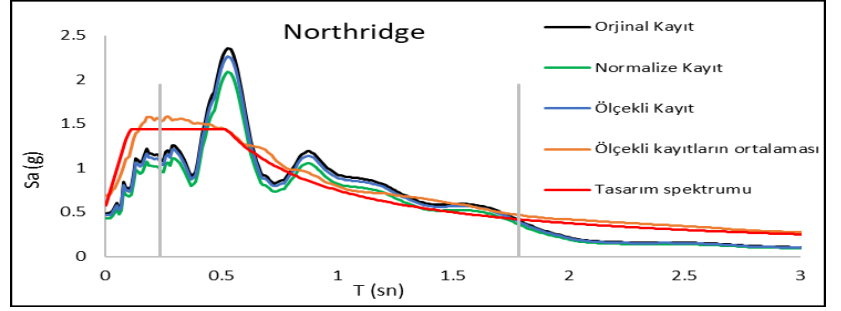
Deprem No:1- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Beverly Hills
Bileşen:	9
Zaman Adımı (sn):	0,01



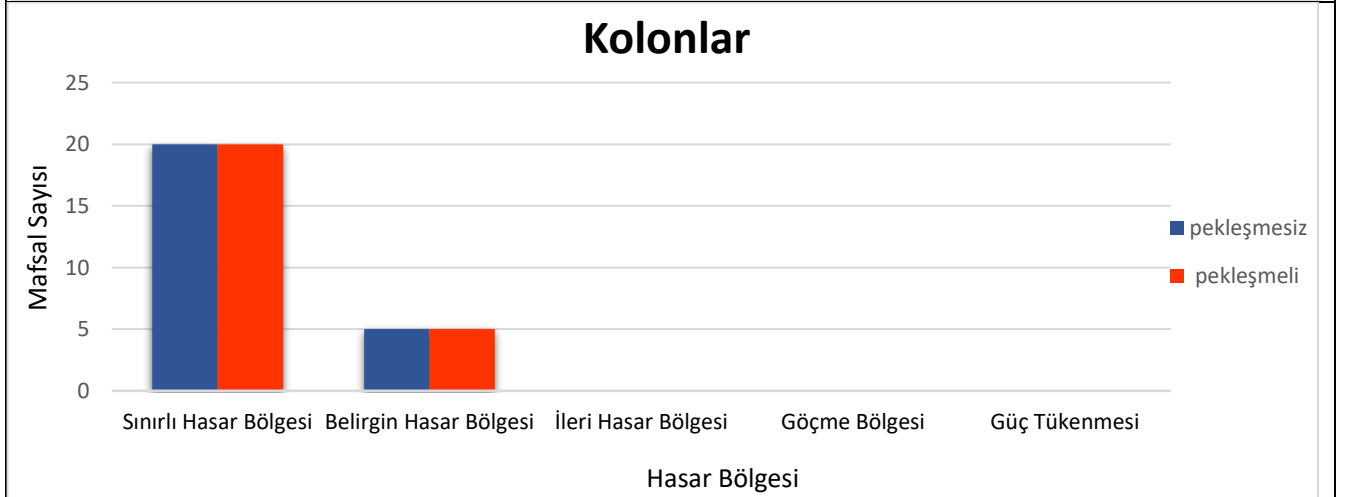
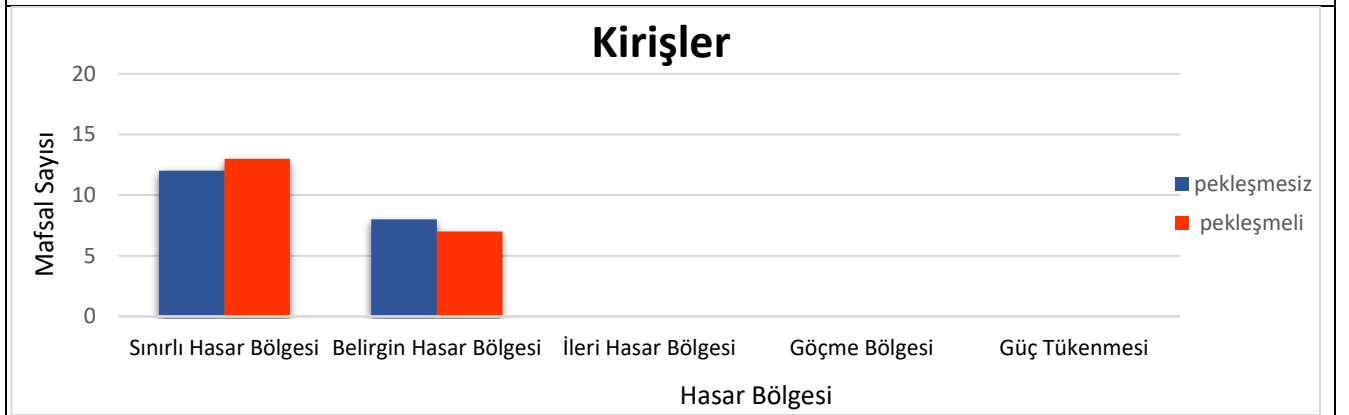
PERFORMANS DÜZEYLERİ



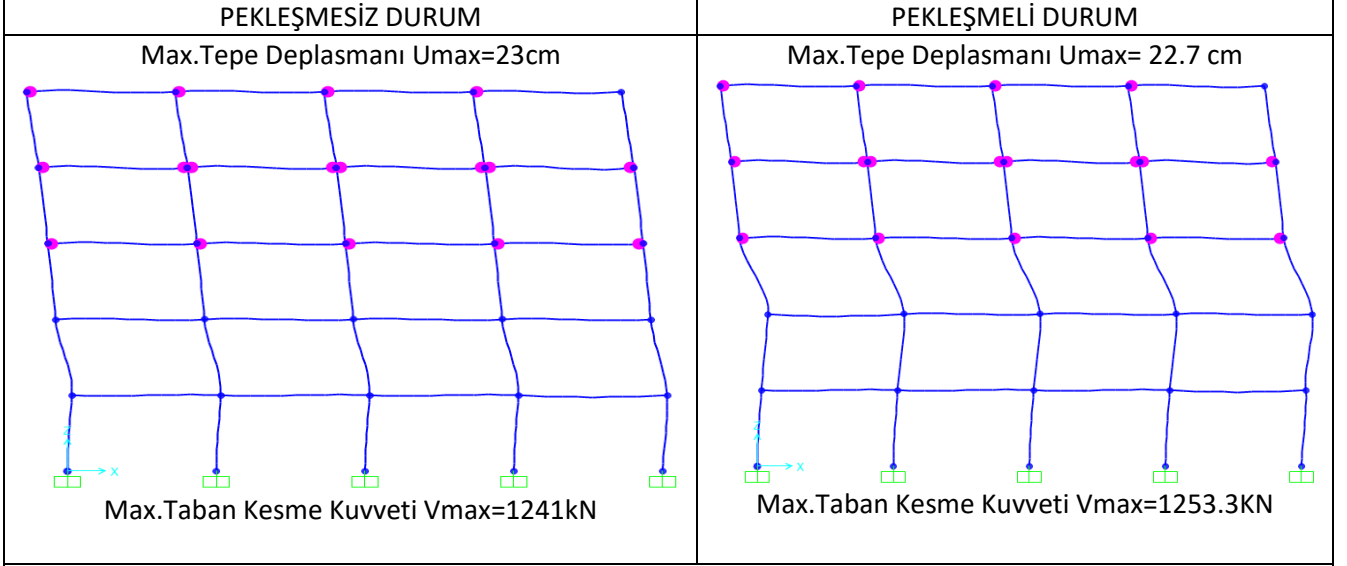
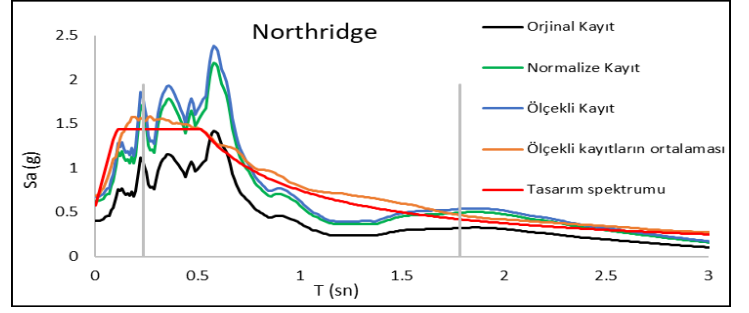
Deprem No:2- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Beverly Hills
Bileşen:	279
Zaman Adımı (sn):	0,01



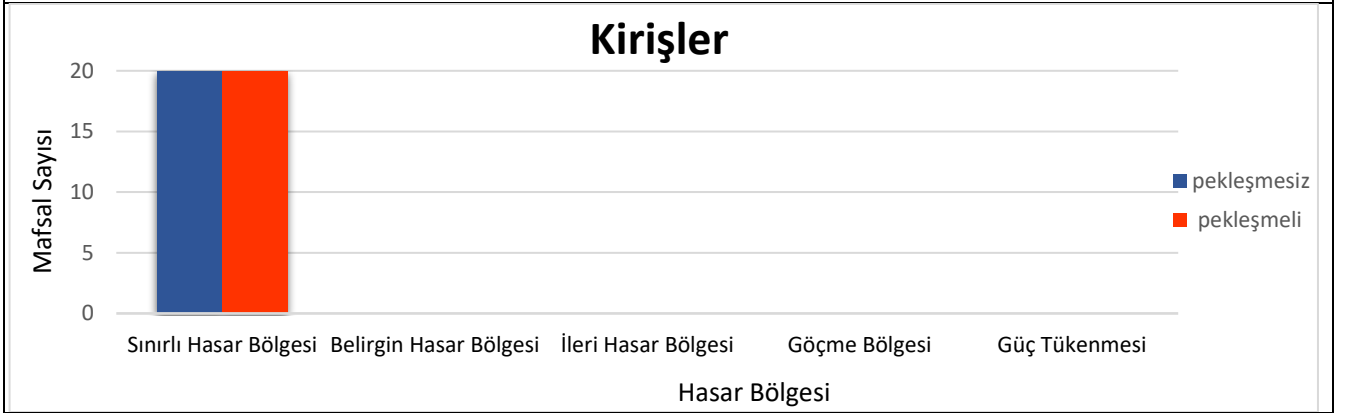
PERFORMANS DÜZEYLERİ



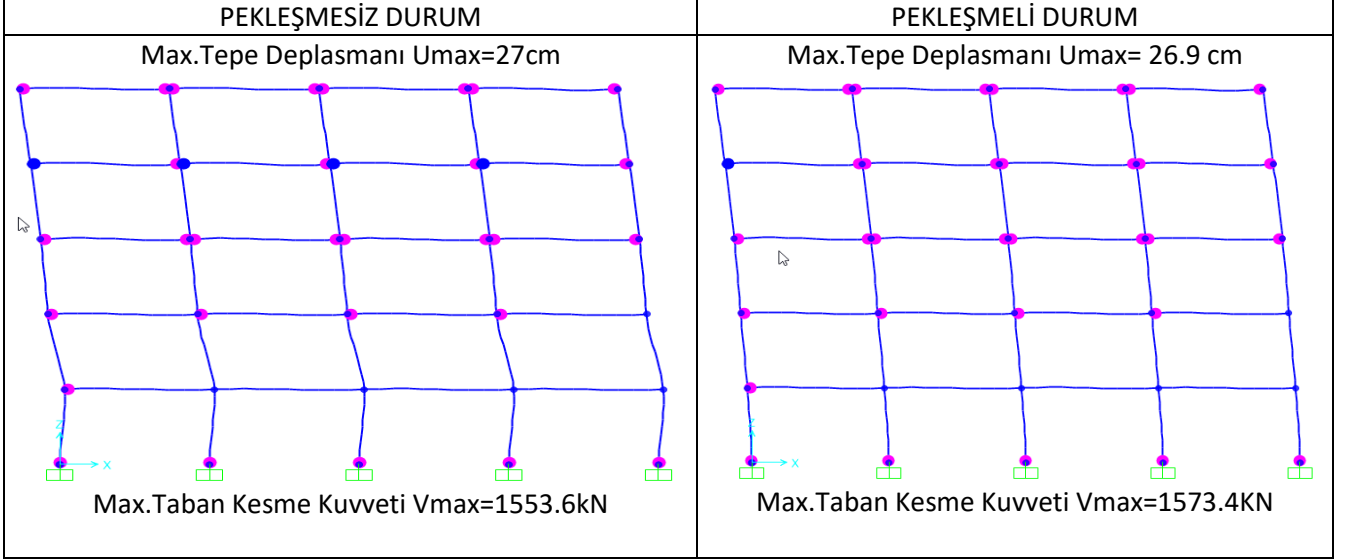
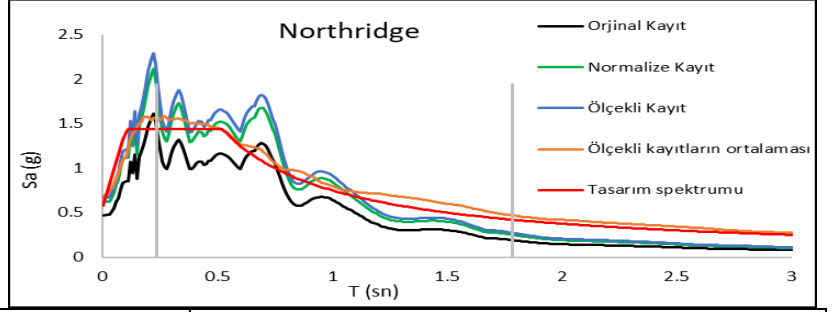
Deprem No:3- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Canyon Country
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



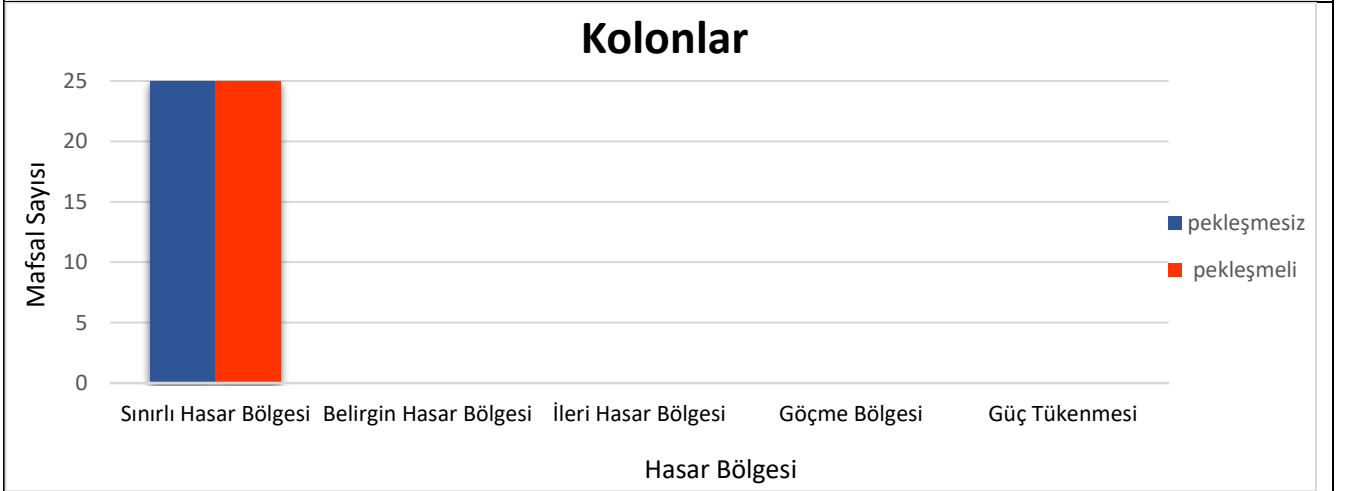
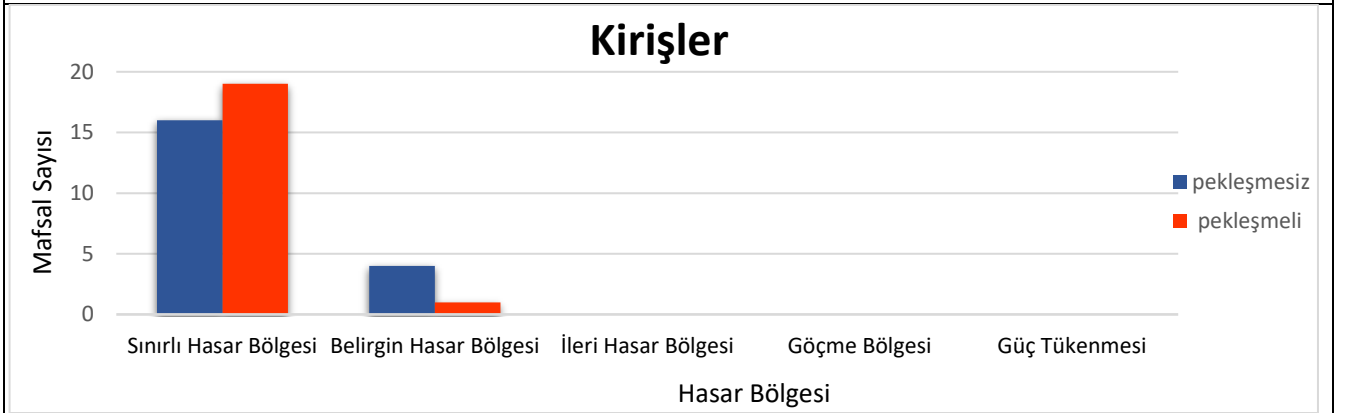
PERFORMANS DÜZEYLERİ



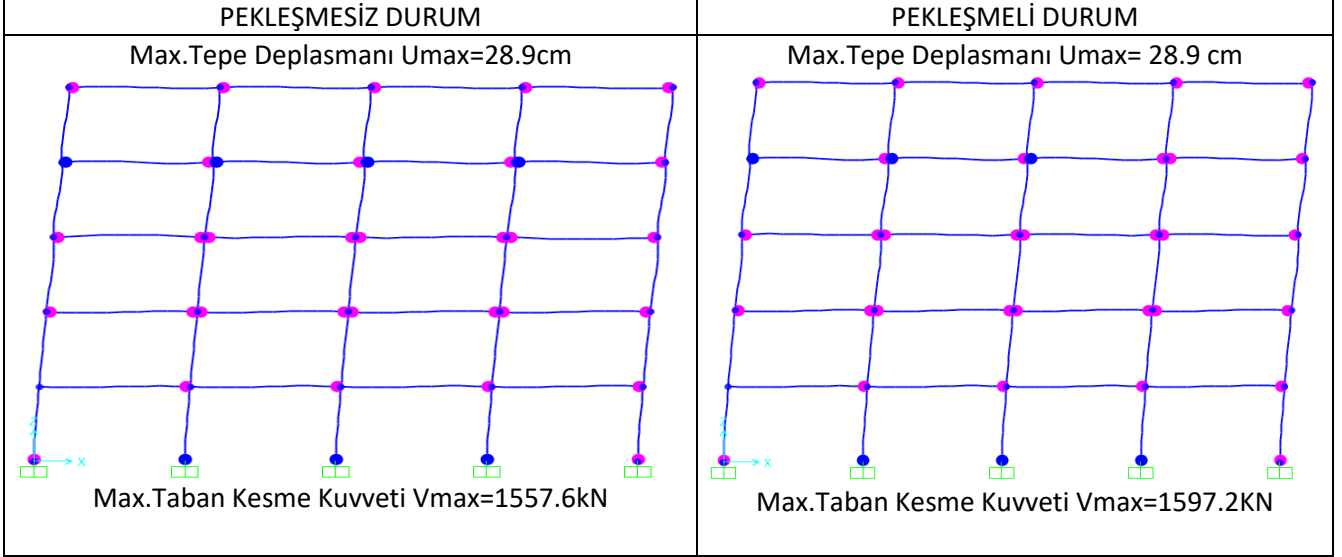
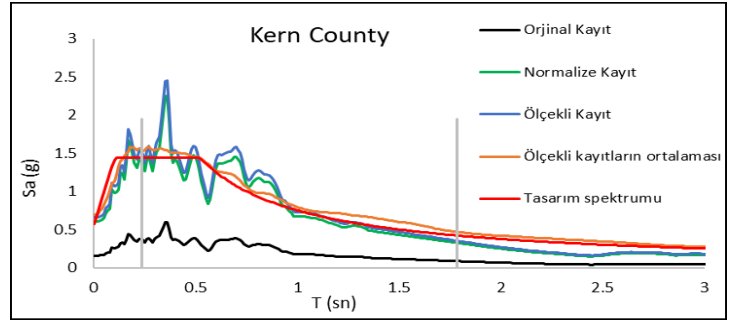
Deprem No:4- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Canyon Country
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:5-Kern County	
Tarihi:	07/21/1952
İstasyon Adı:	Taft Lincoln School
Bileşen:	21
Zaman Adımı (sn):	0,01

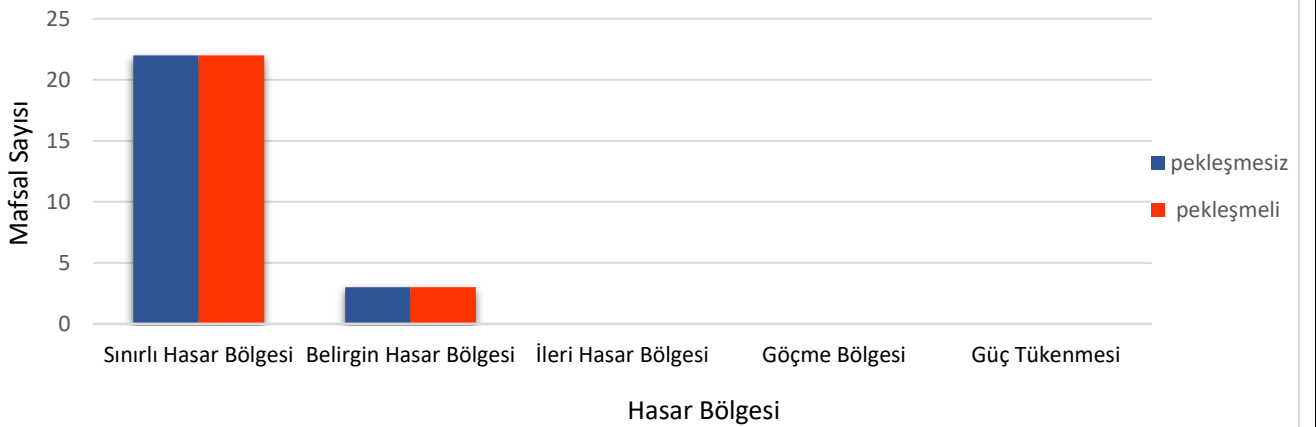


PERFORMANS DÜZEYLERİ

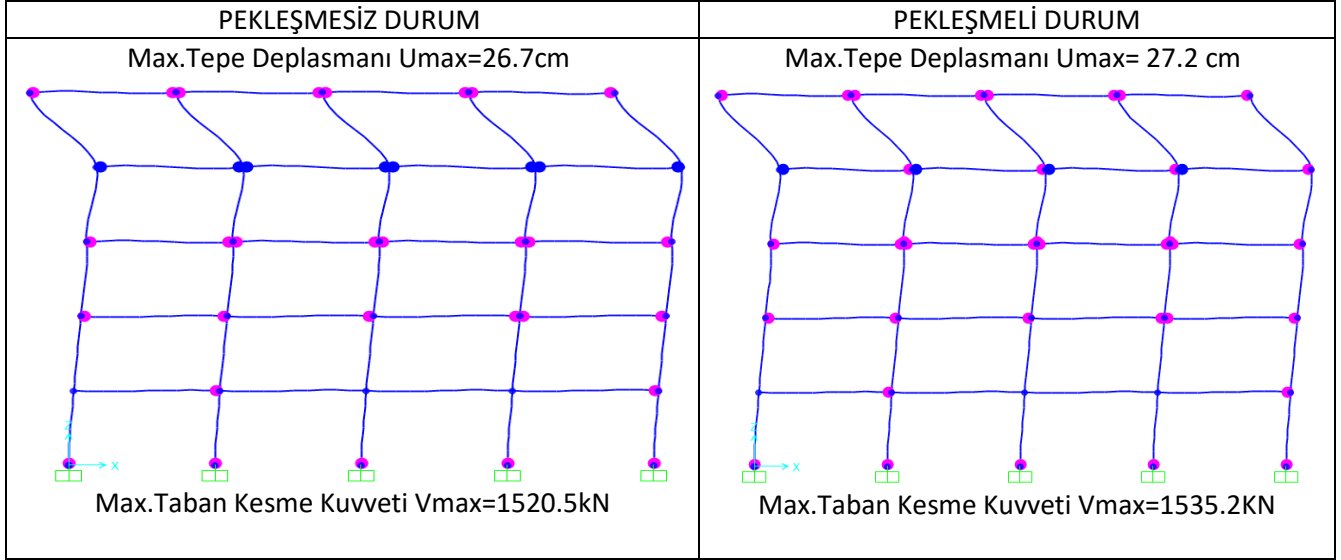
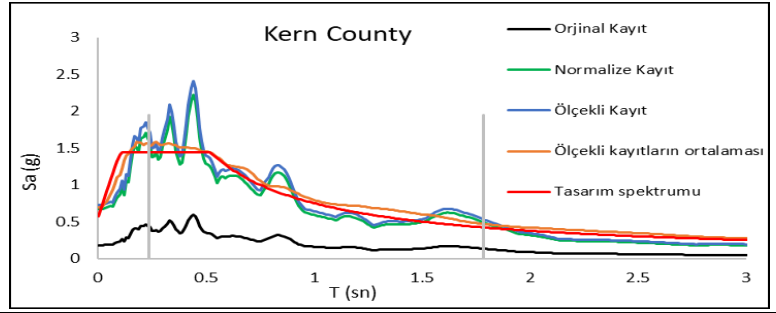
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:6-Kern County	
Tarihi:	07/21/1952
İstasyon Adı:	Taft Lincoln School
Bileşen:	111
Zaman Adımı (sn):	0,01

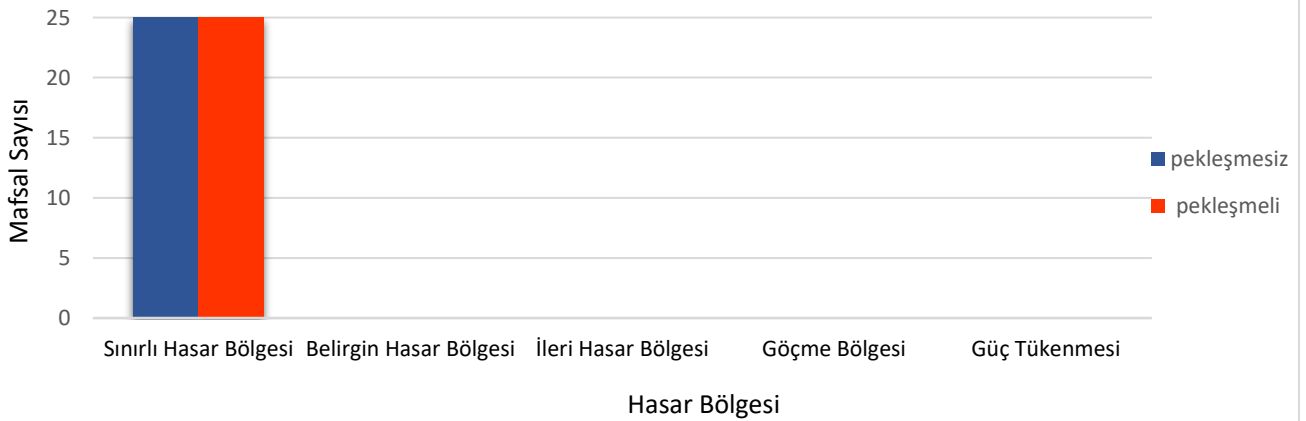


PERFORMANS DÜZEYLERİ

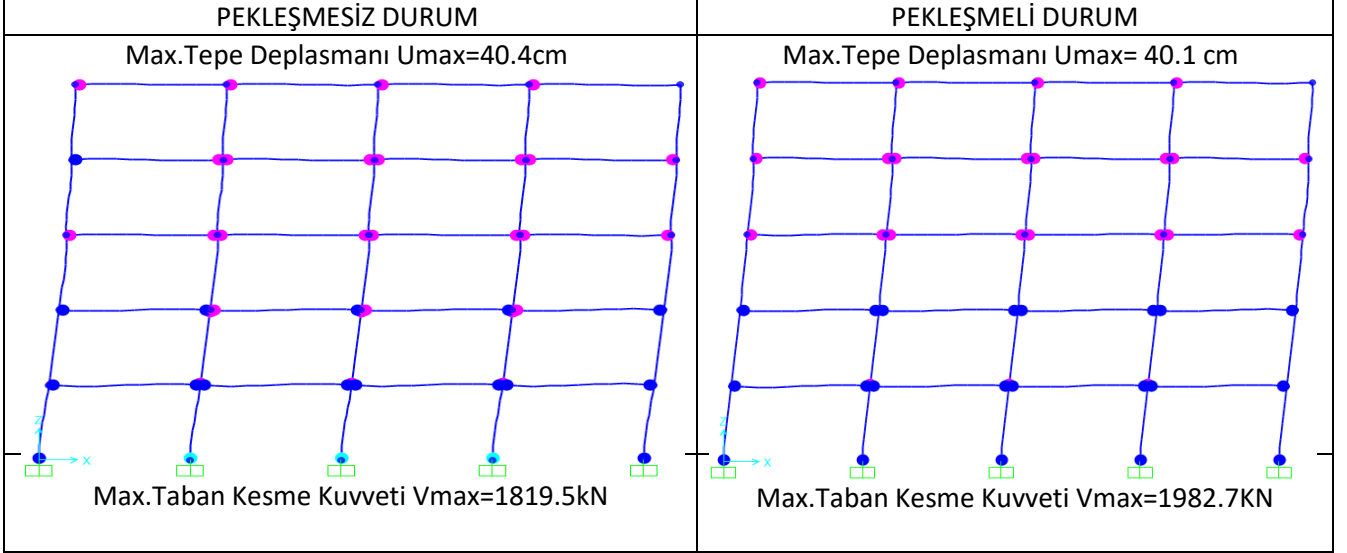
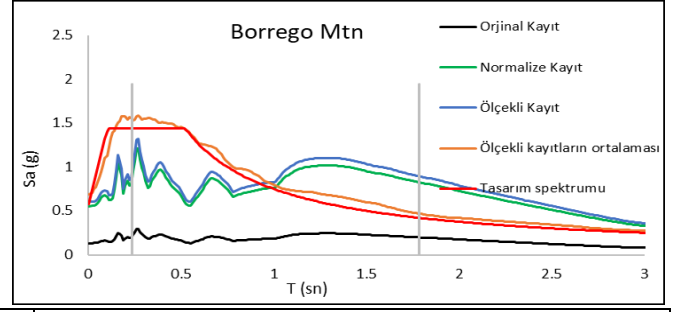
Kirişler



Kolonlar

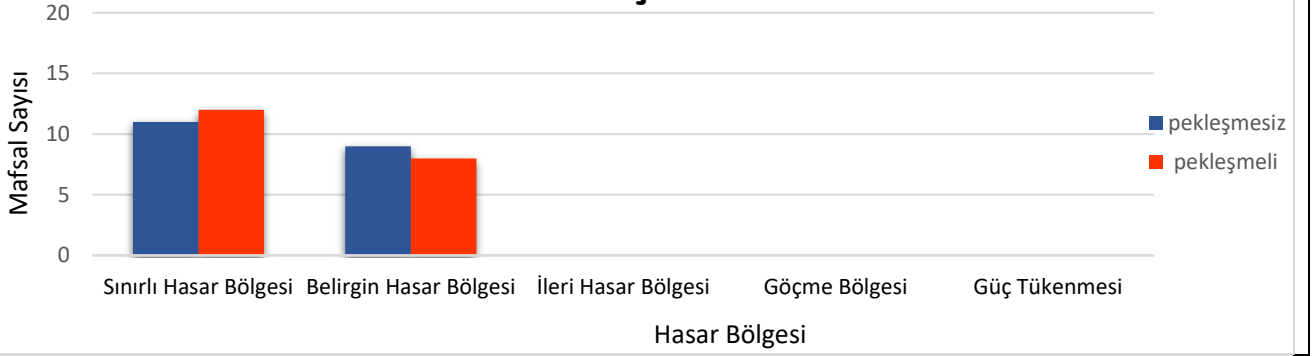


Deprem No:7- Borrego Mtn	
Tarihi:	4/9/1968
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,01

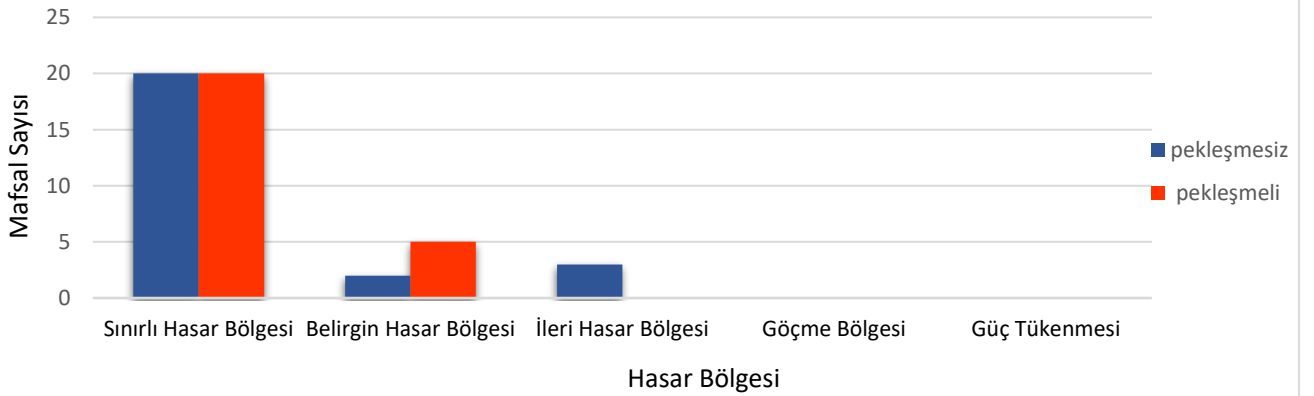


PERFORMANS DÜZEYLERİ

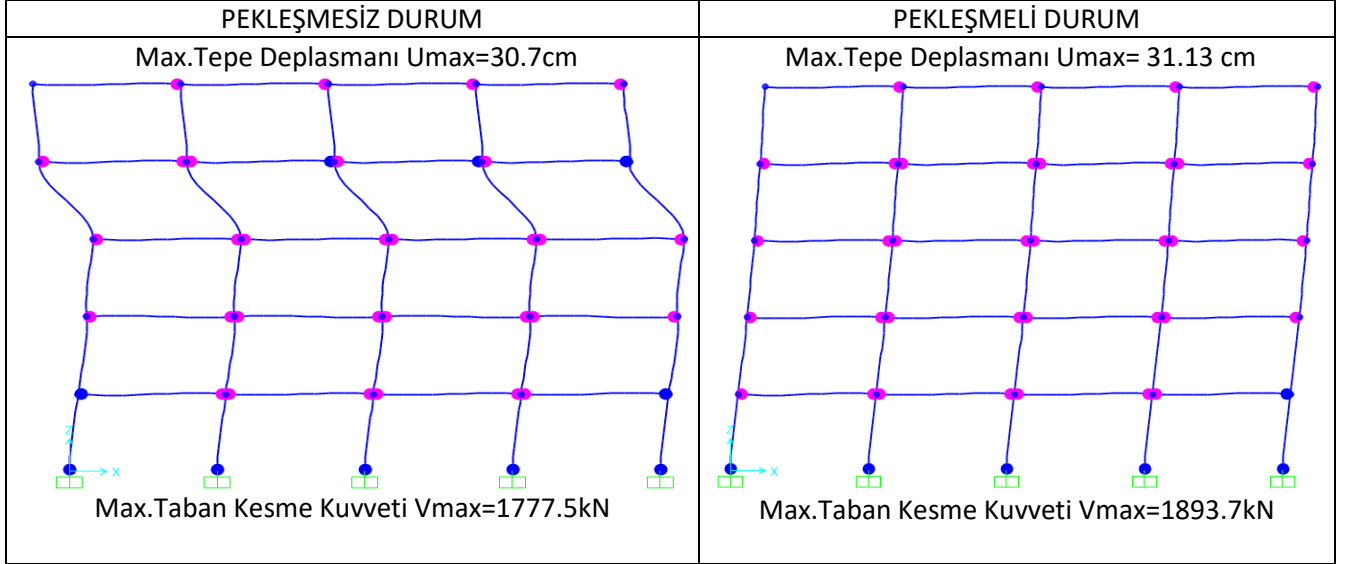
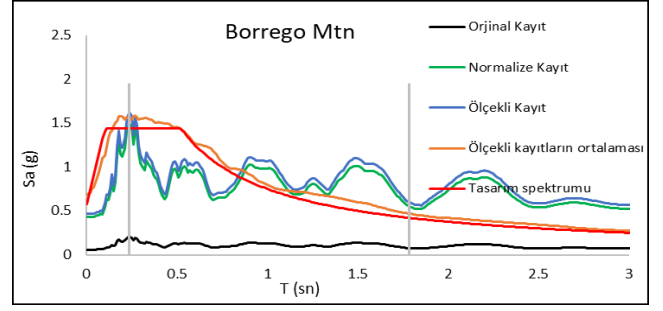
Kirişler



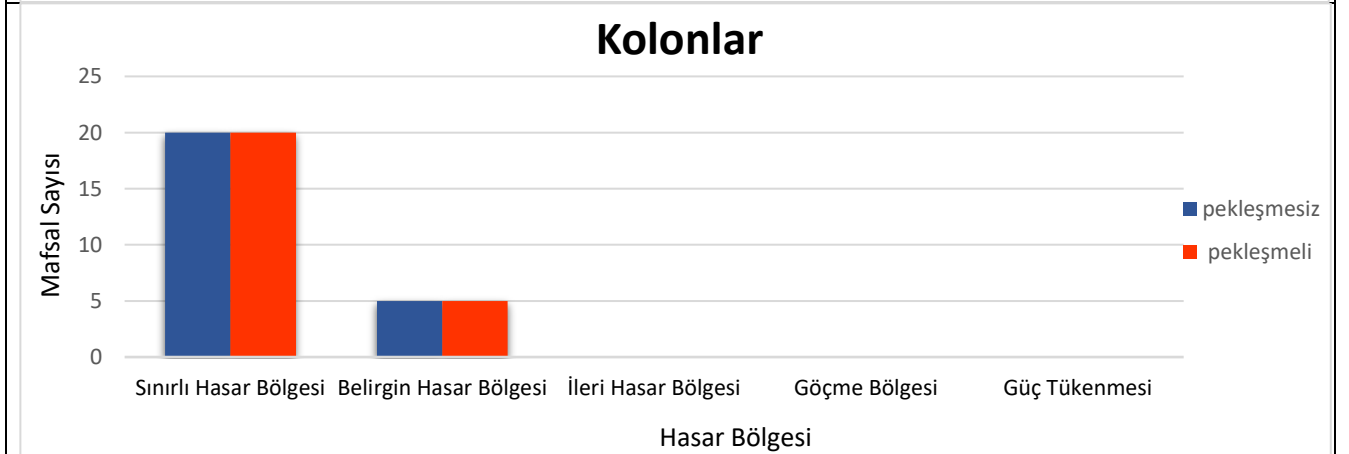
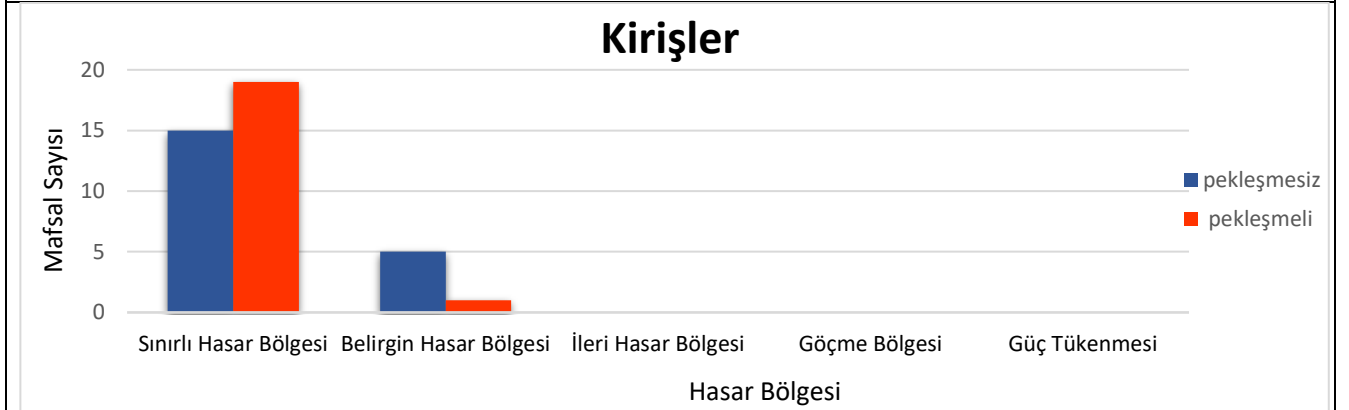
Kolonlar



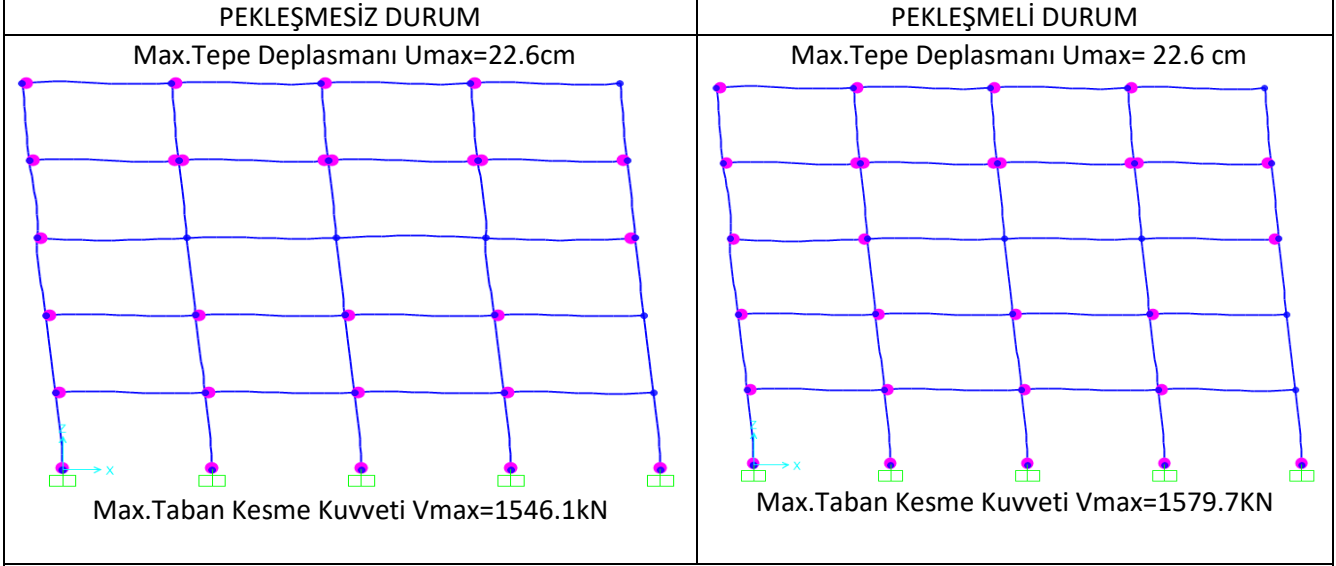
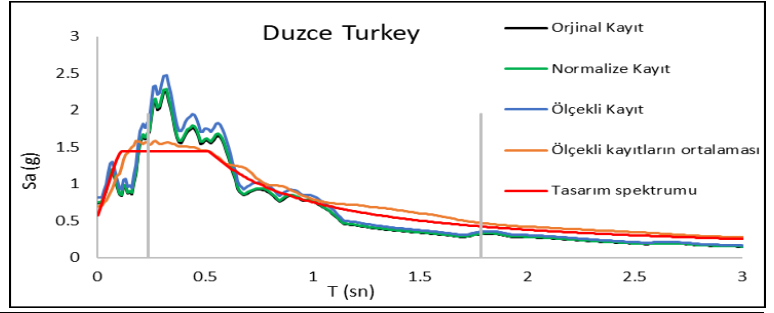
Deprem No:8- Borrego Mtn	
Tarihi:	4/9/1968
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01



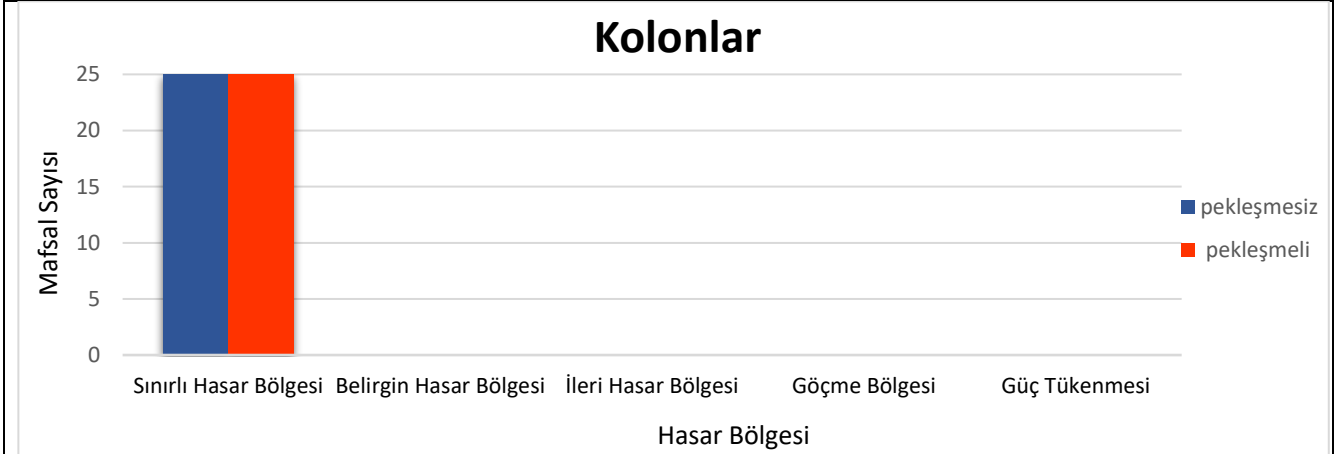
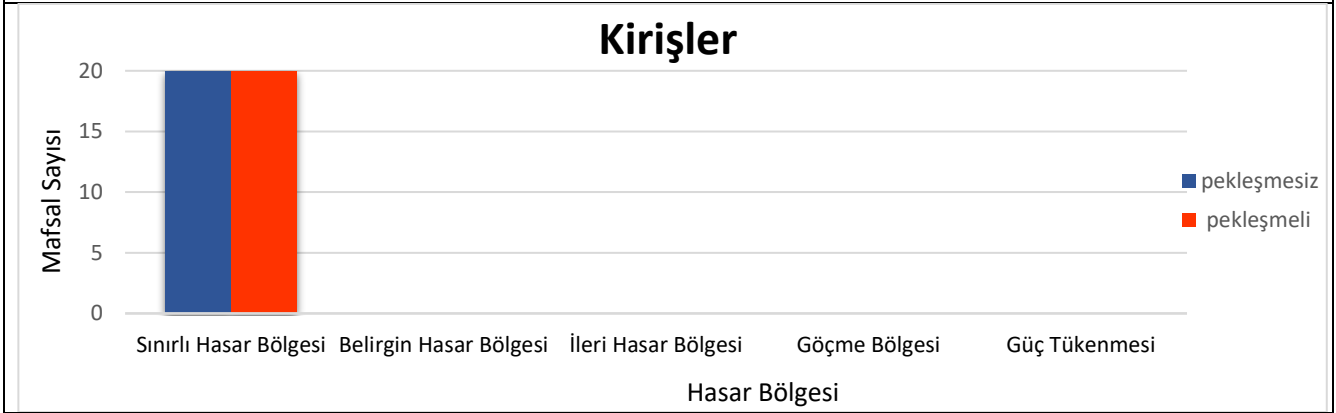
PERFORMANS DÜZEYLERİ



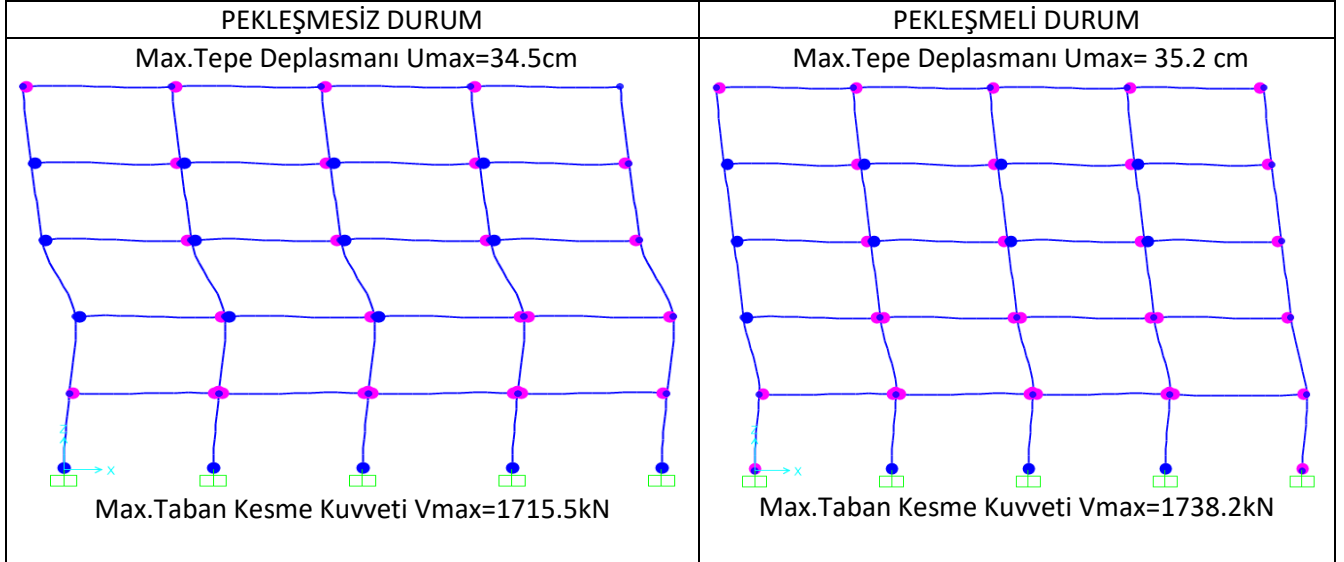
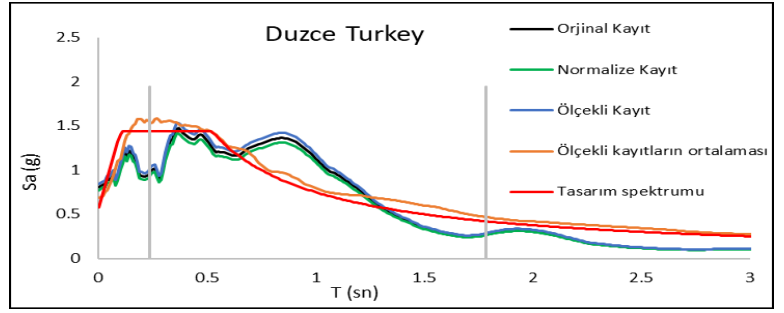
Deprem No:9- Duzce Turkey	
Tarihi:	11/12/1999
İstasyon Adı:	Bolu
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

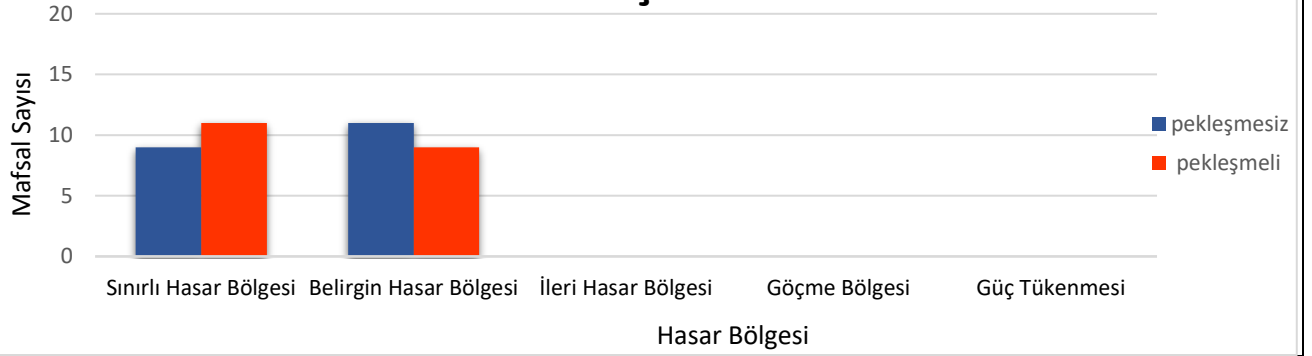


Deprem No:10- Duzce Turkey	
Tarihi:	11/12/1999
İstasyon Adı:	Bolu
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01

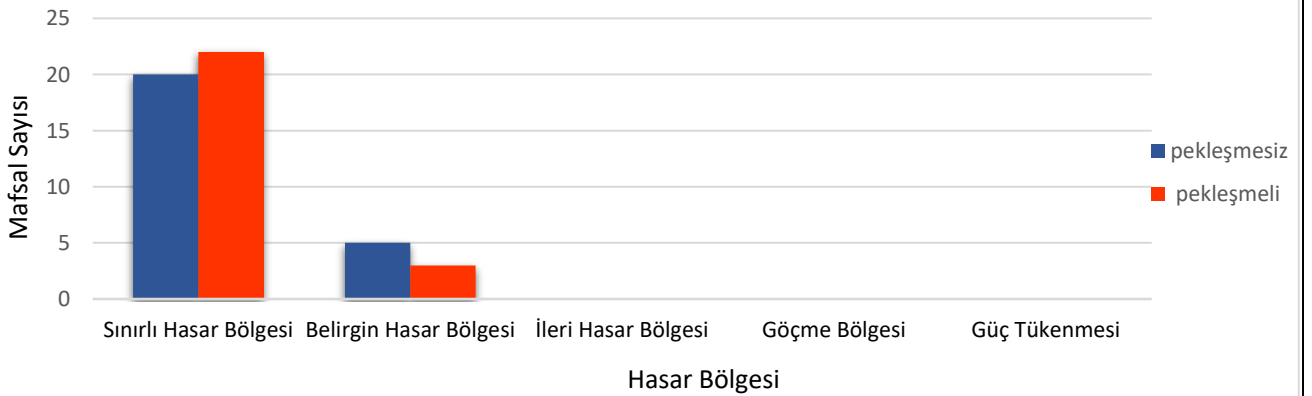


PERFORMANS DÜZEYLERİ

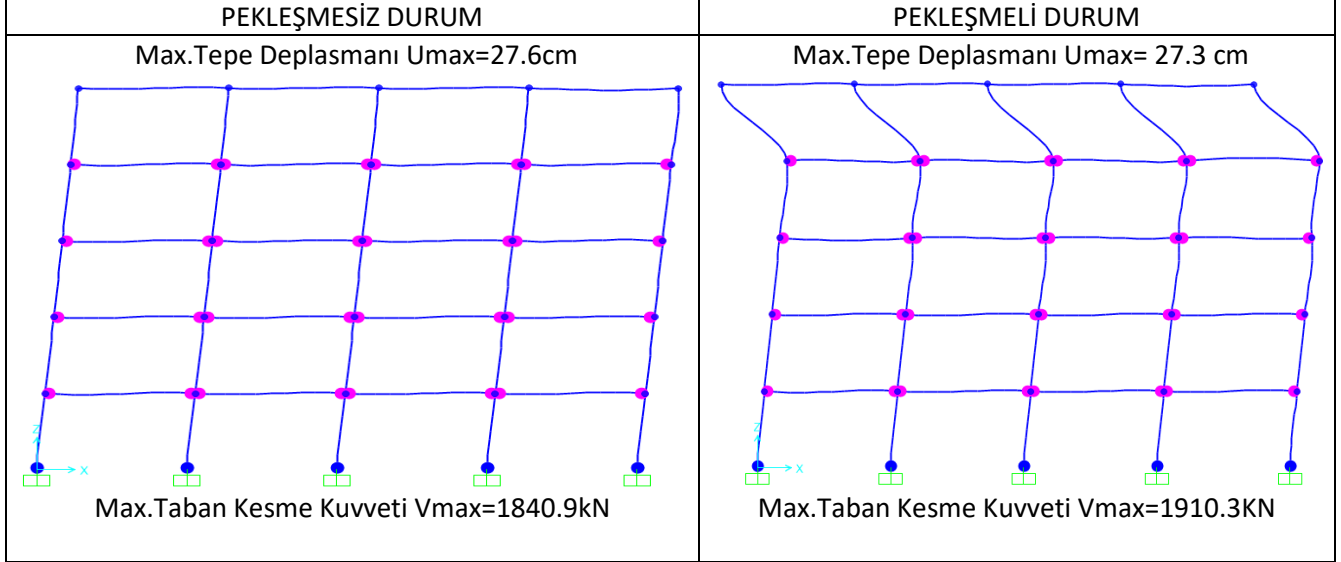
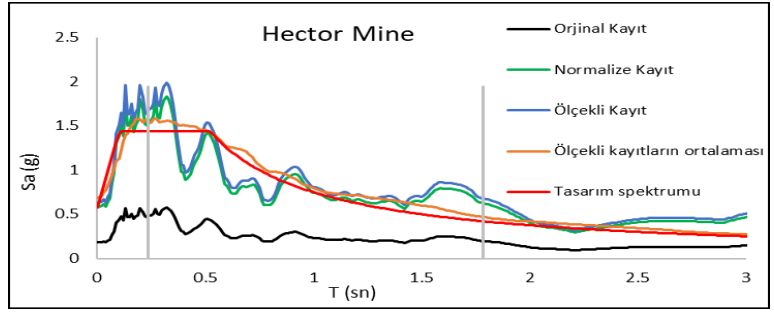
Kirişler



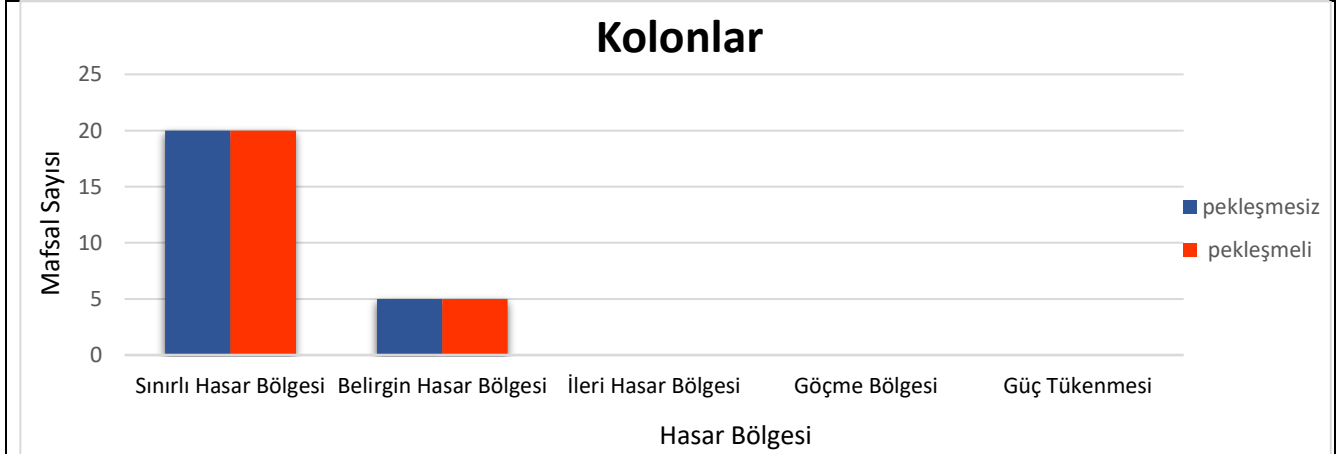
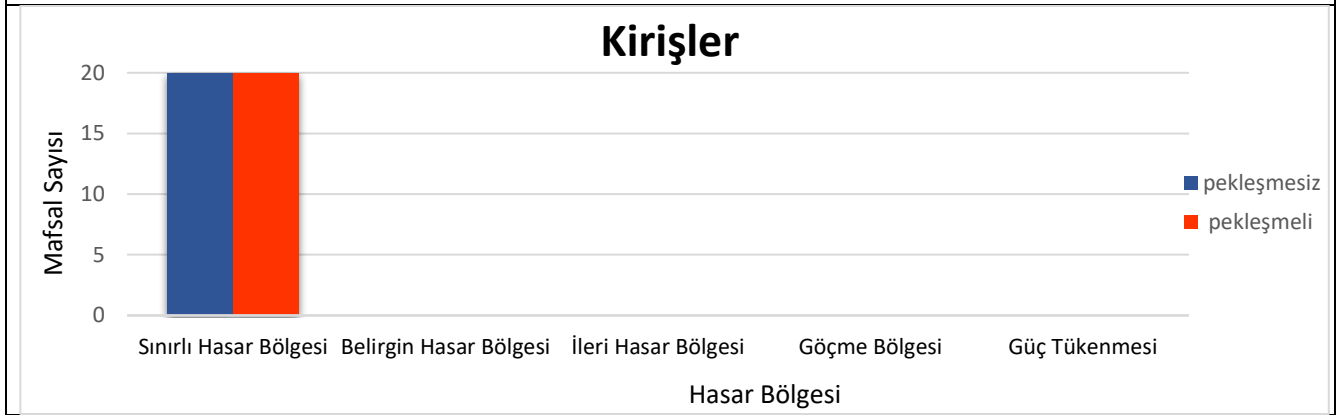
Kolonlar



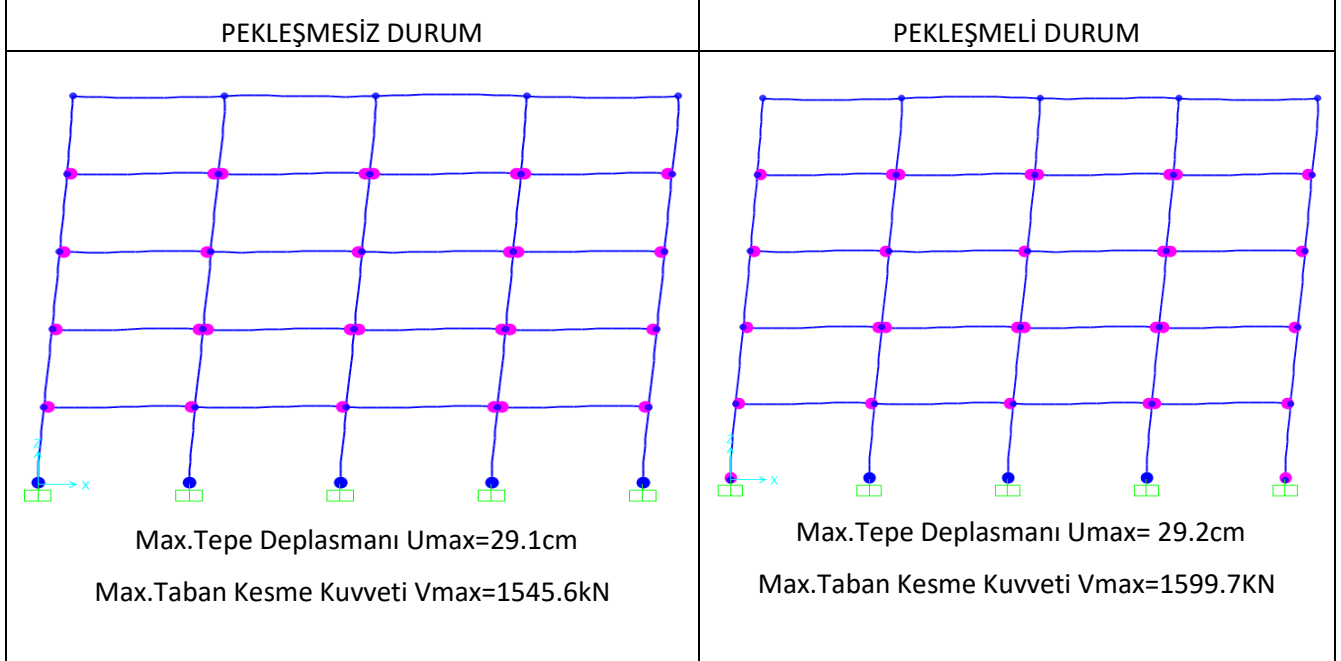
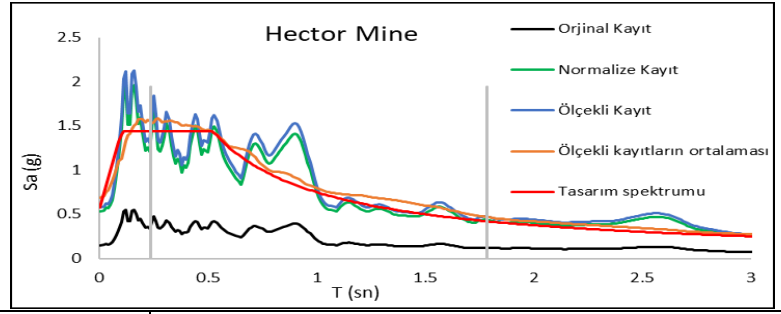
Deprem No:11- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Amboy
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



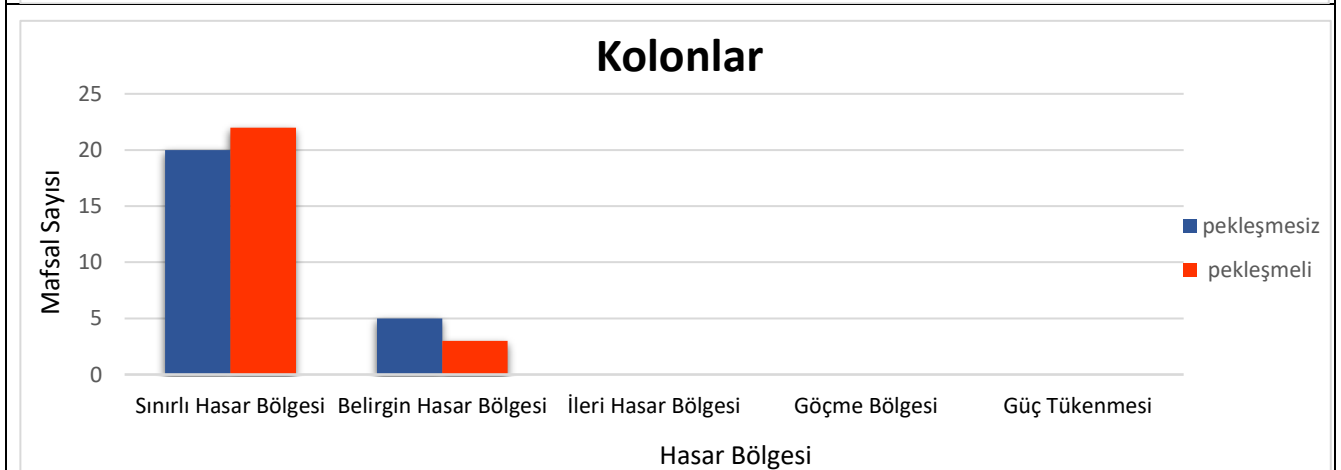
PERFORMANS DÜZEYLERİ



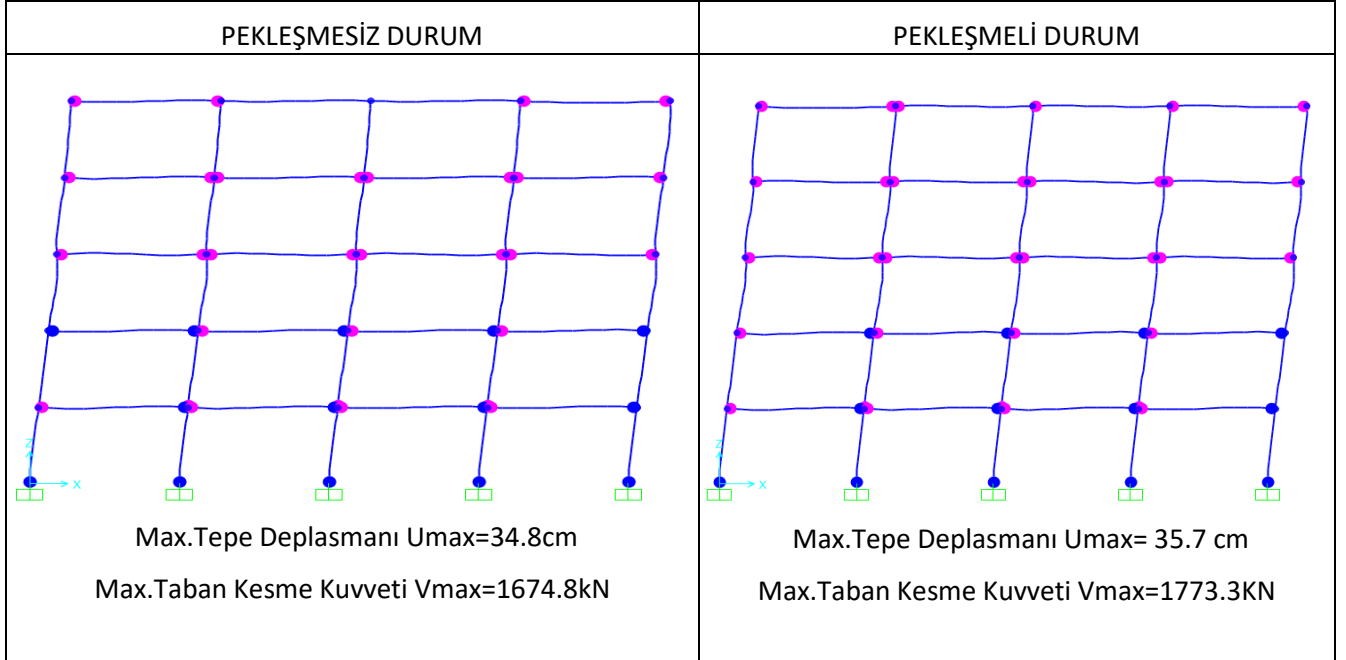
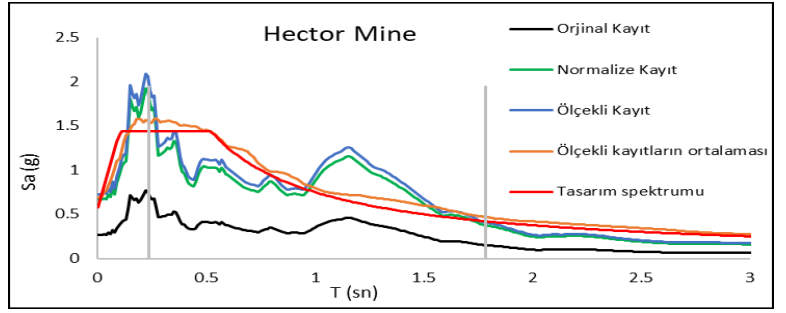
Deprem No:12- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Amboy
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,02



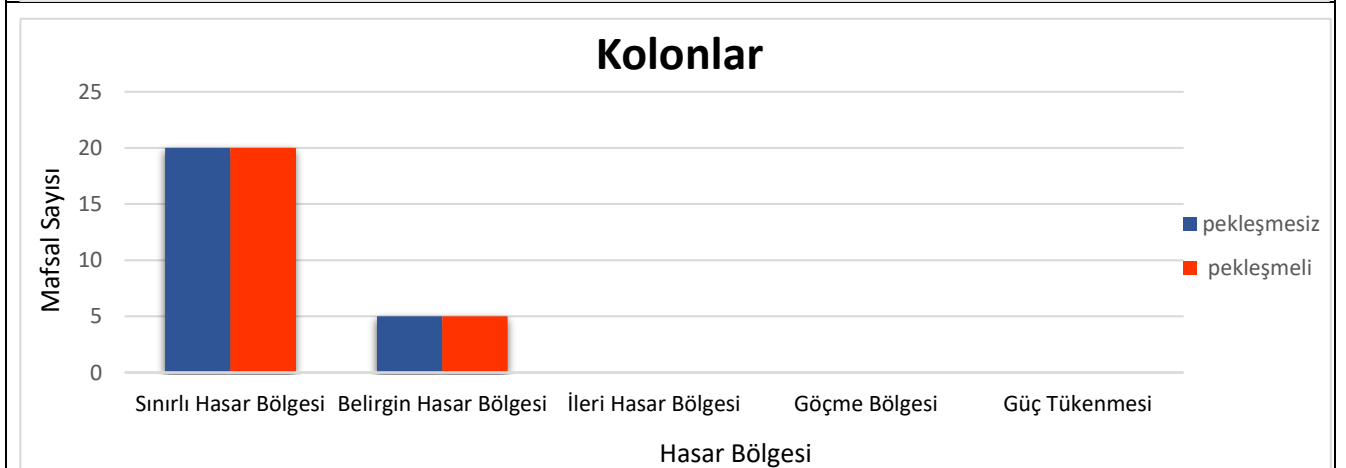
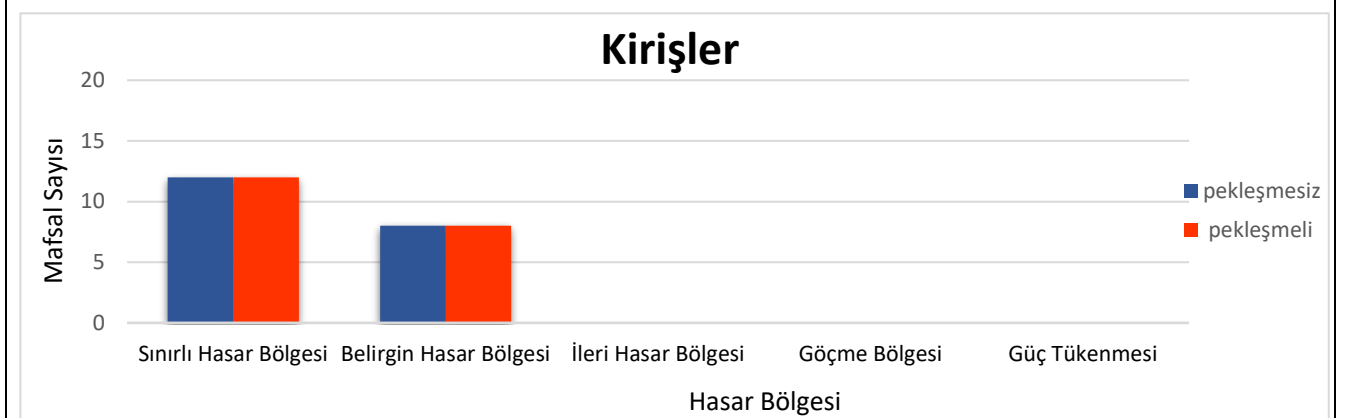
PERFORMANS DÜZEYLERİ



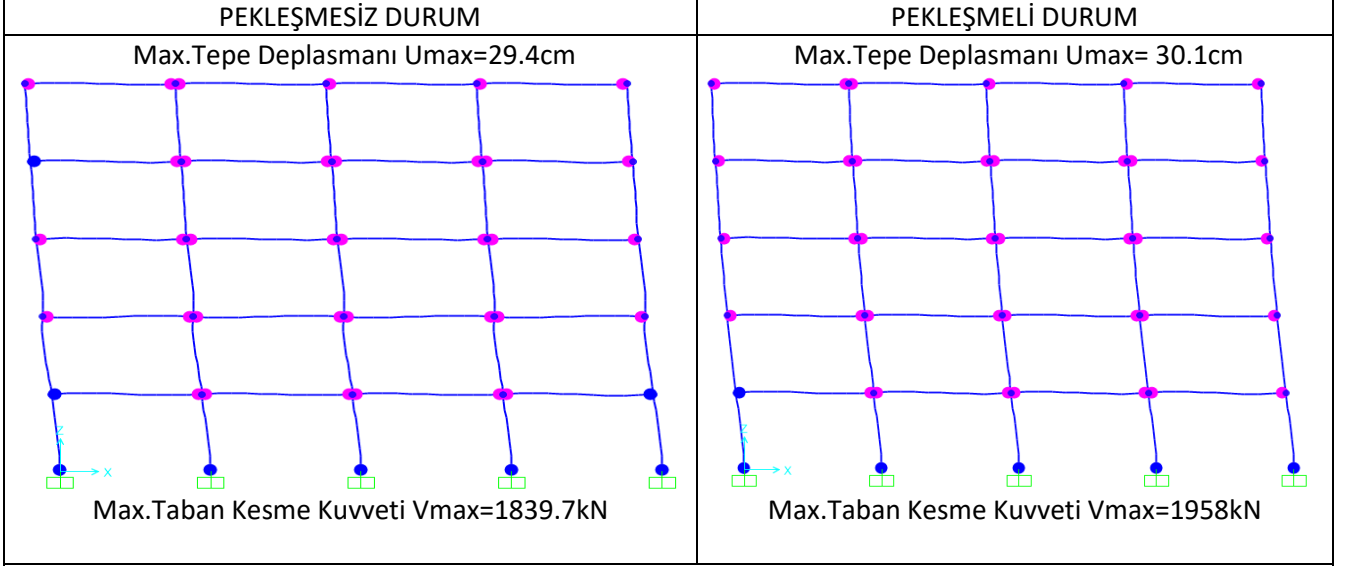
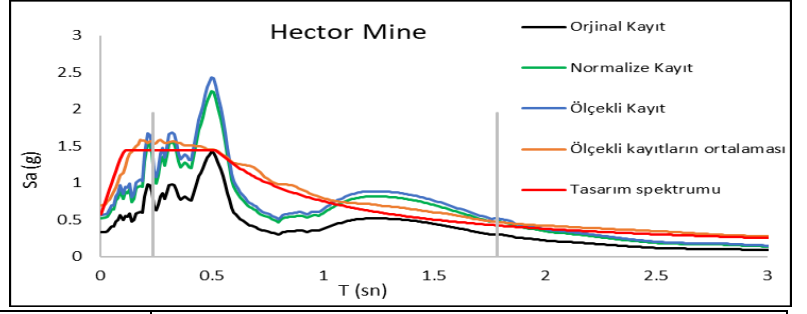
Deprem No:13- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Hector
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



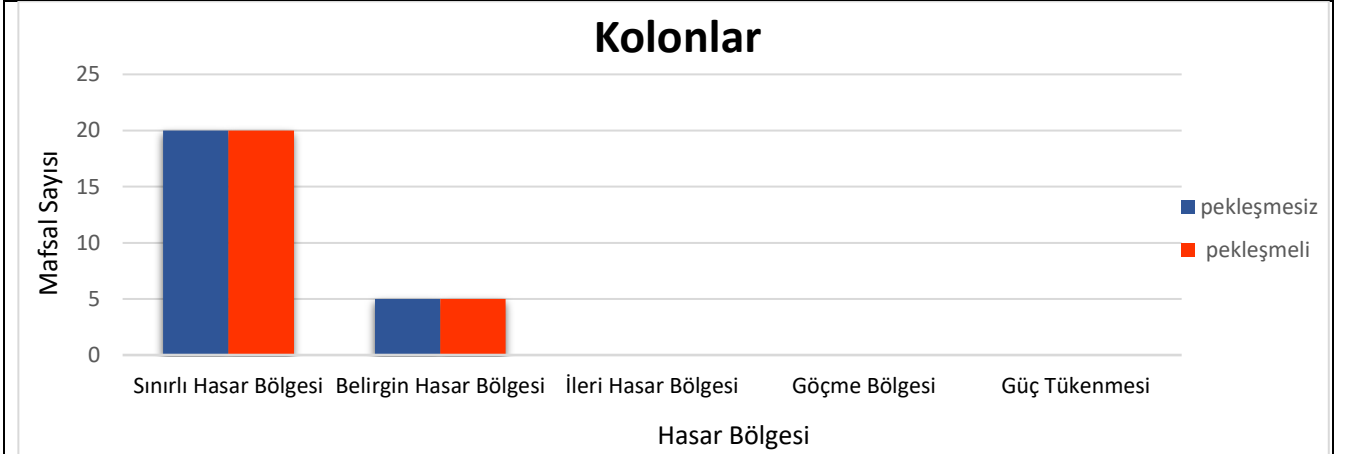
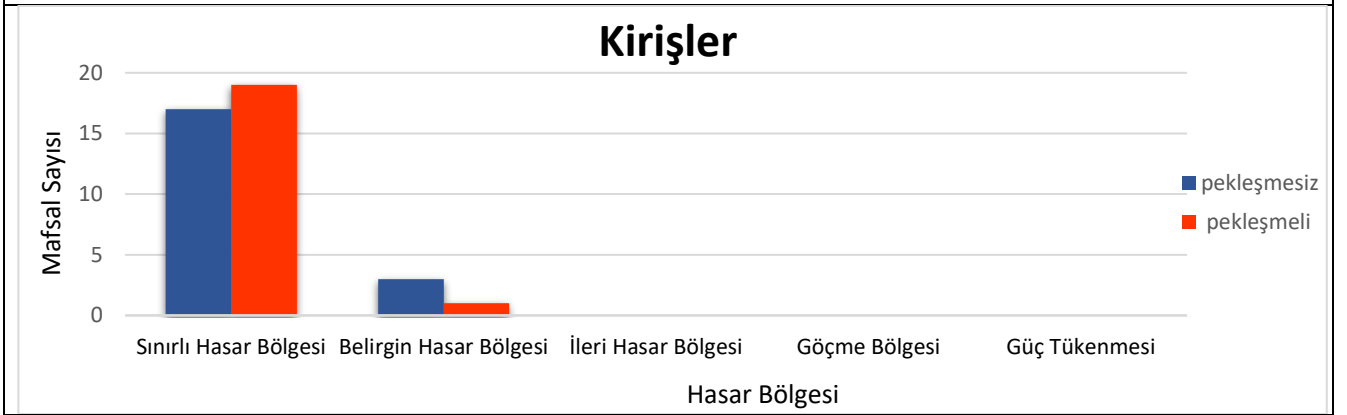
PERFORMANS DÜZEYLERİ



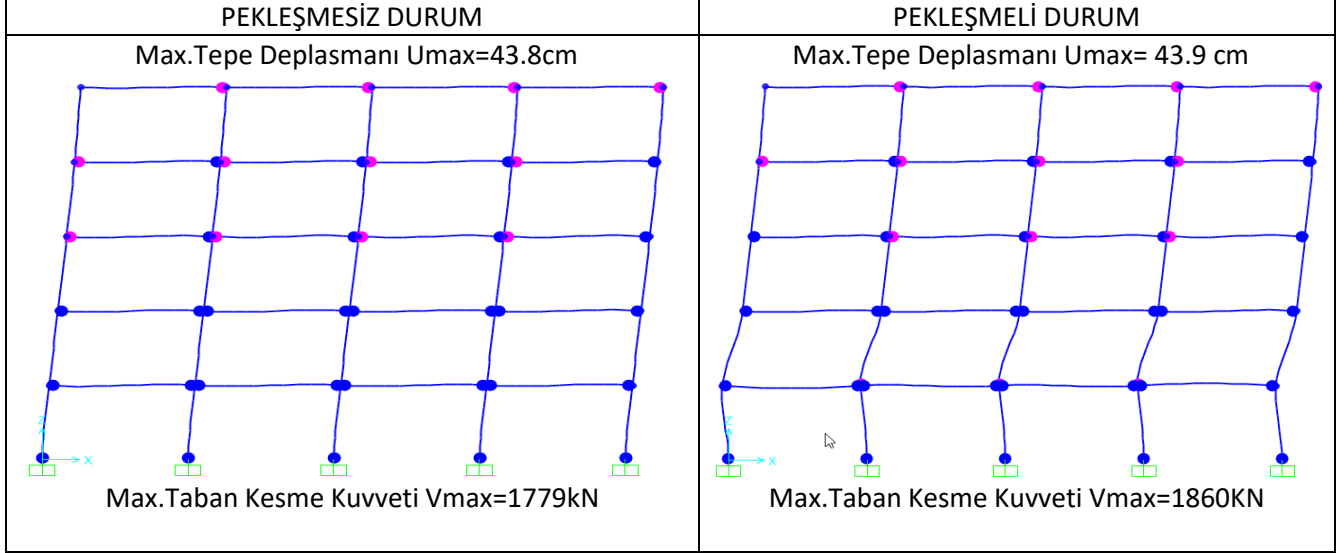
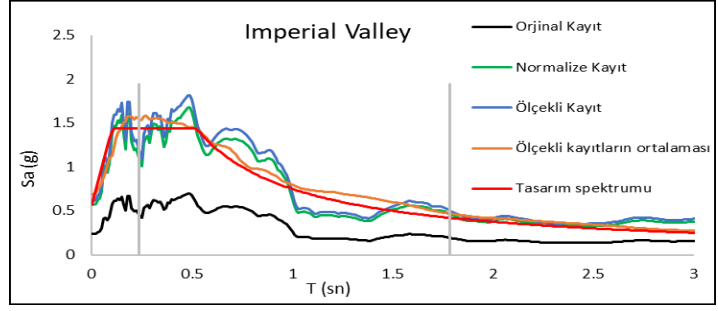
Deprem No:14- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Hector
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

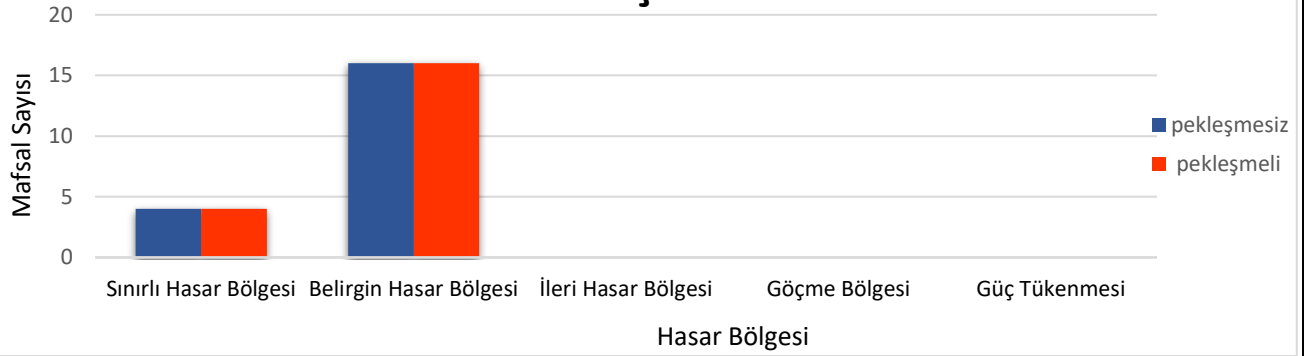


Deprem No:15- Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	Delta
Bileşen:	262
Zaman Adımı (sn):	0,01

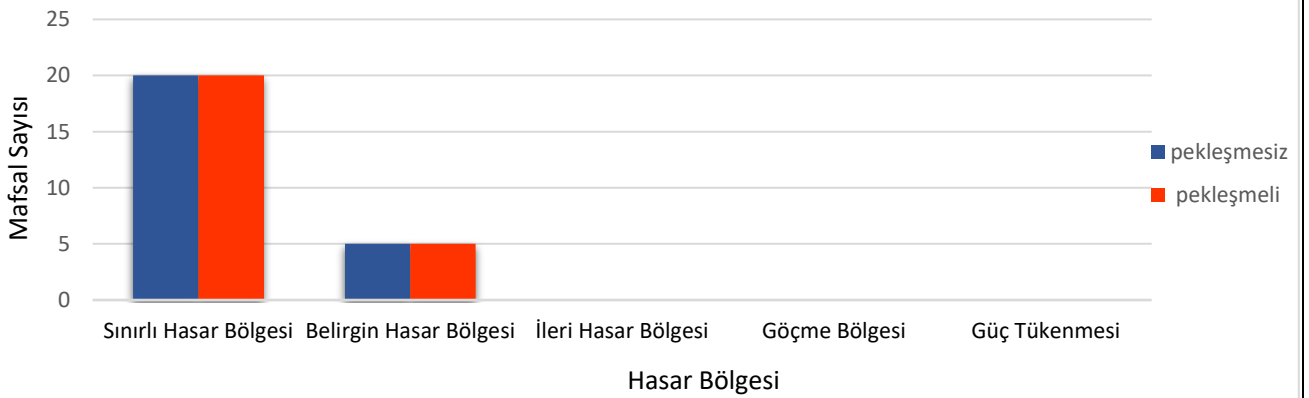


PERFORMANS DÜZEYLERİ

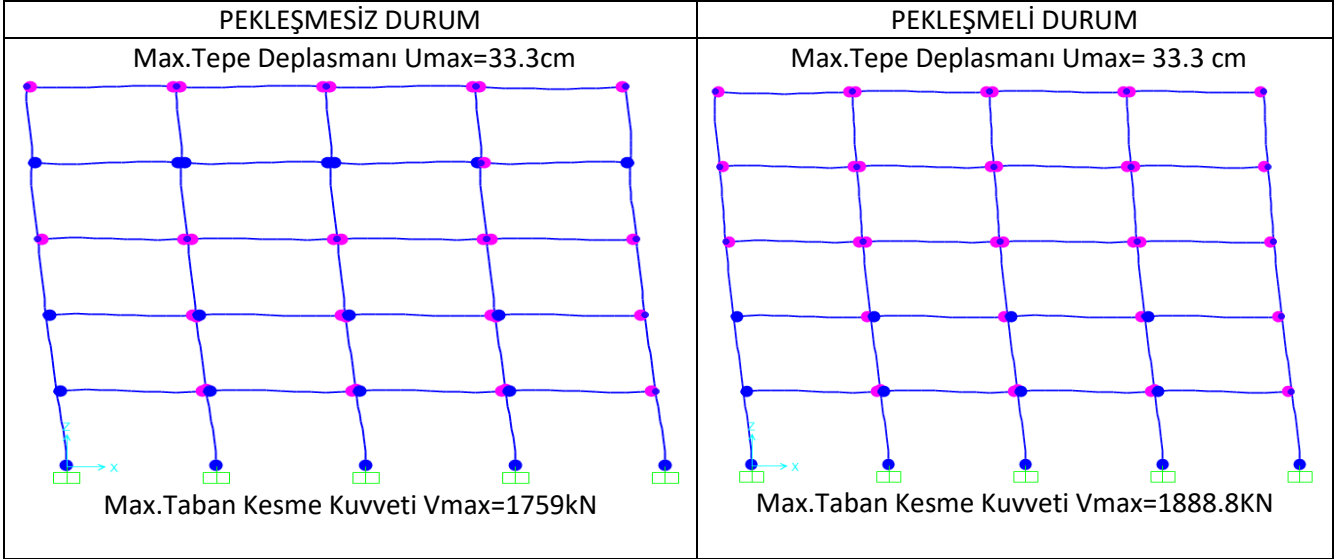
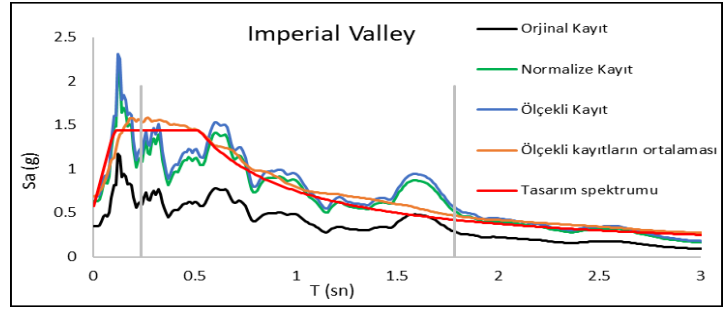
Kirişler



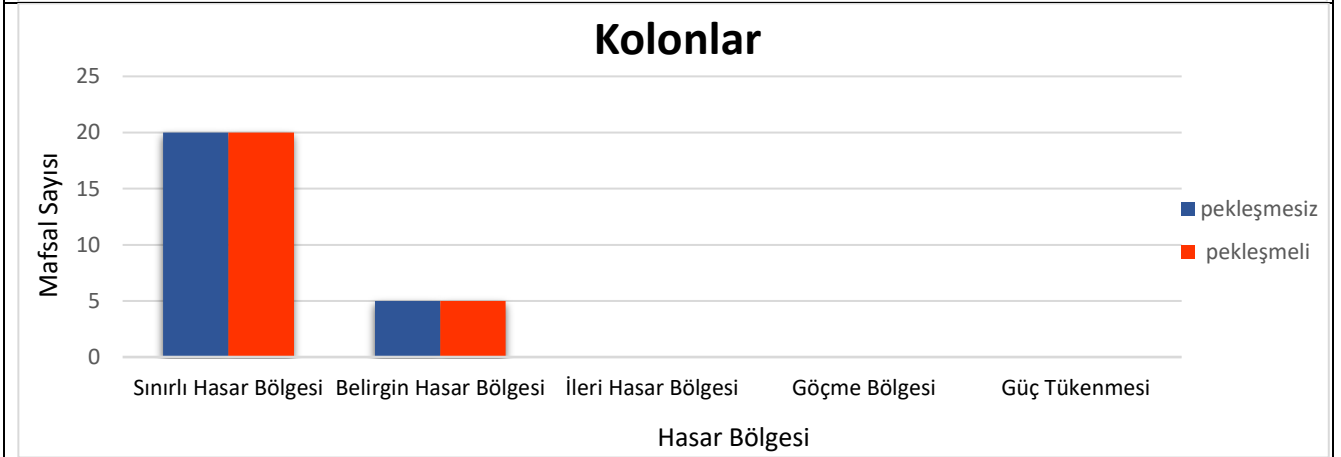
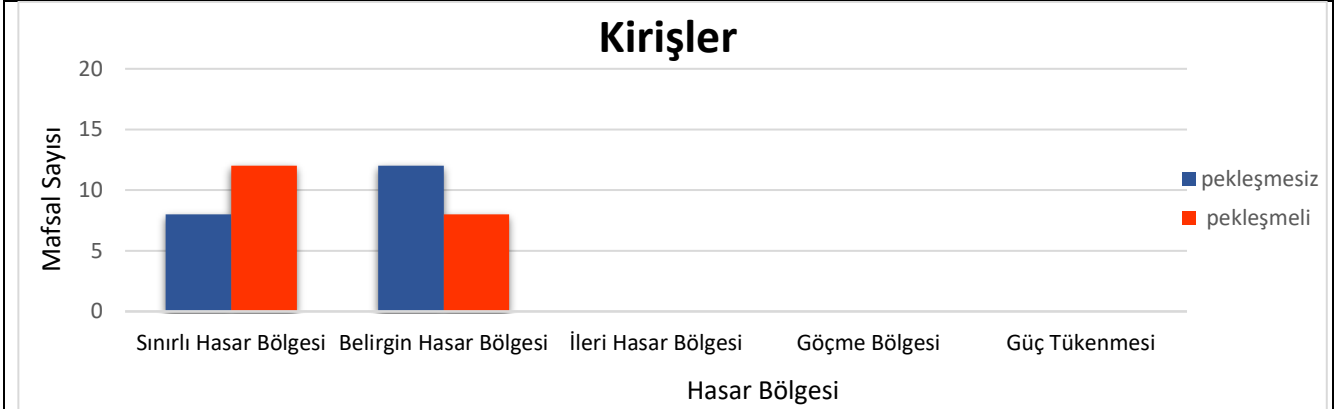
Kolonlar



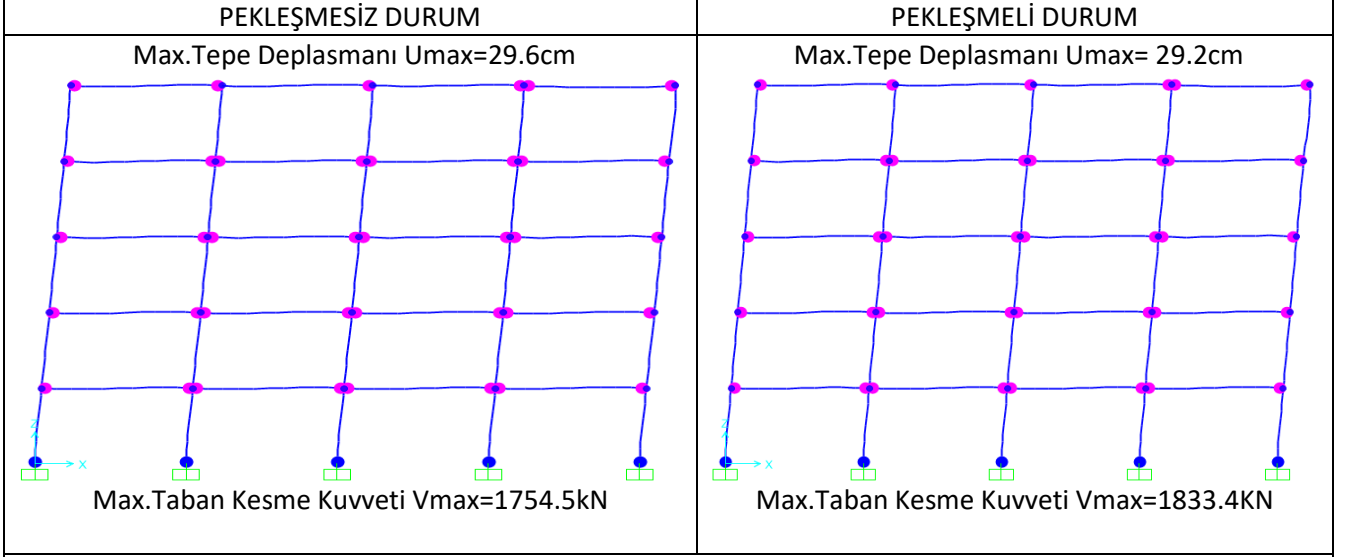
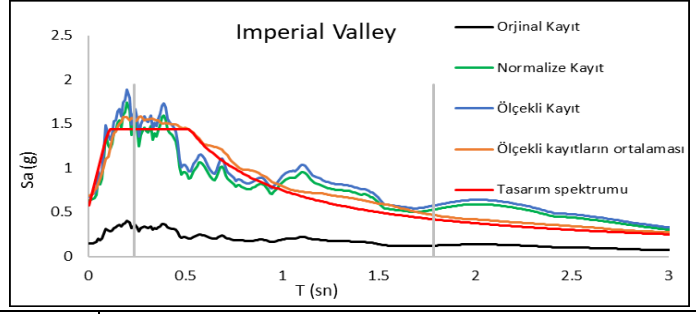
Deprem No:16- Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	Delta
Bileşen:	352
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:17-Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	140
Zaman Adımı (sn):	0,005

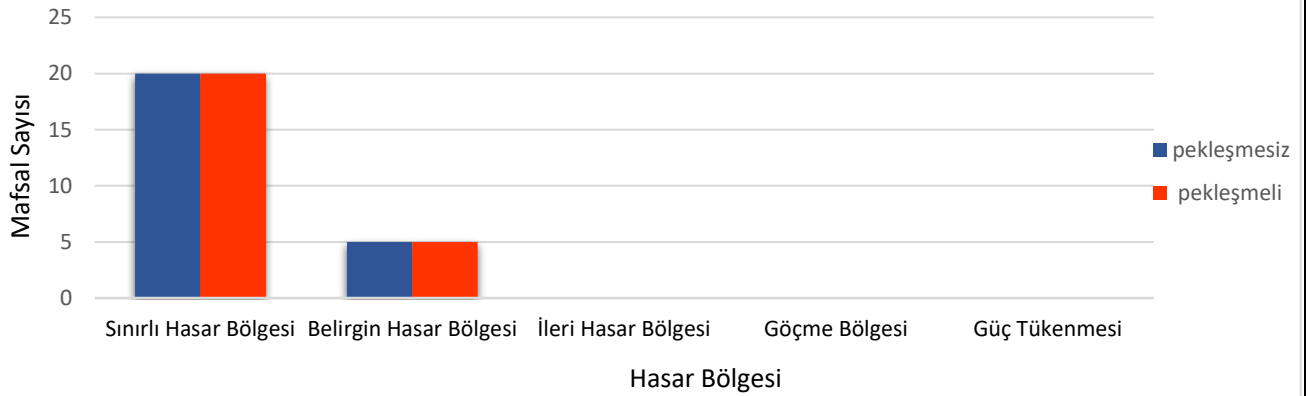


PERFORMANS DÜZEYLERİ

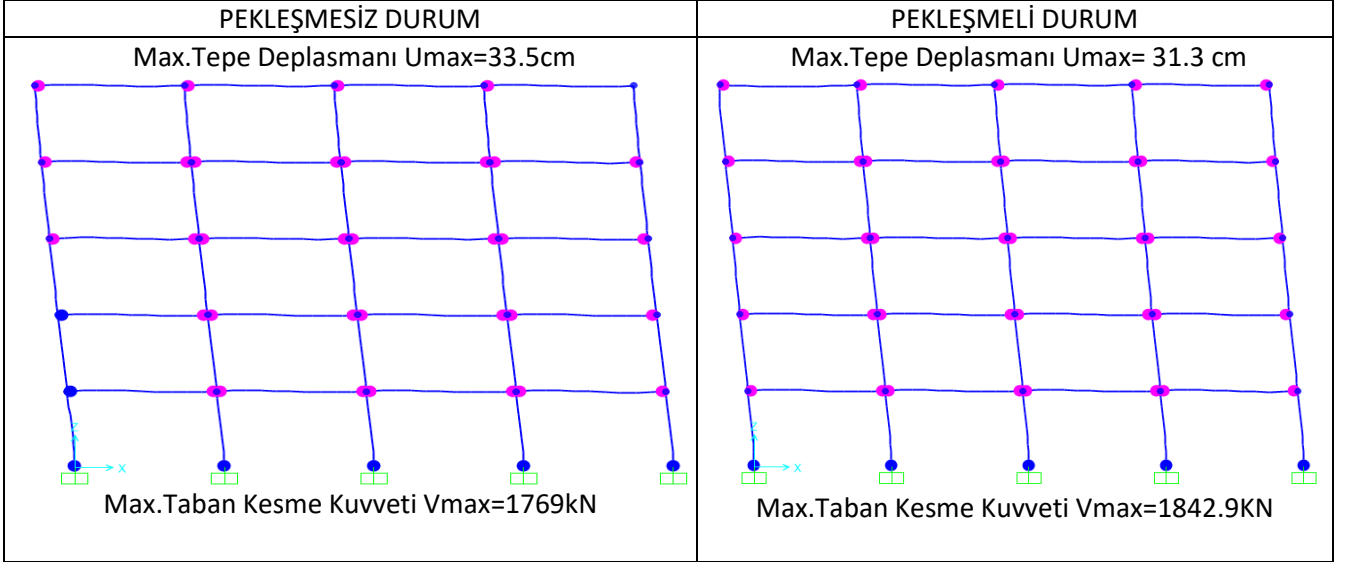
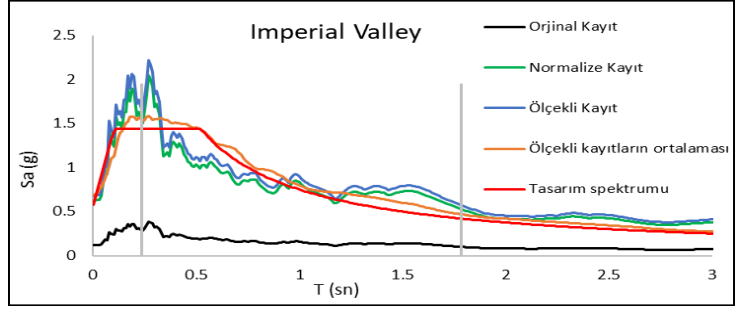
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:18-Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	230
Zaman Adımı (sn):	0,005

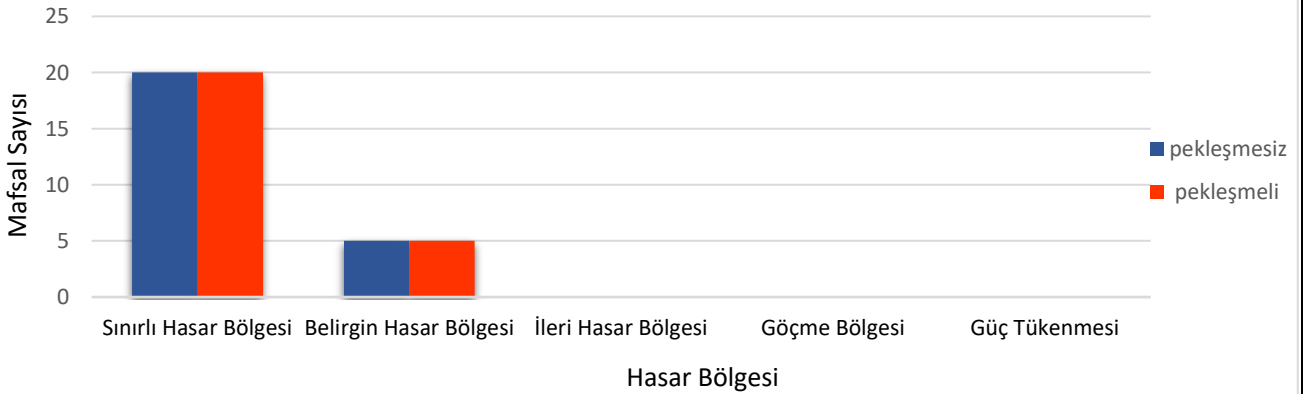


PERFORMANS DÜZEYLERİ

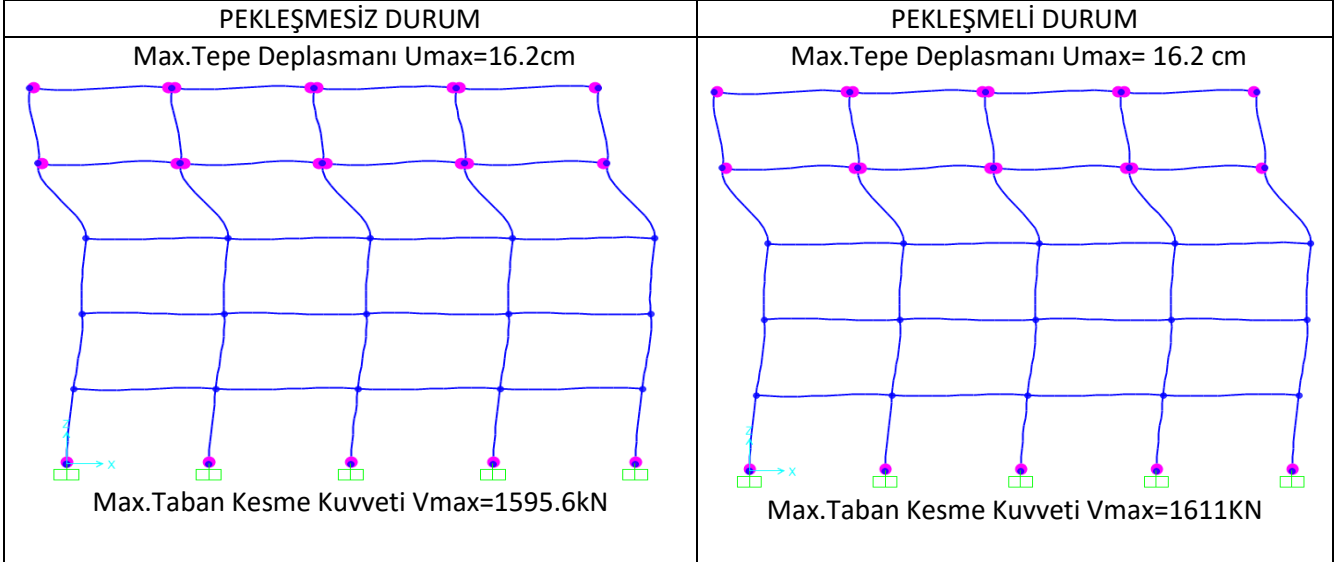
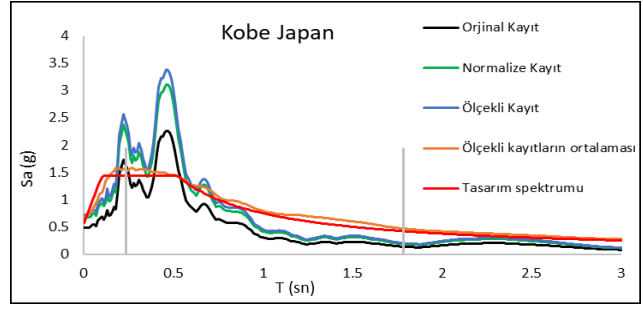
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:19-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Nishi-Akashi
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01

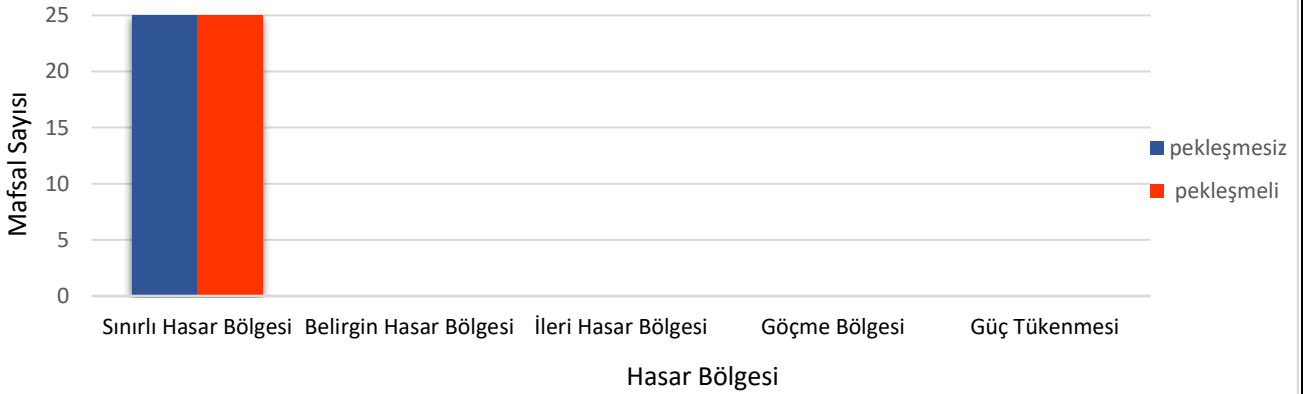


PERFORMANS DÜZEYLERİ

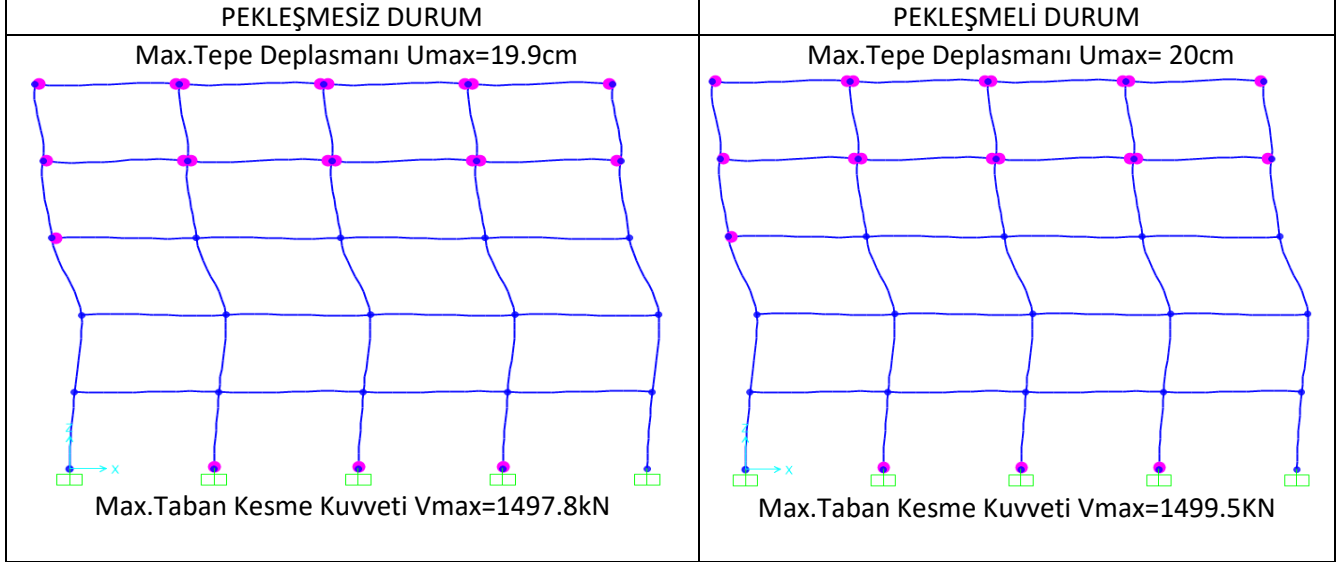
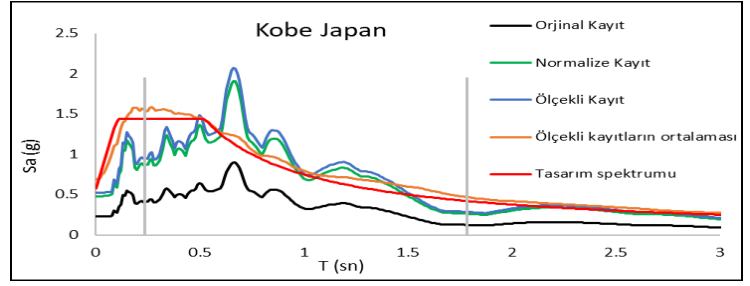
Kirişler



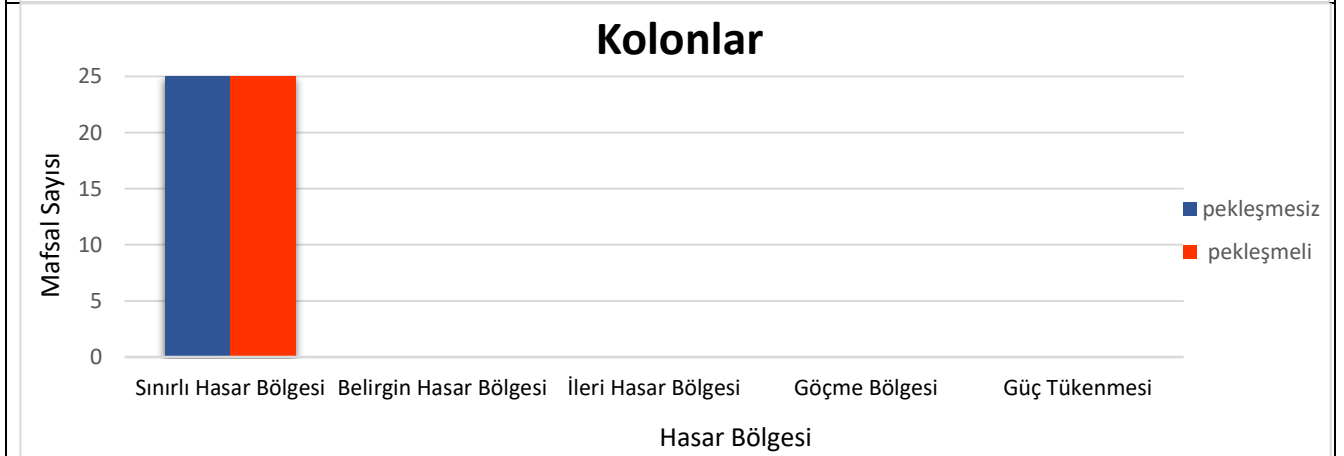
Kolonlar



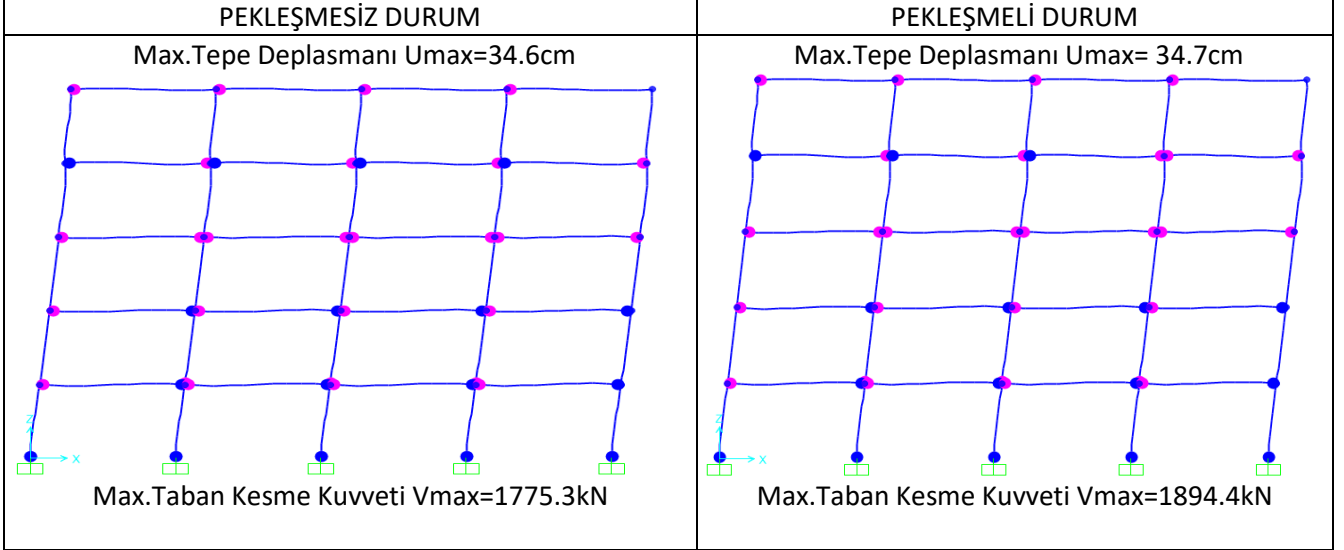
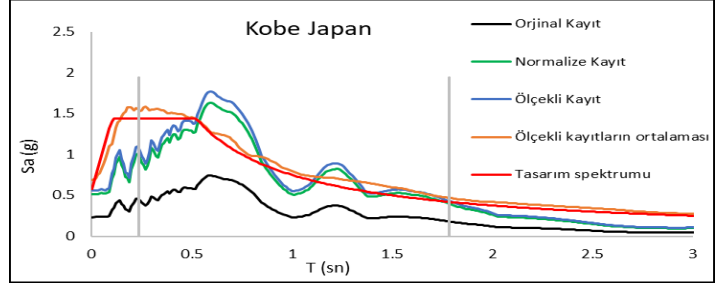
Deprem No:20-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Nishi-Akashi
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

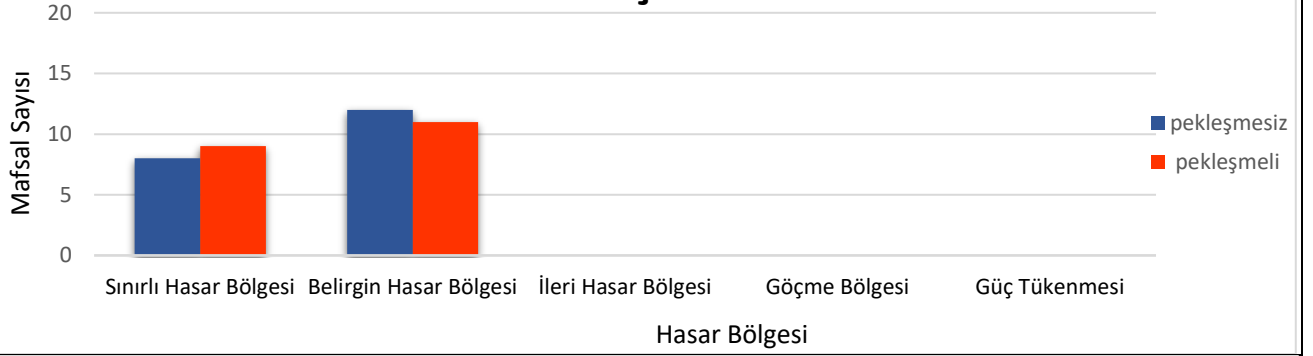


Deprem No:21-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Shin-Osaka
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01

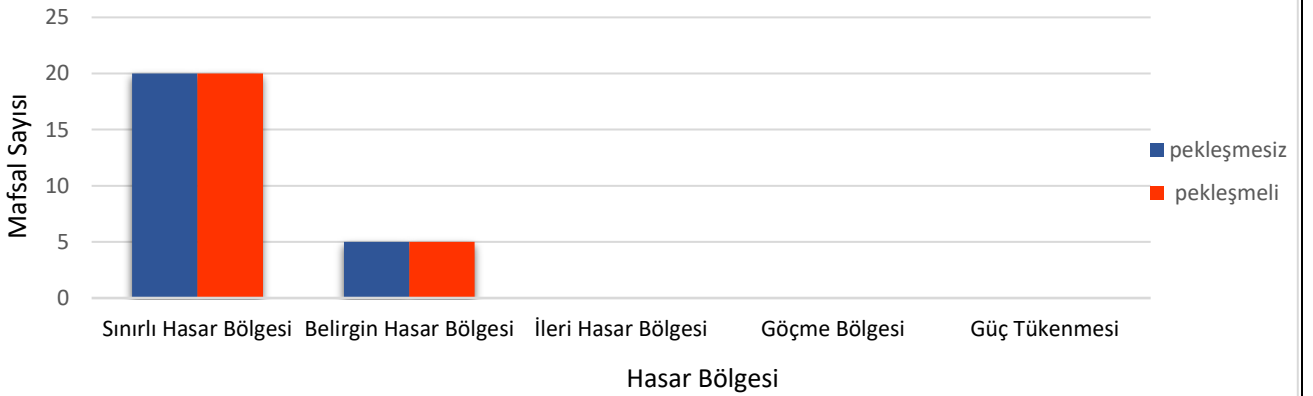


PERFORMANS DÜZEYLERİ

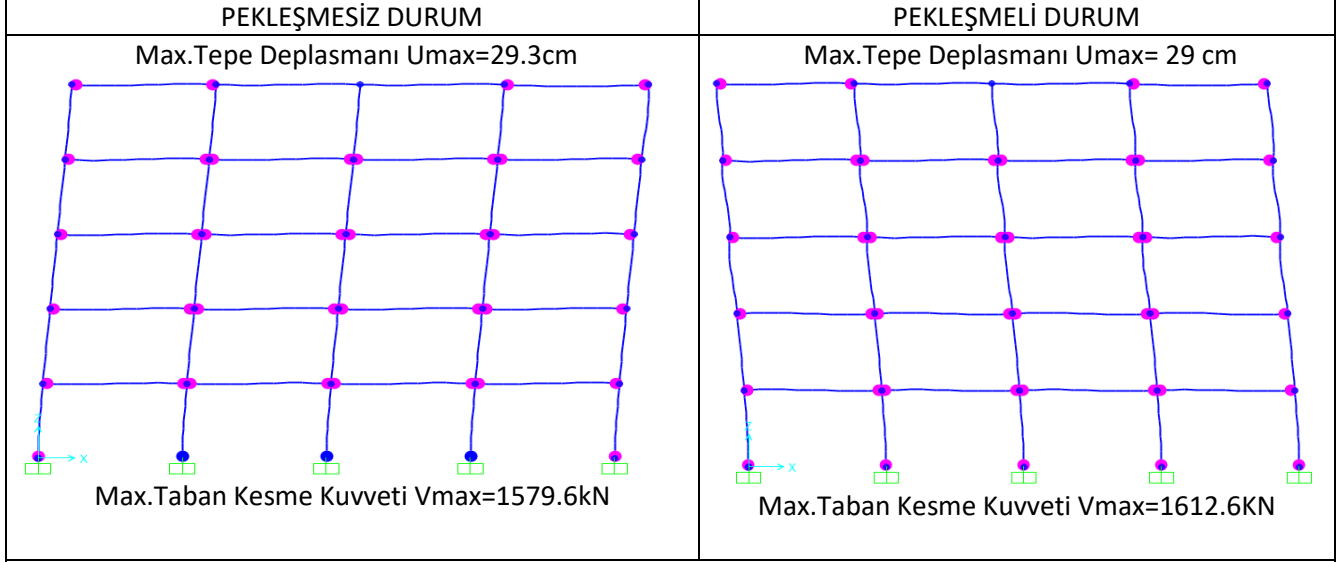
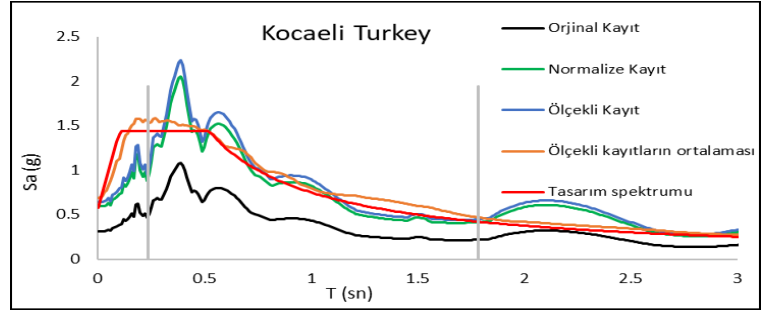
Kirişler



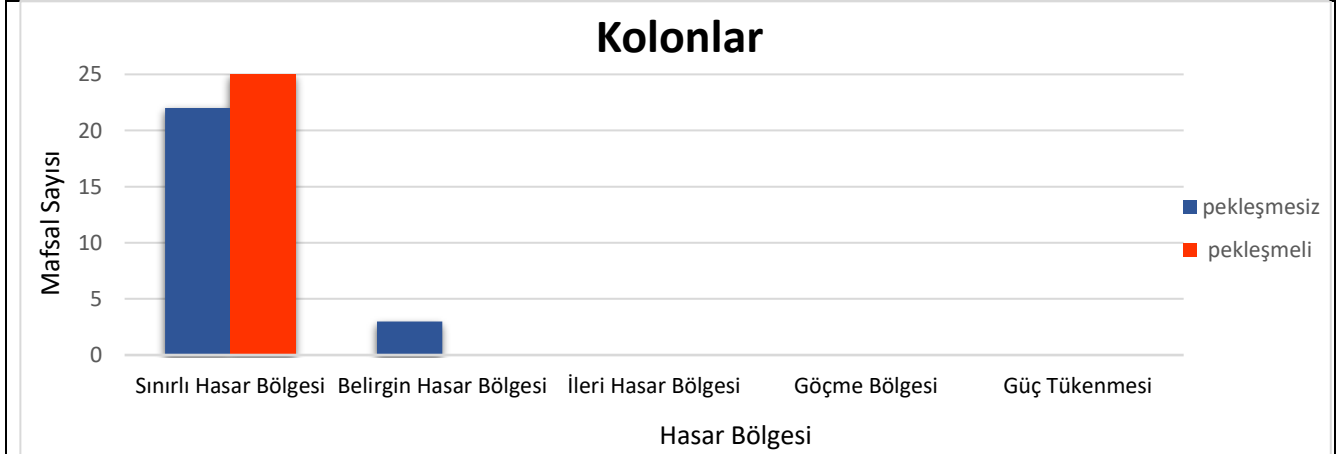
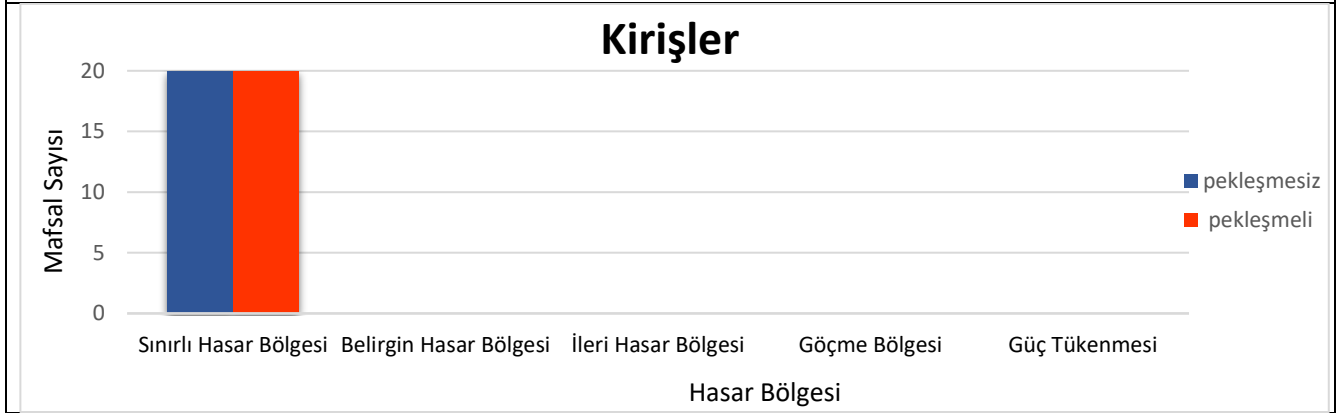
Kolonlar



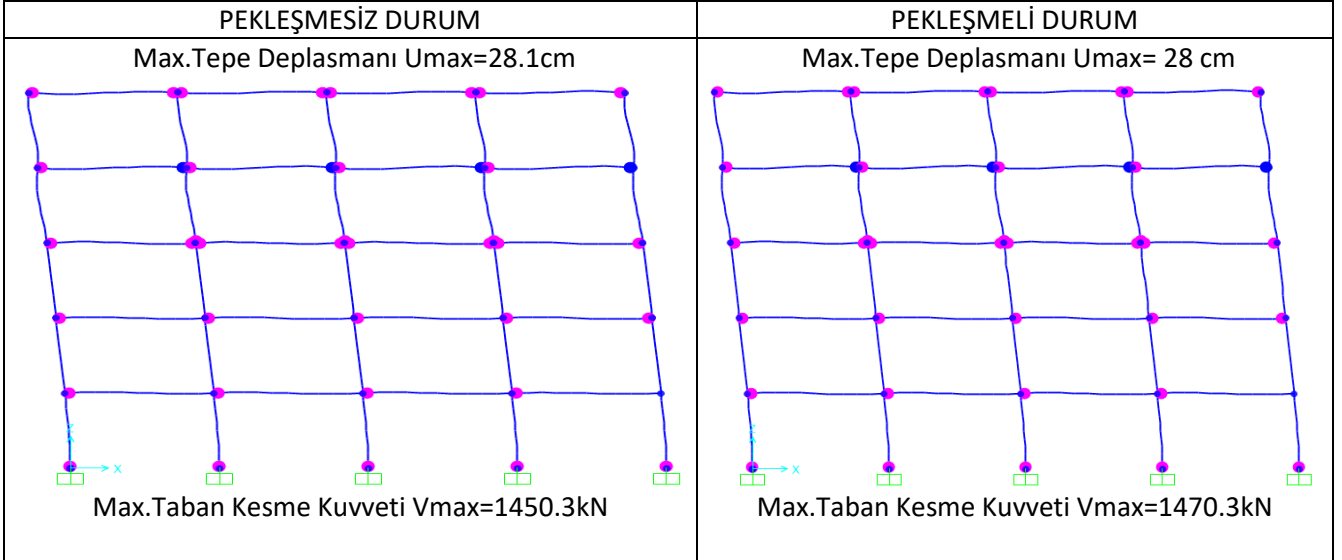
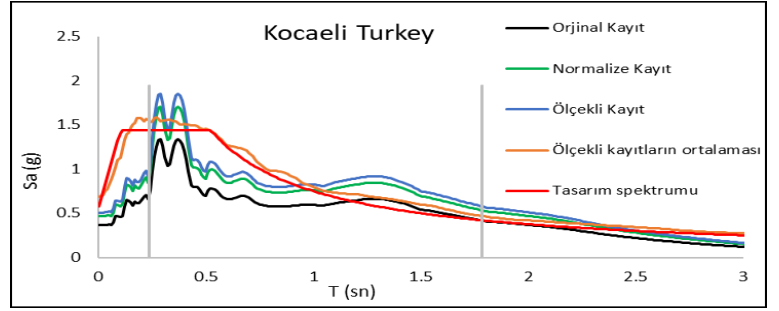
Deprem No:22-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Shin-Osaka
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



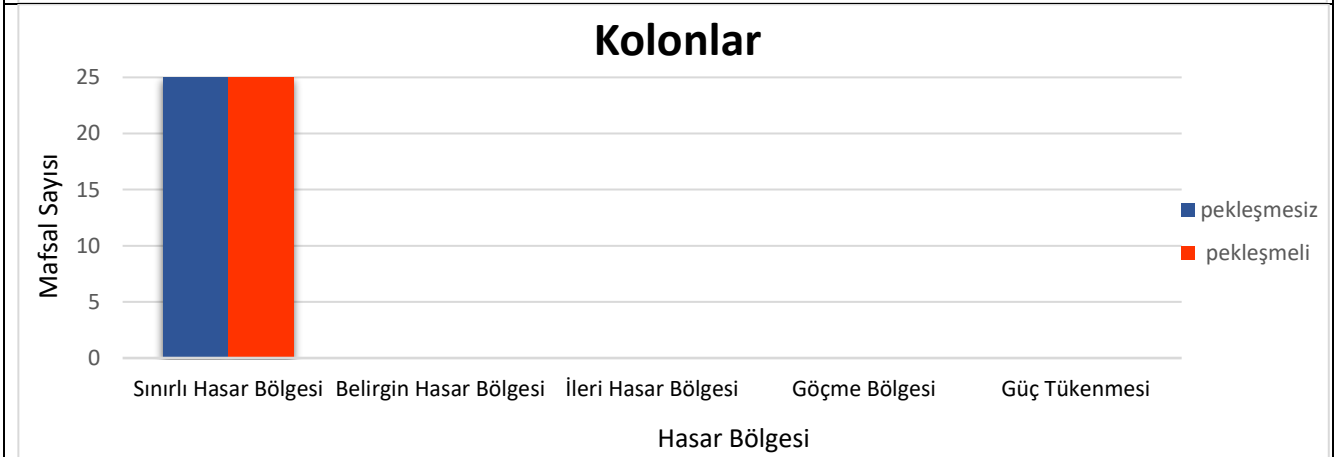
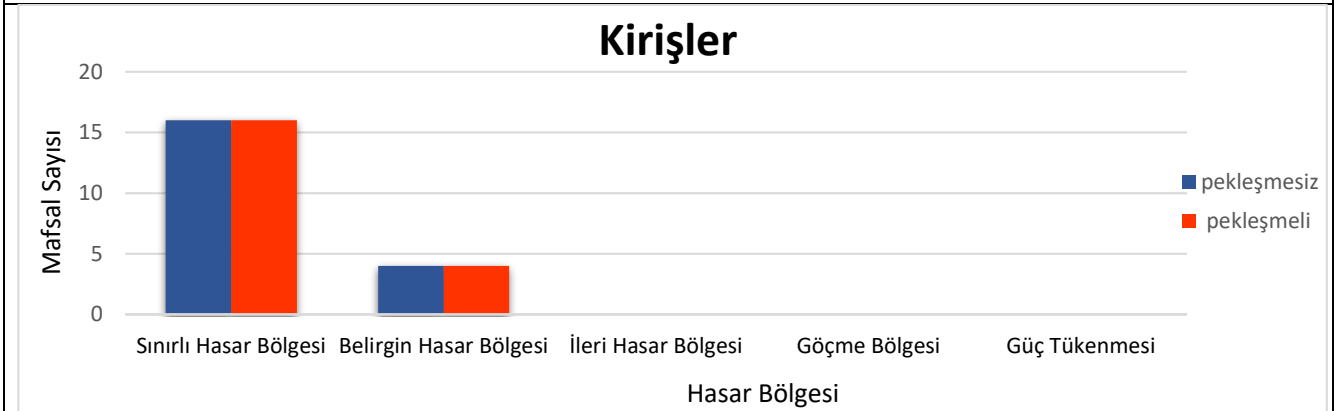
PERFORMANS DÜZEYLERİ



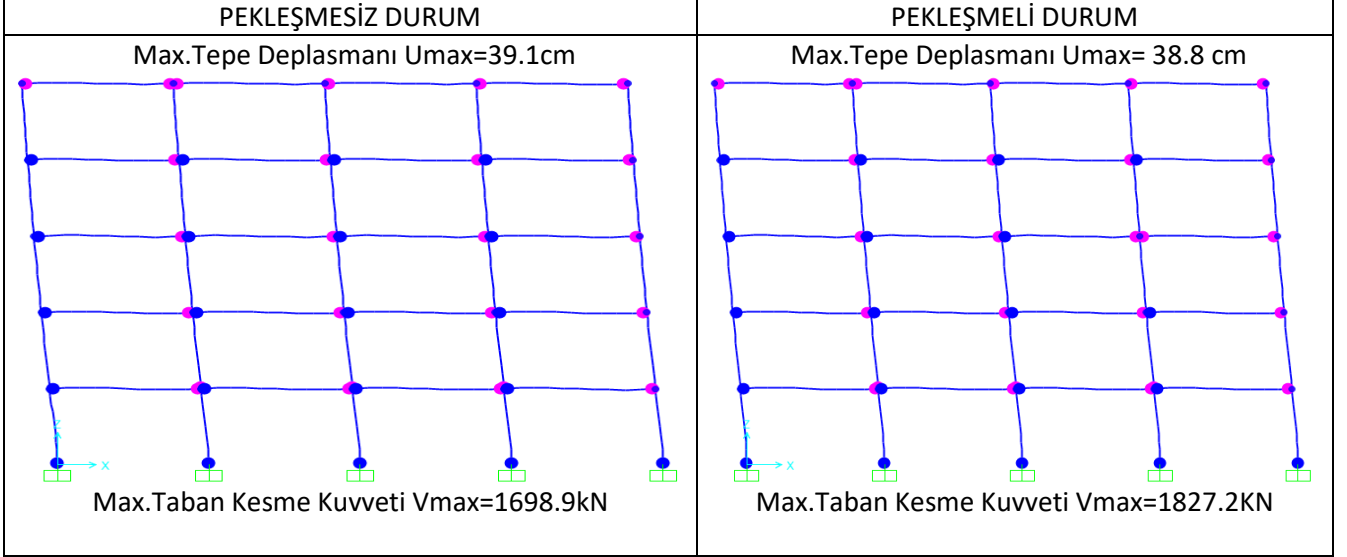
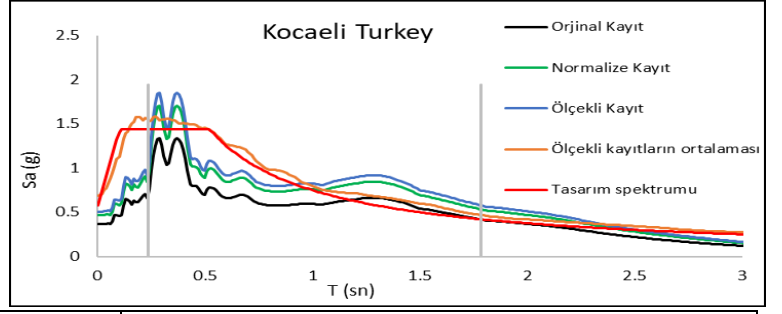
Deprem No:23-Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	DUZCE
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

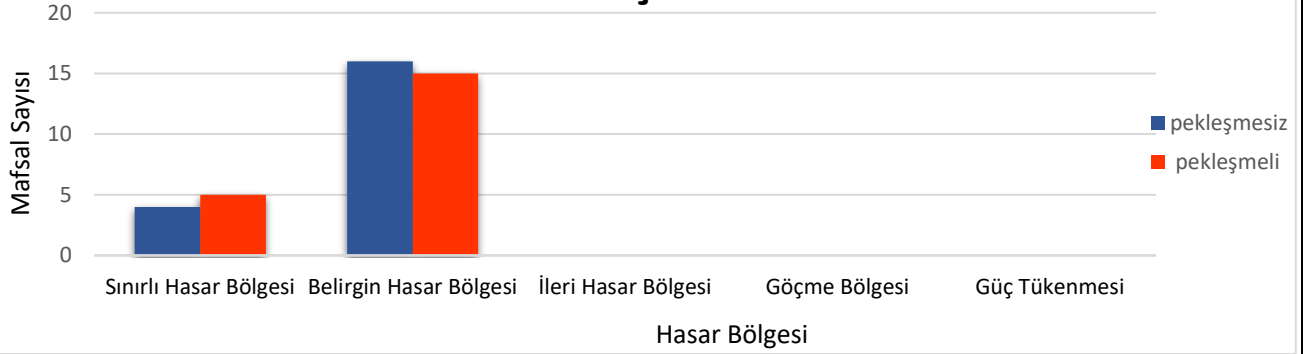


Deprem No:24- Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	DUZCE
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,005

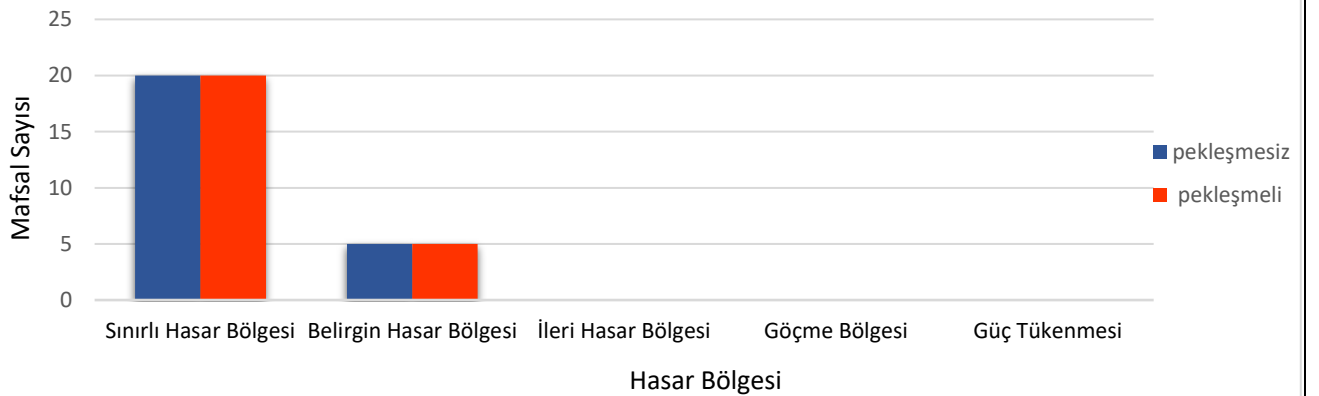


PERFORMANS DÜZEYLERİ

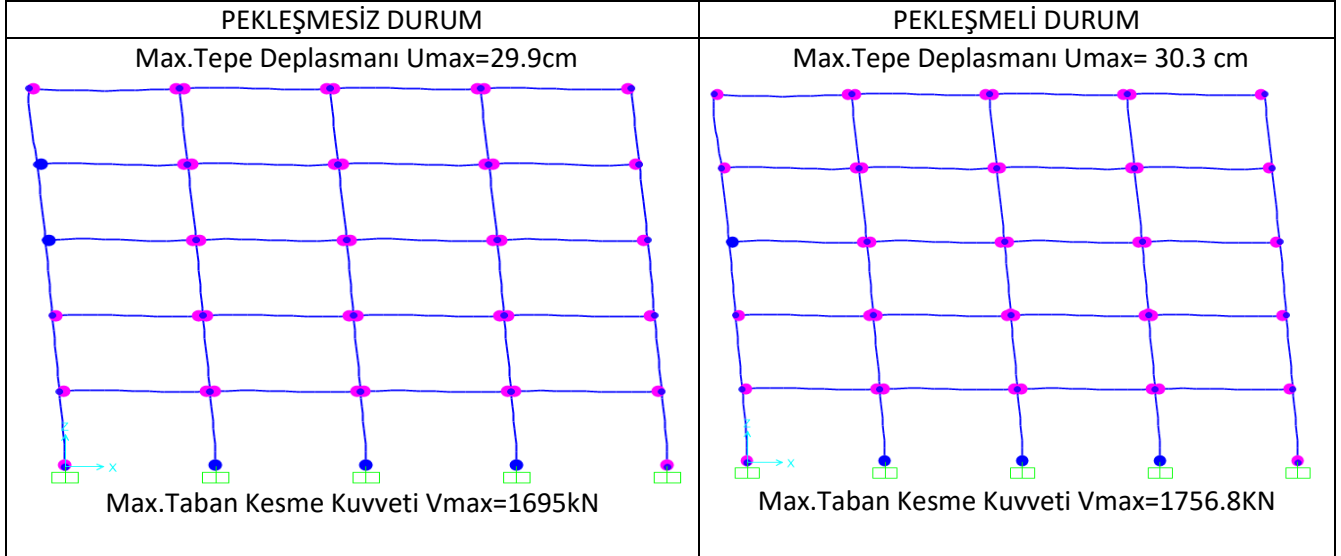
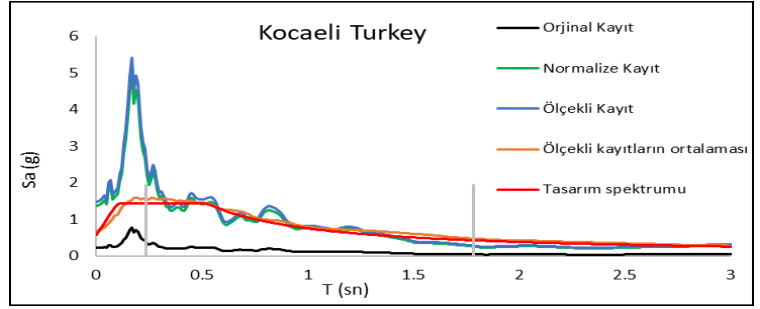
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:25-Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	Arcelik
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005

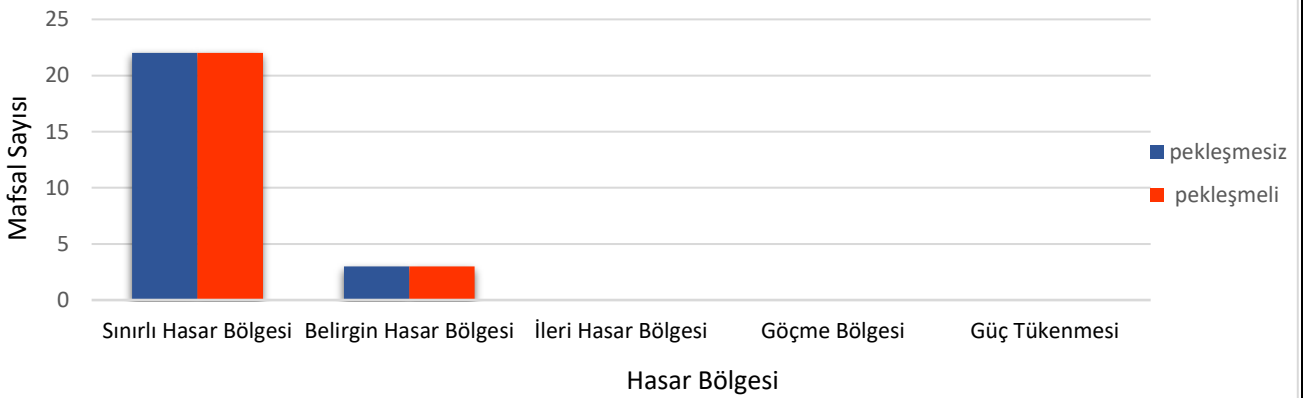


PERFORMANS DÜZEYLERİ

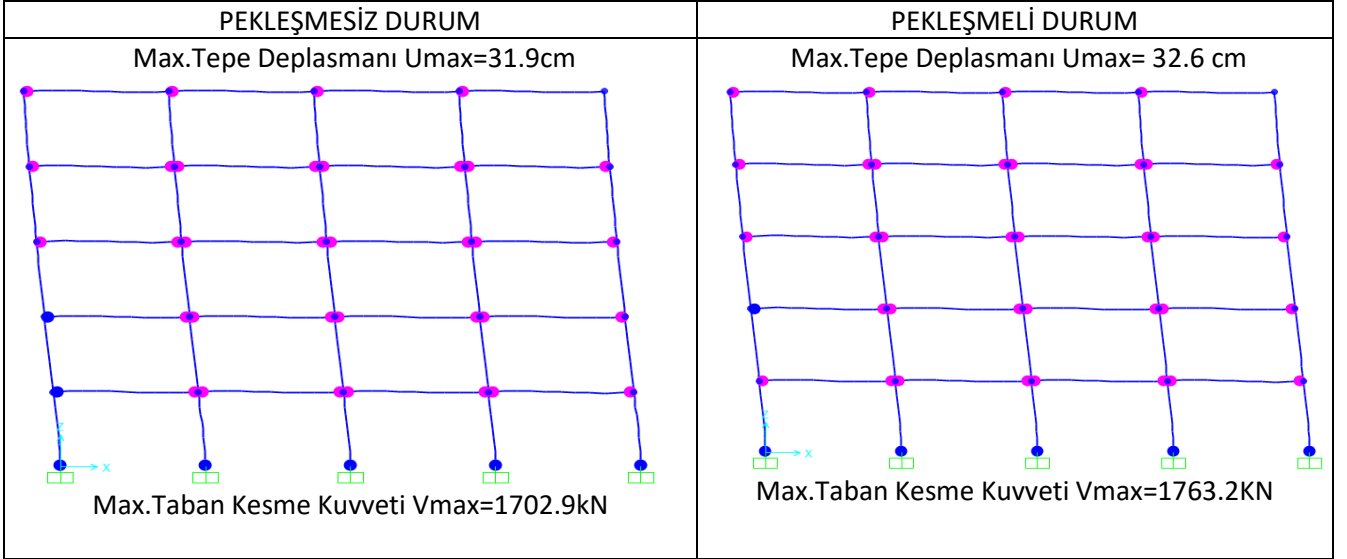
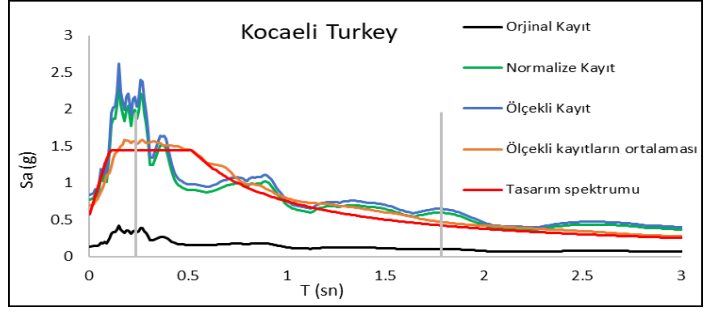
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:26- Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	Arcelik
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005

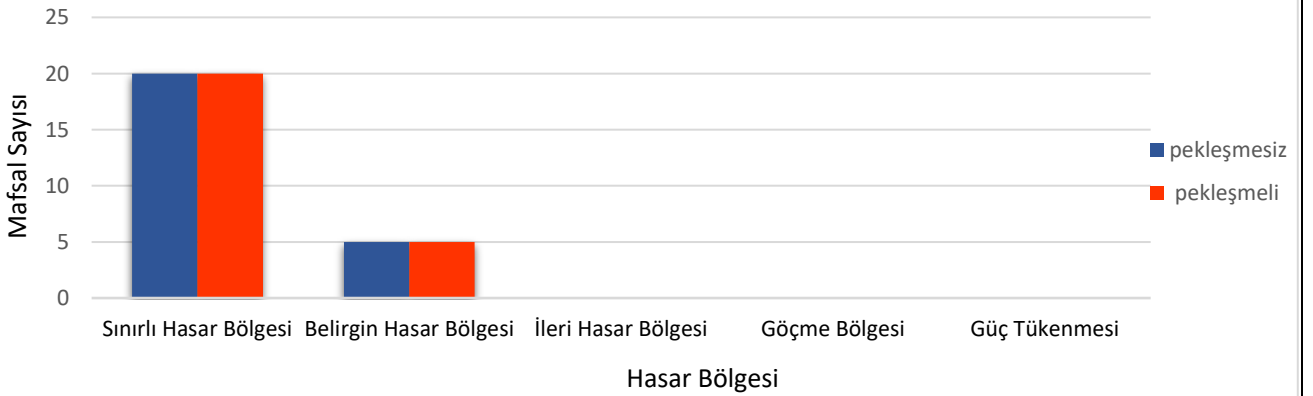


PERFORMANS DÜZEYLERİ

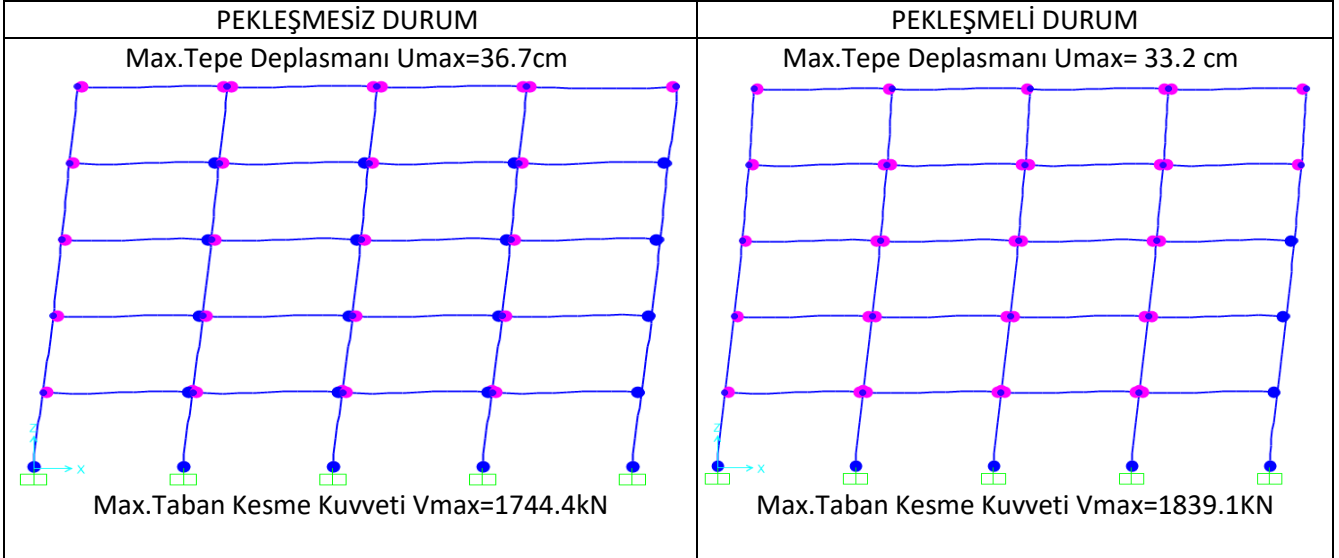
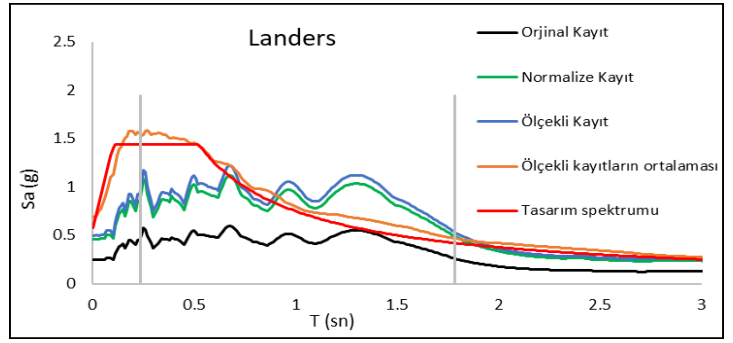
Kirişler



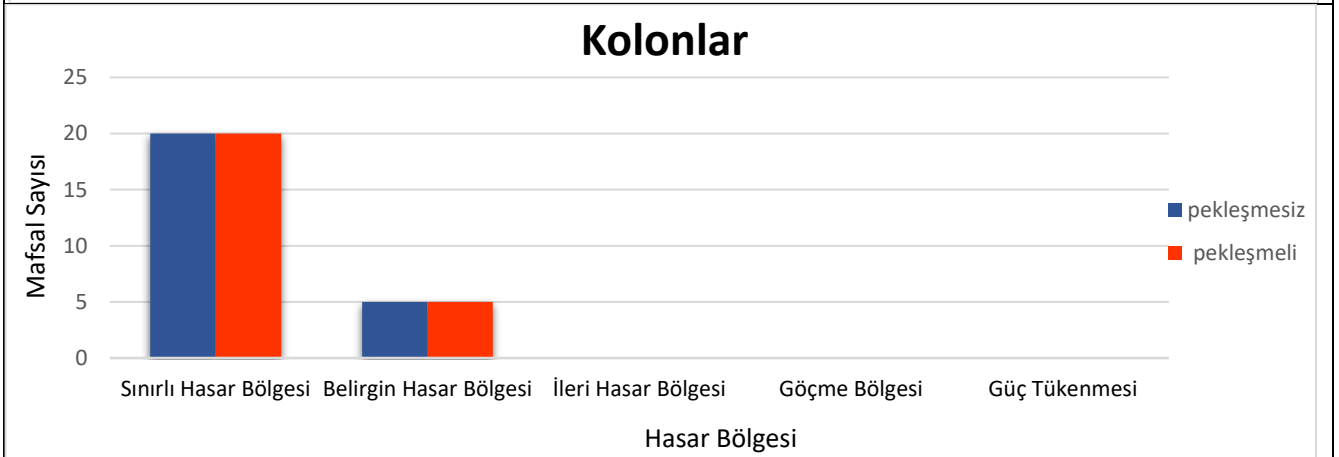
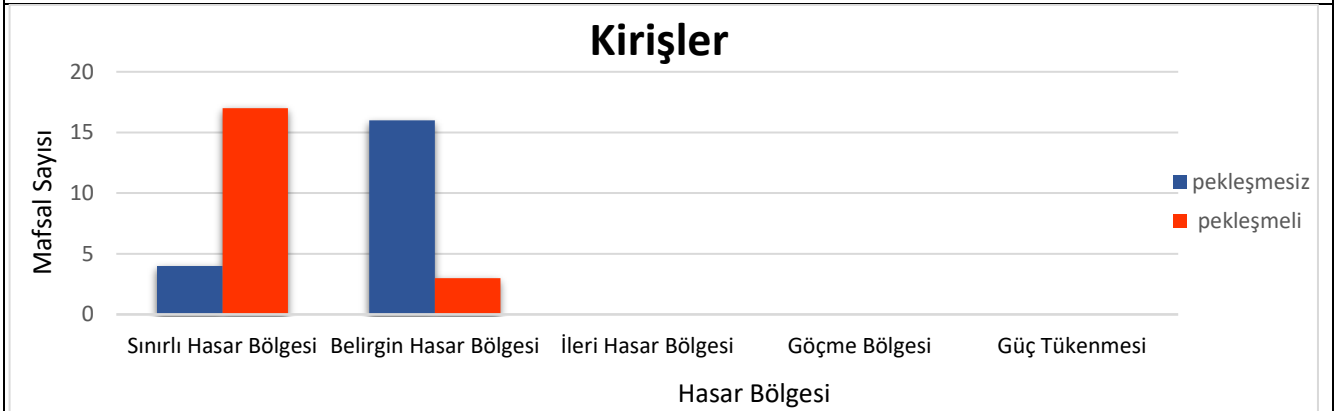
Kolonlar



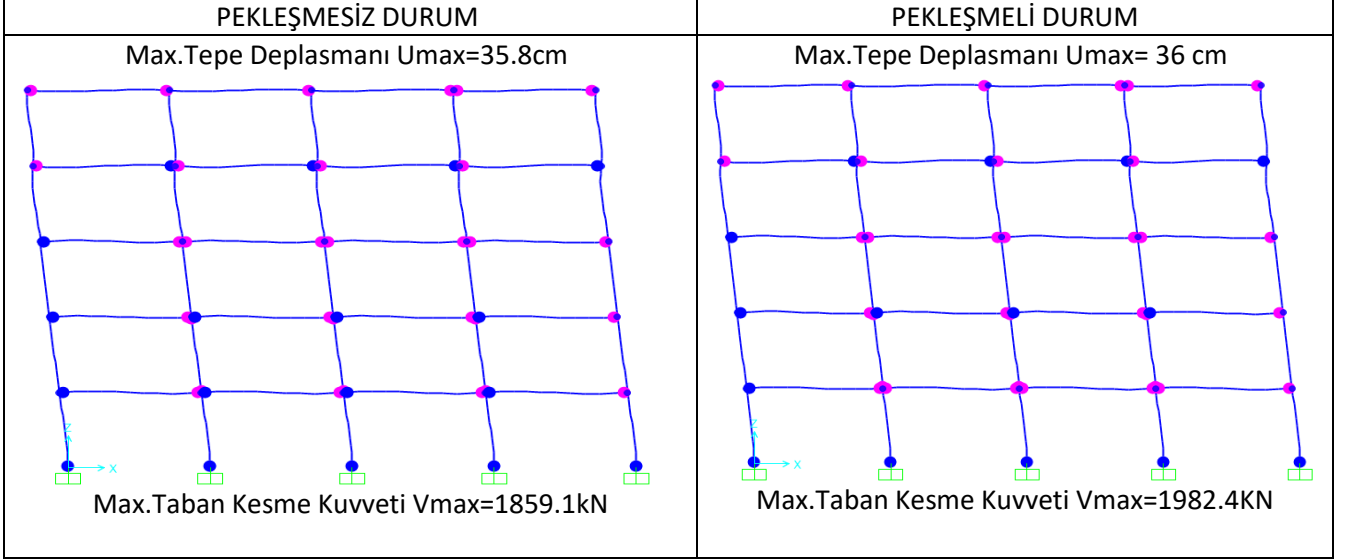
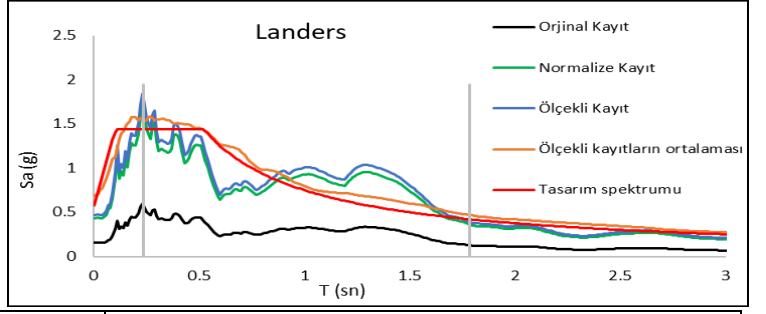
Deprem No:27- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Yermo Fire
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:28- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Yermo Fire
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,02

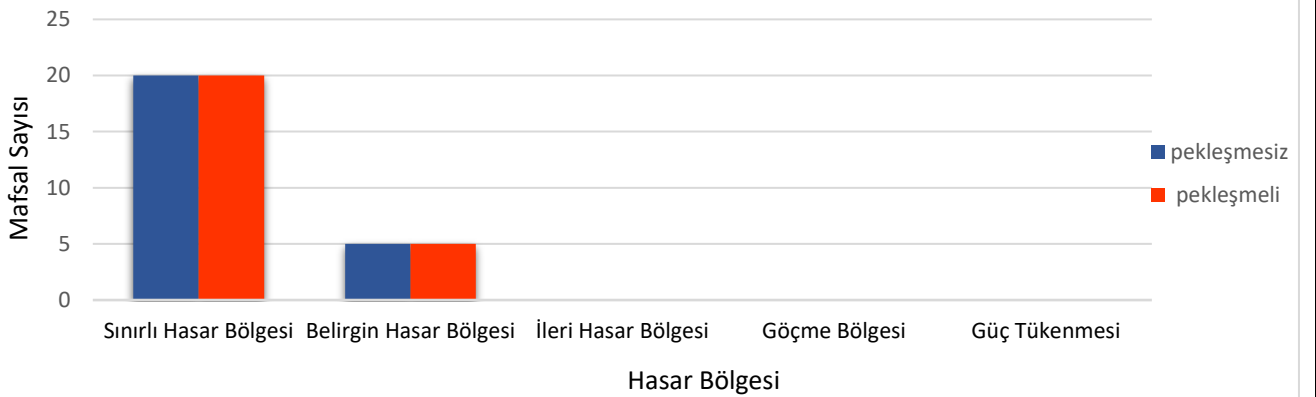


PERFORMANS DÜZEYLERİ

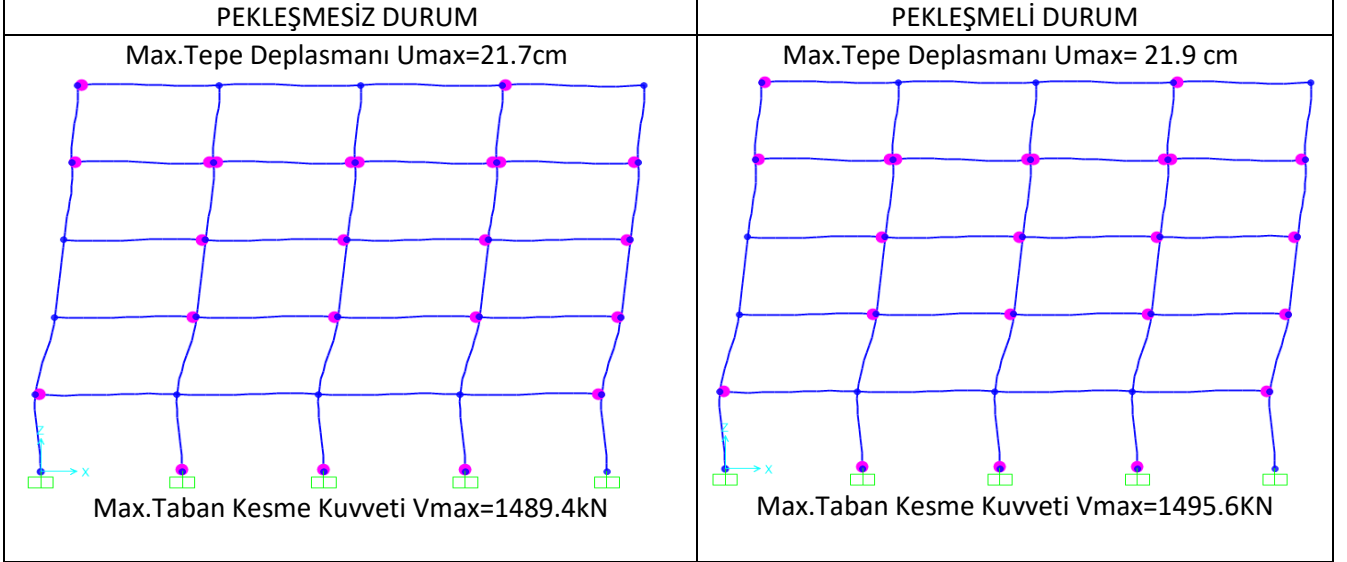
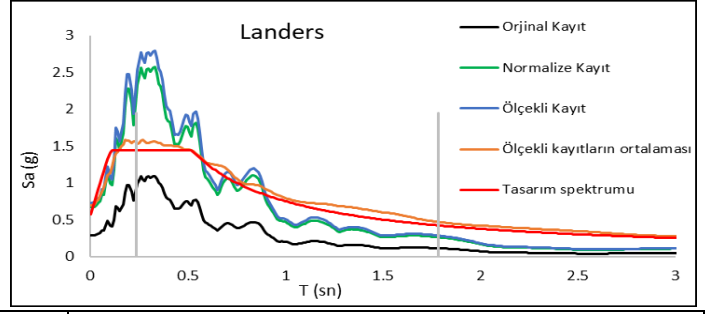
Kirişler



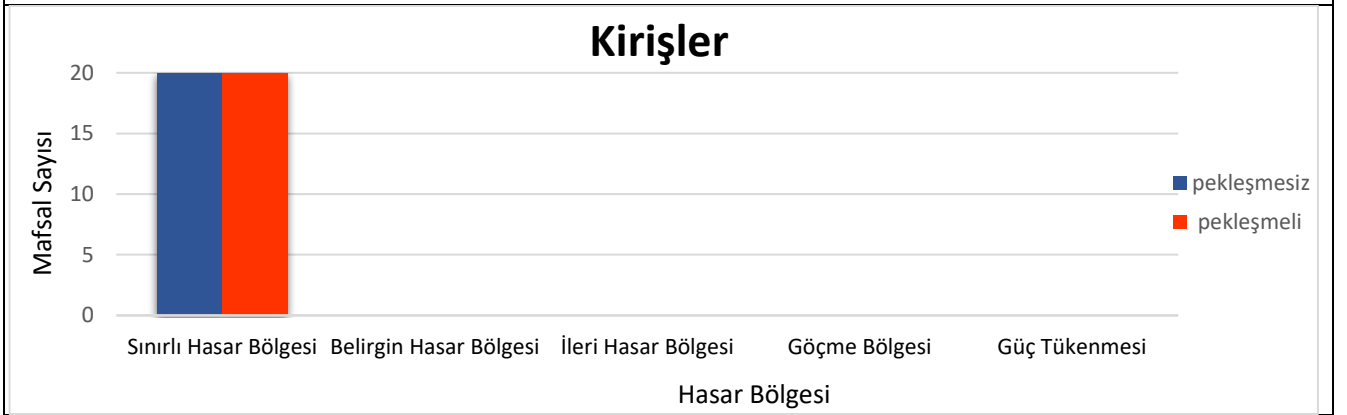
Kolonlar



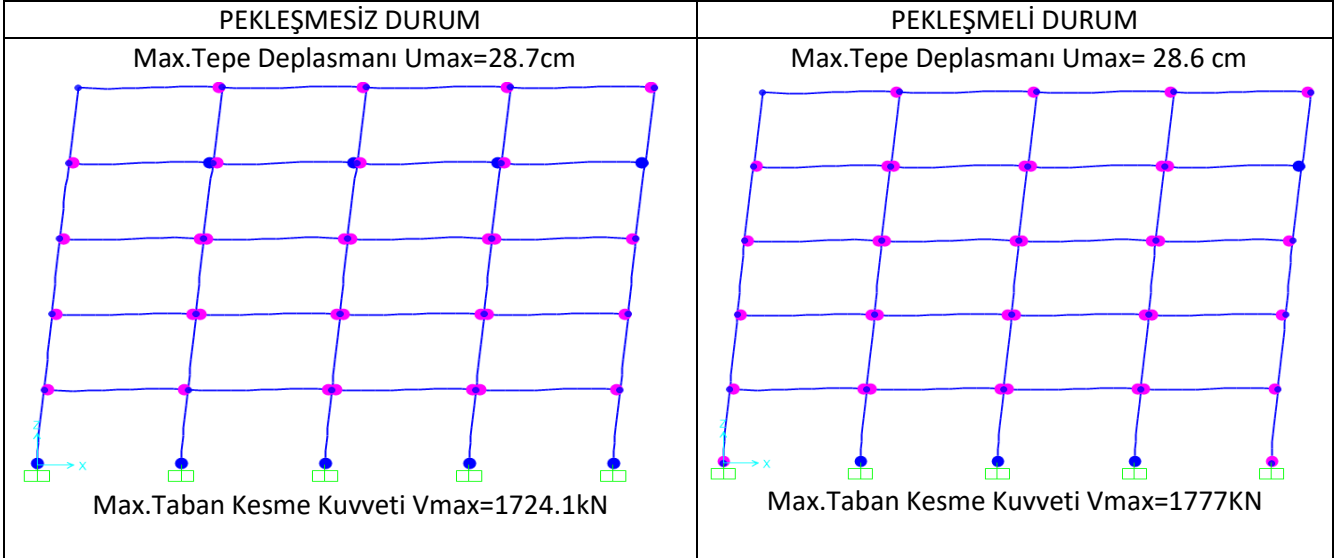
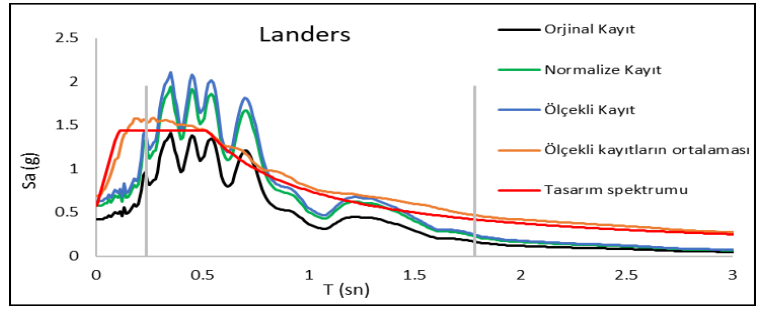
Deprem No:29-Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Coolwater
Bileşen:	LN
Zaman Adımı (sn):	0,0039



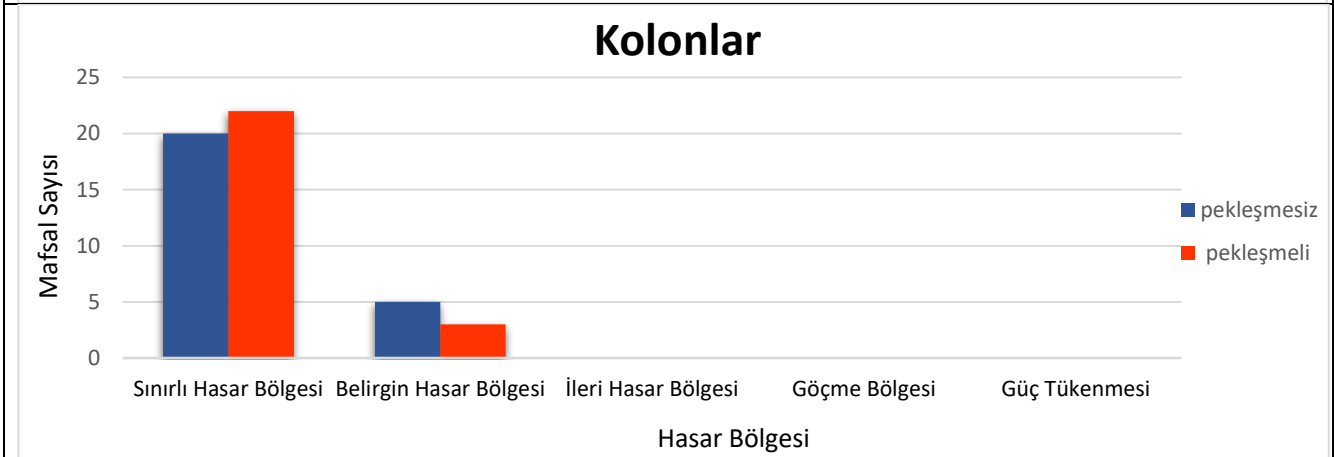
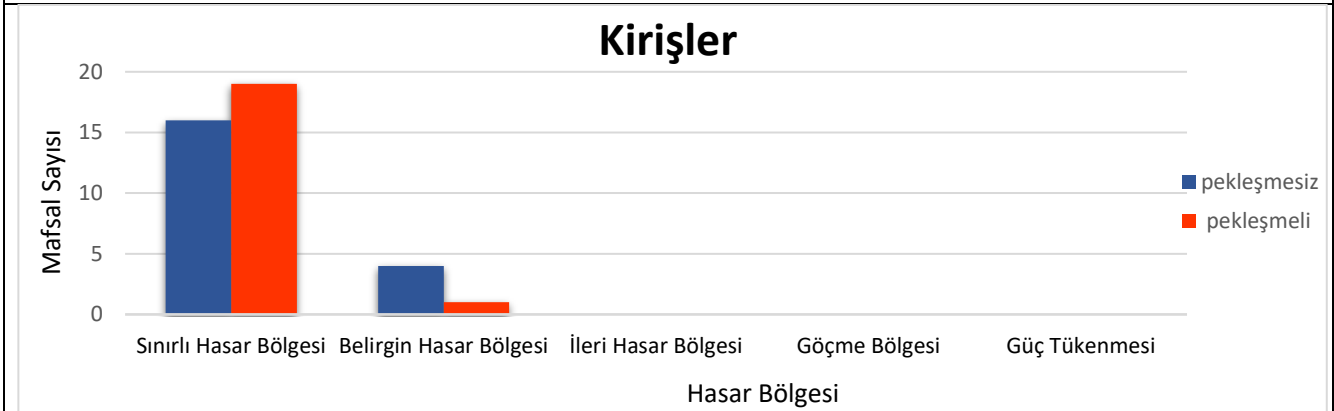
PERFORMANS DÜZEYLERİ



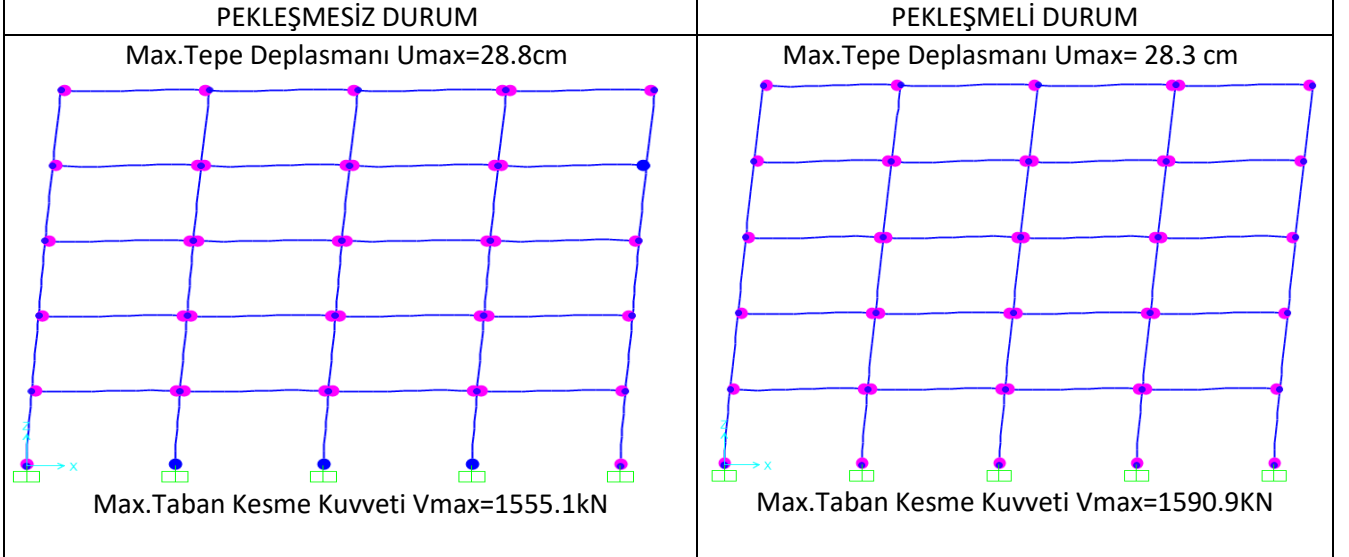
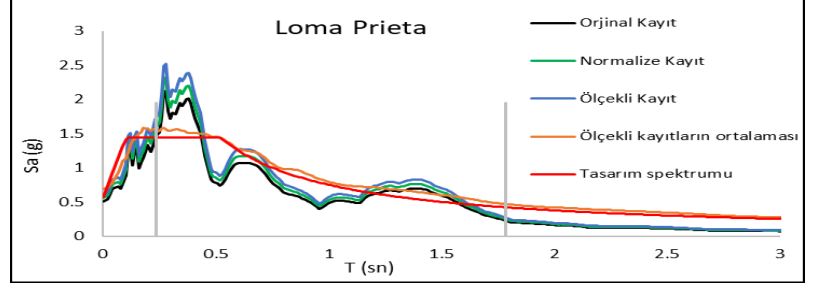
Deprem No:30- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Coolwater
Bileşen:	TR
Zaman Adımı (sn):	0,0039



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:31-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Capitola
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005

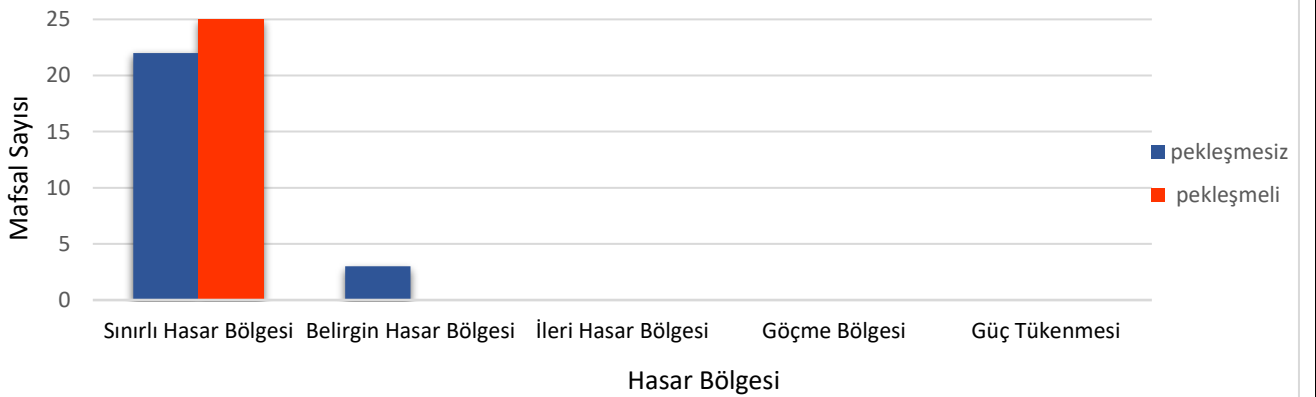


PERFORMANS DÜZEYLERİ

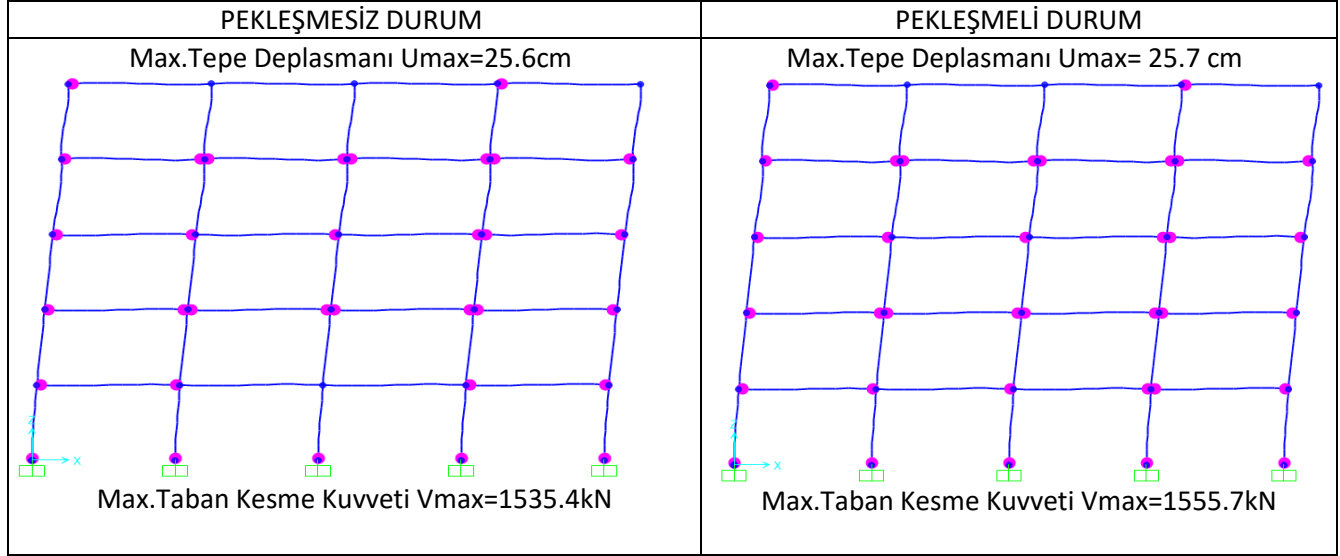
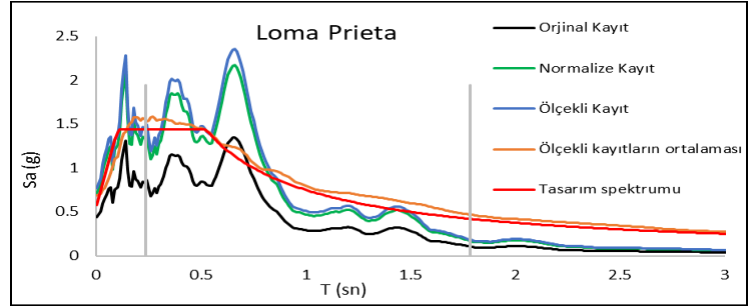
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:32- Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Capitola
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005

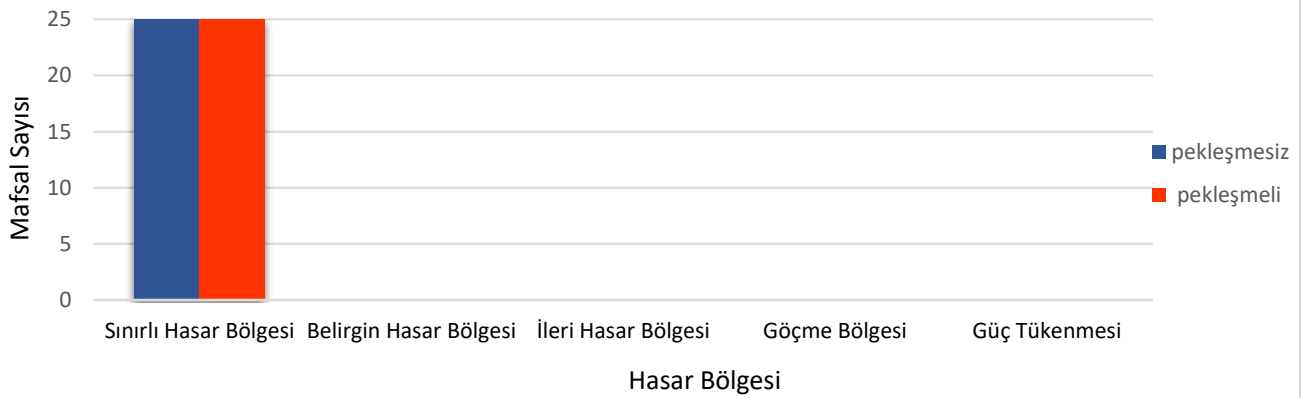


PERFORMANS DÜZEYLERİ

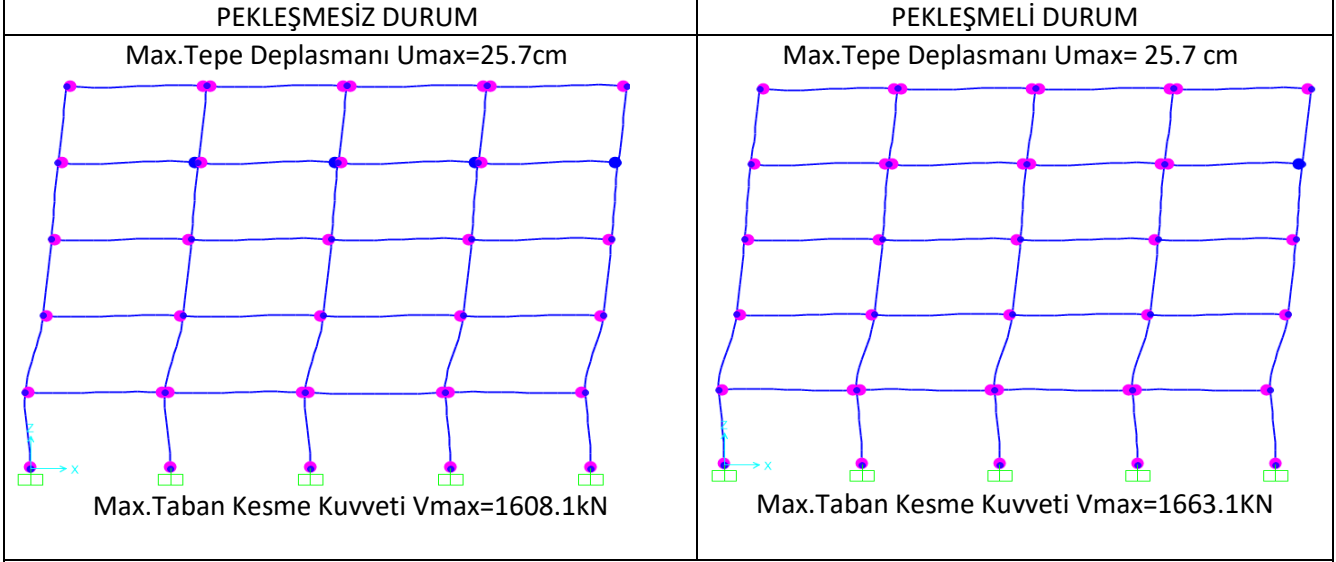
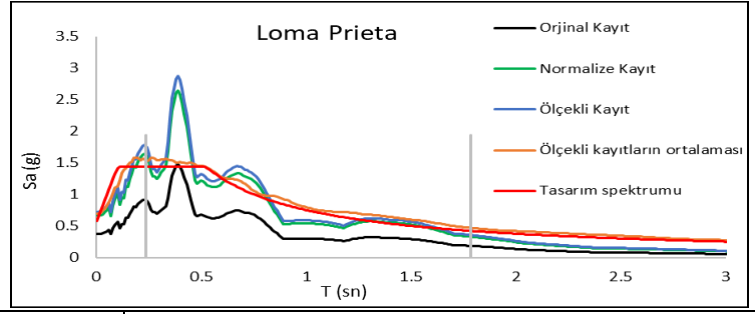
Kirişler



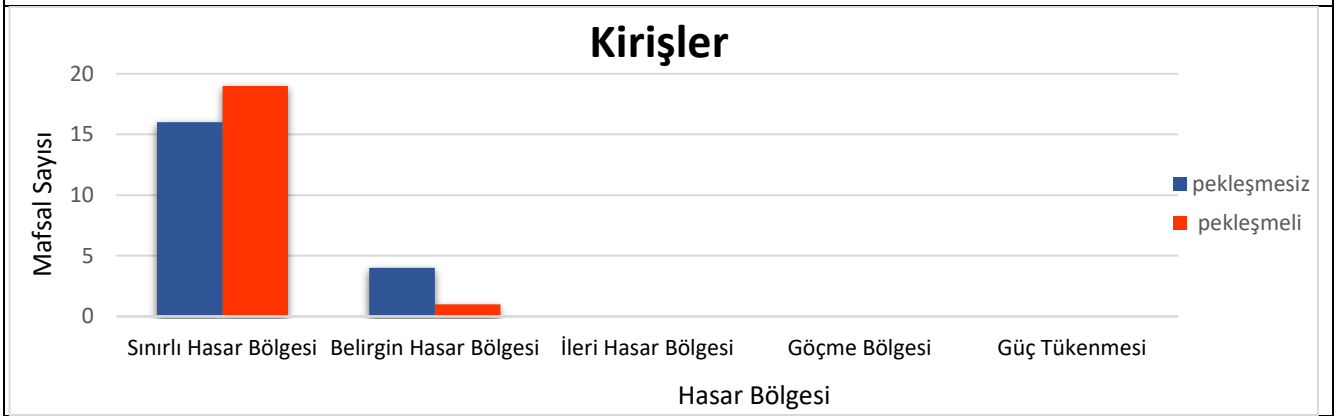
Kolonlar



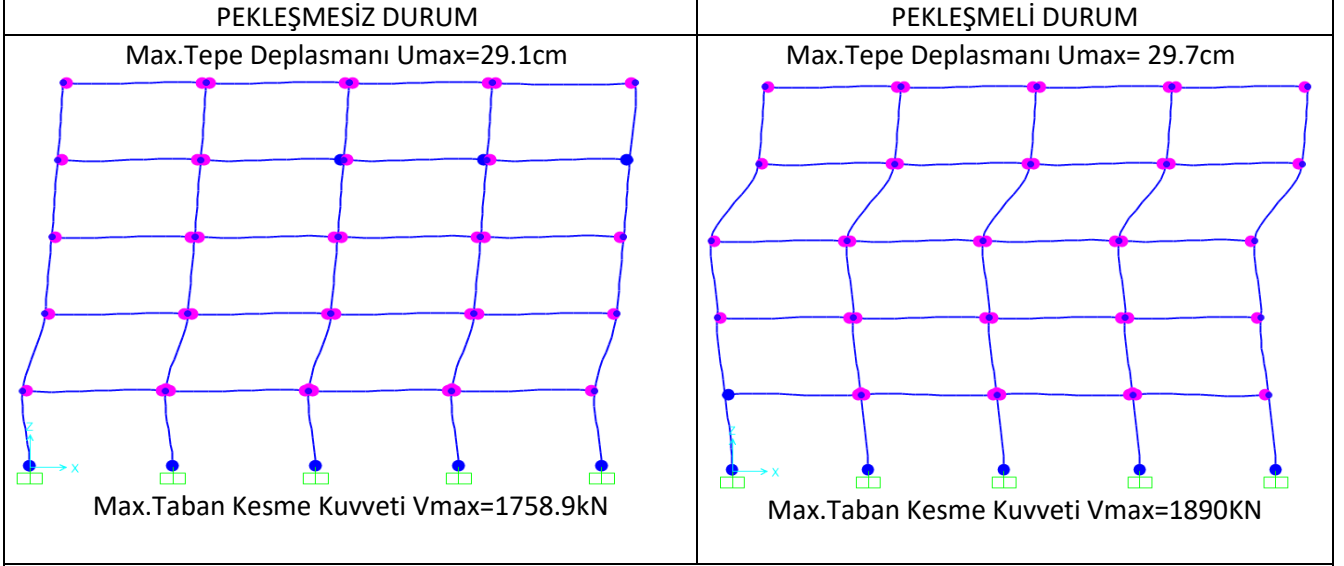
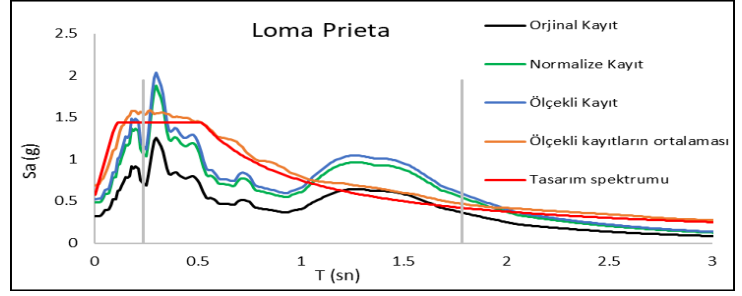
Deprem No:33-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Gilroy Array
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



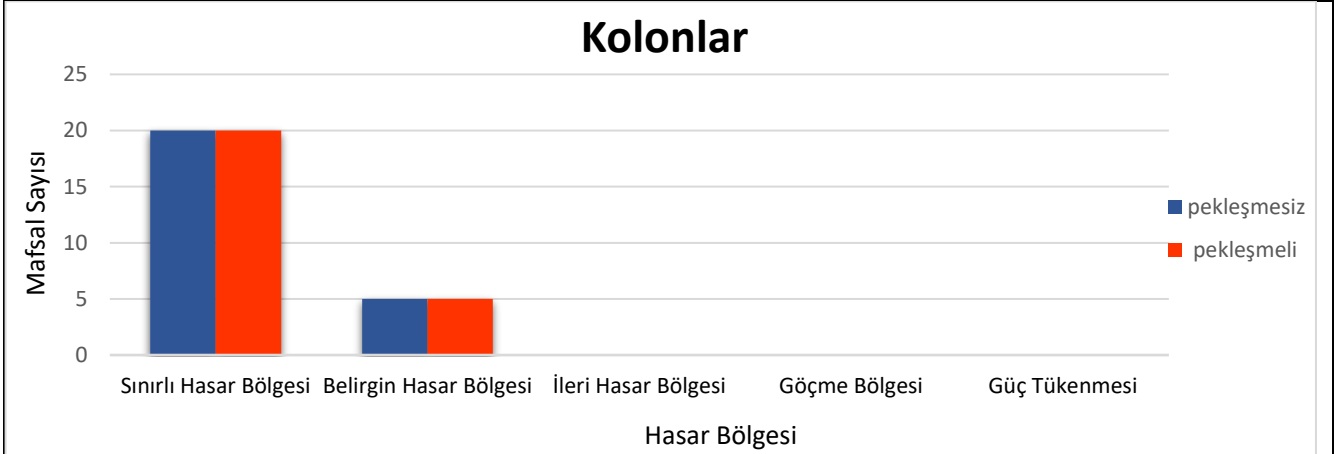
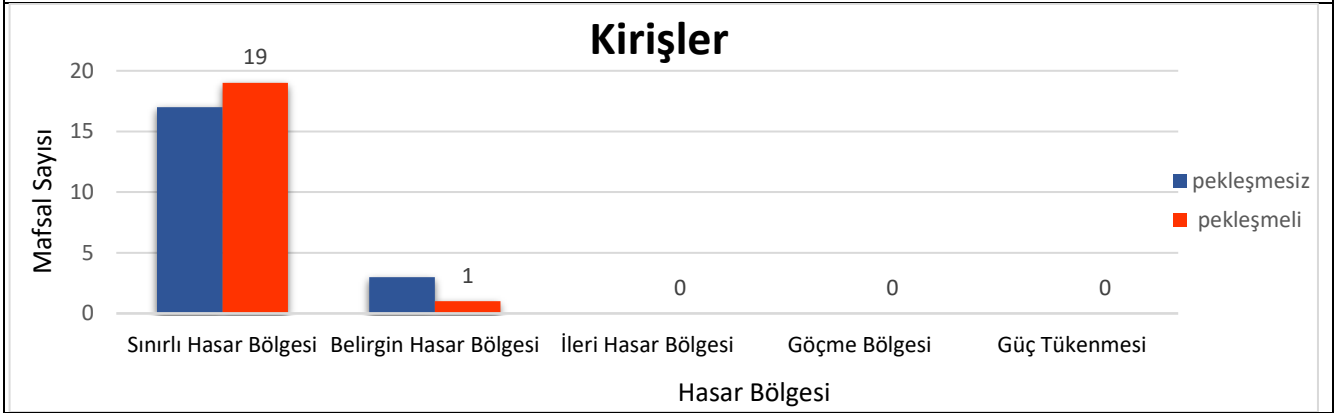
PERFORMANS DÜZEYLERİ



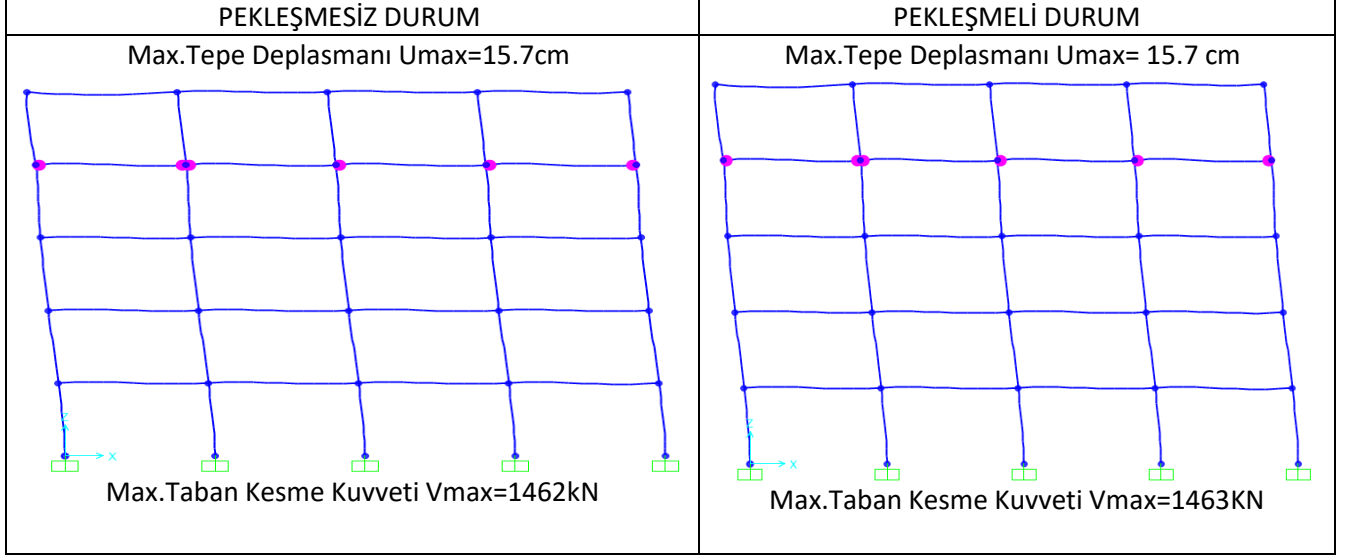
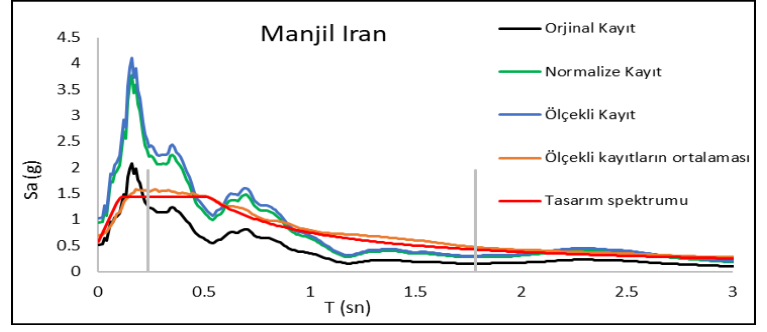
Deprem No:34-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Gilroy Array
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



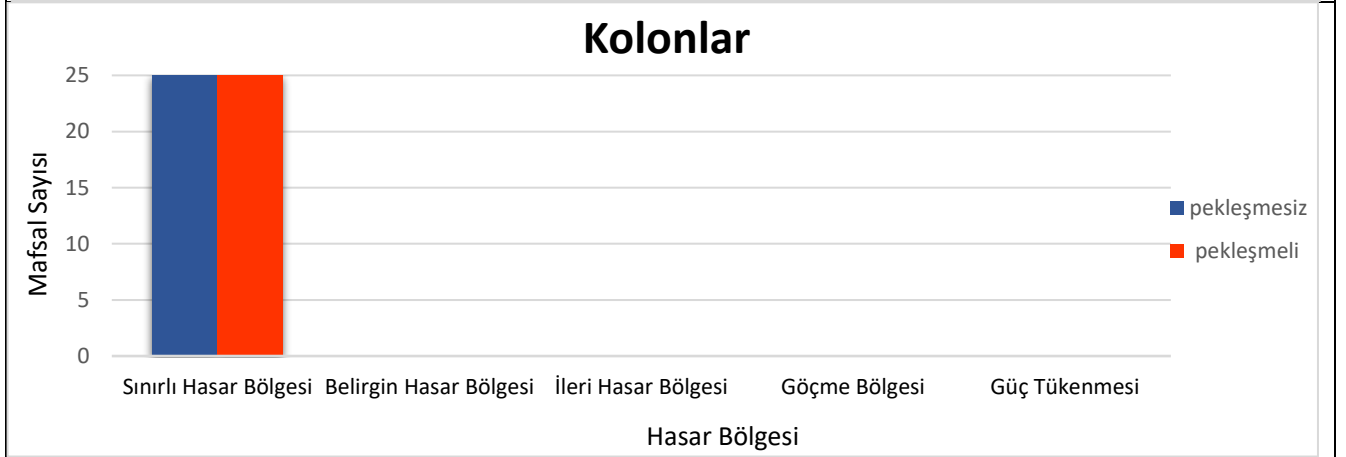
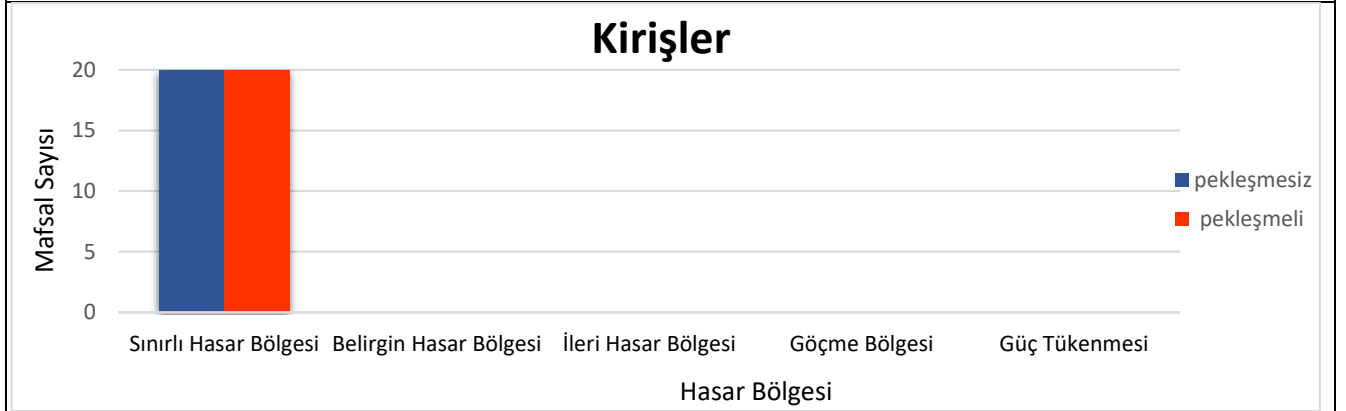
PERFORMANS DÜZEYLERİ



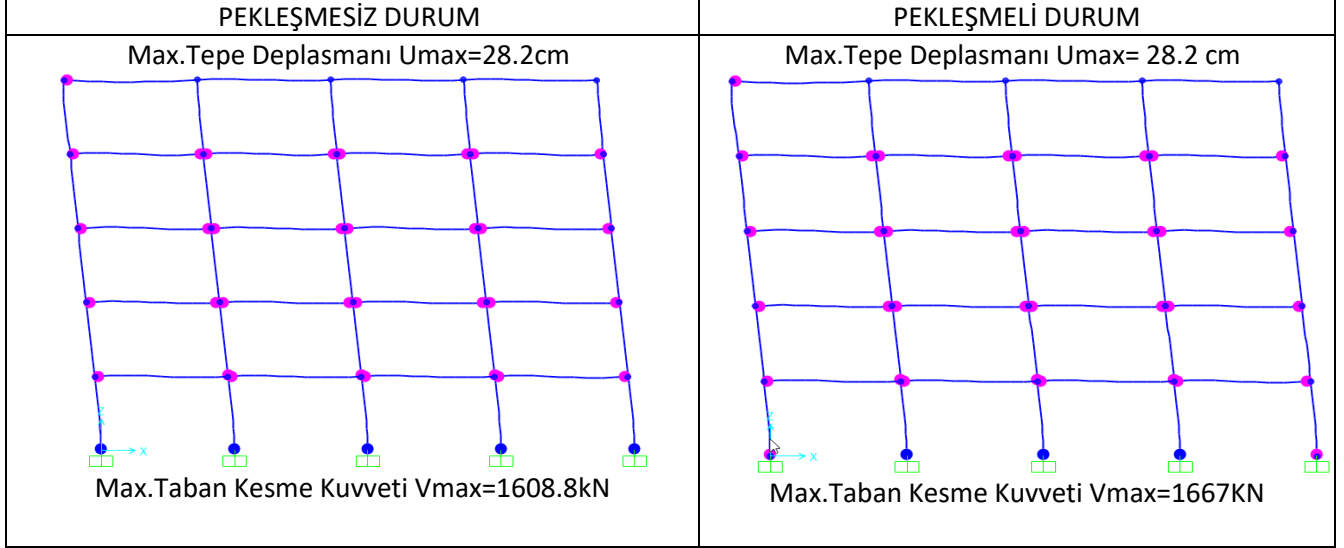
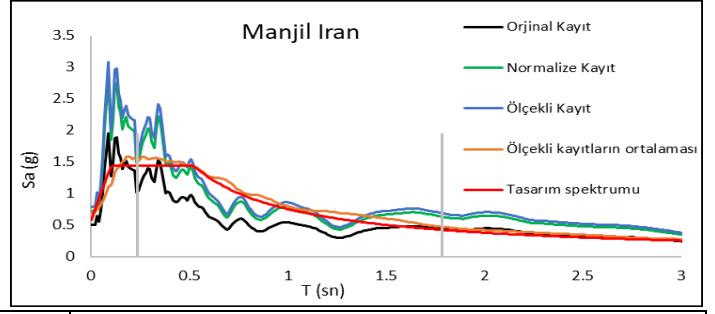
Deprem No:35-Manjil Iran	
Tarihi:	6/20/1990
İstasyon Adı:	Abbar
Bileşen:	L
Zaman Adımı (sn):	0,02



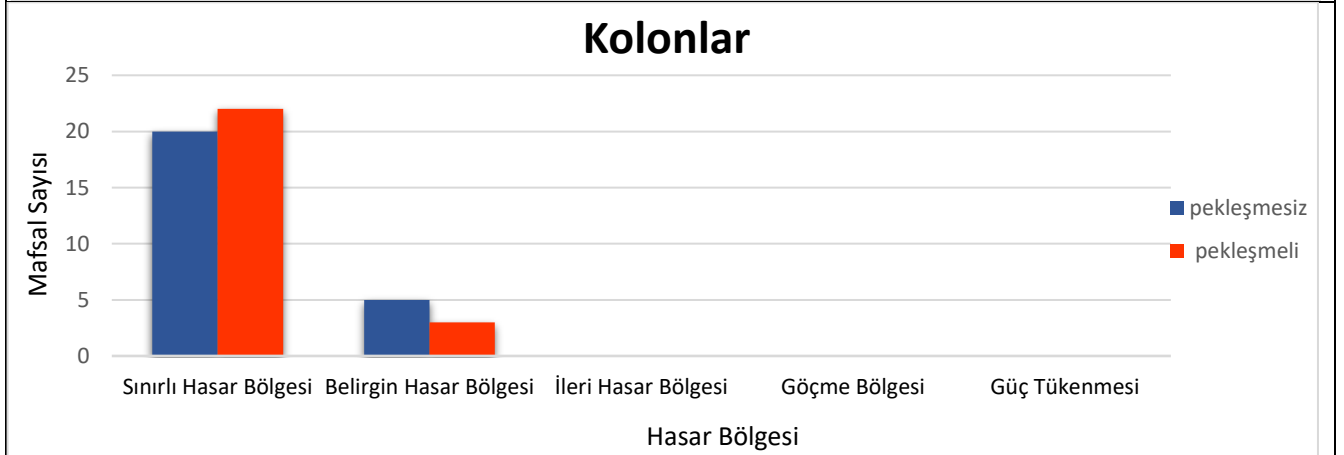
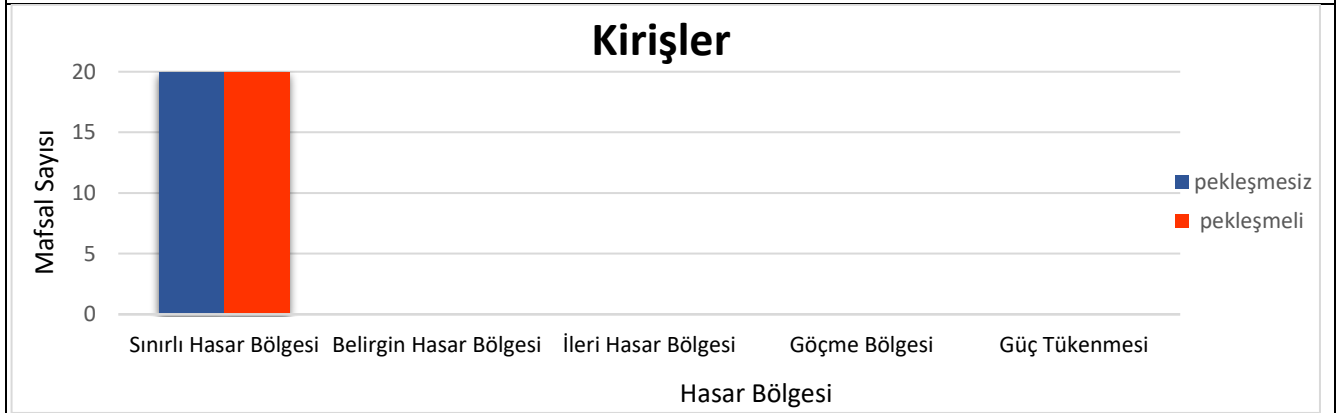
PERFORMANS DÜZEYLERİ



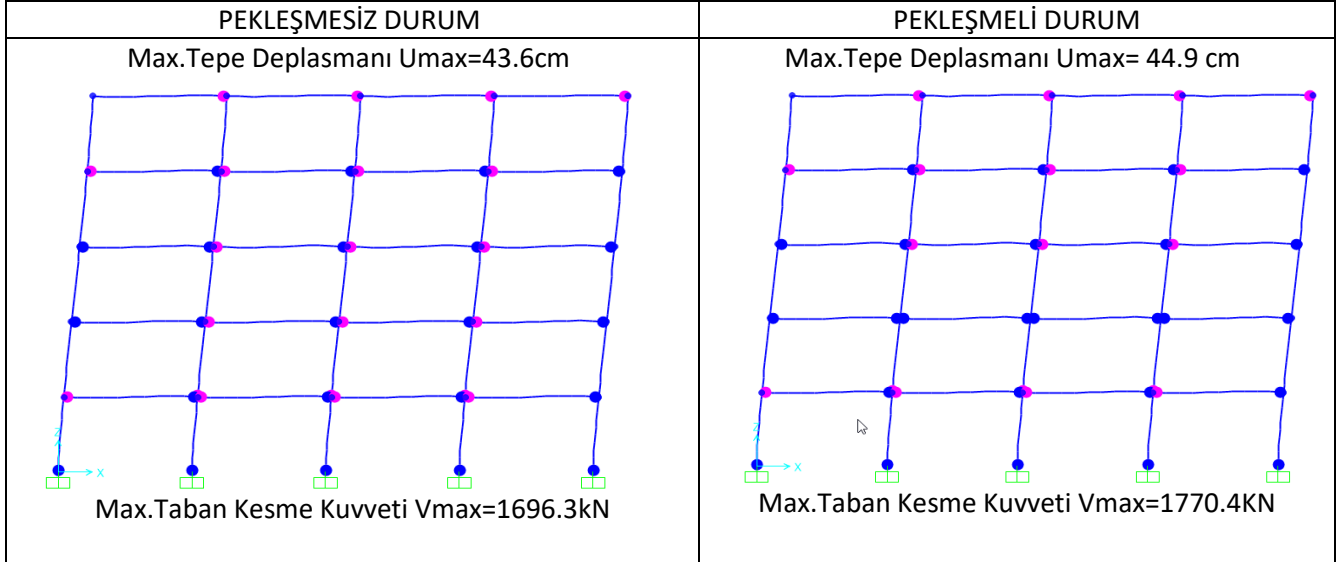
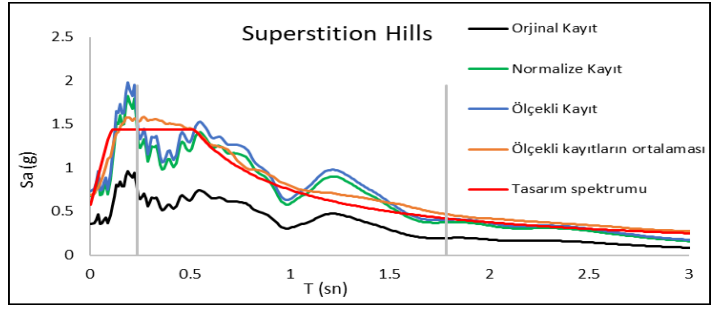
Deprem No:36-Manjil Iran	
Tarihi:	6/20/1990
İstasyon Adı:	Abbar
Bileşen:	T
Zaman Adımı (sn):	0,02



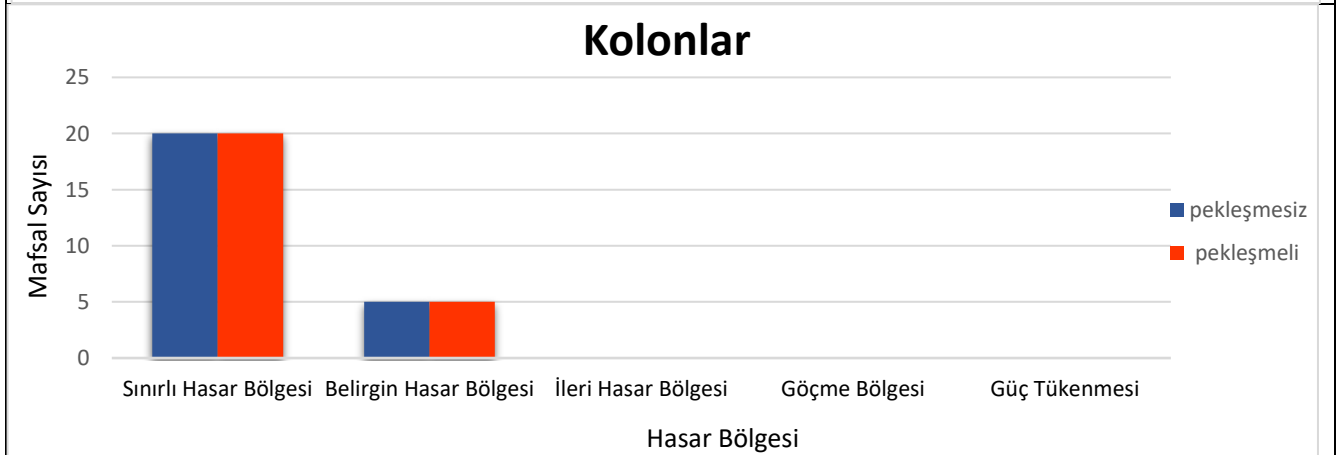
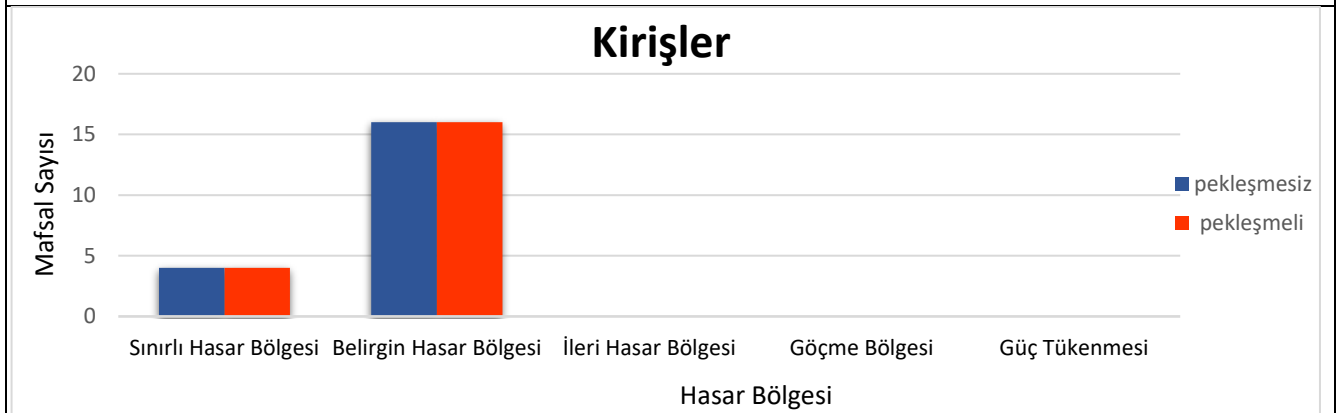
PERFORMANS DÜZEYLERİ



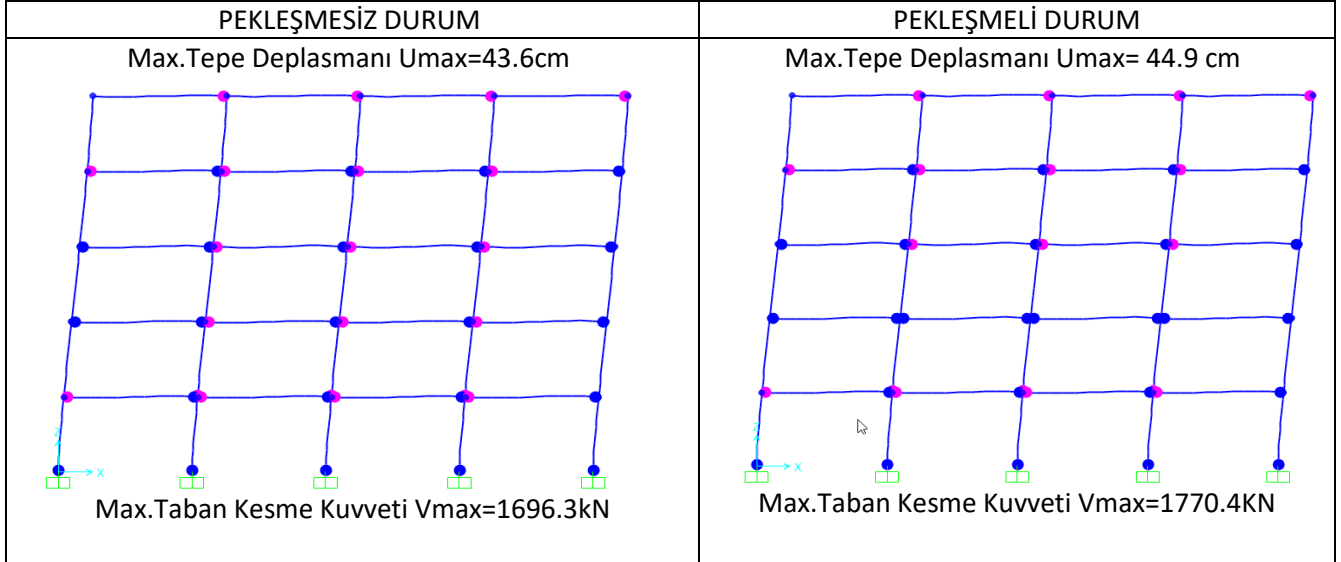
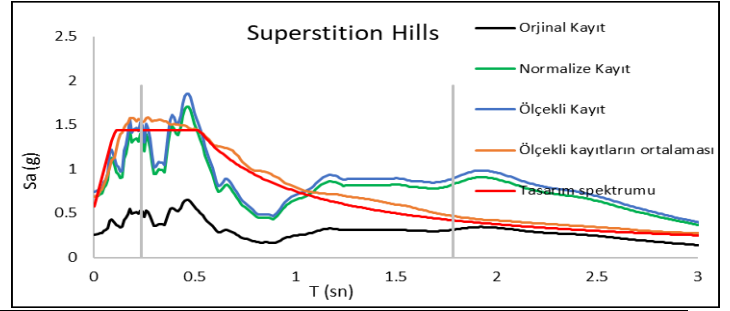
Deprem No:37- Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	El Centro Imp. Co. Cent
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



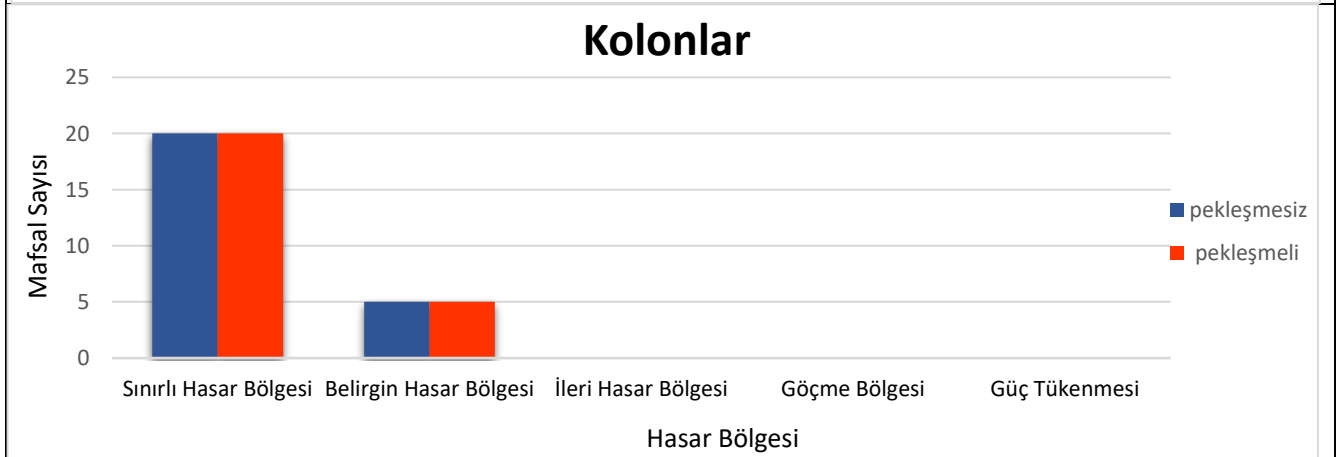
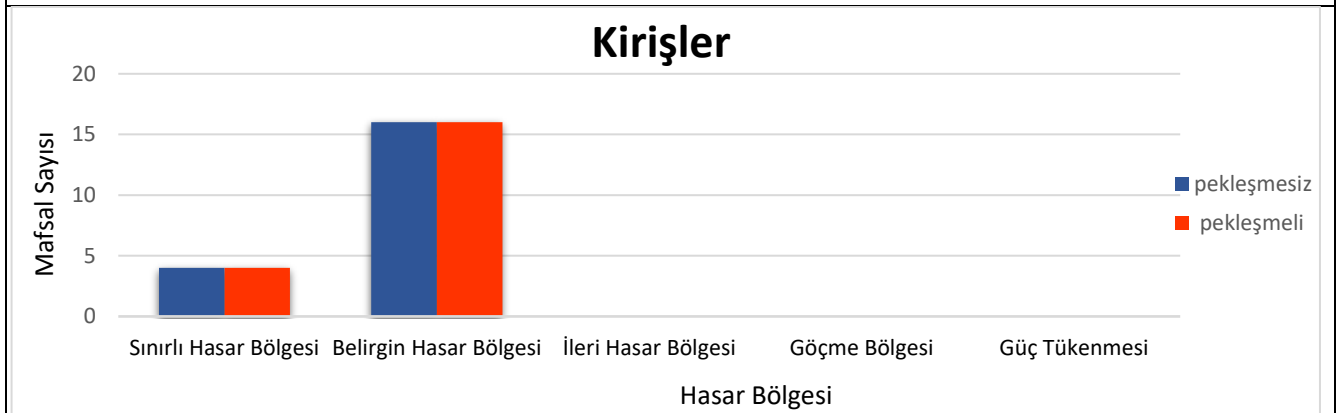
PERFORMANS DÜZEYLERİ



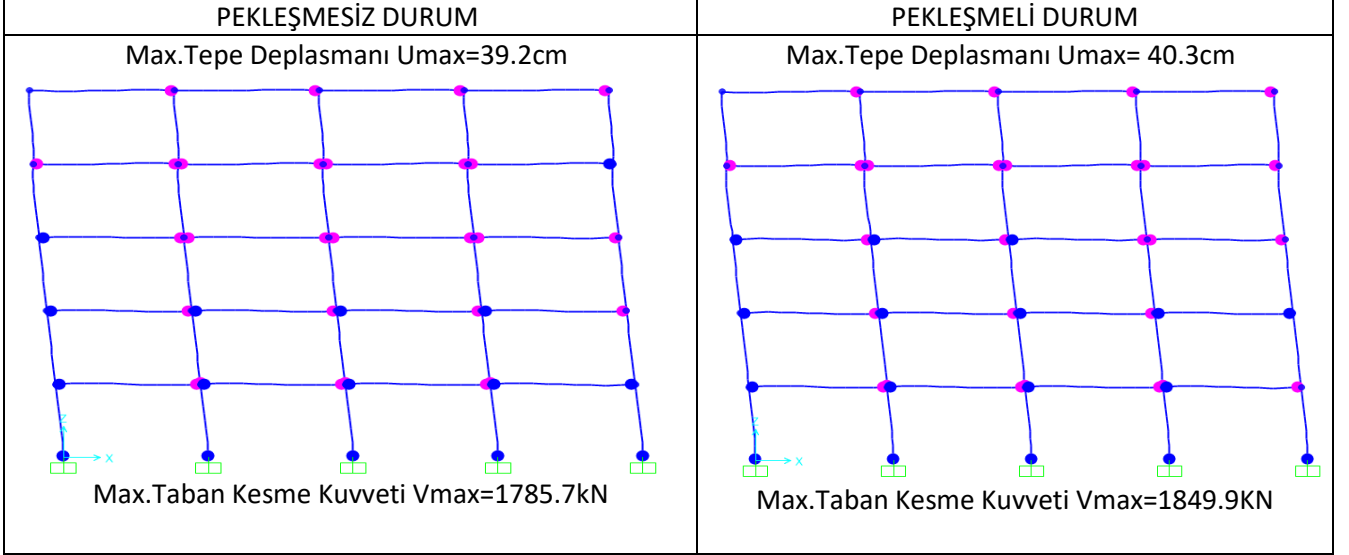
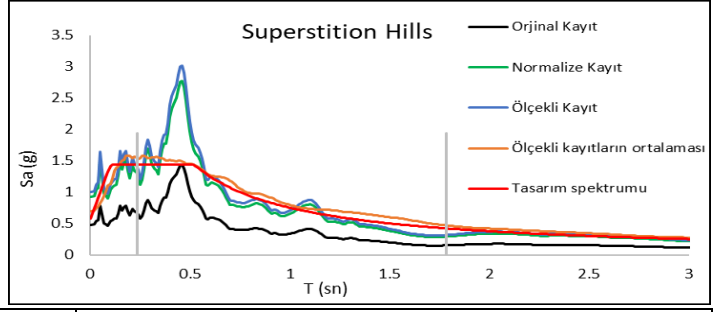
Deprem No:38-Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	El Centro Imp. Co. Cent
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

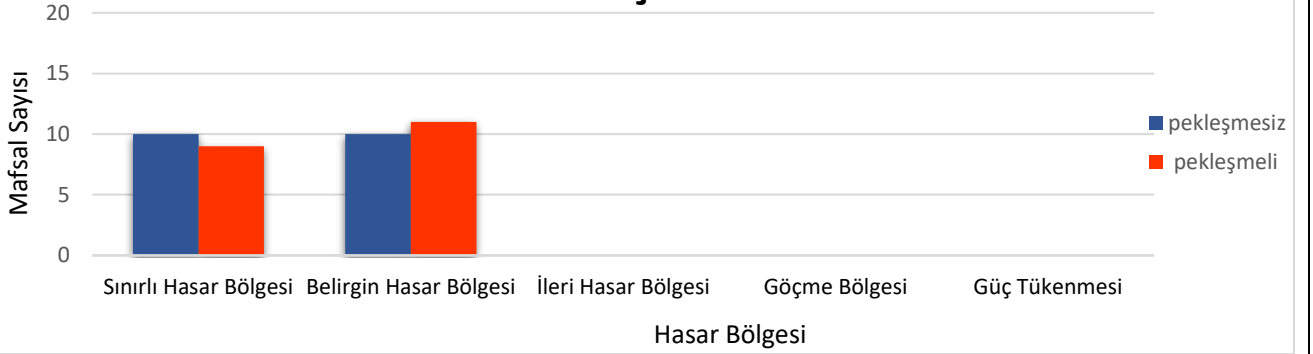


Deprem No:39- Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	Poe Road (temp)
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01

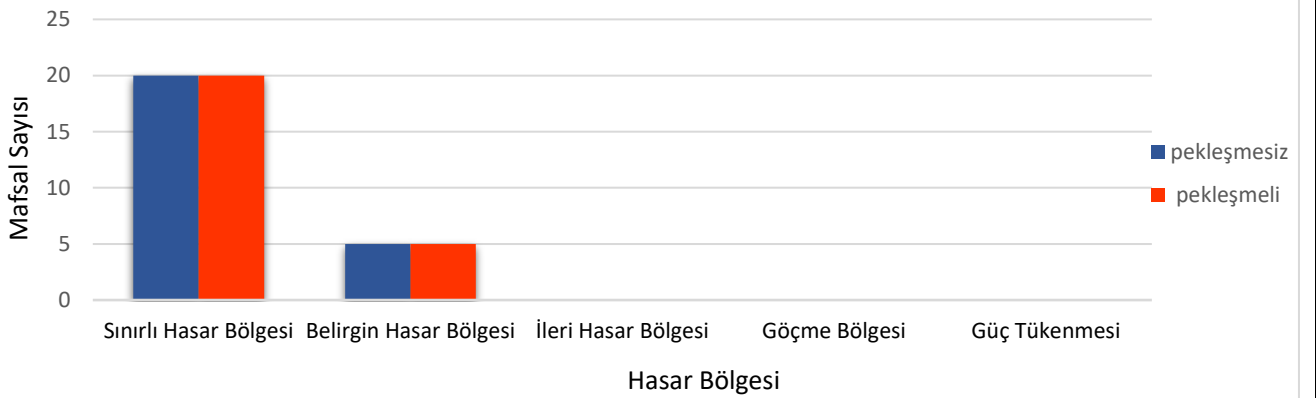


PERFORMANS DÜZEYLERİ

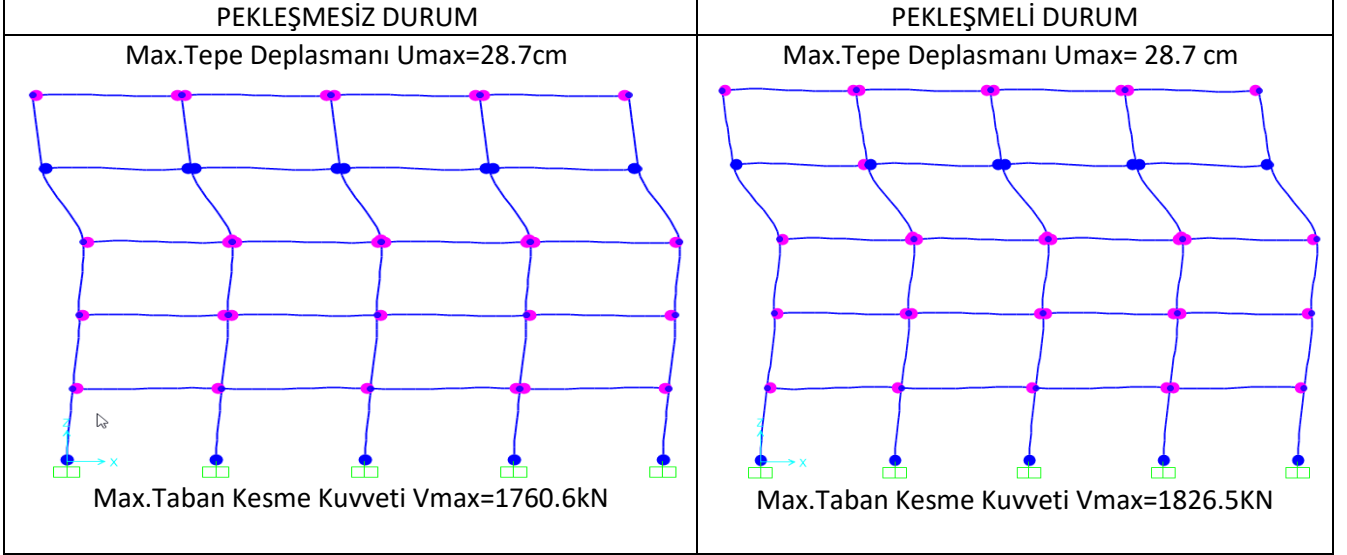
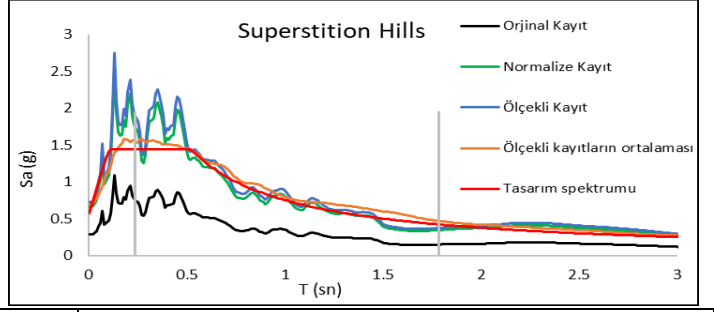
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:40-Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	Poe Road (temp)
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,01

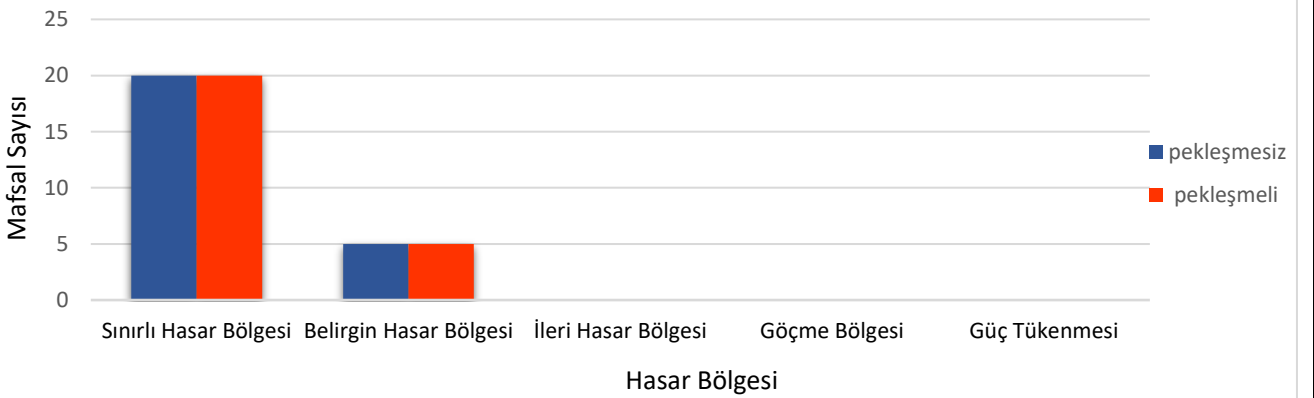


PERFORMANS DÜZEYLERİ

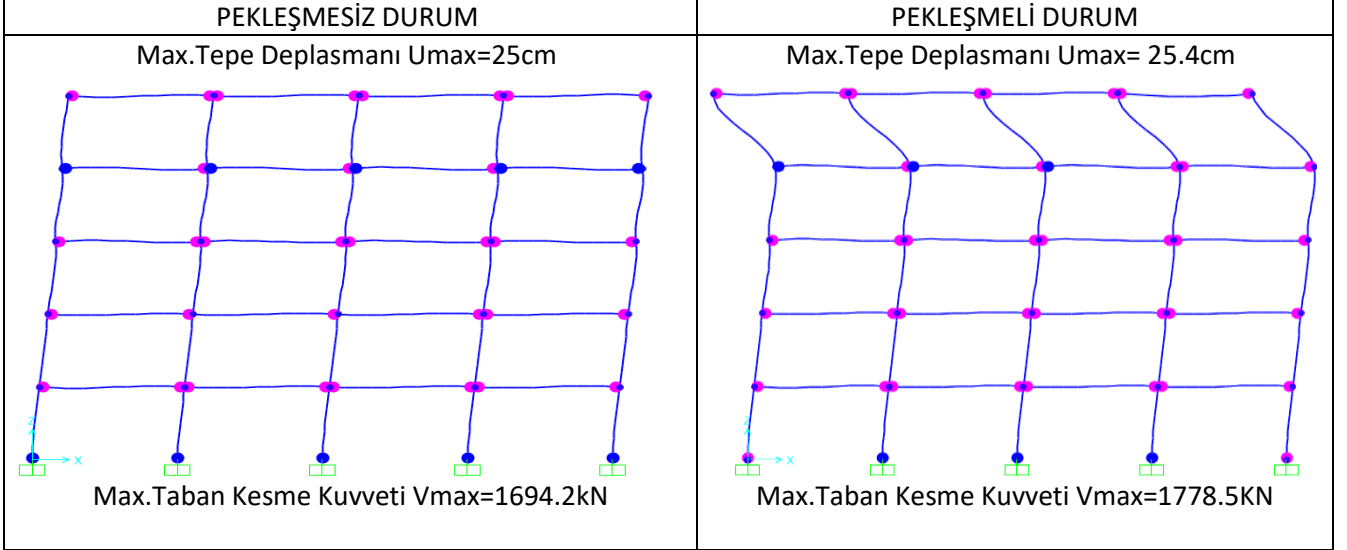
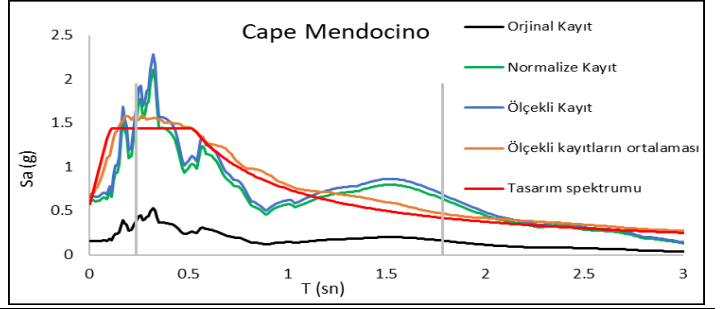
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:41-	Cape Mendocino,
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Eureka - Myrtle & West
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,02

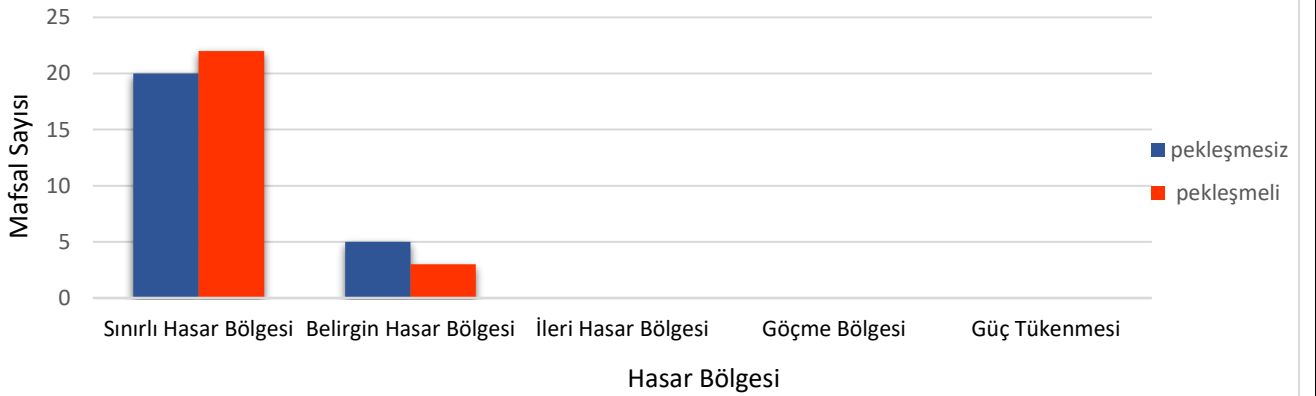


PERFORMANS DÜZEYLERİ

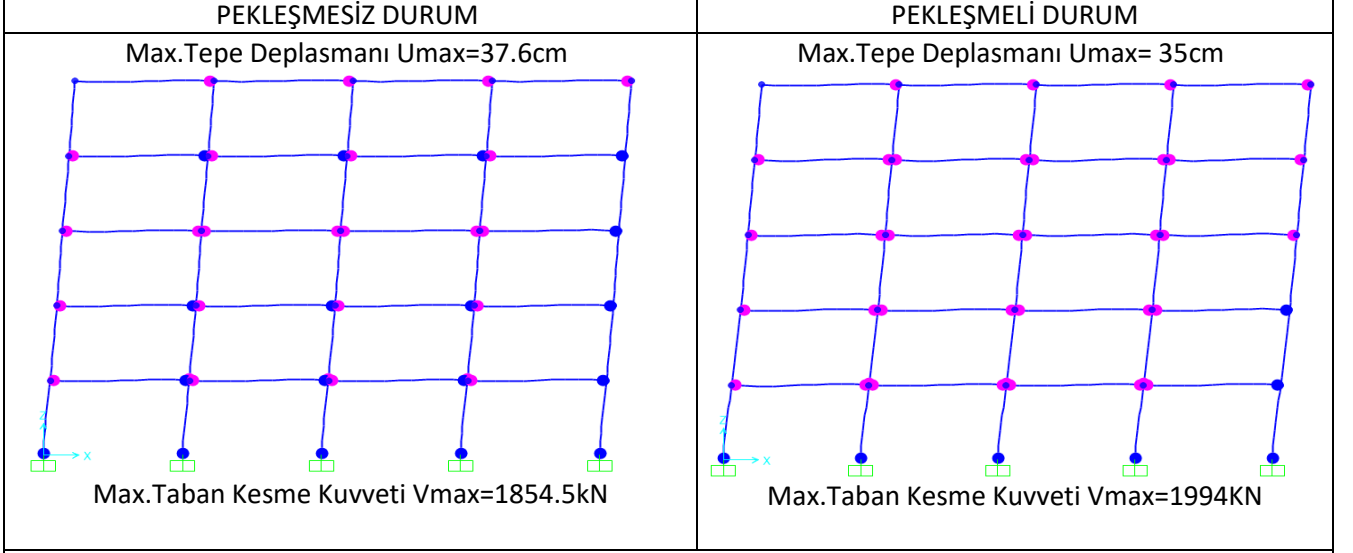
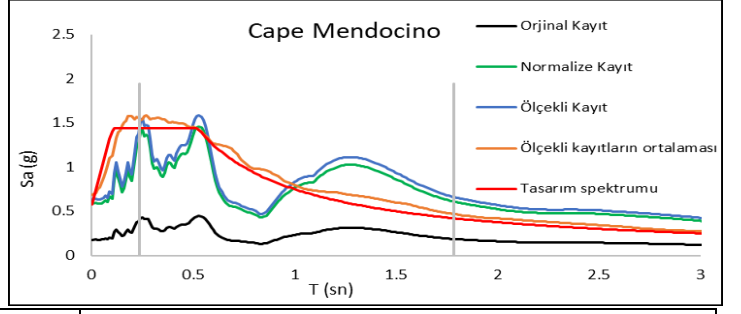
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:42-	Cape Mendocino,
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Eureka - Myrtle & West
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02

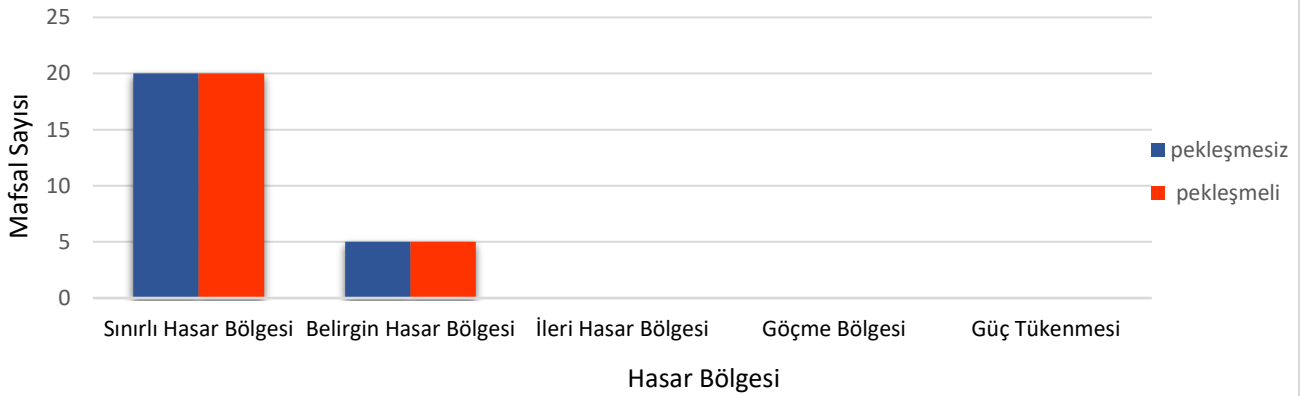


PERFORMANS DÜZEYLERİ

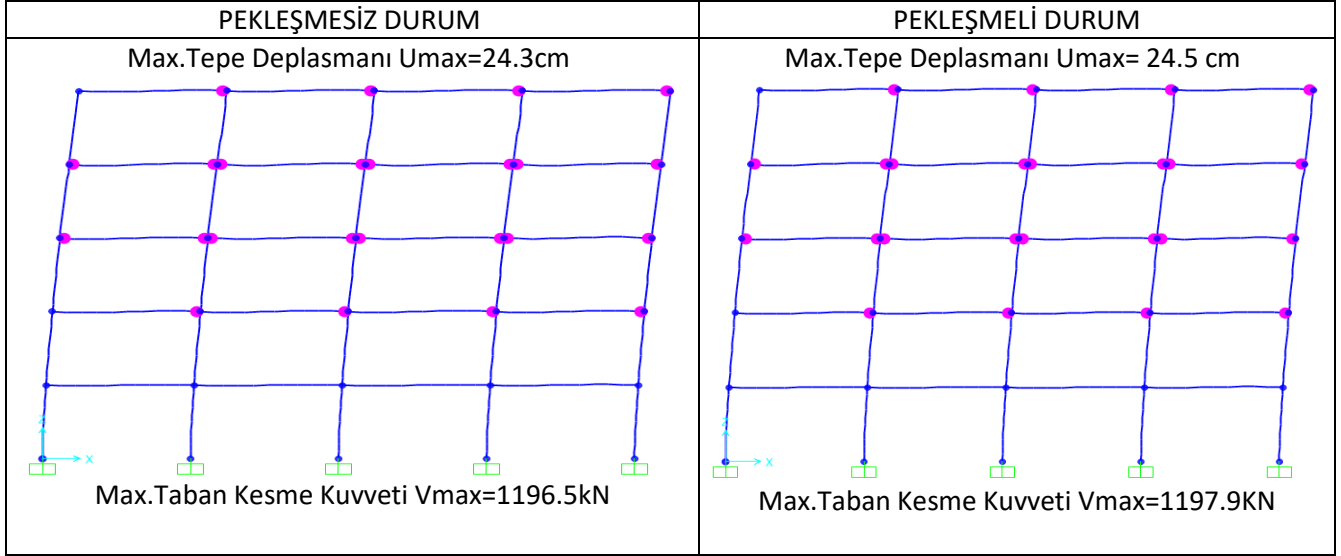
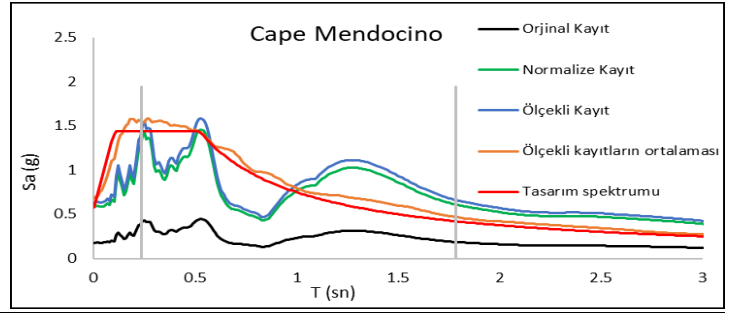
Kirişler



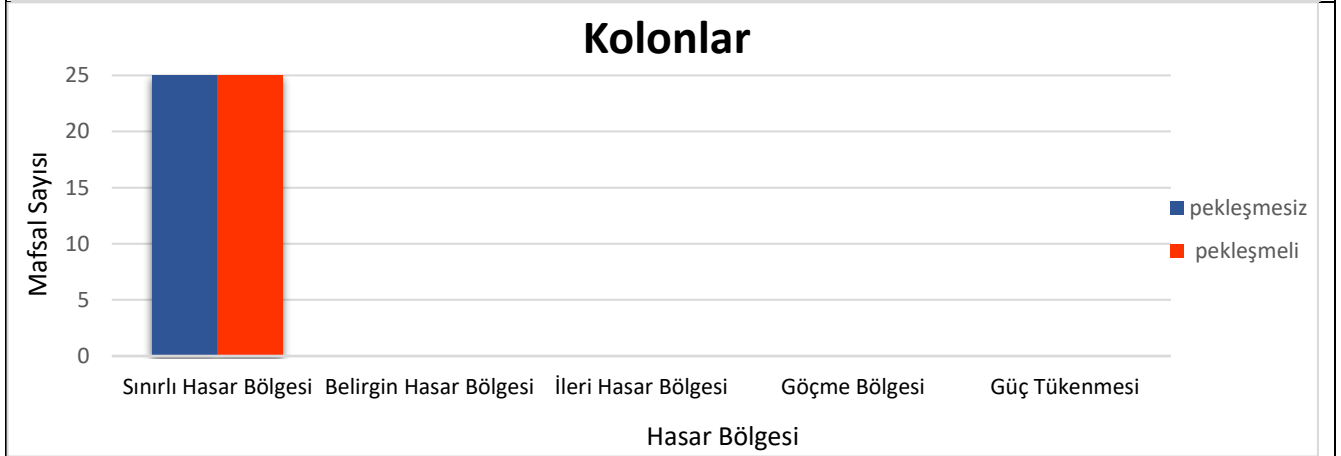
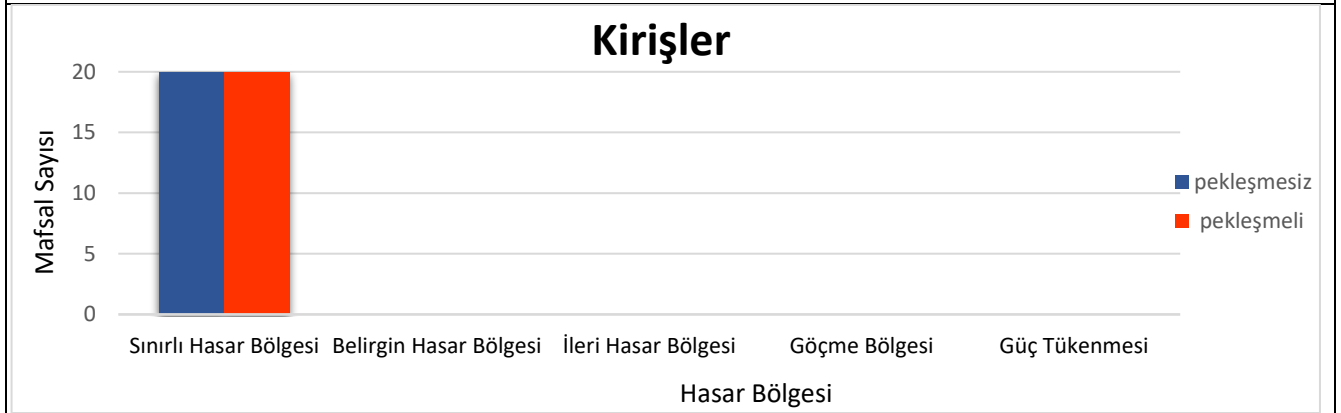
Kolonlar



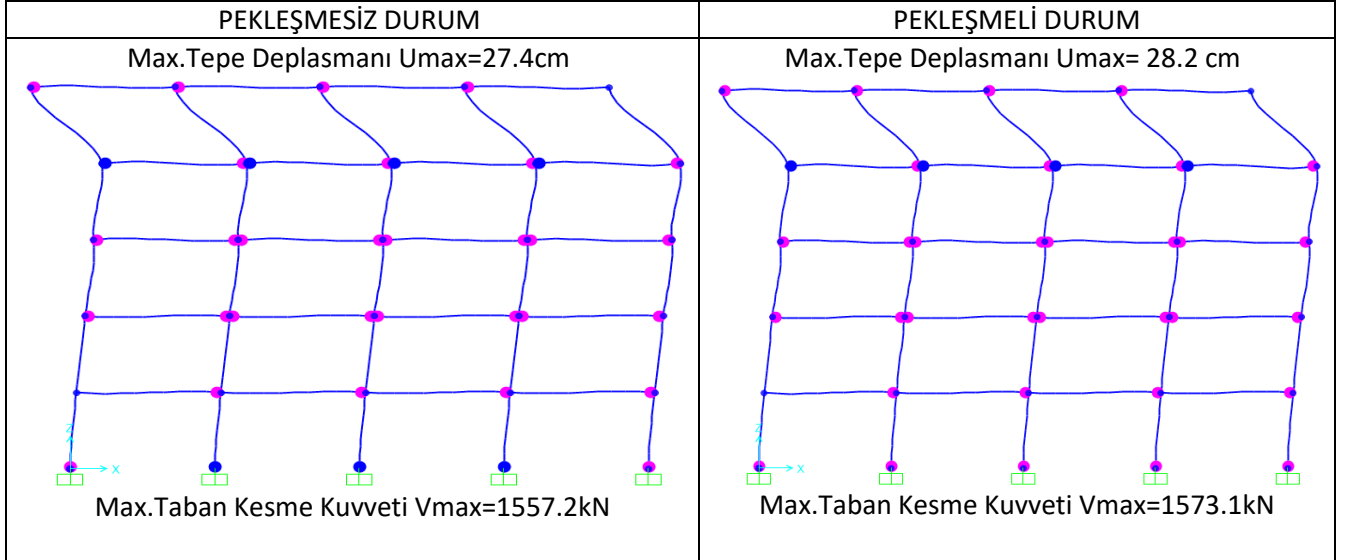
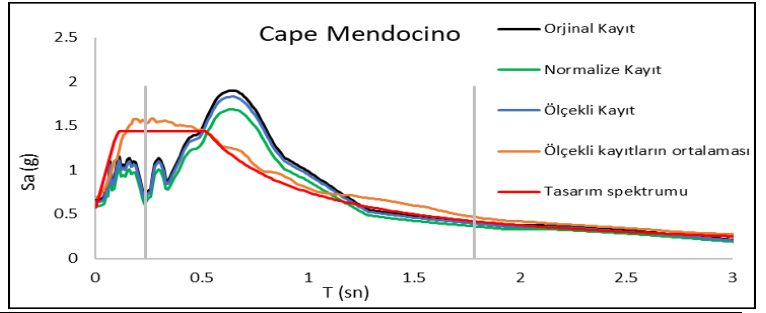
Deprem No:43- Cape Mendocino,	
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Petrolia
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,02



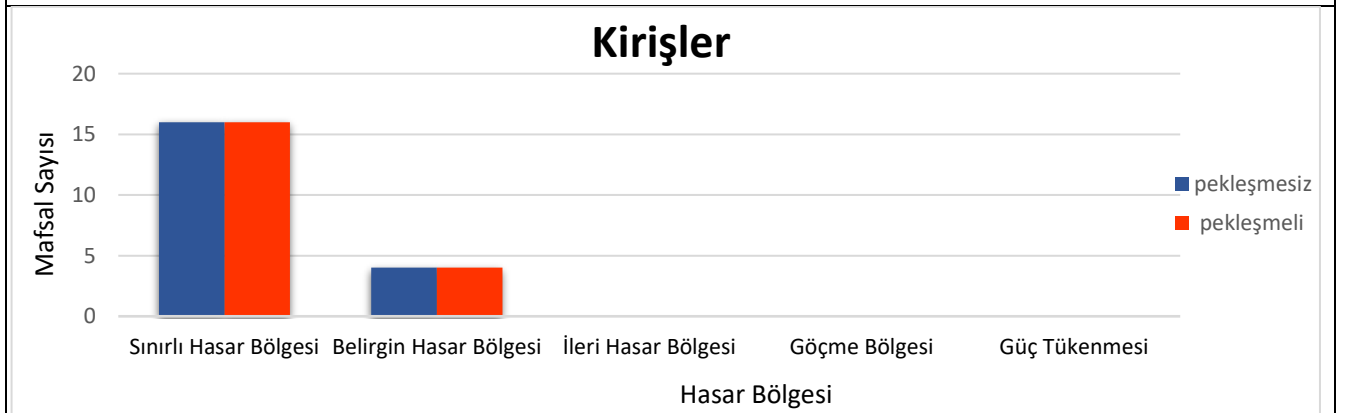
PERFORMANS DÜZEYLERİ



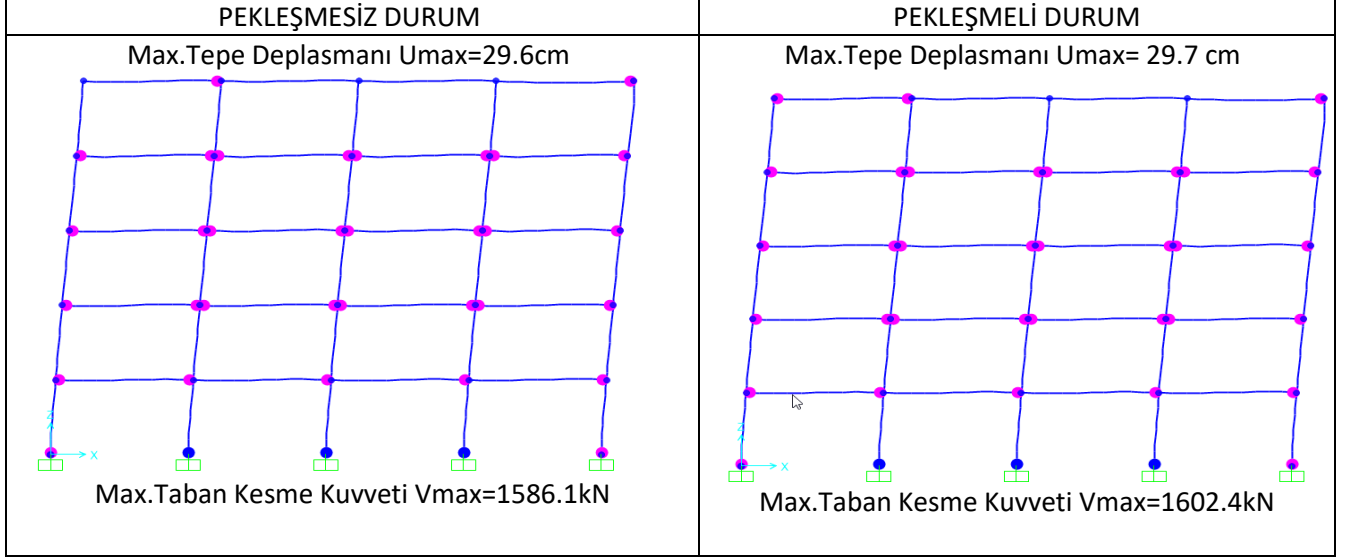
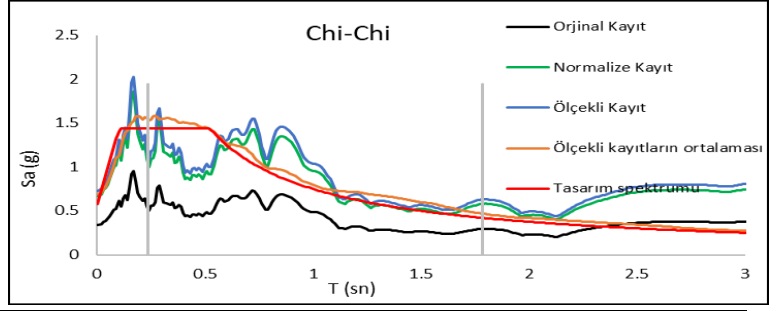
Deprem No:44-Cape Mendocino,	
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Petrolia
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



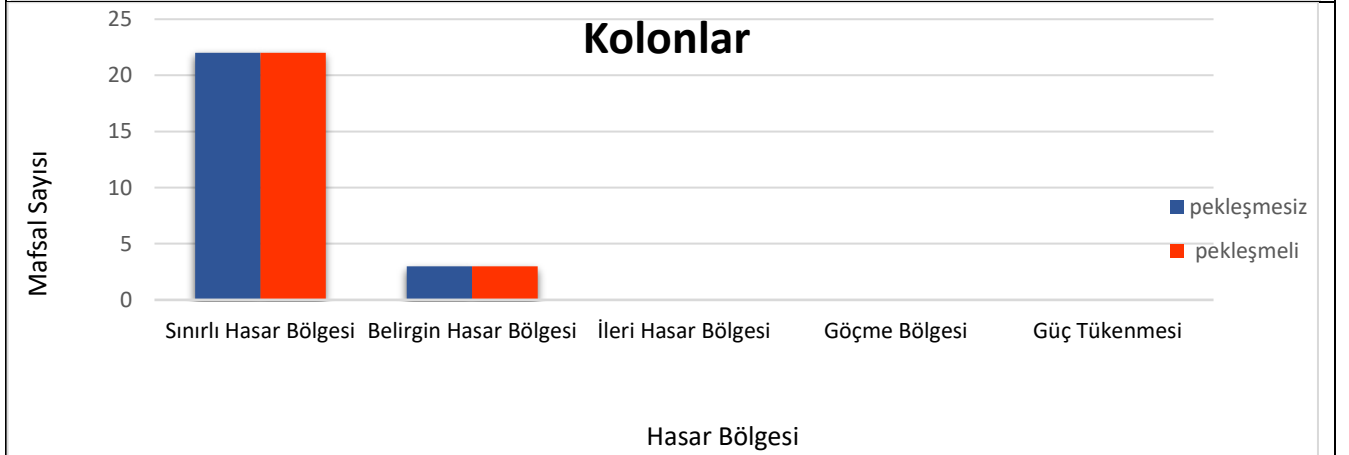
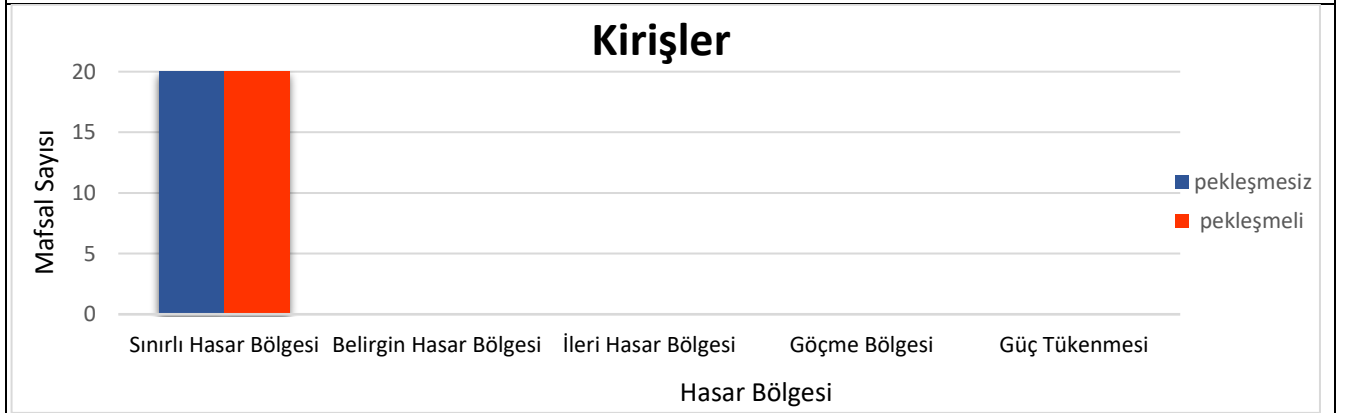
PERFORMANS DÜZEYLERİ



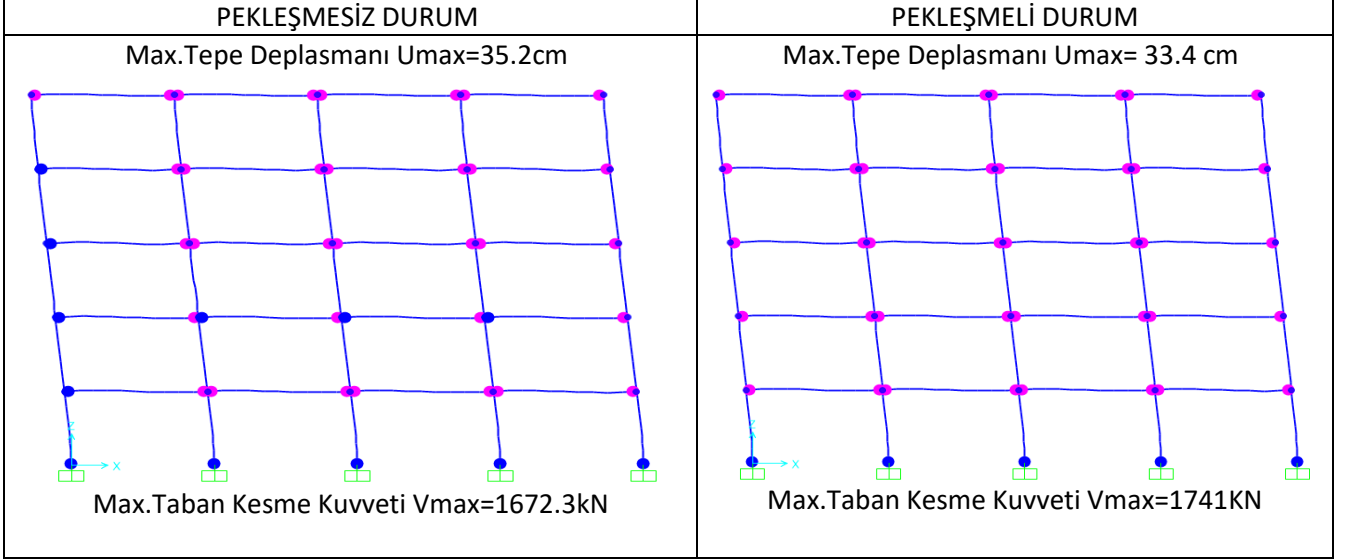
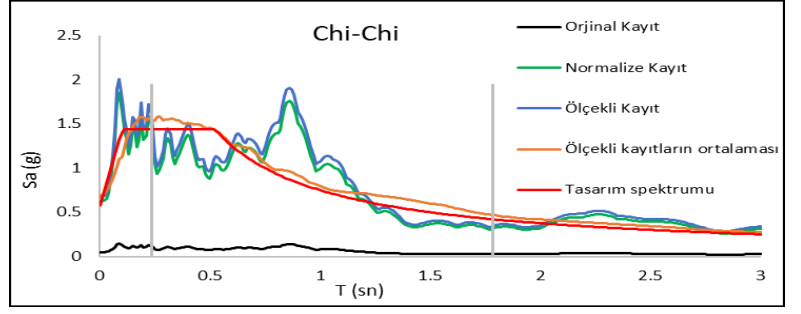
Deprem No:45-	Chi-Chi Taiwan
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	CHY101
Bileşen:	E
Zaman Adımı (sn):	0,005



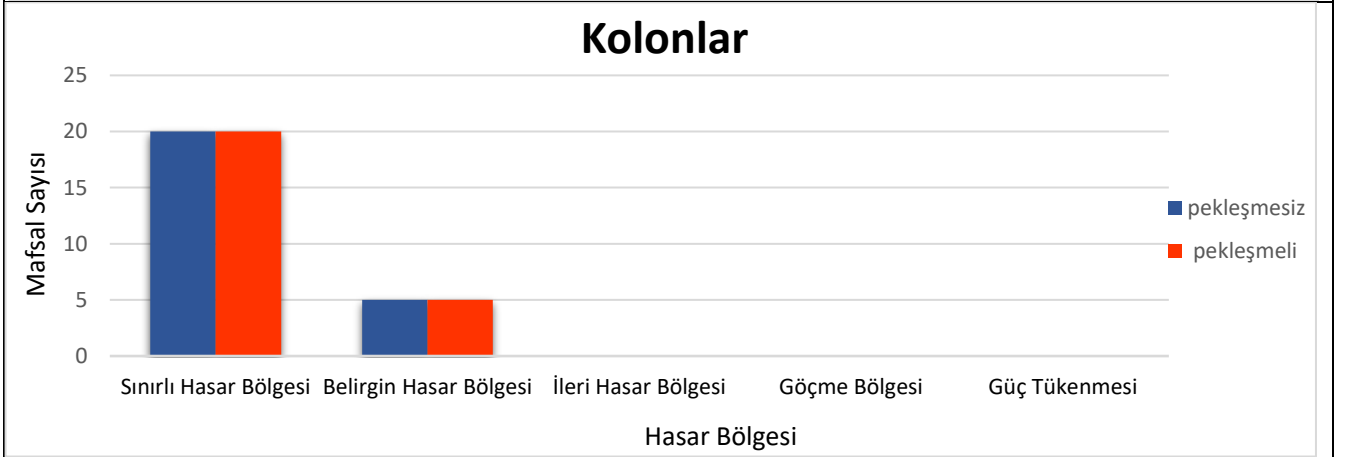
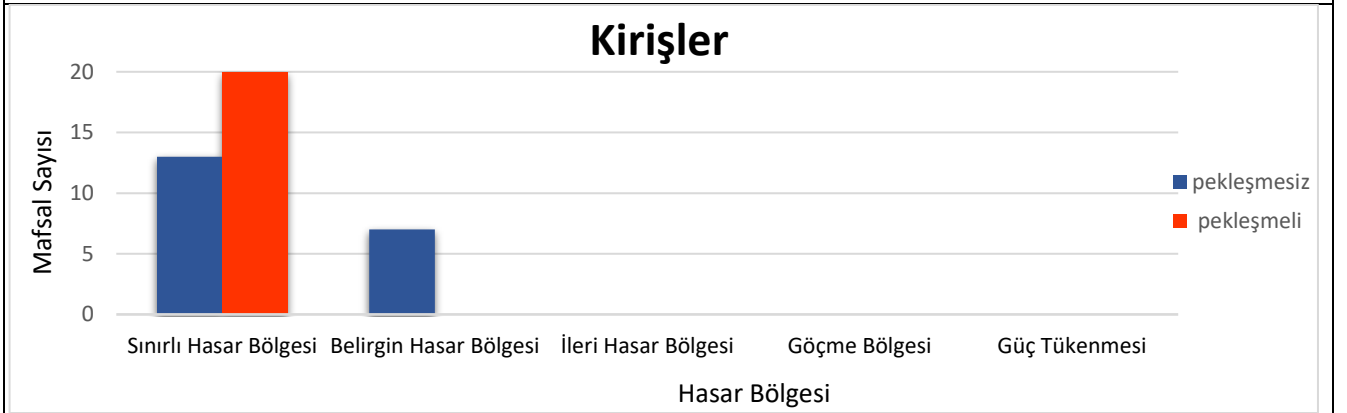
PERFORMANS DÜZEYLERİ



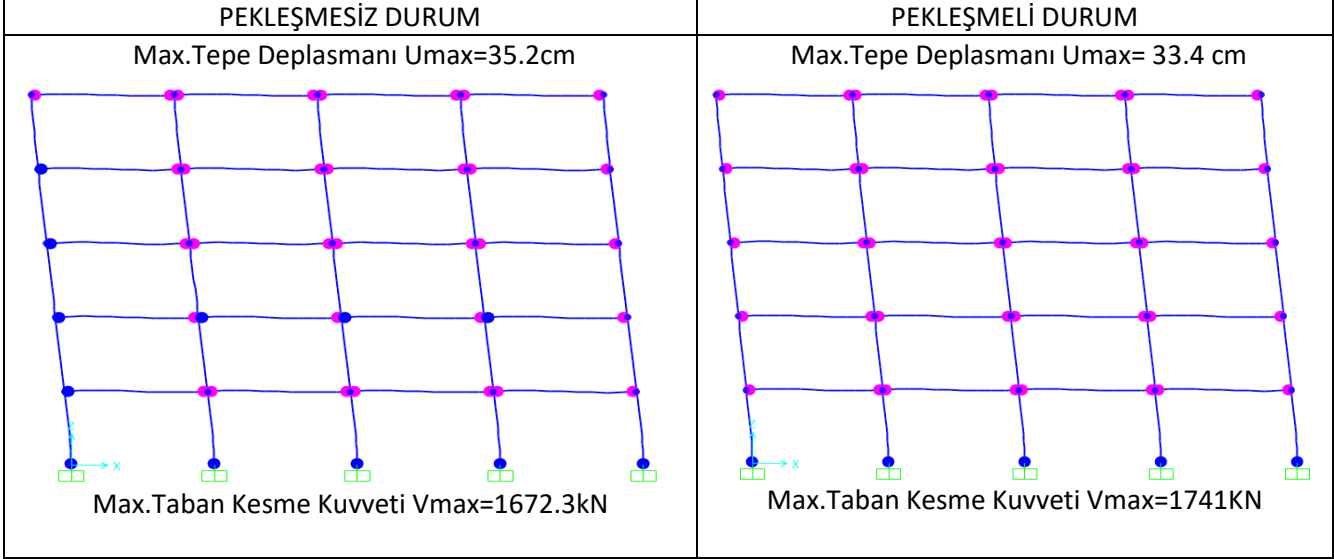
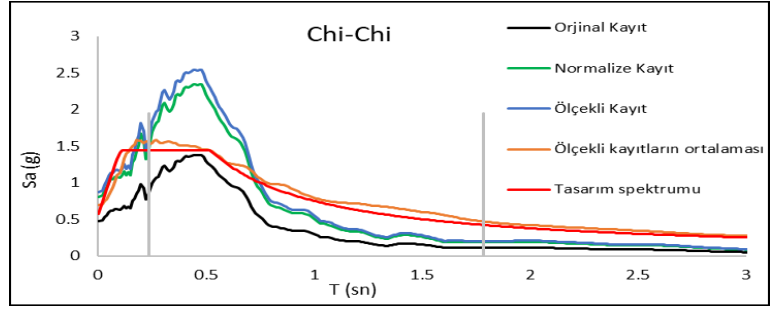
Deprem No:46-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	CHY101
Bileşen:	N
Zaman Adımı (sn):	0,005



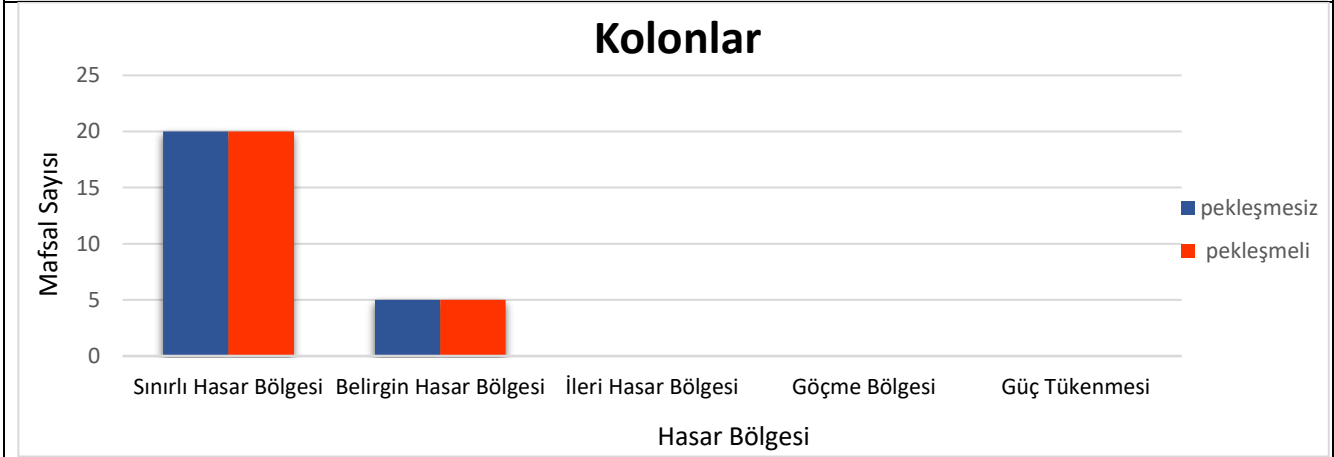
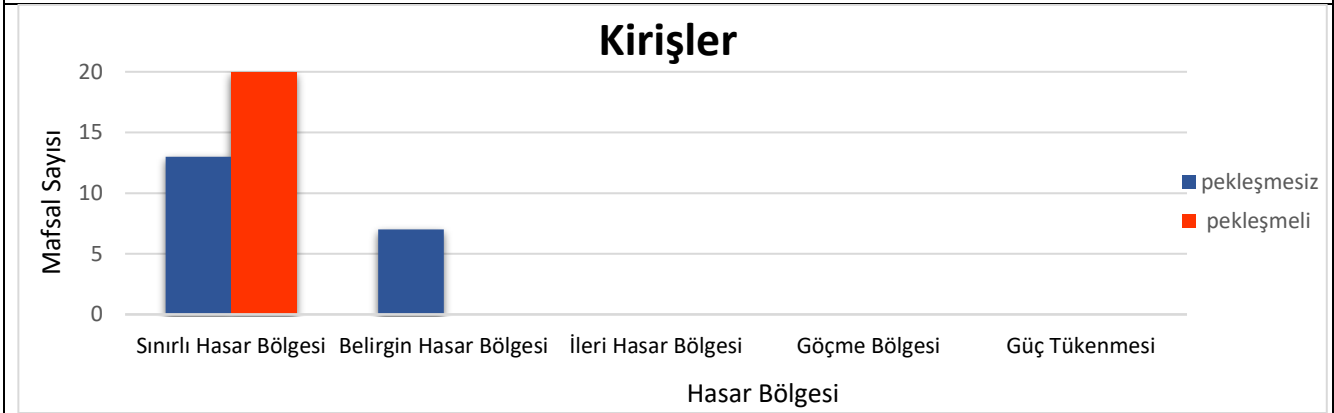
PERFORMANS DÜZEYLERİ



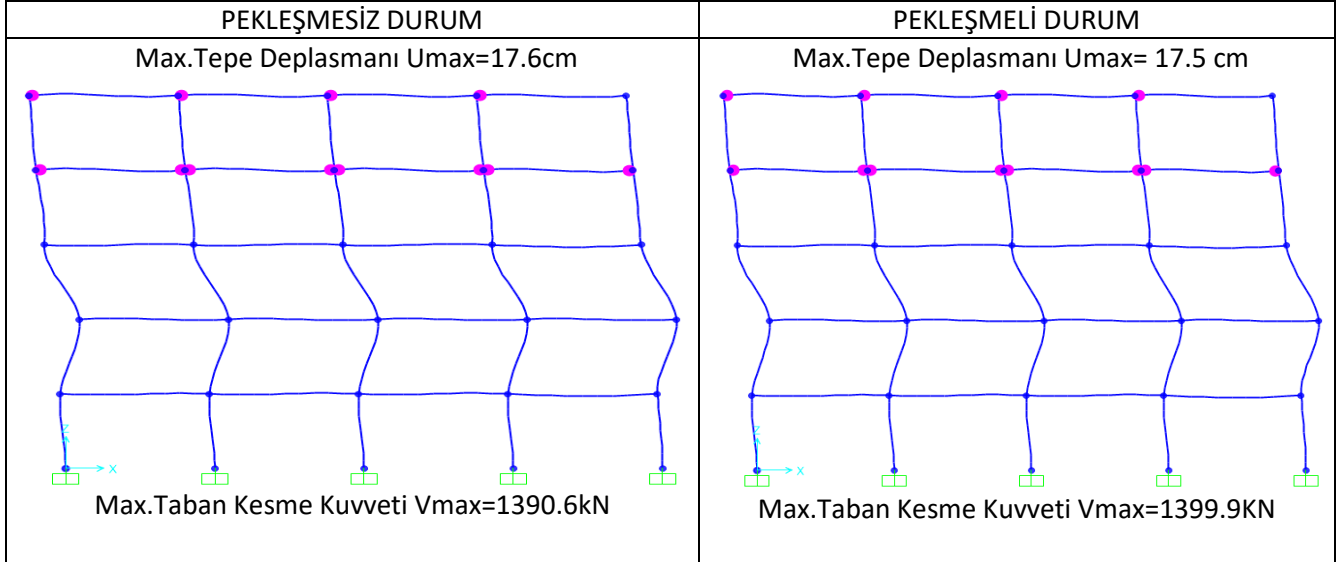
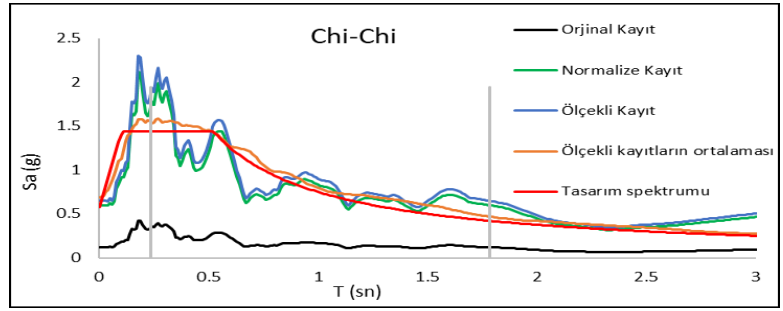
Deprem No:47-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	TCU045
Bileşen:	E
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:48-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	TCU045
Bileşen:	N
Zaman Adımı (sn):	0,005

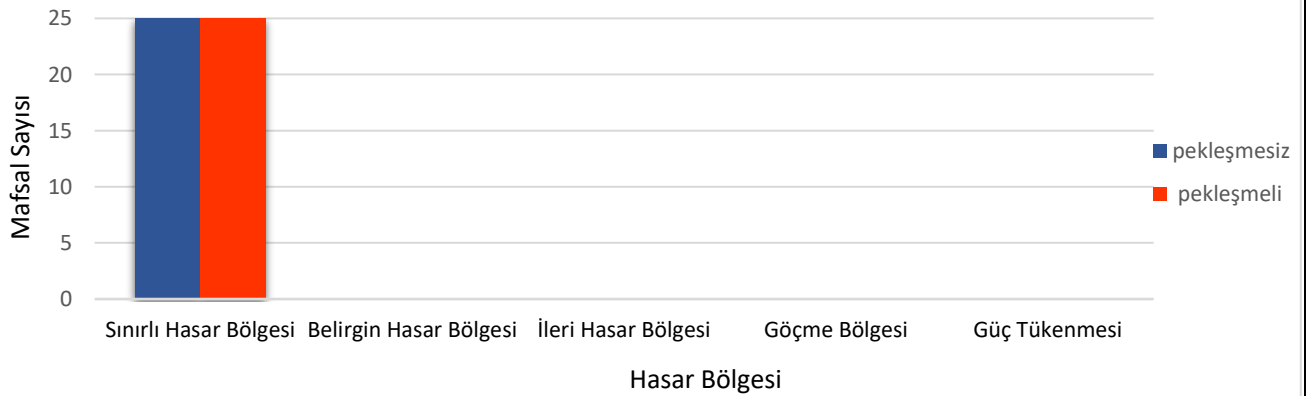


PERFORMANS DÜZEYLERİ

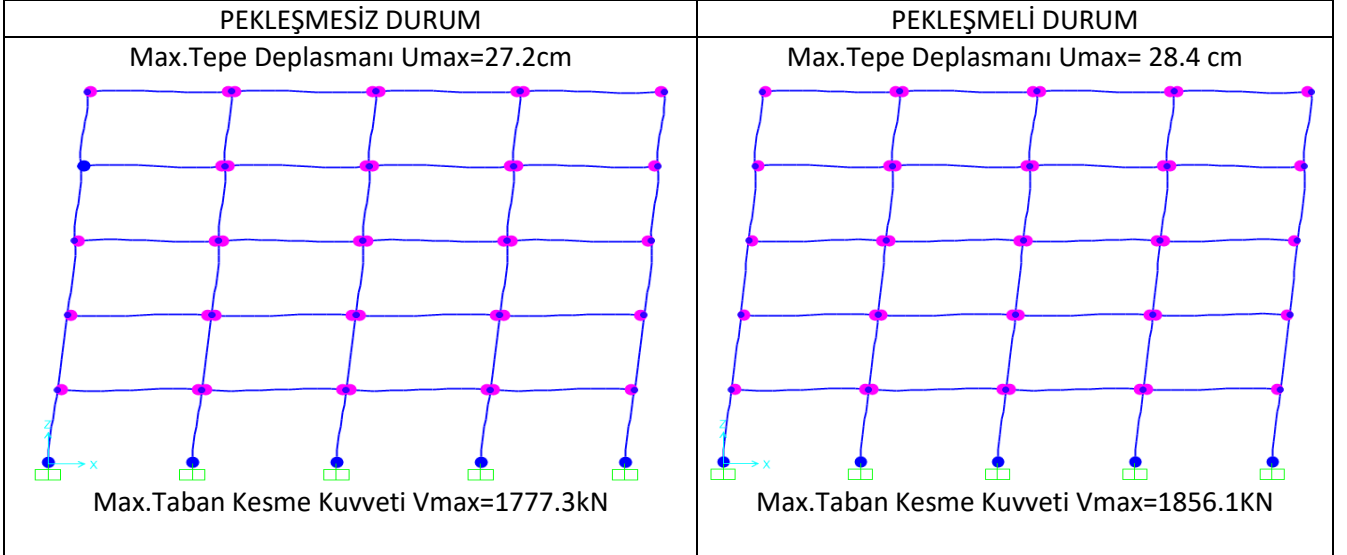
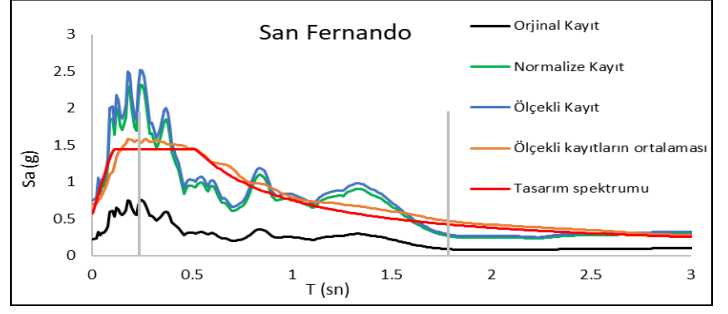
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:49-San Fernando	
Tarihi:	2/9/1971
İstasyon Adı:	LA - Hollywood Stor FF
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01

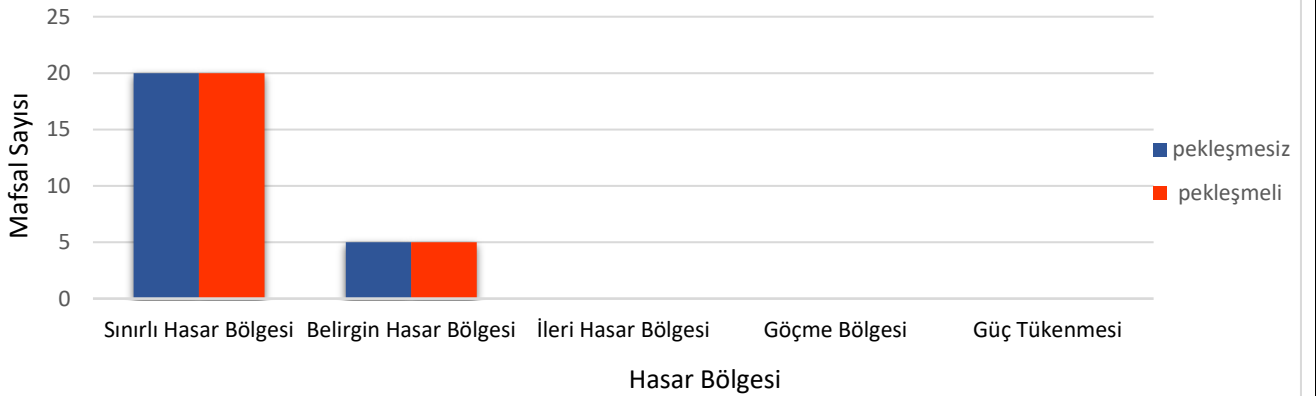


PERFORMANS DÜZEYLERİ

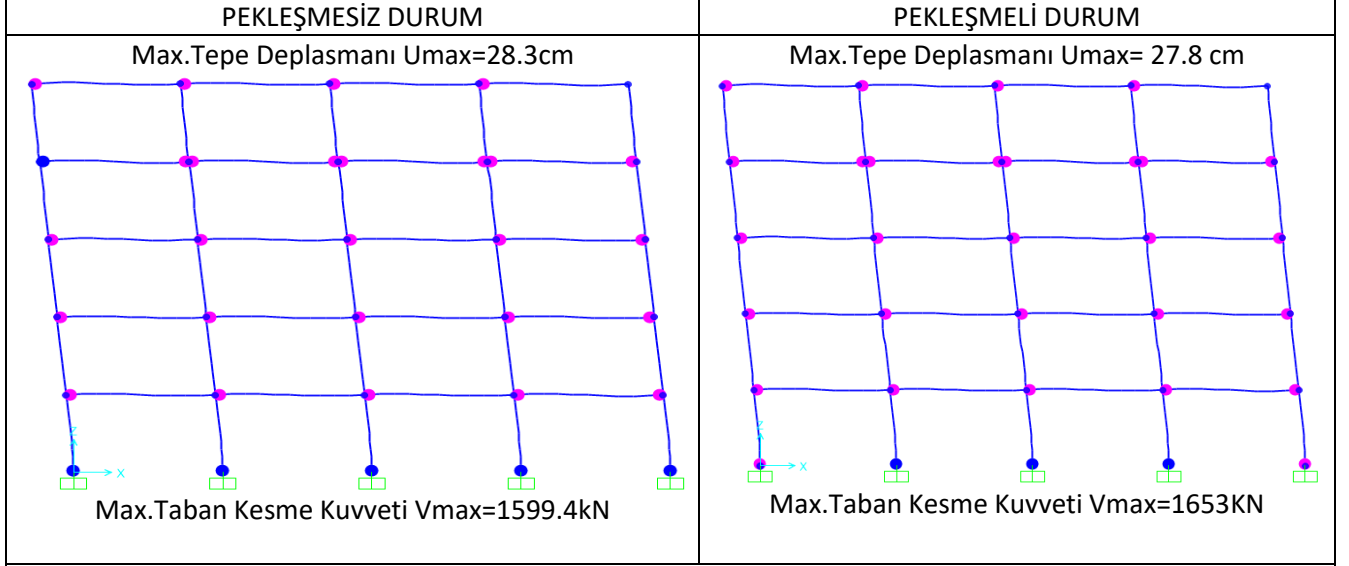
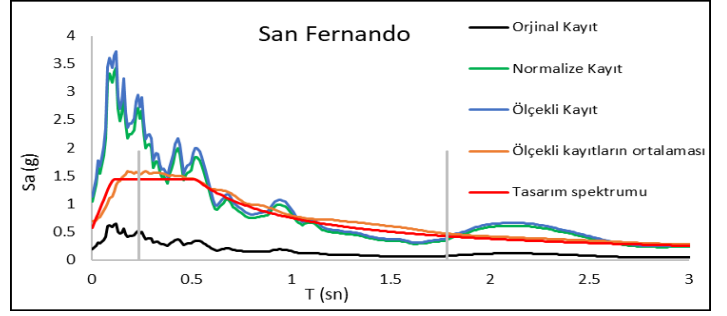
Kirişler



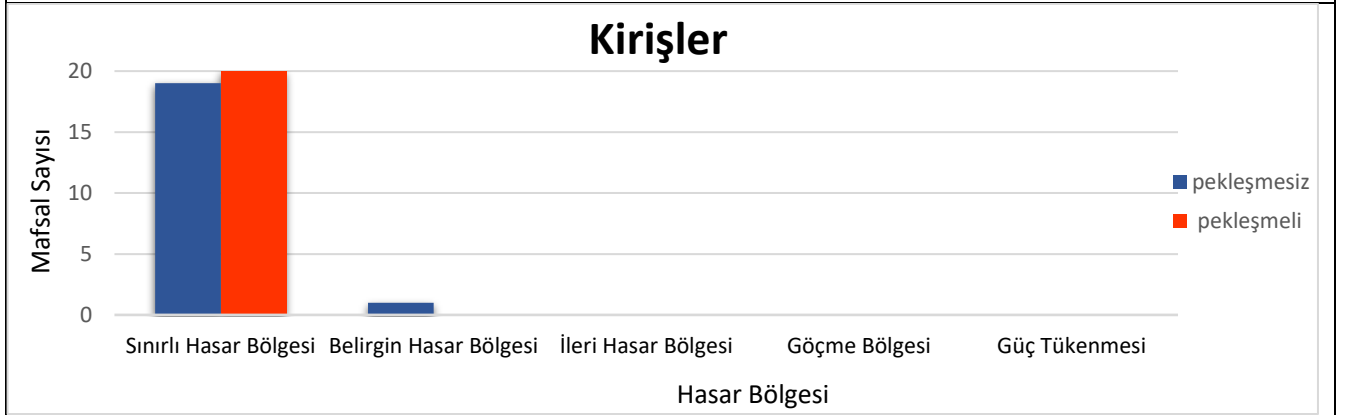
Kolonlar



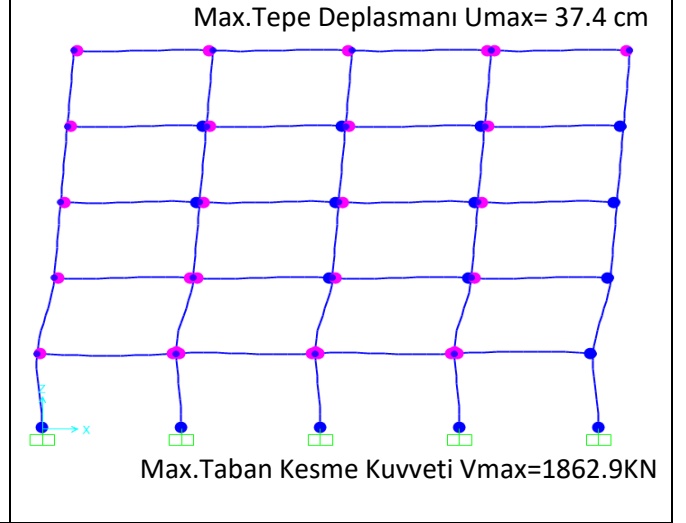
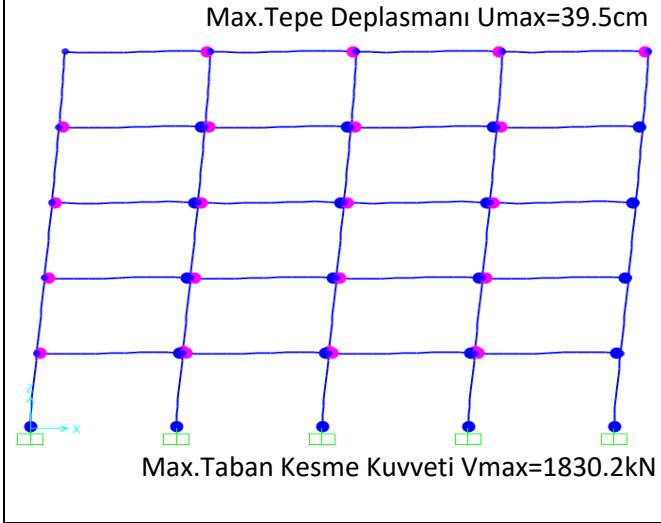
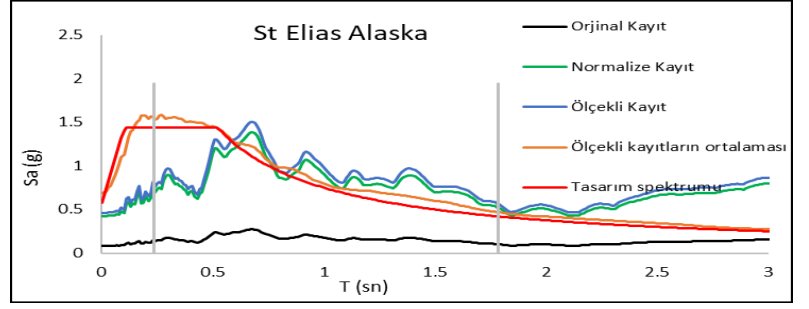
Deprem No:50- San Fernando	
Tarihi:	2/9/1971
İstasyon Adı:	LA - Hollywood Stor FF
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,01



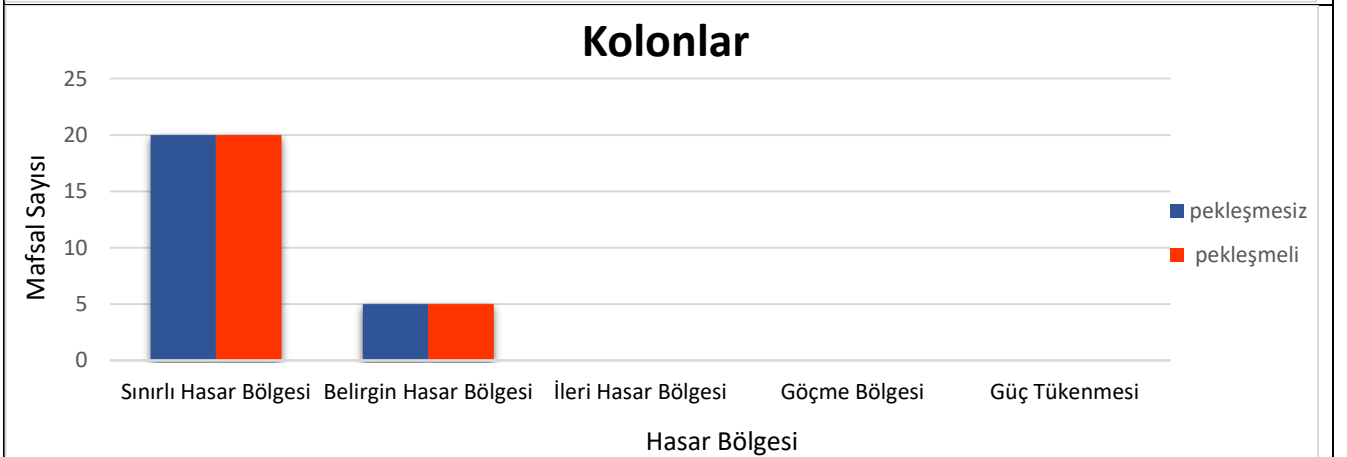
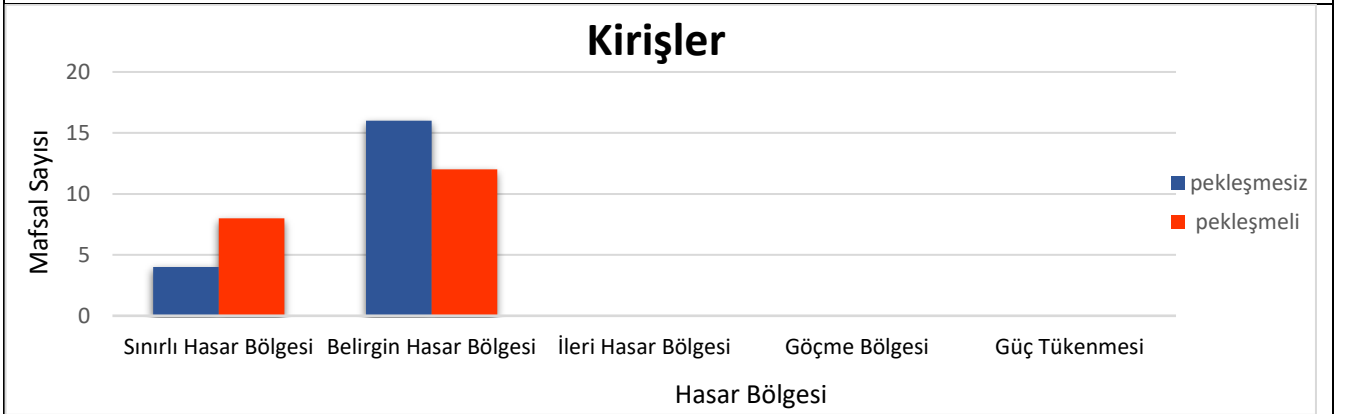
PERFORMANS DÜZEYLERİ



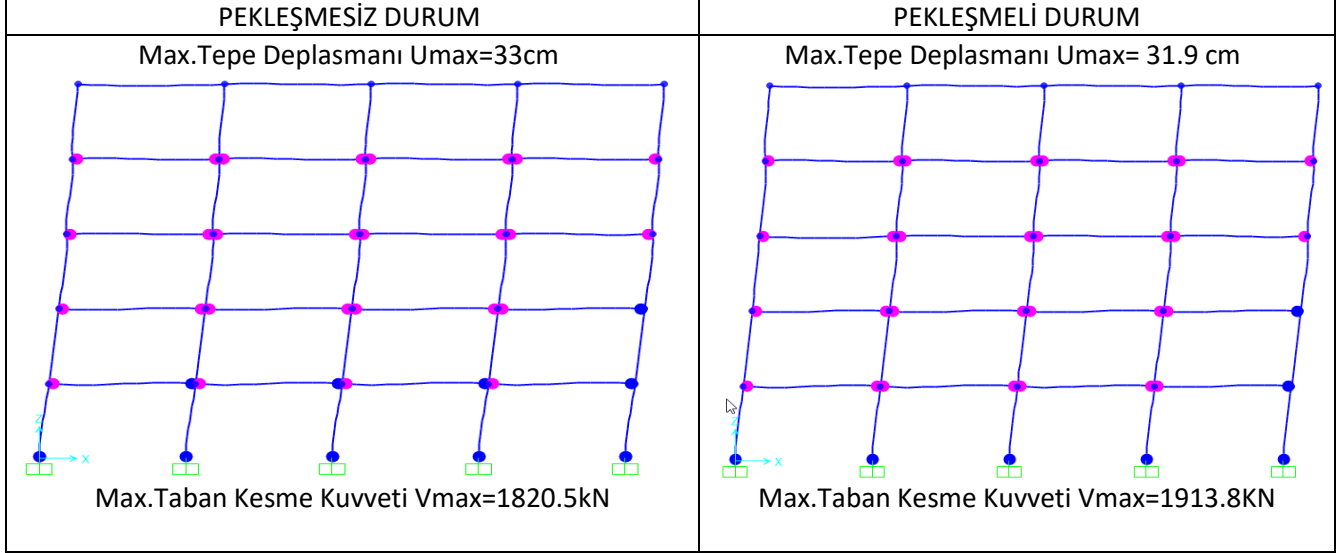
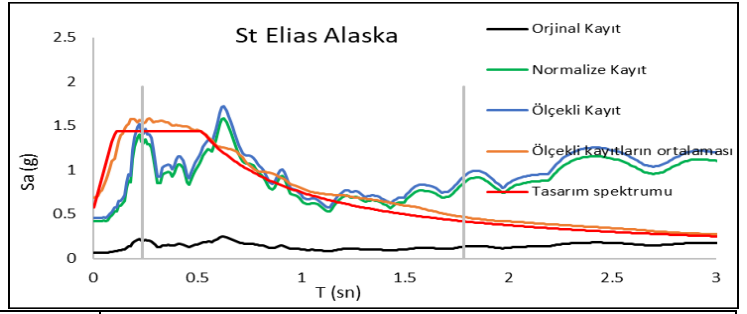
Deprem No:51- St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Yakutat
Bileşen:	9
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:52-St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Yakutat
Bileşen:	279
Zaman Adımı (sn):	0,005

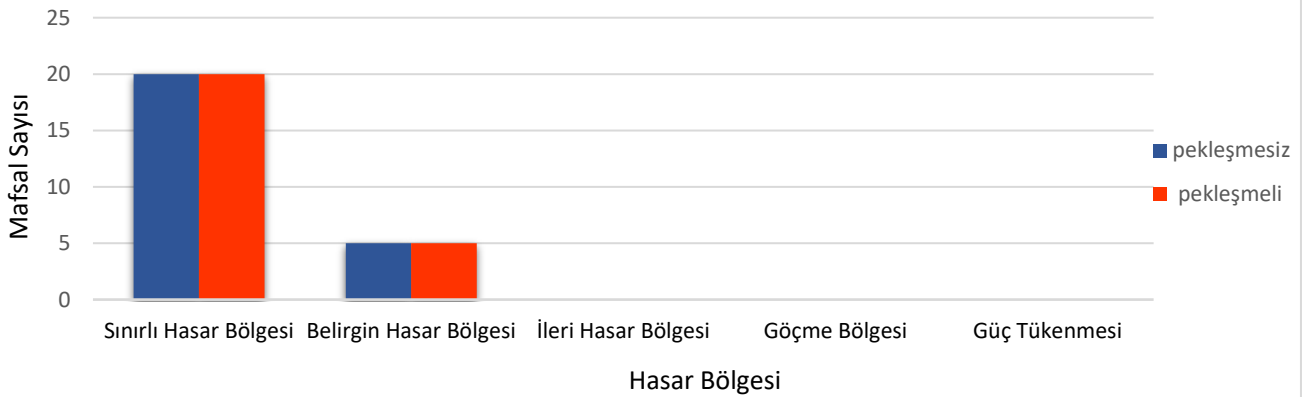


PERFORMANS DÜZEYLERİ

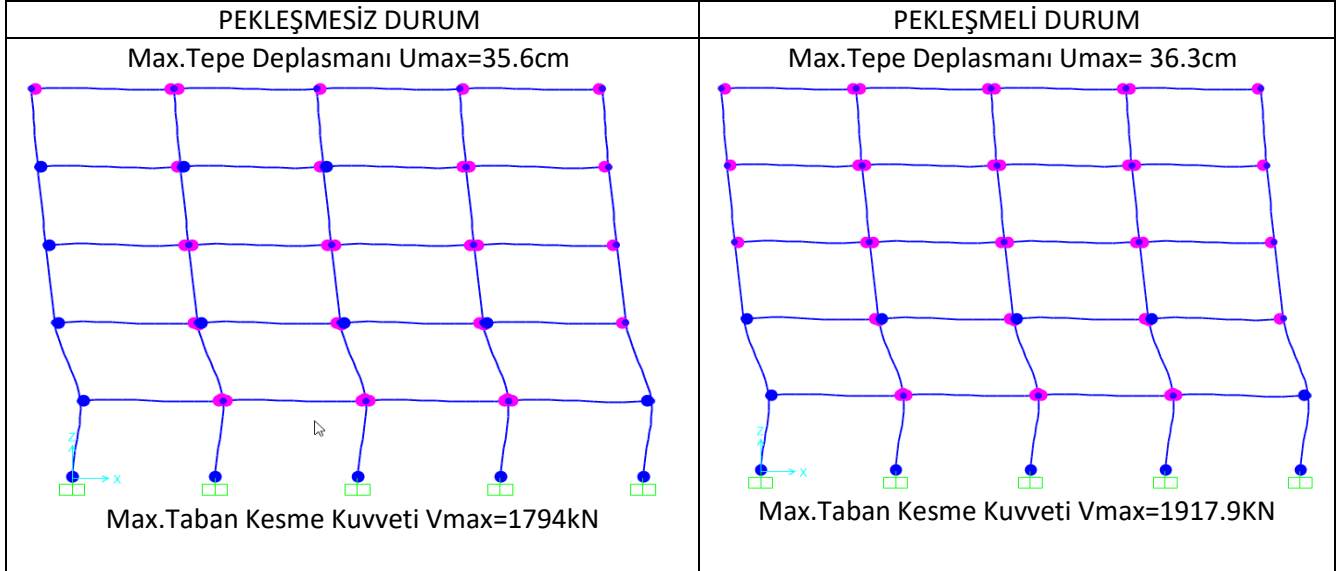
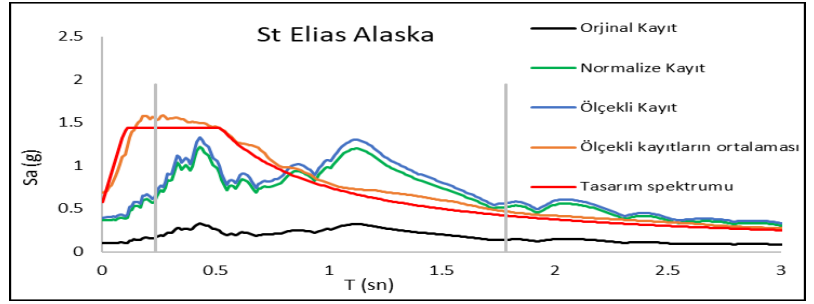
Kirişler



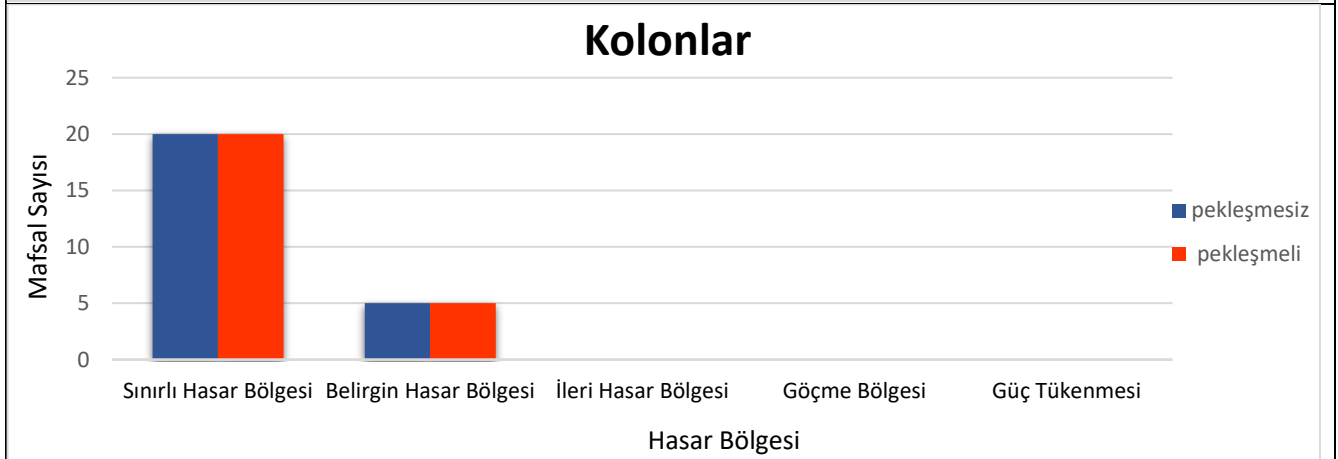
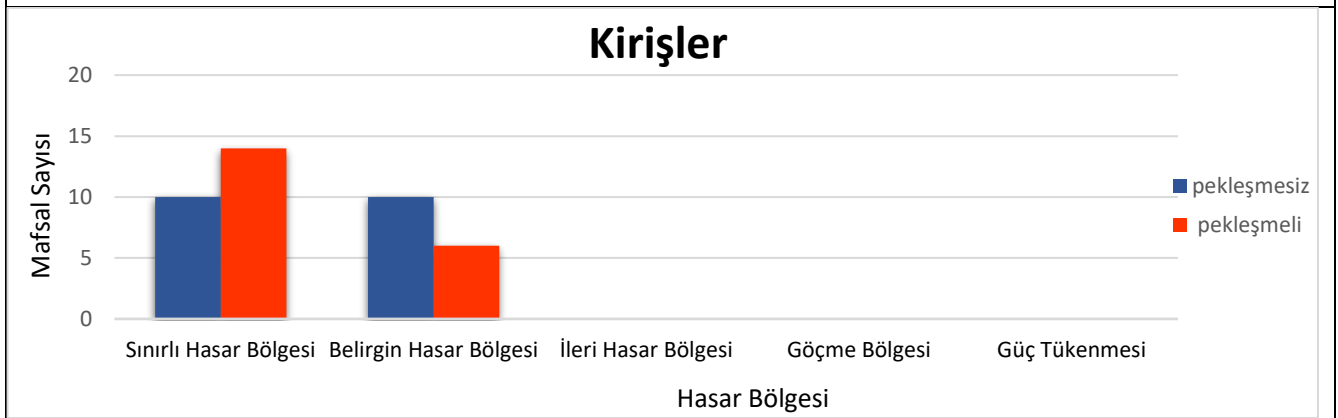
Kolonlar



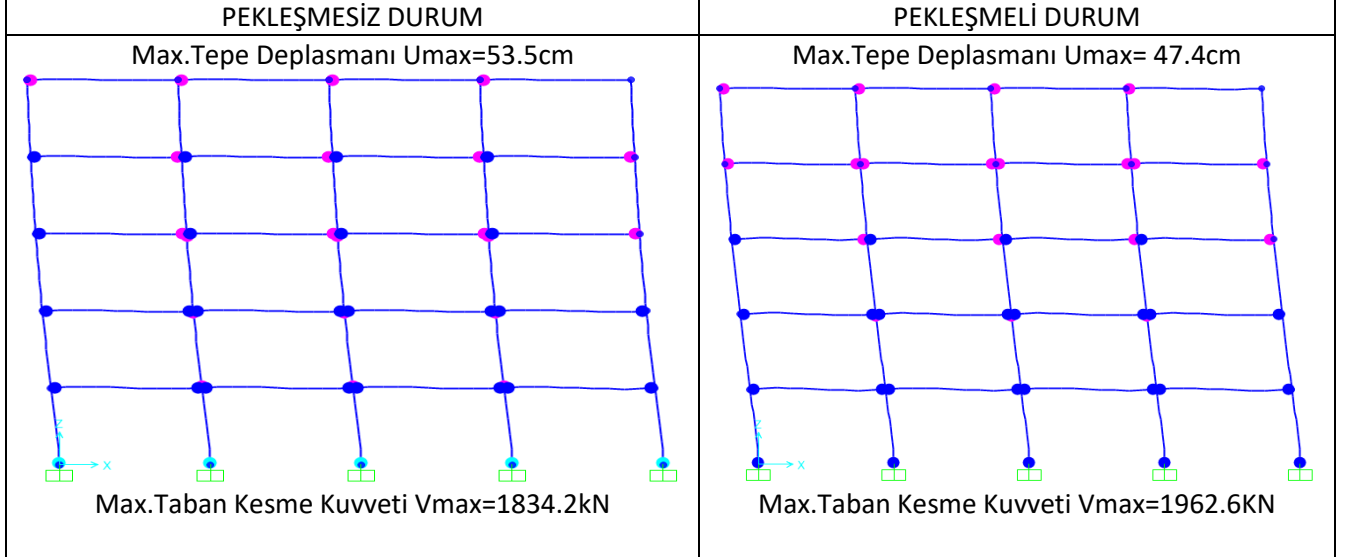
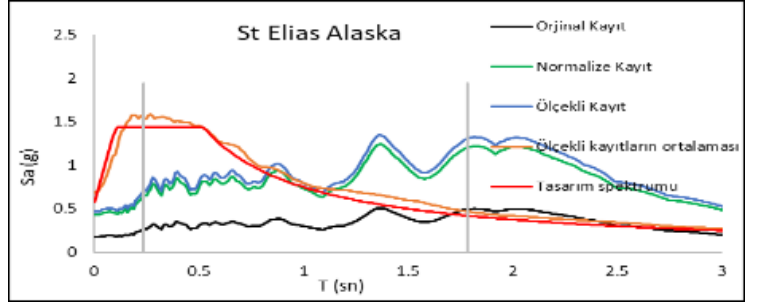
Deprem No:53- St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Icy Bay
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

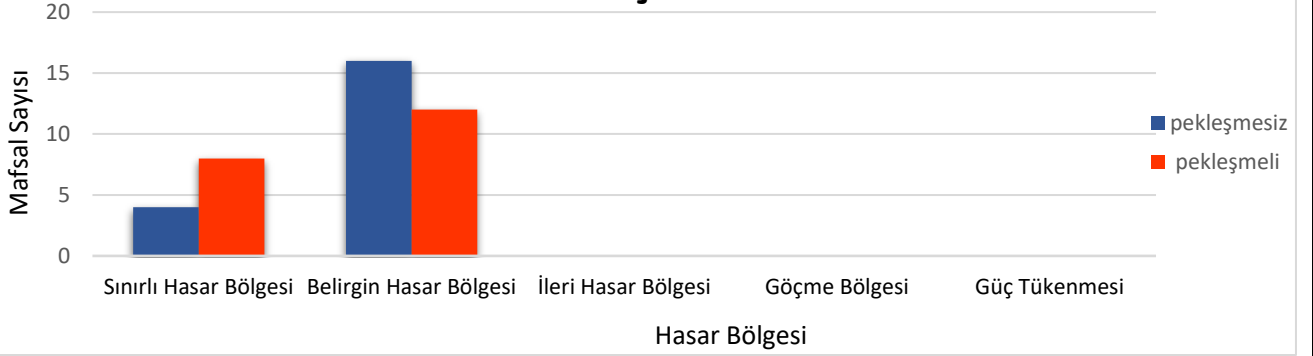


Deprem No:54-St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Icy Bay
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,005

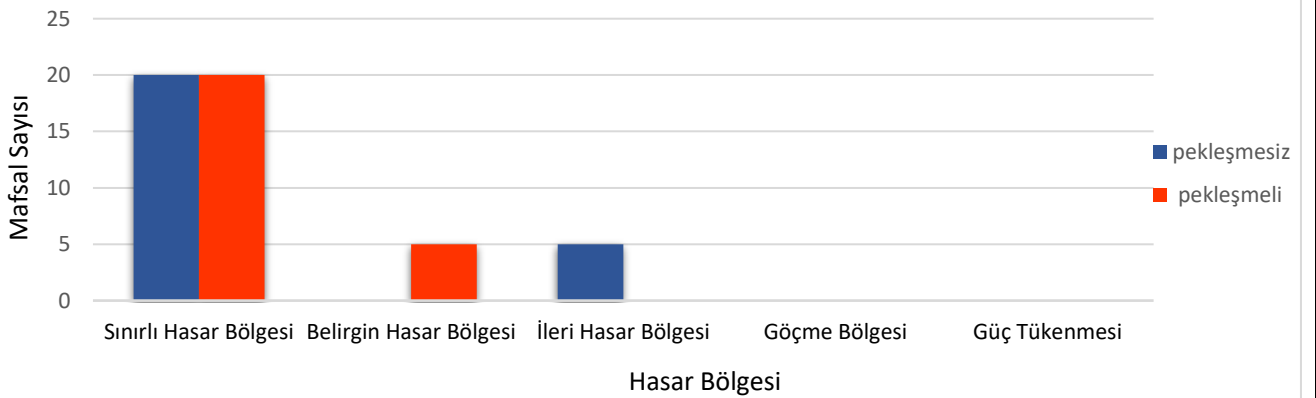


PERFORMANS DÜZEYLERİ

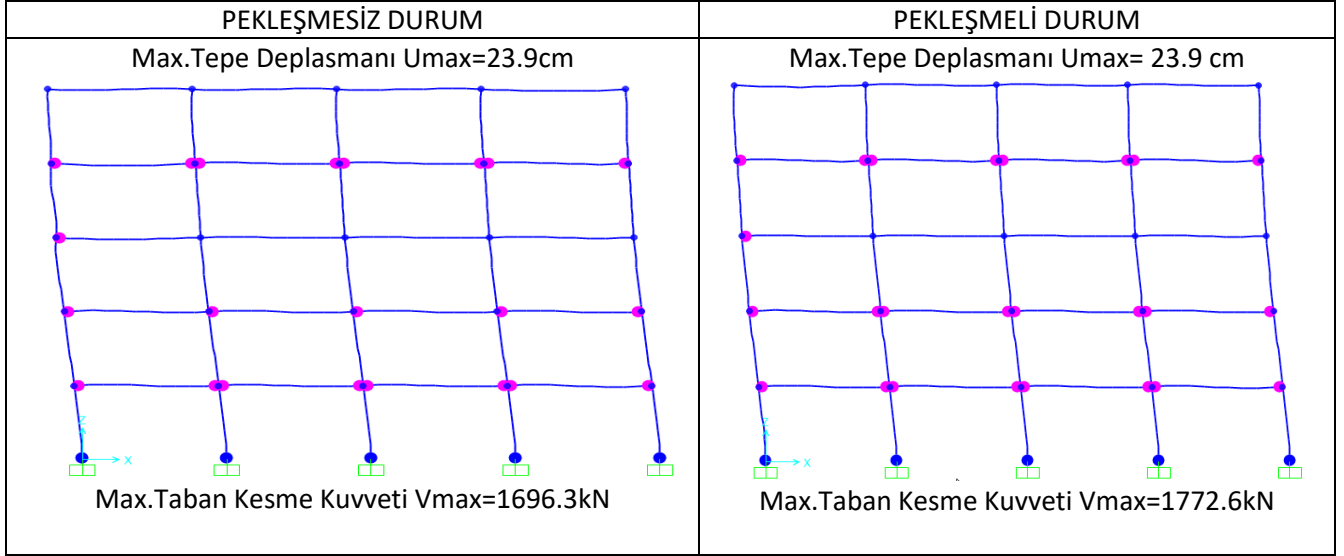
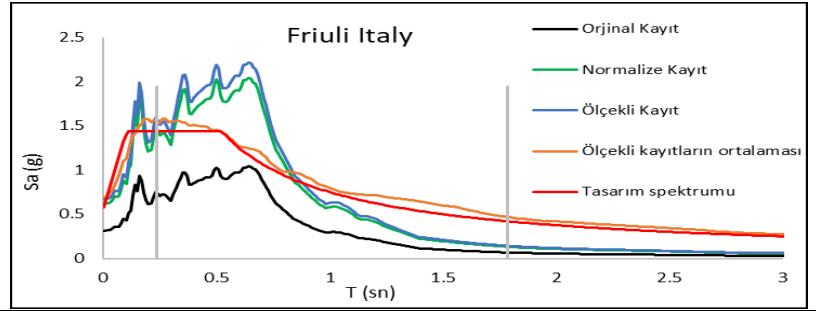
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:55-Friuli Italy	
Tarihi:	5/6/1976
İstasyon Adı:	Tolmezzo
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005

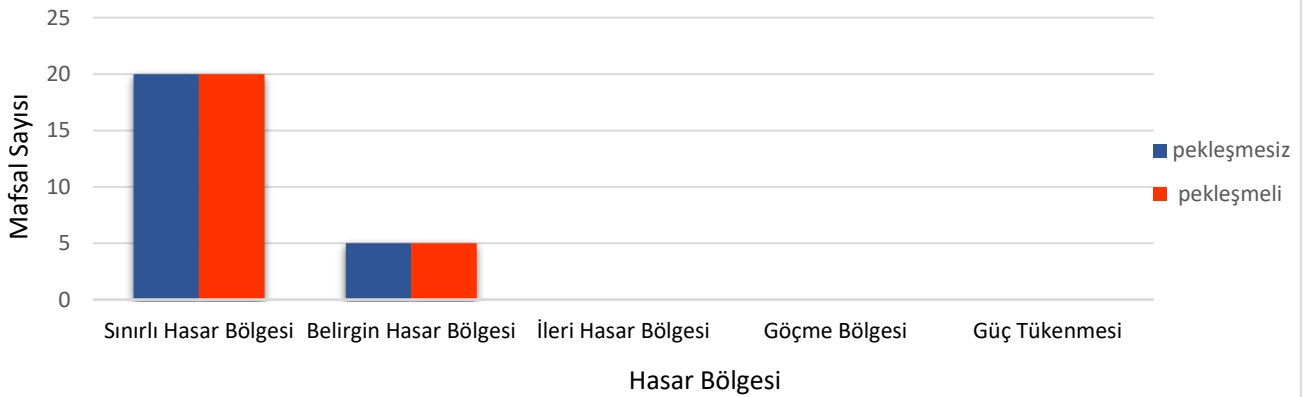


PERFORMANS DÜZEYLERİ

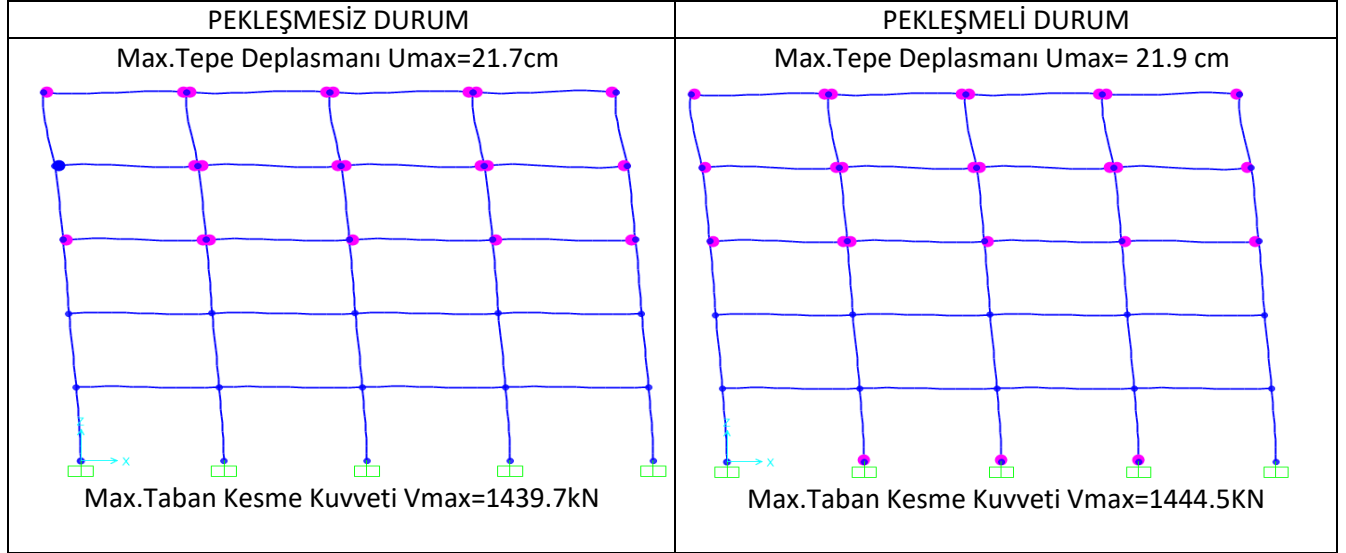
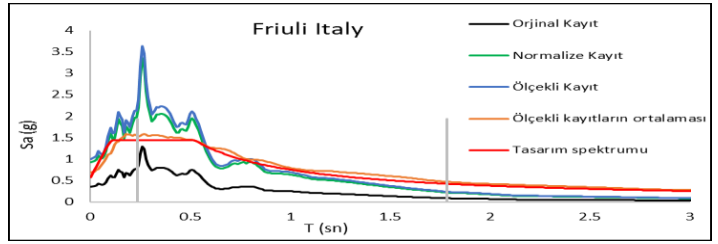
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:56- Friuli Italy	
Tarihi:	5/6/1976
İstasyon Adı:	Tolmezzo
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

Kirişler

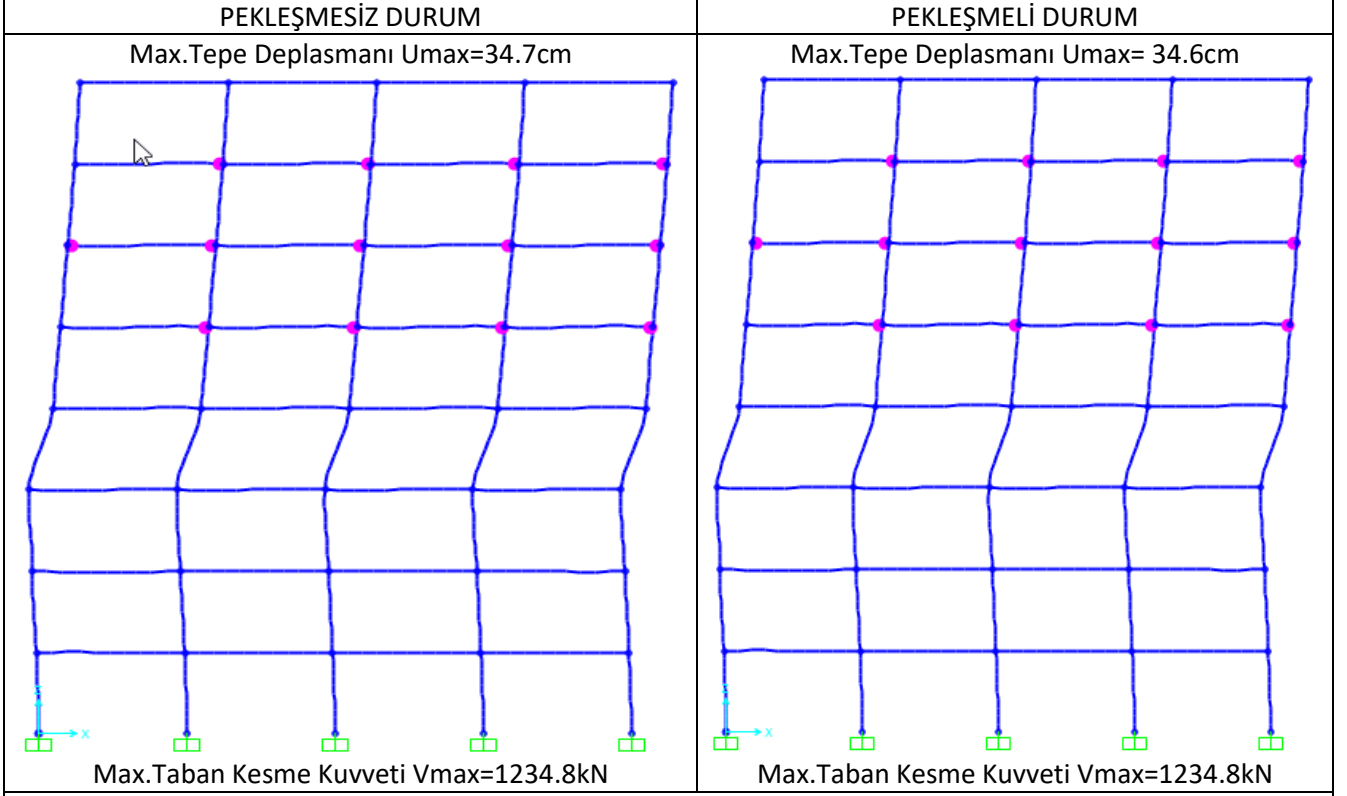
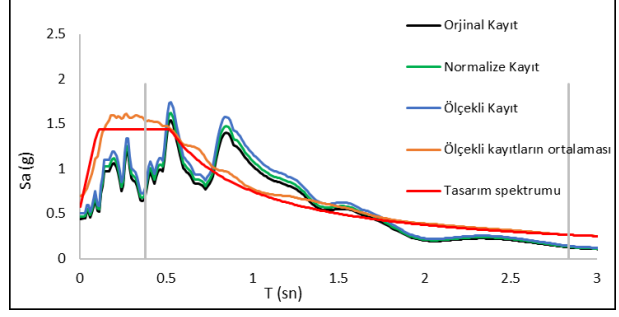


Kolonlar

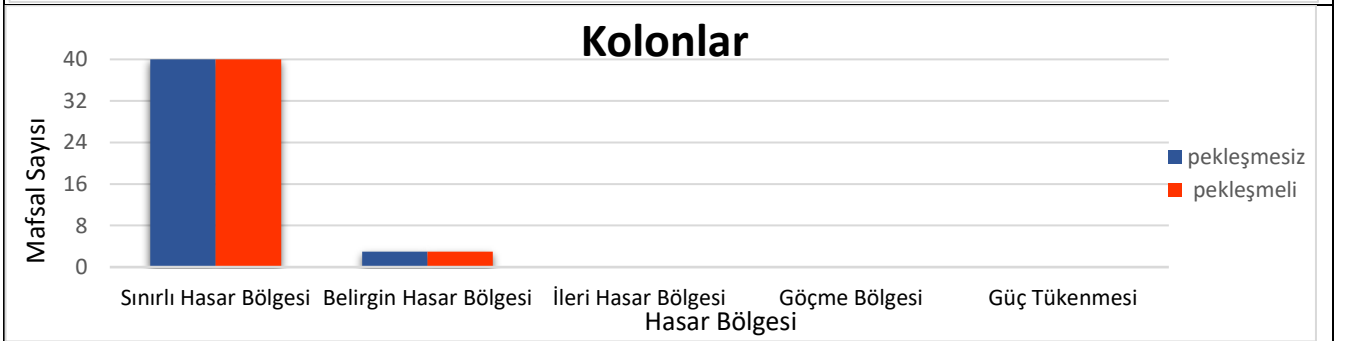
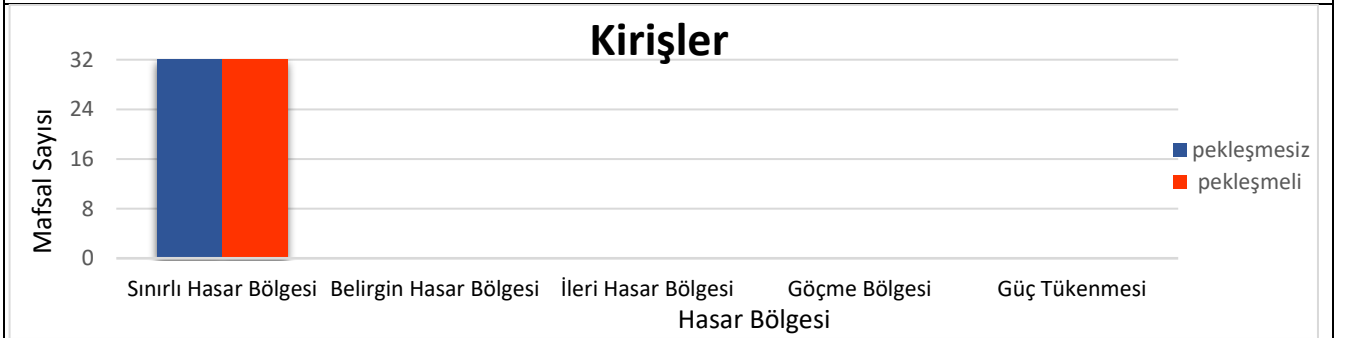


**EK-C- 8 Katlı ereve Deprem Kayıtlarına Ait Deprem
Performansı**

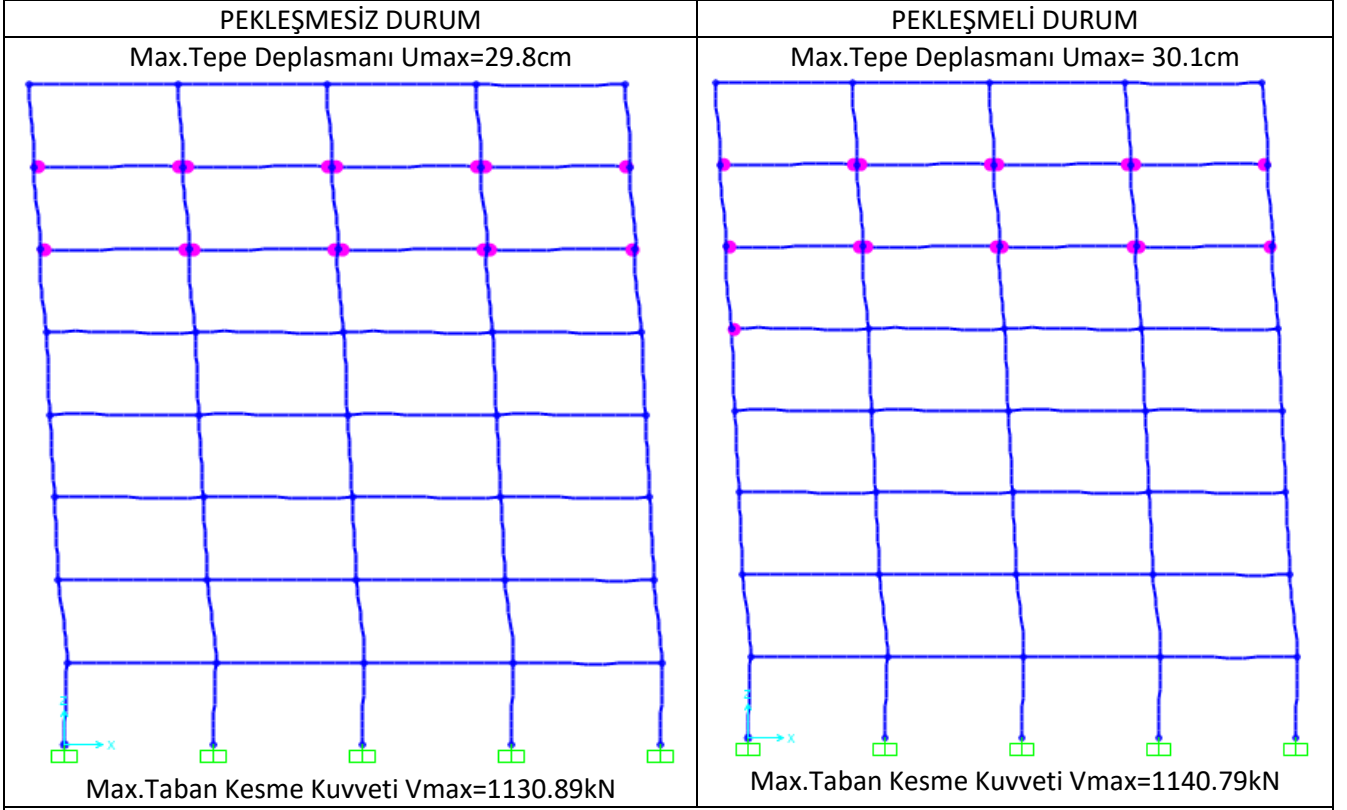
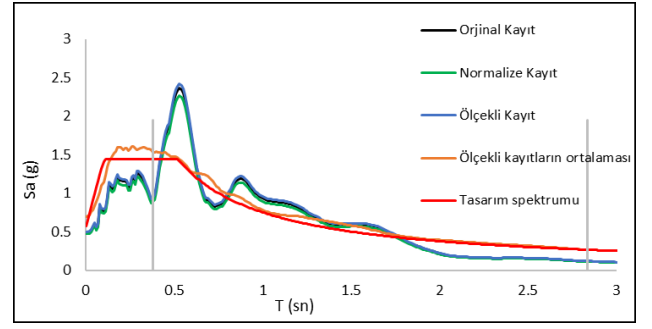
Deprem No:1- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Beverly Hills
Bileşen:	9
Zaman Adımı (sn):	0,01



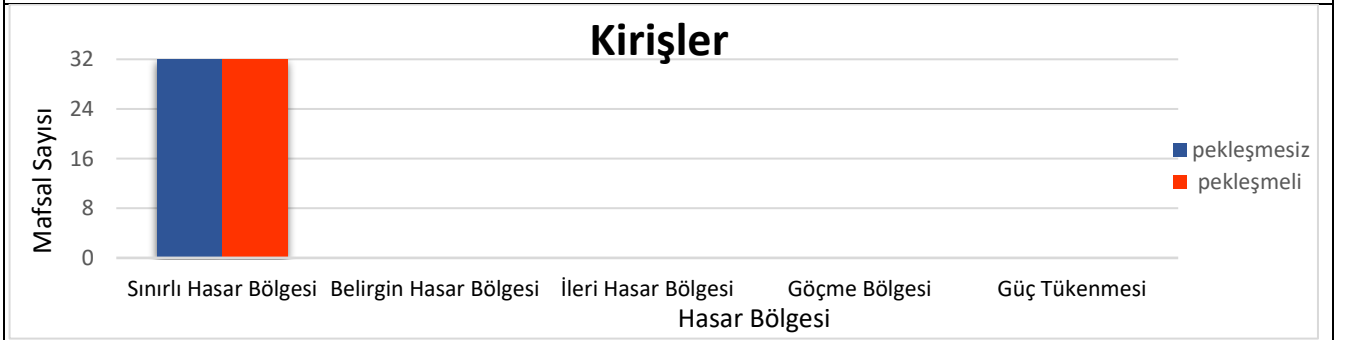
PERFORMANS DÜZEYLERİ



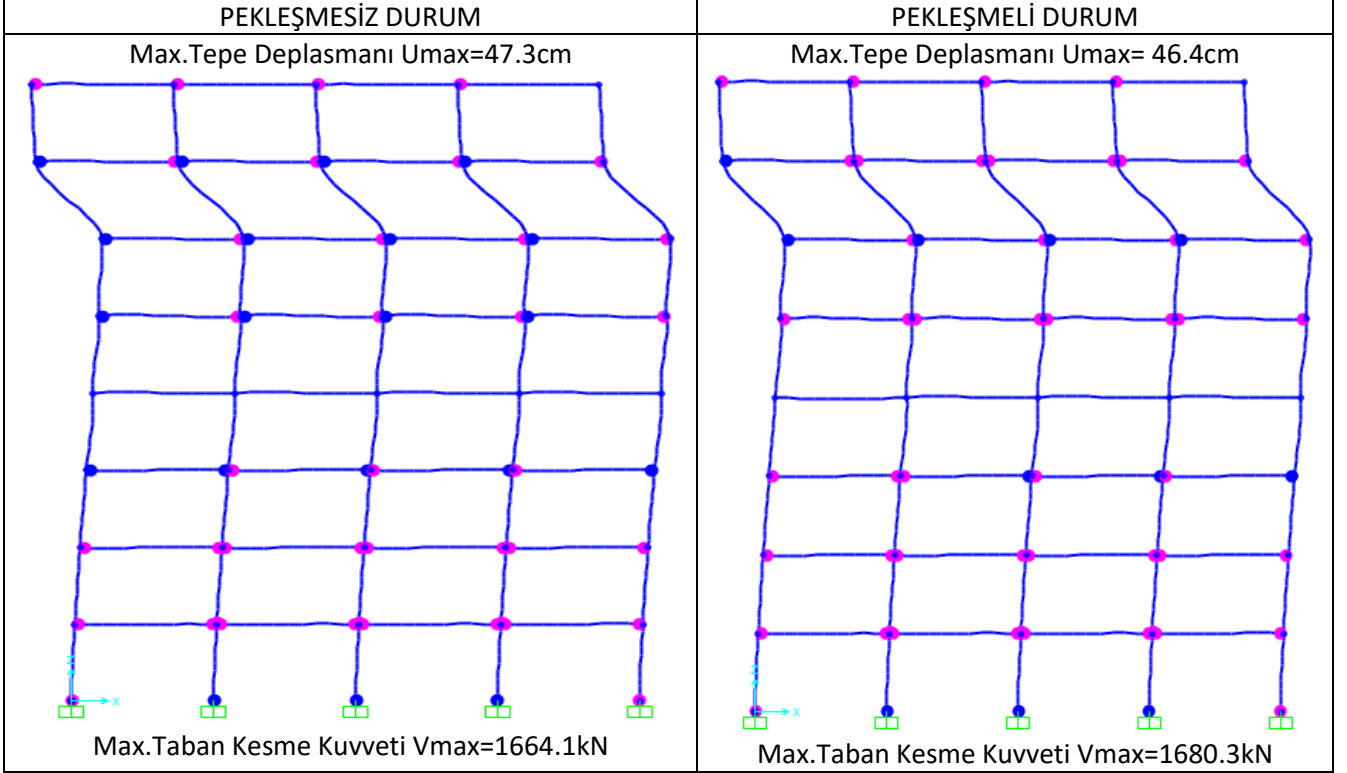
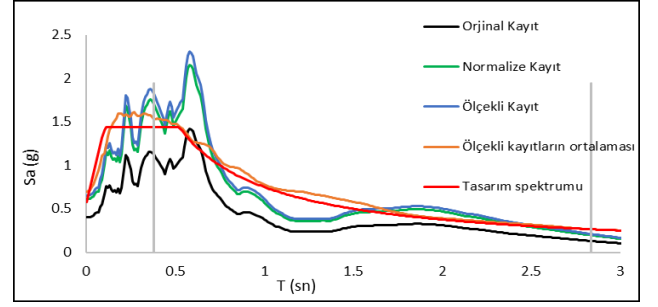
Deprem No:2- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Beverly Hills
Bileşen:	279
Zaman Adımı (sn):	0,01



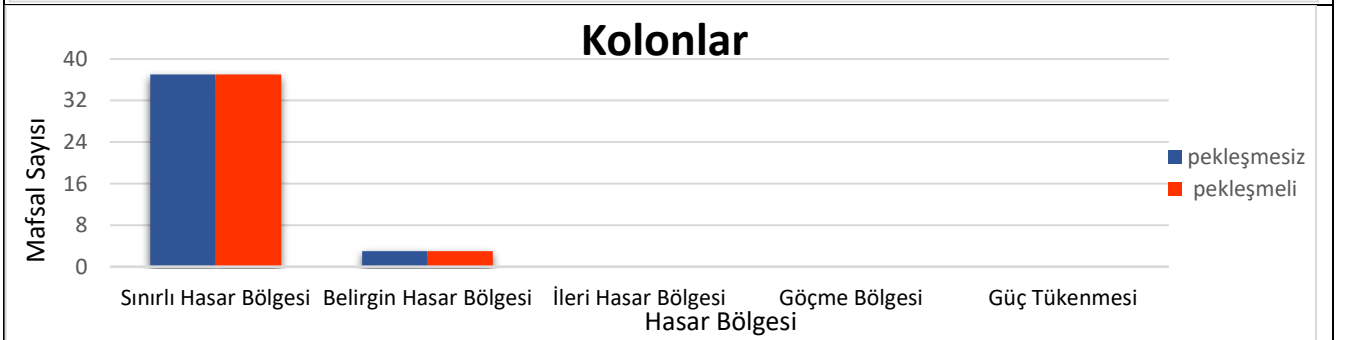
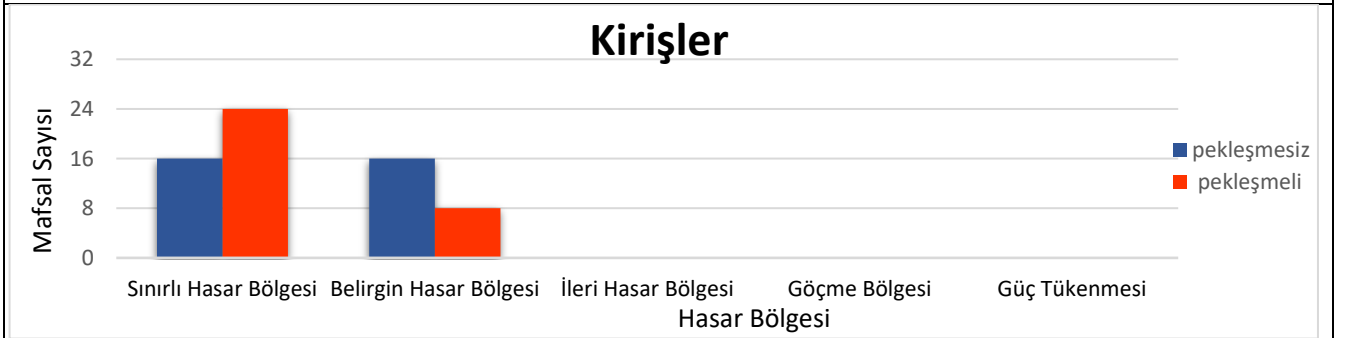
PERFORMANS DÜZEYLERİ



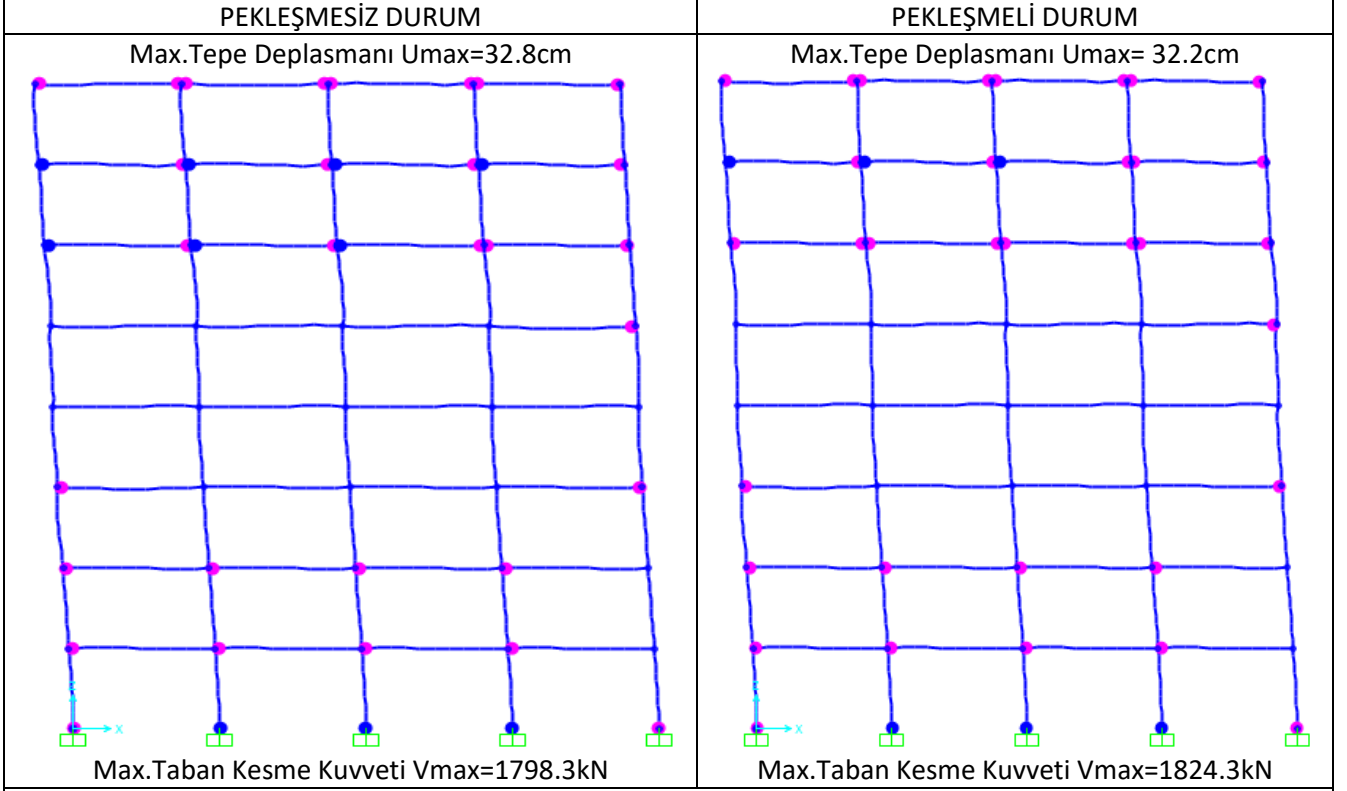
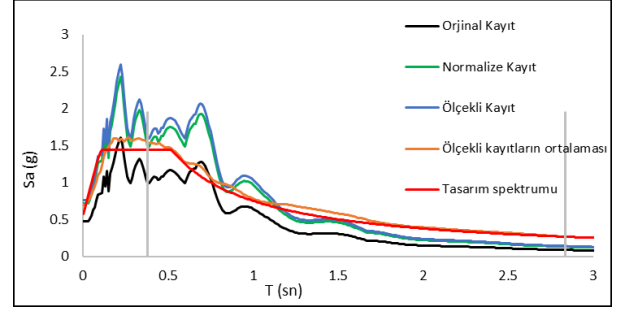
Deprem No:3- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Canyon Country
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



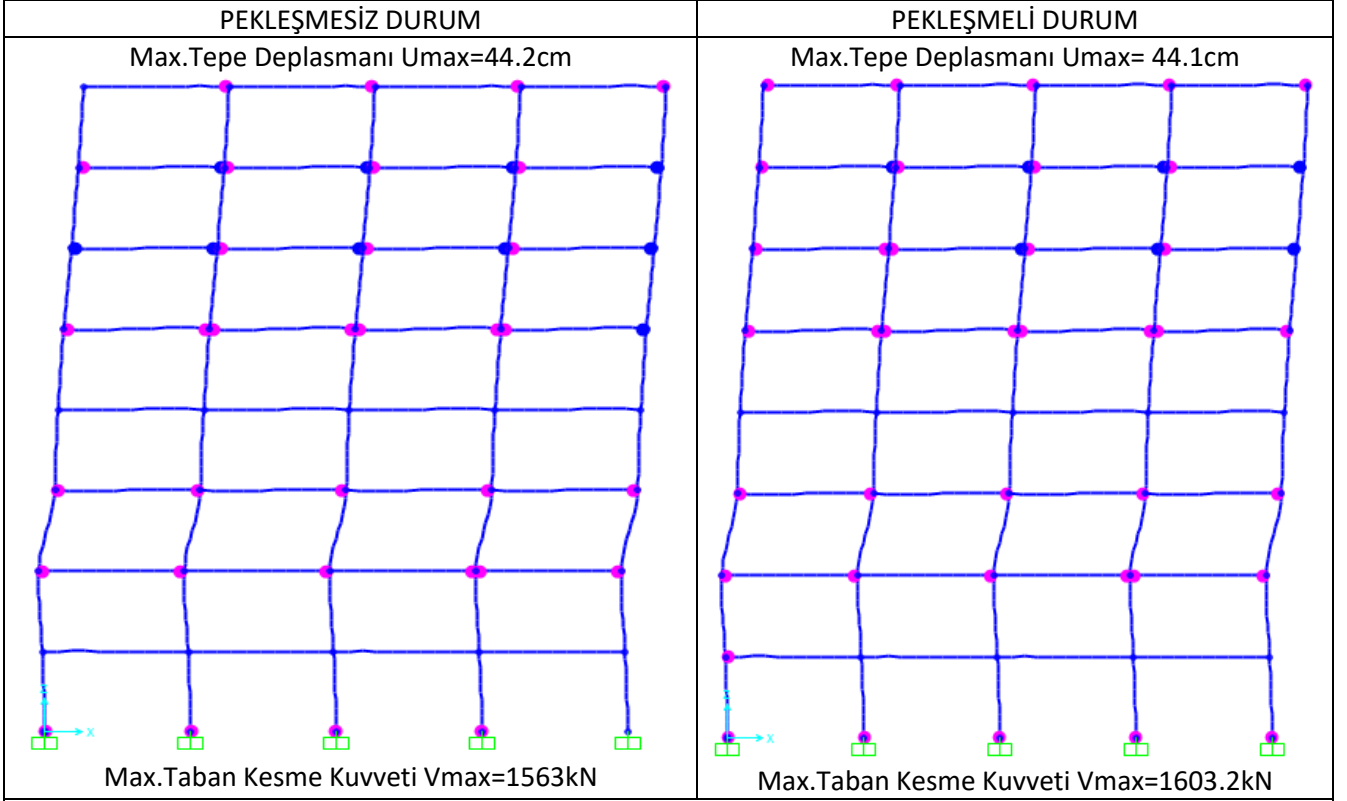
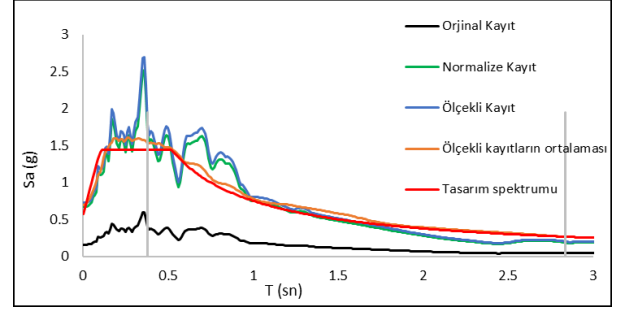
Deprem No:4- Northridge Depremi	
Tarihi:	01/17/1994
İstasyon Adı:	Canyon Country
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01



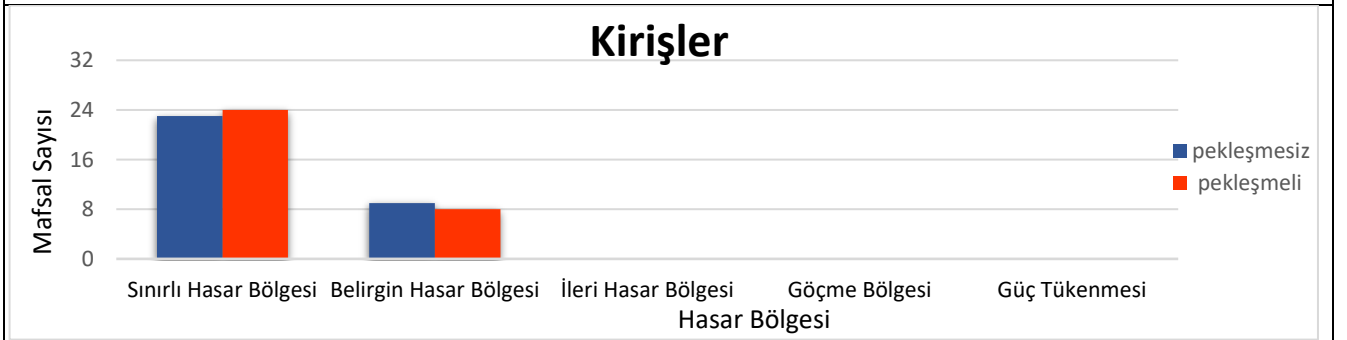
PERFORMANS DÜZEYLERİ



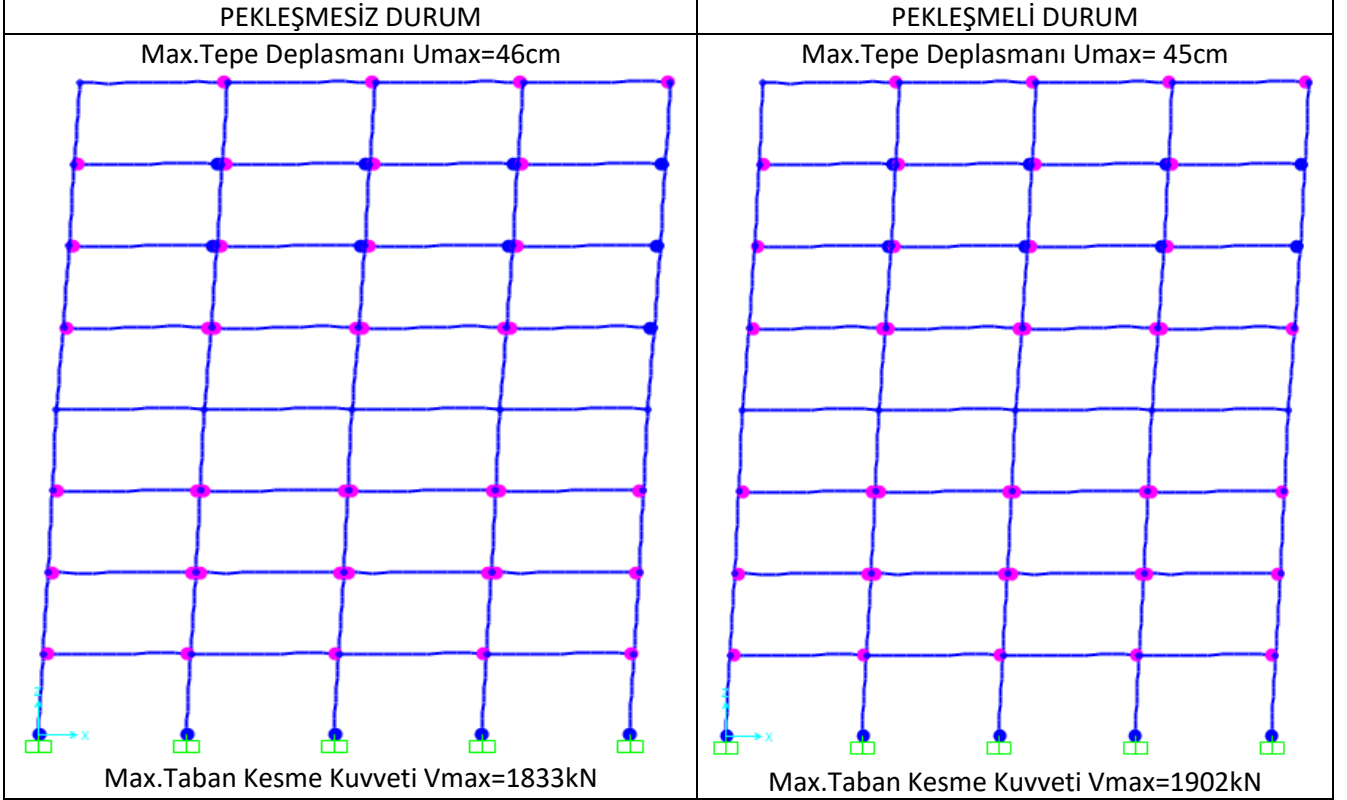
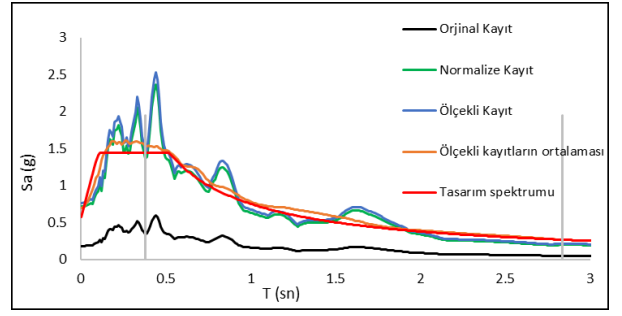
Deprem No:5-Kern County	
Tarihi:	07/21/1952
İstasyon Adı:	Taft Lincoln School
Bileşen:	21
Zaman Adımı (sn):	0,01



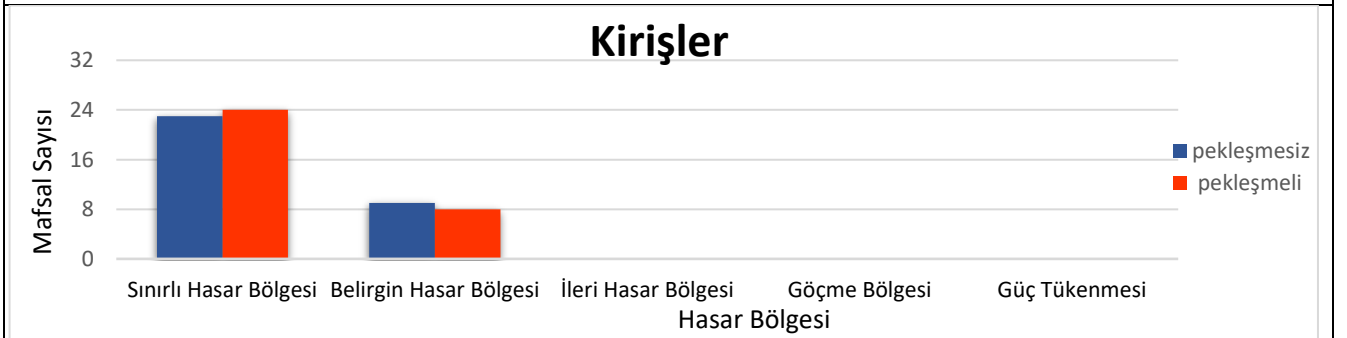
PERFORMANS DÜZEYLERİ



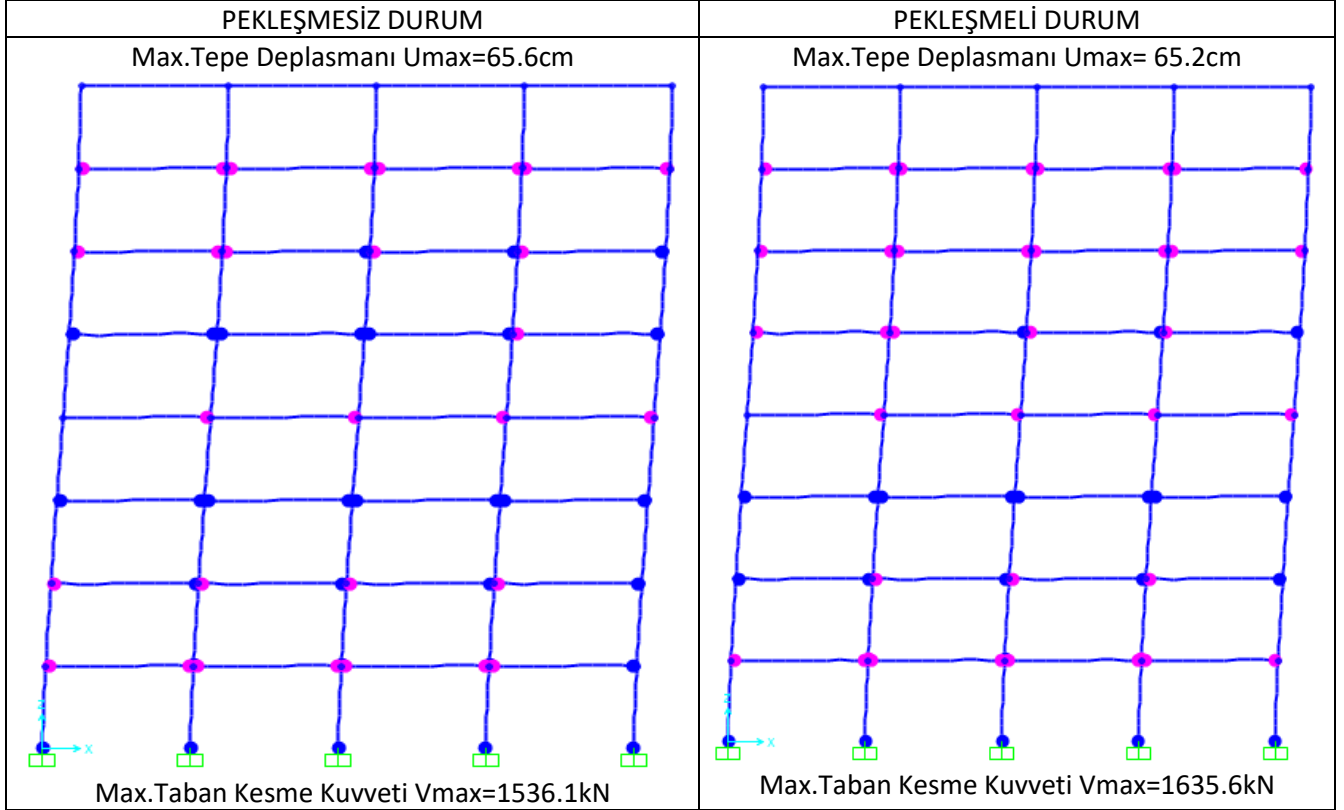
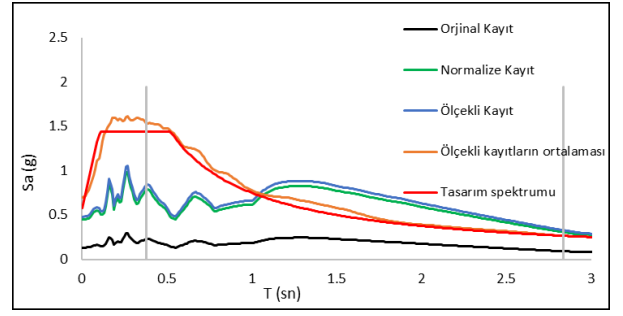
Deprem No:6-Kern County	
Tarihi:	07/21/1952
İstasyon Adı:	Taft Lincoln School
Bileşen:	111
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:7- Borrego Mtn	
Tarihi:	4/9/1968
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

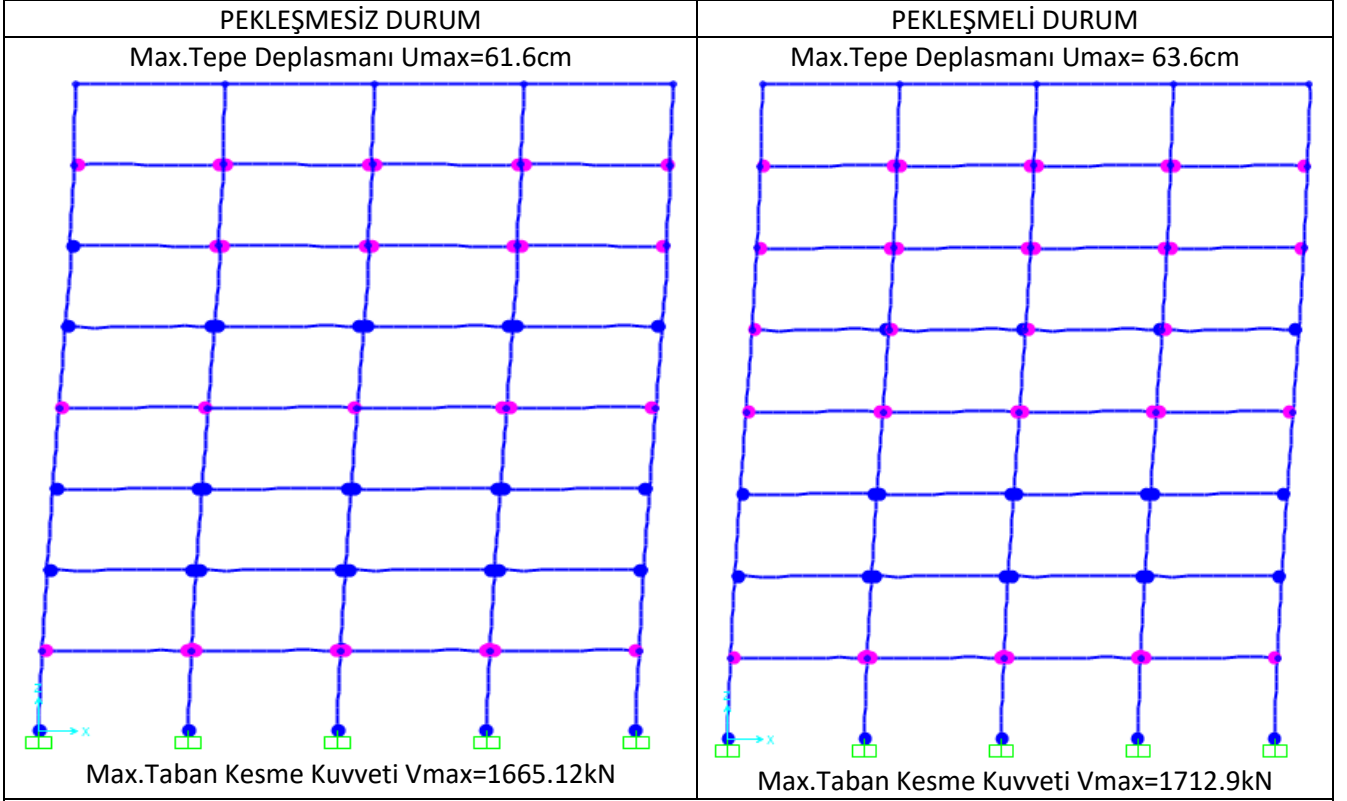
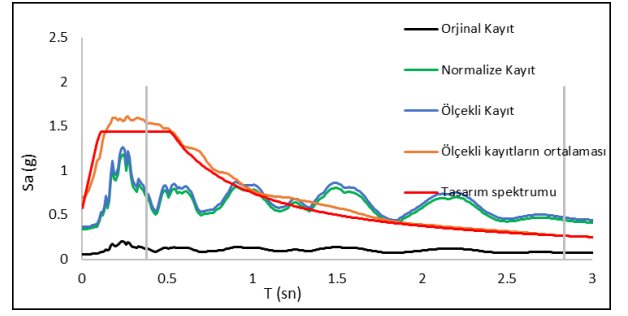
Kirişler



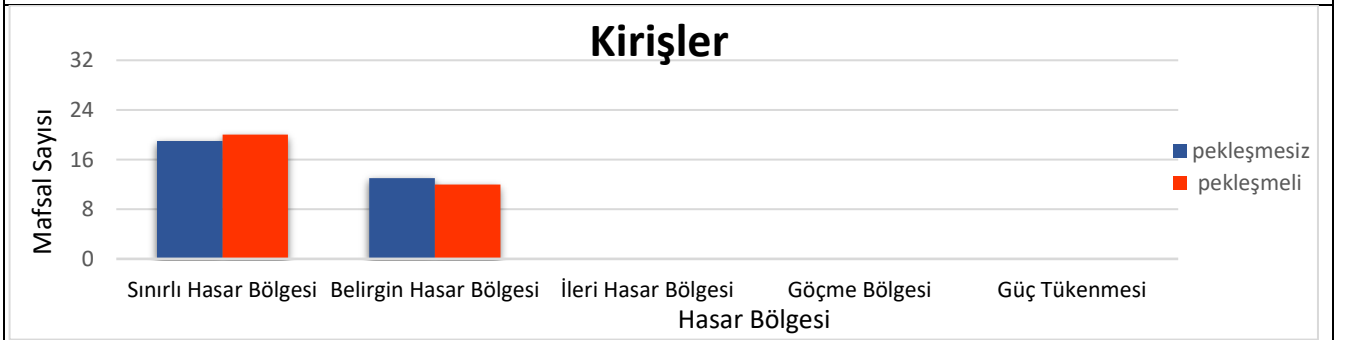
Kolonlar



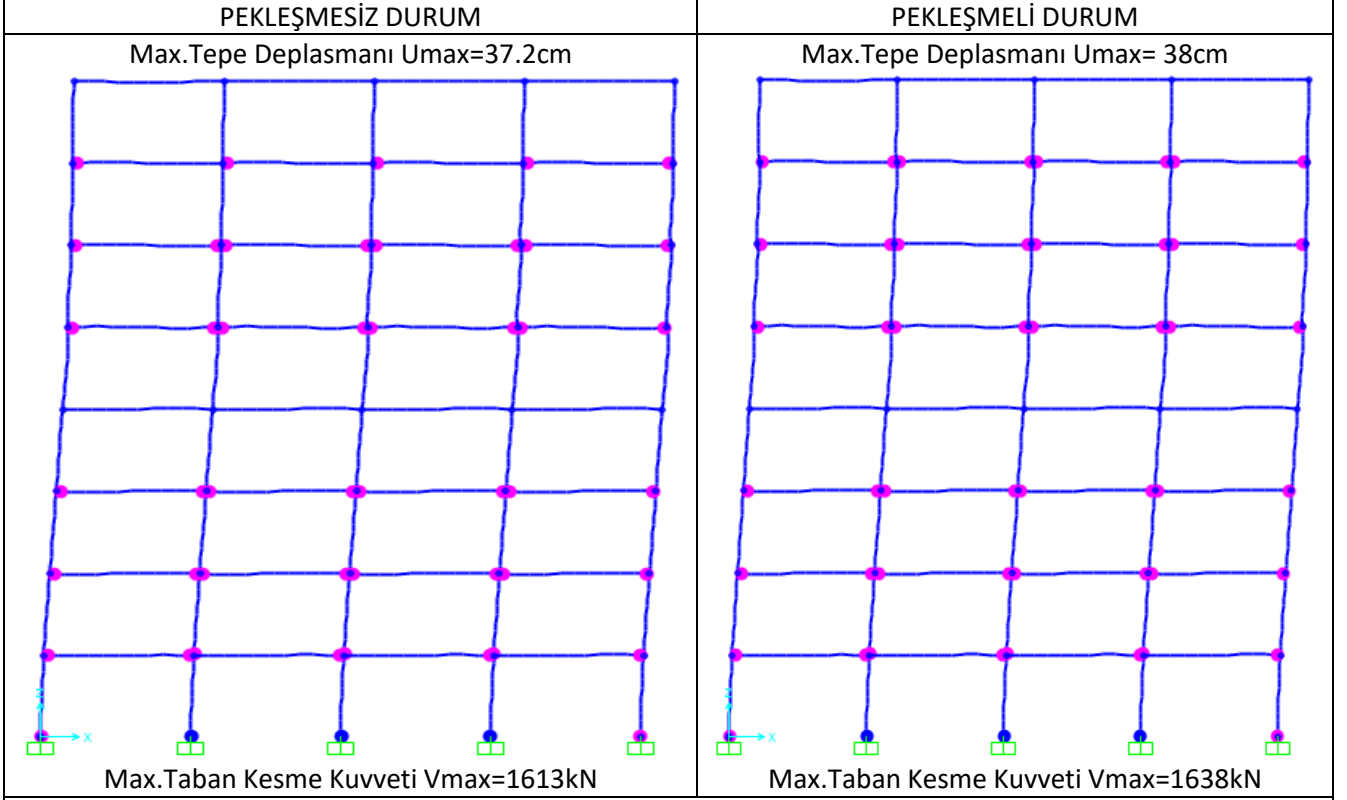
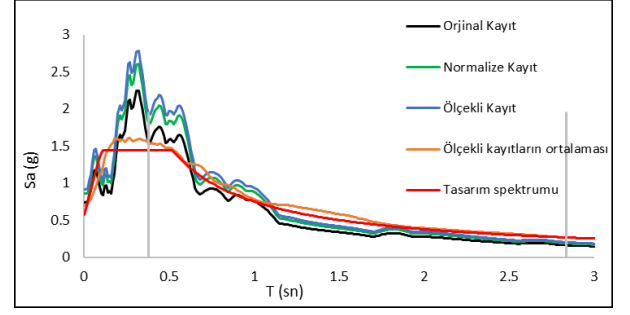
Deprem No:8- Borrego Mtn	
Tarihi:	4/9/1968
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



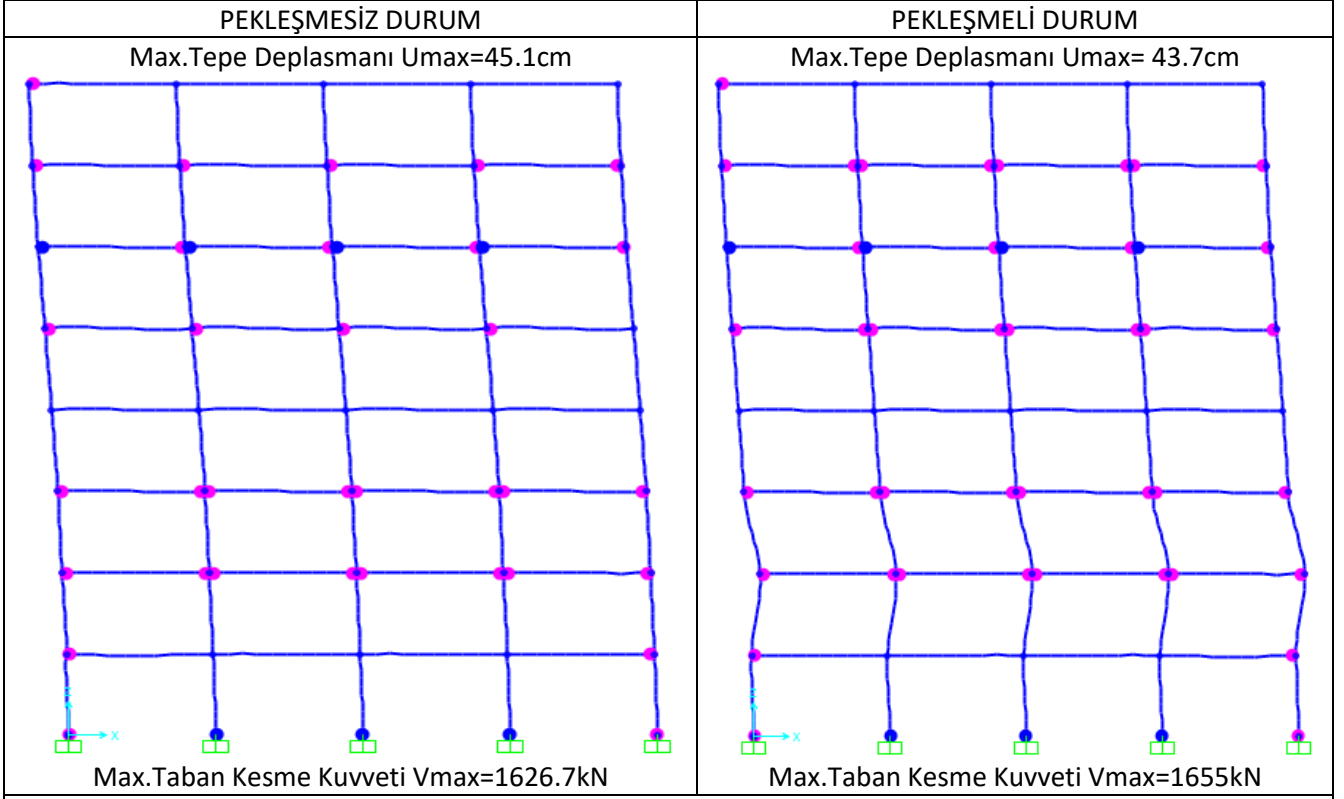
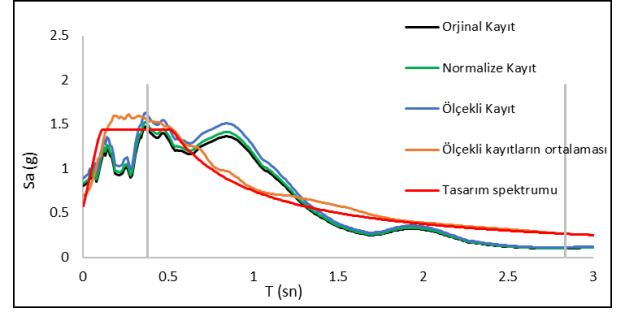
Deprem No:9- Duzce Turkey	
Tarihi:	11/12/1999
İstasyon Adı:	Bolu
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:10- Duzce Turkey	
Tarihi:	11/12/1999
İstasyon Adı:	Bolu
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

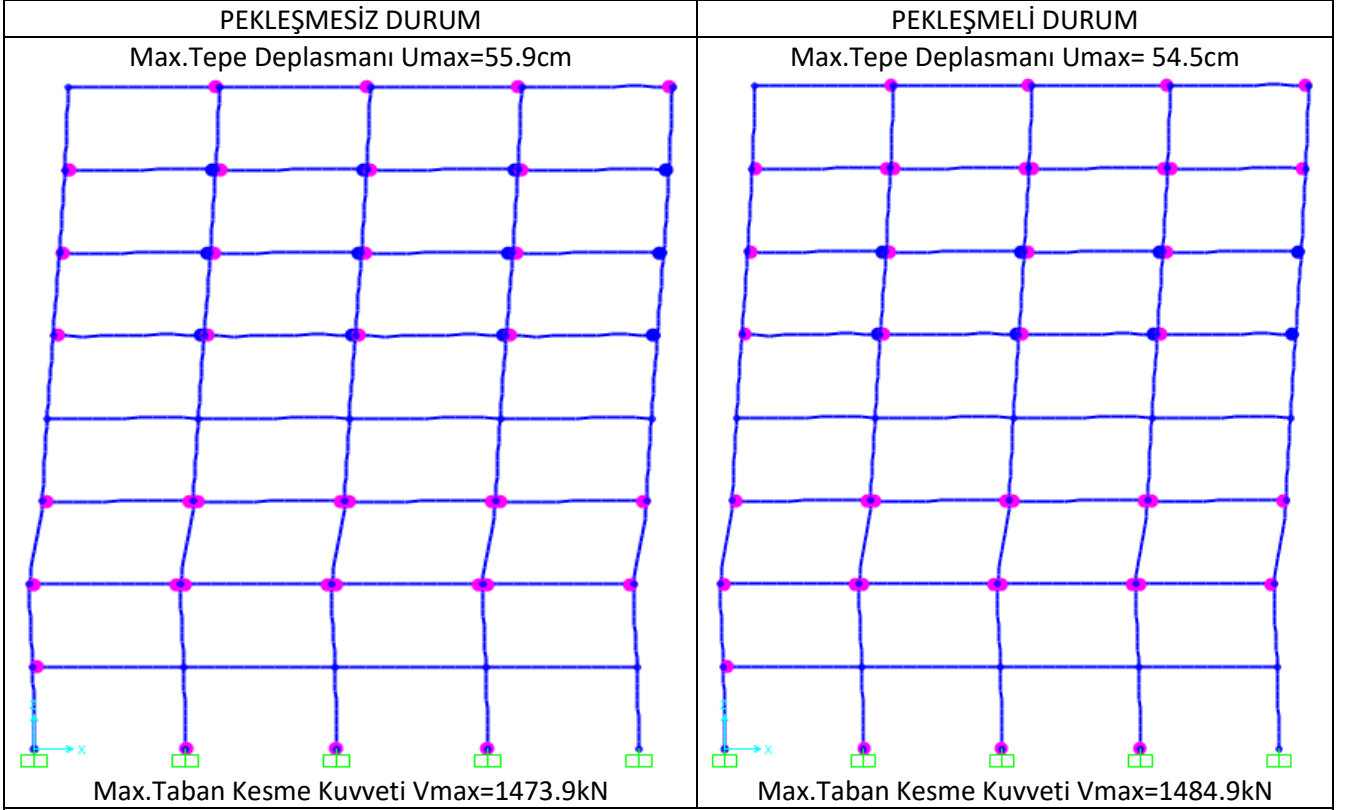
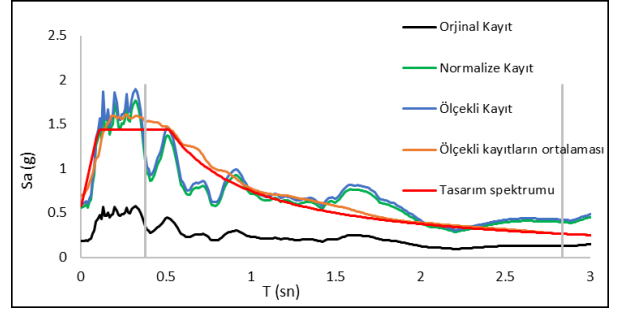
Kirişler



Kolonlar



Deprem No:11- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Amboy
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ

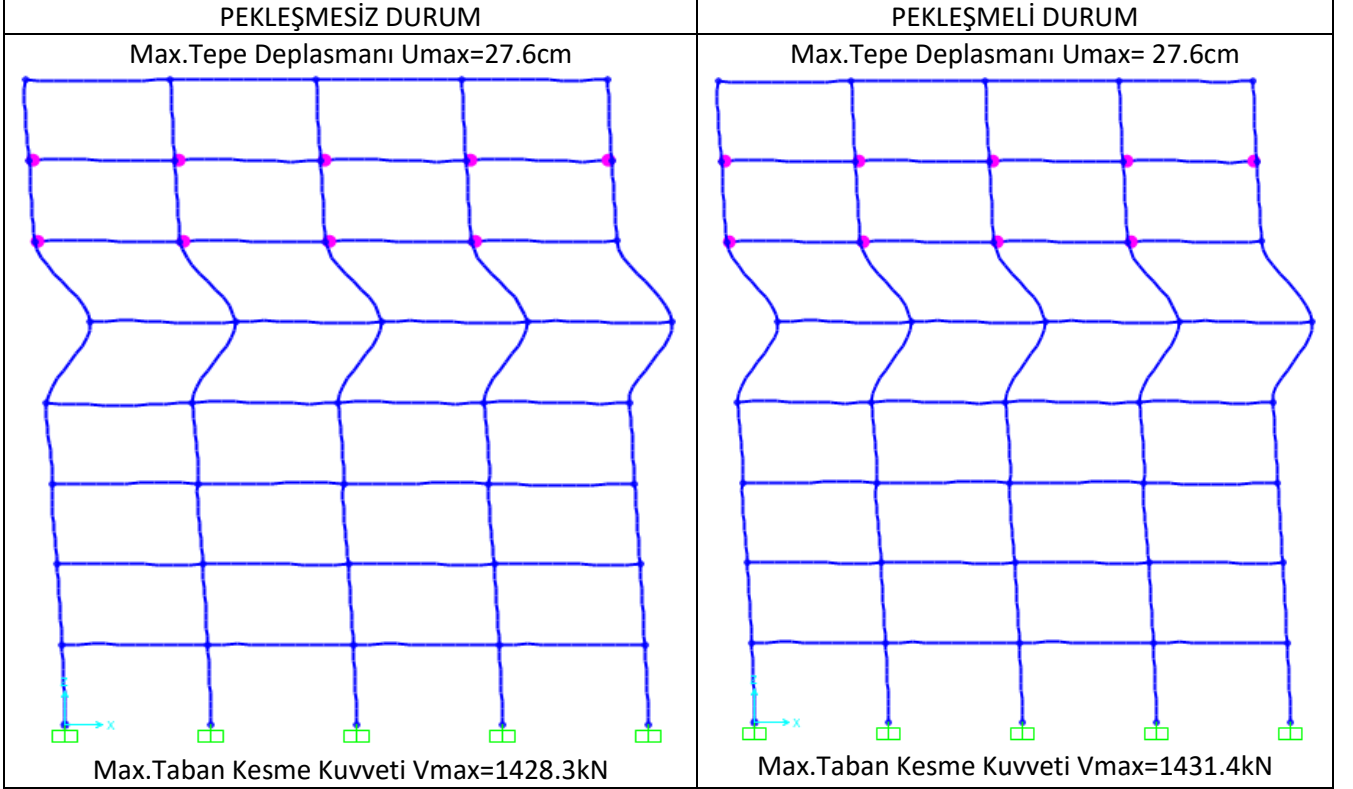
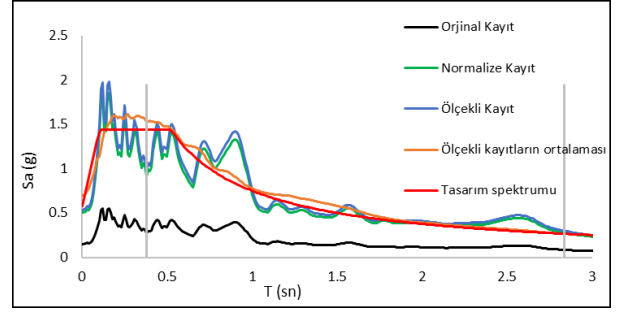
Kirişler



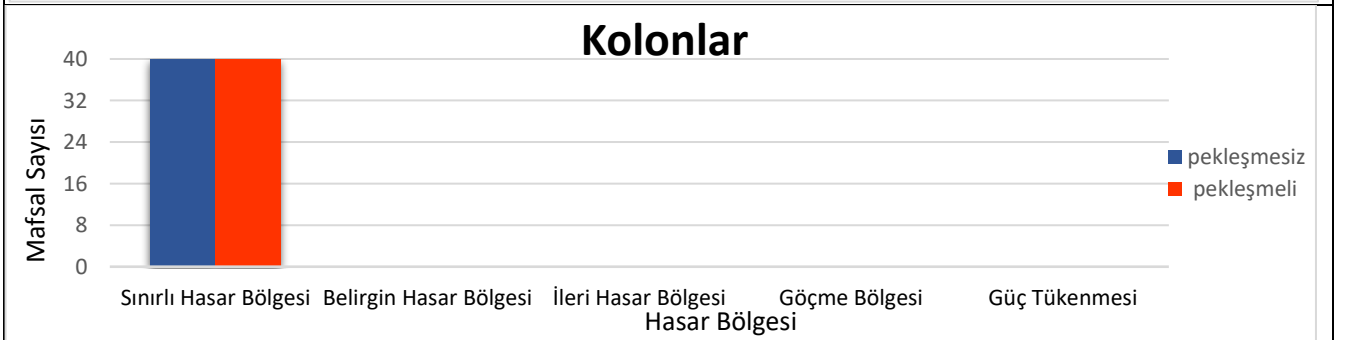
Kolonlar



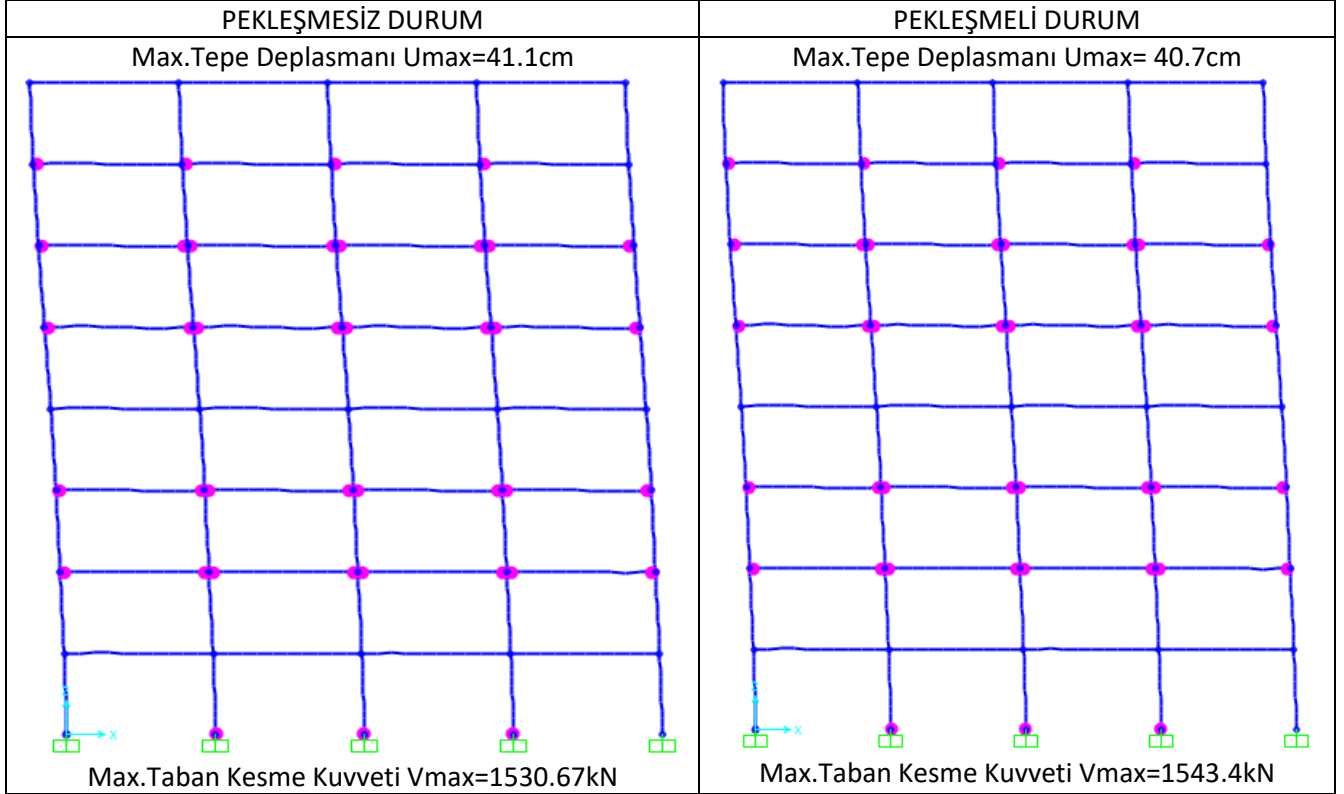
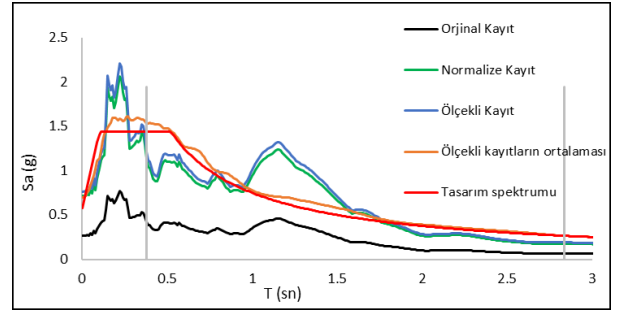
Deprem No:12- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Amboy
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,02



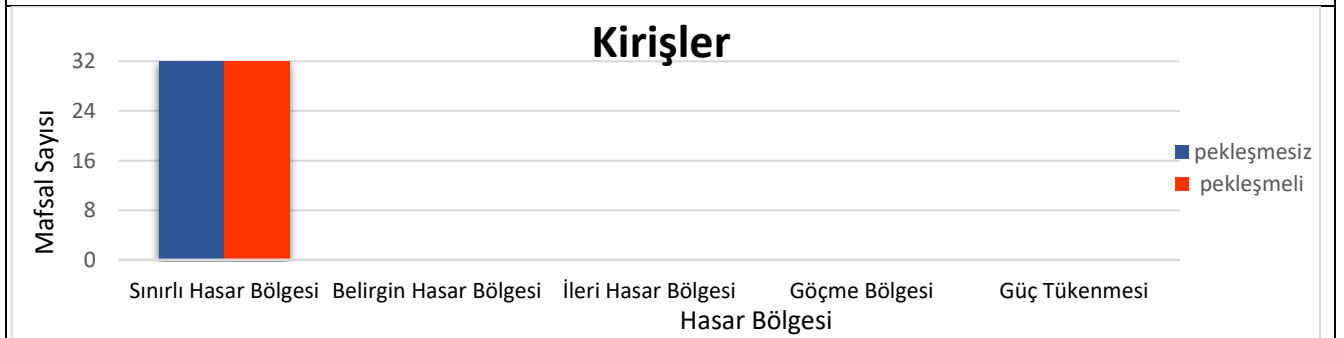
PERFORMANS DÜZEYLERİ



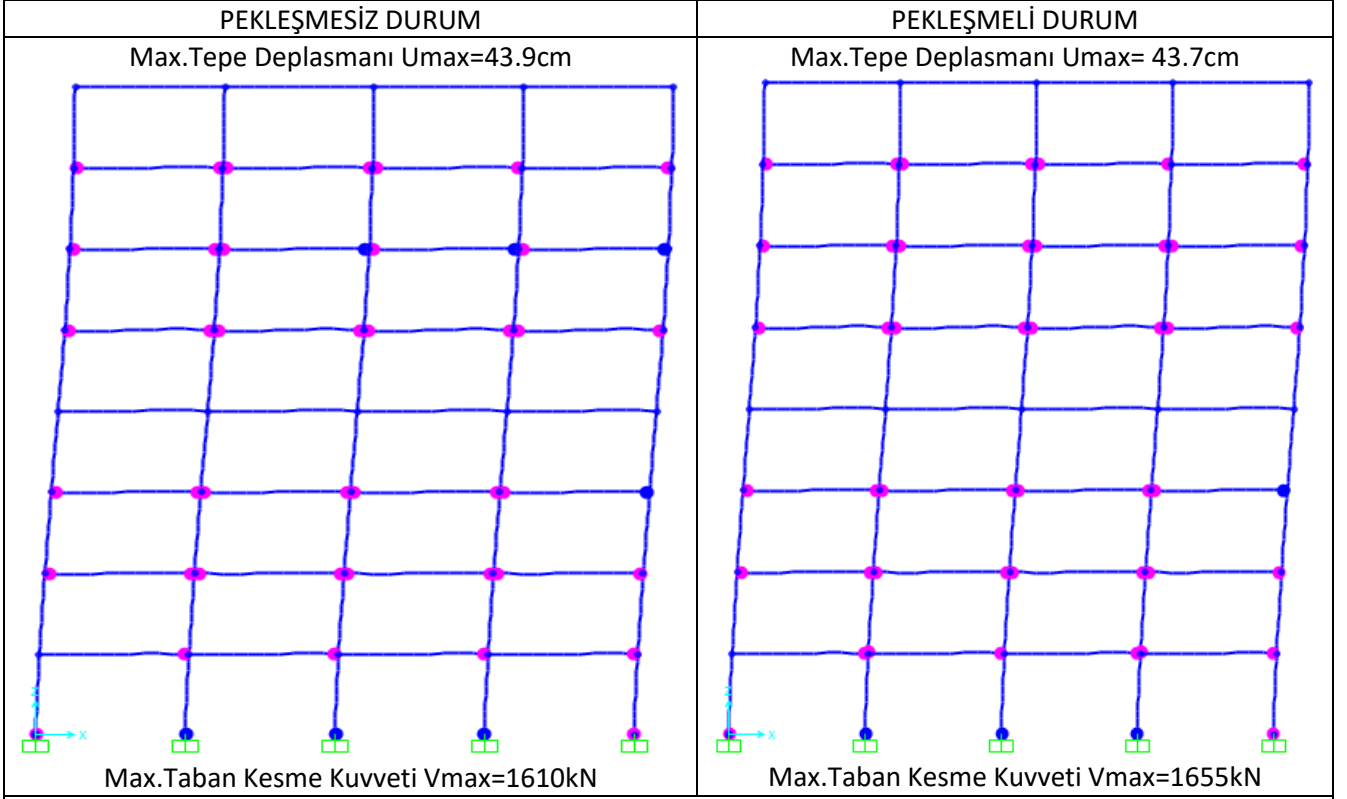
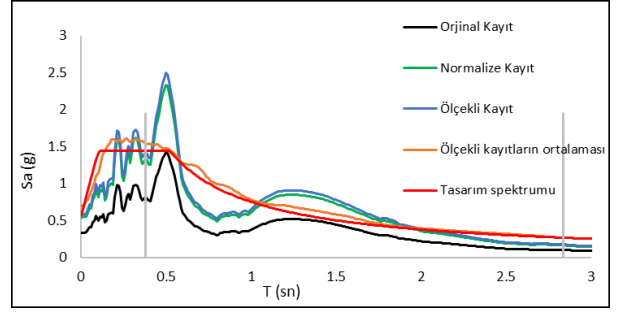
Deprem No:13- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Hector
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



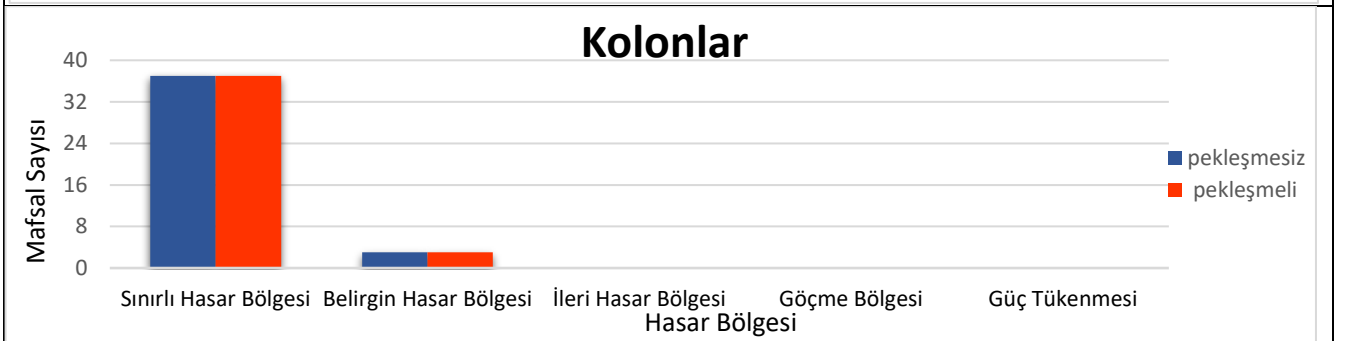
PERFORMANS DÜZEYLERİ



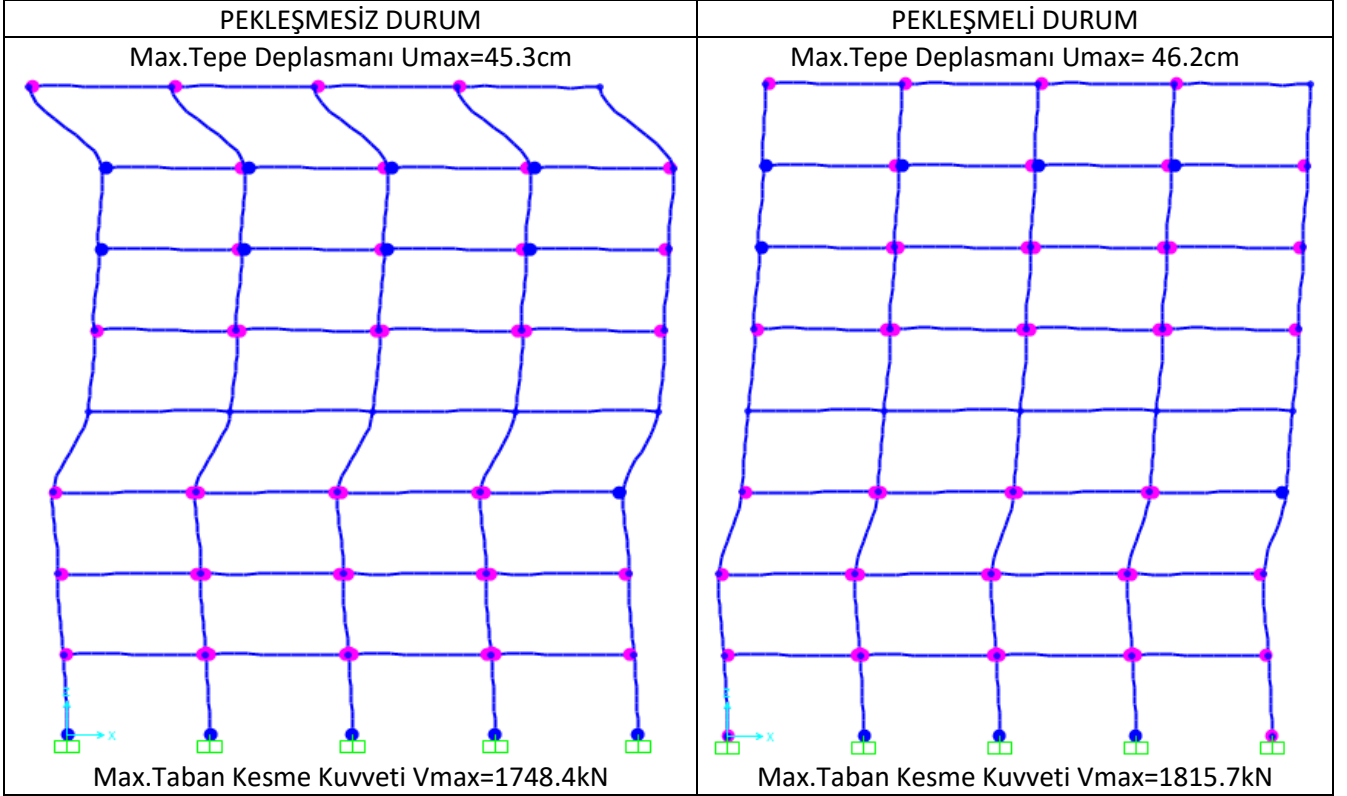
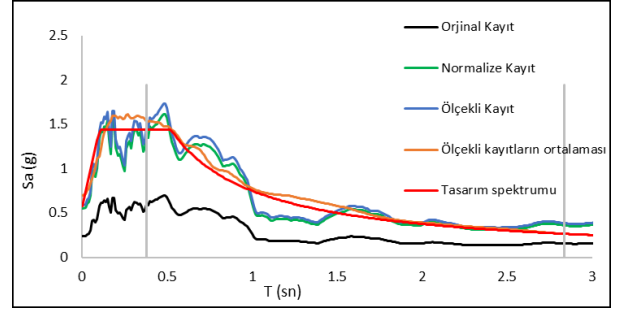
Deprem No:14- Hector Mine	
Tarihi:	10/16/1999
İstasyon Adı:	Hector
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:15- Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	Delta
Bileşen:	262
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

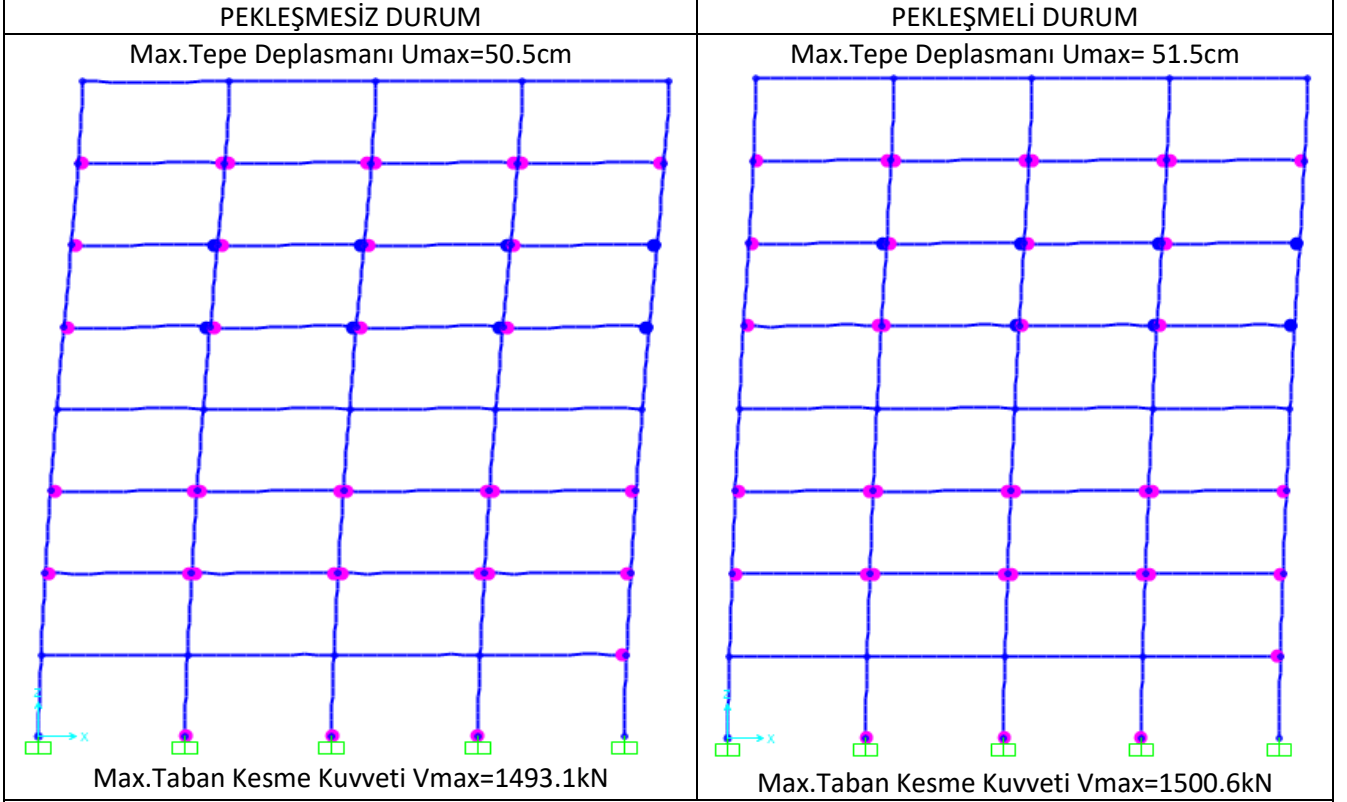
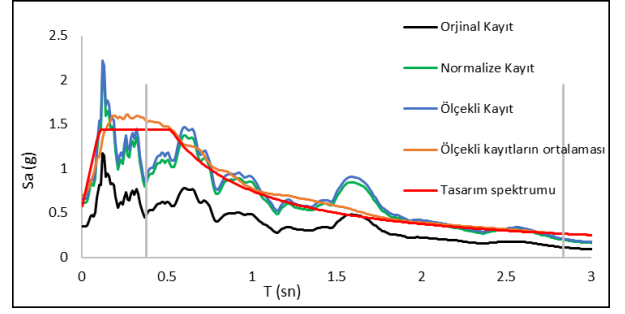
Kirişler



Kolonlar



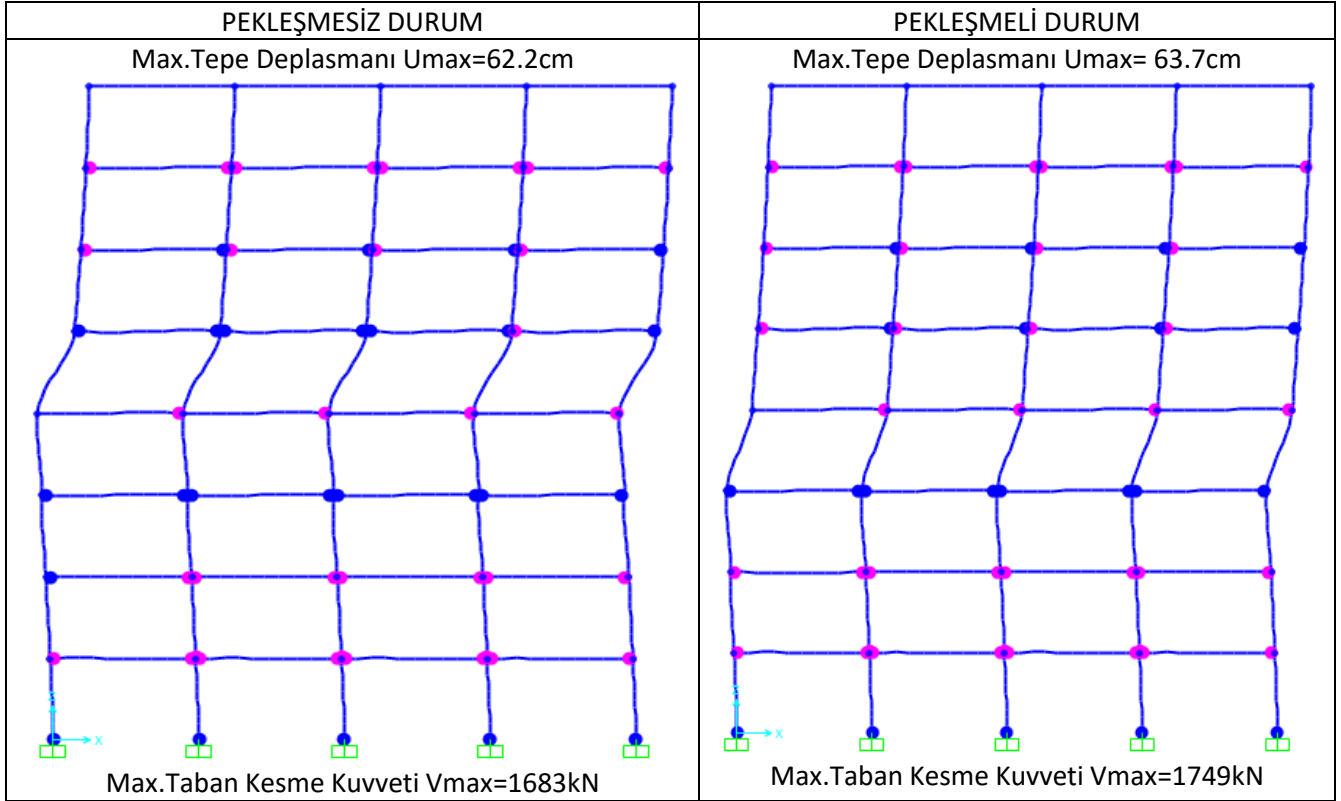
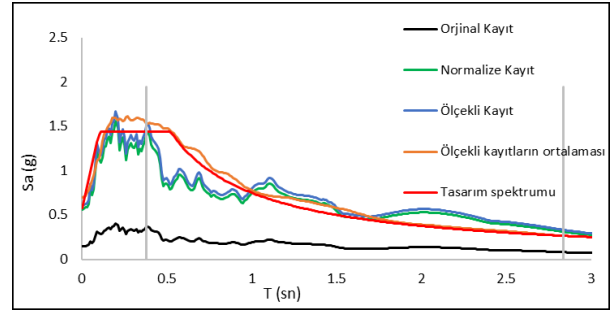
Deprem No:16- Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	Delta
Bileşen:	352
Zaman Adımı (sn):	0,01



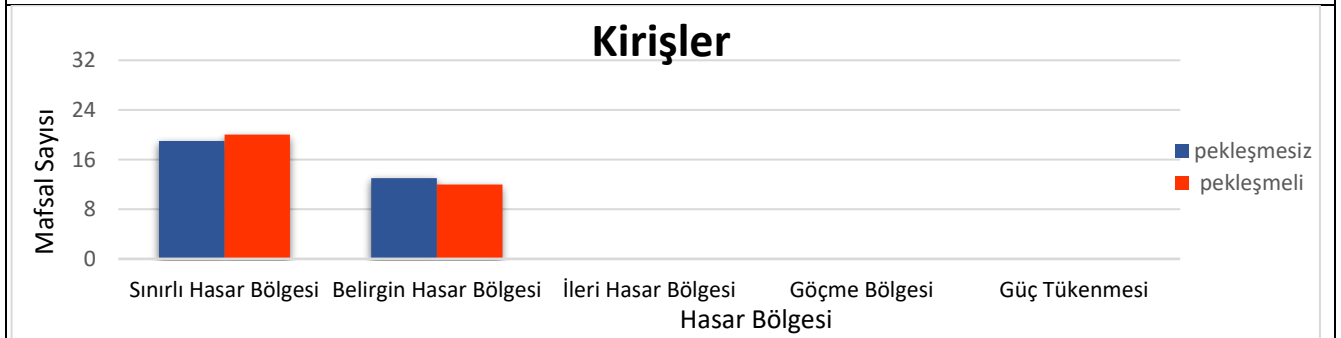
PERFORMANS DÜZEYLERİ



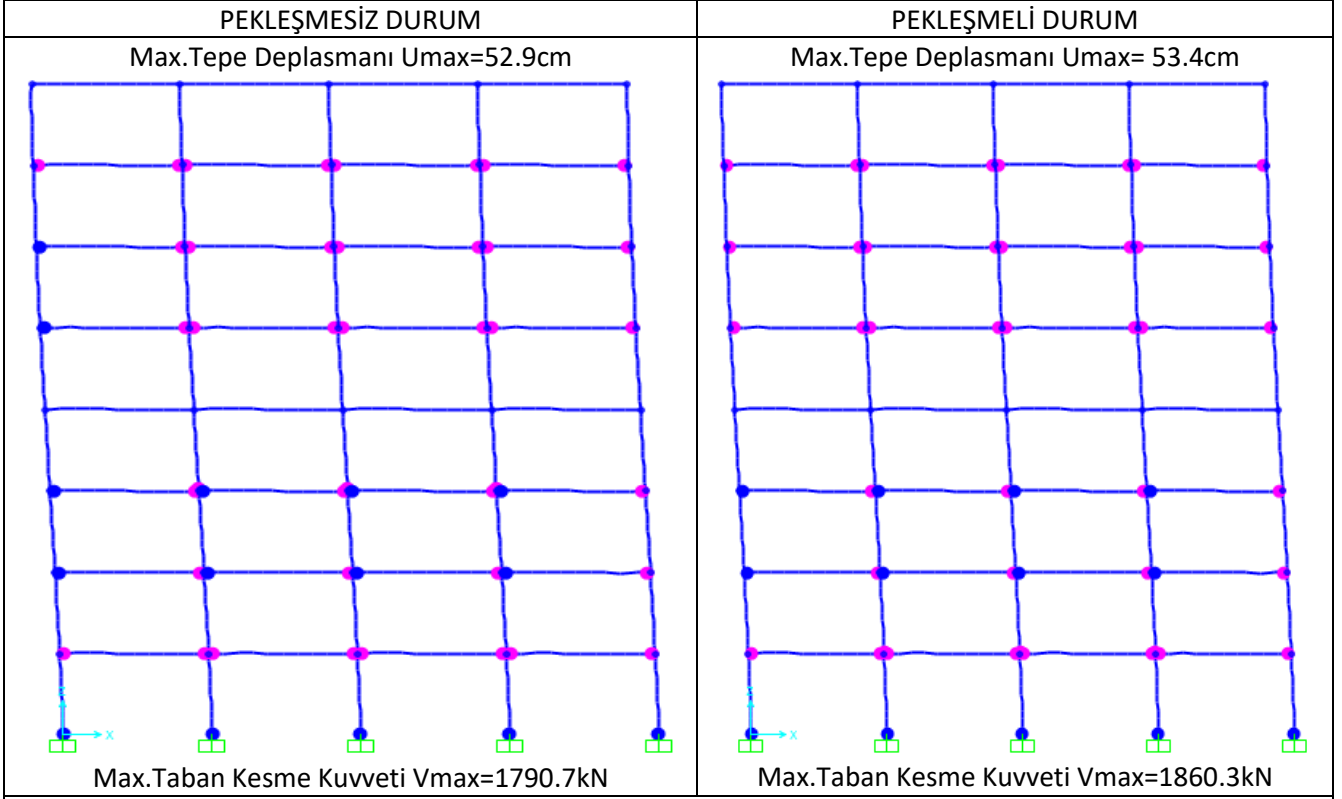
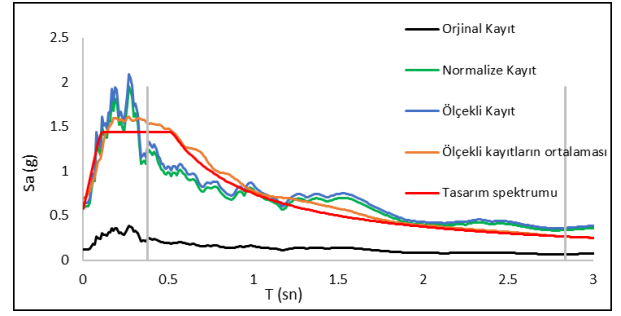
Deprem No:17-Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	140
Zaman Adımı (sn):	0,005



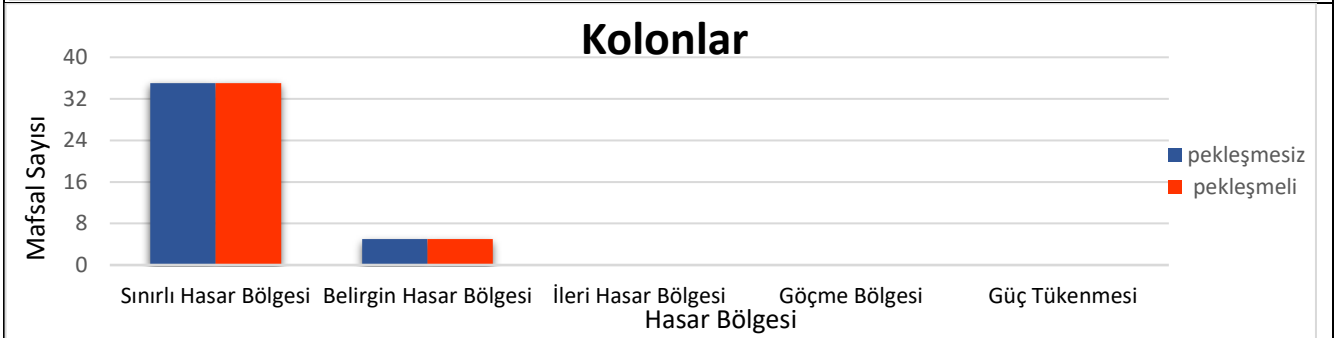
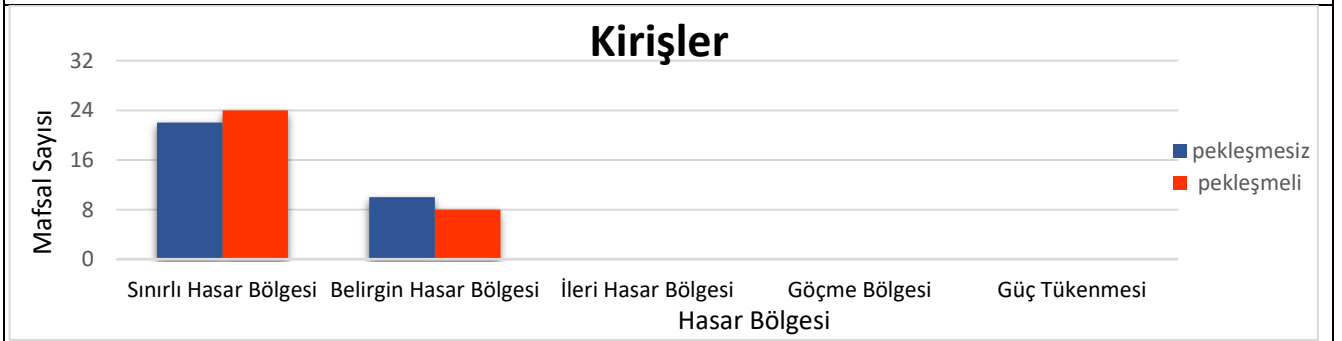
PERFORMANS DÜZEYLERİ



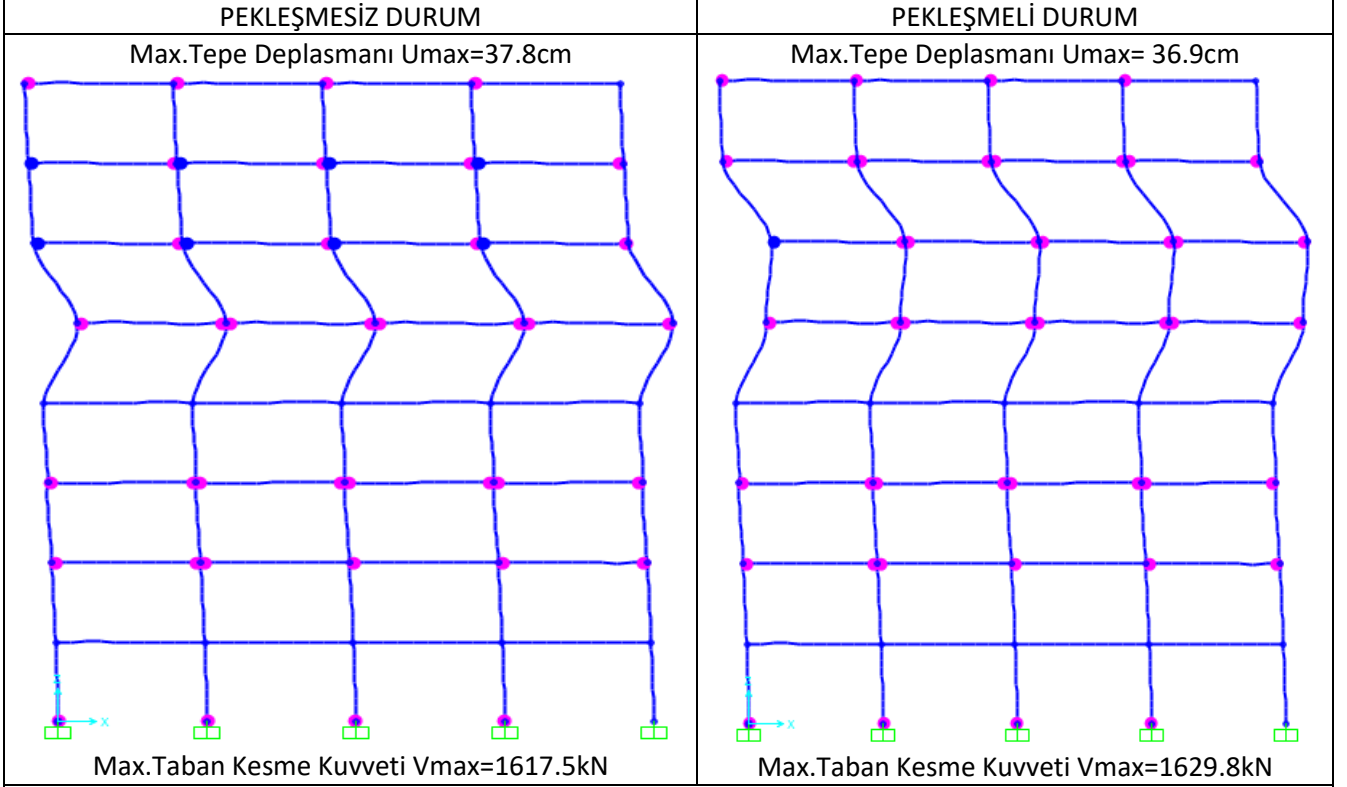
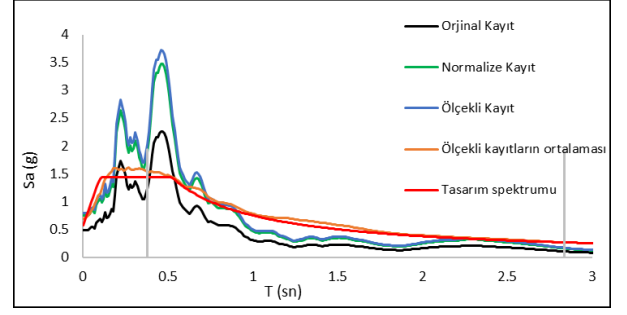
Deprem No:18-Imperial Valley	
Tarihi:	10/15/1979
İstasyon Adı:	El Centro Array
Bileşen:	230
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



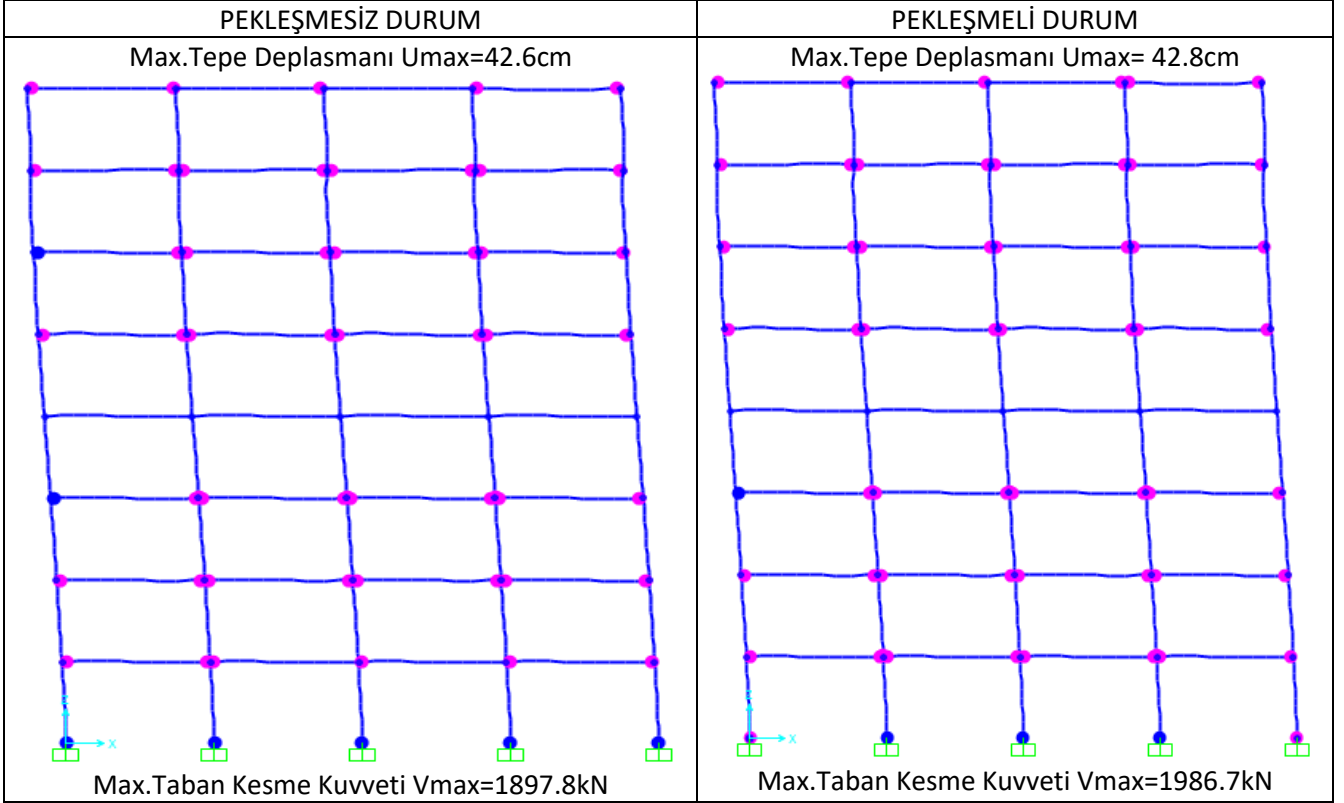
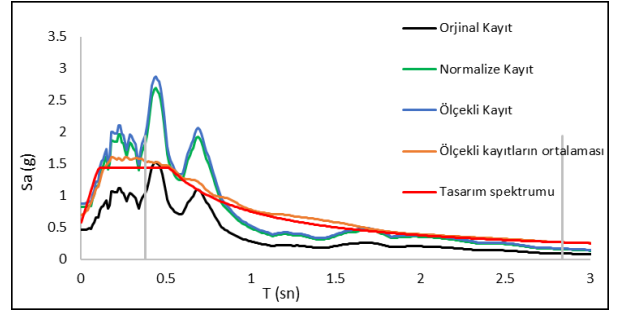
Deprem No:19-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Nishi-Akashi
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



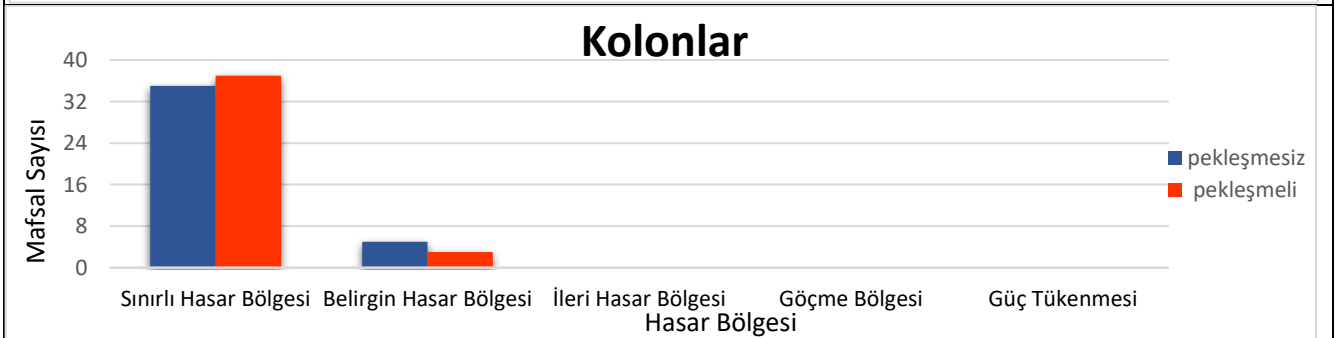
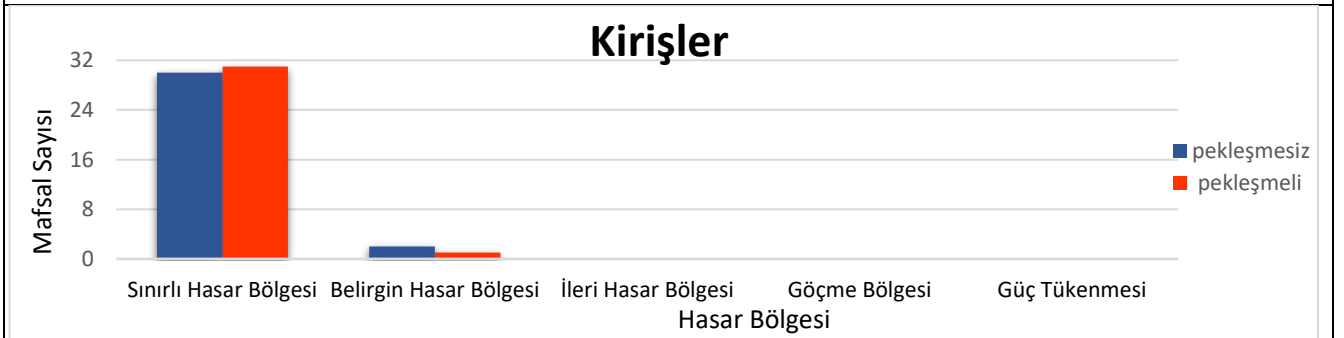
PERFORMANS DÜZEYLERİ



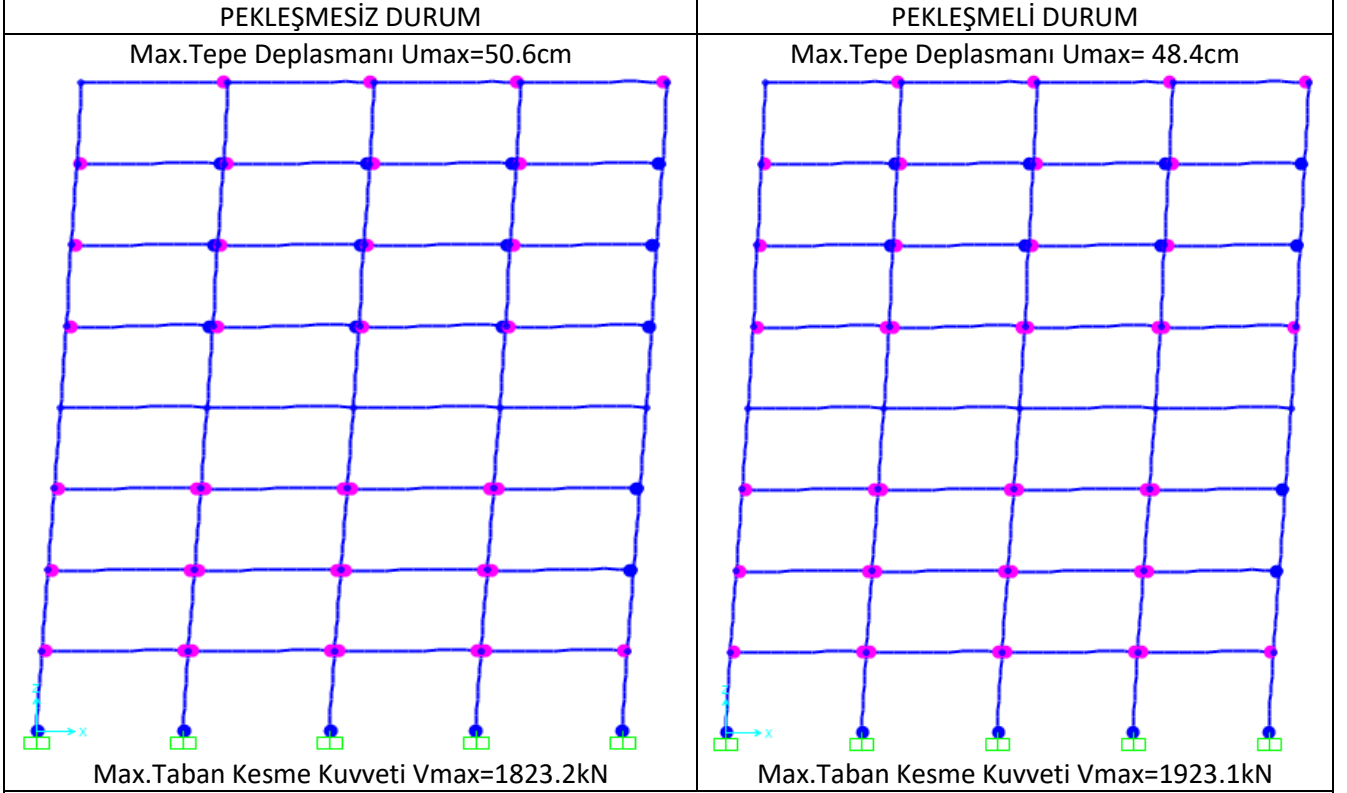
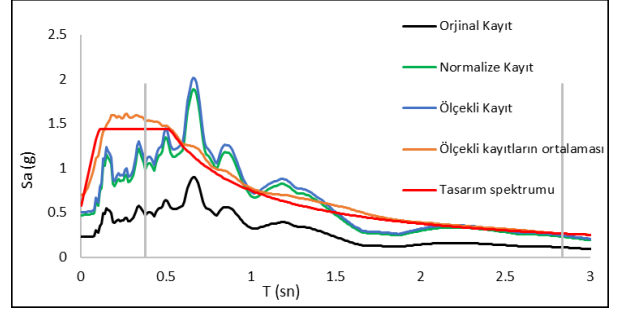
Deprem No:20-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Nishi-Akashi
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



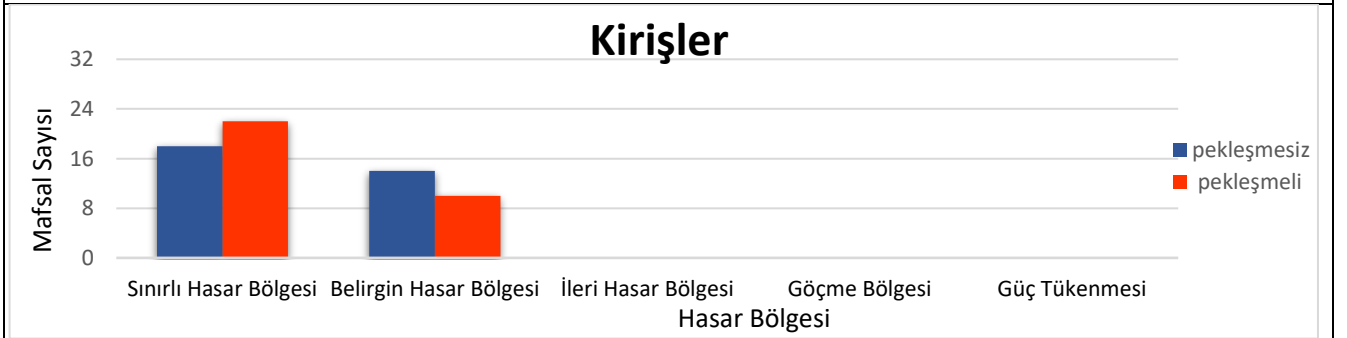
PERFORMANS DÜZEYLERİ



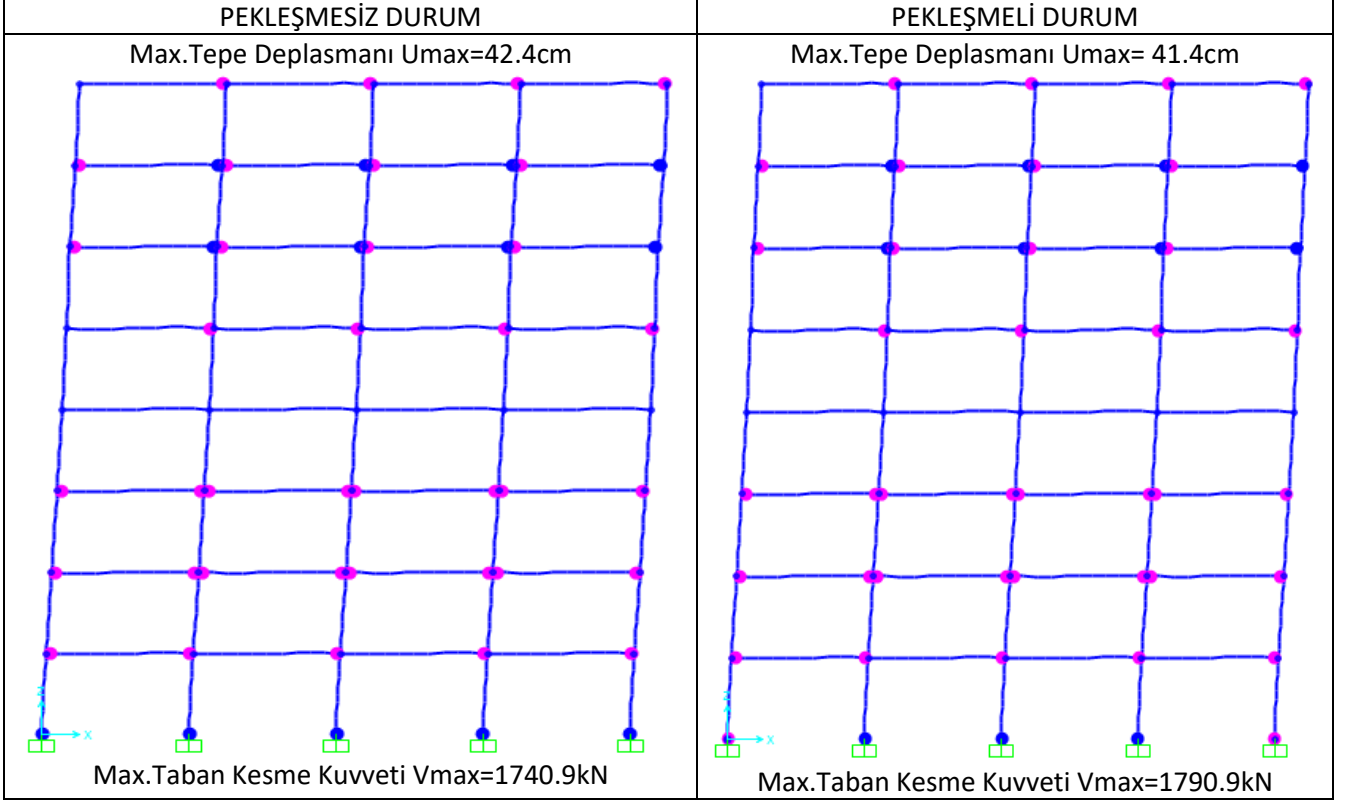
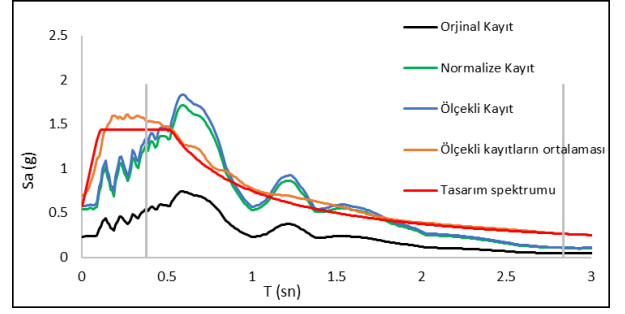
Deprem No:21-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Shin-Osaka
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,01



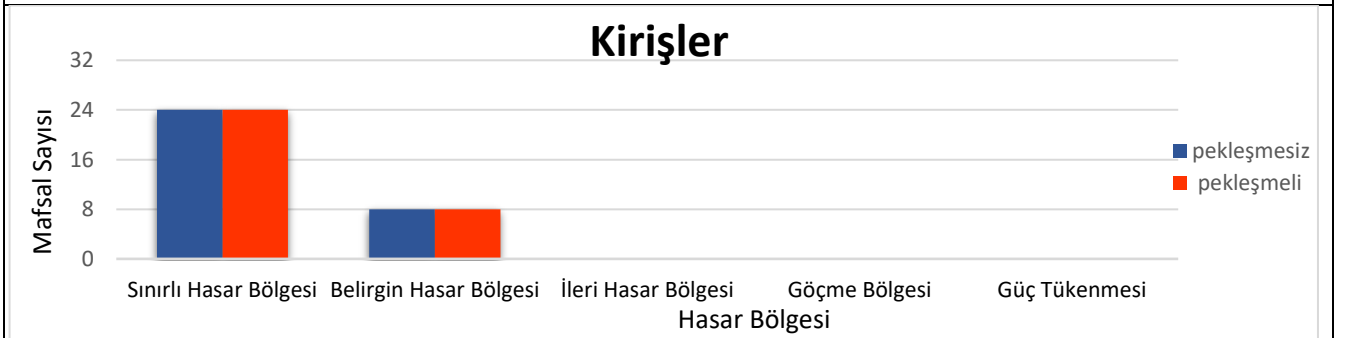
PERFORMANS DÜZEYLERİ



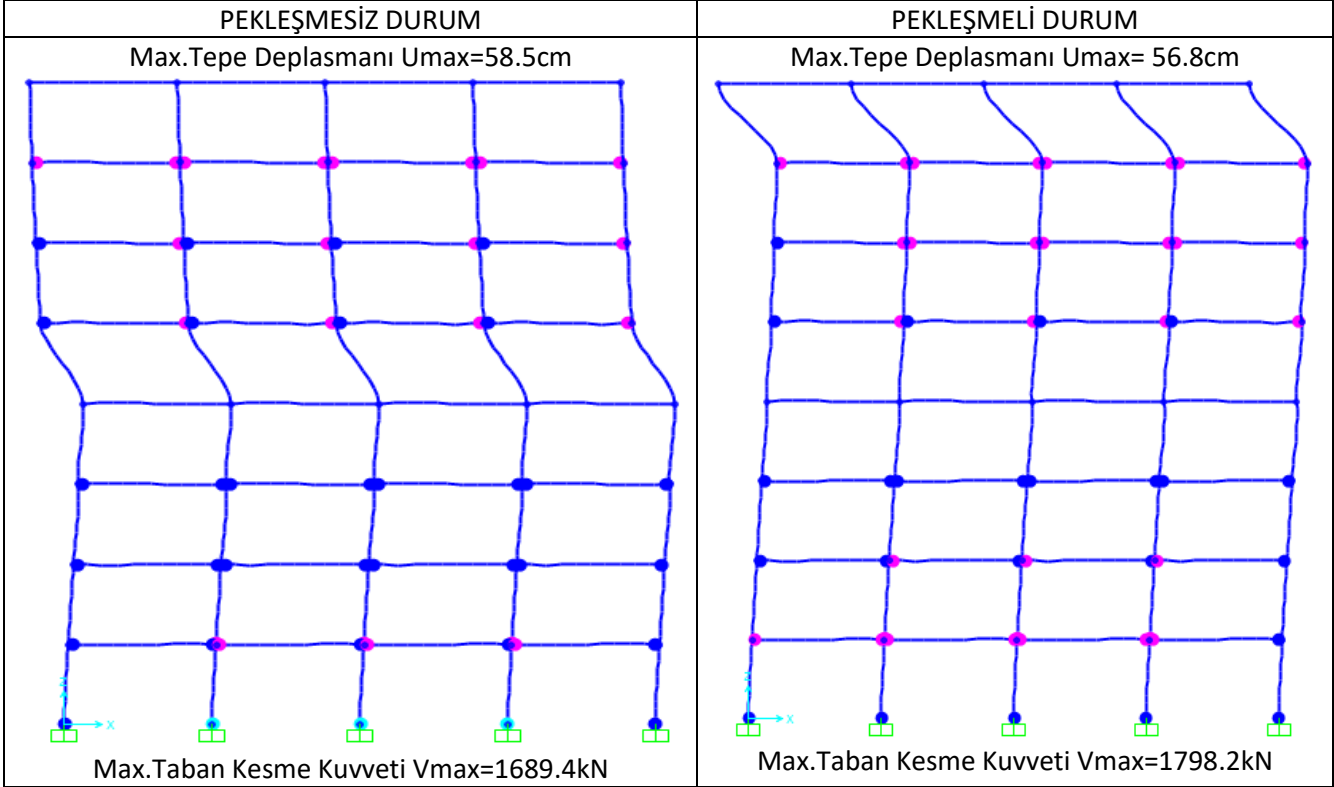
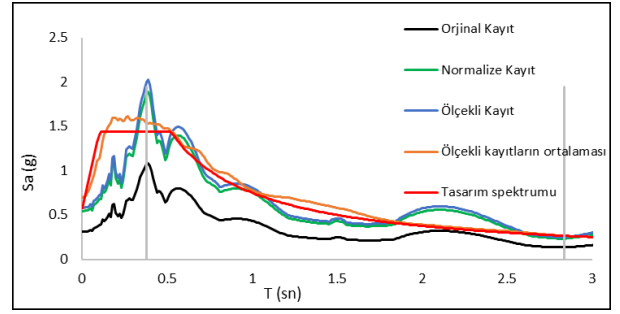
Deprem No:22-Kobe Japan	
Tarihi:	1/16/1995
İstasyon Adı:	Shin-Osaka
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



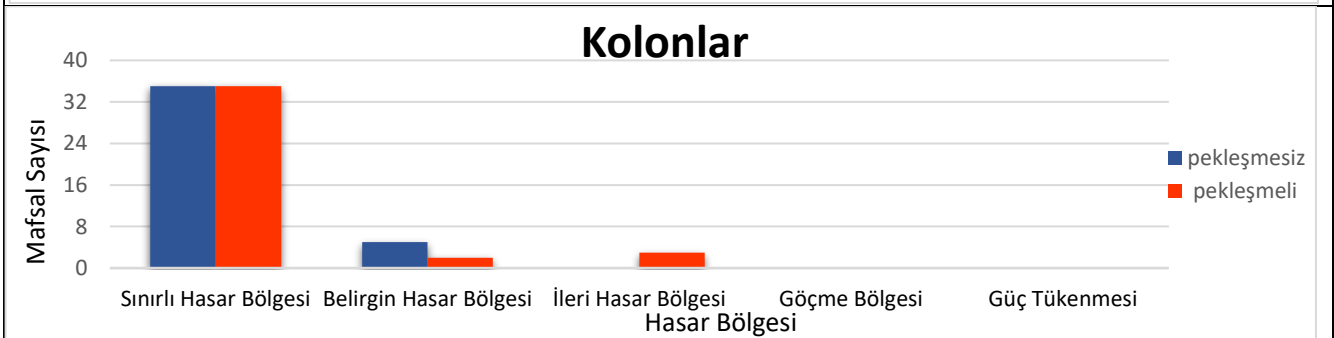
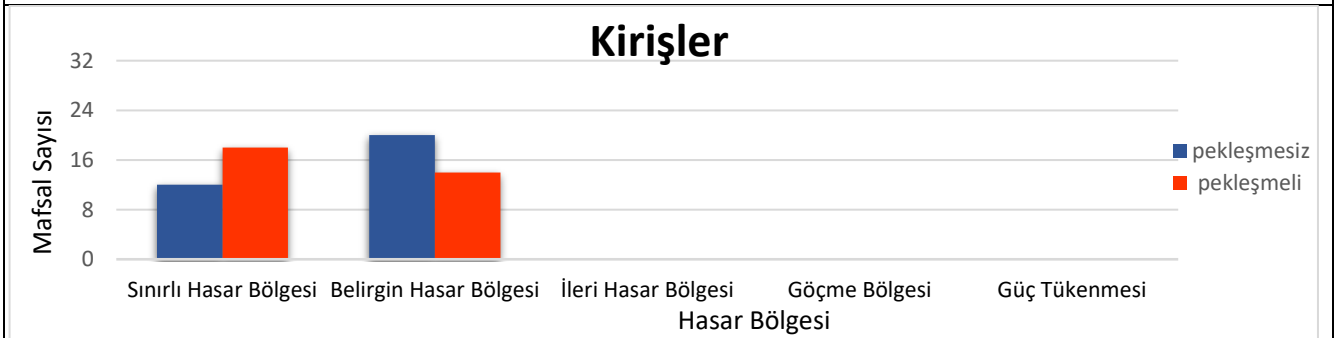
PERFORMANS DÜZEYLERİ



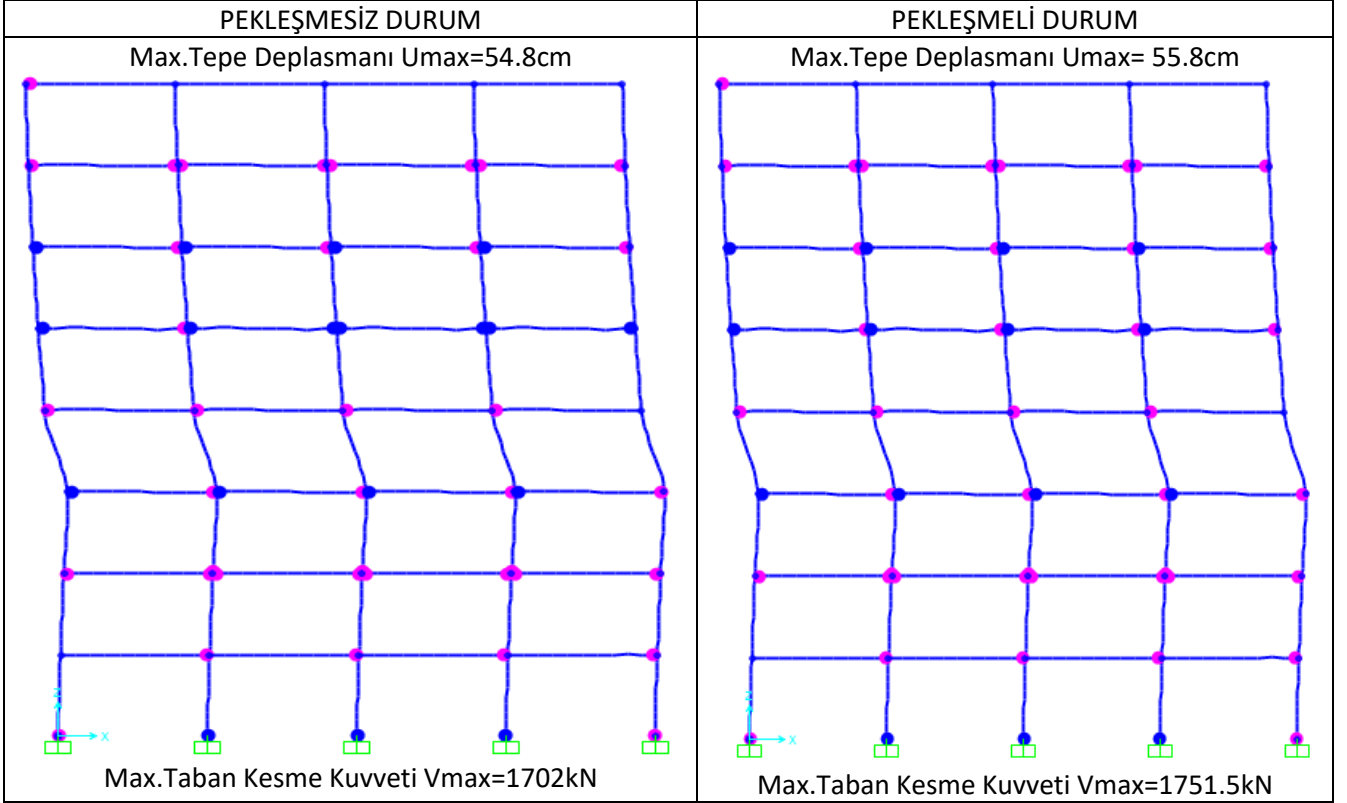
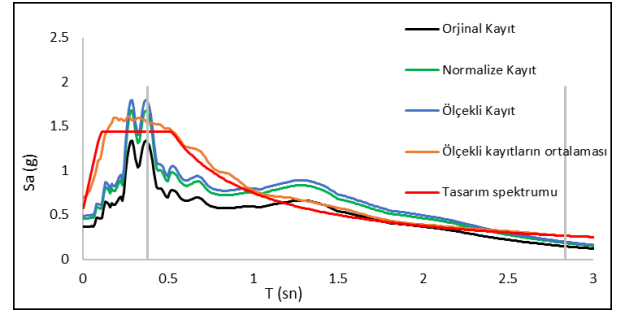
Deprem No:23-Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	DUZCE
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



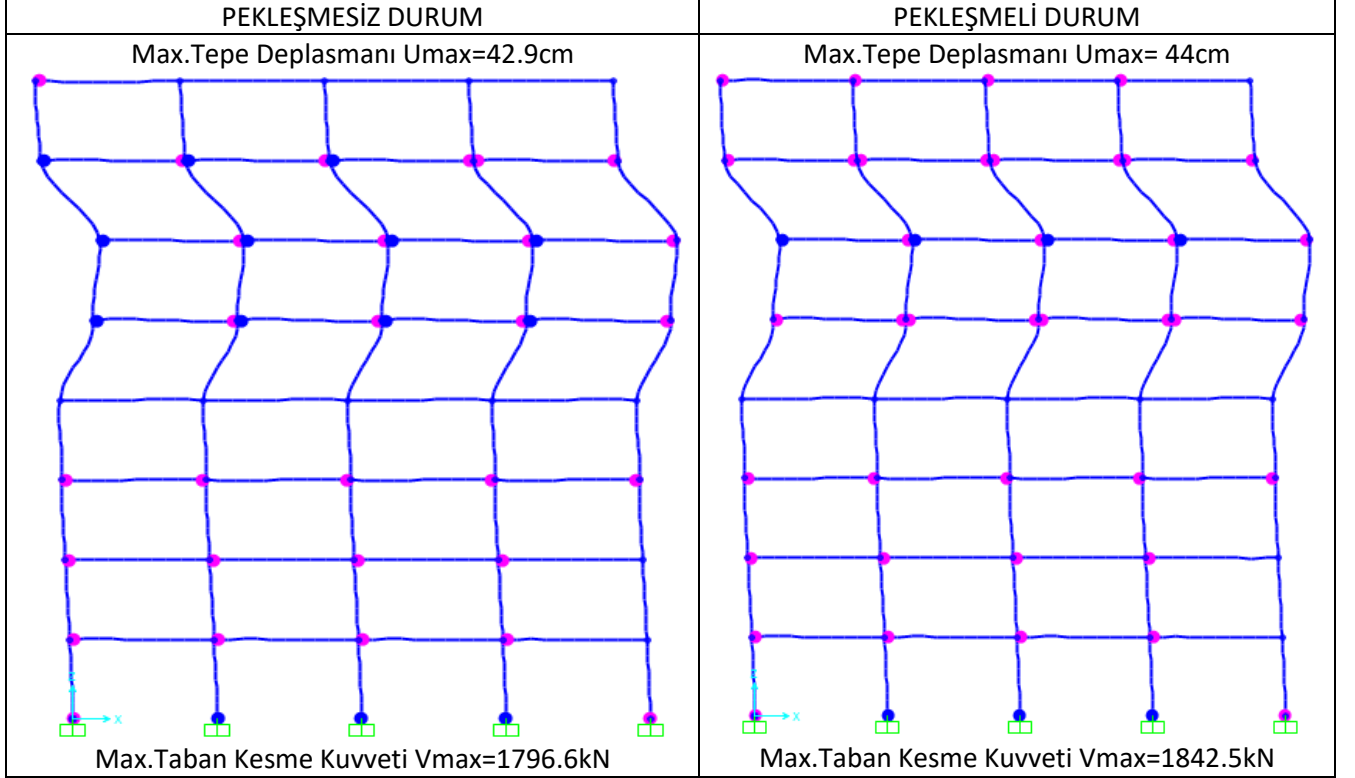
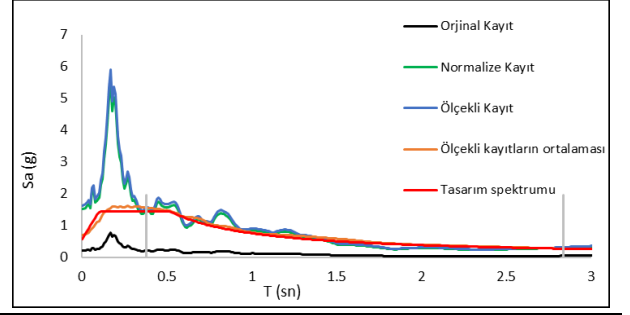
Deprem No:24- Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	DUZCE
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,005



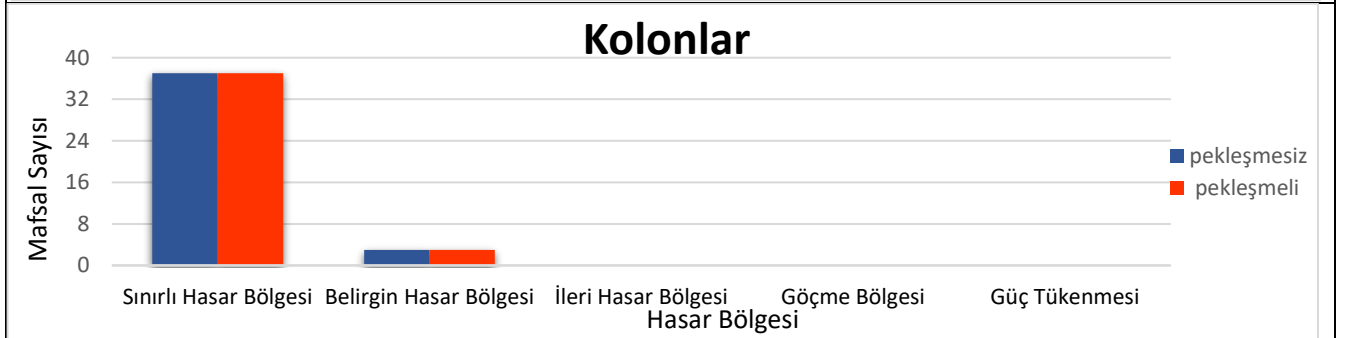
PERFORMANS DÜZEYLERİ



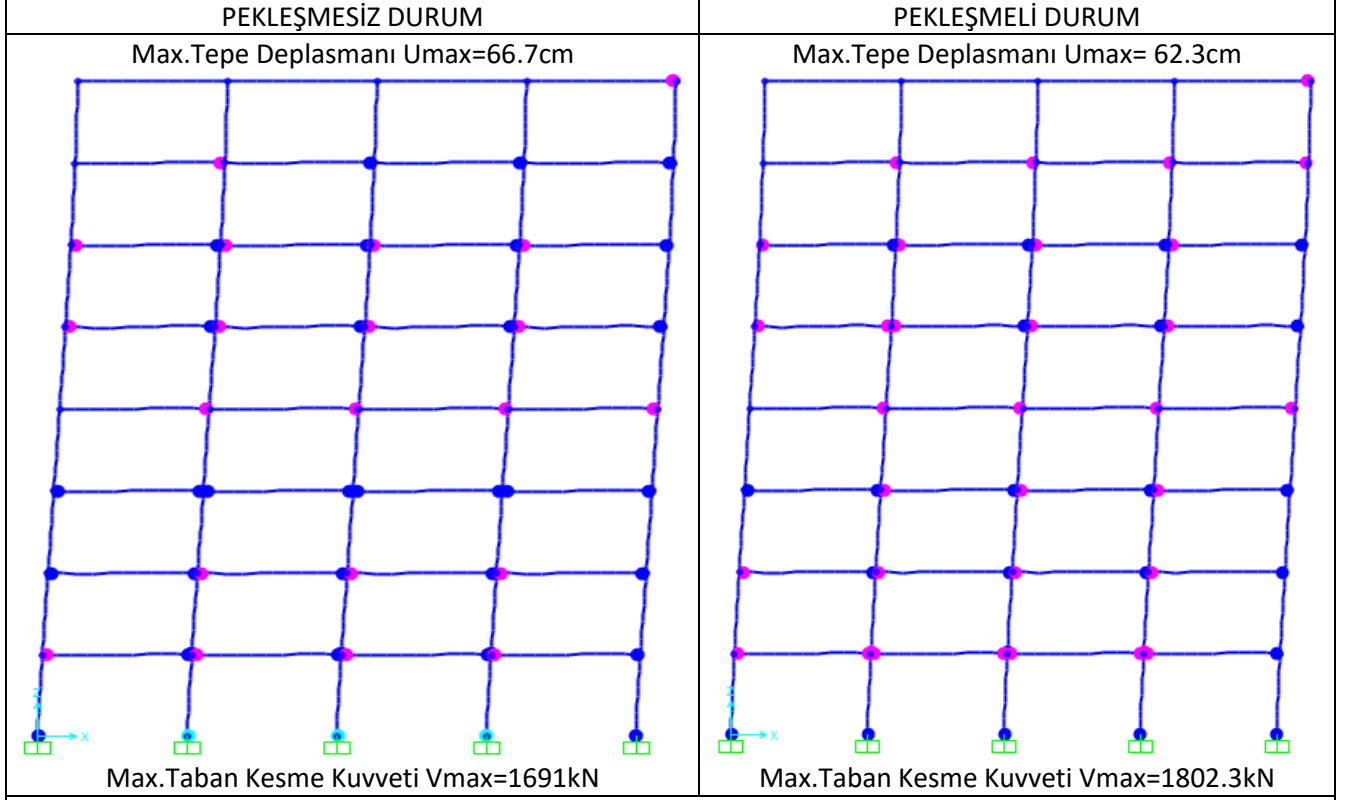
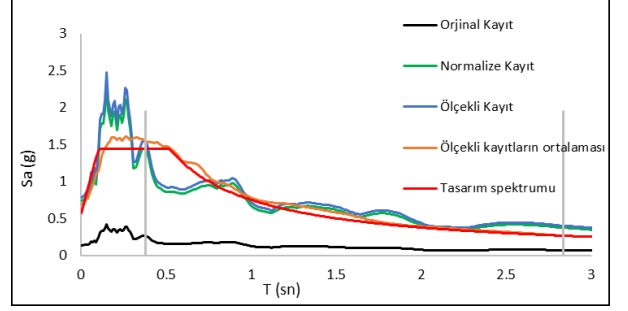
Deprem No:25-Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	Arcelik
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



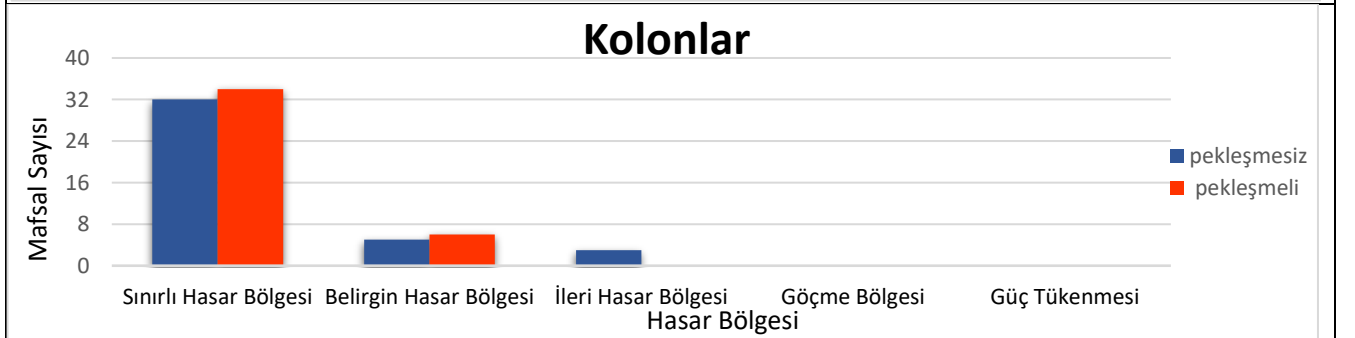
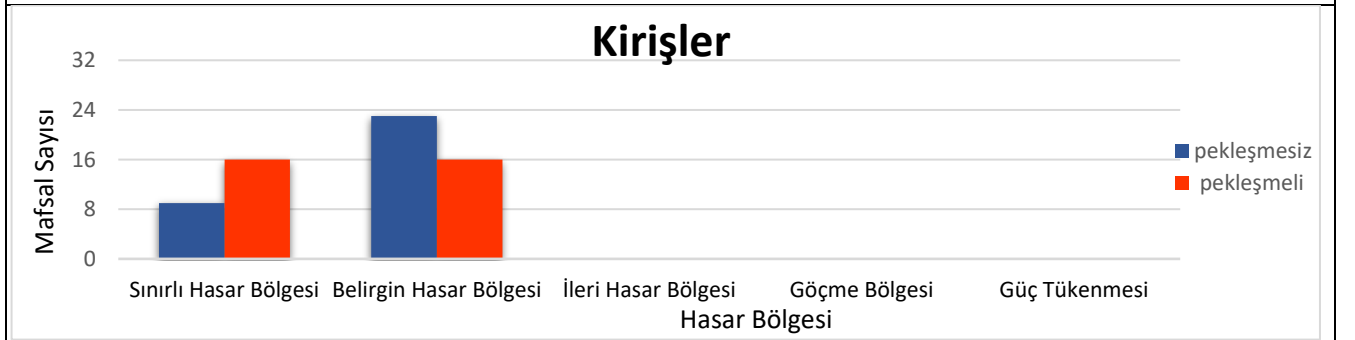
PERFORMANS DÜZEYLERİ



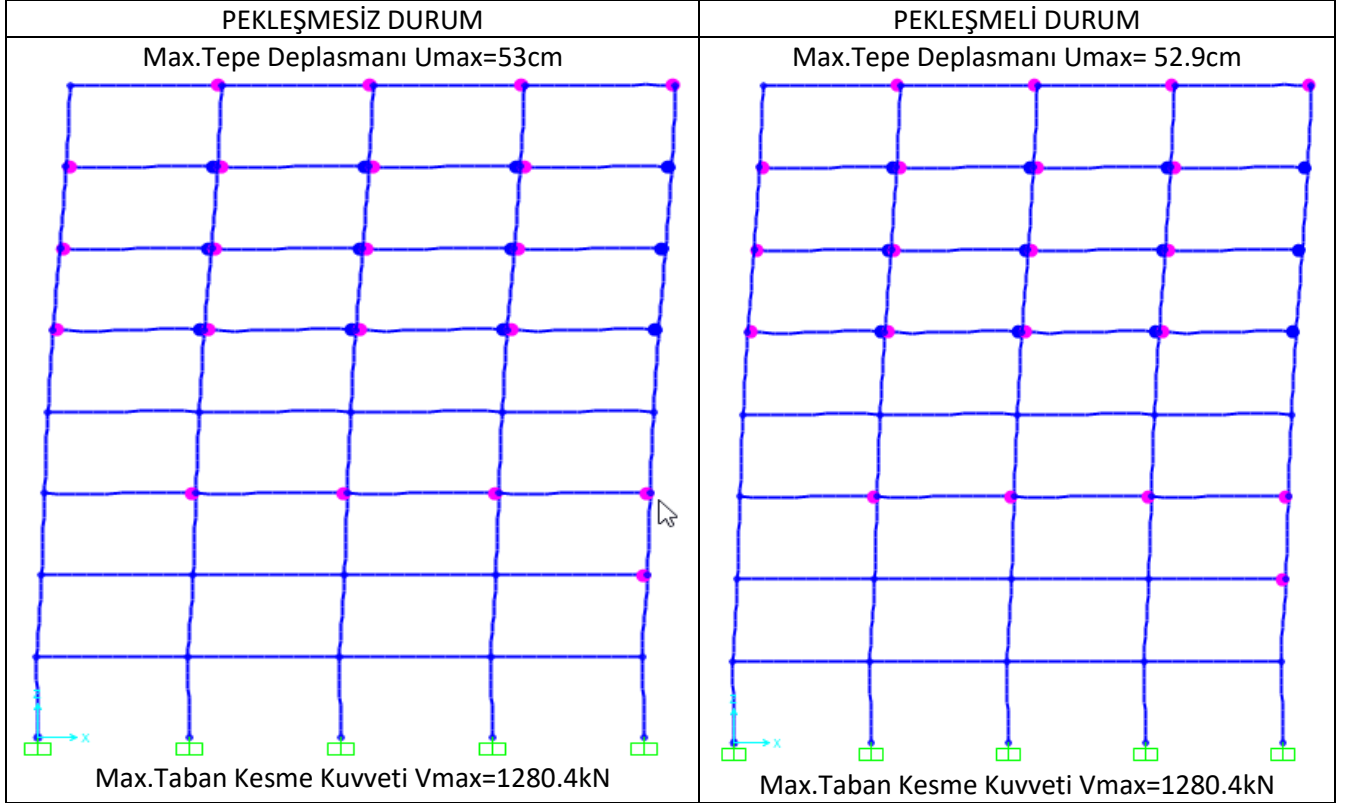
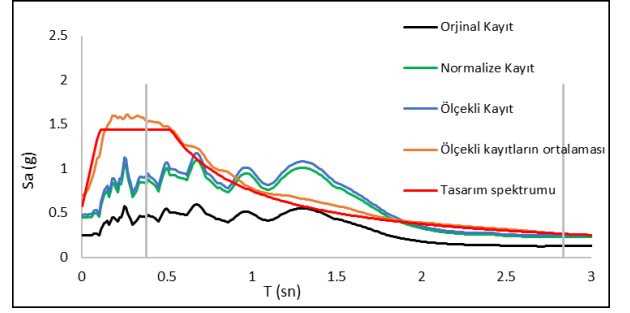
Deprem No:26- Kocaeli Turkey	
Tarihi:	8/17/1999
İstasyon Adı:	Arcelik
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



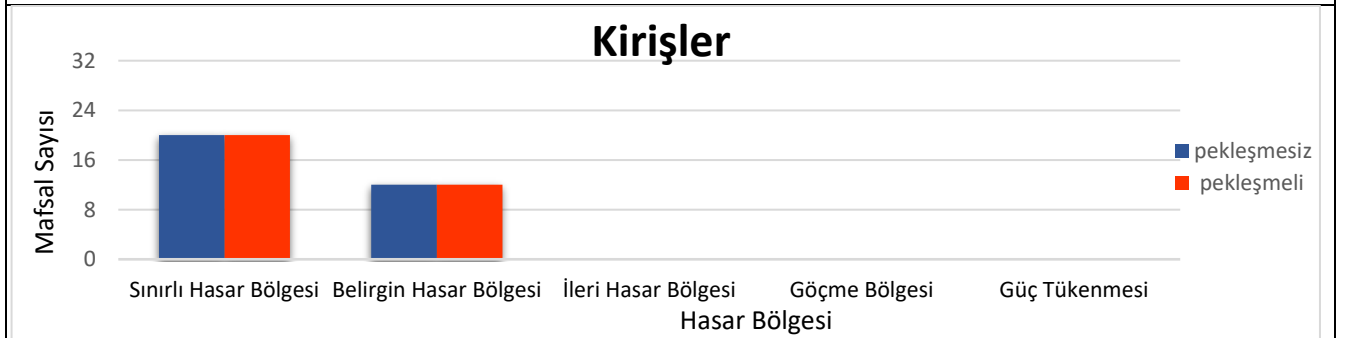
PERFORMANS DÜZEYLERİ



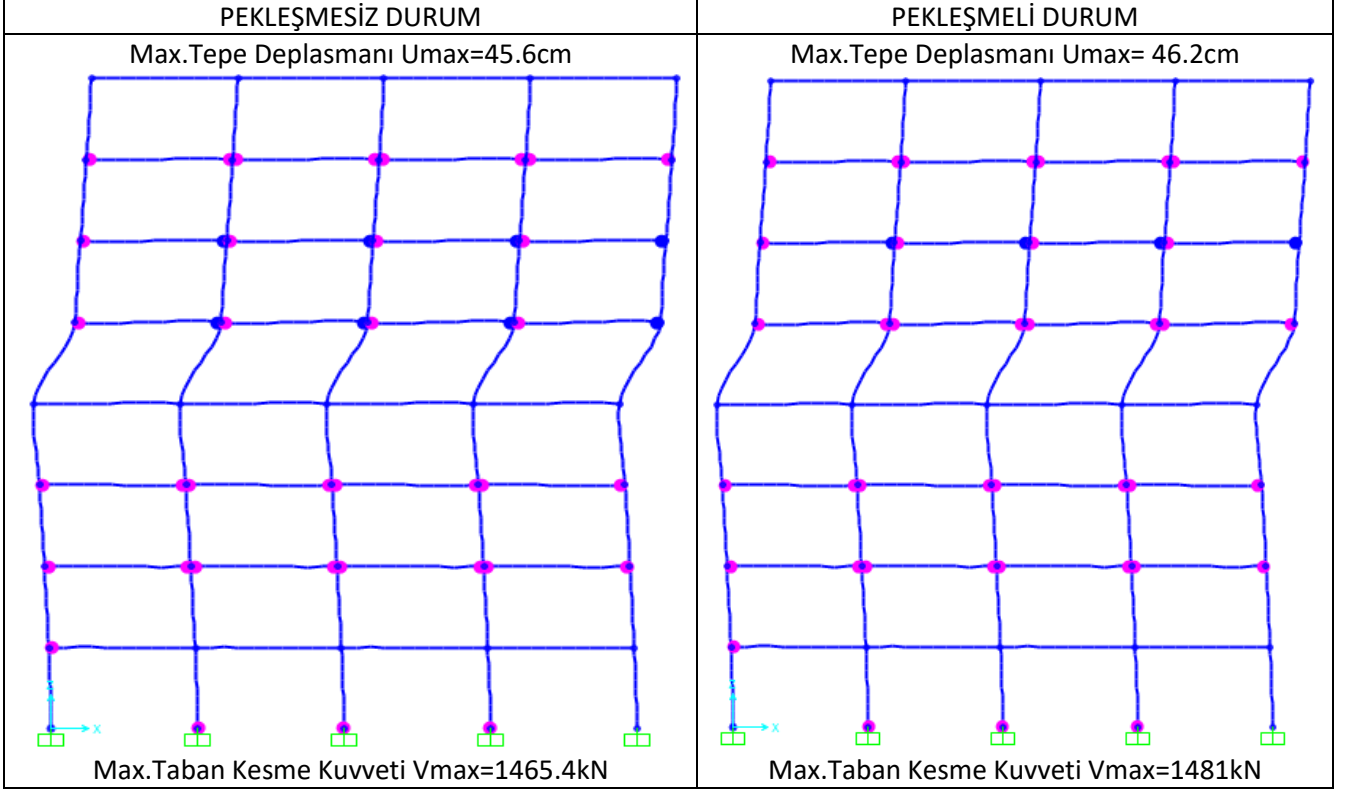
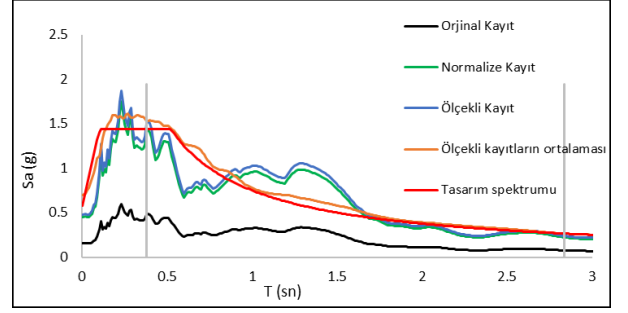
Deprem No:27- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Yermo Fire
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,02



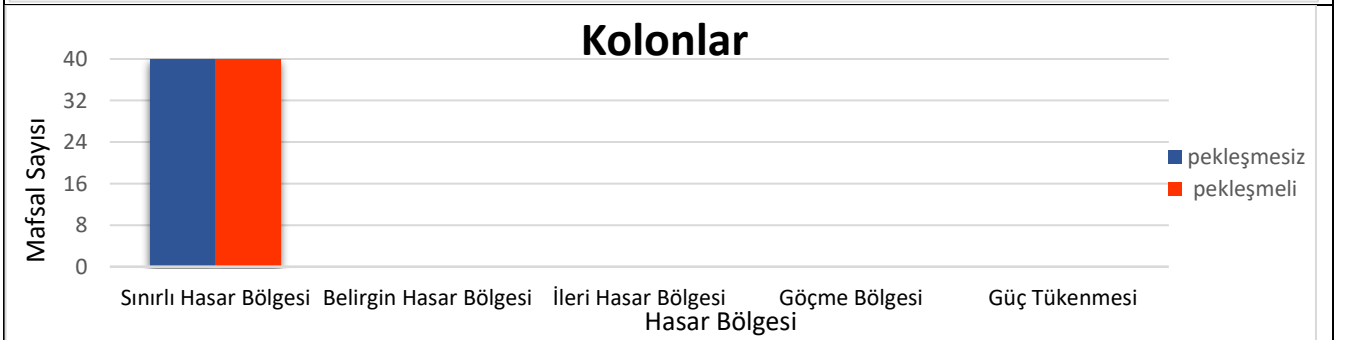
PERFORMANS DÜZEYLERİ



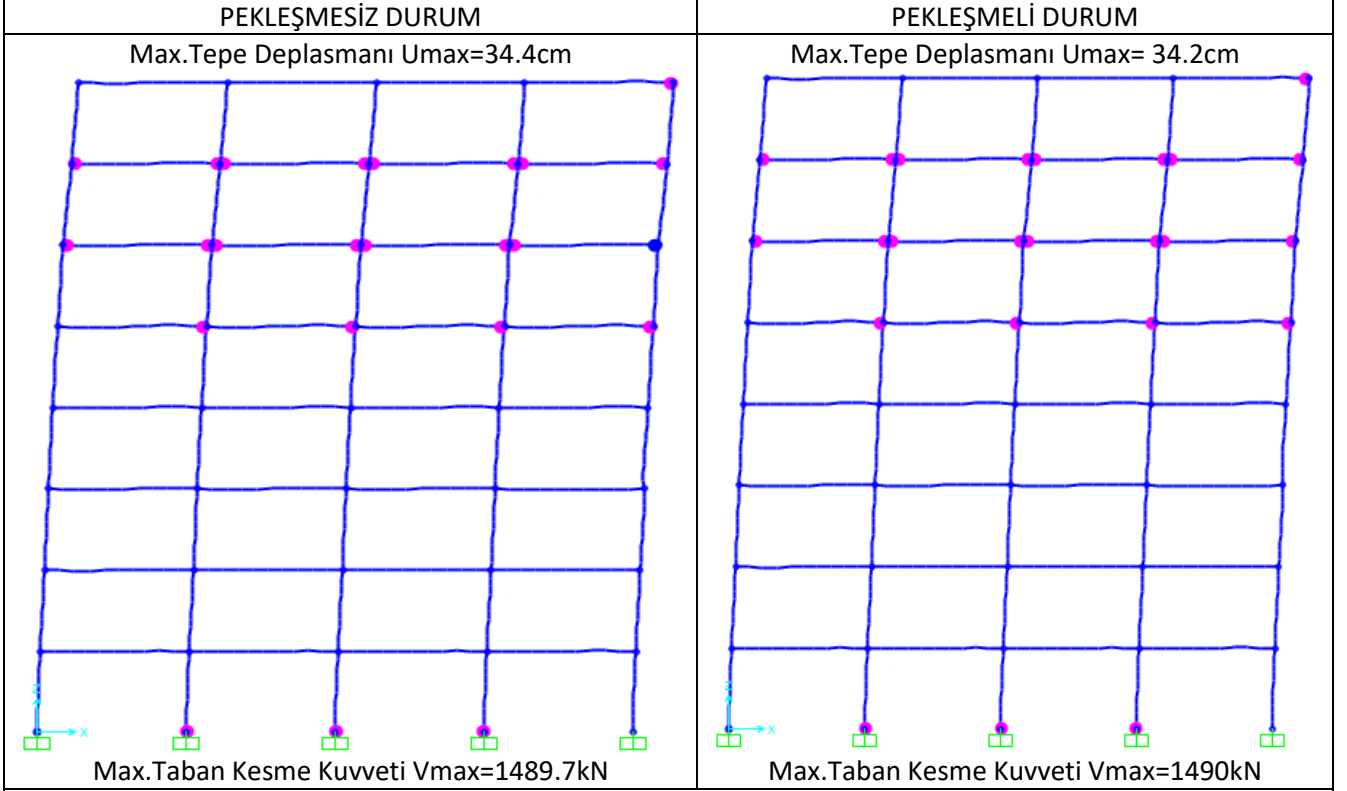
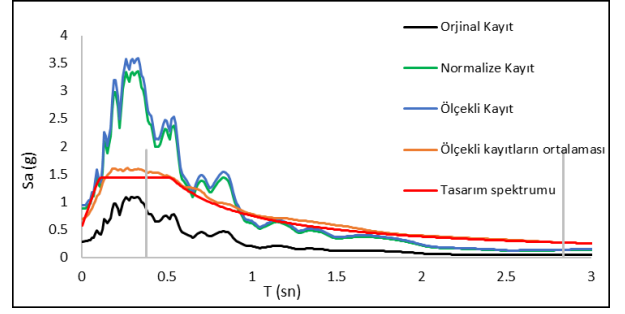
Deprem No:28- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Yermo Fire
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



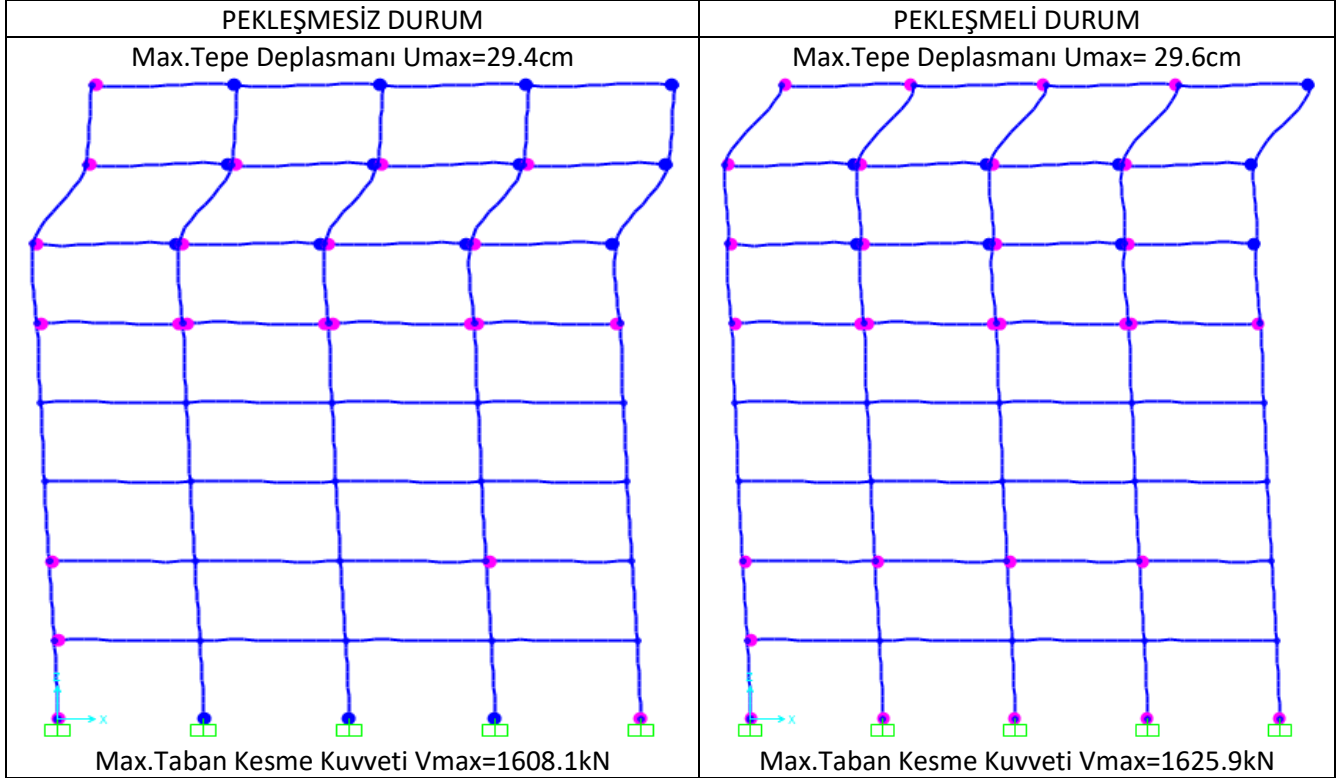
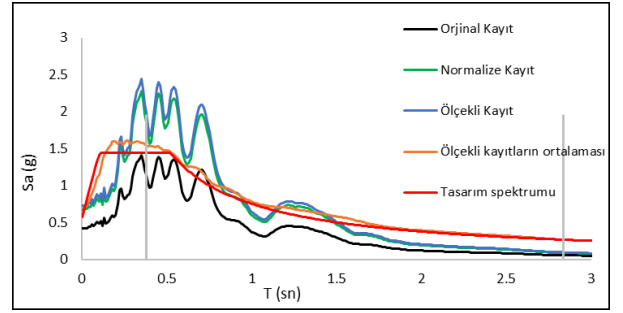
Deprem No:29-Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Coolwater
Bileşen:	LN
Zaman Adımı (sn):	0,0039



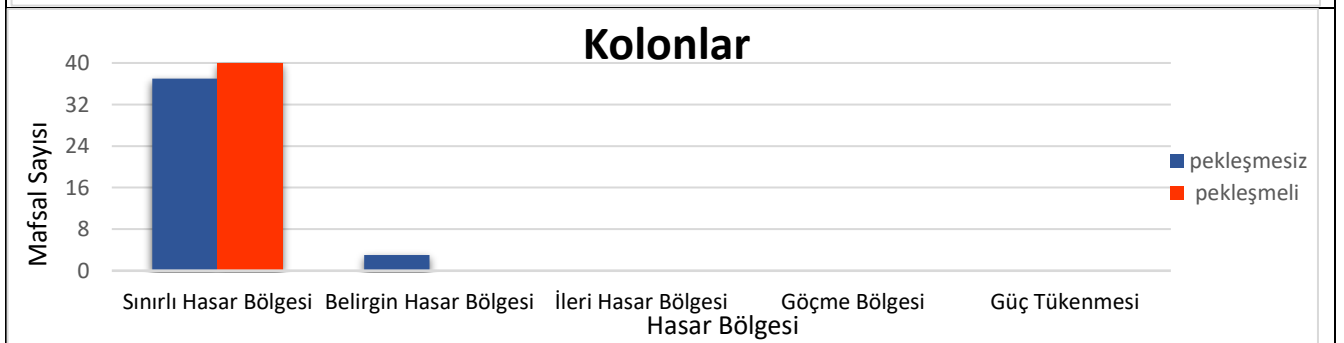
PERFORMANS DÜZEYLERİ



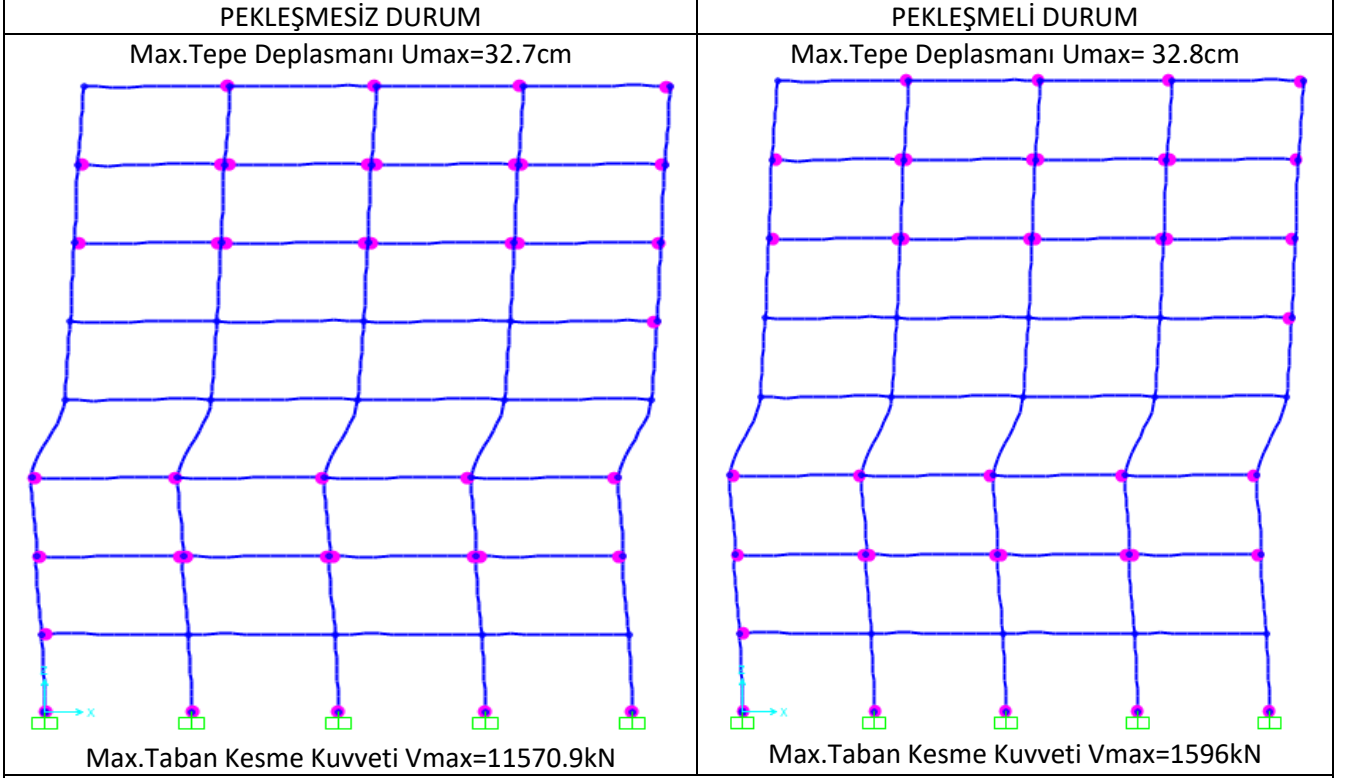
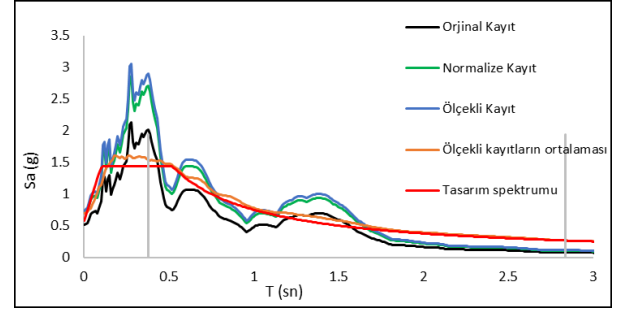
Deprem No:30- Landers	
Tarihi:	6/28/1992
İstasyon Adı:	Coolwater
Bileşen:	TR
Zaman Adımı (sn):	0,0039



PERFORMANS DÜZEYLERİ



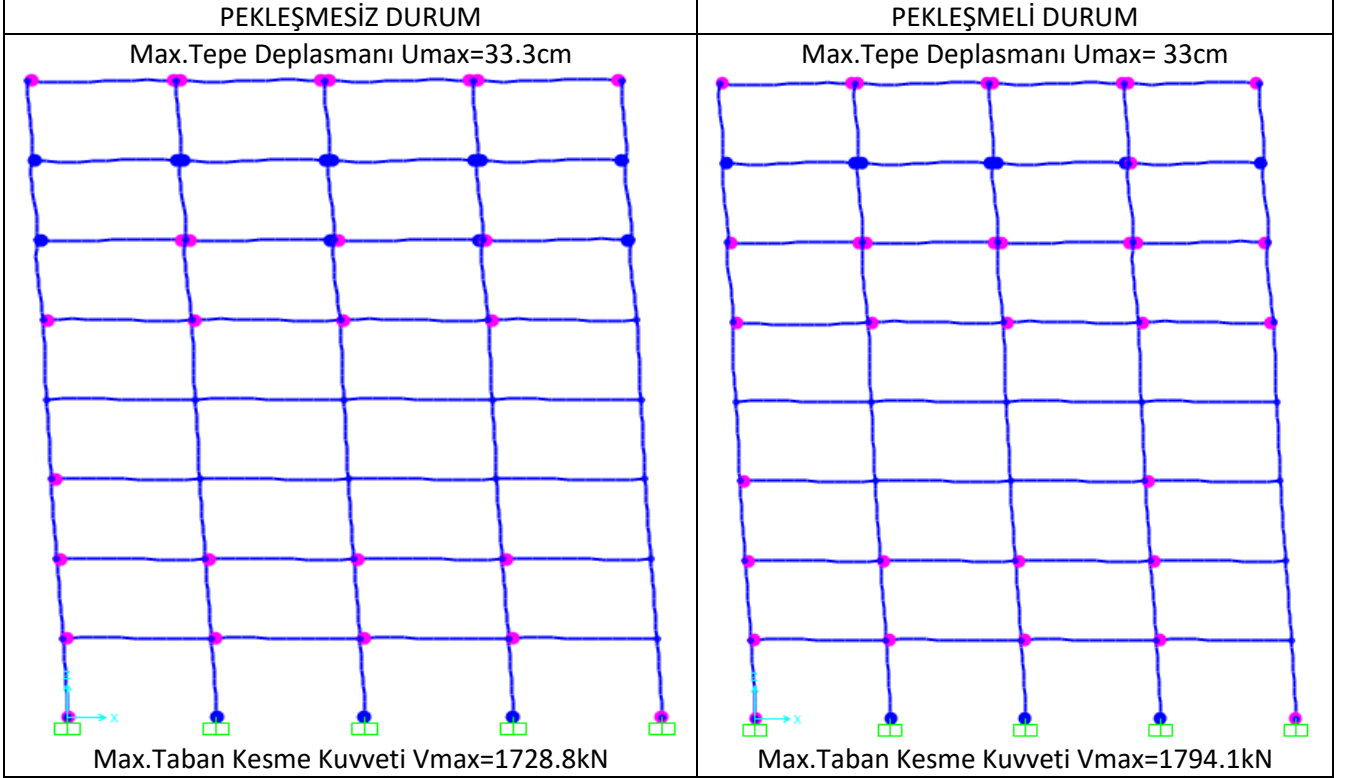
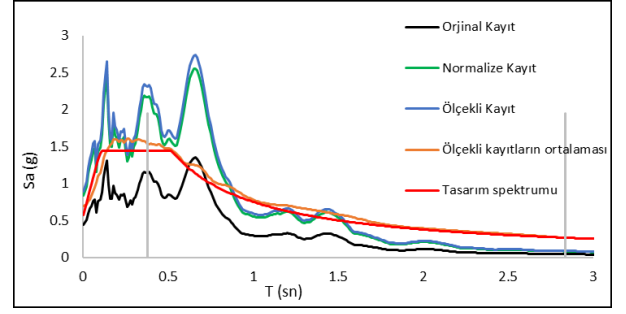
Deprem No:31-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Capitola
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:32- Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Capitola
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

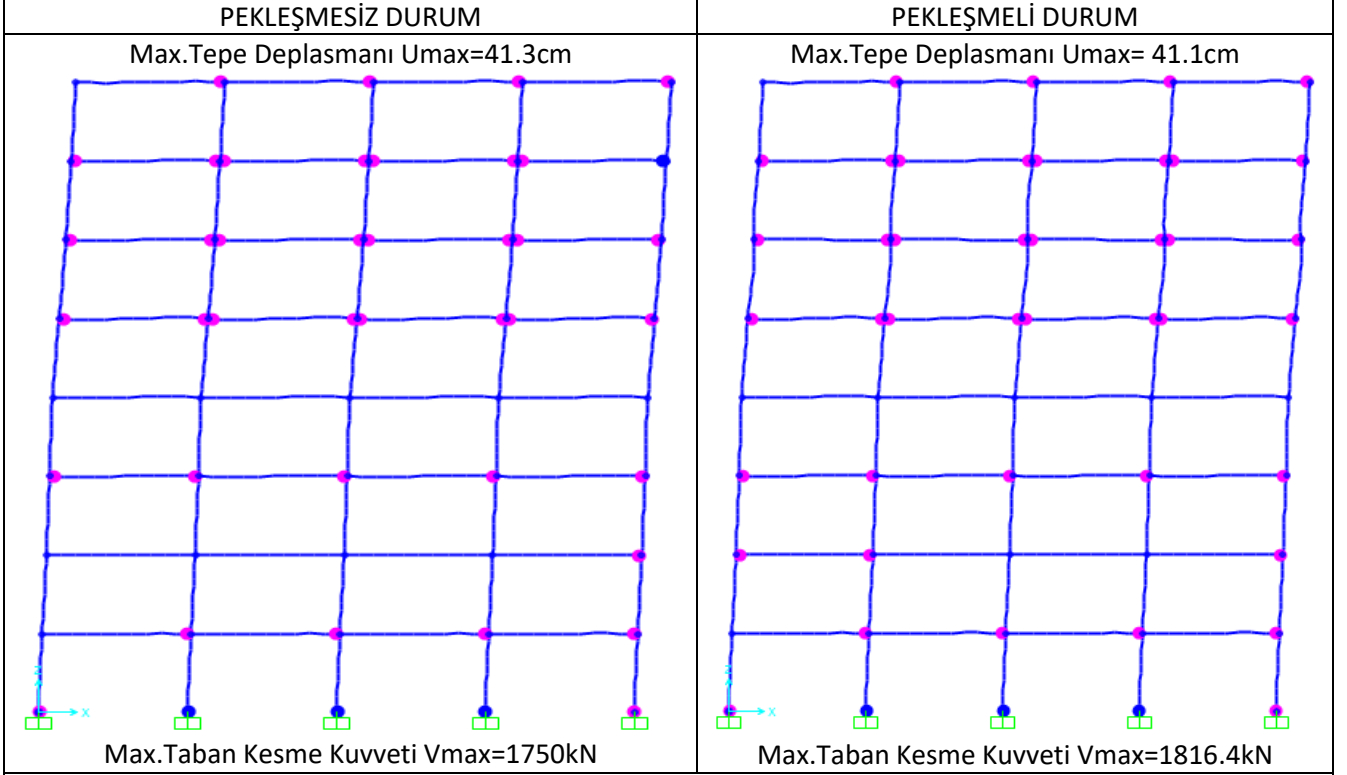
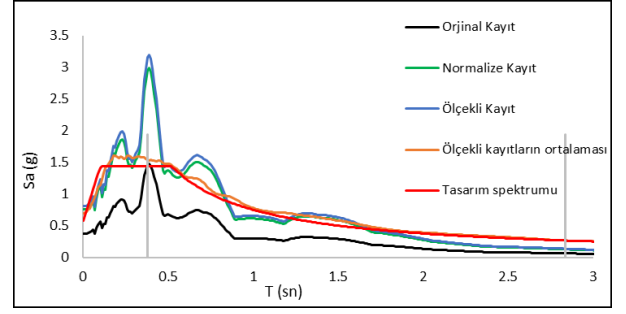
Kirişler



Kolonlar



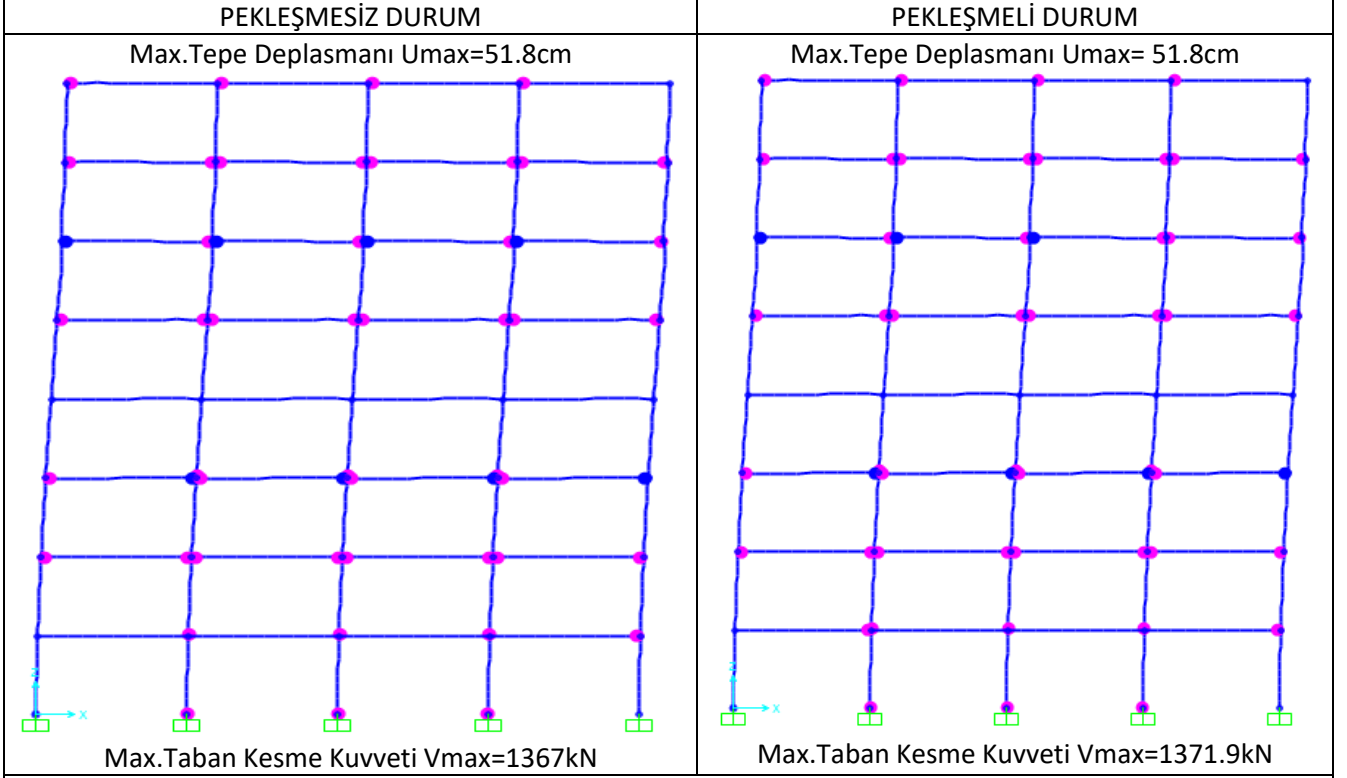
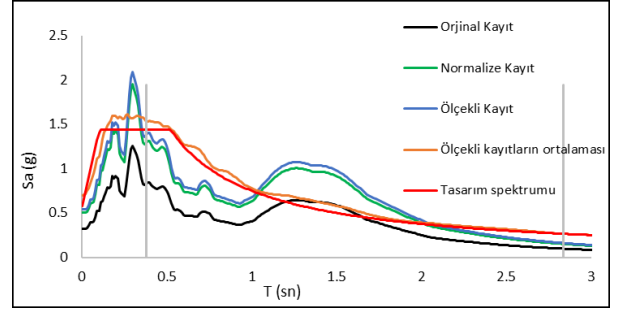
Deprem No:33-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Gilroy Array
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



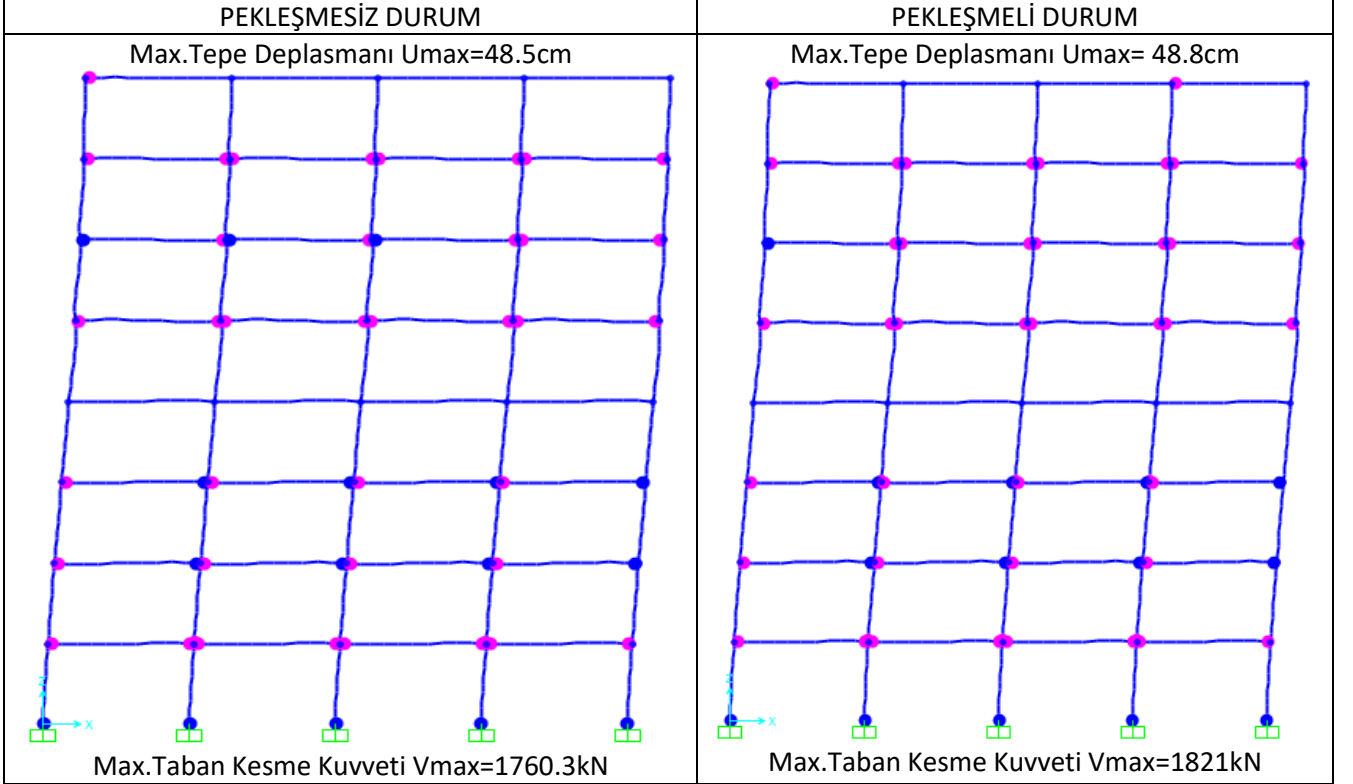
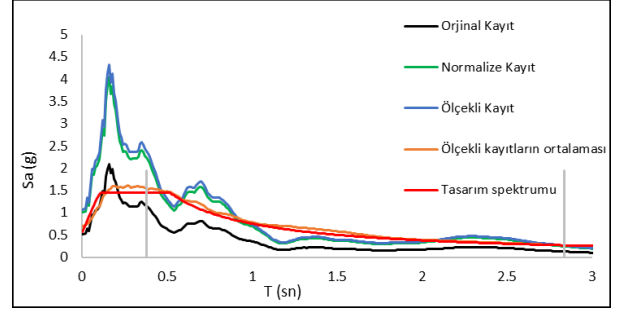
Deprem No:34-Loma Prieta	
Tarihi:	10/18/1989
İstasyon Adı:	Gilroy Array
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



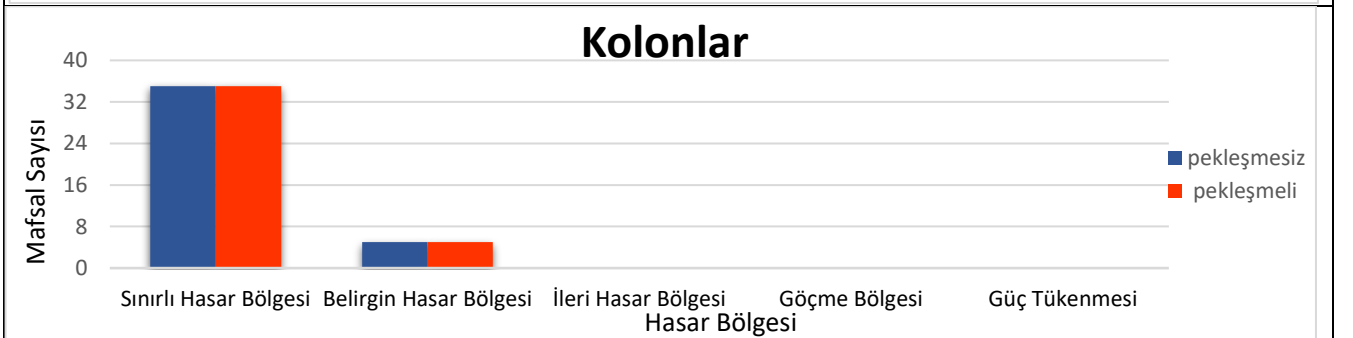
PERFORMANS DÜZEYLERİ



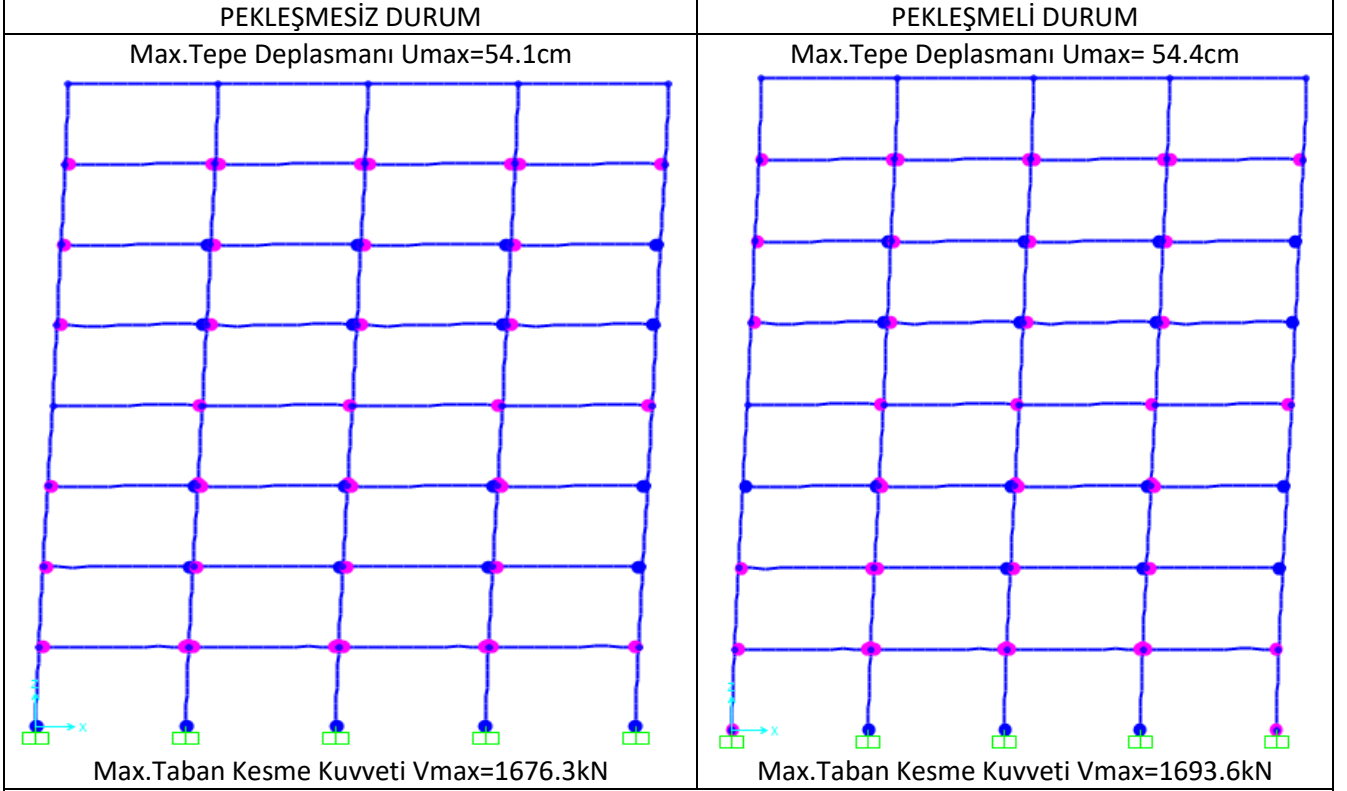
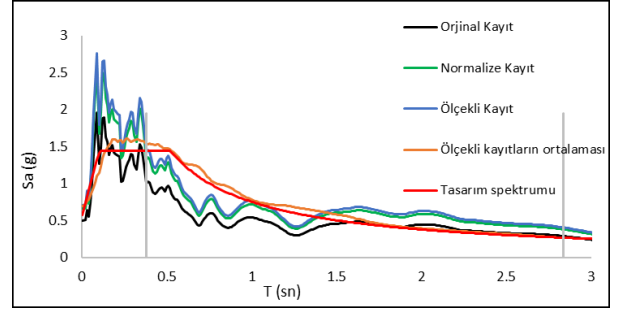
Deprem No:35-Manjil Iran	
Tarihi:	6/20/1990
İstasyon Adı:	Abbar
Bileşen:	L
Zaman Adımı (sn):	0,02



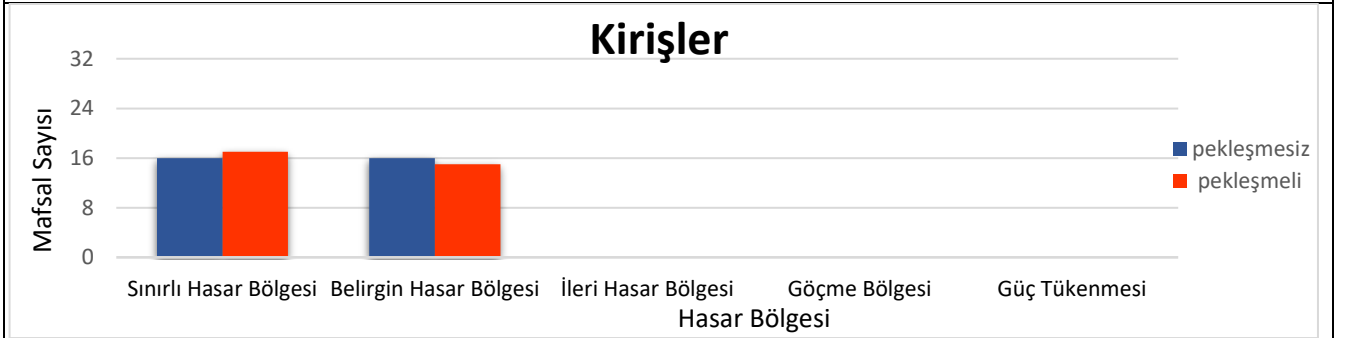
PERFORMANS DÜZEYLERİ



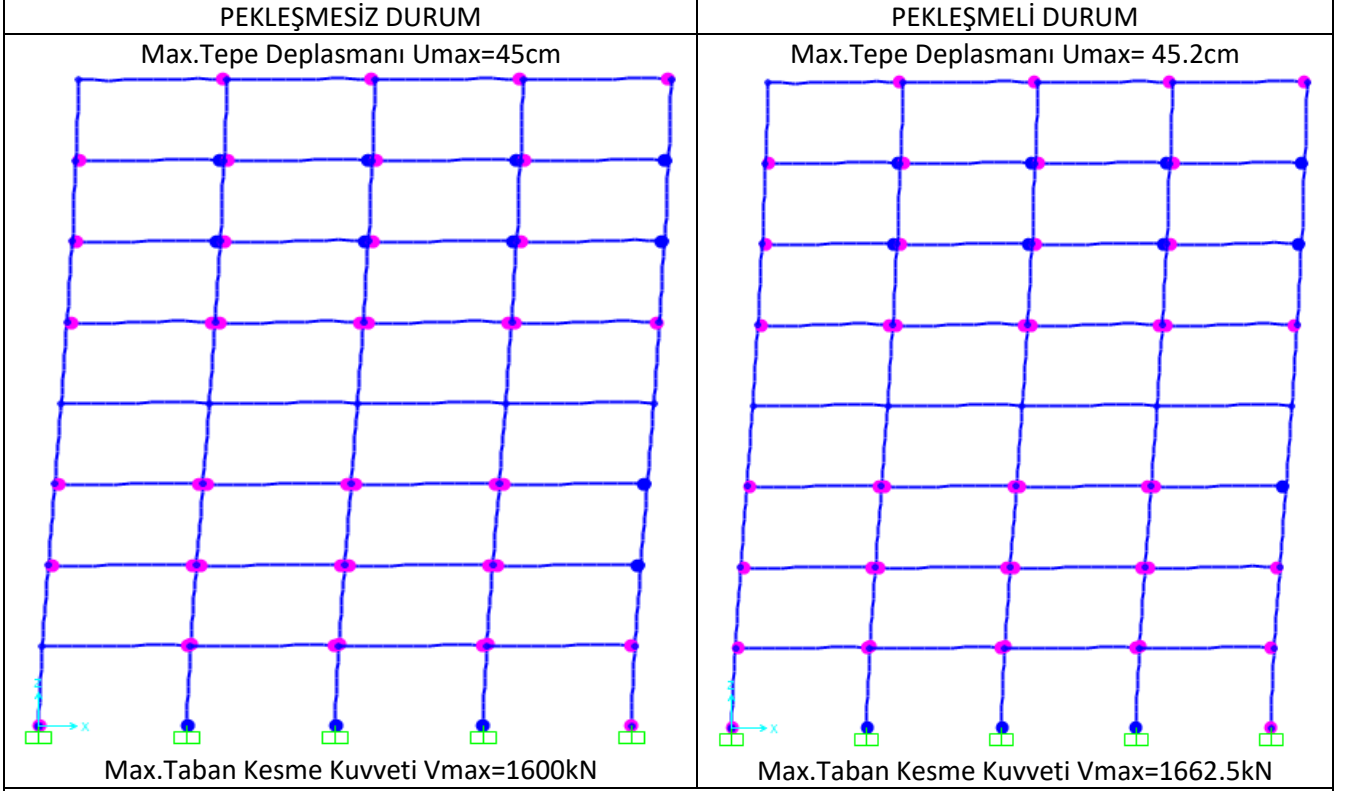
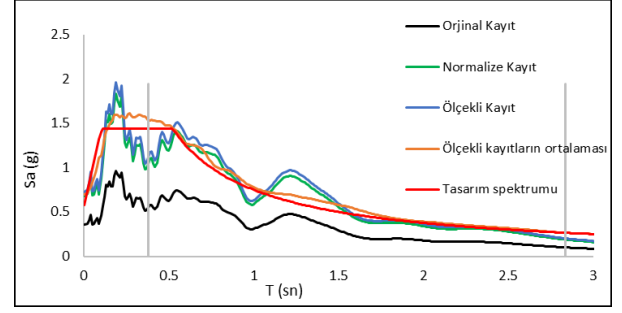
Deprem No:36-Manjil Iran	
Tarihi:	6/20/1990
İstasyon Adı:	Abbar
Bileşen:	T
Zaman Adımı (sn):	0,02



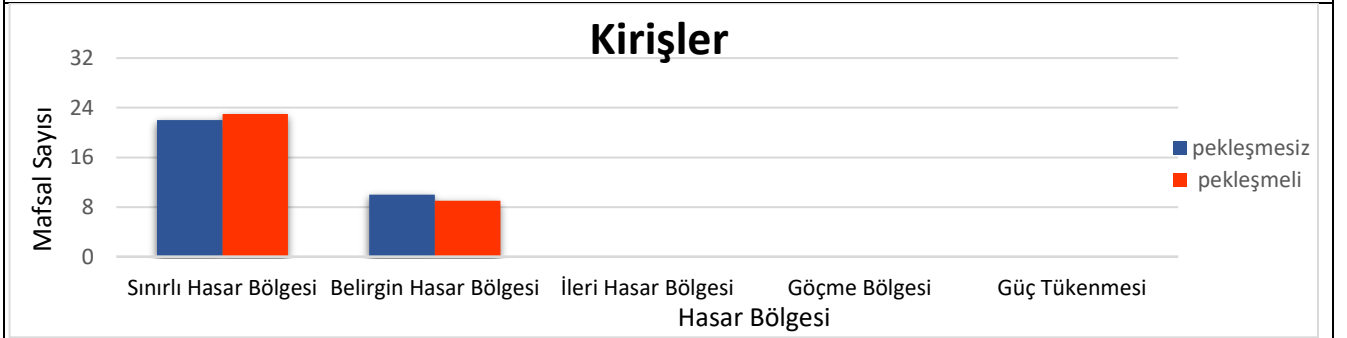
PERFORMANS DÜZEYLERİ



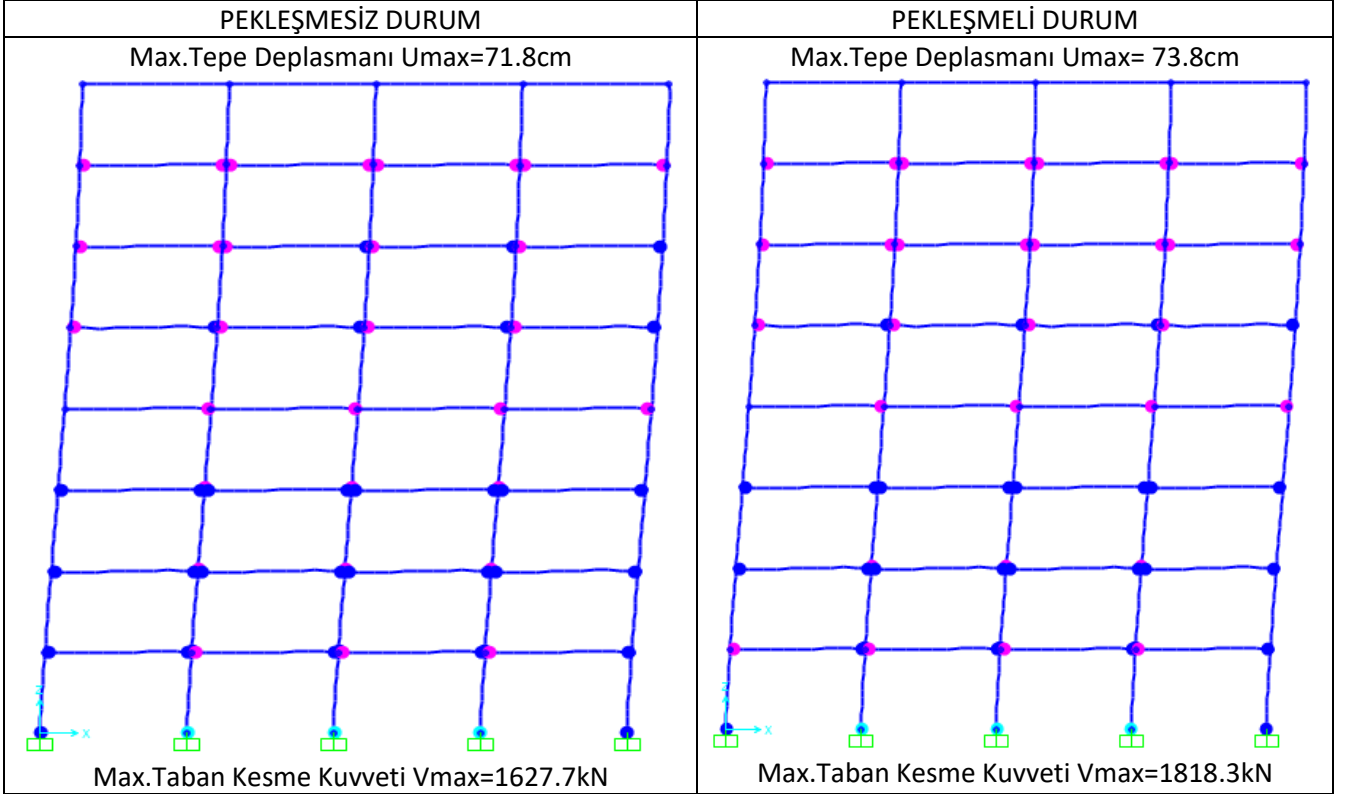
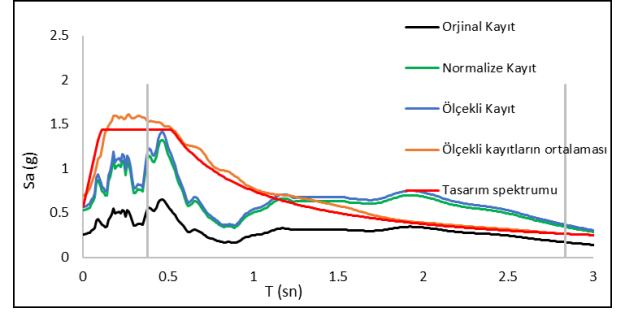
Deprem No:37- Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	El Centro Imp. Co. Cent
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



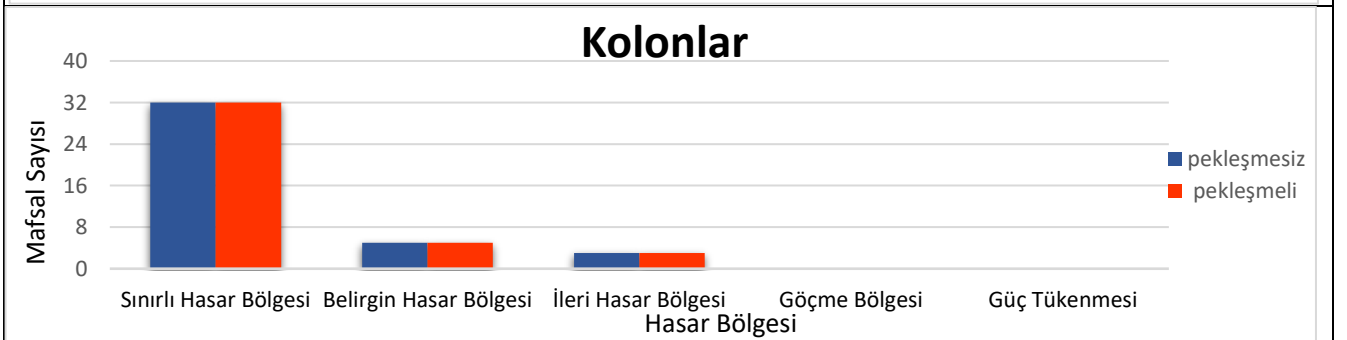
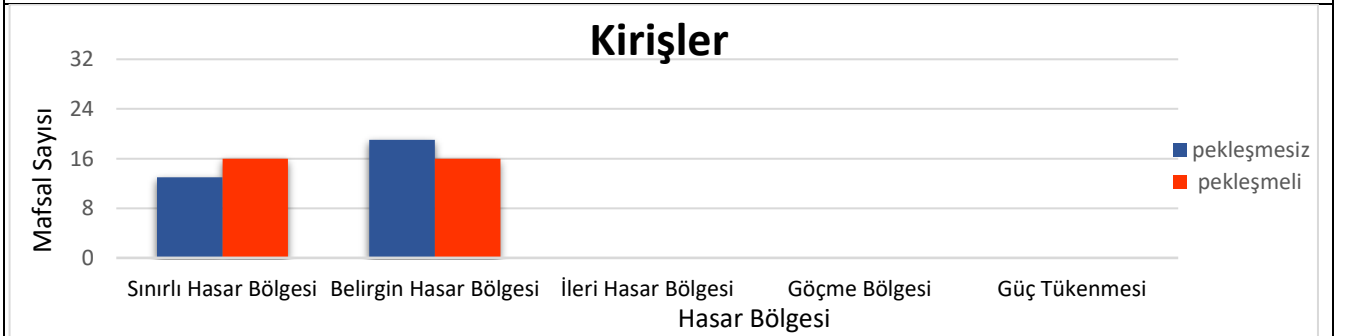
PERFORMANS DÜZEYLERİ



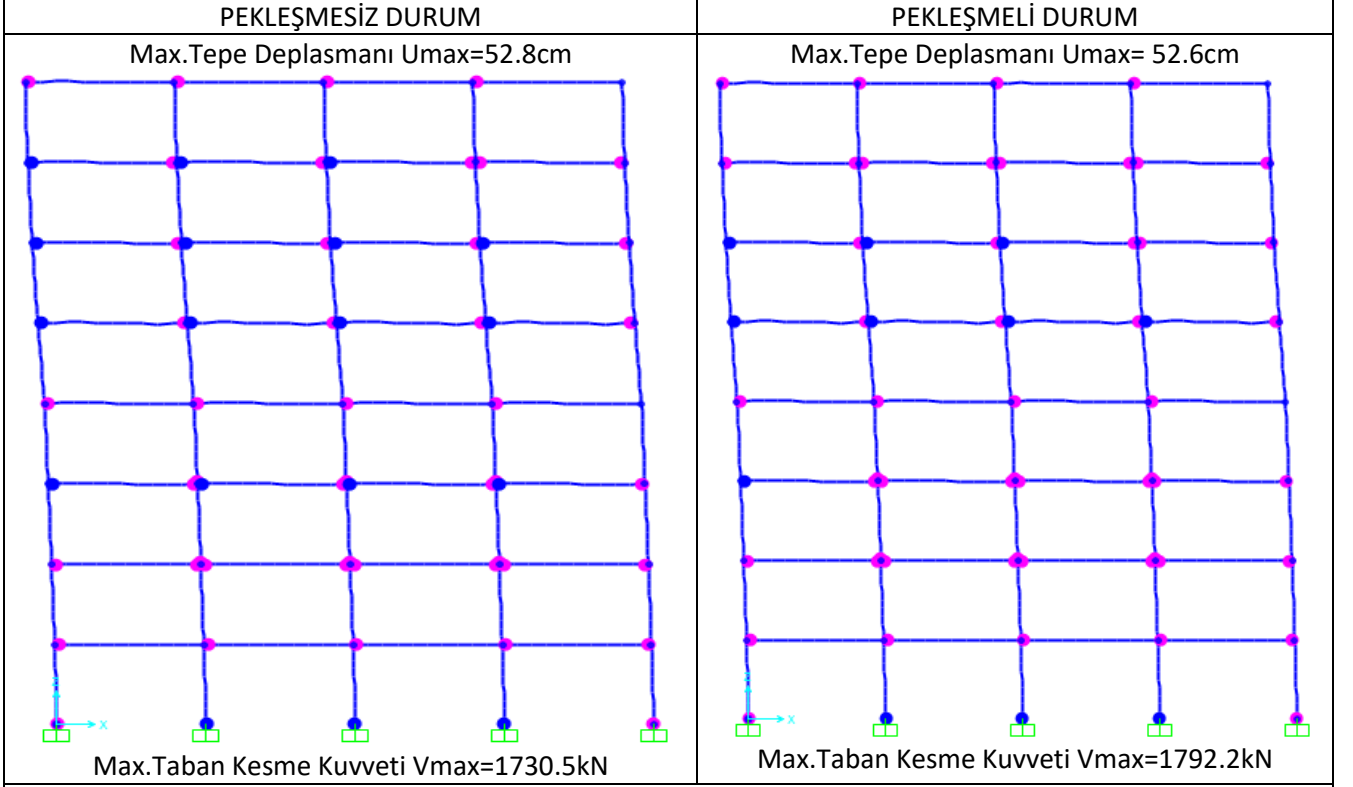
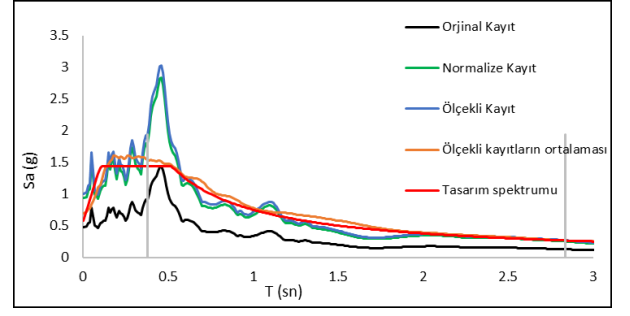
Deprem No:38-Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	El Centro Imp. Co. Cent
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



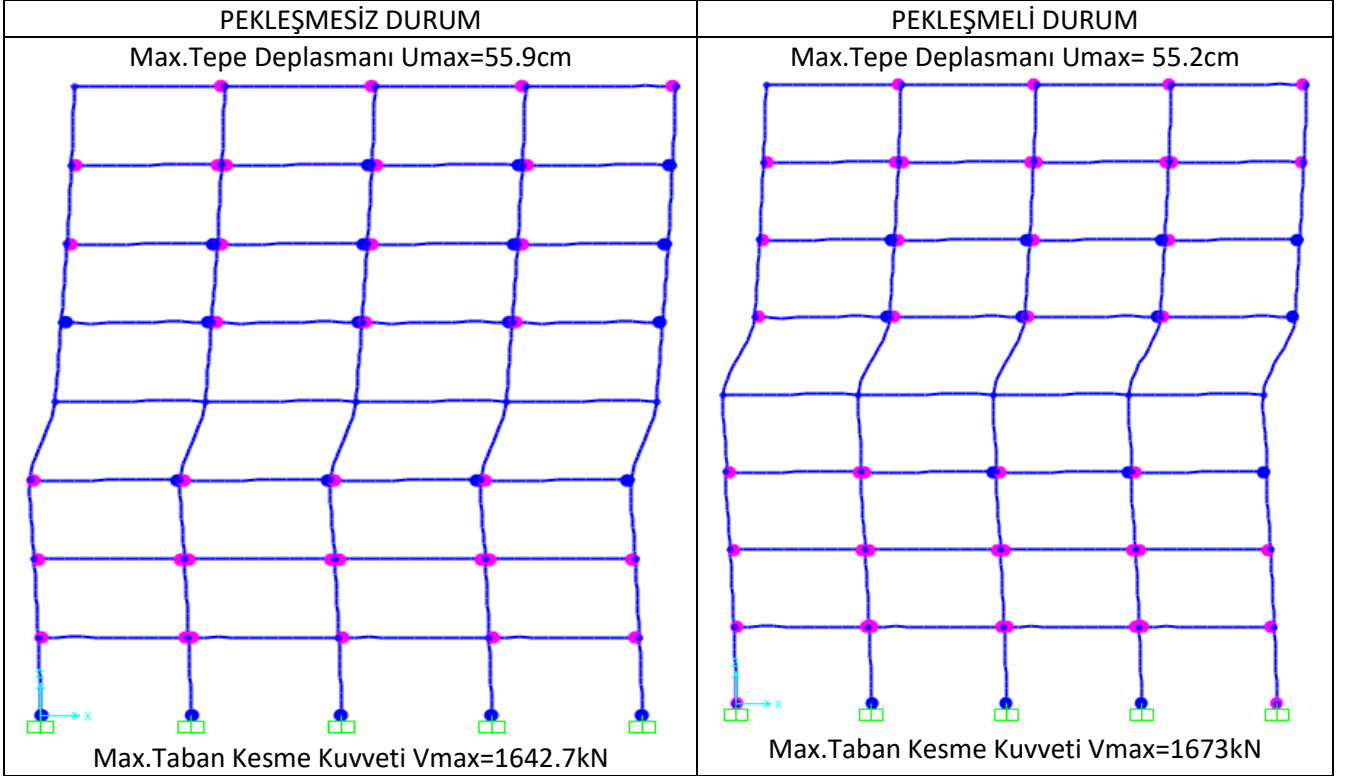
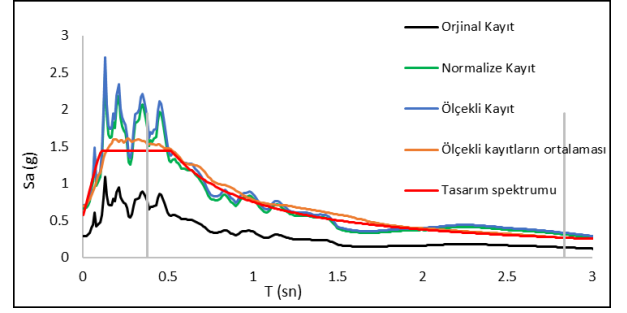
Deprem No:39- Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	Poe Road (temp)
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,01



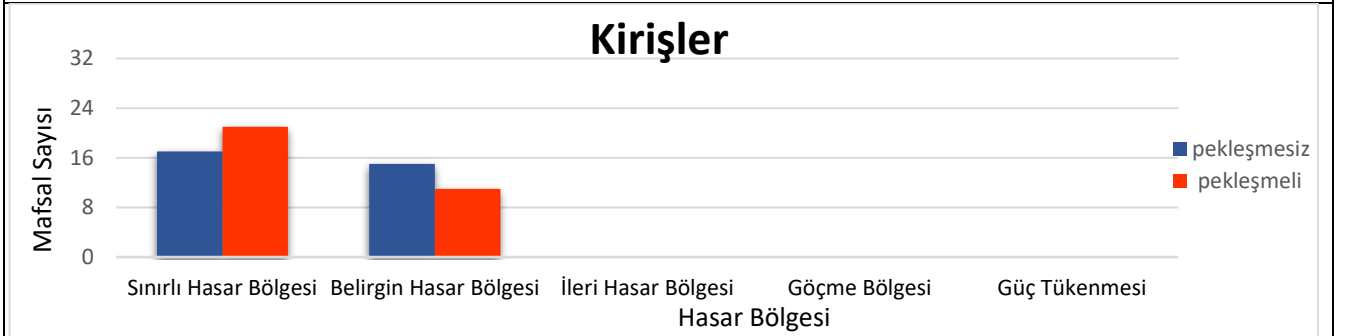
PERFORMANS DÜZEYLERİ



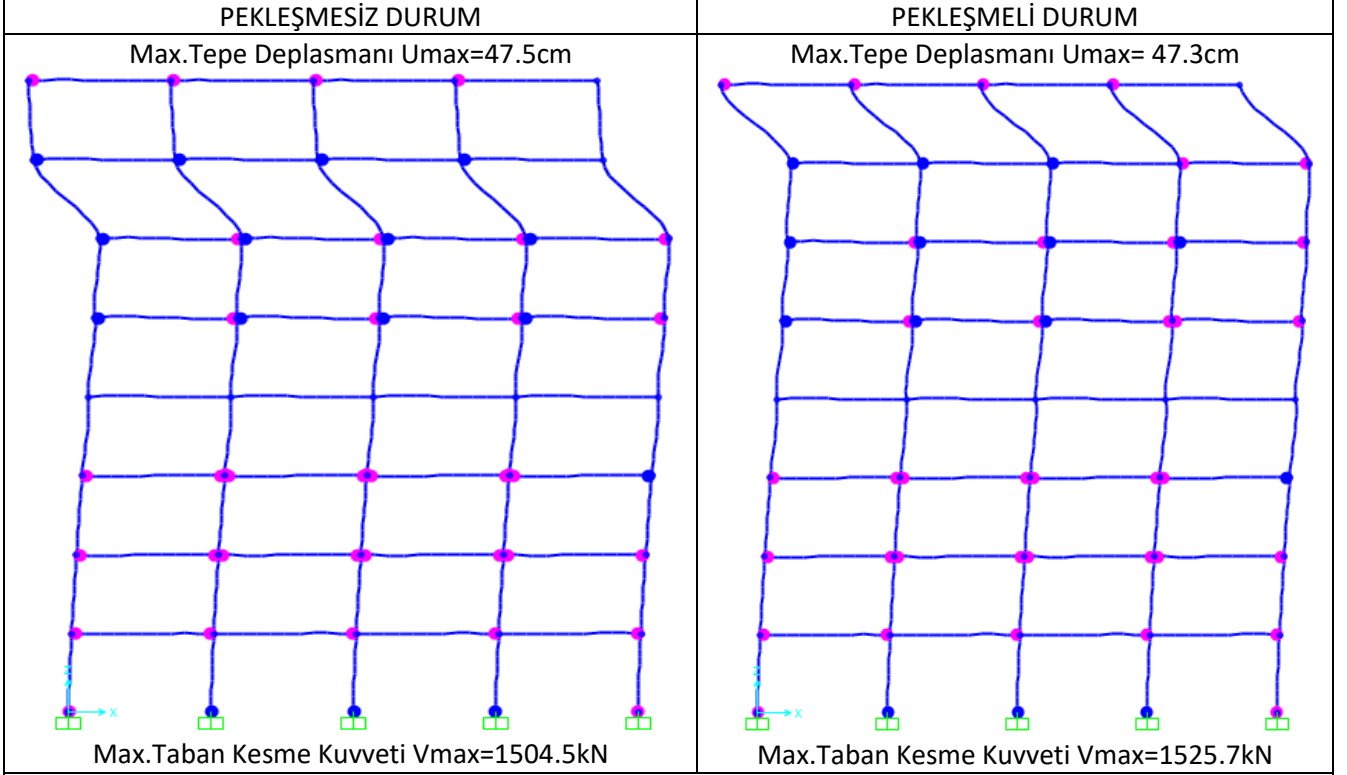
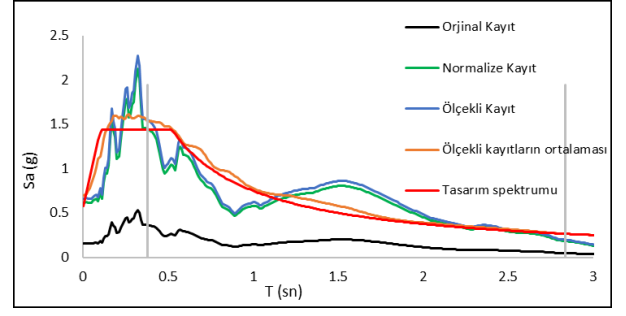
Deprem No:40-Superstition Hills	
Tarihi:	11/24/1987
İstasyon Adı:	Poe Road (temp)
Bileşen:	360
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:41-	Cape Mendocino,
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Eureka - Myrtle & West
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ

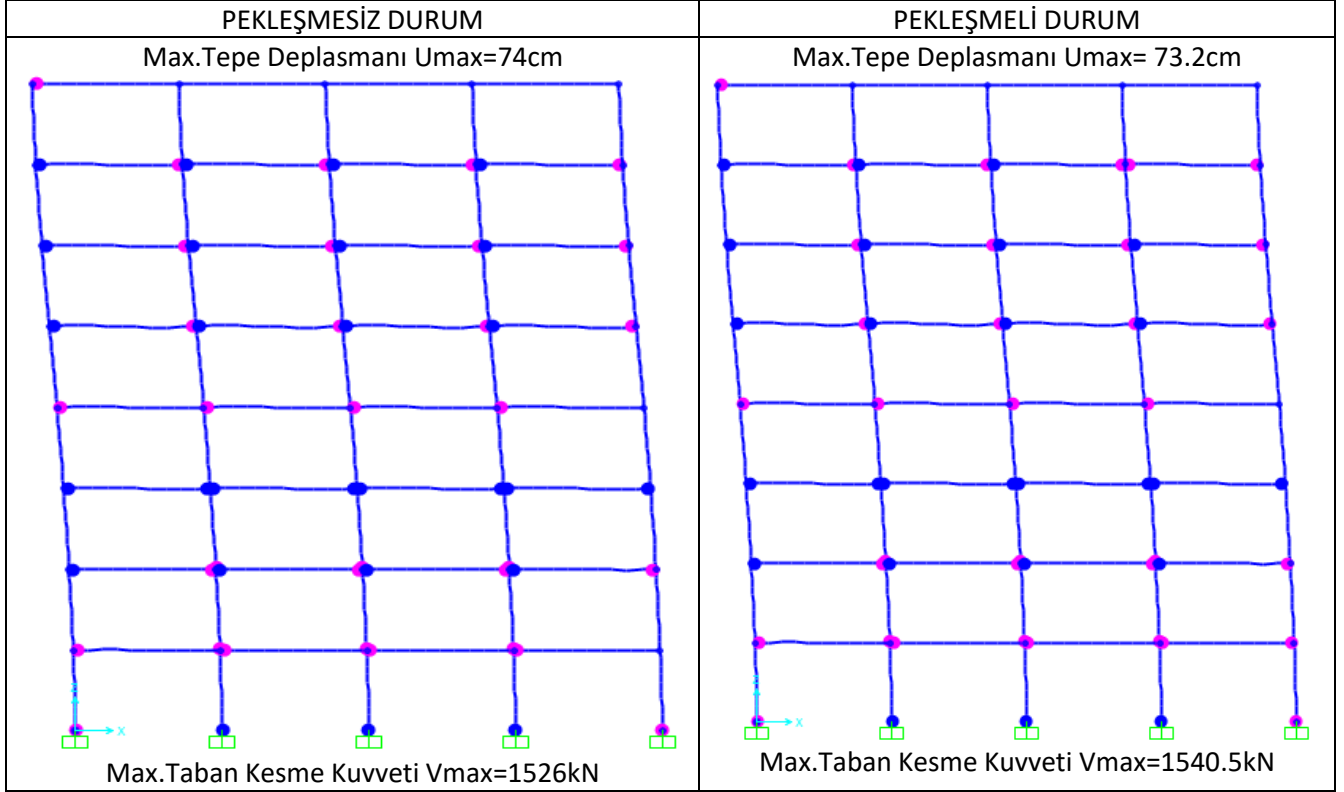
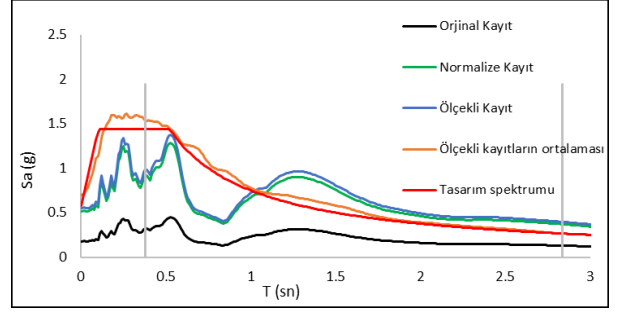
Kirişler



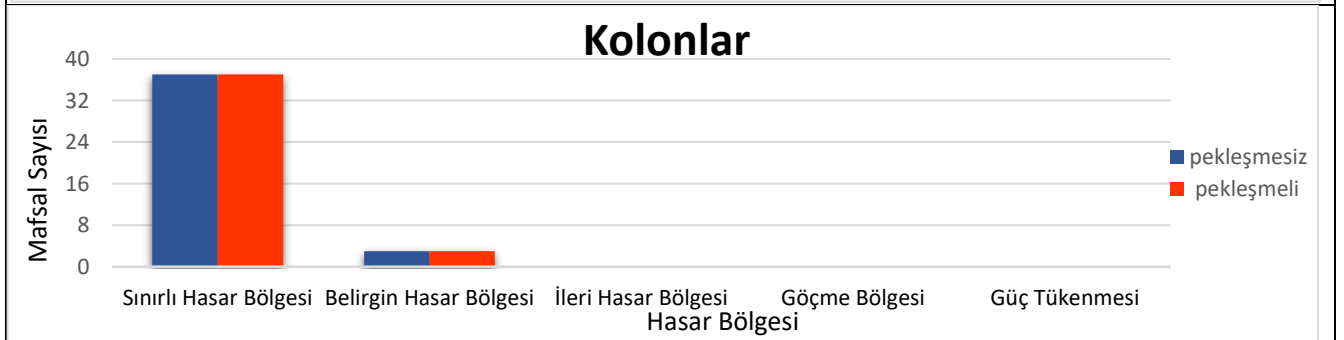
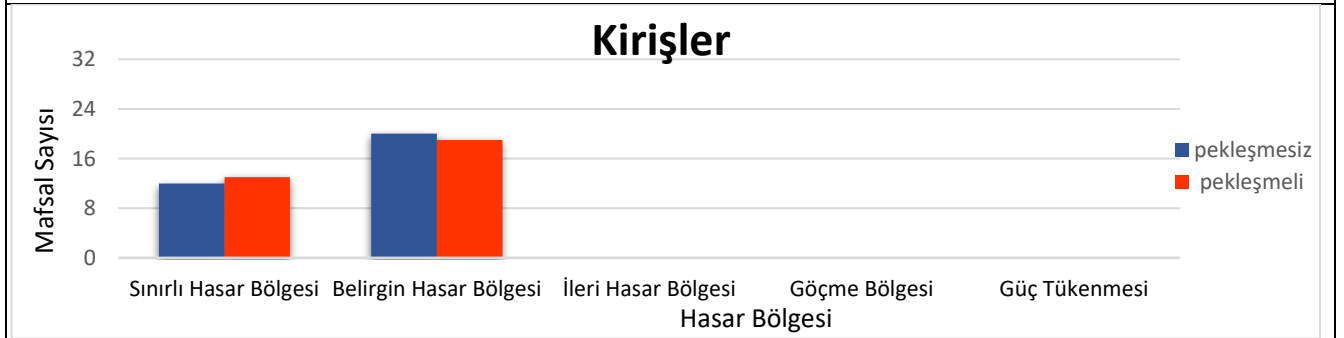
Kolonlar



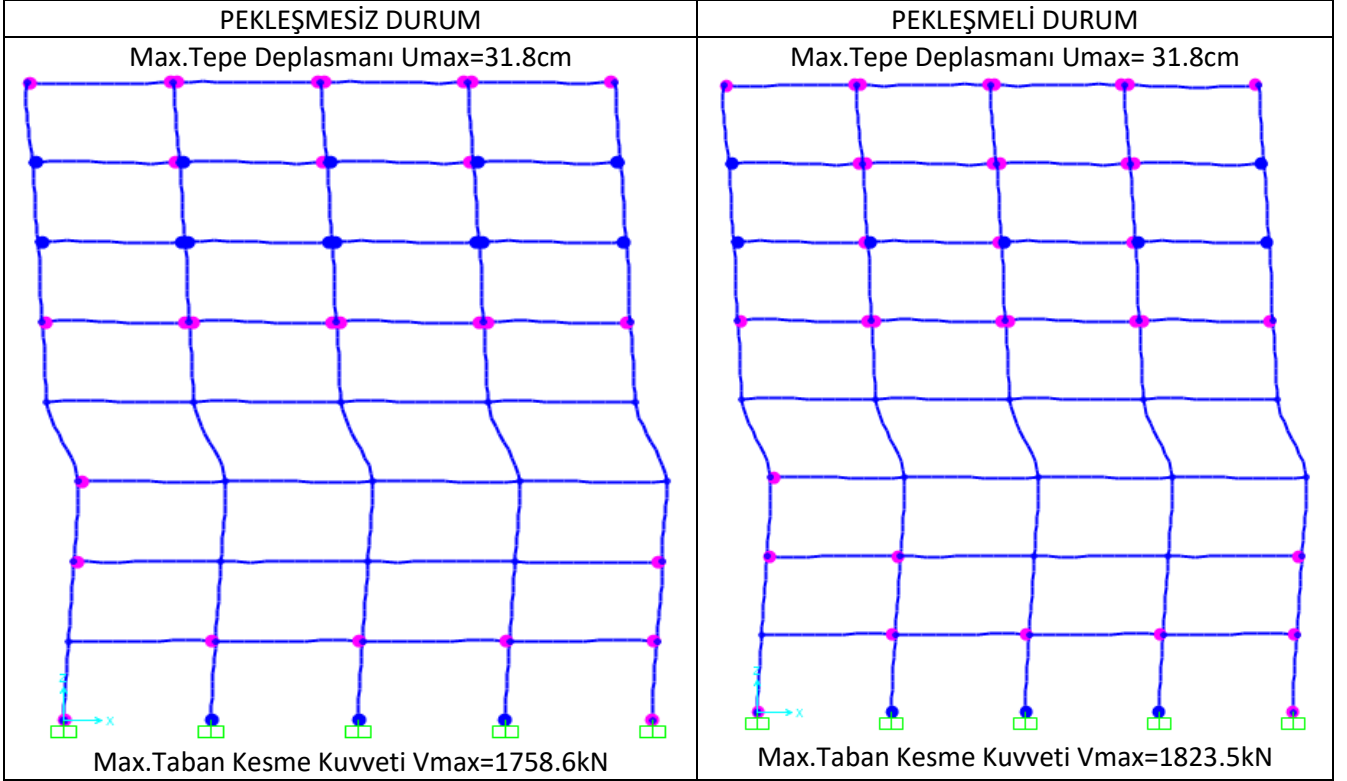
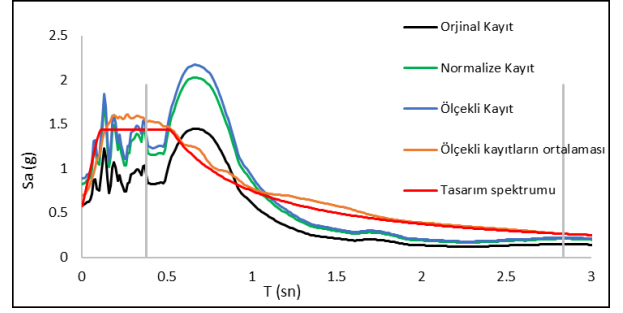
Deprem No:42-	Cape Mendocino,
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Eureka - Myrtle & West
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:43- Cape Mendocino,	
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Petrolia
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ

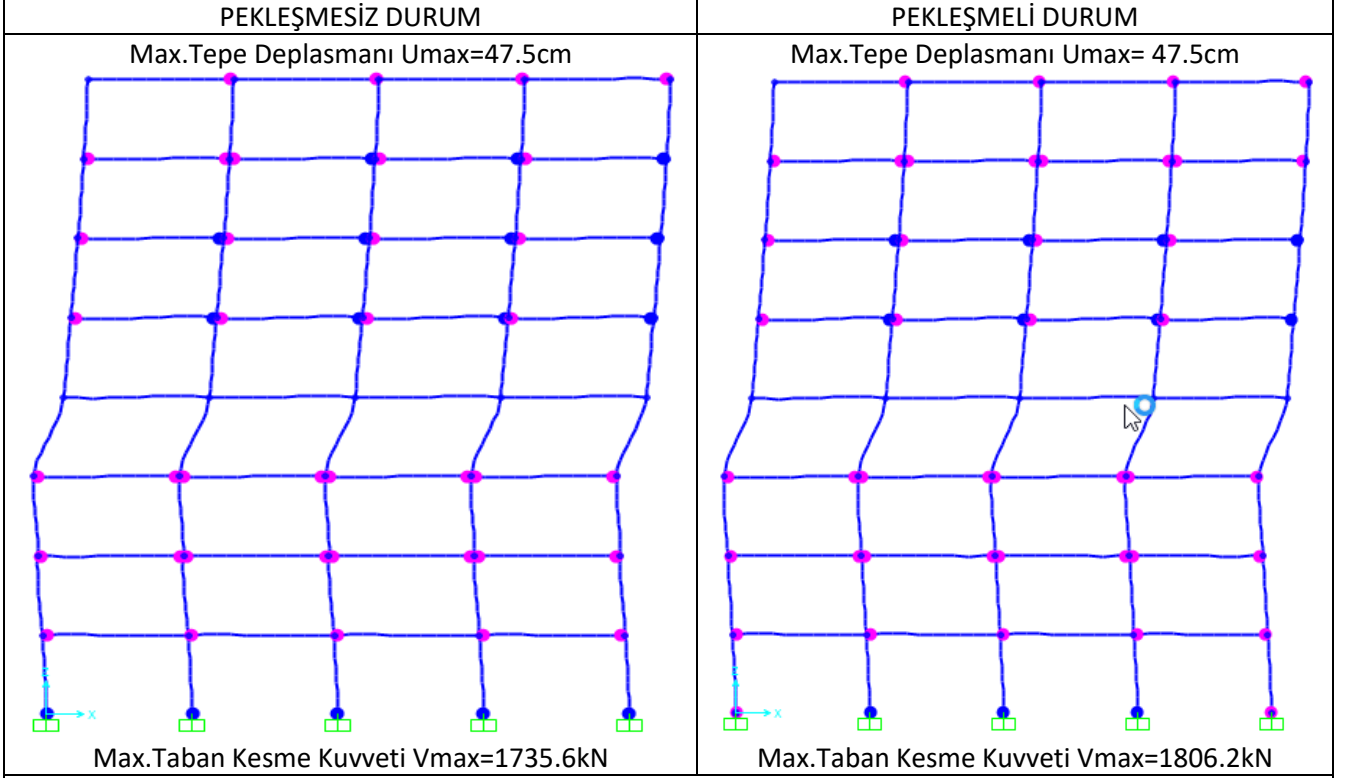
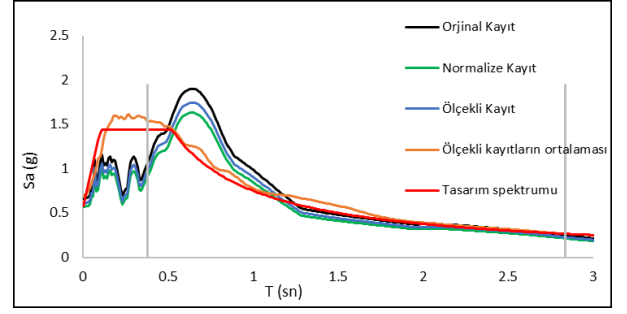
Kirişler



Kolonlar



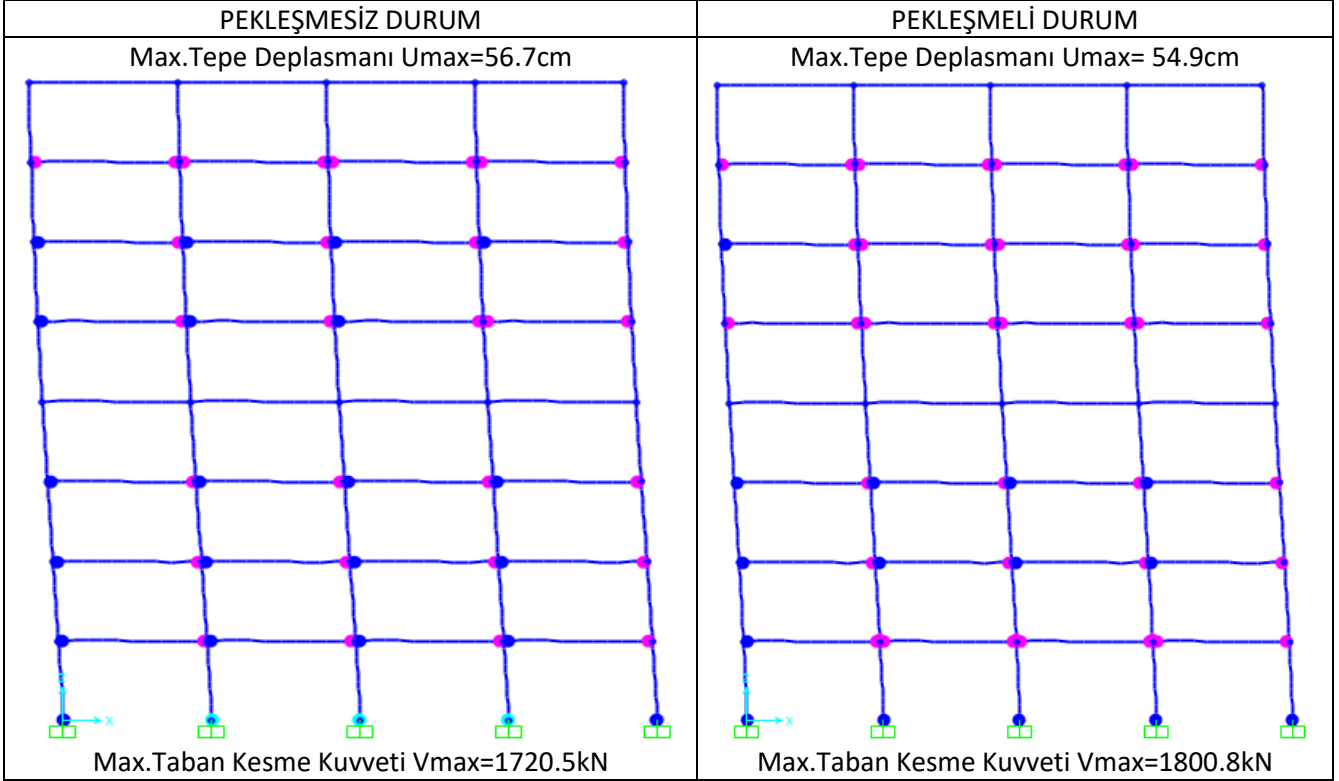
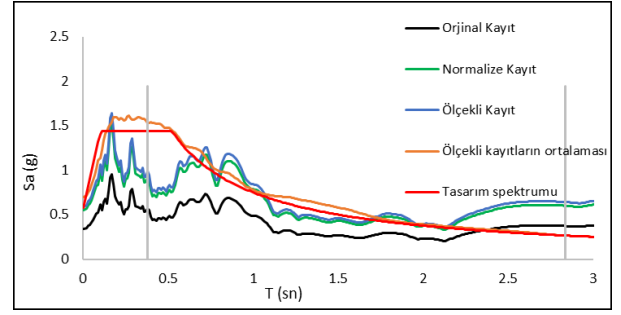
Deprem No:44-Cape Mendocino,	
Tarihi:	4/25/1992
İstasyon Adı:	Petrolia
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,02



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:45-	Chi-Chi Taiwan
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	CHY101
Bileşen:	E
Zaman Adımı (sn):	0,005

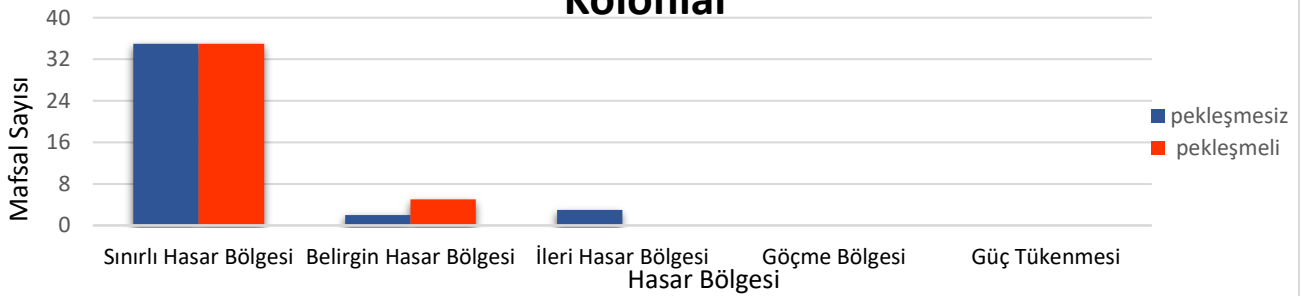


PERFORMANS DÜZEYLERİ

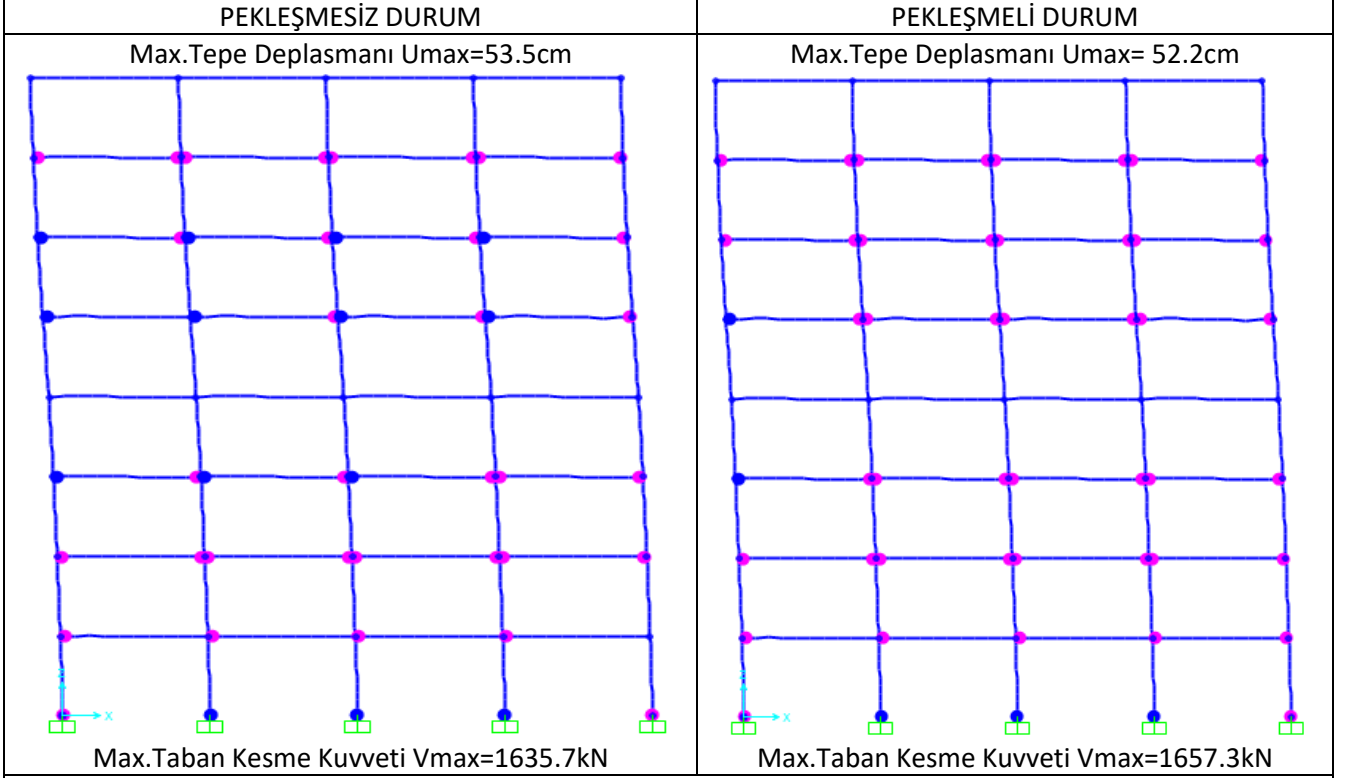
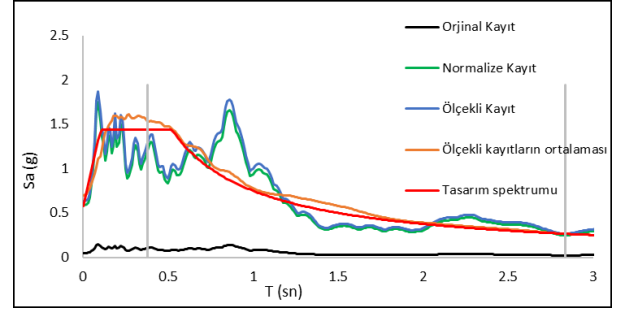
Kirişler



Kolonlar



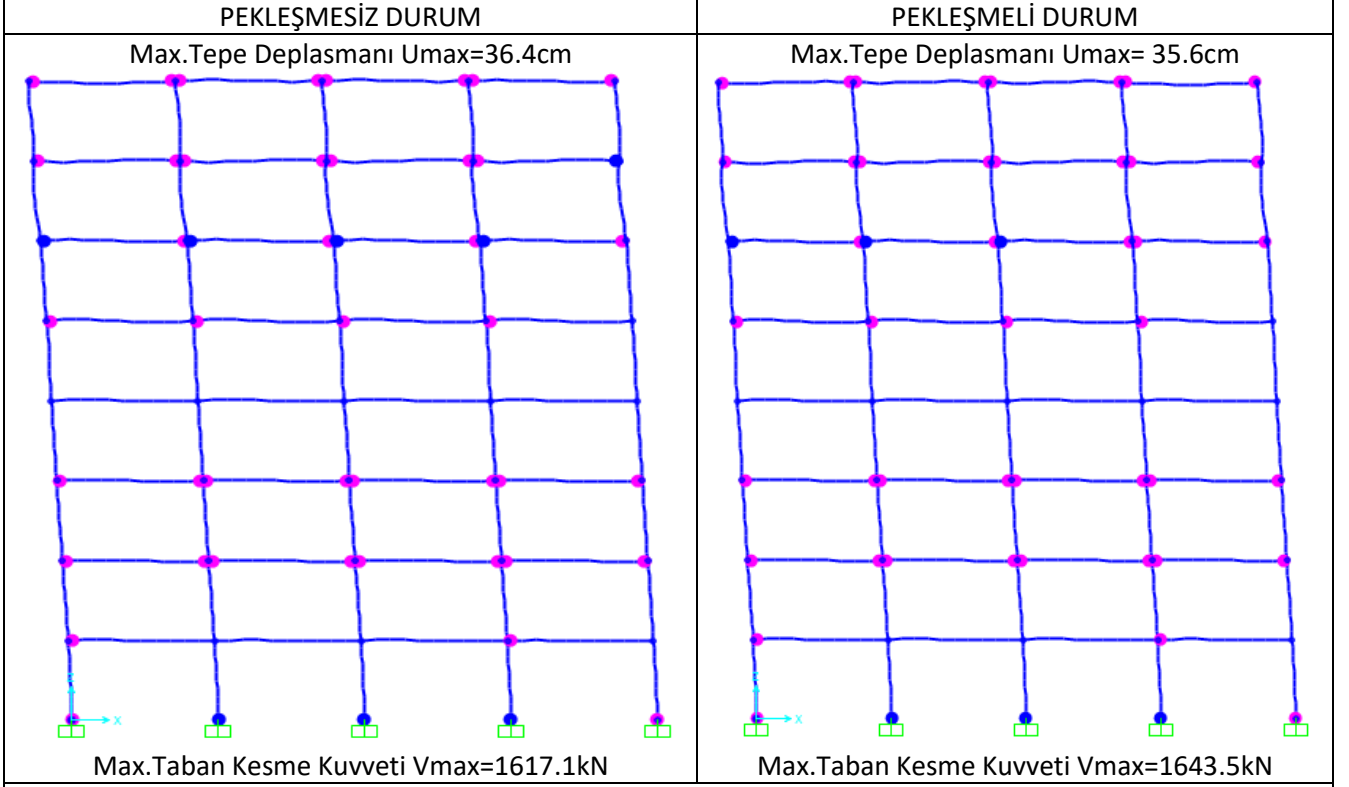
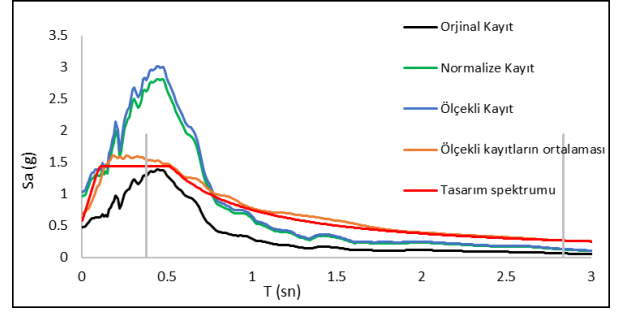
Deprem No:46-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	CHY101
Bileşen:	N
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



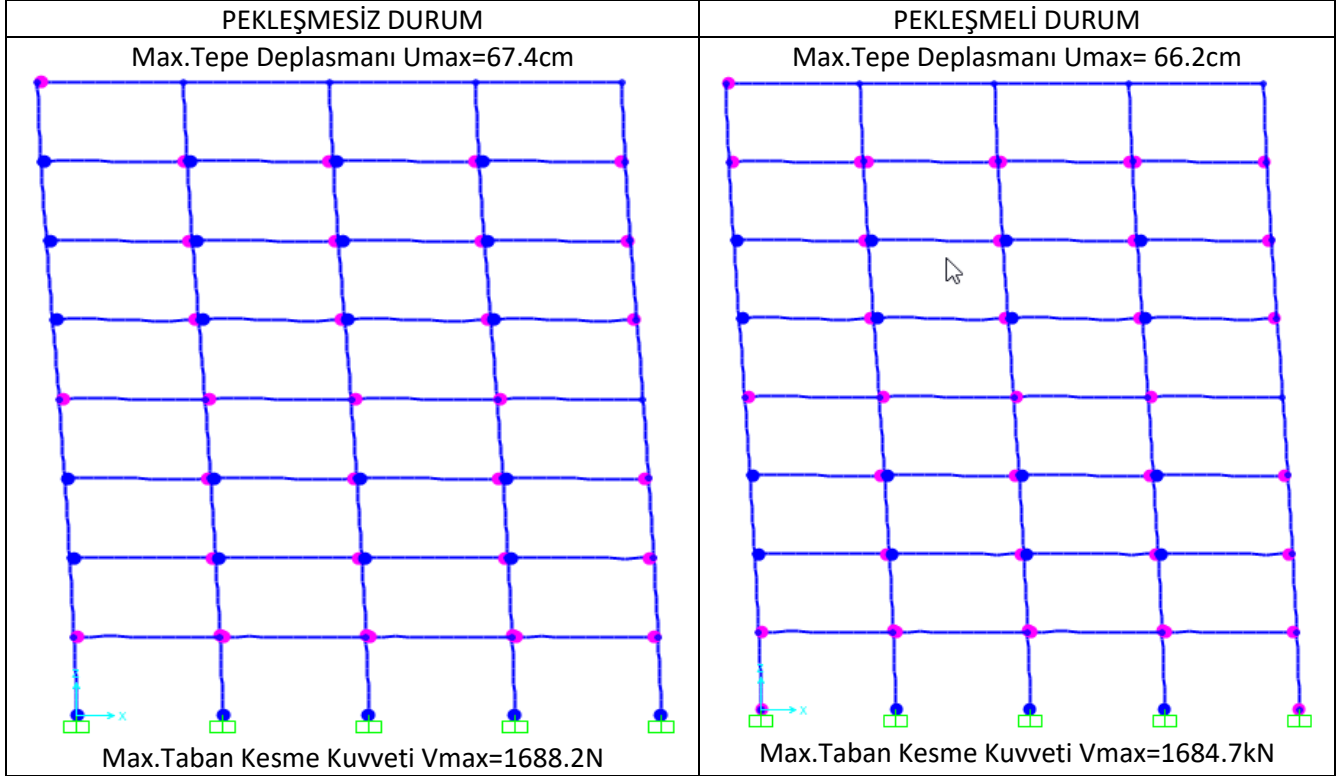
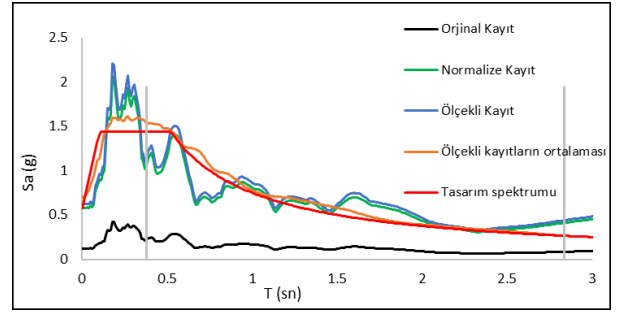
Deprem No:47-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	TCU045
Bileşen:	E
Zaman Adımı (sn):	0,005



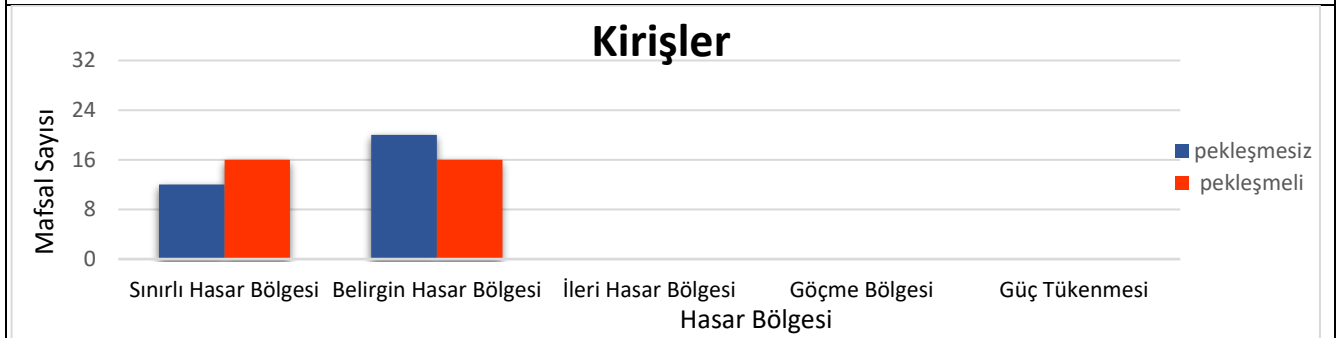
PERFORMANS DÜZEYLERİ



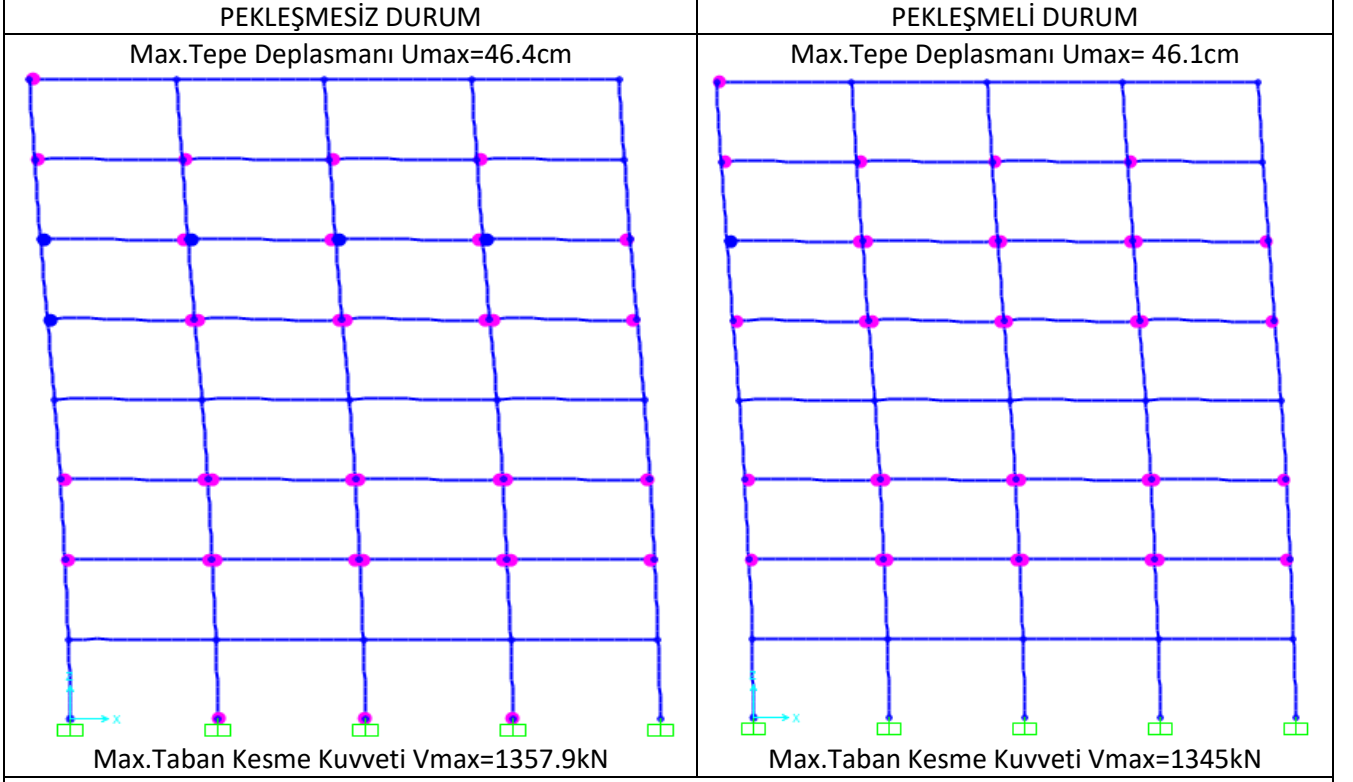
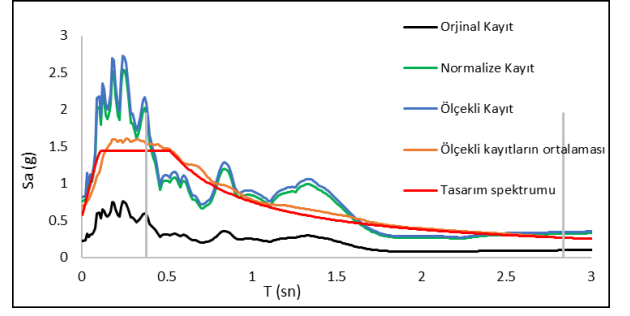
Deprem No:48-Chi-Chi Taiwan	
Tarihi:	9/20/1999
İstasyon Adı:	TCU045
Bileşen:	N
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:49-San Fernando	
Tarihi:	2/9/1971
İstasyon Adı:	LA - Hollywood Stor FF
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,01



PERFORMANS DÜZEYLERİ

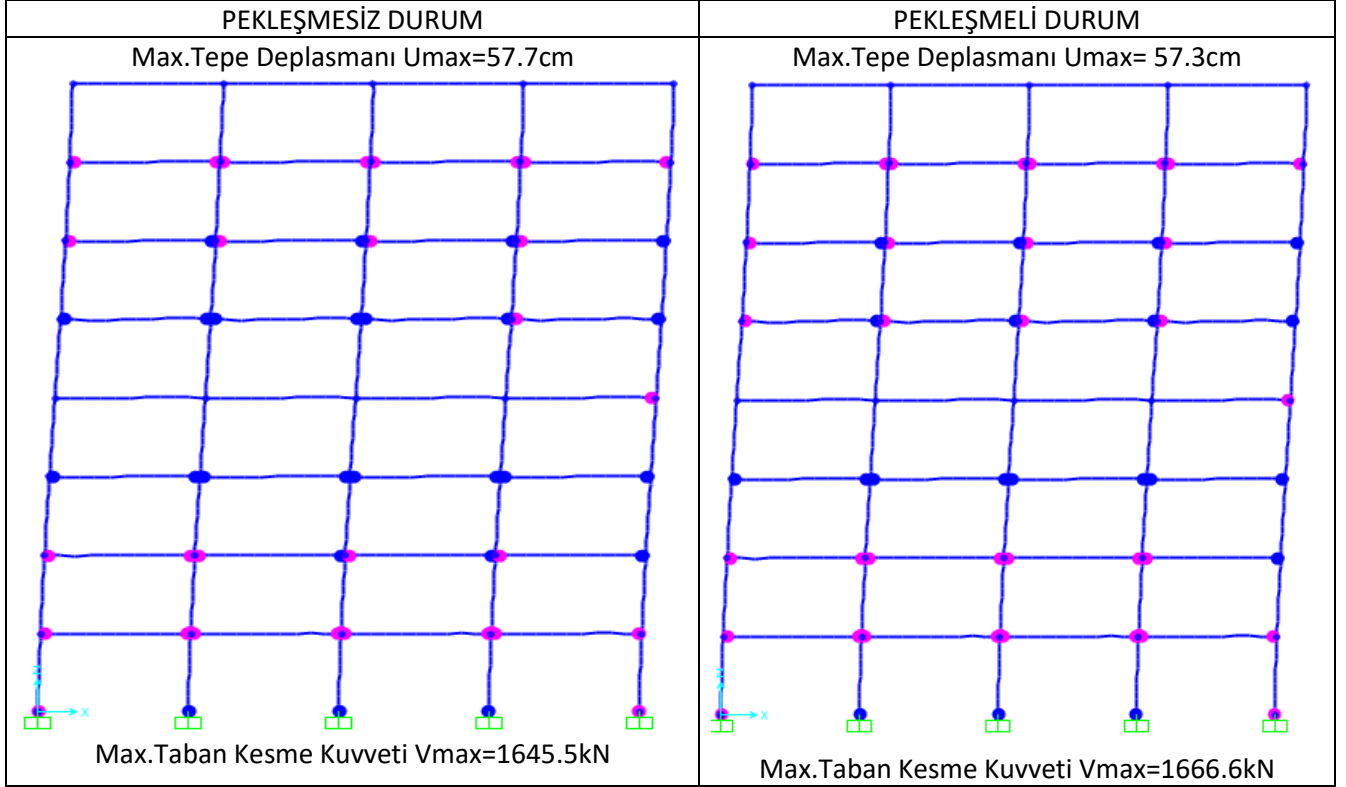
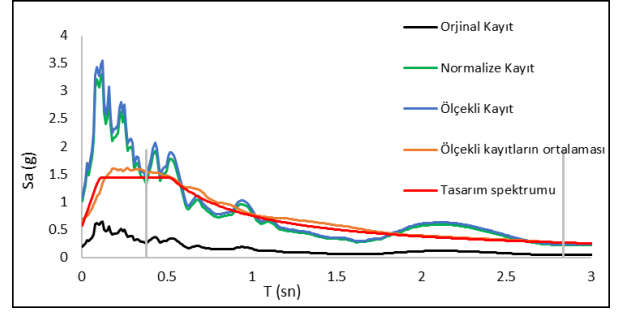
Kirişler



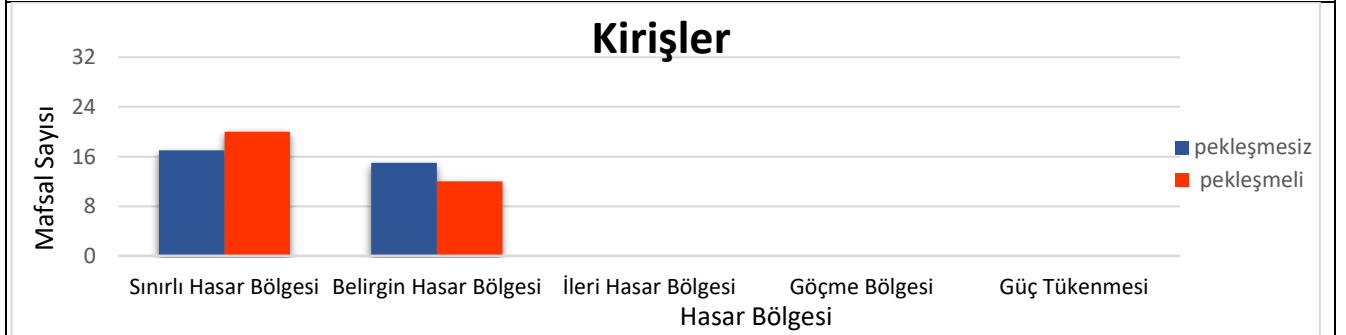
Kolonlar



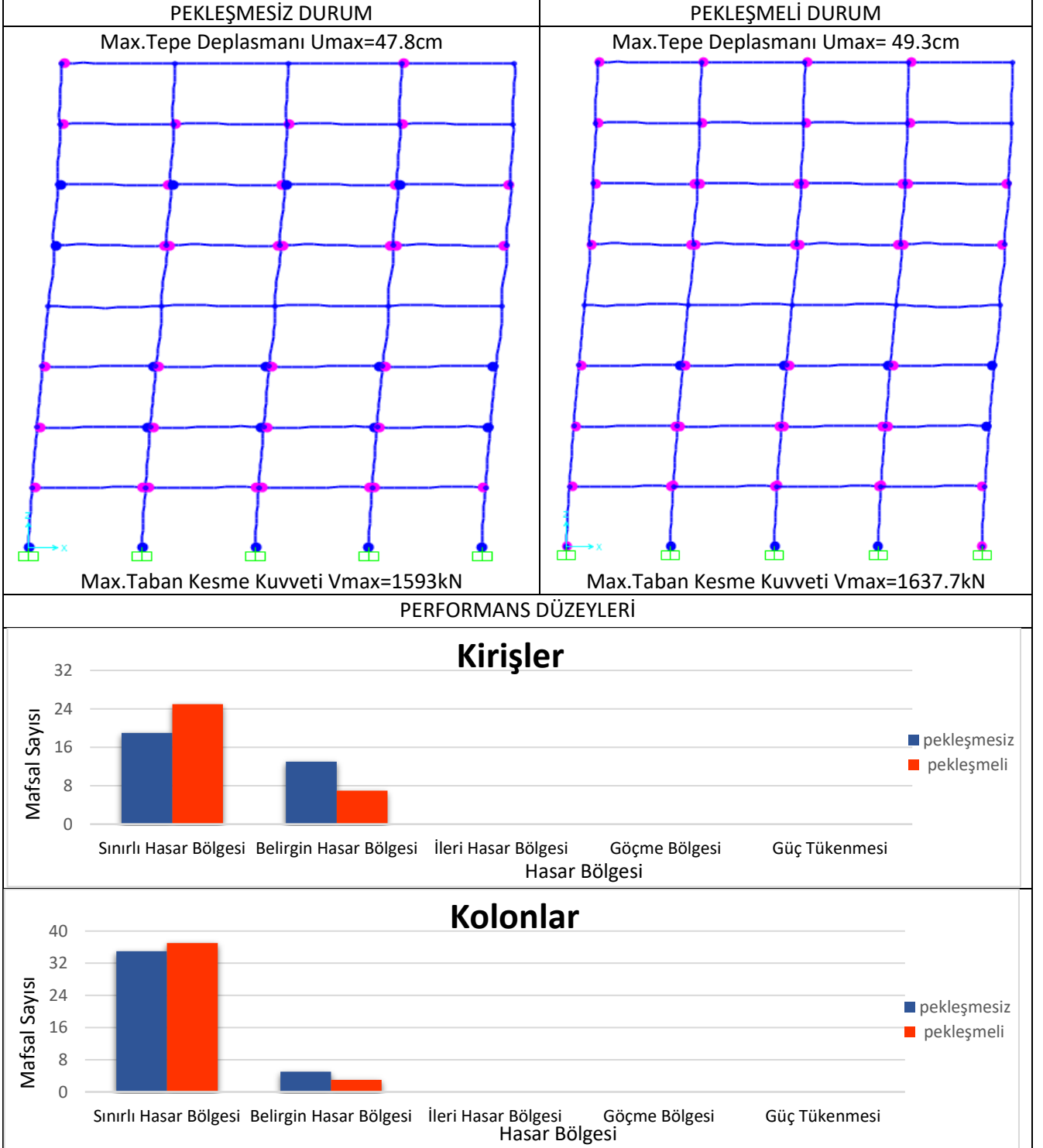
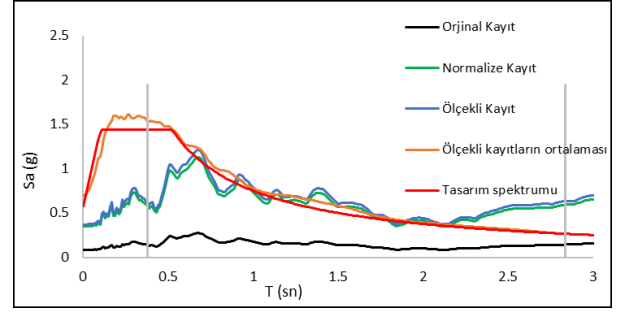
Deprem No:50- San Fernando	
Tarihi:	2/9/1971
İstasyon Adı:	LA - Hollywood Stor FF
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,01



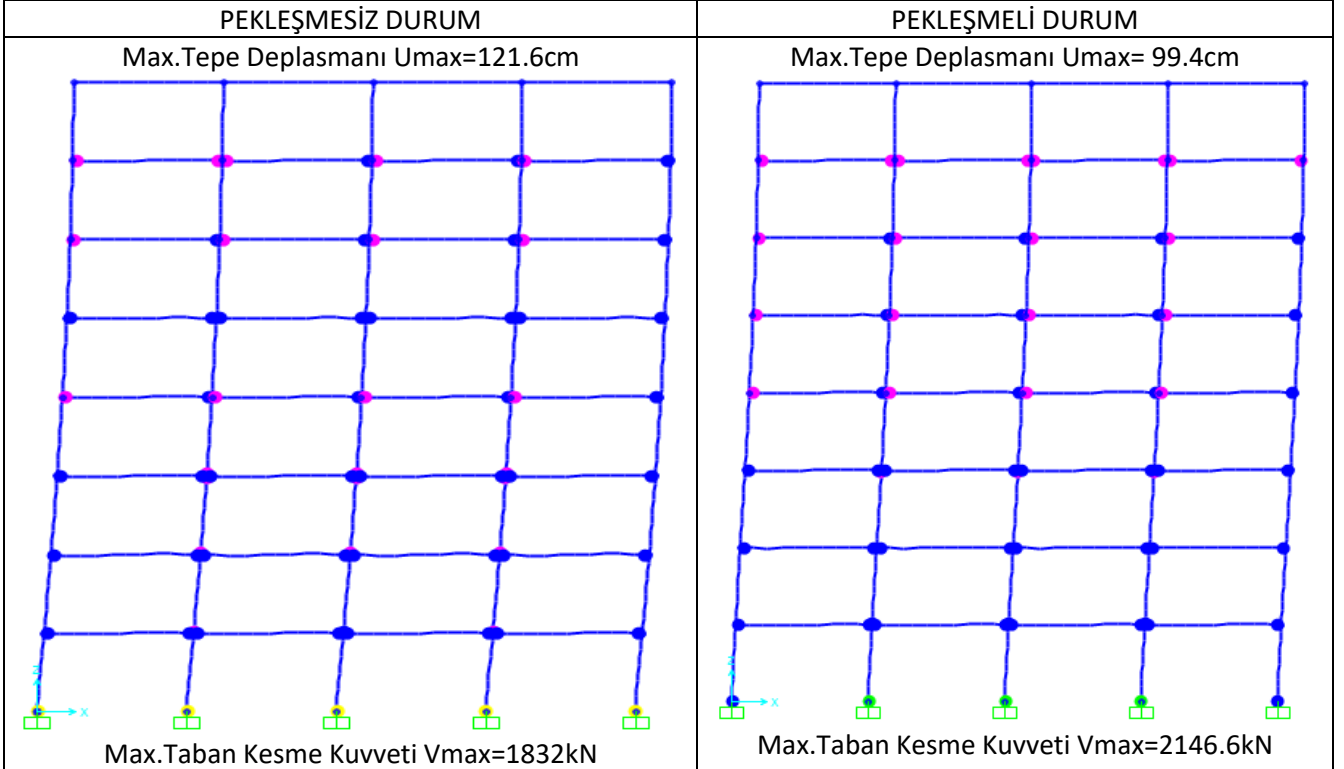
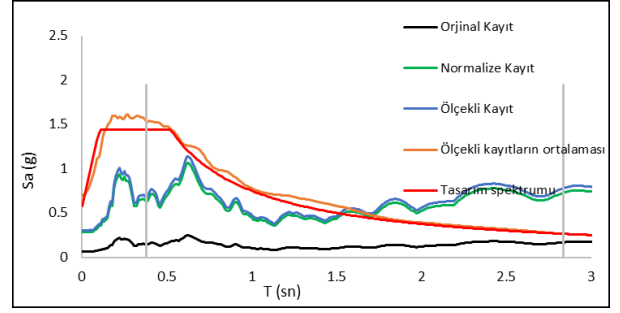
PERFORMANS DÜZEYLERİ



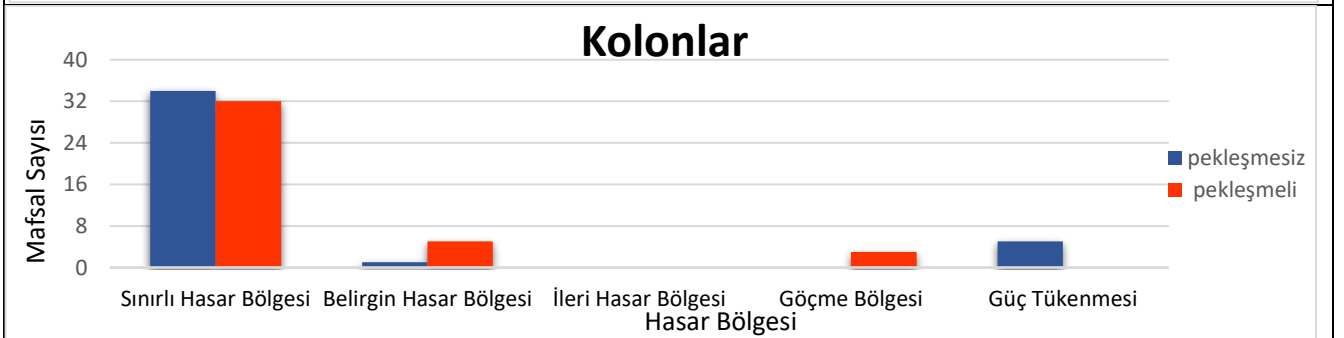
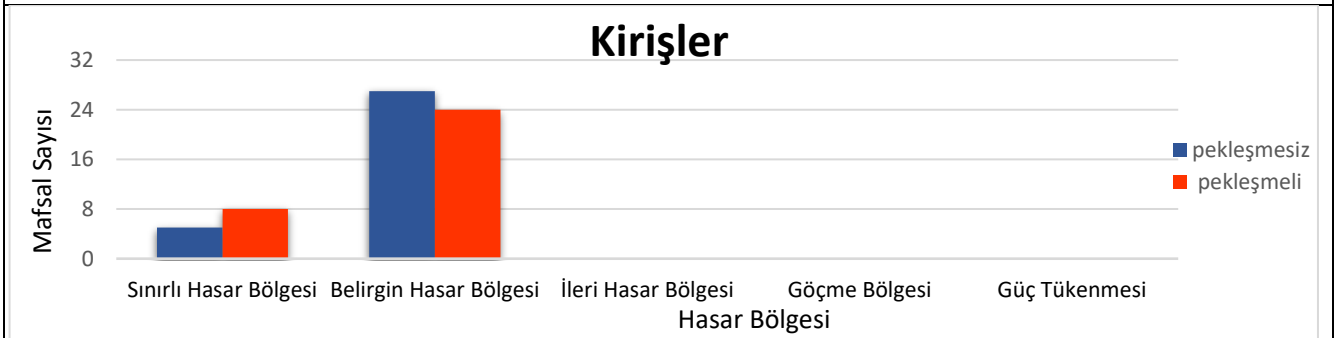
Deprem No:51- St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Yakutat
Bileşen:	9
Zaman Adımı (sn):	0,005



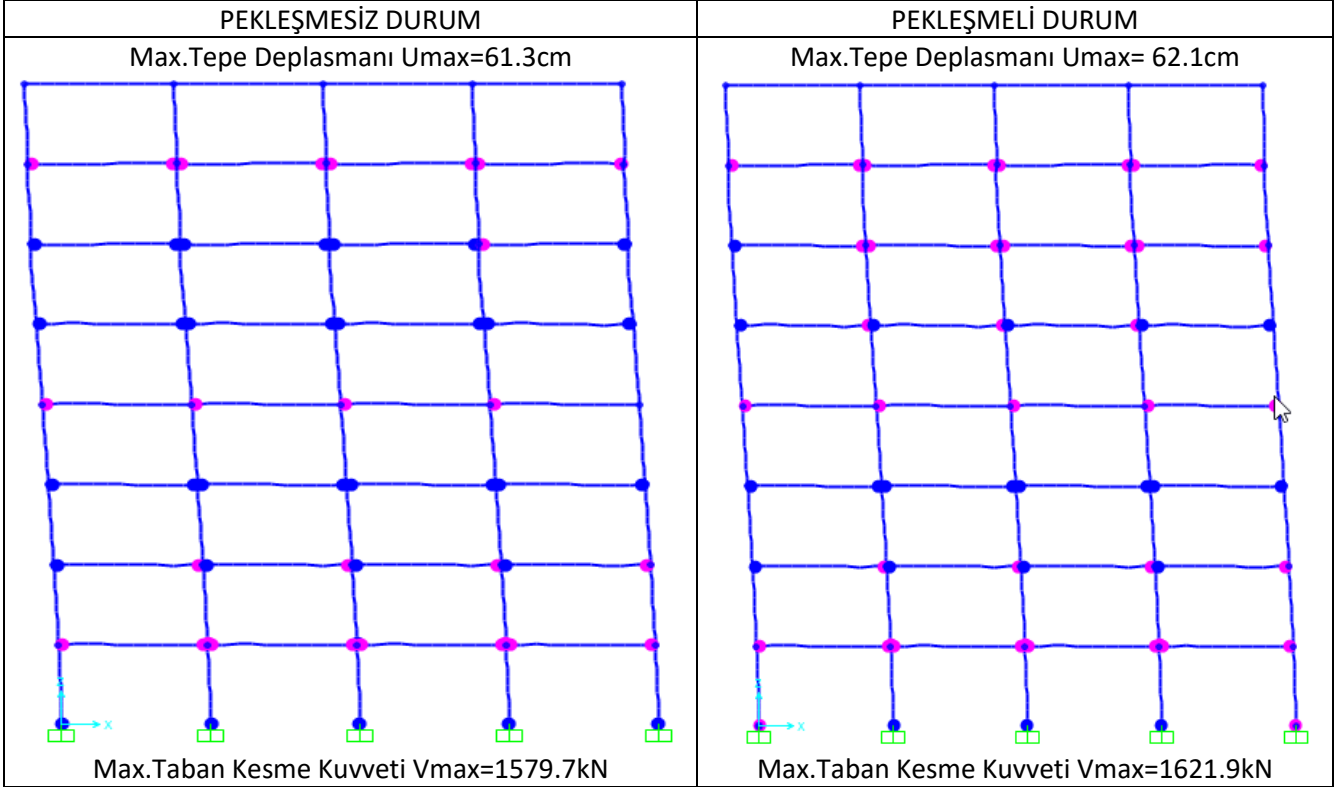
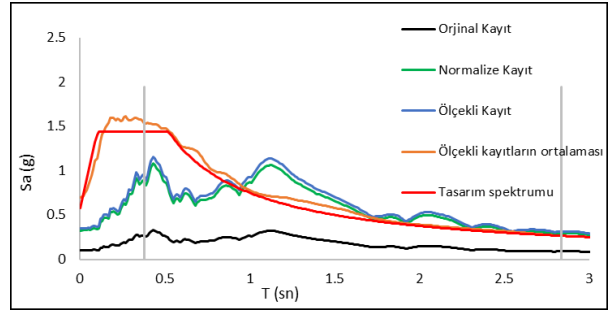
Deprem No:52-St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	Yakutat
Bileşen:	279
Zaman Adımı (sn):	0,005



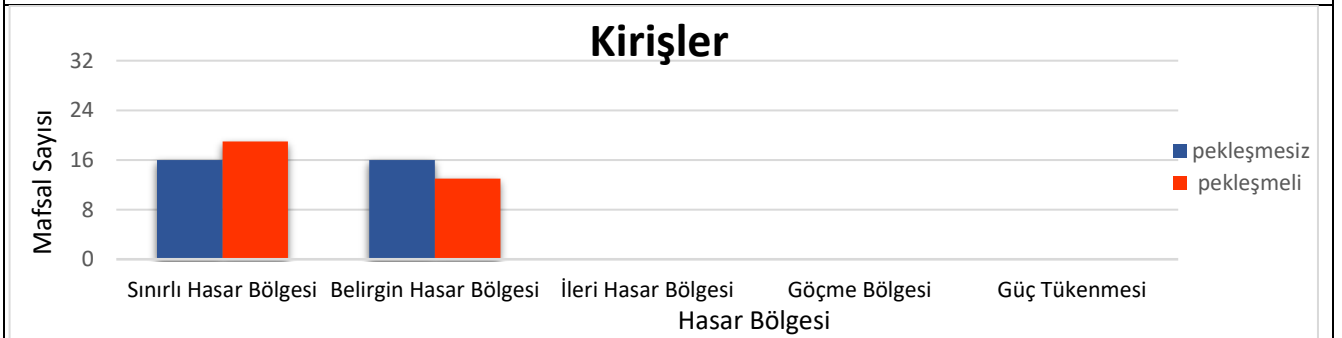
PERFORMANS DÜZEYLERİ



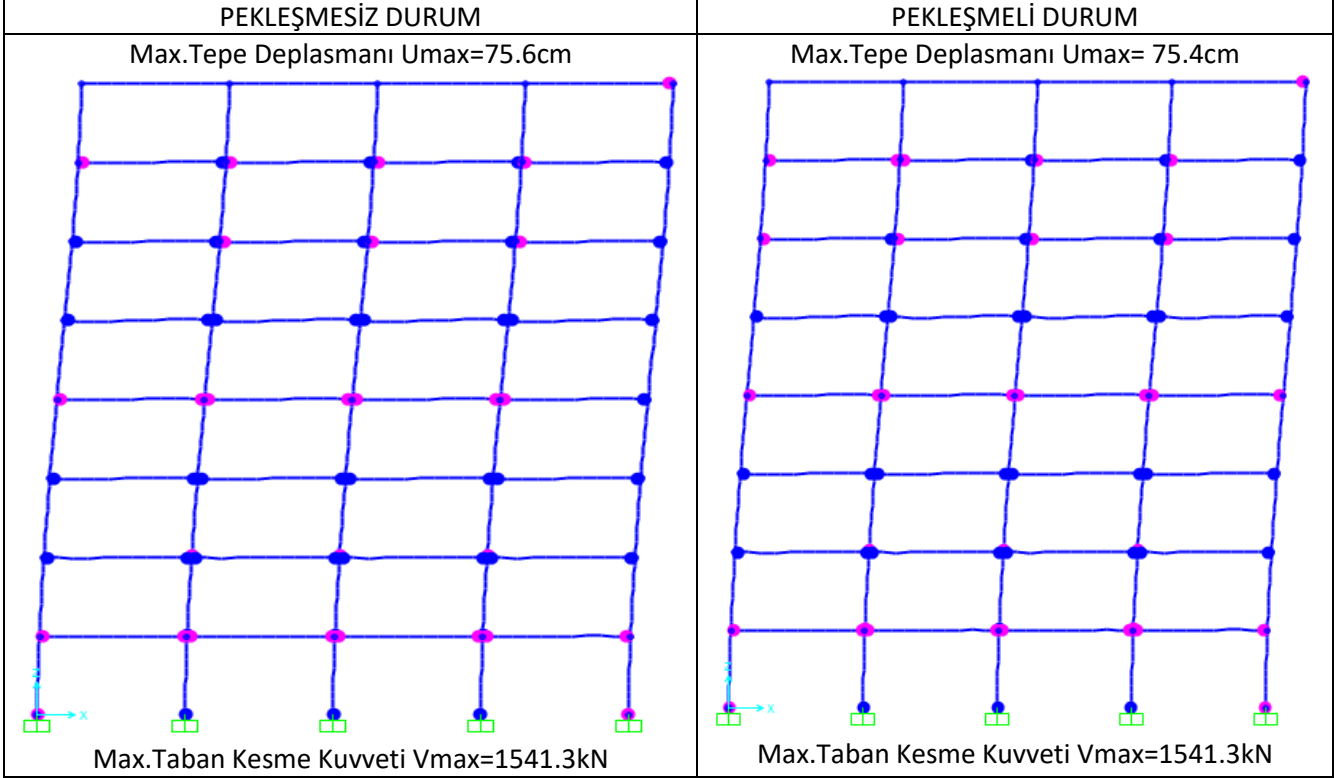
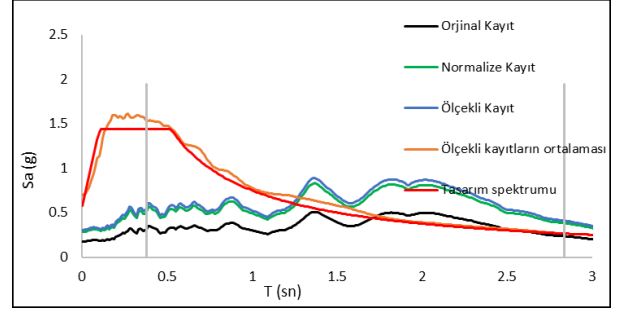
Deprem No:53- St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	İçy Bay
Bileşen:	90
Zaman Adımı (sn):	0,005



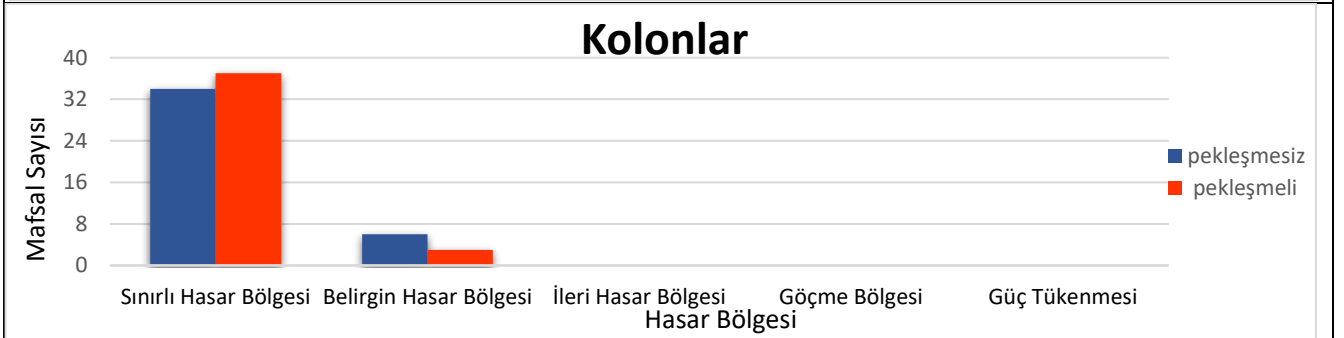
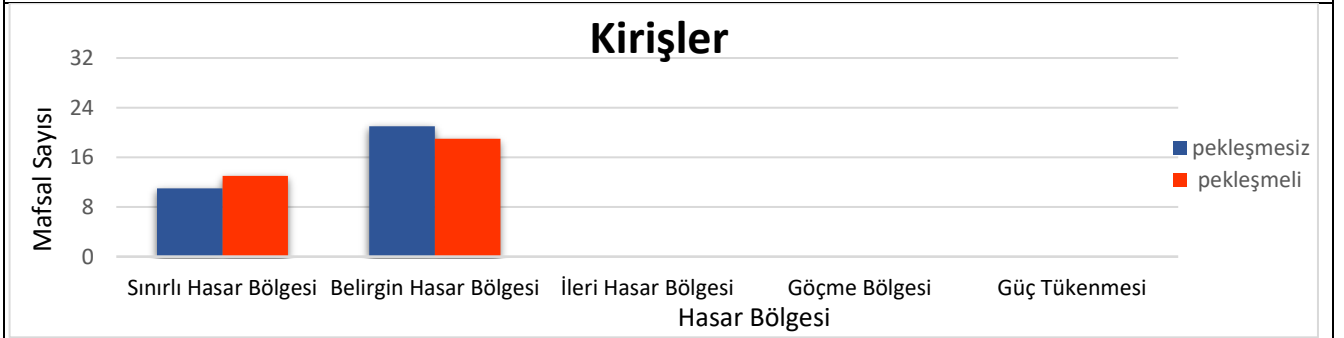
PERFORMANS DÜZEYLERİ



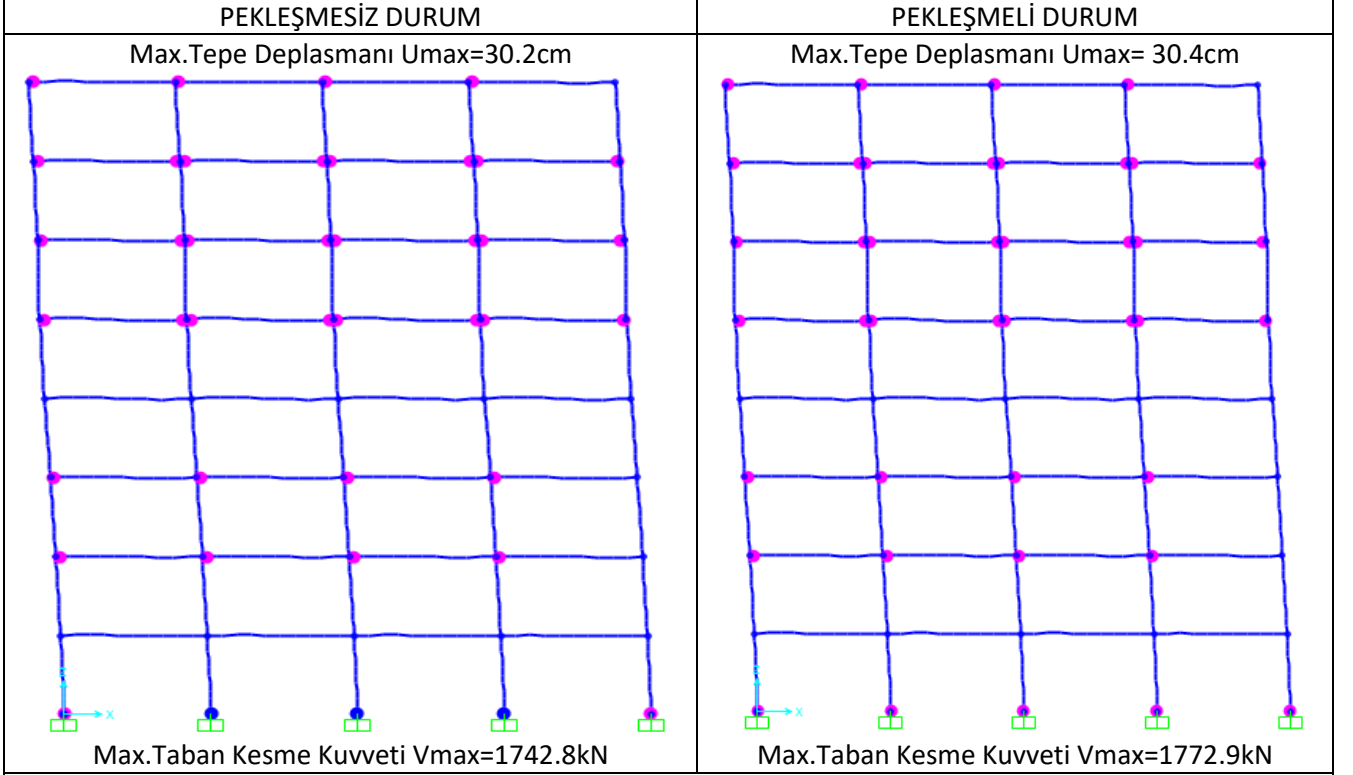
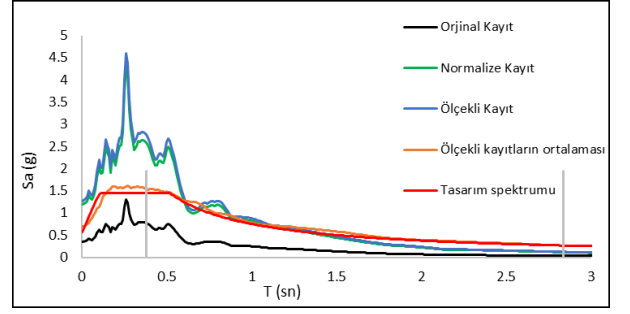
Deprem No:54-St Elias Alaska	
Tarihi:	2/28/1979
İstasyon Adı:	İçy Bay
Bileşen:	180
Zaman Adımı (sn):	0,005



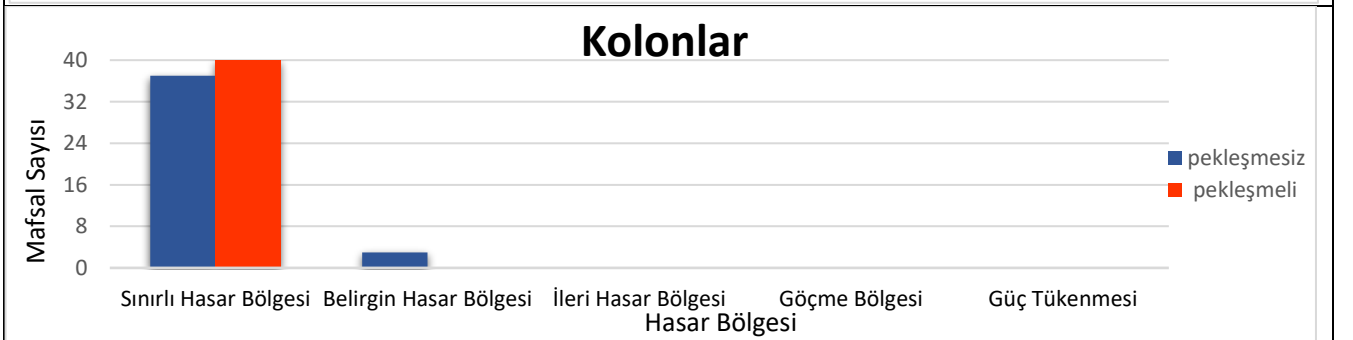
PERFORMANS DÜZEYLERİ



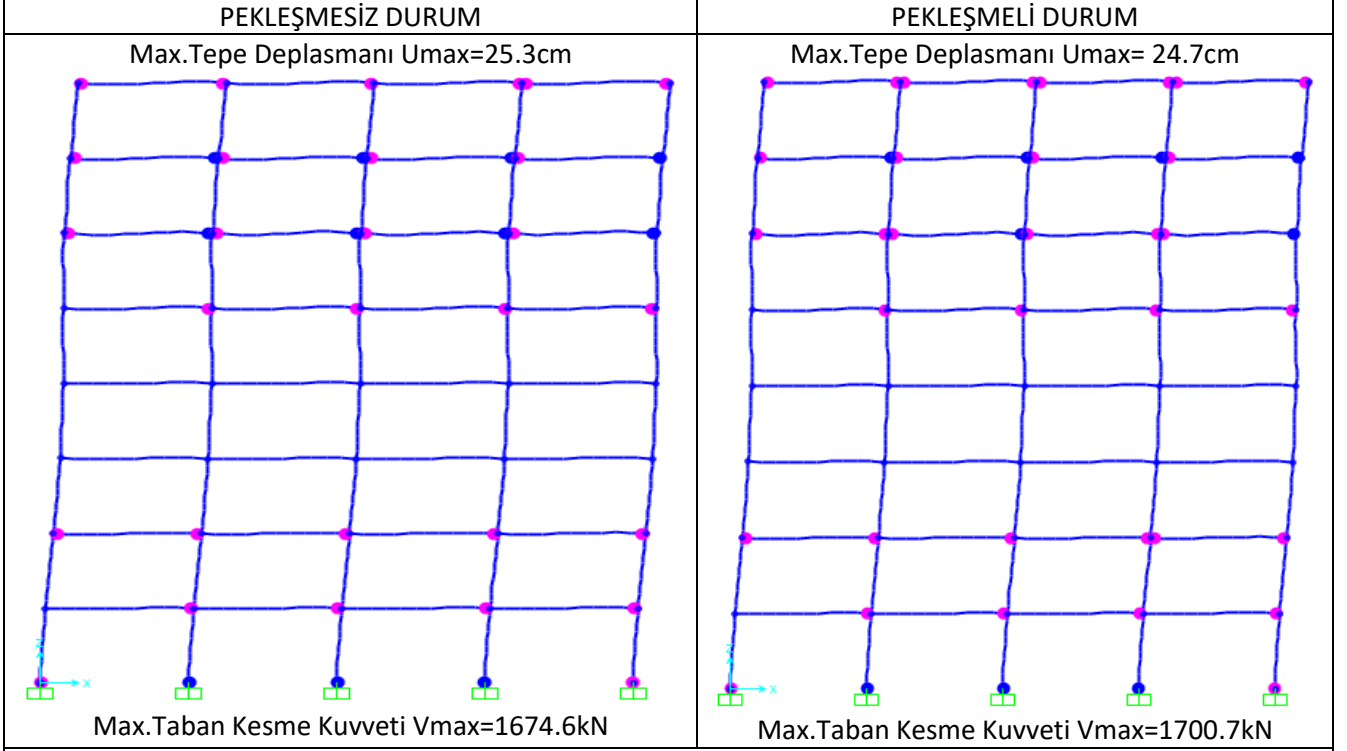
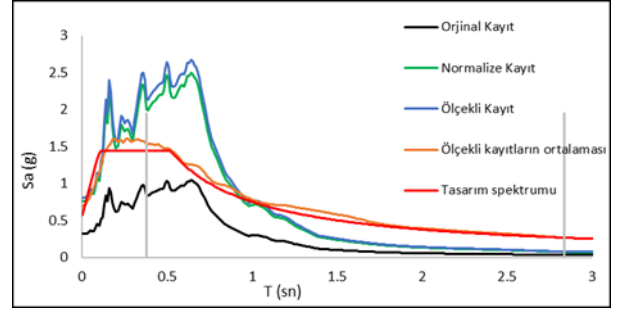
Deprem No:55-Friuli Italy	
Tarihi:	5/6/1976
İstasyon Adı:	Tolmezzo
Bileşen:	0
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ



Deprem No:56- Friuli Italy	
Tarihi:	5/6/1976
İstasyon Adı:	Tolmezzo
Bileşen:	270
Zaman Adımı (sn):	0,005



PERFORMANS DÜZEYLERİ

