

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA ANA VE ARTÇI DEPREM
ETKİLERİNİN PERFORMANS ESASLI YÖNTEMLERLE
İNCELENMESİ

MUHAMMED SURAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2023

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA ANA VE
ARTÇI DEPREM ETKİLERİNİN
PERFORMANS ESASLI YÖNTEMLERLE
İNCELENMESİ

MUHAMMED SURAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE
2023

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**INVESTIGATION OF MAIN AND
AFTERSHOCK EFFECTS IN
REINFORCED CONCRETE BUILDINGS
BY PERFORMANCE-BASED METHODS**

MUHAMMED SURAL
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE
2022



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/01/2023 tarih ve 2023/06 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 31/01/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Muhammed SURAL'ın tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI) : DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET ANIL DİNDAR

ÜYE : DOÇ. DR. TANER UÇAR

,
ÜYE : DR. ÖĞR. ÜYESİ ONUR ŞEKER

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Yapıların deprem etkilerine dayanıklı olarak tasarlanması öncelikli hedef olarak belirlenmektedir. Bu nedenle yapıların deprem altındaki davranışlarının incelenmesi birçok araştırmaya konu olmuş mevcut tasarım ve deprem yönetmelikleri ile mühendislerin binaların tasarım esaslarını belirlemiştir. Bu yapıların performanslarının belirlenmesinde şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin içerisinde en günceli zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizdir. Yönetmelikler bu yöntemi uygularken belirli şartlar altında bulunan depremleri tek tek uygulanması ile bina performanslarını elde etmeyi amaçlamaktadır fakat gerçek anlamda binalara tek bir deprem etkimez. Ana şoktan sonra birçok artçı deprem oluşmaktadır. Bu nedenle bu durumların yönetmeliklere dahil edilmesinde bir eksiklik bulunmaktadır. Bu tez kapsamında 5 katlı ve 8 katlı sünek tasarlanmış 2 adet çerçevenin, 5 adet ana şok ve artçı şoktan oluşan deprem setiyle zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve yapılara ait görelî kat ötelemeleri, elemanların performansları incelenmiştir. Hesaplamalarda yazılım aracı olarak OpenSeespy programı kullanılmıştır. Ayrıca son dönemde literatüre giren enerji esaslı tasarıma göre, depremler altında elemanlarda ve katlarda harcanan enerjiler incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre yapılara etkileyen ana şoktan sonra gelen artçı şoklar yapılarda yönetmeliğin sınır koştığı görelî kat ötelemelerini ve eleman performans sınırlarının geçilmesine ve yapılarda göçme veya ağır hasarlar oluşmasına sebep olabilmektedir. Enerji dağılımları bakımında düşük katlı yapılarda ilk katlarda enerji daha yoğun karşılanırken daha yüksek katlı yapılarda bu karşılamanın şekli biraz daha üst katlara dağılmaktadır. Bu gözlemler ışığında binalara gelecek olan tasarım depreminden sonra artçı depremlere maruz kaldığında ani göçmesi durumunda yaşanacak can ve mal kayıplarının önlenmesi bakımından artçı depremlerin tasarımda dikkate alınmasının önem arz ettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Openseespy, Ana Şok Artçı Şok, Tbdy-2018, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz, Performans Esaslı Tasarım, Enerji Esaslı Tasarım.

SUMMARY

Designing the buildings to be resistant to earthquake effects is determined as a priority target. For this reason, the examination of the behavior of the structures under the earthquake has been the subject of many research and has determined the design principles of the buildings with the current design and earthquake regulations. In determining the performance of these structures, evaluation and design methods are used according to shape change. The most recent of these methods is nonlinear analysis in the field of time definition. When applying this method, the regulations aim to obtain building performances by applying earthquakes under certain conditions one by one, but in the real sense, not a single earthquake affects the buildings. After the main shock, many aftershocks occur. Therefore, there is a deficiency in the inclusion of these situations in the regulations. Within the scope of this thesis, nonlinear analyses of 2 frames, 5 storey and 8 storey ductile designed frames in the time definition area with an earthquake set consisting of 5 main shocks and aftershocks were made and the relative floor displacements of the structures and the performances of the elements were examined. In the calculations, the OpenSeespy program was used as a measurement tool. In addition, according to the energy-based design that has recently entered the literature, the energies spent in the elements and floors under earthquakes have been examined. According to the findings obtained, the aftershocks that come after the main shock affecting the structures may cause relative floor delays and element performance limits to be exceeded and migration or heavy damage to the structures. In terms of energy distributions, in low-rise buildings, energy is met more intensively on the first floors, while in higher floor buildings, the form of this meeting is distributed to slightly higher floors. In the light of these observations, it has been seen that it is important to take the aftershocks into consideration in the design to prevent the loss of life and property that will be experienced in case of sudden migration when exposed to aftershocks after the design earthquake that will come to the buildings.

Key Words: Openseespy, Main Shock After Shock, Tbec-2018, Nonlinear Response Time History Analysis, Performance-Based Design, Energy-Based Design.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında bilgisi ve yol göstericiliğiyle bana katkıda bulunan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Anıl Dindar’a teşekkürü borç bilirim. Hayatımın her anında desteğini ve sevgisini gösteren sevgili eşim Betül Gamze Ertekin Sural’a çok teşekkür ederim, iyi ki varsın. Beni yetiştirip büyüten ve bugünlere gelmemde büyük katkıları olan anneme, babama ve kardeşime çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xxvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Tanımı	1
1.2. Problemin Kapsamı	2
1.3. İçerik	2
2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI	4
3. ARDIŞIK DEPREMLER ALTINDA ANALİZ	11
3.1. TBDY-2018'e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz detayları	11
3.2. Binaların TBDY-2018'e göre performans esaslı değerlendirilmesi	12
3.3. OpenSees programının detayları ve OpenSeespy	18
3.4. Yapısal analizde enerji kavramı	21
3.4.1. Mutlak Enerji Formülasyonunun Türetilmesi	23
3.4.2. Bağlı Enerji Formülasyonunun Türetilmesi	24
3.4.3. Enerji dağıtımının incelenmesi	25
4. SAYISAL ÖRNEKLER	27
4.1. Geliştirilen hesap aracının tanıtımı	27
4.2. Yapılan kabuller	28
4.3. Yapıların tanıtımı ve modellenmesi	34
4.3.1. Yapıların bilgileri	34
4.3.2. Modelleme aşamaları	36
4.3.3. Modüllerin dahil edilmesi	36
4.3.4. Çerçeve sistem bilgilerinin oluşturulması	37

4.3.5. Kesit ve malzeme tanımlamaları	38
4.3.6. Fiber kolon tanımlamaları	38
4.3.7. OpenSeespy 'da düğüm noktalarının tanımlanması	42
4.3.8. OpenSeespy 'da transformasyon tanımlanması	43
4.3.9. OpenSeespy 'da malzemelerin tanımlanması	43
4.3.10. OpenSeespy 'da kirişlerin mafsalları tanımlanması	44
4.3.11. OpenSeespy 'da kolonların mafsalları tanımlanması	45
4.3.12. OpenSeespy 'da kolon elemanların oluşturulması	45
4.3.13. OpenSeespy 'da kiriş elemanların oluşturulması	46
4.3.14. OpenSeespy 'da kirişlerin üzerindeki yayılı yüklerin tanımlanması	46
4.3.15. OpenSeespy' da eigen analizi	47
4.3.16. OpenSeespy' da düşey itme analizi	48
4.3.17. Rayleigh sönümleniminin tanımlanması	48
4.3.18. Zaman serilerinin okunması	49
4.3.19. Spektrumların bulunması ve ölçek katsayılarının bulunması	49
4.3.20. Ana şok artçı şok analizi	49
4.4. Çıktılar	50
4.4.1. 5 Katlı yapı sonuçları	50
4.4.2. 8 Katlı yapı sonuçları	118
5. SONUÇLAR	187
KAYNAKLAR	188
ÖZGEÇMİŞ	189
EKLER	190

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kisaltmalar</u>	

R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Süneklik düzeyi azaltma katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
S_{ae}	: Elastik tepki spektrum değeri
$S_{ae(Ra)}$	: Azaltılmış elastik tepki spektrum değeri
PGA	: Maksimum ivme değeri
λ	: Genlik
F	: Frekans
ω	: Açısal frekans
$G\ddot{O}$	: Göçme öncesi
KH	: Kontrollü hasar
SH	: Sınırlı hasar
$M1$	: X yönü modal kütle oranı
$M2$	: Y yönü modal kütle oranı
$M3$	: Dönme modal kütle oranı
$\% \sum u_1$	: Toplam kütle katılım oranı
μ	: Süneklik
ε	: Birim şekil değiştirme
T	: Yapının doğal titreşim periyodu
P	: Eksenel kuvvet
M	: Moment
sn.	: Saniye
$\varepsilon_c^{G\ddot{O}}$	: Göçmenin önlenmesi performansı beton şekil değiştirme değeri
ω_{we}	: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını göstermektedir
$\varepsilon_s^{G\ddot{O}}$	: Çeliğin göçmenin önlenmesi performans şekil değiştirme değeri
ε_{su}	: Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
ϕ_y	: Akma eğriliği

ϕ_u	: Göçme öncesi eğrilik
L_p	: Plastik mafsalsal boyu
L_s	: Kesme açıklığı
d_b	: Boyuna donatı çapı
$\theta_p^{GÖ}$	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
θ_p^{KH}	: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
θ_p^{SH}	: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
θ_y	: Akma durumu için yer değiştirmiş eksen dönmesi
$\varepsilon_c^{GÖ}$	: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ε_c^{KH}	: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ε_c^{SH}	: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{GÖ}$	: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
ε_s^{KH}	: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
ε_s^{SH}	: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
GTÜ	: Gebze Teknik Üniversitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Kesit davranışı.	6
2.2: TBDY kapasite kontrolleri.	7
2.3: TBDY güçlü kolon kontrolü.	7
2.4: TBDY kolon sarılma bölgeleri şartları.	8
2.5: TBDY kiriş sarılma bölgeleri şartları.	8
2.6: Yapı davranış idealleştirmesi.	9
3.1: TBDY ZTADO adımları.	12
3.2: TBDY mander beton modeli.	13
3.3: TBDY çelik malzeme modeli.	14
3.4: Kesit performans bölgeleri.	14
3.5: OpenSees ana yapısı.	18
3.6: OpenSees analiz katmanı.	19
3.7: OpenSees domain katmanı.	19
3.8: OpenSees malzeme katmanı.	20
3.9: OpenSees kaydedici katmanı.	20
3.10: İki yapının döngüsel davranış idealleştirmesi.	22
3.11: Tek serbestlik dereceli sistem yükleri.	23
3.12: Yapıdaki enerji tipleri.	25
4.1: 5 Katlı yapı için chalfant valley spektrumları.	30
4.2: 5 Katlı yapı için coalinga spektrumları.	30
4.3: 5 Katlı yapı için whittier narrows spektrumları.	31
4.4: 5 Katlı yapı için imperial valley spektrumları.	31
4.5: 5 Katlı yapı için mammoth lakes spektrumları.	32

4.6:	8 Katlı yapı için chalfant valley spektrumları.	32
4.7:	8 Katlı yapı için coalinga spektrumları.	33
4.8:	8 Katlı yapı için imperial valley spektrumları.	33
4.9:	5 Katlı çerçeve sistem ve entegrasyon noktaları.	35
4.10:	8 Katlı çerçeve sistem ve entegrasyon noktaları.	35
4.11:	Modelleme aşamaları ve çıktıları.	36
4.12:	Modüllerin kullanılması.	37
4.13:	Çerçeve bilgilerinin elde edilmesi.	37
4.14:	Kesit ve malzeme tanımlamaları.	38
4.15:	Fiber kolon tanımlamaları	39
4.16:	Dış çerçevedeki kolonların beton malzeme modelleri	39
4.17:	İç çerçevedeki kolonların beton malzeme modelleri.	40
4.18:	Malzeme tanımlamaları.	41
4.19:	Openseespy’da düğüm noktalarının tanımı.	42
4.20:	Openseespy’da transformasyon tanımı.	43
4.21:	OpenSeespy malzeme tanımlamaları.	43
4.22:	a) Two point Gauss-Radau entegrasyonu. b) Modified Gauss-Radau entegrasyonu.	44
4.23:	OpenSeespy ile kolonların oluşturulması.	45
4.24:	OpenSeespy ile kirişlerin oluşturulması.	46
4.25:	Ana şok tepe deplasmanı – zaman grafiği.	51
4.26:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	51
4.27:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	51
4.28:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	52
4.29:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	52
4.30:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	52
4.31:	Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.	53

4.32:	Artçı şok gerilme-şekil değiştirme grafiği.	53
4.33:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	53
4.34:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	54
4.35:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	54
4.36:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	54
4.37:	Görelî kat ötelemesi.	55
4.38:	Kat Enerji Dağıtımları.	55
4.39:	Ana şok tepe deplasmanı – zaman grafiği.	58
4.40:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	58
4.41:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	58
4.42:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	58
4.43:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	59
4.44:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	59
4.45:	Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.	59
4.46:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	60
4.47:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	60
4.48:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	60
4.49:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	60
4.50:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	61
4.51:	Görelî kat ötelemesi.	61
4.52:	Kat enerji dağıtımları.	62
4.53:	Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.	64
4.54:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	64
4.55:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	64
4.56:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	65
4.57:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	65
4.58:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	65

4.59:	Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.	66
4.60:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	66
4.61:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	66
4.62:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	66
4.63:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	67
4.64:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	67
4.65:	Görelî kat ötelemesi.	67
4.66:	Kat enerji dağıtımları.	68
4.67:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	70
4.68:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	70
4.69:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	70
4.70:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	71
4.71:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	71
4.72:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	71
4.73:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	72
4.74:	Artçı şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	72
4.75:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	72
4.76:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	72
4.77:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	74
4.78:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	74
4.79:	Görelî kat ötelemesi.	74
4.80:	Kat enerji dağıtımları.	74
4.81:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	76
4.82:	Ana şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	77
4.83:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	77
4.84:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	77
4.85:	Ana şok kolon 1 enerji zaman grafiği.	77

4.86:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	78
4.87:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	78
4.88:	Artçı şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	78
4.89:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	79
4.90:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	79
4.91:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	79
4.92:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	80
4.93:	Görelî kat ötelemesi.	80
4.94:	Kat enerji dağıtımları.	80
4.95:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	82
4.96:	Ana şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	83
4.97:	Ana şok kolon moment-dönme grafiği.	83
4.98:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	83
4.99:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	83
4.100:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	84
4.101:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	84
4.102:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	84
4.103:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	85
4.104:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	85
4.105:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	85
4.106:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	85
4.107:	Görelî kat ötelemesi.	86
4.108:	Kat enerji dağıtımları.	86
4.109:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	88
4.110:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekildeğiştirme zaman grafiği.	88
4.111:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	89
4.112:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	89

4.113:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	89
4.114:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	89
4.115:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	90
4.116:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	90
4.117:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	90
4.118:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	90
4.119:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	91
4.120:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	91
4.121:	Görelî kat ötelemesi.	91
4.122:	Kat enerji dağıtımları.	91
4.123:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	93
4.124:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	94
4.125:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	94
4.126:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	94
4.127:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	94
4.128:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	95
4.129:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	95
4.130:	Artçı şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	95
4.131:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	95
4.132:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	96
4.133:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	96
4.134:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	96
4.135:	Görelî kat ötelemesi.	97
4.136:	Kat enerji dağıtımları.	97
4.137:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	99
4.138:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	100
4.139:	Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	100

4.140:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	100
4.141:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	100
4.142:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	101
4.143:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	101
4.144:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	101
4.145:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	101
4.146:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	102
4.147:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	102
4.148:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	102
4.149:	İkinci artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	102
4.150:	İkinci artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	103
4.151:	İkinci artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	103
4.152:	İkinci artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	103
4.153:	İkinci artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	103
4.154:	İkinci artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	104
4.155:	Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	104
4.156:	Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	104
4.157:	Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	104
4.158:	Üçüncü artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	105
4.159:	Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	105
4.160:	Üçüncü artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	105
4.161:	Görelî kat ötelemesi.	106
4.162:	Kat enerji dağıtımları.	106
4.163:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	108
4.164:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	108
4.165:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	109
4.166:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	109

4.167:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	109
4.168:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	109
4.169:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	110
4.170:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	110
4.171:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	110
4.172:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	110
4.173:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği	111
4.174:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	111
4.175:	İkinci artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	111
4.176:	İkinci artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	112
4.177:	İkinci artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	112
4.178:	İkinci artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	112
4.179:	İkinci artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	112
4.180:	İkinci artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	113
4.181:	Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	113
4.182:	Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	113
4.183:	Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	113
4.184:	Üçüncü artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	114
4.185:	Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	114
4.186:	Üçüncü artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	114
4.187:	Görelî kat ötelemesi.	115
4.188:	Kat enerji dağıtımı	115
4.189:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	117
4.190:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	118
4.191:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	118
4.192:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	118
4.193:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	118

4.194:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	119
4.195:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	119
4.196:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	119
4.197:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	119
4.198:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	120
4.199:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği	120
4.200:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	120
4.201:	Görelî kat ötelemesi.	121
4.202:	Kat enerji dağıtımı.	121
4.203:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	124
4.204:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	124
4.205:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	124
4.206:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	125
4.207:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	125
4.208:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	125
4.209:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	126
4.210:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	126
4.211:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	126
4.212:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	126
4.213:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	127
4.214:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	127
4.215:	Görelî kat ötelemesi.	127
4.216:	Kat enerji dağıtımı.	130
4.217:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	131
4.218:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	131
4.219:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	131
4.220:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	132

4.221:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	132
4.222:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	132
4.223:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	132
4.224:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	133
4.225:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	133
4.226:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	133
4.227:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği	133
4.228:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	134
4.229:	Görelî kat ötelemesi.	134
4.230:	Kat enerji dağıtımı.	134
4.231:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	138
4.232:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	138
4.233:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	138
4.234:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	138
4.235:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	139
4.236:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	139
4.237:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	139
4.238:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	140
4.239:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	140
4.240:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	140
4.241:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	140
4.242:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	141
4.243:	Görelî kat ötelemesi.	141
4.244:	Kat enerji dağıtımı.	141
4.245:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	144
4.246:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	144
4.247:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	145

4.248:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	145
4.249:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	145
4.250:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	145
4.251:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	146
4.252:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	146
4.253:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	146
4.254:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	146
4.255:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	147
4.256:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	147
4.257:	Görelî kat ötelemesi.	147
4.258:	Kat enerji dağıtımı.	148
4.259:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	151
4.260:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	151
4.261:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	151
4.262:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	151
4.263:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	152
4.264:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	152
4.265:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	152
4.266:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	152
4.267:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	153
4.268:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	153
4.269:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	153
4.270:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	153
4.271:	Görelî kat ötelemesi.	154
4.272:	Kat enerji dağıtımı.	154
4.273:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	157
4.274:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	157

4.275:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	157
4.276:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	158
4.277:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	158
4.278:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	158
4.279:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	158
4.280:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	159
4.281:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	159
4.282:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	159
4.283:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği	159
4.284:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	160
4.285:	Görelî kat ötelemesi.	160
4.286:	Kat enerji dağıtımı.	160
4.287:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	163
4.288:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	163
4.289:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	164
4.290:	Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	164
4.291:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	164
4.292:	Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	164
4.293:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	165
4.294:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	165
4.295:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	165
4.296:	Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.	165
4.297:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği	166
4.298:	Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.	166
4.299:	Görelî kat ötelemesi.	166
4.300:	Kat enerji dağıtımı.	167
4.301:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	169

4.302:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	170
4.303:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	170
4.304:	Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	170
4.305:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	170
4.306:	Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	171
4.307:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	171
4.308:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	171
4.309:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	171
4.310:	Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	172
4.311:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	172
4.312:	Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	172
4.313:	İkinci artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	172
4.314:	İkinci artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	173
4.315:	İkinci artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	173
4.316:	İkinci artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	173
4.317:	İkinci artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	173
4.318:	İkinci artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	174
4.319:	Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	174
4.320:	Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	174
4.321:	Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	174
4.322:	Üçüncü artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	175
4.323:	Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	175
4.324:	Üçüncü artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	175
4.325:	Görelî kat ötelemesi.	176
4.326:	Kat enerji dağıtımı.	176
4.327:	Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	176
4.328:	Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	177

4.329:	Ana şok kolon 1 moment dönme grafiği.	177
4.330:	Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	177
4.331:	Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	177
4.332:	Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	178
4.333:	Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	178
4.334:	Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	178
4.335:	Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	178
4.336:	Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	179
4.337:	Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	179
4.338:	Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	179
4.339:	İkinci artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	180
4.340:	İkinci artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	180
4.341:	İkinci artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	180
4.342:	İkinci artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	180
4.343:	İkinci artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	181
4.344:	İkinci artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	181
4.345:	Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.	181
4.346:	Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.	182
4.347:	Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.	182
4.348:	Üçüncü artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.	182
4.349:	Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.	182
4.350:	Üçüncü artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.	183
4.351:	Görelî kat ötelemesi.	183
4.352:	Kat enerji dağıtımı.	183

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: 5 Katlı yapının elemanlarının performans sınırları.	15
3.2: 8 Katlı yapının elemanlarının performans sınırları.	16
4.1: Deprem kayıtları.	28
4.2: 5 Katlı yapı deprem ölçek katsayıları.	29
4.3: 8 Katlı yapı deprem ölçek katsayıları.	29
4.4: Yapıların kesit bilgileri.	34
4.5: Yapıların deprem parametreleri.	34
4.6: 5 Katlı yapı modal analiz sonuçları.	47
4.7: 5 Katlı yapı modal analiz kütleleri.	47
4.8: 5 Katlı yapı toplam kütle katılım oranları.	47
4.9: 8 Katlı yapı modal analiz sonuçları.	48
4.10: 8 Katlı yapı modal analiz kütleleri.	47
4.11: 8 Katlı yapı toplam kütle katılım oranları.	48
4.12: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	56
4.13: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	56
4.14: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	62
4.15: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	63
4.16: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	68
4.17: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	69
4.18: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	75
4.19: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	76
4.20: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	81
4.21: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	82

4.22: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	86
4.23: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	87
4.24: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	92
4.25: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	93
4.26: Elemanların Ana-Artçı Şoklardaki Dönme Performansları.	98
4.27: Elemanların Ana-Artçı Şoklardaki Şekil Değiştirme Performansları	99
4.28: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	106
4.29: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	107
4.30: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	115
4.31: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	116
4.32: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	121
4.33: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	123
4.34: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	128
4.35: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	130
4.36: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	135
4.37: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	136
4.38: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	142
4.39: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	143
4.40: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	148
4.41: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	150
4.42: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	154
4.43: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	156
4.44: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	161
4.45: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.	162
4.46: Elemanların Ana-Artçı Şoklardaki Dönme Performansları	167

4.47: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değıştirme performansları.	168
4.48: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.	184
4.49: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değıştirme performansları.	185



1. GİRİŞ

1.1. Problem Tanımı

Deprem doğal bir afet olup, mühendislik yapılarının tasarımı sırasında dikkate alınması gereken bir yüküdür. Gerçekleşme zamanı ve büyüklüğünü tam olarak bilemediğimiz deprem afetine karşı yapıların tasarlanması için izlenecek hesap yöntemleri güncel yönetmeliklerde kuvvet ve şekil değiştirme esaslı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu iki yöntemin dışında henüz yönetmeliklere girmemiş ama yakın gelecekte girmesi beklenen enerji esaslı tasarım anlayışı da bulunmaktadır. Kuvvet esaslı tasarım yaklaşım, prensip olarak yapıya gelecek olan deprem kuvvetine bağlı yapı elemanlarında oluşan iç kuvvetlerin ve buna bağlı olarak eleman kapasitesinin belirlenmesini içermektedir. Hesaplamalar, doğrusal yapı davranışı için geçerli olup, 1980’li yıllardan itibaren deprem kuvvetleri olasılıksal olarak hesaplanmaktadır. Daha önceki dönemlerde ise yapı ağırlığının belli bir oranı olarak deprem kuvvetleri ifade edilmektedir. Öte yandan şekil değiştirme esaslı hesap yöntemi ise son 20 yıldır teoriden pratiğe taşınmış bir halde olup ülkemiz deprem yönetmeliğine ilk defa 2007 yılında yayınlanan Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik (DBYBHY-2007) kapsamında mevcut binaların değerlendirilmesinde yer verilmiştir [1]. 2018 yılında yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kapsamında mevcut binalar yanında yeni binaların tasarlanmasında şekil değiştirme esaslı yöntemler ele alınmıştır [2].

Şekil değiştirme tasarım yöntemi genel anlamda performans esaslı hesaplamaların bir uyarlamasıdır. Gelen etkiler altında yapının doğrusal olmayan davranışı incelenir ve etkinin son aşamasında sistemde oluşan sonuçlar, talep/ kapasite oranlamasına bağlı olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırmanın yapılabilmesi için eleman kapasitesi ve dolayısıyla doğrusal olmayan davranış karakteristiği tasarım aşamasının başlangıcında öngörülerek işlemler sürdürülür. Ön boyutlandırması dayanım esaslı hesap gibi başlayan ancak ardından doğrusal olmayan davranışların dikkate alındığı statik veya dinamik yüklemelerde elde edilen en aşırı deformasyonlara bağlı olarak yapı elemanlarının kesitlerinde düzeltme veya iyileştirmeye gidilir.

Enerji esaslı tasarımda yapıya gelen enerji ve bu gelen enerjinin binanın hangi elemanları ve katları tarafından tüketildiğinin tespit edilerek bu davranışlara uygun

tasarımın yeniden gözden geçirilmesine dayanmaktadır. Yapıların plastik enerji spektrumlarının çıkarılması ile sismik analizleri yapılmaktadır.

Yönetmelikler deprem etkilerinin hesabında tek bir deprem düzeyi için (Literatürdeki adı tasarım depremidir) hesap yapılmasını öngörmektedir. Bu deprem altında lineer analiz ile kesit boyutları ve donatıları belirlenir. Performans hesabı için malzemenin doğrusal olmayışı ve geometrik doğrusallığın bozulması dahil edilerek yapının doğrusal olmayan analizi yapılır. Bu hesap yöntemindeki eksiklik tek bir deprem altında bu işlemlerin yapılması ve performansın sadece o deprem altında belirlenmesidir. Gerçek durumda ana deprem meydana geldikten sonra birçok artçı depreminde beraberinde meydana gelmesidir. Modern yönetmelikler bu durumu dahil etmeyerek sadece ana deprem altında tasarıma odaklanmıştır. Türkiye'nin Van ilinde meydana gelen deprem bu duruma güzel bir örnektir. Van'da gerçekleşen ana depremden sonra yıkılmayan bazı binalar hedef performans istemini sağlamış olmasına rağmen artçı deprem sarsıntısında yıkılmıştır. Bu durum bize tek bir deprem kaydı üzerinden yapıların analiz edilmesinin eksikliğini göstermiştir.

1.2. Problemin Kapsamı

Bu tez kapsamında 2 boyutlu 2 adet betonarme çerçevenin zaman tanım alanında analizi yapılacaktır. Bu çerçeve yapılar TBDY de belirtilen süneklik düzeyleri yüksek olarak tasarlanmıştır. Bu iki çerçeve OpenSeespy açık kaynaklı program kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi yapılacaktır [3]. OpenSeespy programının modelleme kolaylığı, sonuçların gerçek zamanlı olarak alınması ve parametrik çalışmalarda kullanılması için açık kaynaklı bir hesap aracı geliştirilmiştir. Tez kapsamında 3 boyutlu sistemler, perdeli yapılar incelenmeyecektir. Yapı-zemin etkileşimleri ihmal edilip temel birleşim noktaları rijit kabul edilecektir.

1.3. İçerik

Bölüm 1 tez konusu ile alakalı problem tanımı ve kapsamı verilmiştir. Bölüm 2’de depreme dayanıklı yapı tasarımının felsefesi, kapasite tasarım ilkeleri ve Türk yönetmeliklerine yansıması incelenmiştir. Bölüm 3’te doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizin uygulama detayları ve ardışık olarak nasıl uygulanacağı ile ilgili detaylara girilmiştir. Bölüm 4’te uygulama örneği yapılmıştır. Bölüm 5’te sonuçlarla alakalı inceleme ve çıkarımlar yapılmıştır. Kaynaklar kısmında tezin yazımında faydalanılan dokümanlar belirtilmiştir. Özgeçmiş kısmında yazarın kariyer ve eğitim bilgileri verilmiştir. Ekler kısmında ek dokümanlar belirtilmiştir.



2. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

Yapılarımızı şiddetli bir yer hareketi karşısında ayakta tutmak için belli yaklaşımlar uygularız. Genel olarak iki tür yaklaşım izlenebilir. İlki yapının doğrusal elastik sınırlar içerisinde kalmasıdır. Bu durumda deprem etkilerinden dolayı oluşan iç kuvvetler elastik taşıma kapasitesini geçmez ve şekil değiştirmeler doğrusal-elastik kısımda kalarak yapıda hiçbir hasar oluşmaz. Bu tarz bir yaklaşımda yapı maliyetleri çok yüksek olduğu için önem derecesi yüksek yapılar dışında tercih edilmez. İkinci yaklaşım olarak yapının tasarım depremi altında elastik ötesi kapasitesinin de kullanılmasını esas alır. Bu yaklaşımda yapıdaki belirli elemanlarda elastik ötesi davranışa herhangi bir mekanizma durumu oluşturmalarına izin vermeden sağlanır. Bu yaklaşımın sağlanması ve etkin bir şekilde uygulanabilmesi için bina tasarımında kapasite tasarım ilkeleri benimsenmiş ve güncel yönetmeliklerde zorunluluk haline getirilmiştir. Türkiye de 1997 deprem yönetmeliği ile uygulanmaya başlanmış olup 2007 ve 2018 yönetmelikleri ile uygulaması daha da detaylandırılmıştır. Bu tasarım yaklaşımının ilk uygulaması Tom Paulay'ın liderliğinde Yeni Zelanda deprem yönetmeliğinde betonarme yapı sistemleri içindir [4]. Daha sonrasında bu kavram diğer yapılar içinde referans alacak şekilde yönetmeliklere girmiştir. Kapasite tasarımının temel yaklaşımı, Yer ivmeleri altında doğrusal olmayan davranışa izin verilen, süneklik düzeyi yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin belirtilen koşullar altında boyutlandırılmasıdır [5]. Bu koşullar şu şekilde özetleyebiliriz.

- Öngörülen *taşıyıcı sistem davranış katsayısı* (R) için hedeflenen süneklik düzeyi için belirlenen plastik mafsallık bölgelerinin kesme göçmesi meydana getirmeyecek şekilde doğrusal olmayan davranış sergileyecek şekilde yeterli süneklik düzeyinde boyutlandırılacak ve tasarım yapılmalıdır.
- Taşıyıcı sistemde mafsallaşma noktaları kirişlerde ve eksenel kuvvetin düşük olduğu kolonlarda meydana gelmesi gerekir.
- Sistemde öngörülen plastik şekil değiştirme mekanizmalarının haricinde sünek olmayan bölgesel ve ani göçmeye sebep olacak (Kat mekanizması vb.) gevrek göçme mekanizmaları engellenmelidir.

- Bir düğüm noktasında birleşen kolonların eğilme momenti kapasiteleri aynı noktada birleşen kirişlerin eğilme momenti kapasitelerinden daha fazla olması gerekmektedir. Eksenel kuvvetlerinin düşük olduğu varsayılarak tek katlı yapılarda ve çok katlı binaların çatı katında bu şart uygulanmayabilir.
- Sistemdeki tüm elemanların düğüm noktalarında beklenen sünek davranıştan önce gevrek göçme durumunu önleyecek şekilde boyutlandırılmalı, birleşim bölgesinin kapasitesi bu bölgede birleşen elemanların taşıma kapasitesinden büyük olmalıdır ve elemanlarda donatı aderansı sağlanacak şekilde tasarım yapılmalıdır.
- Sistemdeki yapısal veya yapısal olmayan etkilerle oluşabilecek dayanım fazlalıkları dikkate alınmalı ve bu durumun öngörülen mafsalları konumlarını etkilemesi engellenmelidir.

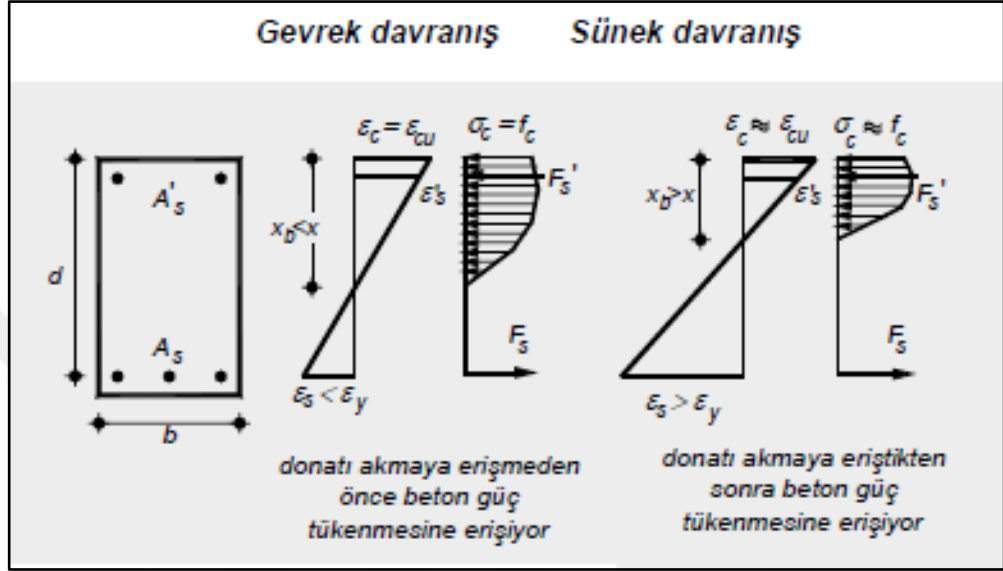
Kapasite tasarım ilkelerinin en temelinde süneklik kavramı vardır. *Süneklik* (μ) herhangi bir kapasite kaybı olmadan plastik deformasyon yapabilme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Bu çerçevede tanım olarak yapıda belli terimlerin sünekliliğinden bahsedilebilir. Malzeme sünekliliği, eğilme sünekliliği, dönme sünekliliği, deplasman sünekliliği vb. Yapıdan süneklik beklendiği takdirde kalıcı hasar kabul edilmiş olunur. Temel olarak yukarıda da belirtilen tasarım felsefelerinde yapıya etkileyen yanal yüklerde (deprem, rüzgâr vb.) yapının doğrusal elastik davranması istendiğinde gelen enerji yapı rijitliği ile karşılanır ve yapı herhangi bir kalıcı hasar görmez ama sünek bir davranış istendiğinde yapıda doğrusal olmayan şekil değiştirmeler ve yer değiştirmeler meydana gelecektir. Buna karşılık yapıya gelen enerji yapının kalıcı deformasyon kapasitesiyle karşılanır ve daha ekonomik bir tasarım ortaya çıkarılır. Bu deformasyon kapasitesini sağlamanın başlıca kuralları vardır bunların genelleştirilmiş adına kapasite tasarım ilkeleri denir. Mevcut yönetmeliklerimizde bu davranışın sağlanabilmesi için kapasite tasarım ilkeleri referans alınarak belirli maddeler getirilmiştir. TS500 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinde belirli maddelerde sünek davranış şartlarına bağlanmıştır. TBDY-2018’de süneklik düzeylerinin tasarımı ile ilgili 7. Bölüm eklenmiştir. Bu maddelerden bazıları şöyledir;

- Donatı kenetlenme boyunun alt sınır şartı- TS500

$$lb = \left(0.12 \frac{fyd}{fctd} \phi \right) \geq 20\phi \quad (2.1)$$

- Eğilme donatısına üst sınır getirilmesi – TS500

$$\rho - \rho' \leq \rho_{max} = 0.85\rho_b \quad (0.1)$$



Şekil 2.1: Kesit davranışı.

- Kesme kuvvet kapasitesinin eğilme kuvveti kapasitesinden büyük olması sağlanması.

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad (2.3)$$

$$M_{pi} \cong 1.4 M_{ri} ; M_{pj} = 1.4 M_{rj} \quad (2.4)$$

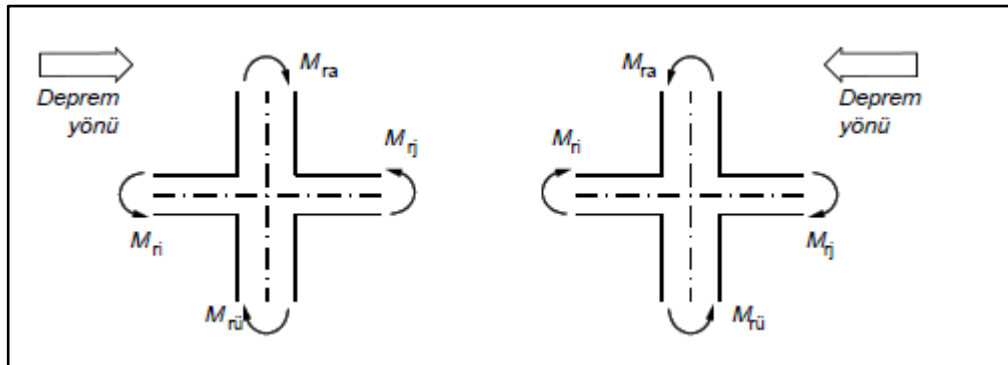
$$V_e = \frac{(M_a + M_{\bar{u}})}{l_n} \quad (2.5)$$

Kat No.	M_u 'nın hesaplanması		M_a 'nın hesaplanması	
	Kolon üst ucunda Denk. 7.3'ün sağlaması durumu	Kolon üst ucunda Denk. 7.3'ün sağlamaması durumu	Kolon alt ucunda Denk. 7.3'ün sağlamaması durumu	Kolon alt ucunda Denk. 7.3'ün sağlaması durumu
$i+1$				
i				
$i-1$				
	$\Sigma M_p = M_{pi} + M_{pj}$ $M_u = \frac{M_{hu(i)}}{M_{hu(i)} + M_{ha(i+1)}} \Sigma M_p$			
	$M_{hu(i)}$ i'inci kat kolonu üst ucunda Bölüm 3 ve Bölüm 4'e göre bulunan moment $M_{ha(i)}$ i'inci kat kolonu alt ucunda Bölüm 3 ve Bölüm 4'e göre bulunan moment			

Şekil 2.2: TBDY kapasite kontrolleri.

- Birleşim bölgelerindeki kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı kirişlerin taşıma gücü momentlerinin toplamından en az %20 fazla olması.

$$M_{ra} + M_{r\bar{u}} \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (2.6)$$



Şekil 2.3: TBDY güçlü kolon kontrolü.

- [illegible]

$\leq 50 \text{ mm}$

s_k

h_k

Kiriş sarılma bölgesi = $2 h_k$

Kiriş orta bölgesi (TS-500'e göre enine donatı)

Kiriş sarılma bölgesi = $2 h_k$

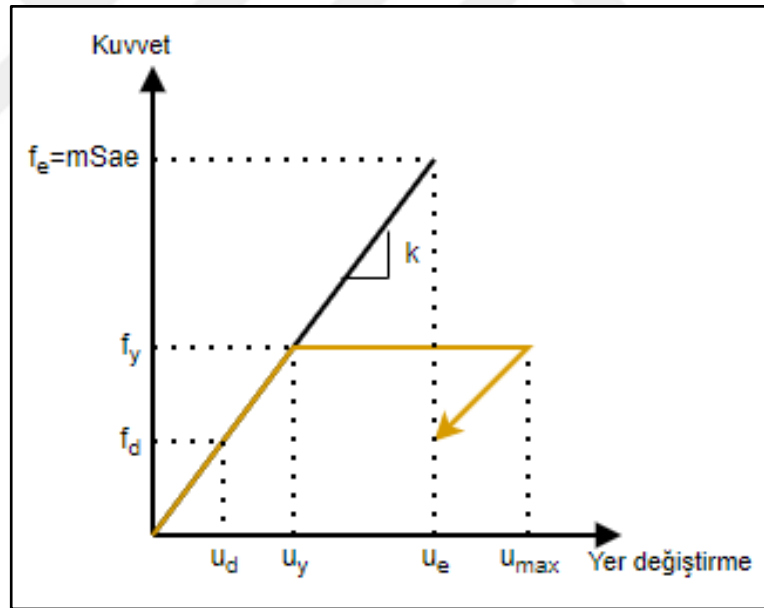
$s_k \leq h_k/4$
 $s_k \leq 8\phi$ (ϕ = en küçük boyuna donatı çapı)
 $s_k \leq 150 \text{ mm}$

8

- Kolonlar da eksenel yükün G+Q ve G+Q+E kombinasyonlarında sınırlandırılması.

$$A_c = \frac{N_{dm}}{(0.4f_{ck})} \quad (2.7)$$

Temel olarak bu maddeler ve diğer birçok maddelerde kapasite tasarım ilkeleri referans alınmıştır. Tüm bu sınırlamaların ana hedefi binanın kapasitesi üzerinde gelen yatay kuvvetler altında (deprem kuvvetleri, rüzgâr kuvvetleri vb.) binanın plastik deformasyon yaparak göçme durumunun önüne geçilmek ve can kayıplarının önlenmek istenmesidir. Bu süneklik talebini karşılamak için yönetmeliklerde R_a deprem yükü azaltma katsayısı, R bina davranış katsayısı ve D dayanım fazlalığı katsayısı gibi kavramları kullanılır. Bu kavramların kullanılabilmesinin en temelinde binaya aktarılan enerjinin belli davranışlarla sönmelenmesidir.



Şekil 2.6: Yapı davranış idealleştirilmesi.

Şekilde gösterilen f_e elastik deprem kuvvetini, f_y binanın kapasitesini, f_d binanın tasarım kuvvetini, u_d , u_y , u_e ve u_{max} sırasıyla tasarım yer değiştirmesini, kapasitedeki yer değiştirmeyi (akma durumu), elastik yer değiştirmeyi ve maksimum yer değiştirmeyi belirtmektedir. Düz bir şekilde devam eden çizgi depremin binadan beklediği lineer elastik davranıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının temeli bu talebi karşılayacak şekilde binaya doğrusal olmayan deplasmanda yaptırarak daha az

kuvvet altında çözüm yapmaktır. Yapılan bu tercih ile daha ekonomik binalar yapabiliyoruz ama bunun bedeli olarak daha sünek tasarım yapmak zorundayız. Grafikte n tespit edilen R_a denklemi elastik kuvvetin bina kapasitesine bölümüdür.

$$R_a = \frac{f_e}{f_y} \quad (2.8)$$

Bina süneklik katsayısı da akma maksimum yer değiştirmenin akma durumundaki yer değiştirmeye oranıdır.

$$\mu = \frac{u_{max}}{u_y} \quad (0.2) \quad (2.9)$$

Doğal periyodu uzun olan yapılarda u_{max} , u_e 'ye eşit yer değiştirme kuralından dolayı eşittir diyebiliriz. Haliyle R_a da μ ye eşit olarak alınabilir. Bu durum doğal periyodu kısa olan yapılarda değişir. D katsayısı dahil olur.

$$D = \frac{f_y}{f_d} \quad (2.10)$$

$$R_a = R/I \quad T > T_B \quad (2.11)$$

$$R_a = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (2.12)$$

Tüm bina standartlarında yapıların tek bir deprem tanımı (Tasarım depremi veya servis depremi) altında tasarımını referans almıştır. Gerçekte olan durumu ana depremden önce ve sonra birçok artçı depremlerin olduğu durumdur. Standartlar yapıların ana deprem altında göçme durumunu engelleyecek şekilde tasarım yapılmasına odaklandığı için ana depremden sonra oluşan artçı depremlerde bina performansları göz ardı edilmiştir. Bu tez kapsamında çerçeve yapılarda ana ve artçı deprem altında yapıların davranışları incelenecektir.

3. ARDIŞIK DEPREMLER ALTINDA ANALİZ

3.1. TBDY-2018'e Göre Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Detayları

Gelişen teknoloji imkanları ile elastik ötesi davranışlarının incelenmesi, depremlerin ivme kayıtlarının daha kısa aralıklarla ölçülmesi, ileri düzey analiz yöntemlerinin geliştirilmesi ve analiz sürelerinin kısalması sağlanmıştır. Bu doğrultuda daha kompleks ve yüksekliği fazla olan yapı stoğu artmıştır.

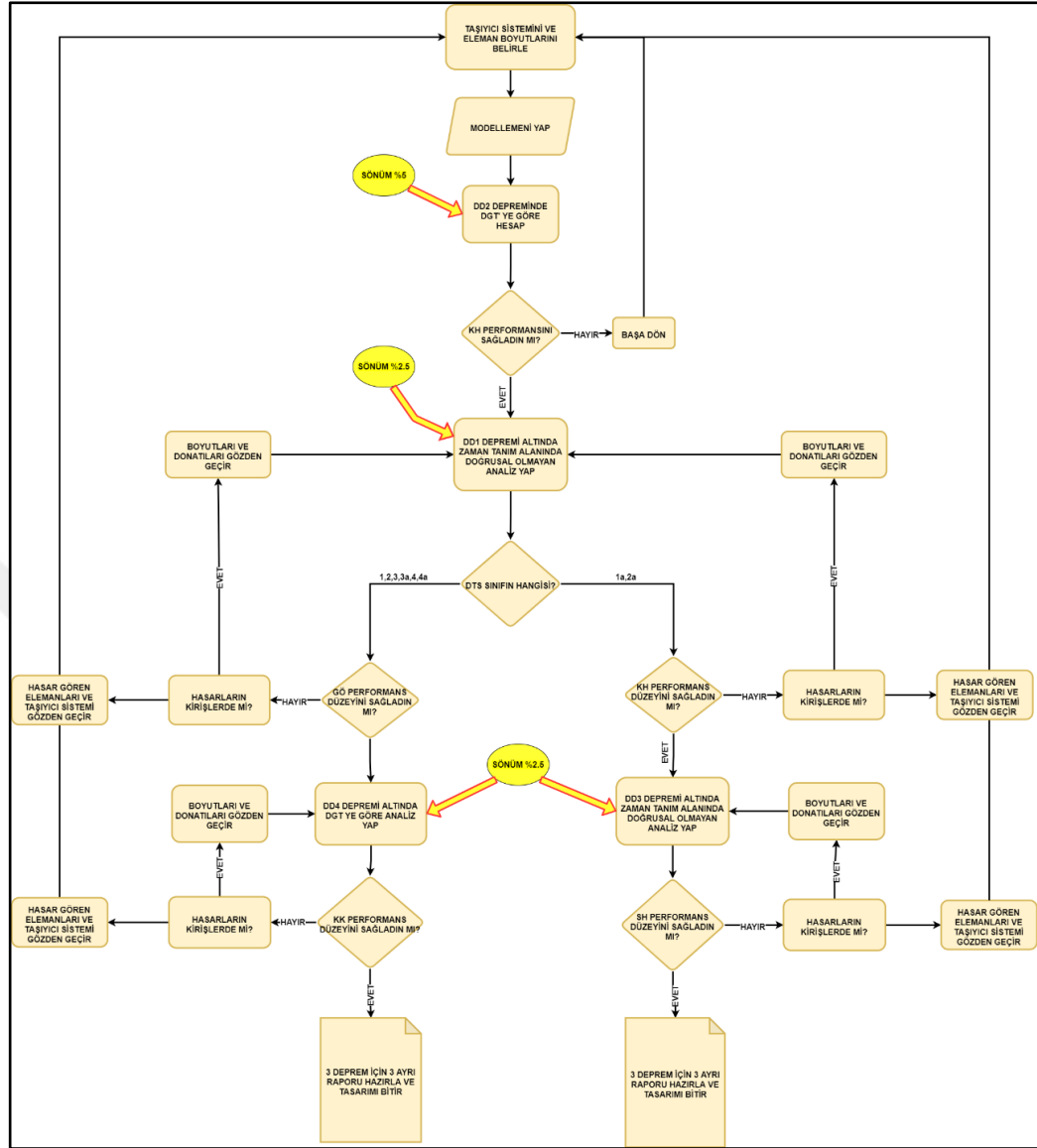
Geleneksel analiz yöntemlerine ek olarak yapıların malzeme ve geometrik doğrusal olmayan davranışlarını da içeren analiz yöntemleri de geliştirilmiştir. TBDY' de bu yöntemler şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemleri olarak tanımlanır. Bu analiz yöntemleri sırasıyla;

- Tek modlu itme yöntemi
- Çok modlu itme yöntemi
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi (ZTADOA)

ZTADOA'nın diğer yöntemlerden temel farkı binaya uygulanan ölçeklenmiş deprem ivme kayıtlarıdır. Bu yöntem uluslararası literatürde en gerçekçi çözüm olarak kabul edilmektedir.

Bu yöntem, yönetmeliğe uygun olarak deprem ivme kayıtlarının seçimi ve ölçeklemesi, malzemelerin ve kesitlerin doğrusal olmayan davranışlarının tanımlanması, analiz sürelerinin uzun olması ve belirli yakınsama problemleri nedeniyle uzmanlık gerektirmektedir. TBDY-2018'de bu zorluklar göz önünde bulundurularak yüksek yapılarda ve özel yapılarda zorunlu tutulmuş diğer binalarda opsiyoneldir.

Zaman tanım alanında doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yapabilmek için, deprem kayıtlarının yönetmeliğe uygun olarak seçilmesi ve ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Tez kapsamında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılacağı için deprem kayıtları TBDY-2018'de istenilen şekilde fay tipi, fay hattına olan uzaklık, zemin özellikleri vb. özellikler dikkate alınarak seçimi yapılmış olup ölçeklenerek kullanılmıştır. TBDY-2018'de ZTADOA için belirtilen yol haritası şekil 3.1' de özetlenmiştir.

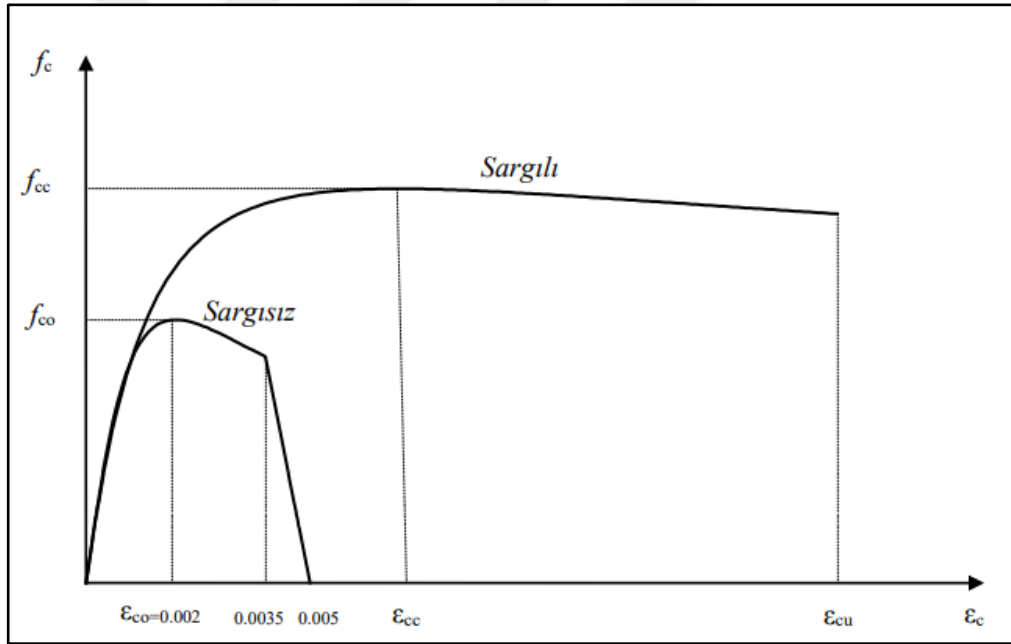


Şekil 3.1: TBDY ZTADO adımları.

3.2. Binaların TBDY-2018'E Göre Performans Esaslı Değerlendirilmesi

Binaların doğrusal olmayan yöntemlerle değerlendirilmesinde şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemleri TBDY 'de esas alınmıştır. Bu hesap yöntemlerinin tanımlanmasında taşıyıcı elemanların doğrusal olmayan davranışları da dikkate alınarak modellenmesi esastır. Bu kapsamda yönetmelik betonarme yapılarda taşıyıcı elemanlardaki doğrusal olmayan modelleme için iki ana yöntem önermektedir, bunlar yığılı plastikleşme ve yayılı plastikleşmedir. Yığılı plastikleşme elemandaki hasarın elemanın belirli kritik bölgelerinde yoğunlaştığı ve

doğrusal olmayan davranışın çoğunlukla bu bölgede gerçekleşeceğini öngörmekte iken yayılı plastikleşmede bu davranışın eleman boyunca olabileceğini öngörmektedir. Tez kapsamında elemanlarda yığılı plastikleşme davranışı göz önüne alınmış olup kolonlarda bu bölgelerde fiber tanımlı yapılarak her mesh noktasında gerilme ve şekil değiştirme değerleri elde edilmiştir. Kirişlerde sadece dönme mafsalları tanımlı yapılmıştır. Bu doğrusal olmayan modellemelerde malzeme davranışları büyük önem taşımaktadır. Kesitlerin performans durumları çelik ve beton malzemesinin kuvvet altındaki şekil değiştirme durumuna göre ve elemandaki her iki uçtaki dönme durumuna göre belirlenir. TBDY Ek5a kısmında beton ve çelik malzemeler için malzeme modelleri verilmiştir. Tez kapsamında beton malzeme modeli TBDY 'de verilen formülasyonlar ışığında bulunmuş ve akma ve kopma durumlarındaki gerilme – şekil değiştirme noktaları tespit edilerek OpenSees malzeme modelinde tanımlanması yapılmıştır.



Şekil 3.2: TBDY mander beton modeli.

bulunduktan sonra kontrollü hasar ve sınırlı hasar dönme değerleri bulunur. Bu değerlere göre kesitlerin performansı bunların ışığında elemanların performansı tespit edilir ve nihai olarak bina performans tescillenir.

$$\varepsilon_c^{G\ddot{O}} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (3.1)$$

$$\varepsilon_c^{KH} = 0.75\varepsilon_c^{G\ddot{O}} ; \varepsilon_c^{SH} = 0.0025 \quad (3.2)$$

$$\varepsilon_s^{G\ddot{O}} = 0.4\varepsilon_{su} ; \varepsilon_s^{KH} = 0.75\varepsilon_c^{G\ddot{O}} ; \varepsilon_s^{SH} = 0.0075 \quad (3.3)$$

$$\theta_p^{G\ddot{O}} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (3.4)$$

$$\theta_p^{KH} = 0.75\theta_p^{G\ddot{O}} ; \theta_p^{SH} = 0 \quad (3.5)$$

Çerçeve elemanların performansı TBDY 'de verilen denklemlere göre sınır değerleri tespit edilip bu sınır değerlere göre zaman tanım alanındaki her adımdaki durumları incelenerek kritik andaki durumları nihai sonuçlara yansıtılmıştır. 5 katlı ve 8 katlı yapıdaki elemanların performans sınırları tablo 3.1 ve 3.2 'de gösterilmiştir. Bu sınırlara göre elemanların performansı ana şok ve artçı şok depremleri altında ZTADOA yapılarak elemanlarındaki performans durumları çekirdek beton ve donatı çeliğindeki şekil değiştirme durumlarının yanı sıra elemandaki dönmeleri de dikkate alınarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.1: 5 Katlı yapının elemanlarının performans sınırları.

<i>Ele no</i>	<i>Beton GÖ</i>	<i>Beton KH</i>	<i>Çelik SH</i>	<i>Çelik GÖ</i>	<i>Çelik KH</i>	<i>Çelik SH</i>	<i>Dönme GÖ</i>	<i>Dönme KH</i>	<i>Dönme SH</i>
1	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
2	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
3	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
4	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
5	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
6	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
7	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
8	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
9	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0

Tablo 3.1:Devam. 5 Katlı yapının elemanlarının performans sınırları.

10	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
11	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
12	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
13	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
14	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
15	0,0146	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
16	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
17	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
18	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
19	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
20	0,0143	0,0107	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,0563	0,0422	0
21	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
22	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
23	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
24	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
25	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
26	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
27	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
28	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
29	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
30	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
31	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
32	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
33	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
34	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
35	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0

Tablo 3.2: 8 Katlı yapının elemanlarının performans sınırları.

<i>EleNo</i>	<i>Beton GÖ</i>	<i>Beton KH</i>	<i>Beton SH</i>	<i>Çelik GÖ</i>	<i>Çelik KH</i>	<i>Çelik SH</i>	<i>Dönme GÖ</i>	<i>Dönme KH</i>	<i>Dönme SH</i>
1	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
2	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
3	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
4	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
5	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
6	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
7	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
8	0,0145	0,0109	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,075	0,0563	0
9	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
10	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
11	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
12	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
13	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
14	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0

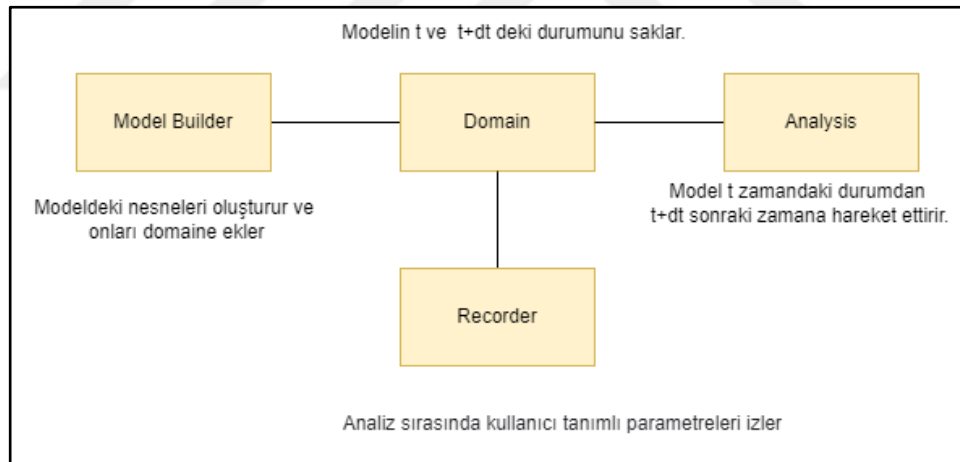
Tablo 3.3:Devam. 8 Katlı yapının elemanlarının performans sınırları.

15	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
16	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
17	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
18	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
19	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
20	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
21	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
22	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
23	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
24	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
25	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
26	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
27	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
28	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
29	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
30	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
31	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
32	0,0147	0,011	0,008	0,032	0,024	0,0075	0,1313	0,0985	0
33	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
34	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
35	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
36	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
37	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
38	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
39	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
40	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
41	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
42	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
43	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
44	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
45	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
46	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
47	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
48	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
49	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
50	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
51	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
52	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
53	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
54	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
55	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0
56	0	0	0	0	0	0	0,0287	0,0216	0

3.3. Opensees Programının Detayları ve Openseespy

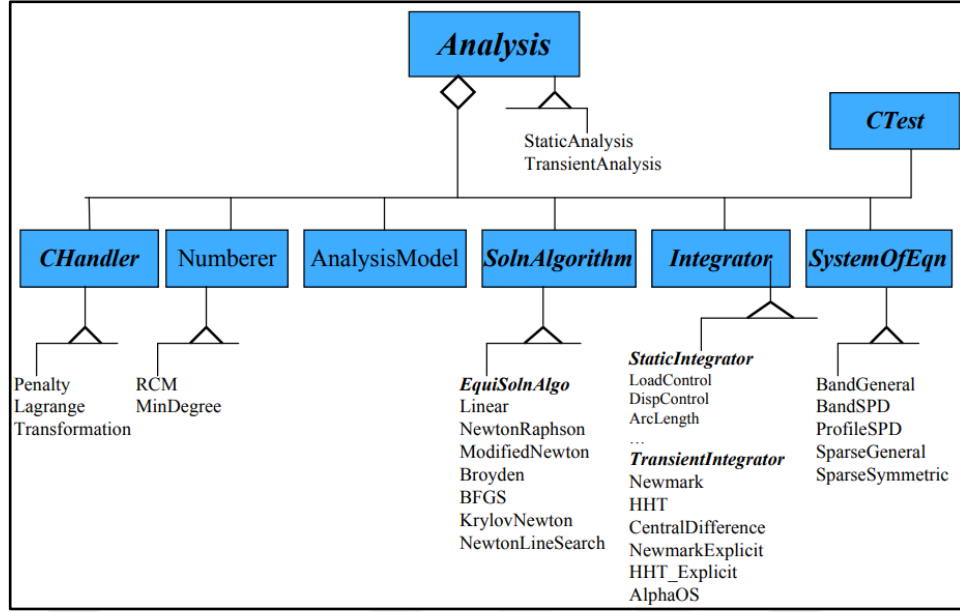
Açılımı Open System for Earthquake Engineering Simulation (OpenSees) olan yapısal analiz programı Berkeley üniversitesi akademisyenleri tarafından geliştirilmiştir. C++, C ve Fortran dilleri kullanılarak yazılmıştır. Nesne yönelimli programlama mantığı kullanılarak oluşturulan programın temel alt yapısı şekilde gösterilmiştir. Programda herhangi bir arayüz yoktur Tcl komutları kullanılarak yapı modellenmesi, analiz ve sonuçlar elde edilir.

Opensees 'in temel yapısı 4 kısımdan oluşur. Bunlar Model Builder, Domain, Analysis ve Recorder kısımları. Model builder'ın ana görevi model nesnelerini oluşturup bunları domain katmanına eklemektir. Bu nesneler genel itibari ile çubuk elemanlar, düğüm noktaları, malzemeler vb. Recorder katmanı analiz sırasında kaydetmek istediğimiz sonuçların oluşturulduğu kısımdır. Domain katmanı sonuçların ve modelin saklandığı kısımdır. Analysis katmanı ise modelin çözüm algoritmalarına göre analizinin yaptırıldığı kısımdır.

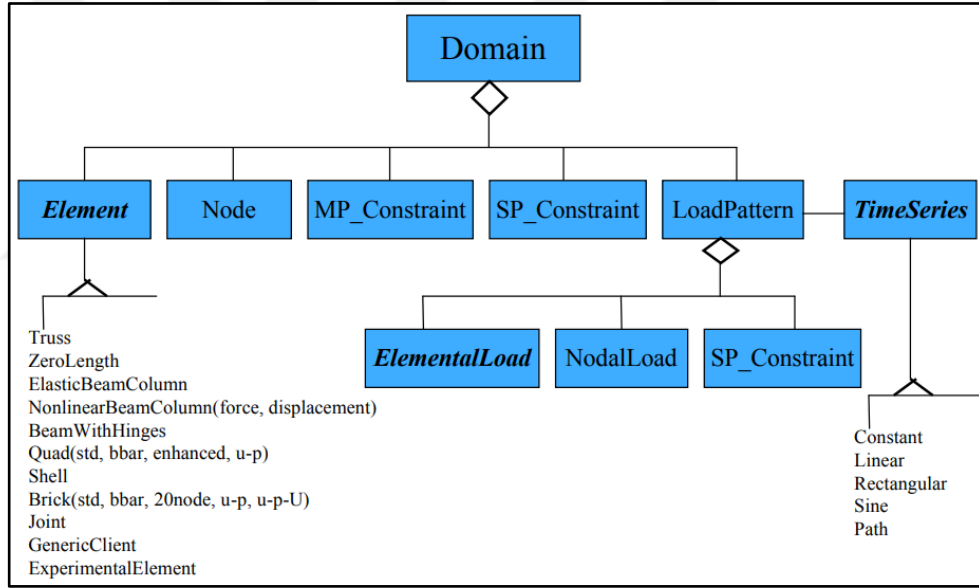


Şekil 3.5: OpenSees ana yapısı.

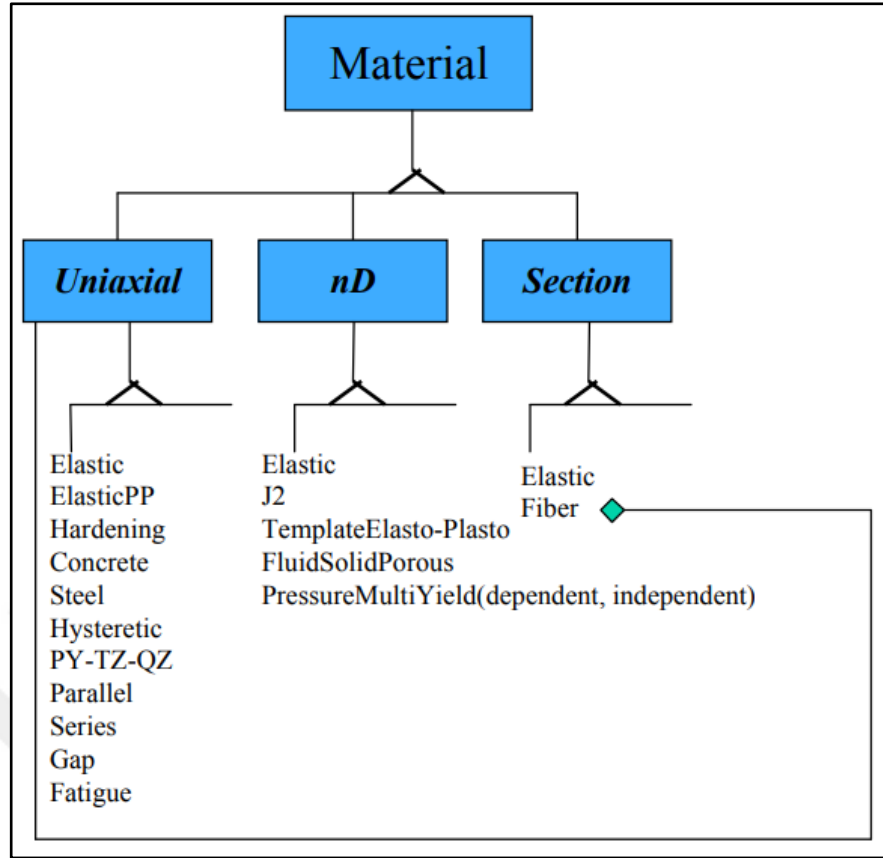
Opensees içerisinde birçok eleman tanımı, malzeme tanımı ve analiz algoritmaları barındırmaktadır. Detaylı olarak doğrusal olmayan malzeme ve kesit tanımı yapıp bunları doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile analiz edebilmemize olanak sağlamaktadır. Opensees algoritması ile ilgili ana başlıkların detay komutları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



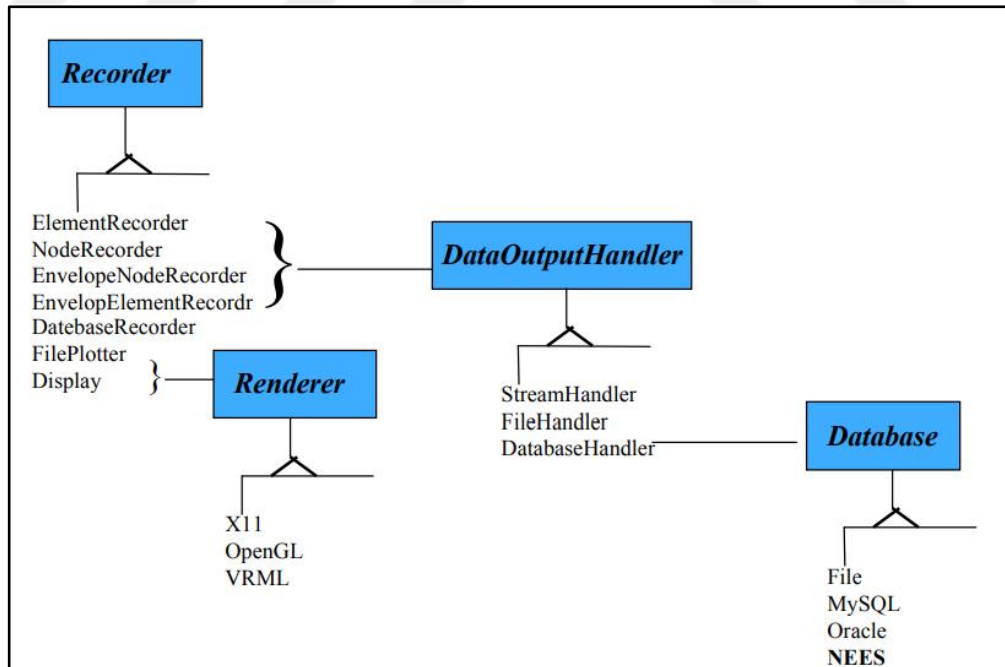
Şekil 3.6: OpenSees analiz katmanı.



Şekil 3.7: OpenSees domain katmanı.



Şekil 3.8: OpenSees malzeme katmanı.



Şekil 3.9: OpenSees kaydedici katmanı.

Opensees programı çıkarıldığı dönem itibari ile en modern dil olan tcl yazılım dili referans alınarak oluşturulmuştur. Günümüzdeki dillere göre öğrenimi ve yazılım

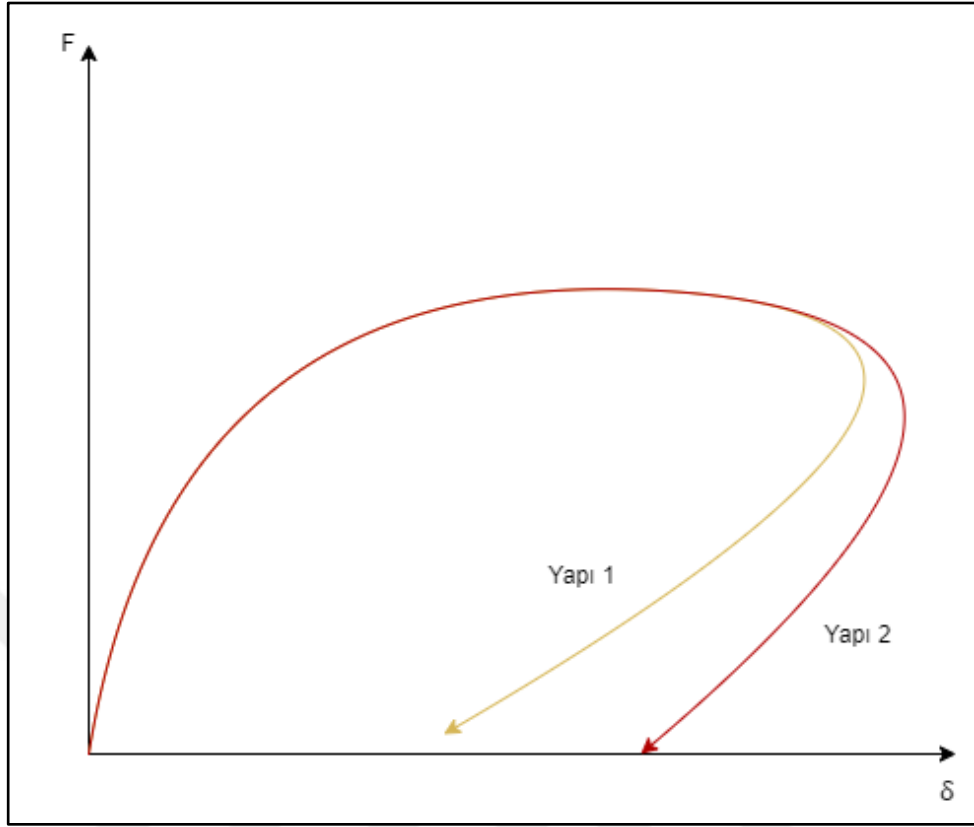
üretimi konusunda zor bir dil olduğu için Opensees yazılımcıları algoritmanın kaynak kodları ile iletişime geçebilecek yeni nesil bir yazılıp diliyle oluşturulmuş bir API (iletişim katmanı) oluşturdular. API katmanı Python yazılım dili kullanılarak oluşturuldu ve ismi Openseespy olarak geçmektedir. Opensees ve Openseespy algoritmalarının kullanımı tamamen ücretsiz ve kaynak kodları topluluğa açık bir şekilde yayınlanmaktadır. Opensees ve Openseespy algoritmalarında herhangi bir arayüz yoktur. Kullanıcılar modellerini oluştururken algoritmalarda hazır olarak bulunan kodları kullanarak modeli oluşturup, analiz yapıp sonuçlarını elde edebilirler. Bu tez kapsamında Openseespy algoritması kullanılarak modellerin kolayca oluşturulup, analizlerinin yapılıp gerçek zamanlı sonuçlarının elde edilmesine yarayan bir yazılım aracı geliştirilmiştir.

3.4. Yapısal Analizde Enerji Kavramı

Yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımında yönetmeliklerde, sismik kuvvetler altında oluşun iç tesirlerden daha yüksek kapasiteye sahip olması ve düzlem içi ve düzlem dışı deformasyonlarda sınır koşullar dikkate alınarak yapılmaktadır. Bunun yanında yapıların plastik deformasyonları ve viskoz sönümleme açısından yeterli enerji dağıtma kapasitesine sahip olması gerektiği durumu da bulunmaktadır. Geleneksel tasarımda bu durumla ilgili bir detay verilmemenin yanında taşıyıcı sistem elemanlarının enerji harcama kapasitelerinin bu gereksinimleri karşıladığı varsayılmıştır.

Varsayılan bu durumu her şekilde sağlanmayabilir. Akma ve yer değiştirme kapasiteleri aynı olan iki yapı düşünüldüğünde, her iki sistemin akma ve kopma deformasyonları aynı olmasına rağmen kapasite eğrilerinin oluşturduğu kapalı alan (enerji yutabilme kapasitesi) nispeten farklı olabilir. Bu durum iki yapı yer değiştirme tasarımı bakımından aynı yapsa da enerji sönümlemesi konusunda farklılaştığını göstermektedir.

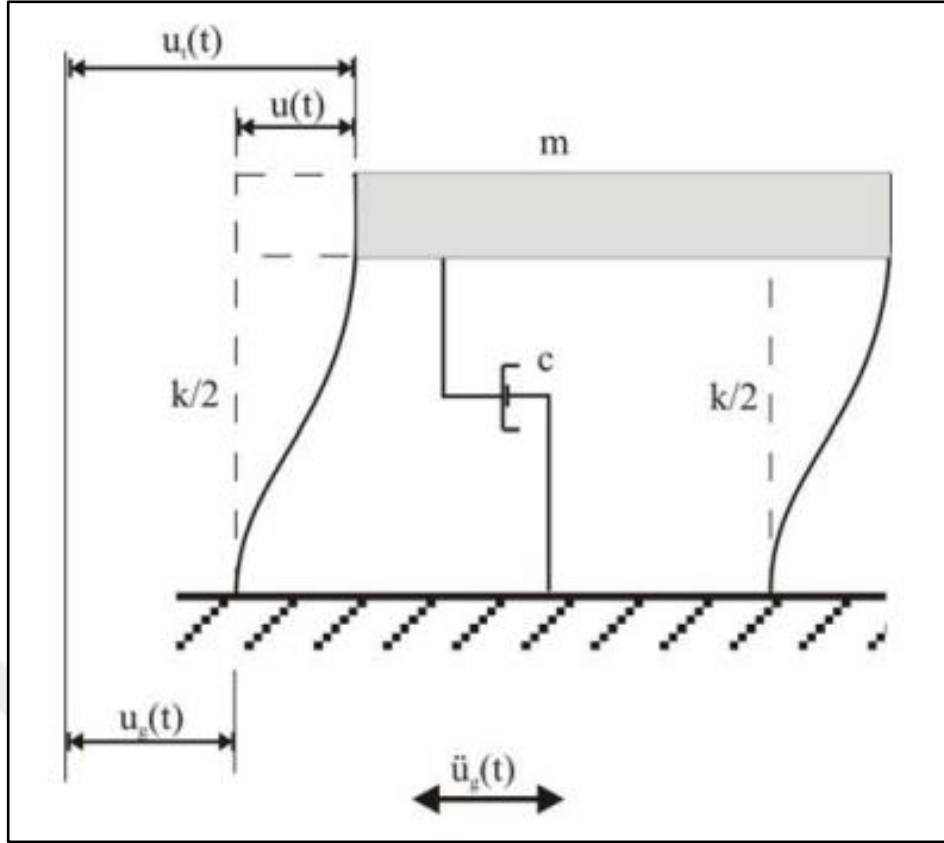
Uan ve Beretero tarafından yürütülen erken bir çalışma kısa ve uzun dönem yapılarını temsil eden SDOF modellerine odaklandı ve enerji tabanlı tasarım denklemlerini türetmek için çeşitli yer hareketlerinin dayattığı giriş enerjisinin spektrumlarını belirledi [6]. Enerji değerlendirme uygulamalarının diğer bazı örnekleri, Kratzig, Mehanny ve Park-Ang tarafından önerilen hasar indeksi hesaplama yöntemleridir [7], [8], [9].



Şekil 3.10: İki yapının döngüsel davranış idealleştirilmesi.

Tek serbestlik dereceli bir sisteme etkiyen zamana bağlı kuvvetli yer hareketine karşı tepki koyan kuvvetler Şekil 0-11’de gösterilmiştir. Bu kuvvetleri zamana bağlı olarak ifade edersek tek serbestlik dereceli sistemlerin hareket denklemi aşağıdaki gibi olur.

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + f_s(u(t), \dot{u}(t)) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (3.6)$$



Şekil 3.11: Tek serbestlik dereceli sistem yükleri.

Buradaki $\ddot{u}_g(t)$ yer hareketinin ivmelenme çarpanıdır. Denklemdaki ilk terim kütle nin atalet kuvvetini temsil eder, ikincisi yapısal kuvvetler arasındaki sürtünmeden kaynaklanan sönümlenme kuvvetidir. Üçüncü terim sistemi başlangıç konumuna getirmeye çalışan yay kuvvetidir, diğer bir deyişle sistemin rijitliğidir. Denklemin sağ tarafındaki terim basitçe yapıya etki eden dış kuvvettir. Yapısal tasarımda çoğunlukla kuvvetli yer hareketidir.

3.4.1. Mutlak Enerji Formülasyonunun Türetilmesi

Denklemin 'in sistemin yer değiştirmesi, $u(t)$ ile ilgili integrali, aşağıdaki denklemi verir;

$$\int m \dot{u}_t(t) du + \int c \dot{u}_t(t) du + \int f_s du = 0 \quad (3.7)$$

Eğer Denklem 2.4 $u_t(t) = u_g(t) + u(t)$ alınarak aşağıdaki gibi yeniden düzenlenirse,

$$\int \dot{m} u_t du + \int \dot{c} u_t(t) du + \int f_s du = \int \dot{m} u_t du_g \quad (3.8)$$

Burada terimler sırasıyla Mutlak Kinetik Enerji, Sönümlene Enerjisi, Emilen Enerji ve Mutlak Giriş Enerjisi olarak adlandırılır. Denklem yeniden düzenlenirse;

$$E_k + E_d + E_a = E_I \quad (3.9)$$

Burada, denklemin sol tarafındaki üçüncü terimi olan E_a , elastik ve plastik enerjisini içermektedir. Bu nedenle bu terim de şu şekilde yeniden ifade edilmektedir;

$$E_a = E_s + E_p \quad (3.10)$$

Mutlak Giriş Enerjisinin fiziksel anlamı, temel düzeyindeki toplam kesme kuvveti ile yapılan iştir [10].

3.4.2. Bağlı Enerji Formülasyonunun Türetilmesi

Eğer $u(t)$ ye göre integrali alınırsa aşağıdaki denklemi verir;

$$\int \dot{m} u_t(t) du + \int \dot{c} u_t(t) du + \int f_s du = - \int \dot{m} u_g(t) du \quad (3.11)$$

Mutlak enerji terimlerine benzer şekilde, terimler sırasıyla Göreceli Kinetik Enerji, Sönümlene Enerjisi, Emilen Enerji ve Bağlı Giriş Enerjisi olarak aşağıdaki gibi adlandırılır;

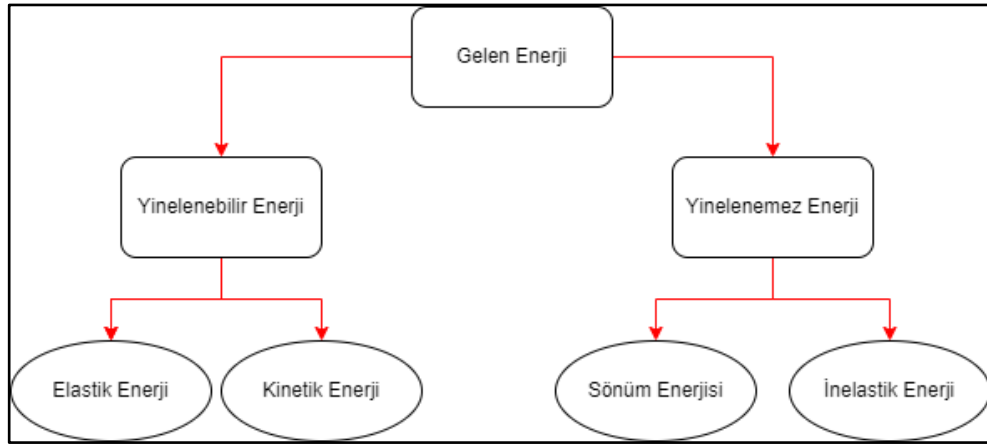
$$E'_k + E_d + E_a = E'_I \quad (3.12)$$

Bir kez daha, denklemin sol tarafının üçüncü terimi E_a , elastik ve plastik enerjilerin toplamıdır. Bağlı Giriş Enerjisinin fiziksel anlamı, temel seviyesinde ankastre mesnetli bir sistemde toplam kesme kuvvetinin yaptığı iştir.

3.4.3. Enerji Dağıtımının İncelenmesi

Elemanlarda meydana gelen plastik deformasyonların enerji dağılımları ile direkt ilişkili oldukları bilinmektedir. Bu durum göz önüne alındığında kuvvet deformasyon durumunun dışında enerji yutabilme kapasitesini de içeren bir yöntem depreme dayanıklı yapı tasarımında sismik analizin tüm yönlerini kapsayacaktır. Bu durumun yapıdaki katlarda tüketilen enerji ve elemanlarda tüketilen enerji olarak incelenmesi bu tezin inceleme kapsamındadır.

Bir deprem sırasında, yerin kinetik enerjisi yapıdaki yinelenebilir enerji ve yinelenemez enerji formundan herhangi biri tarafından sönmölenir. Yinelenebilir enerji iki alt başlıkta toplanır Elastik şekil değıştirme enerjisi ve kinetik enerji [11]. Yinelenemez enerji de iki başlık altında toplanır doğal viskoz enerji ve inelastik şekil değıştirme enerjisi. Elastik ve kinetik enerjiler, hareketin ana şoku sırasında değerler alır ve ardından şokun sonuna kadar azalır. Diğer yandan doğal viskoz enerjisi ve inelastik enerji deprem devam ettikçe ani yükselme gösterirler. Bu durum altında yapıdaki elastik enerji ve kinetik enerjinin geri kazanılabilmesi beklenir öte yandan viskoz ve inelastik enerji geri kazanılamaz [12].



Şekil 3.12: Yapıdaki enerji tipleri.

Bu nedenle yapıda dağıtılan toplam enerjinin bir kısmı taşıyıcı elemanlarda meydana gelen hasarla doğrudan ilişkilidir. Plastik enerjinin kümülatif doğası nedeniyle plastik deformasyonları ölçmek mümkündür. Örneğin elemanlardaki plastik dönme ve deplasmanları tespit edebiliriz. Bu tez kapsamında ardışık depremler altındaki, iki boyutlu çerçeve taşıyıcı sisteme sahip sünek olarak tasarlanmış ve gevrek

olarak tasarlanmış iki adet çerçevedeki ZTADOA'daki, elemanların iki ucunda dönmeler sonucunda oluşan enerji dağıtımları hesaplanacak ve buradan ışıkla elemanlarda ve yapıdaki katlarda dağıtılan enerjiler bulunacaktır.

Güncel yönetmeliklerde belirli bir deprem seviyesi altında yapıların analiz ve tasarımı yapılır. Bu deprem literatürde tasarım depremi olarak (475 yıllık periyotta gerçekleşen ve 50 yılda gerçekleşme olasılığı %10 olan deprem) bilinmektedir. Mühendisler yapıları bu deprem altında ağır hasar alacak ama ayakta kalabilecek şekilde tasarlarlar. Bu yaklaşım uygulamada binaların tasarımı ve analizi konusunda mühendislere kolaylık sağlasa da depremin binalara etkimesi konusunda eksiklikler barındırmaktadır. En önemli eksikliklerden biri tasarım depremi geldikten sonra yapı ayakta kalsa bile sonrasında gerçekleşen yüzlerce artçı sarsıntılar altındaki durumu görmezden gelinmiş olunur. Binalarda tasarım depreminden önce veya sonra gelişen depremlerde lokal veya tam anlamıyla göçme durumunun incelenmesi de gerekmektedir. Bu durumda binanın dayanım ve deformasyon kapasitesi ve enerji yutabilme kapasiteleri önem kazanmaktadır. Ülkemizde yaşanan van depremi bunun yakın tarihimizdeki en büyük örneğidir. Ana deprem geldikten sonra ayakta olan önemli yapılarda dahil birçok yapı artçı depremlerden sonra yıkılmışlardır. Bu durum yönetmeliklerimizde artçı depremlerinde yapısal tasarımda göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermiştir. Bu tez kapsamında 5 katlı ve 8 katlı sünek tasarlanmış iki adet çerçevenin ana şok ve artçı şoklardan oluşan 5 adet deprem setini doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemi ile incelenmiştir. Bunun için bir hesap modülü geliştirilmiş ve OpenSeespy yazılımı yardımı ile bu yapıların analizleri yapılmıştır.

4. SAYISAL ÖRNEKLER

4.1. Geliştirilen Hesap Aracının Tanıtımı

Tez kapsamında OpenSeespy yazılımının daha efektif, hızlı kullanılabilmesi ve görselleştirilmelerin uygulanabilmesi için Python yazılım dilinde bir modül geliştirilmiştir. Modül adı “msops” olarak belirlenmiş olup ücretsiz bir şekilde açık kaynak olarak yayınlanmıştır [13]. Modül 11 bölümden oluşmaktadır. Bölüm adları ve içerikleri kısaca şu şekildedir;

Analysis: Analiz motorlarının bulunduğu blok kısmıdır. Zaman tanım alanında analiz, artımsal itme analizi, eigen analiz vb.

Codes : TBDY kontrollerinin bulunduğu bloktur. Performans hesaplamaları, görelî kat ötelemesi vb. hesaplamalar burada bulunur.

CreateModel: İki boyutlu çerçeve sistem ile ilgili bilgilerin otomatik olarak oluşturulması için geliştirilen bloktur.

Elements: Openseespy algoritmasında tanımlanan düğüm noktası, çubuk elemanlar integrasyon noktalarının bilgilerinin saklanması için oluşturulmuş bloktur.

Material: Openseespy da tanımlanan malzeme modellerinin döngüsel testleri ve TBDY de bulunan çelik ve beton malzeme modellerinin hesapları için geliştirilen bloktur.

Plotter: İlgili tüm görselleştirmelerin yapıldığı bloktur.

Section: Kesit tanımlamaları için geliştirilen bloktur.

TimeSeries: Zaman-ivme serisi dosyalarının okunması ve zaman gap gibi hesaplamalarının yapıldığı bloktur.

Units: Birimleri çevirmek için oluşturulan bloktur.

Utility: Matematiksel hesaplamaların ve tanımlamaların bulunduğu bloktur.

Bu modülün geliştirilmesindeki ana hedeflerden biri tez sürecinde kullanılacak olan openseespy yazılımı tamamıyla Python kod betikleri yazılarak kullanılabildiği için çeşitli görselleştirmeler, temel parametrelerin kontrollerini, deprem kayıtları üzerinde işlemleri içermemektedir.

4.2. Yapılan Kabuller

Bu tez kapsamında yapıların ardışık doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizlerinin yapılması ve elde edilen çıktılar üzerinden performans durumlarını, görelî kat ötelemelerini ve enerji dağıtımlarının incelenmesi hedeflenmiştir. İncelenecek modellerin kapsamı olarak iki boyutlu kesme çerçeveleri dikkate alınmıştır. Bu analizlerde yapı-zemin etkileşimi ihmal edilmiştir. İki adet 5 katlı ve 8 katlı iki boyutlu çerçeve sistemleri yüksek sünek olarak tasarlanarak analizleri yapıldı. Bu çerçevelerin ZTADOA ile ardışık depremler altındaki davranışlarının incelenmesi hedeflenmiştir. Analizlerde kullanılan deprem setlerine ait bilgiler tablo 4.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Deprem kayıtları.

No	Ardışık Deprem	İstasyon	Bileşen	Tarih	Magnitude (M _L)	Kayıt PGA
1	Mammoth Lakes	54099 Convict Creek	N-S	1980/05/25 (16:34)	6.1	0.442
				1980/05/25 (16:49)	6.0	0.178
				1980/05/25 (19:44)	6.1	0.208
				1980/05/25 (20:35)	5.7	0.432
2	Chalfant Valley	54428 Zack Brothers Ranch	E-W	1986/07/20 (14:29)	5.9	0.285
				1986/07/21 (14:42)	6.3	0.447
3	Coalinga	46T04 CHP	N-S	1983/07/22 (02:39)	6.0	0.605
				1983/07/25 (22:31)	5.3	0.733
4	Imperial Valley	5055 Holtville P.O.	N-S	1979/10/15 (23:16)	6.6	0.221
				1979/10/15 (23:19)	5.2	0.211
5	Whittier Narrows	24401 San Marino	N-S	1987/10/01 (14:42)	5.9	0.204
				1987/10/04 (10:59)	5.3	0.212

Bu analizler Tablo 4.1’ de belirtilen depremlerin ilk kayıtlarının piecewise exact metot yardımı ile elde edilen spektrumlarının TBDY elastik spektrumu ile tasarım spektrumunun (R_a ile azaltılmış elastik spektrumu), binanın hâkim titreşim periyoduna denk gelen ivmeler bulunarak, bunların oranlanması ile elde edilen ölçekleme katsayıları ile ölçeklenerek elde edilen depremler altında analiz edilmiştir. Elastik depremin üzerinde gelen bir ivme mevcutsa deprem kaydının ölçekleme katsayısı 1

olarak alınmıştır. Bu ölçek katsayılarına ait değerler Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’ de gösterilmiştir.

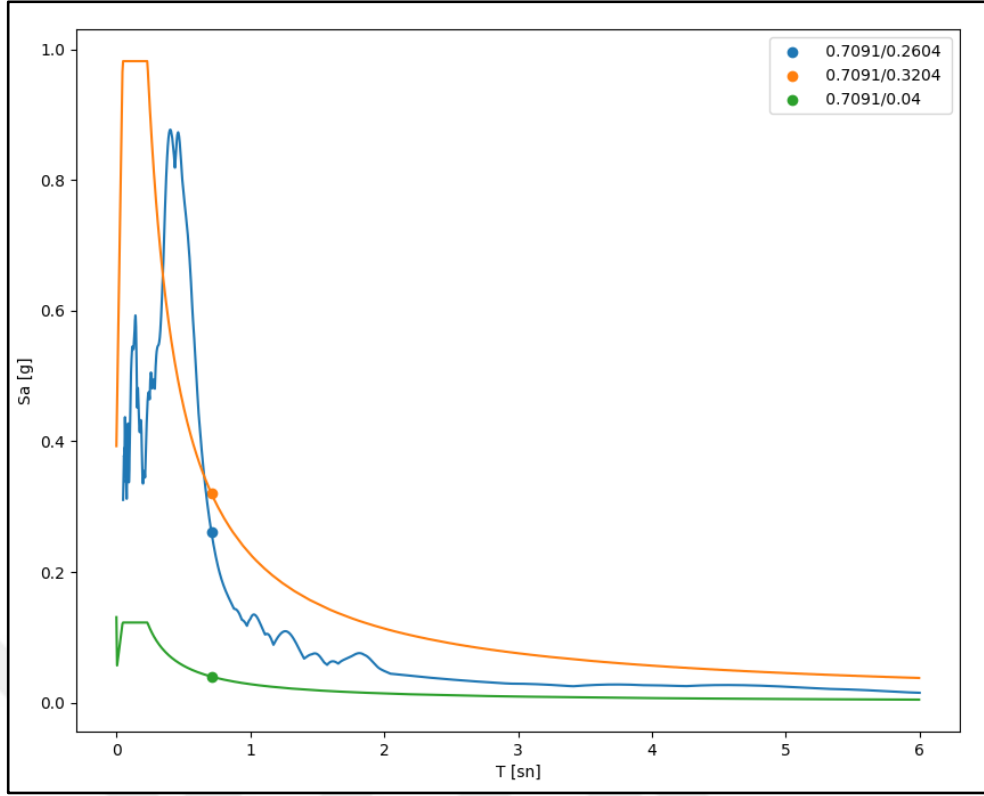
Tablo 4.2: 5 Katlı yapı deprem ölçek katsayıları.

<i>No</i>	<i>Deprem</i>	<i>PGA</i>	<i>S_{ae} Katsayısı</i>	<i>S_{a (Ra)} Katsayısı</i>
1	Mammoth Lakes	0.442	1.00	0.056
2	Chalfant Valley	0.285	1.23	0.150
3	Coalinga	0.605	1.51	0.190
4	Imperial Valley	0.221	1.019	0.127
5	Whittier Narrows	0.204	1.00	0.100

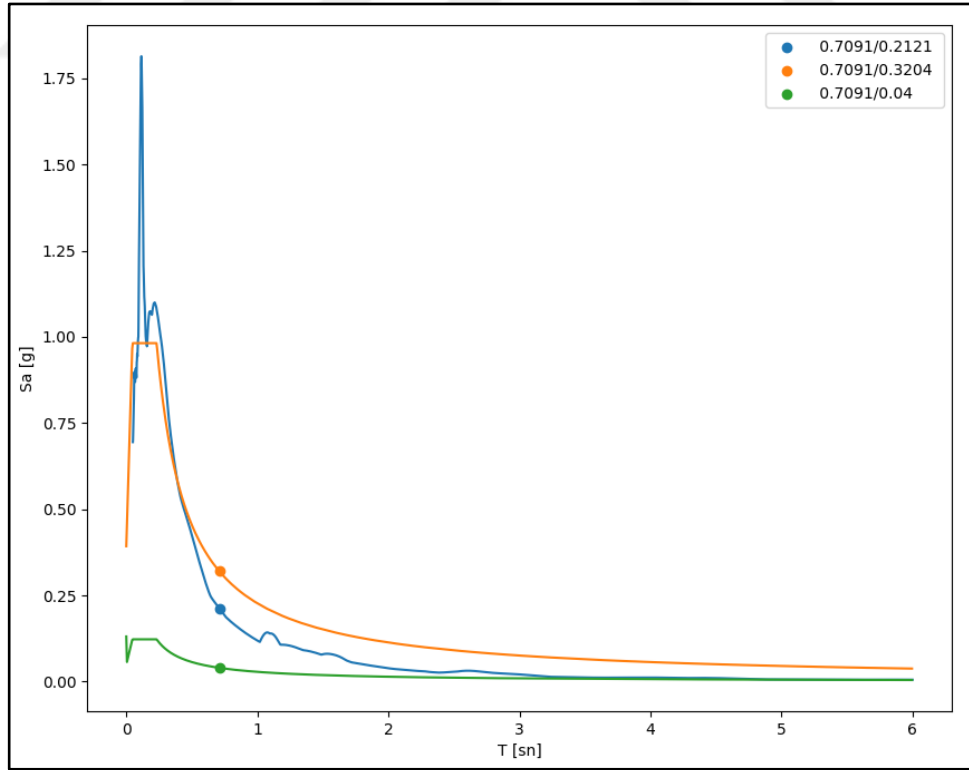
Tablo 4.3: 8 Katlı yapı deprem ölçek katsayıları.

<i>No</i>	<i>Deprem</i>	<i>PGA</i>	<i>S_{ae} Katsayısı</i>	<i>S_{a (Ra)} Katsayısı</i>
1	Mammoth Lakes	0.442	1.00	0.1198
2	Chalfant Valley	0.285	1.122	0.139
3	Coalinga	0.605	1.02	0.127
4	Imperial Valley	0.221	1.00	0.062
5	Whittier Narrows	0.204	1.00	0.0992

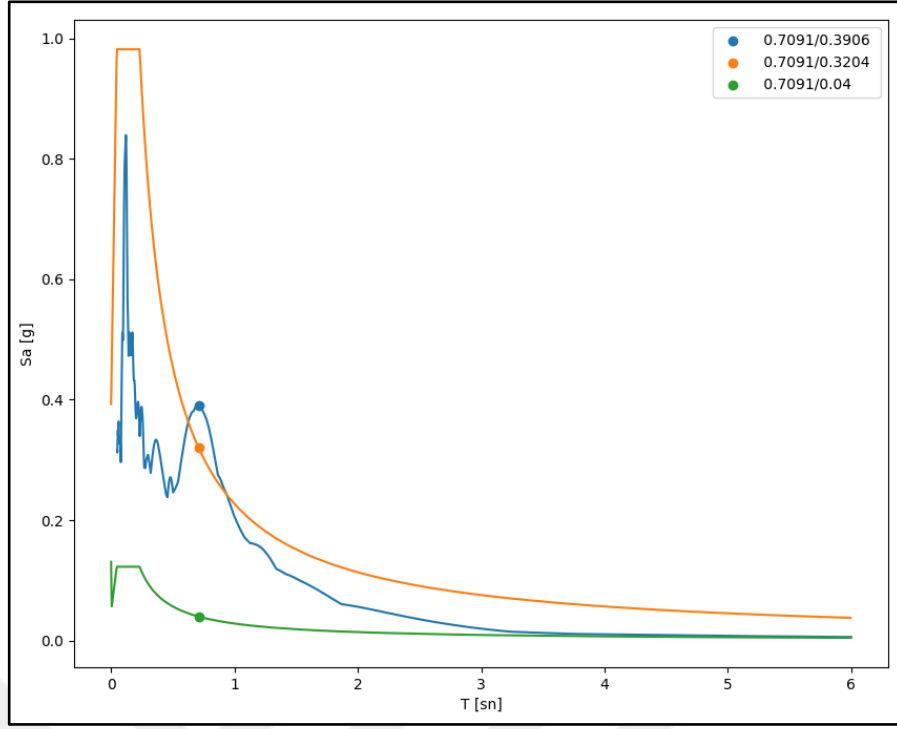
Depremlerin spektrumları, yapının bulunduğu kabul edilen bölgeye ait elastik ve azaltılmış spektrumlar ilgili şekillerde gösterilmiştir.



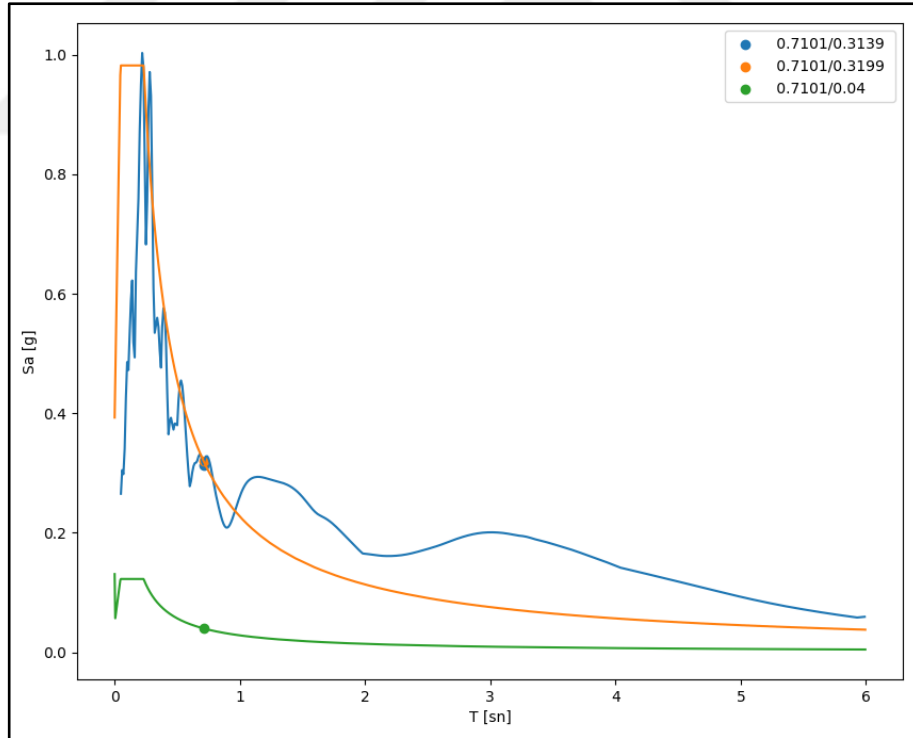
Şekil 4.3 : 5 Katlı yapı için chalfant valley spektrumları.



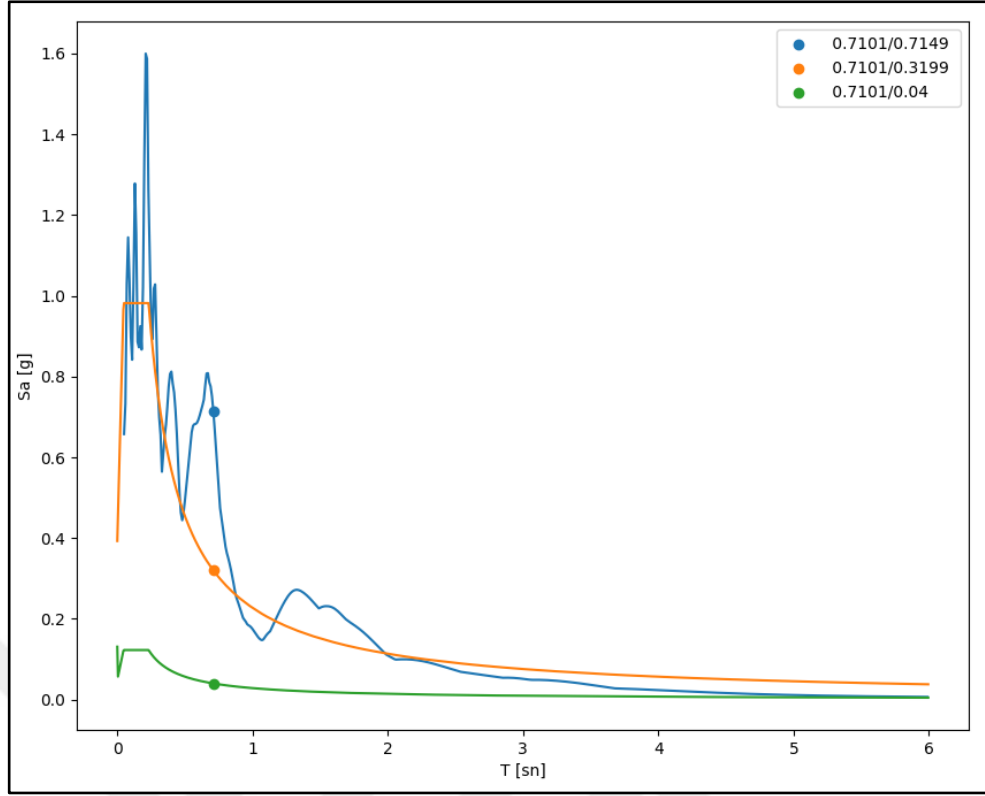
Şekil 4.4: 5 Katlı yapı için coalinga spektrumları.



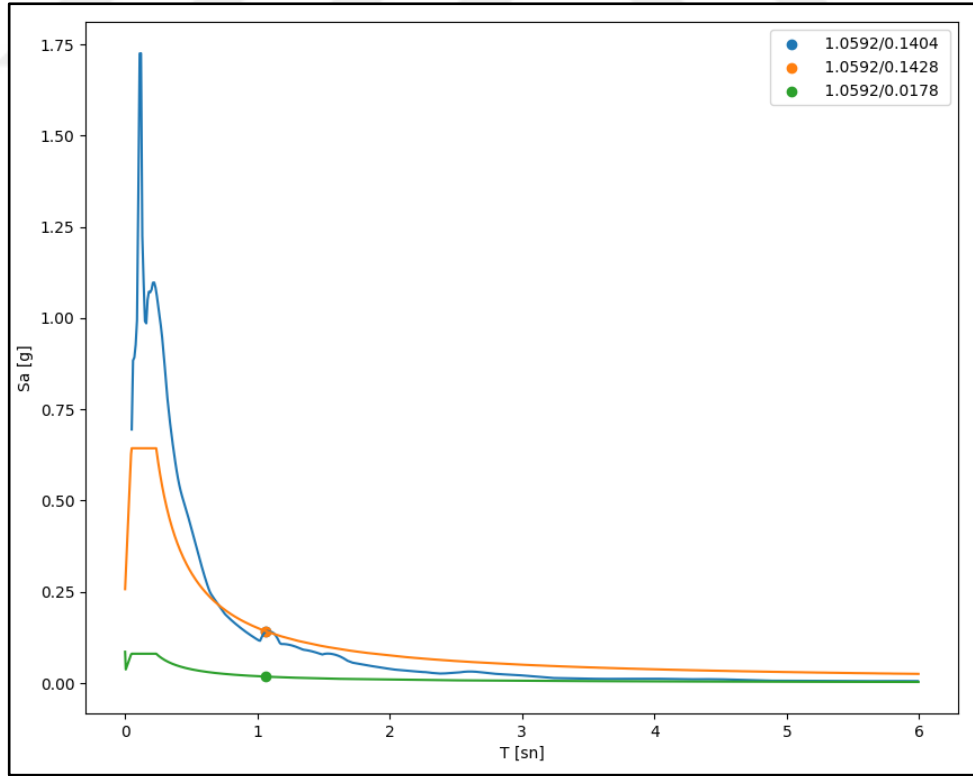
Şekil 4.5: 5 Katlı yapı için whittier narrows spektrumları.



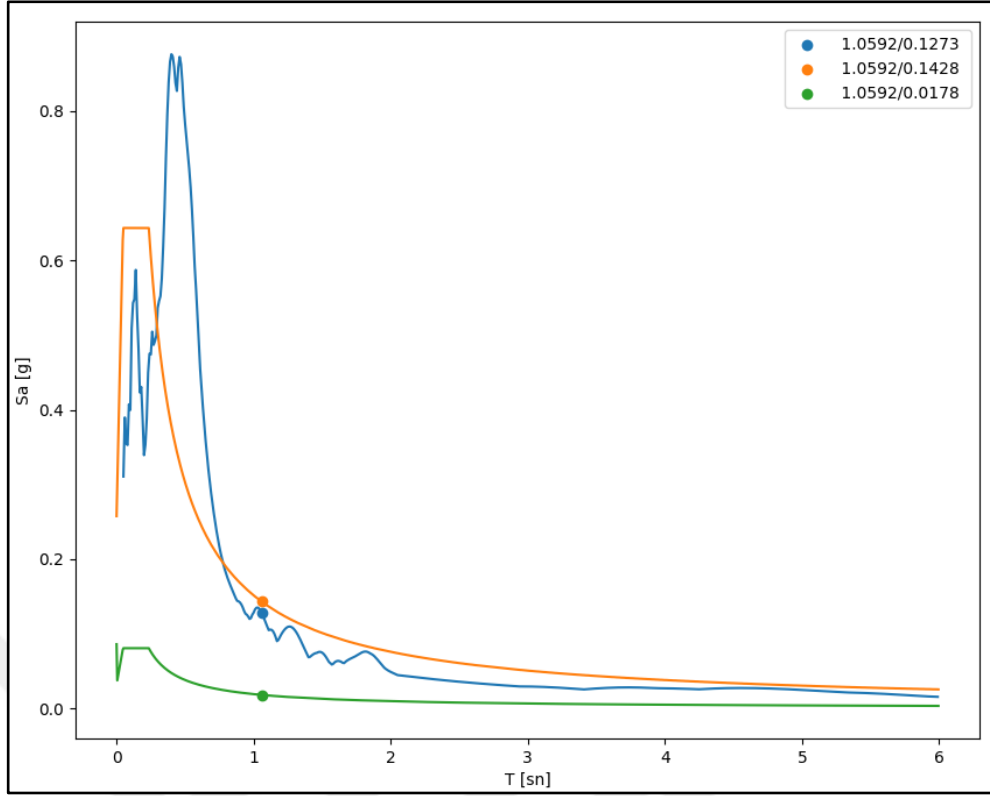
Şekil 4.6: 5 Katlı yapı için imperial valley spektrumları.



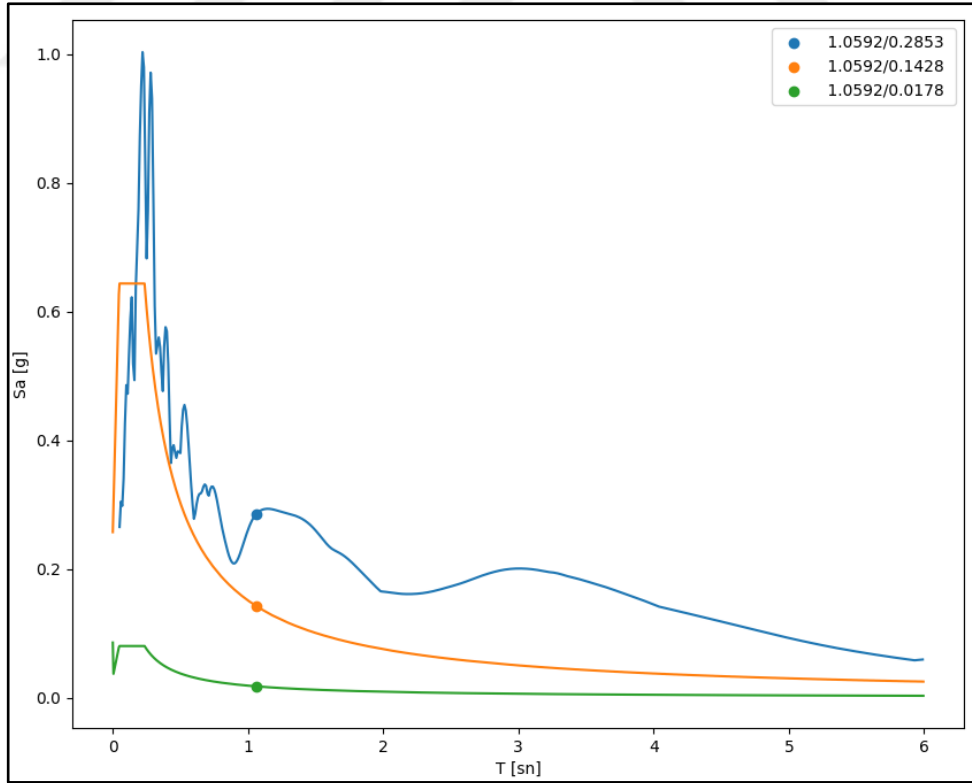
Şekil 4.7: 5 Katlı yapı için mammoth lakes spektrumları.



Şekil 4.8: 8 Katlı yapı için chalfant valley spektrumları.



Şekil 4.9: 8 Katlı yapı için coalinga spektrumları.



Şekil 4.10: 8 Katlı yapı için imperial valley spektrumları.

4.3. Yapıların Tanıtımı ve Modellenmesi

4.3.1. Yapıların Bilgileri

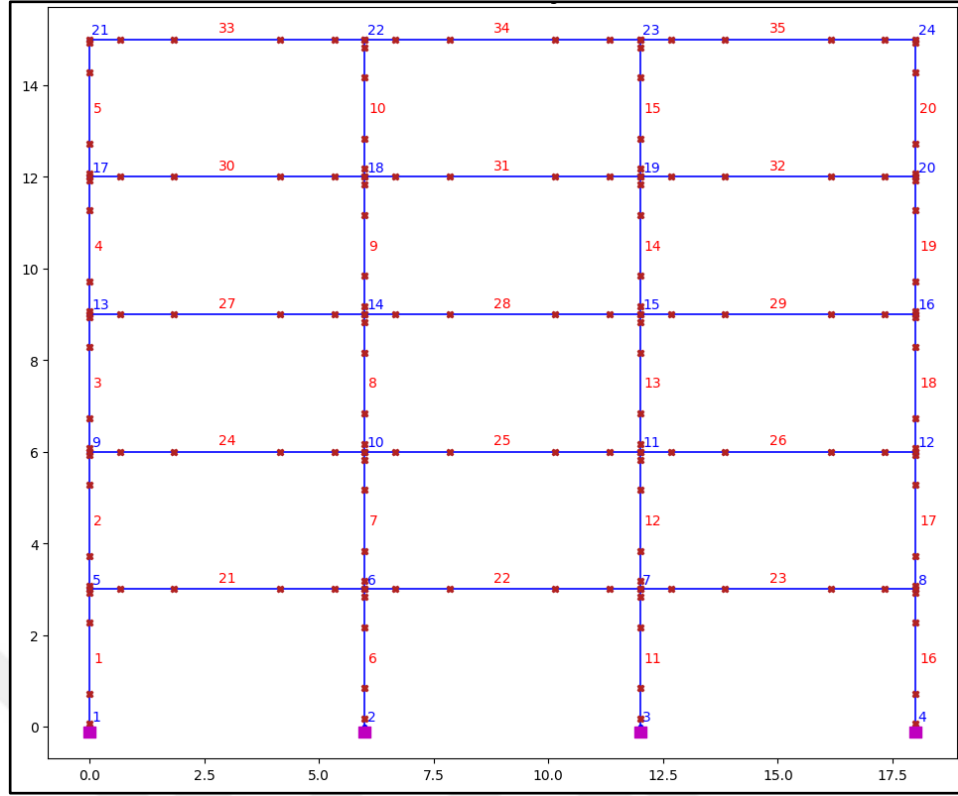
Çerçeve yapılara ait modeller şekil 4.9 ve 4.10’ da gösterilmiştir. Görselde gösterilen kırmızı noktalar elemanlarda tanımlanan entegrasyon noktalarının yerlerini belirtmektedir. Modellerdeki kesit bilgileri ve donatı düzenleri Tablo 4.4’te yapıların deprem parametreleri ve zemin sınıfı Tablo 4.5’te gösterilmiştir. Kolonlar için OpenSeespy programında fiber kesit tanımı yapılacak ve Tablo 4.4’te verilen donatı düzeni referans alınacaktır. Kirişler moment-eğrilik analizi sonucunda elde edilen 3 referans nokta baz alınarak, OpenSeespy’ da ‘*hysteretic*’ malzeme modeli yardımı ile mafsalları tanımı yapılacaktır.

Tablo 4.4: Yapıların kesit bilgileri.

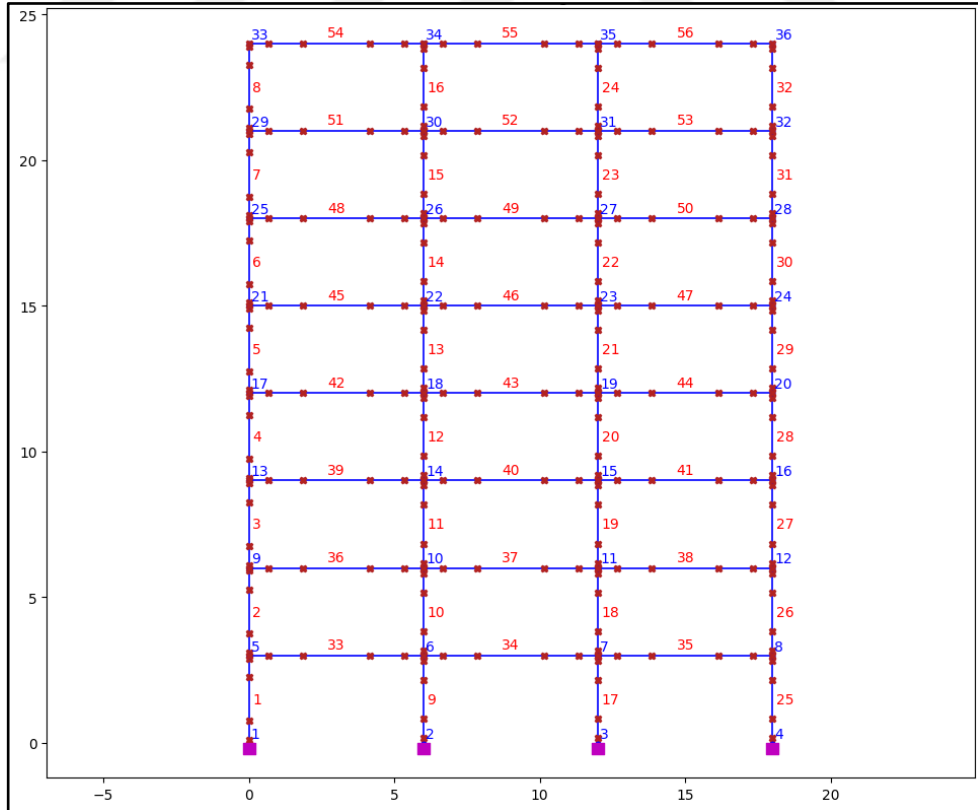
<i>No</i>	<i>Yapı</i>	<i>Kesit</i>	<i>Bw</i>	<i>H</i>	<i>Boyuna Donatılar</i>	<i>Etriye</i>
1	5 katlı	C30/70	30	70	14Ø14	10Ø10
2	5 katlı	C70/30	70	30	14Ø14	10Ø10
3	5 katlı	B30/50	30	50	9Ø14	10Ø10
4	5 katlı	B30/50	30	50	8Ø14	10Ø10
5	5 katlı	B30/50	30	50	7Ø14	10Ø10
6	8 katlı	C40/70	40	70	14Ø14	10Ø10
7	8 katlı	C70/40	70	40	14Ø14	10Ø10
8	8 katlı	B30/50	30	50	8Ø14	10Ø10
9	8 katlı	B30/50	30	50	7Ø14	10Ø10

Tablo 4.5: Yapıların deprem parametreleri.

<i>No</i>	<i>Yapı</i>	<i>R</i>	<i>I</i>	<i>D</i>	<i>Ss</i>	<i>S1</i>	<i>Sds</i>	<i>Sd1</i>	<i>Zemin</i>
1	5 katlı	8	1	3	1.091	0.284	0.9819	0.2272	ZB
2	8 katlı	8	1	3	0.715	0.189	0.6435	0.1512	ZB



Şekil 4.11: 5 Katlı çerçeve sistem ve entegrasyon noktaları.



Şekil 4.12: 8 Katlı çerçeve sistem ve entegrasyon noktaları.


```

from msops.Analysis.builder import opsbuild as op
from msops.CreateModel.model import createPortalFrame
from msops.Codes.Tbdy import FundemantelParameters as fp
from msops.Codes.Tbdy import TargetSpectrum as ts
from msops.Codes.Tbdy import Performance as prf
from msops.Material import tbdymaterials
from msops.Plotter.msplotter import plotter as msp
from msops.TimeSeries import ReadRecord as rr
from msops.Units.Unit import Unit
from msops.Utility.Utilities import CreateOutputsFolder, CreateCsvFiles
import openseespy.opensees as ops
import os
import scipy.integrate as sc
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
pd.set_option('display.width', 200)
pd.set_option('display.max_rows', 500)
pd.set_option('display.max_columns', 50)
pd.set_option('mode.chained_assignment', None) # SettingWithCopyWarning hatasını göstermemesi
için Dataframe içerisine set etme işlemi yaparken kopya mı yoksa sonuç mu olduğunu
bilememesinden kaynaklanıyor.
pd.set_option("display.html.table_schema", True) # Tablo olarak göstermeyi aktif etmek için
import numpy as np
from datetime import datetime

```

Şekil 4.12: Modüllerin kullanılması.

4.3.4. Çerçeve Sistem Bilgilerinin Oluşturulması

Çerçeve sisteminin eleman uçlarının koordinatları, kat yükseklikleri, aks açıklıklarını otomatik oluşturulmasını sağlayan fonksiyon yardımıyla sistem bilgileri şekildeki kod betiği yardımıyla oluşturulmaktadır.

```

numBay = 3
numFloor = 5
firstFloor = 3
bayWidht = 6
storyHeight = 3
pf = createPortalFrame(numBay, numFloor, firstFloor, bayWidht, storyHeight)

```

Şekil 4.13: Çerçeve bilgilerinin elde edilmesi.

Bu kod betiği yardımı ile çerçeve sistemin bilgilerini hafızaya almış olunur. Sonrasında bu bilgiler yardımı ile OpenSeespy da analiz modeli oluşturulacak ve diğer yan işlemler için kullanılacaktır.

4.3.5. Kesit ve Malzeme Tanımlamaları

Malzeme ve kesitler ile alakalı kullanılacak bilgileri öncesinde tanımlanması gerekmektedir. Aşağıda gösterilen kod betiğinde OpenSeespy da oluşturulacak kesit ve malzemeler için gerekli tanımlamalar yapılmıştır.

```
interiorColumn_H = 70 * Unit.cm
interiorColumn_B = 30 * Unit.cm
exteriorColumn_H = 30 * Unit.cm
exteriorColumn_B = 70 * Unit.cm
beam_H = 50 * Unit.cm
beam_B = 30 * Unit.cm

fc = 25 * Unit.MPa # Nominal concrete compressive strength
#Ec = 57000 * (fc / Unit.MPa) ** 0.5 * Unit.MPa
Ec = 30_000 * Unit.MPa
nu = 0.2 # Poisson's ratio
Gc = Ec / (2 * (1 + nu)) # Shear modulus

concdensity = 24.99 * Unit.kN/Unit.m**3 # Conc density
wBeam = 6.5 * Unit.kN/Unit.m # dist. load on beam

kCol = 0.7
kBeam = 0.35

Area_Int_Col = interiorColumn_B * interiorColumn_H
I_Int_Col = kCol * 1/12 * interiorColumn_B * interiorColumn_H**3

Area_Ext_Col = exteriorColumn_B * exteriorColumn_H
I_Ext_Col = kCol * 1/12 * exteriorColumn_B * exteriorColumn_H**3

Area_Beam = beam_B * beam_H
I_Beam = kBeam * 1/12 * beam_B * beam_H**3

bardiameterbeam = 14 * Unit.mm
bardiametercol = 14 * Unit.mm
cover = 25 * Unit.mm
barareabeam = 3.14 * bardiameterbeam**2/4
barareacol = 3.14 * bardiametercol**2/4

real_rebar_area = [462, 615, 769, 923]
num_rebar_beam = [area/barareabeam for area in real_rebar_area]

op.modelbuild()
B3050_mass = beam_B * beam_H * concdensity * bayWidth / Unit.g
C3070_mass = interiorColumn_B * interiorColumn_H * concdensity * storyHeight / Unit.g
C7030_mass = interiorColumn_B * interiorColumn_H * concdensity * storyHeight / Unit.g
```

Şekil 4.14: Kesit ve malzeme tanımlamaları.

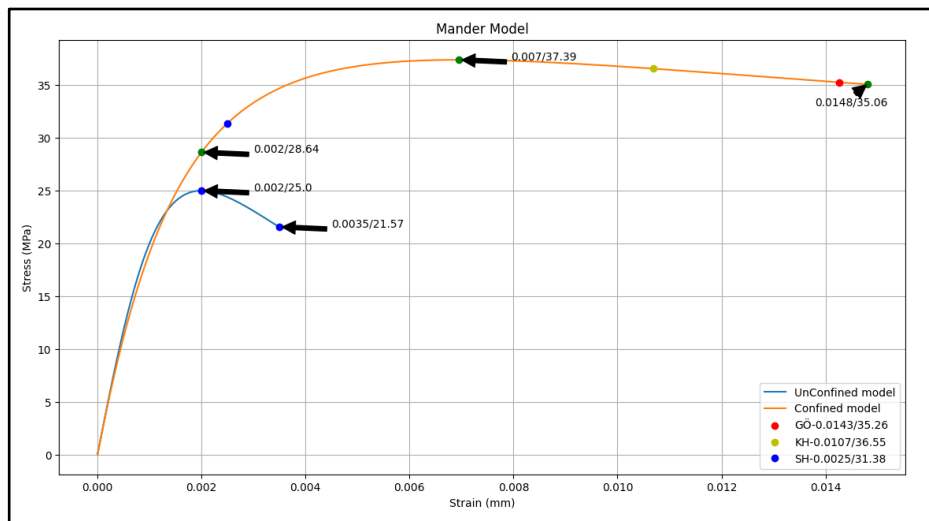
4.3.6. Fiber Kolon Tanımlamaları

Model oluşturulurken mafsallı tanımlamaları için kolonlarda fiber kesitli integrasyon noktaları tanımlaması yapılmıştır. Bu tanımlamalar yapılırken betonarme kesitin sargılı ve sargısız beton modelleri TBDY Ek5A kısmında verilen malzeme modelleri için geliştirilen algoritma kullanılmıştır. Çerçevenin dış kısmında ve iç

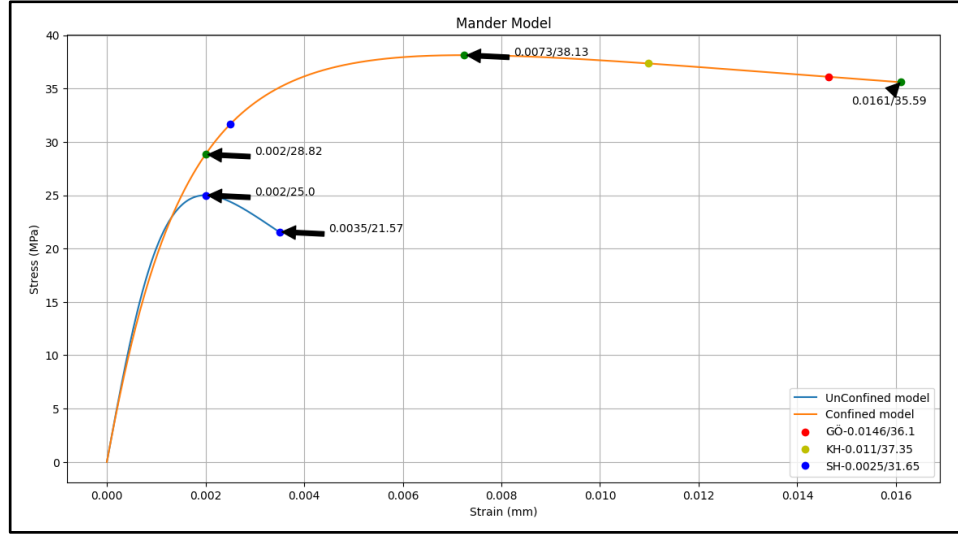
kısımında bulunan kolonlar için ayrı ayrı malzeme modellerinin gerilme-şekil değiştirme dağılımları geliştirilen algoritma yardımı ile OpenSeespy da tanımlanacak değerler elde edilmiş ve aşağıdaki kod betiğinde gösterilmiştir.

```
s = 100 # mm
etriye_çapı = 10 # mm
boyuna_donatı_çapı = 14 # mm
pas_payı = 25 # mm
x_koladeti = 6 # kesitin x eksenini kesen kol sayısı
y_koladeti = 6 # kesitin y eksenini kesen kol sayısı
ColNumBarsBot_ext = 6
ColNumBarsTop_ext = 6
ColNumBarsInt_ext = 2
unconfined_ext, confined_ext, important_points_ext = tbdymaterials.tbdy_mander(celiksınıfı=
"S420", f_co= fc/Unit.MPa, bw= exteriorColumn_B*10**3, h= exteriorColumn_H*10**3, s= s,
etriye_çapı= etriye_çapı, boyuna_donatı_çapı= bardiametercol*10**3, pas_payı= pas_payı,
numBarsTop= ColNumBarsTop_ext, numBarsBot= ColNumBarsBot_ext, gövde_donatı_adeti=
ColNumBarsInt_ext, x_koladeti= x_koladeti, y_koladeti= y_koladeti)
s = 100 # mm
etriye_çapı = 10 # mm
boyuna_donatı_çapı = 14 # mm
pas_payı = 25 # mm
x_koladeti = 6 # kesitin x eksenini kesen kol sayısı
y_koladeti = 6 # kesitin y eksenini kesen kol sayısı
ColNumBarsTop_int = 3
ColNumBarsBot_int = 3
ColNumBarsInterior_int = 8
unconfined_int, confined_int, important_points_int = tbdymaterials.tbdy_mander
celiksınıfı = "S420",
f_co = fc/Unit.MPa,
interiorColumn_B*10**3,
interiorColumn_H*10**3,
s, etriye_çapı= etriye_çapı,
bardiametercol*10**3,
numBarsTop = ColNumBarsTop_int,
numBarsBot = ColNumBarsBot_int,
gövde_donatı_adeti = ColNumBarsInterior_int,
x_koladeti = x_koladeti,
y_koladeti = y_koladeti,
bw = ,
h = ,
s = ,
boyuna_donatı_çapı = ,
pas_payı = pas_payı,
y_koladeti =
```

Şekil 4.15 Fiber kolon tanımlamaları



Şekil 4.16: Dış çerçevedeki kolonların beton malzeme modelleri.



Şekil 4.17: İç çerçevedeki kolonların beton malzeme modelleri.

Bu malzeme modeli üzerinden elde edilen OpenSeespy komutunda tanımlanması gereken değerlerin atamaları aşağıdaki kod betiğinde yapılmıştır.

```

#=====
# UNCONFINED CONCRETE
#=====

fc1U = -fc
# -eps_c_sargısız[f_c_sargısız_index(max(f_c_sargısız))] # strain at maximum strength of
unconfined concrete
eps1U_int = unconfined_int['values'][1]
# -f_c_sargısız[-1]*Unit.MPa # ultimate stress
fc2U_int = unconfined_int['values'][2]
# -eps_c_sargısız[-1] # strain at ultimate stress
eps2U_int = unconfined_int['values'][3]

# -eps_c_sargısız[f_c_sargısız_eleid(max(f_c_sargısız))] # strain at maximum strength of
unconfined concrete
eps1U_ext = unconfined_ext['values'][1]
# -f_c_sargısız[-1]*Unit.MPa # ultimate stress
fc2U_ext = unconfined_ext['values'][2]
# -eps_c_sargısız[-1] # strain at ultimate stress
eps2U_ext = unconfined_ext['values'][3]

#=====
# CONFINED CONCRETE
#=====

# -f_c_sargılı[f_c_sargılı_eleid(max(f_c_sargılı))]*Unit.MPa # CONFINED concrete (mander
model), maximum stress
fc1C_int = confined_int['values'][0]
# -eps_c_sargılı[f_c_sargılı_eleid(max(f_c_sargılı))] # strain at maximum stres
eps1C_int = confined_int['values'][1]
# -f_c_sargılı[-1]*Unit.MPa # ultimate stress
fc2C_int = confined_int['values'][2]
# -eps_c_sargılı[-1] # strain at ultimate stress

eps2C_int = confined_int['values'][3]

# -f_c_sargılı[f_c_sargılı_eleid(max(f_c_sargılı))]*Unit.MPa # CONFINED concrete (mander
model), maximum stress
fc1C_ext = confined_ext['values'][0]
# -eps_c_sargılı[f_c_sargılı_eleid(max(f_c_sargılı))] # strain at maximum stres
eps1C_ext = confined_ext['values'][1]
# -f_c_sargılı[-1]*Unit.MPa # ultimate stress
fc2C_ext = confined_ext['values'][2]
# -eps_c_sargılı[-1] # strain at ultimate stress
eps2C_ext = confined_ext['values'][3]

# tensile-strength properties
Lamopa = 0.1 # ratio between unloading slope at eps2 and initial slope Ec
fct = 0.10*fc # tensile strength +tension
Ets = fct/0.002 # tension softening stiffness

#=====
# REBAR MATERIAL
#=====

fsy = 420*Unit.MPa # Yield stress
Es = 2*10**5*Unit.MPa # Young's modulus
bs = 0.01 # strain-hardening ratio
R0 = 18 # control the transition from elastic to plastic branches
cR1 = 0.925 # control the transition from elastic to plastic branches
cR2 = 0.15 # control the transition from elastic to plastic branches
minStrain = -0.1 # minimum steel strain in the fibers (steel buckling)
maxStrain = 0.1 # maximum steel strain in the fibers (steel rupture)

```

Şekil 4.18: Malzeme tanımlamaları.

4.3.7. Openseespy 'da Dügüm Noktalarının Tanımlanması

OpenSeespy yazılımında analiz modelinin oluşturulması aşamasında düğüm noktalarının tanımlanması gerekmektedir. Aşağıda gösterilen kod betiklerinde daha öncesinde oluşturulan çerçeve ve kesit bilgileri kullanılarak düğüm noktaları oluşturulmuştur. Dügüm noktalarındaki kütleleri hesaplanırken bağlı oldukları çubuk elemanın kütlesini eşit olarak paylaşılacak şekilde bulunmuştur. Zeminde bulunan düğüm noktaları ankastre mesnet olacak şekilde hareket yönleri sınırlandırılmıştır.

```
for node in pf.node_dict.keys():
    if node in pf.floorNodes[0]:
        ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node]
            [1], '-mass', C3070_mass/2, C3070_mass/2, 0.0)

    if node in pf.floorNodes[1]:
        if node in [pf.floorNodes[1][0], pf.floorNodes[1][-1]]:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1], '-mass',
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2,
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2, 0.0)
        else:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1],
                '-mass', C3070_mass+B3050_mass, C3070_mass+B3050_mass, 0.0)

    if node in pf.floorNodes[2]:
        if node in [pf.floorNodes[2][0], pf.floorNodes[2][-1]]:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1], '-mass',
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2,
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2, 0.0)
        else:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1], '-mass',
                (C3070_mass+C3070_mass)/2+B3050_mass,
                (C3070_mass+C3070_mass)/2+B3050_mass, 0.0)

    if node in pf.floorNodes[3]:
        if node in [pf.floorNodes[3][0], pf.floorNodes[3][-1]]:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1], '-mass',
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2,
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2, 0.0)
        else:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1],
                '-mass', C3070_mass+B3050_mass, C3070_mass+B3050_mass, 0.0)

    if node in pf.floorNodes[4]:
        if node in [pf.floorNodes[4][0], pf.floorNodes[4][-1]]:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1], '-mass',
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2,
                (C3070_mass+B3050_mass+C3070_mass)/2, 0.0)
        else:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1],
                '-mass', C3070_mass+B3050_mass, C3070_mass+B3050_mass, 0.0)

    if node in pf.floorNodes[5]:
        if node in [pf.floorNodes[5][0], pf.floorNodes[5][-1]]:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1], '-mass',
                (C3070_mass+B3050_mass)/2, (C3070_mass+B3050_mass)/2, 0.0)
        else:
            ops.node(node, pf.node_dict[node][0], pf.node_dict[node][1],
                '-mass', C3070_mass/2+B3050_mass, C3070_mass/2+B3050_mass, 0.0)

for i in pf.floorNodes[0]:
    ops.fix(i, 1, 1, 1)
```

Şekil 4.19: Openseespy' da düğüm noktalarının tanımı.

4.3.8. Openseespy 'da Transformasyon Tanımlanması

OpenSeespy yazılımında elemanların global koordinat takımına göre yerinin tespit edebilmesi ve rijitlik matrislerinin oluşturulabilmesi için transformasyon tanımlanması gerekmektedir. Aşağıdaki kod betiğinde kolonlarda PDelta, kirişlerde Lineer olacak şekilde transformasyonlar tanımlanmıştır.

```
ColTransfTag = 1
BeamTransfTag = 2
ops.geomTransf('Linear', BeamTransfTag) # Beam Transformation Tag
ops.geomTransf('PDelta', ColTransfTag) # Column Transformation Tag
```

Şekil 4.20: Openseespy' da transformasyon tanımlanması.

4.3.9. Openseespy 'da Malzemelerin Tanımlanması

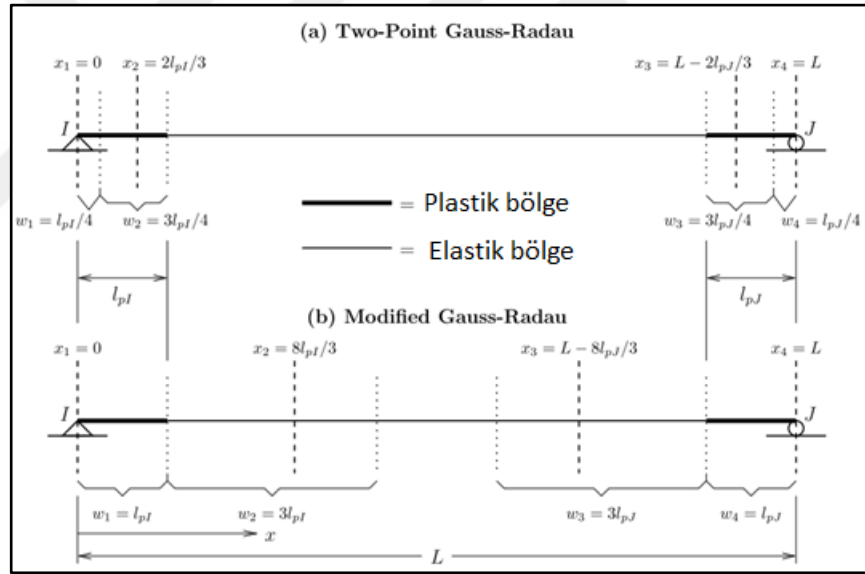
Fiber kesitler için tek eksenli malzeme modellerinin tanımı için aşağıdaki kod betiği oluşturulmuştur. Çekirdek beton, kabuk beton ve donatı malzemesinin malzeme modelleri için öncesinde hesaplanan mander modeline uygun beton modelleri ile TBDY 'de verilmiş çelik modeli kullanılarak değerler hesaplanmıştır.

```
IDconcCover = 1 # Tag for unconfined concrete material
IDconcCore_int = 2 # Tag for confined concrete material
IDconcCore_ext = 3 # Tag for confined concrete material
IDSteel = 4 # Tag for steel material without min-max properties
# Cover Concrete Material
ops.uniaxialMaterial('Concrete01', IDconcCover, fc1U,
    eps1U_int, eps2U_int, Ec)
# Core Concrete Material
ops.uniaxialMaterial('Concrete01', IDconcCore_int, fc1C_int,
    eps1C_int, eps2C_int, Ec)
ops.uniaxialMaterial('Concrete01', IDconcCore_ext, fc1C_ext,
    eps1C_ext, eps2C_ext, Ec)
# Rebar Material
ops.uniaxialMaterial('Steel02', IDSteel, fsy, Es, bs, R0, cR1, cR2)
```

Şekil 4.21: OpenSeespy malzeme tanımlamaları.

4.3.10. Openseespy 'da Kirişlerin Mafsal Tanımlaması

Kirişlerde doğrusal olmayan mafsal tanımı yapılırken yığılı plastik mafsal tanımı göz önüne alınarak, hysteric davranış modeli göz önüne alınmıştır. Kiriş kesitlerinin moment-eğrilik analizi yapılarak 3 nokta alınmış ve malzeme modelinde pinching etkisi dikkate alınmıştır. Her mafsal bölgesi üzerinde modifiye edilmiş iki noktalı Gauss-Radau entegrasyonu, eleman uçlarına ve elemanın içindeki mafsal uzunluğunun $8/3$ 'üne bir entegrasyon noktası yerleştirir. Bu yaklaşım, doğrusal eğrilik dağılımlarını tam olarak temsil eder ve plastik menteşeleri yumuşatmak için karakteristik uzunluk, varsayılan plastik mafsal uzunluğuna eşittir. I-J ucundaki plastik mafsal uzunluğu eşittir ve ilişkili kuvvet-deformasyon tepkisi secTagI (secTagJ) etiketli bölüm tarafından tanımlanır. İç elemanın kuvvet deformasyon tepkisi, secTagE etiketli elastik bölüm tarafından tanımlanır. Tipik olarak, iç bölüm doğrusal-elastiktir [14].



Şekil 4.22: a) Two point Gauss-Radau entegrasyonu. b) Modified Gauss-Radau entegrasyonu.

Her kiriş elemana bu entegrasyon tanımlamaları OpenSeespy yardımı ile yapılmıştır.

4.3.11. OpenSeespy 'da Kolonların Mafsal Tanımlaması

OpenSeespy ile kolonlarda nonlinear model tanımlamaları yapılırken entegrasyon noktalarında fiber kesit tanımı yapılmıştır. Fiber tanımlamaları yapılırken kesitlerdeki donatılar ve malzeme özellikleri referans alınmıştır.

4.3.12. OpenSeespy 'da Kolon Elemanların Oluşturulması

Çubuk elemanlar OpenSeespy da tanımlanırken kuvvet tabanlı eleman olan 'forceBeamColumn' eleman komutu kullanılmıştır.[3] Kolon bilgileri bellekte tutularak sonraki işlemlerde kullanılması hedeflenmiştir. Aşağıdaki kod betiği ile OpenSees domaininde kolon elemanları oluşturulmuştur.

```
for colId in pf.column_dict.keys():
    iNode = pf.node_dict[pf.column_dict[colId][1]][1]
    if colId <= numFloor:
        ops.element('forceBeamColumn', colId, pf.column_dict[colId][0], pf.column_dict[colId][1],
        ColTransfTag, colIntgrTag_ext)
        pf.column_dict[colId].append(round(exteriorColumn_B,2))
        pf.column_dict[colId].append(round(exteriorColumn_H,2))
        pf.column_dict[colId].append(round(cover,4))
        pf.column_dict[colId].append(IDconcCover)
        pf.column_dict[colId].append(IDconcCore_ext)
        pf.column_dict[colId].append(IDSteel)
        pf.column_dict[colId].append(round(Lpl_ext,4))
        pf.column_dict[colId].append("Exterior")
        continue
    elif colId > numFloor and colId <= (numBay*numFloor):
        ops.element('forceBeamColumn', colId, pf.column_dict[colId][0], pf.column_dict[colId][1],
        ColTransfTag, colIntgrTag_int)
        pf.column_dict[colId].append(round(interiorColumn_B,2))
        pf.column_dict[colId].append(round(interiorColumn_H,2))
        pf.column_dict[colId].append(round(cover,4))
        pf.column_dict[colId].append(IDconcCover)
        pf.column_dict[colId].append(IDconcCore_int)
        pf.column_dict[colId].append(IDSteel)
        pf.column_dict[colId].append(round(Lpl_int,4))
        pf.column_dict[colId].append("Interior")
        continue
    else:
        ops.element('forceBeamColumn', colId, pf.column_dict[colId][0], pf.column_dict[colId][1],
        ColTransfTag, colIntgrTag_ext)
        pf.column_dict[colId].append(round(exteriorColumn_B,2))
        pf.column_dict[colId].append(round(exteriorColumn_H,2))
        pf.column_dict[colId].append(round(cover,4))
        pf.column_dict[colId].append(IDconcCover)
        pf.column_dict[colId].append(IDconcCore_ext)
        pf.column_dict[colId].append(IDSteel)
        pf.column_dict[colId].append(round(Lpl_ext,4))
        pf.column_dict[colId].append("Exterior")
        continue
```

Şekil 4.23: OpenSeespy ile kolonların oluşturulması.

4.3.13. OpenSeespy 'da Kiriş Elemanların Oluşturulması

Kolon elemanların oluşturulması ile aynı olacak şekilde kiriş elemanlarda kuvvet tabanlı eleman tanımı kullanılmıştır. Modal analize dahil olması için kiriş üzerindeki çizgisel yüklerde ilave edilmiştir.

```
for beamId in pf.beam_dict.keys():
    iNode = pf.beam_dict[beamId][0]
    jNode = pf.beam_dict[beamId][1]
    pf.beam_dict[beamId].append(beam_B)
    pf.beam_dict[beamId].append(beam_H)
    pf.beam_dict[beamId].append(cover)
    pf.beam_dict[beamId].append(Lpl)
    ult_curv,yield_curv = 0.0525,0.01
    pf.beam_dict[beamId].append(ult_curv)
    pf.beam_dict[beamId].append(yield_curv)

    if jNode in pf.floorNodes[1]:
        if beamId == 21 or beamId == 23:
            ops.element('forceBeamColumn', beamId,pf.beam_dict[beamId][0], pf.beam_dict[beamId][1],
            BeamTransfTag, beamIntgrTag1, '-mass', wBeam/Unit.g)
        else:
            ops.element('forceBeamColumn', beamId,pf.beam_dict[beamId][0], pf.beam_dict[beamId][1],
            BeamTransfTag, beamIntgrTag2, '-mass', wBeam/Unit.g)
            continue

    if jNode in pf.floorNodes[2] or jNode in pf.floorNodes[3] or jNode in pf.floorNodes[4]:
        if beamId == 24 or beamId == 26 or beamId == 27 or beamId == 29 or beamId == 30 or
        beamId == 32:
            ops.element('forceBeamColumn', beamId,pf.beam_dict[beamId][0], pf.beam_dict[beamId][1],
            BeamTransfTag, beamIntgrTag1, '-mass', wBeam/Unit.g)
        else:
            ops.element('forceBeamColumn', beamId,pf.beam_dict[beamId][0], pf.beam_dict[beamId][1],
            BeamTransfTag, beamIntgrTag2, '-mass', wBeam/Unit.g)
            continue
        else:
            if beamId == 33:
                ops.element('forceBeamColumn', beamId,pf.beam_dict[beamId][0], pf.beam_dict[beamId][1],
                BeamTransfTag, beamIntgrTag3, '-mass', wBeam/Unit.g)
            if beamId == 34:
                ops.element('forceBeamColumn', beamId,pf.beam_dict[beamId][0], pf.beam_dict[beamId][1],
                BeamTransfTag, beamIntgrTag4, '-mass', wBeam/Unit.g)
            if beamId == 35:
                ops.element('forceBeamColumn', beamId,pf.beam_dict[beamId][0], pf.beam_dict[beamId][1],
                BeamTransfTag, beamIntgrTag5, '-mass', wBeam/Unit.g)
                continue
```

Şekil 4.24: OpenSeespy ile kirişlerin oluşturulması.

4.3.14. OpenSeespy 'da Kirişlerin Üzerindeki Yayılı Yüklerin Tanımlanması

Kiriş üzerindeki çizgisel yüklerin her bir kirişe atanması aşağıdaki kod betiği ile yapılmıştır. Çizgisel yükler dikdörtgen şekilde üniform olarak 6.5 kN/m olmak üzere etkilmiştir.

4.3.15. OpenSeespy' da Eigen Analizi

Openseespy ile yapının modal analizi yapılmıştır. Yapının tüm modlarındaki periyot, modal analiz kütleleri ve kütle katılım oranları tespit edilmiştir.

Tablo 4.6: 5 Katlı yapı modal analiz sonuçları.

<i>Mod</i>	<i>T(sn)</i>	<i>F(Hz)</i>	<i>ω (rad/sn)</i>	<i>λ (rad2/sn2)</i>
1	0.7418	1.348	8.47	71.74
2	0.2302	4.343	27.29	744.79
3	0.1232	8.116	50.99	2600.29
4	0.0790	12.663	79.57	6330.90
5	0.0593	16.852	105.89	11211.72

Tablo 4.7: 5 Katlı yapı modal analiz kütleleri.

<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>
122.91	122.91	0.00

Tablo 4.8: 5 Katlı yapı toplam kütle katılım oranları.

<i>Mod</i>	<i>$\% \sum U_1$</i>
1	81.789
2	92.467
3	96.936
4	99.213
5	100.00

Tablo 4.9: 8 Katlı yapı modal analiz sonuçları.

<i>Mod</i>	<i>T(sn)</i>	<i>F(Hz)</i>	<i>ω (rad/sn)</i>	<i>λ (rad2/sn2)</i>
1	10.592	0.944	5.93	35.19
2	0.3315	3.017	18.95	359.28
3	0.1775	5.635	35.40	1253.38
4	0.1112	8.992	56.50	3191.77
5	0.0756	13.235	83.16	6915.52
6	0.0569	17.587	110.50	12210.59
7	0.0558	17.937	112.70	12701.22
8	0.0550	18.195	114.33	13070.25

Tablo 4.10: 8 Katlı yapı modal analiz kütleleri.

<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>
212.80	212.80	0.00

Tablo 4.11: 8 Katlı yapı toplam kütle katılım oranları.

<i>Mod</i>	<i>$\% \sum U_1$</i>
1	79.291
2	89.577
3	93.895
4	96.404
5	98.035
6	98.035
7	98.035
8	99.124

4.3.16. OpenSeespy' da Düşey İtme Analizi

Zaman tanım alanından önce yapıdaki düşey analizin artımsal olarak etkililerek düşey yükler etkililmiş hale getirilir. 10 adımda artımsal analiz bitirilecek şekilde yükletildi ve sonucunda eleman kuvvetleri, deplasmanlar, temeldeki kuvvetler ve kesitteki durumlar elde edildi.

4.3.17. Rayleigh Sönümlemenin Tanımlanması

Çerçeve yapılardaki sönüm oranları %5 olarak alınmıştır. Yapılarda sönüm olarak Rayleigh sönümü kullanılmıştır. Rayleigh sönümü tanımlanırken yapının birinci ve ikinci moddaki temel periyotları esas alınmıştır. Buna göre kütle ve rijitlik sönüm çarpanları elde edilmiştir.

4.3.18. Zaman Serilerinin Okunması

Zaman serilerinin ivme kayıtları okunarak ZTADOA için saklanmıştır. İvme kayıtları ardışık olarak yükleneceği için ilk deprem analizinden sonra yapının doğal hareketinin durması için ivme değerlerinin sıfır olduğu uygun bir zaman aralığı olmalıdır. Zaman aralığının fazla olması analizleri gereksiz uzatabilir. Bu kapsamda ilgili zaman aralığı denklem 4.1'e göre zaman aralığı tespit edilmiştir.

$$R_{\xi} = T_d \left(\frac{\xi_{\%5}}{\xi} \right) [(21.8559T + 0.0258)(T_d) - 0.9982 + 0.0214] \quad (4.3)$$

4.3.19. Spektrumların Bulunması ve Ölçek Katsayılarının Bulunması

Deprem setlerinin ilk deprem kayıtlarının piecewise exact metot yardımı ile spektrumlarının bulunarak yapının hâkim titreşim periyoduna gelen ivme değerinin yapının elastik spektrumdaki ivme değeri ve azaltılmış spektrumdaki ivme değerleri ile orantılanarak ölçek katsayıları bulunur.

4.3.20. Ana Şok Artçı Şok Analizi

Tanımlanan her ivme-zaman girdileri için ölçek katsayıları kullanılarak depremler yapıya uygulanır. Bu işlem her ölçek katsayısı ve yapı için tekrar edilerek yapıya ait istenen çıktılar elde edilir. Tez kapsamında yapılara ait görece kat ötelemeleri ve performans kontrolleri TBDY' ye göre yapılmıştır. Opensees yazılımı kullanılarak ardışık depremler rijitlik matrisi korunarak ardı sıra analiz edildi. Aşağıdaki kod betiği

yardımı ile gerçek zamanlı olarak her adımda yapıdaki elemanların kuvvetleri, düğüm noktalarındaki global deplasmanlar, entegrasyon noktalarındaki gerilme şekil değiştirmeler, moment – dönmeler elde edilmiştir. Moment – dönme eğrisindeki kapalı alanın kümülatif olarak toplanması ile entegrasyon noktalarında dağıtılan enerjiler bulunmuş, bunların toplanması ile her çubuktaki enerjiler tespit edilmiştir. Kat bazında dağıtılan enerji bu elemanlardaki enerjilerin toplamı olarak ele alınmıştır.

4.4. Çıktılar

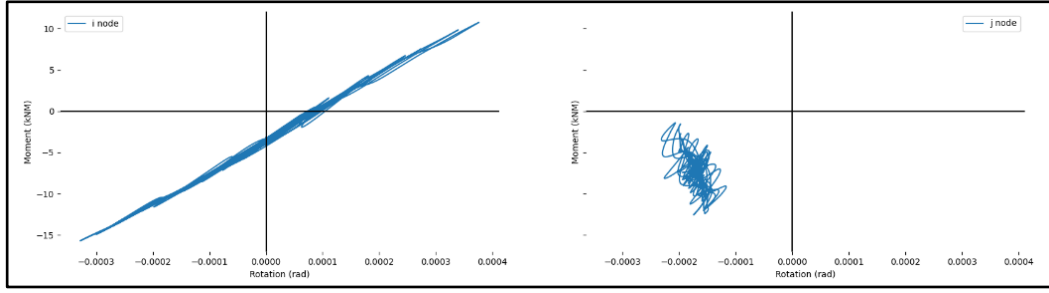
Sünek olarak tasarlanmış 5 katlı ve 8 katlı çerçeve sistem için yapılan ardışık analizler sonucunda bu yapılara ait görelî kat ötelemeleri, moment-dönmeler, kolon fiber kesitlerdeki gerilme-şekil değiştirmeler, çubuk elemanların performansları ve iç kuvvetleri, düğüm noktalarının deplasmanları elde edilmiştir. Analizler sonucu elde edilen tüm çıktılarına ek B’de verilen web linkinden ulaşılabilir. Dosya boyutu ve çıktı adeti fazla olmasından kaynaklı böyle bir yöntem tercih edilmiştir.

4.4.1. 5 Katlı Yapı Sonuçları

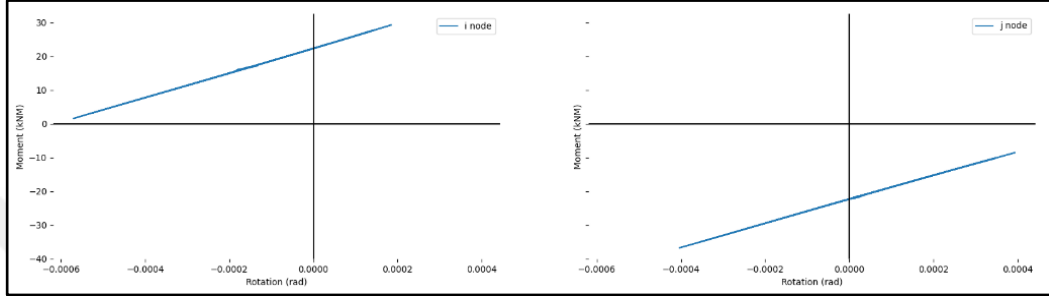
5 katlı yapı için yapılan ZTADOA hesaplarında her bir deprem kaydı ve ölçek katsayısı için TBDY’ ye göre görelî kat ötelemesi oranları, kesit performans durumları ve kat enerji dağılımları elde edilmiştir. Deprem setleri için uygulanan ölçek katsayıları altında zamana bağı kolonlarda ve kirişler ortak olarak moment-dönme, harcanan enerji değerleri ve performans seviyeleri bulunmuştur. Kolonlarda, kirişlerden farklı olarak gerilme-şekil değiştirme değerleri de elde edilmiştir. Bu sonuçlara ait görselleştirmelere örnek olarak kolonlarda 1 numaralı eleman kirişlerde 21 numaralı eleman referans alınarak sonraki bölümlerde gösterilmiştir.

4.4.1.1. Chalfent Valley Ardışık Deprem Sonuçları

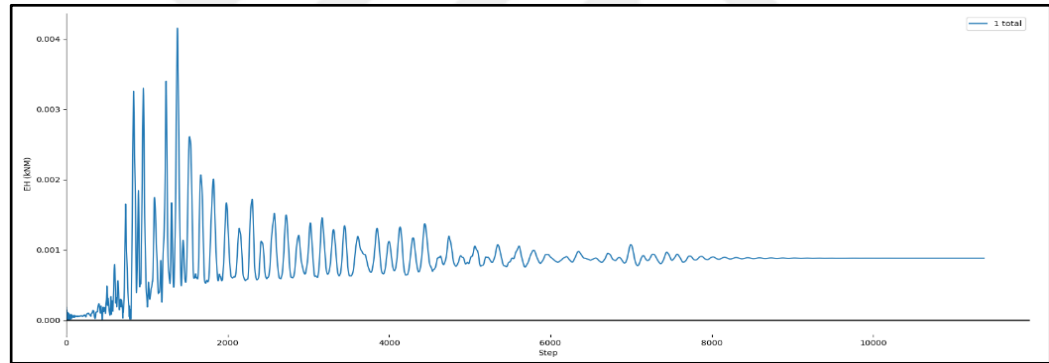
Chalfent Valley deprem seti için uygulanan 0.15 ve 1.23 ölçek katsayıları altında zamana bağı kolonlarda ve kirişler ortak olarak moment-dönme, harcanan enerji değerleri ve performans seviyeleri bulunmuştur. Kolonlarda kirişlerden farklı olarak gerilme-şekil değiştirme değerleride elde edilmiştir.



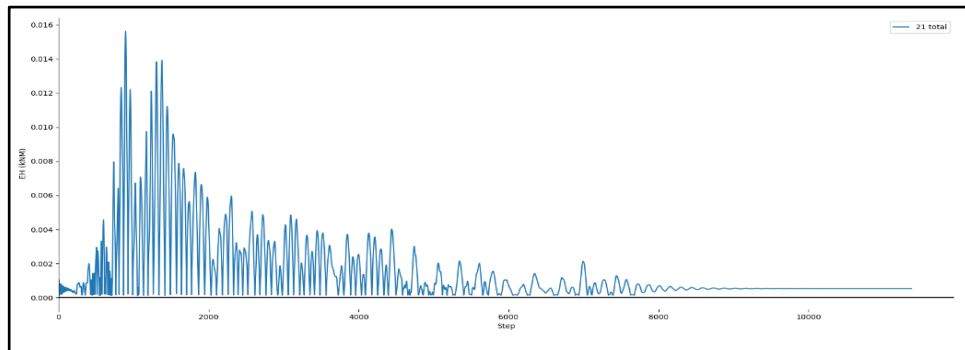
Şekil 4.27: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.28: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.

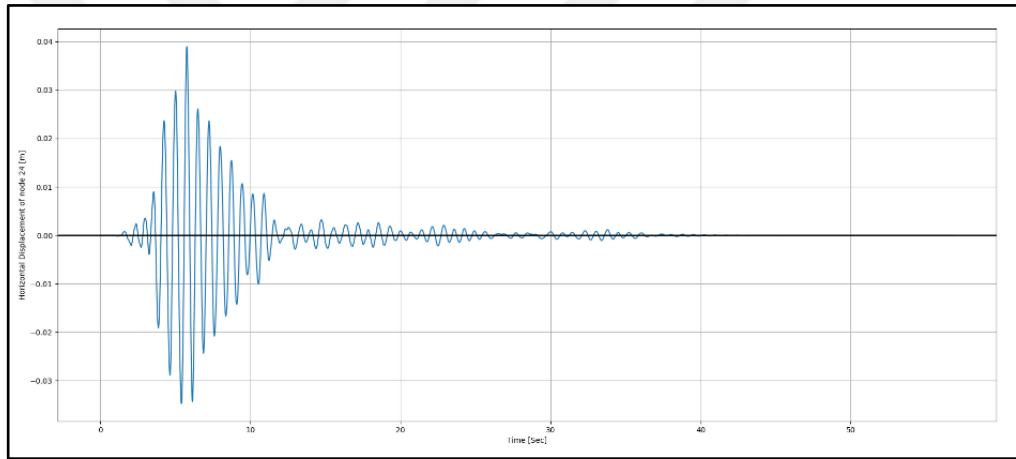


Şekil 4.29: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.

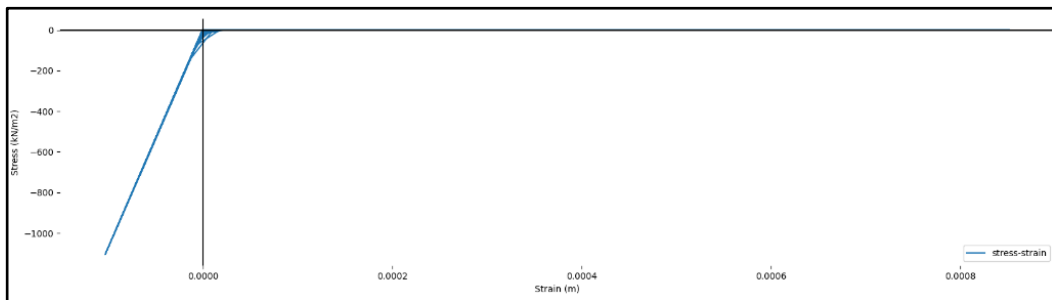


Şekil 4.30: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.

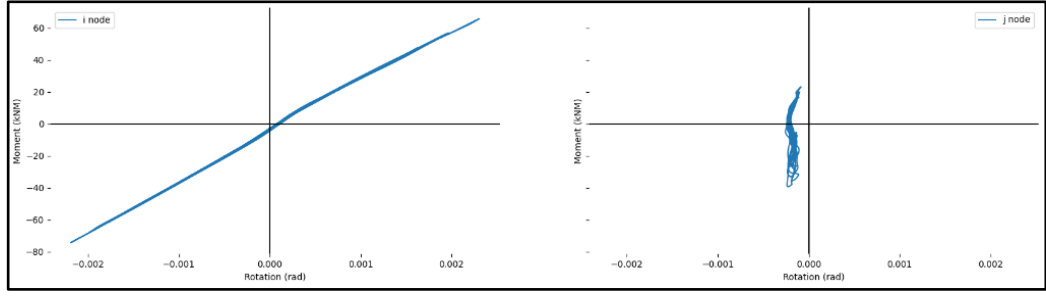
Artçı şok depremi altında yapıya ait tepe deplasmanı-zaman grafiği Şekil 4.31’ de gösterilmiştir. Yapının bu ölçek katsayısı altında ana şok devamında gerçekleşen artçı şokta da lineer kaldığı başlangıç ekseninde bir kayma olmamasından anlaşılmaktadır. 1 numaralı kolon elemana ait gerilme-şekil değiştirme grafiği Şekil 4.32’de, moment dönme grafiği Şekil 4.33’ de ve 21 numaralı kiriş için moment-dönme grafiği Şekil 4.34’ de gösterilmiştir. Her iki elemana ait enerji dağılımları Şekil 4.35-36’ da gösterilmiştir. Enerji dağılımlarının zamana bağlı grafiği incelendiğinde ana depremde kolonların daha aktif olarak enerji tüketiminde rol aldığı gözlemlenmektedir. Artçı depremde enerji yutma kapasitelerinin davranışında ana depremdeki davranışın devam ettiği gözlemlenmiştir kirişlerde daha yüksek seviyede enerji dağılmış olmasına rağmen bir kapasite kaybı yoktur.



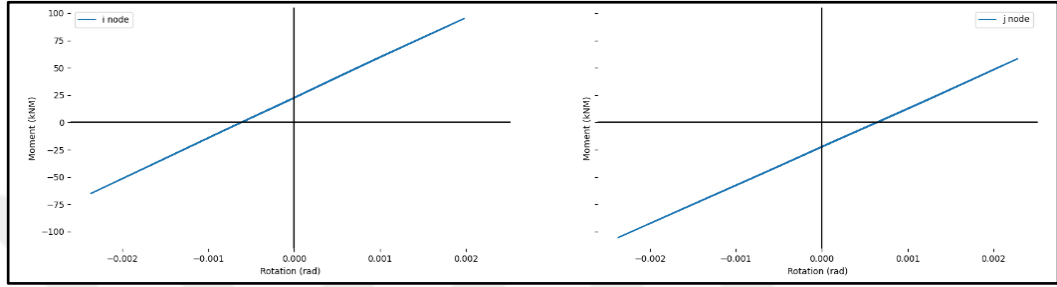
Şekil 4.31: Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.



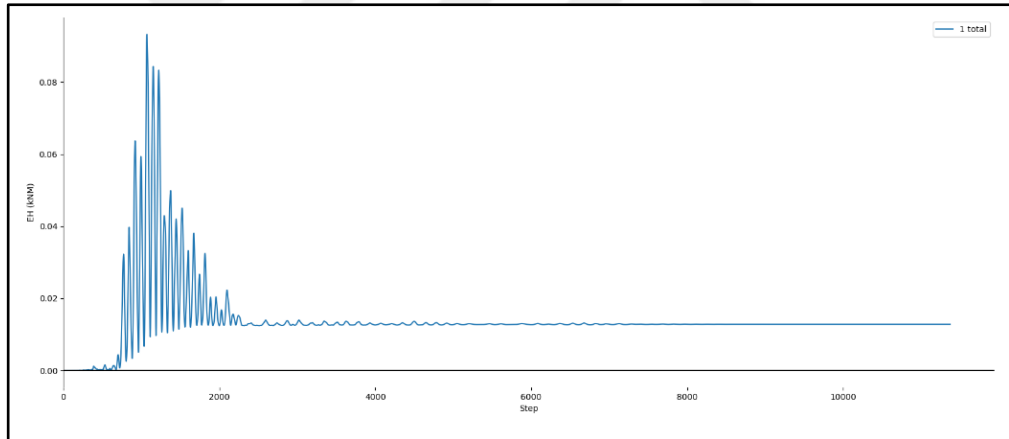
Şekil 4.32: Artçı şok gerilme-şekil değiştirme grafiği.



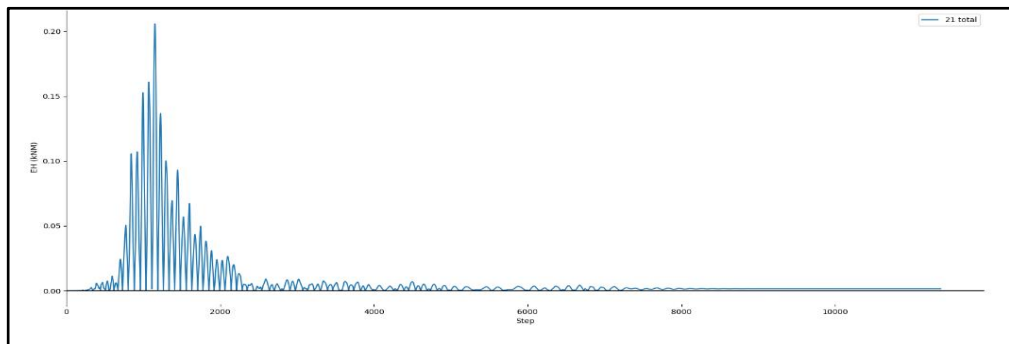
Şekil 4.33: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.34: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.

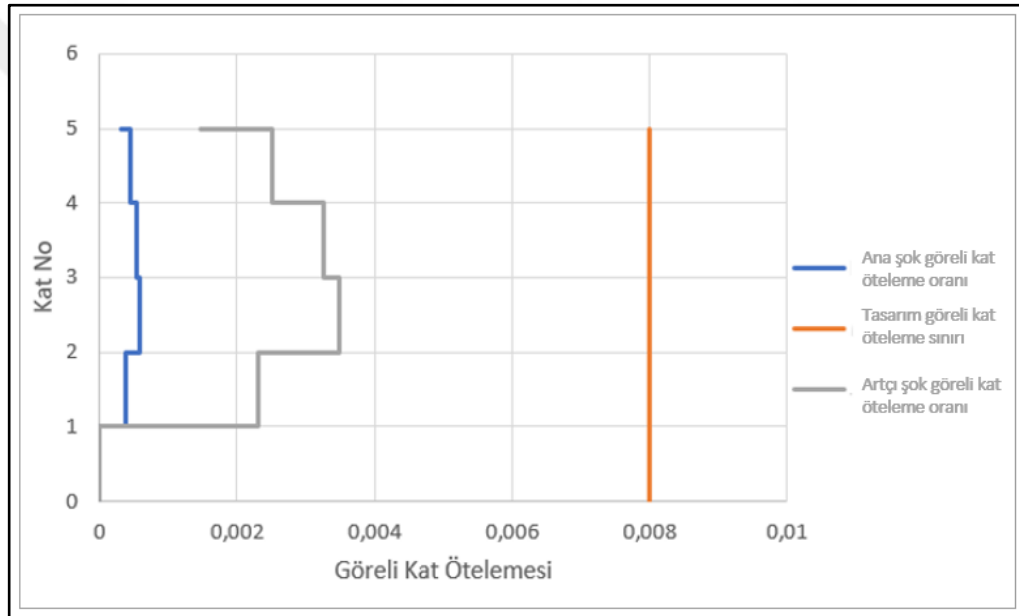


Şekil 4.35: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.

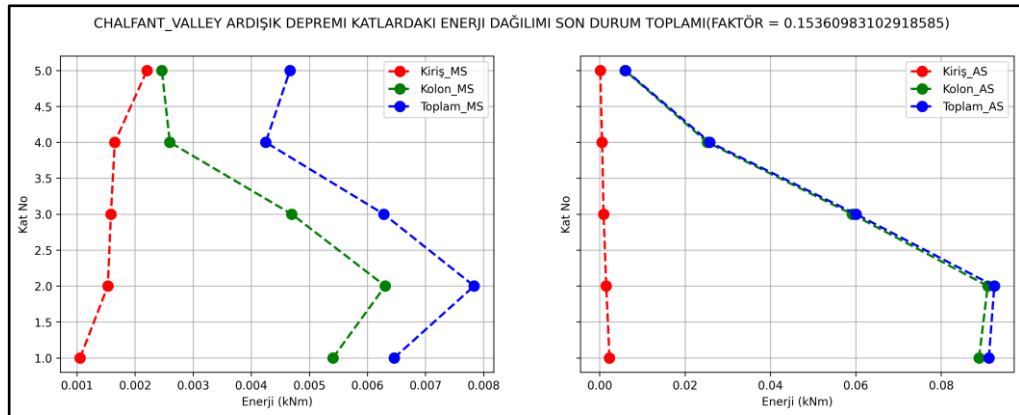


Şekil 4.36: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.

Ana ve artçı depremler altında çerçeve yapıya ait görelî kat öteleme oranlarına bakıldığında ana depremden sonra gelen artçı depremde daha fazla bir görelî öteleme oranları gözlemlenmiştir. Tasarımda kullanılan sınır oranın altında kalmakla beraber artçı depremlerde daha fazla görelî öteleme olmuştur. Bu durum Şekil 4.37’ de gösterilmiştir. Enerji dağılımındaki son durumlar referans alarak incelendiğinde kapasitelerde bir kayıp olmadığı gözlemlenmiş ve düşük değerlerde kalmıştır. Bu durumun yanında kolonlar daha aktif olmuş ve ilk katlarda büyük oranda enerji absorbe edilmiştir. Yukarı katlara doğru bu durum azalmış ve önemsiz hale gelmiştir. Şekil 4.38’ de katlarda harcanan enerjilerin eleman bazında ayrıştırılarak gösterilmiştir.



Şekil 4.37: Görelî kat ötelemesi.



Şekil 4.38: Kat Enerji Dağıtımları.

TBDY' ye göre Tablo 4.12' de kolonlara ait şekil değiştirme performansları, Tablo 4.13' de tüm elemanlardaki dönme performansları gösterilmiştir. Sonuçlara bakıldığında ana şokta kolonlarda şekil değiştirme performansları sınırlı hasar seviyesinde, tüm elemanlarda dönme performansı ise belirgin hasar seviyesinde kalmıştır.

Tablo 4.12: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

Tablo 4.13: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Sınırlı	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin

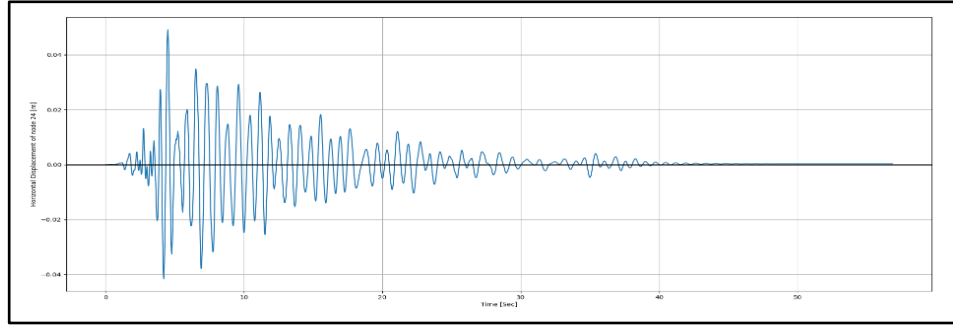
Tablo 4.13:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

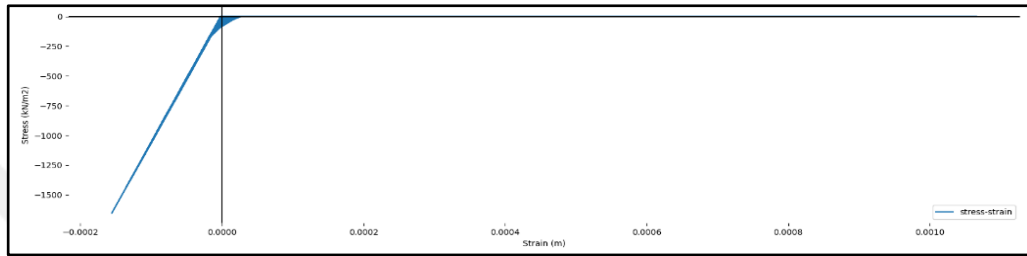
4.4.1.1.2. Ölçek katsayısı = 1.23 ardışık deprem sonuçları

Chalfent Valley depremi için uygulanan 1.23 ölçek katsayısına ait ana ve artçı şok depremlerindeki sonuçlar bulunmuştur.

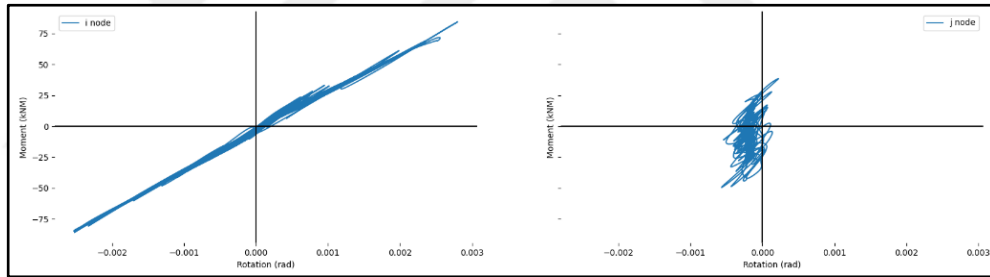
1.23 ölçek katsayısı uygulanmış Chalfent Valley ardışık deprem setine ait ana şok altında Şekil 4.39’ da tepe deplasmanı – zaman grafiği gösterilmiştir. Grafikteki sıfır ekseninden belli bir oranda kayma yapıda plastikleşme durumlarının başladığını gösterdiği düşünülebilir.



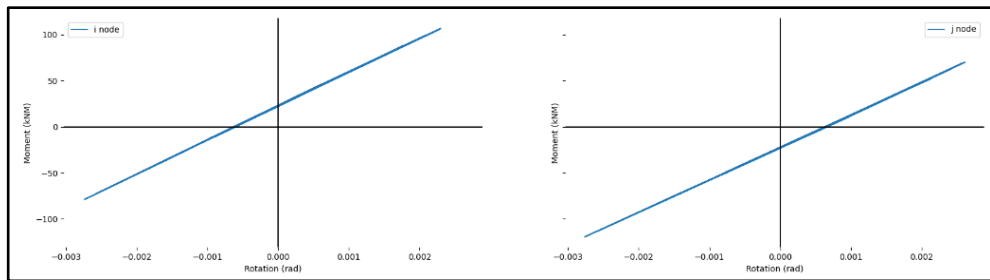
Şekil 4.39: Ana şok tepe deplasmanı–zaman grafiği.



Şekil 4.40: Ana şok kolon 1 gerilme–şekil değiştirme grafiği.

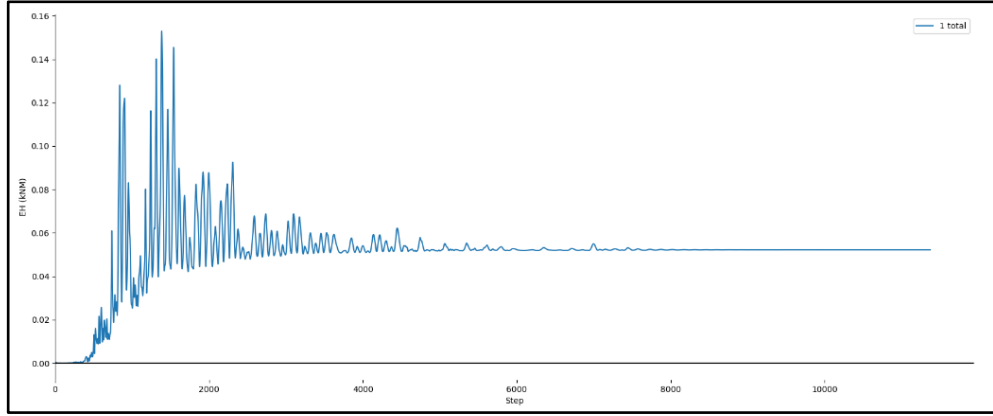


Şekil 4.41: Ana şok kolon 1 moment–dönme grafiği.

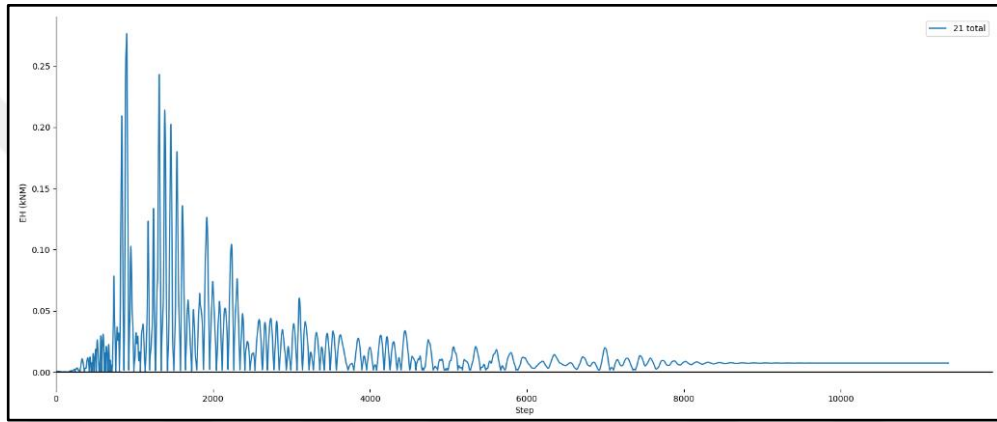


Şekil 4.42: Ana şok kiriş 21 moment–dönme grafiği.

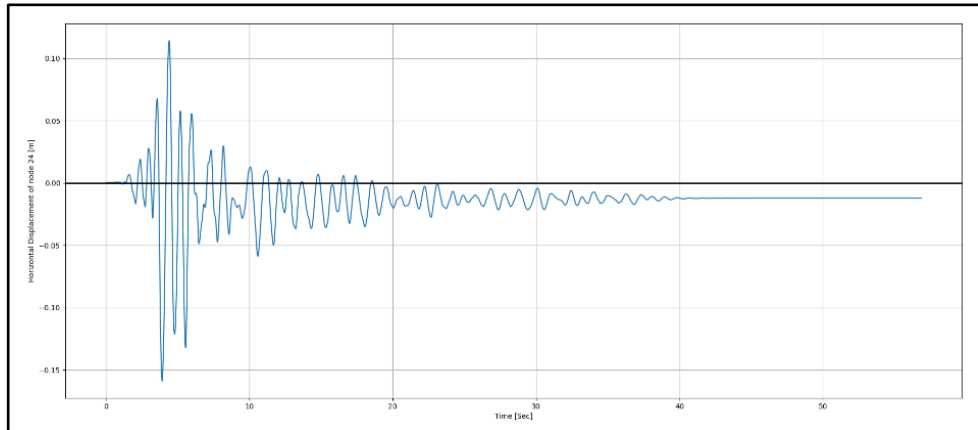
Ana şokta enerji absorbe seviyeleri düşük olarak kaldığı söylenebilir. Düşük seviyelerdeki enerji sönümünde kolonların daha aktif olduğu Şekil 4.33 ve Şekil 4.34' e bakılarak söylenebilir.



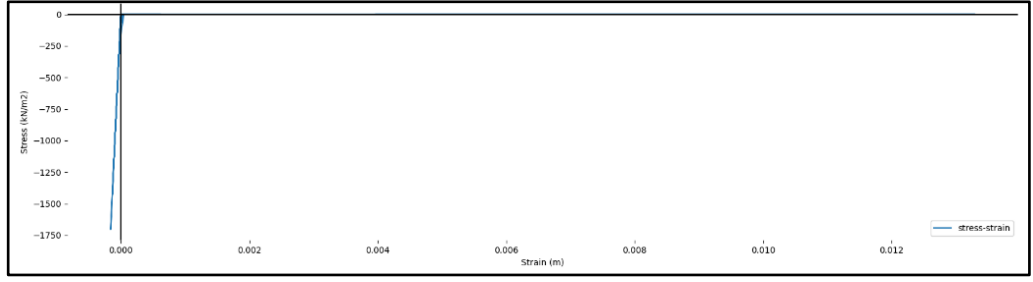
Şekil 4.43: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



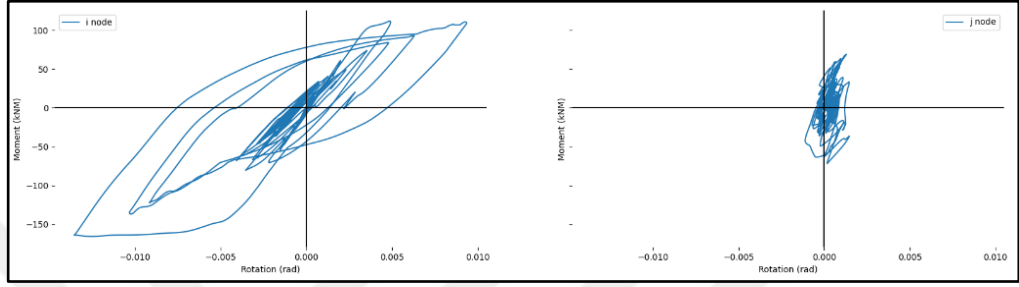
Şekil 4.44: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



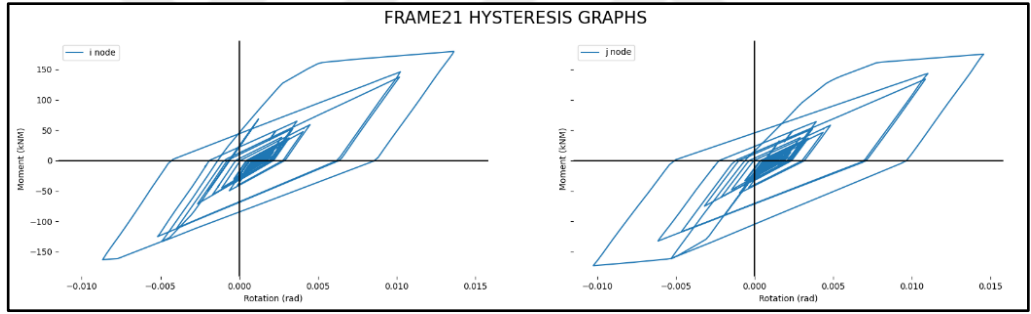
Şekil 4.45: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



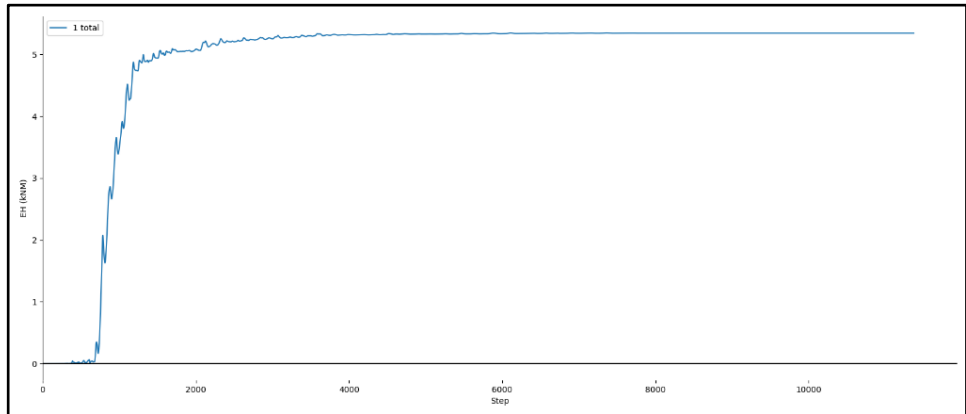
Şekil 4.46: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



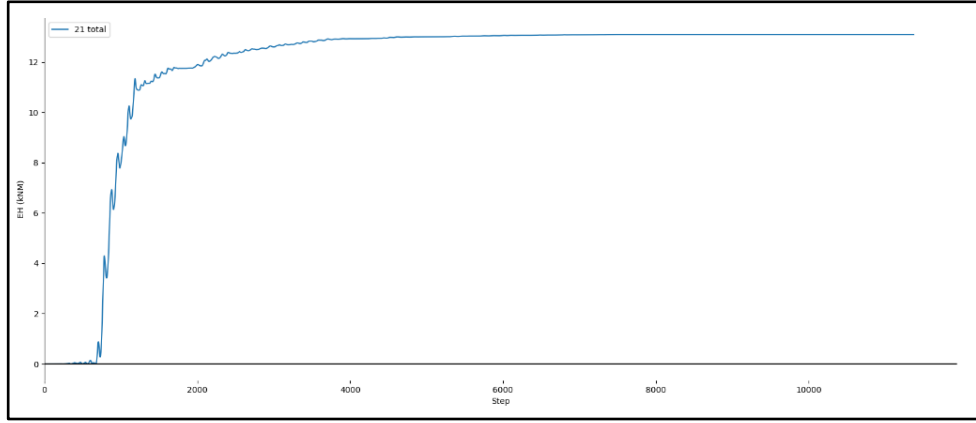
Şekil 4.47: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.48: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.

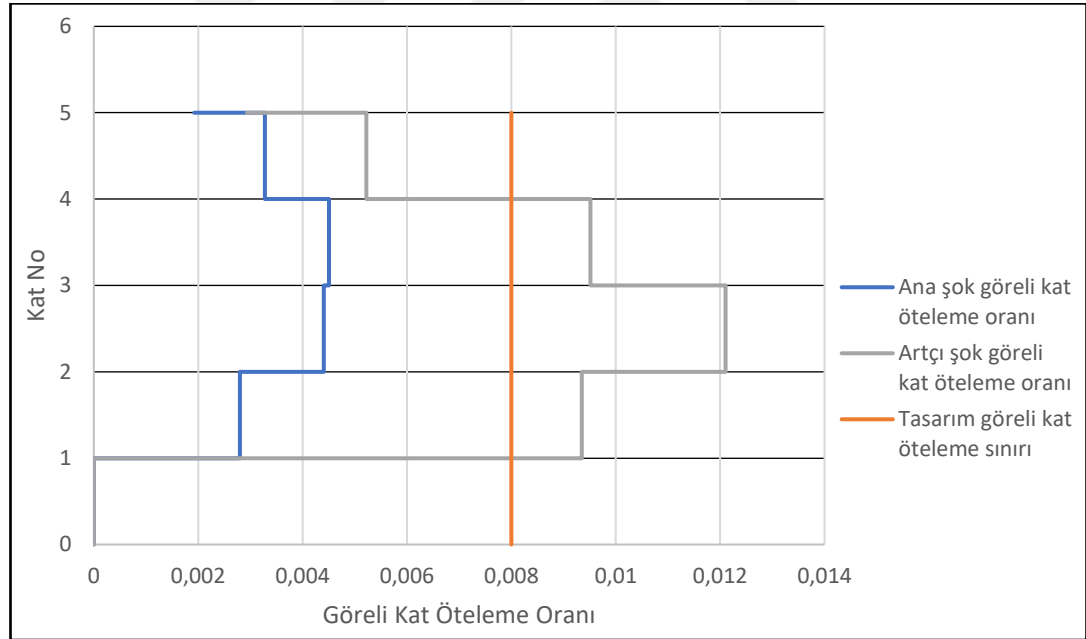


Şekil 4.49: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.

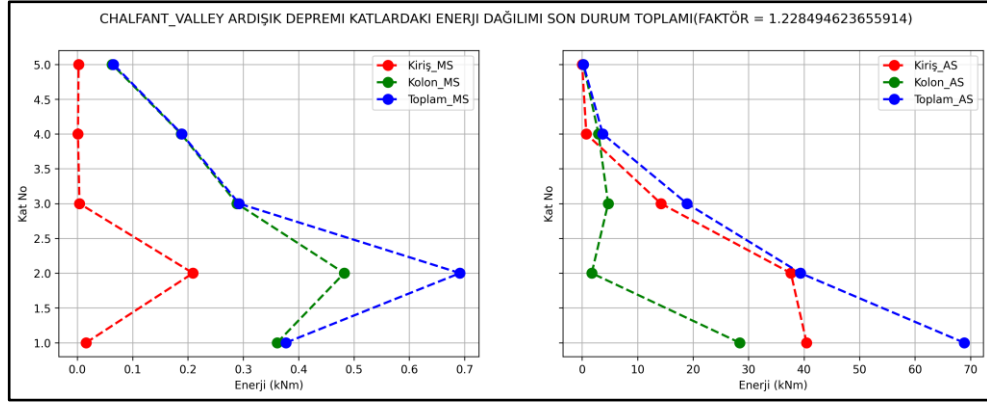


Şekil 4.50: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.

TBDY' ye göre gelmesini beklediği seviyede çerçeve yapıya deprem etkitildiğinde yapıda artçı depremde, plastik davranışların başladığı Şekil 4.37-38' de görülebilir. Göreli kat ötelemesi için Şekil 4.41' e bakıldığında tasarımda öngörülen göreli kat öteleme oranlarının artçı depremlerde aşıldığı gözlemlenmektedir.



Şekil 4.51: Göreli kat ötelemesi.



Şekil 4.52: Kat enerji dağıtımları.

Şekil 4.52’ de kiriş ve kolonlarda harcanan enerjiler kat bazında ana şok ve artçı şok için gösterilmiştir. Ana şokta düşük kalan enerji dağılımları artçı şokta plastikleşmesinde artmasıyla yükselmiştir. Kat bazında incelendiğinde ilk 3 katta enerji büyük oranda sönümlenmiş, eleman bazında bakıldığında kirişler büyük oranda enerjiyi sönümlenmiştir. Tablo 4.14 ve Tablo 4.15’te verilen performans seviyelerinde dönme performansları belirgin hasar seviyesinde kalırken kolonlardaki şekil değiştirme performanslarında göçme çıkan bir kolon olduğu görülmüştür. İlk kat kolonları ileri hasar seviyesinde olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 4.14: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performans</i>	<i>Artçı şok dönme performans</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.14:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

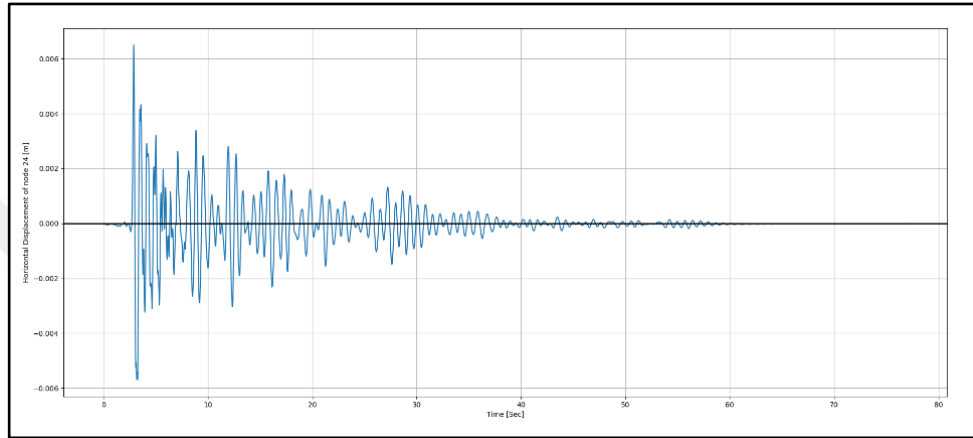
Tablo 4.15: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok Ş. Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı şok Ş. Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	İleri
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	İleri
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	İleri
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Göçme
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

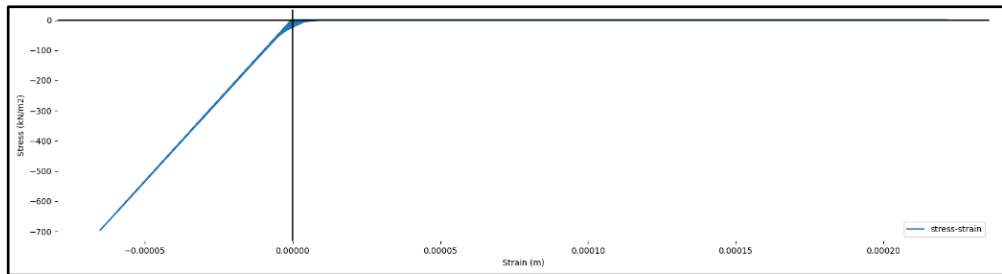
4.4.1.2. Coalinga Ardışık Deprem Sonuçları

4.4.1.2.1. Ölçek katsayısı = 0.19 ardışık deprem sonuçları

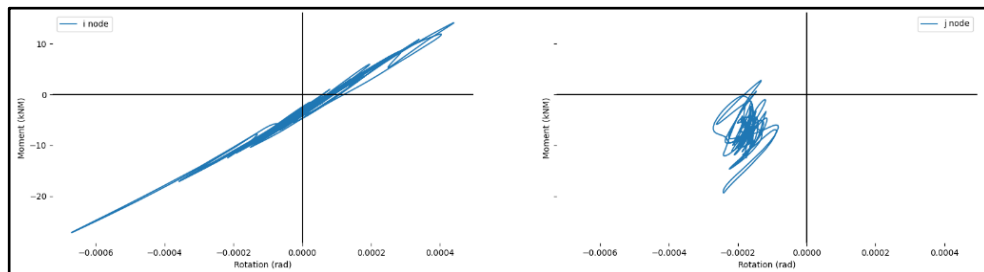
Azaltılmış spektruma göre ölçeklenen deprem seti altında yapıda çok büyük hasarlar oluşmamış, enerji sönümlmeleri düşük kalmış ve görelî kat öteleeleri tasarım için öngörülen görelî kat öteleme sınırını geçmemiştir.



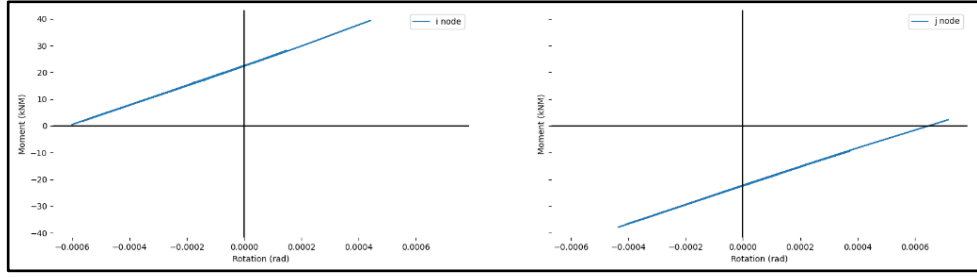
Şekil 4.53: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



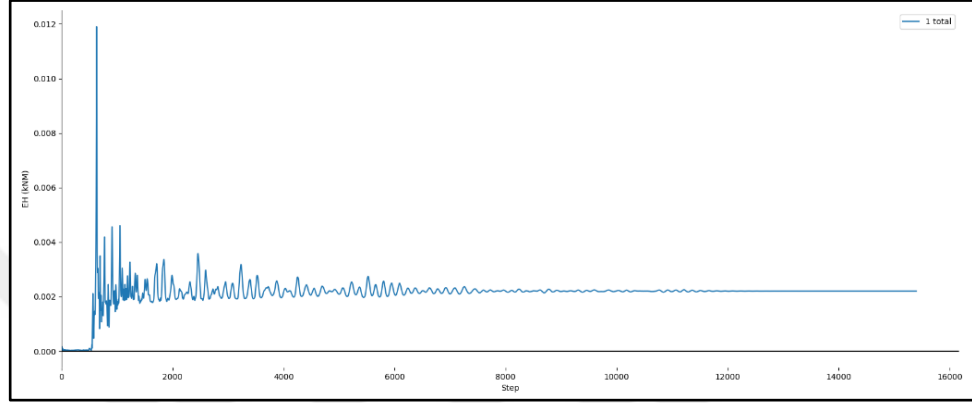
Şekil 4.54: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



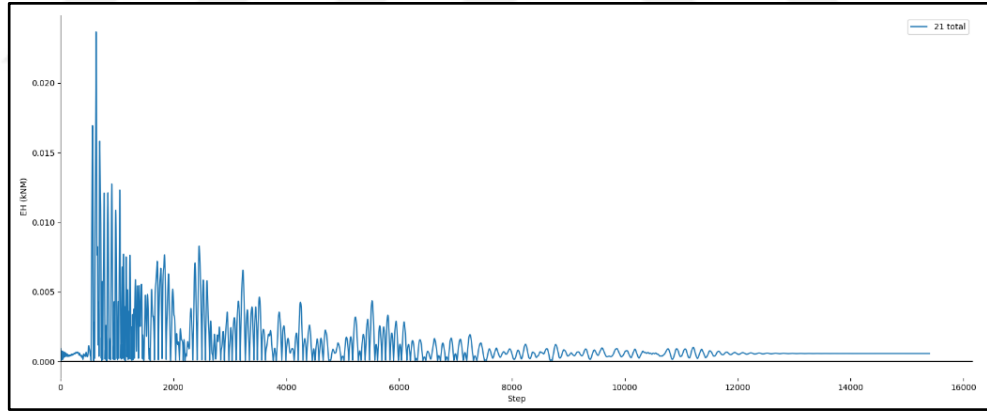
Şekil 4.55: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



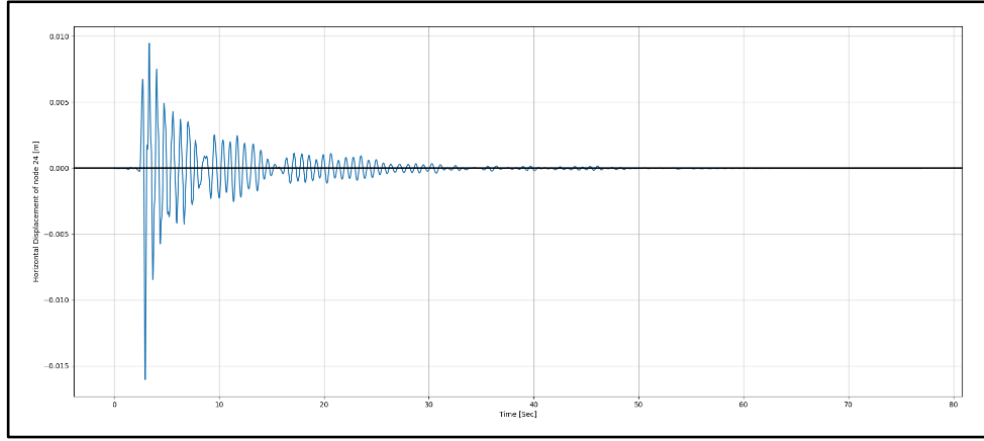
Şekil 4.56: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



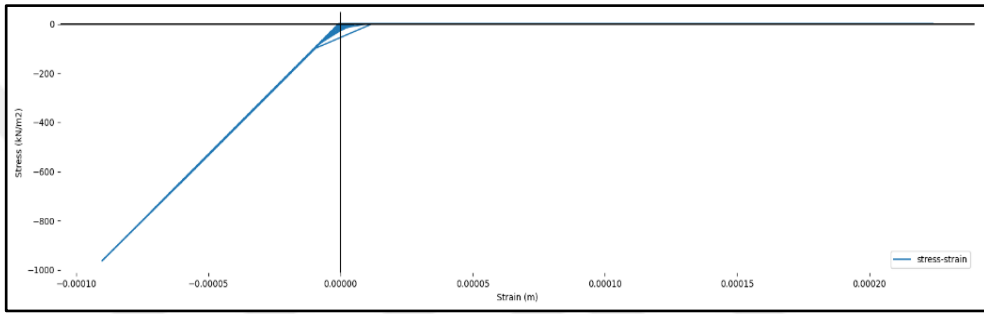
Şekil 4.57: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



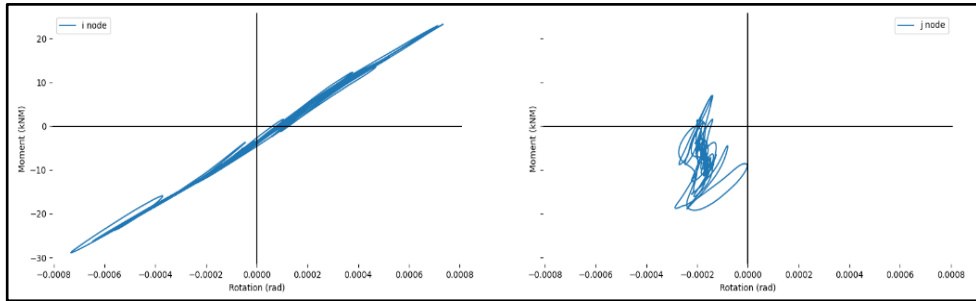
Şekil 4.58: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



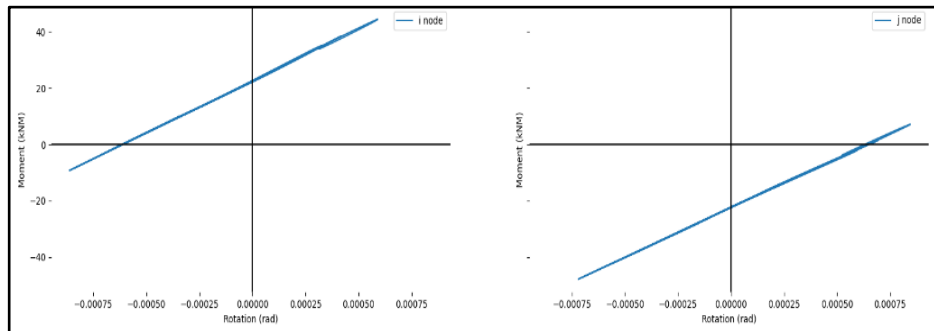
Şekil 4.59: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



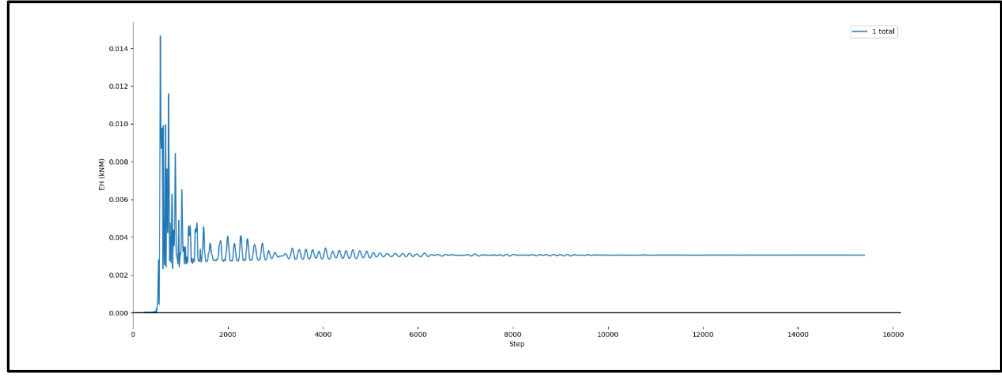
Şekil 4.60: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



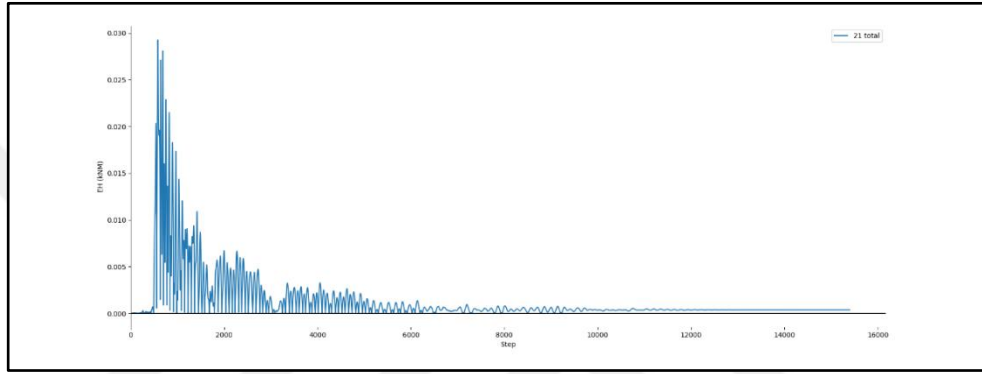
Şekil 4.61: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



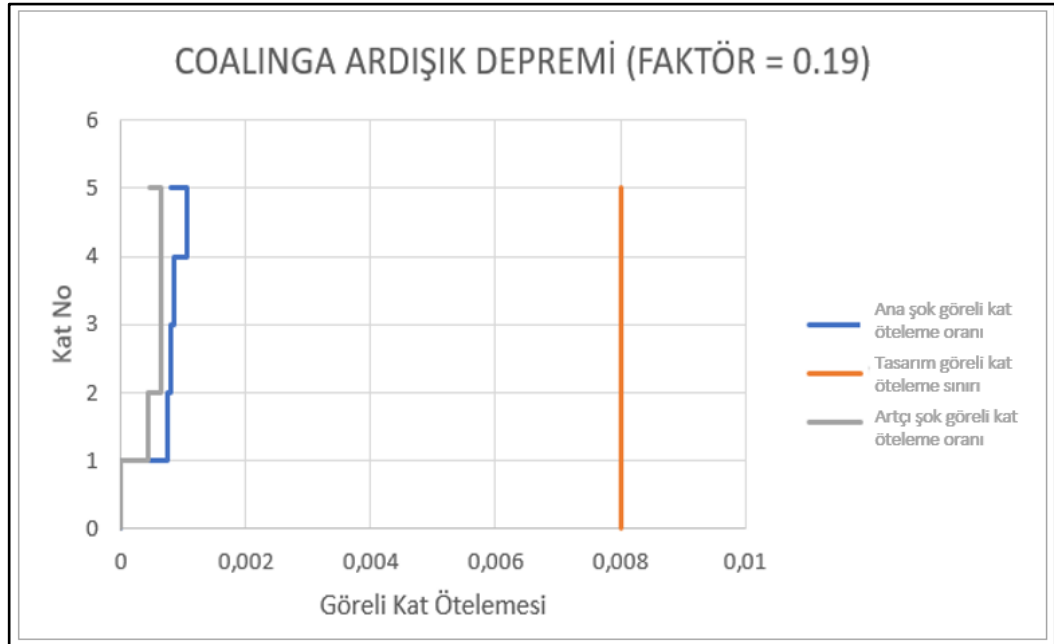
Şekil 4.62: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



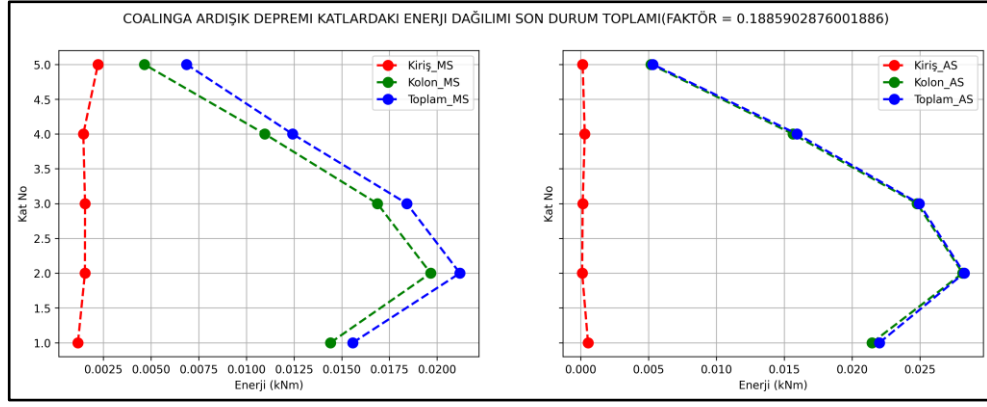
Şekil 4.63: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.64: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.65: Göreli kat ötelemesi.



Şekil 4.66: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.16: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

EleNo	Ana şok dönme performans	Artçı şok dönme performans
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.16:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

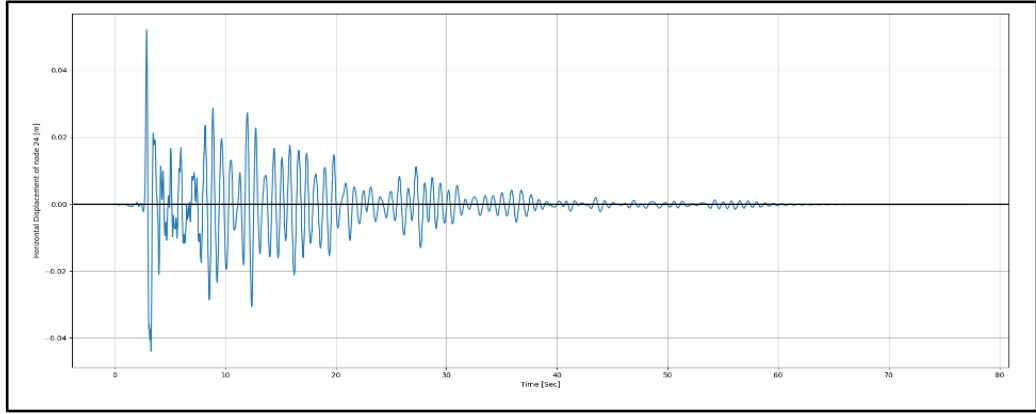
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.17: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

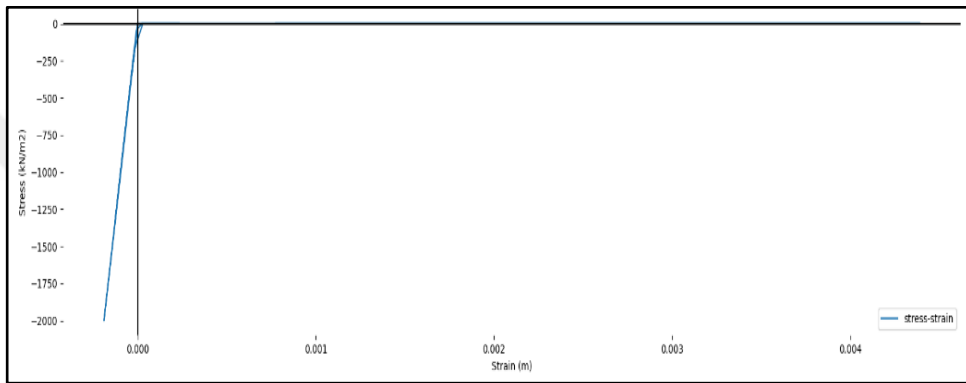
<i>EleNo</i>	<i>Ana şok şekil değiştirme performansı</i>	<i>Artçı şok şekil değiştirme performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

4.4.1.2.2. Ölçek katsayısı = 1.51 ardışık deprem sonuçları

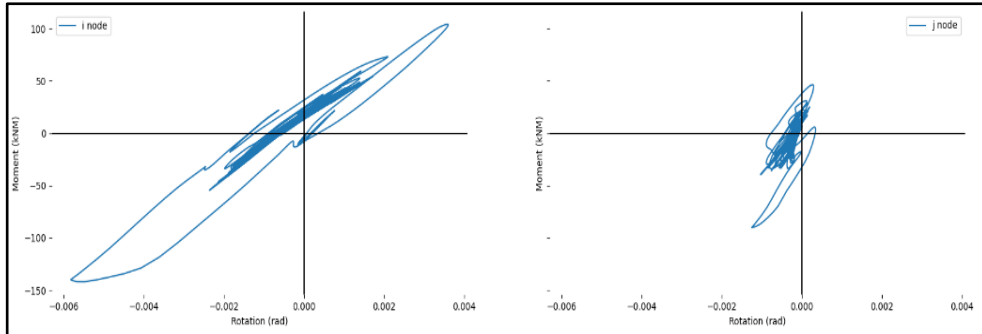
Elastik spektruma göre ölçeklenen depremin etkilemesiyle yapıdaki elemanların ana şokta plastik deformasyonlar yapmaya başladığını Şekil 4.59 ve Şekil 4.60, artçı şokta bu deformasyonların daha çok arttığı Şekil 4.65 ve Şekil 4.66 da görülebilmektedir.



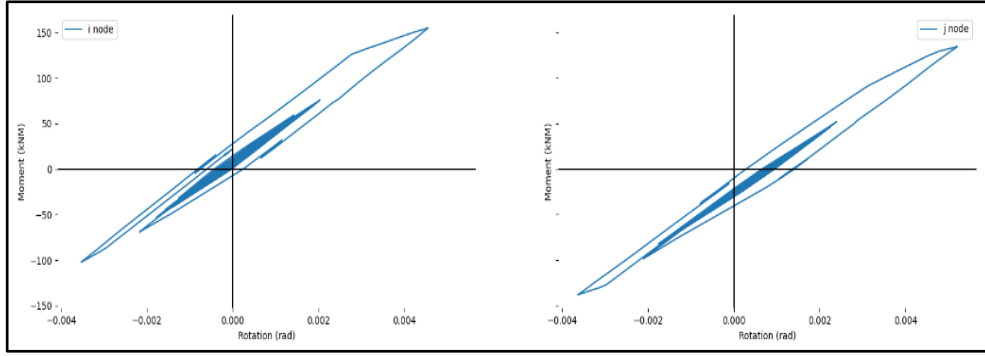
Şekil 4.67: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



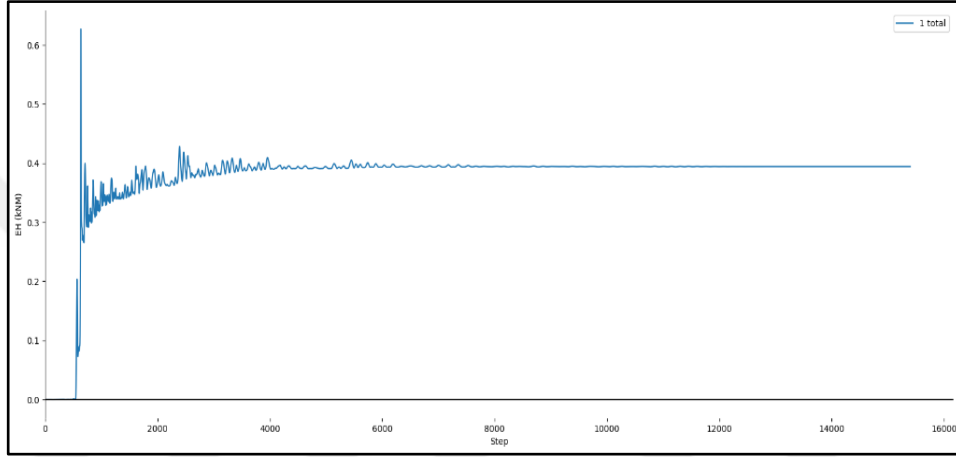
Şekil 4.68: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



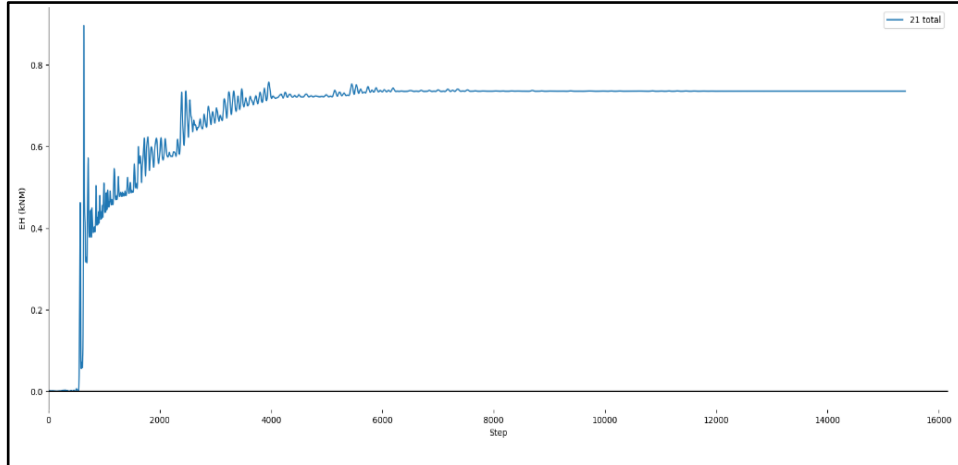
Şekil 4.69: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.70: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.

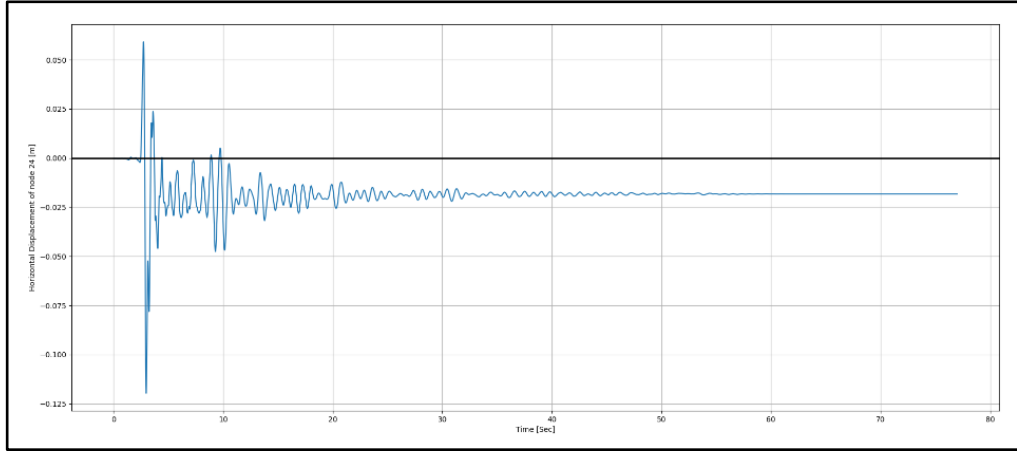


Şekil 4.71: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.

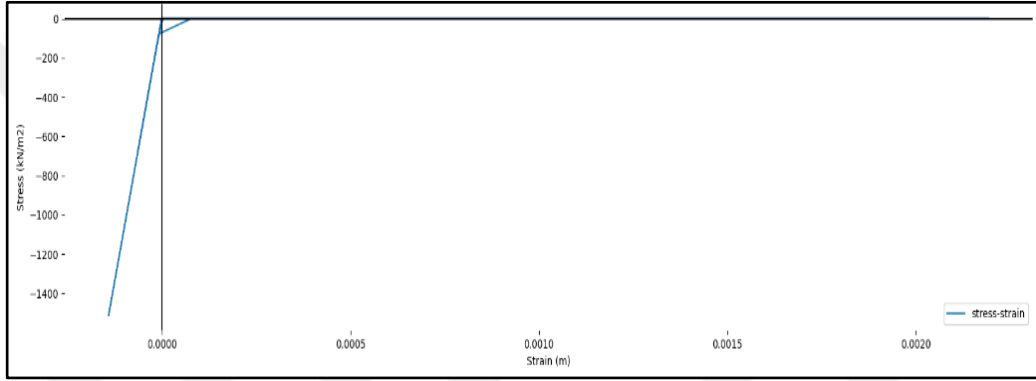


Şekil 4.72: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.

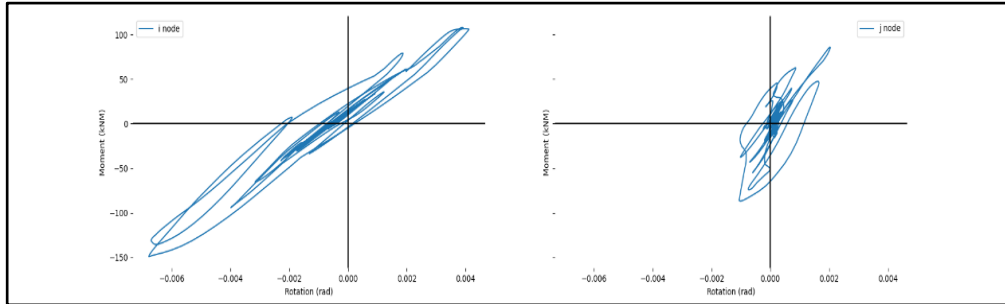
Artçı şok altında yapı lineer bölgeden çıktığı Şekil 4.73 'ten anlaşılabılır. Kolonlardaki gerilmeler lineer durumda kalsada plastik dönmeler mevcuttur. Kirişlerde Şekil 4.76'dan da anlaşılaçağı gibi mafsallaşmalar oluşmuştur.



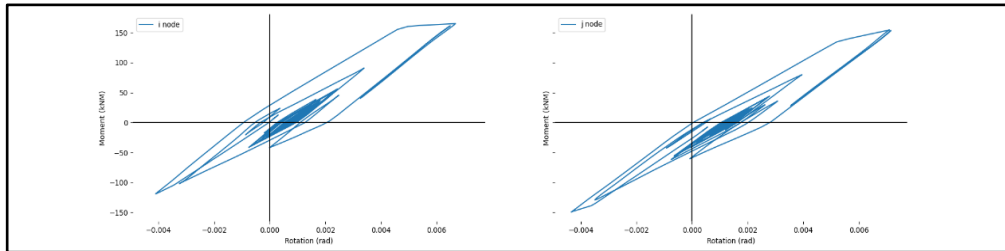
Şekil 4.73: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



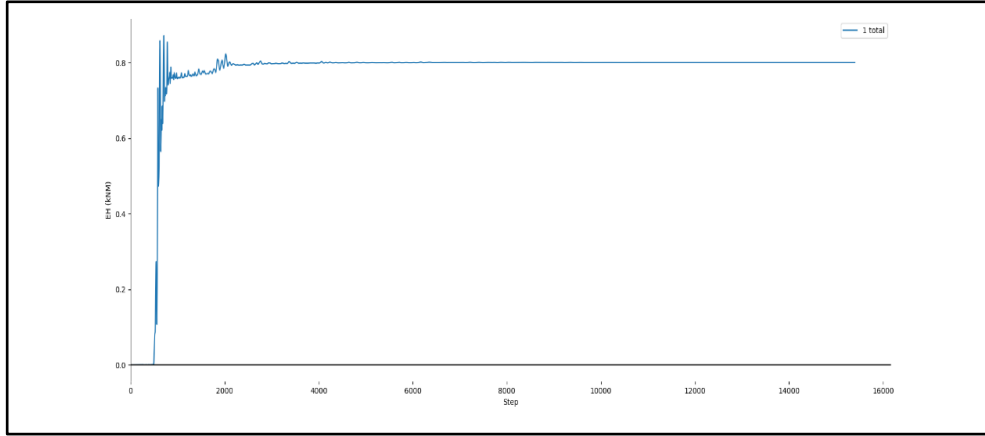
Şekil 4.74: Artçı şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



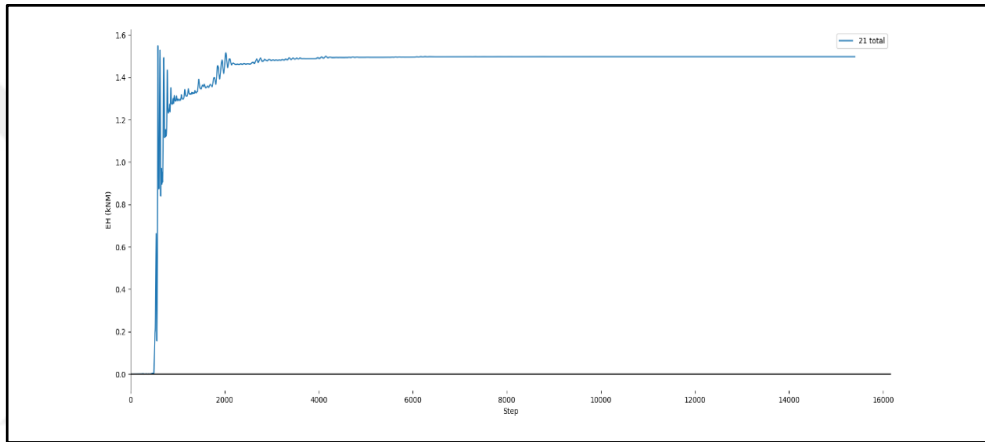
Şekil 4.75: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.76: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.

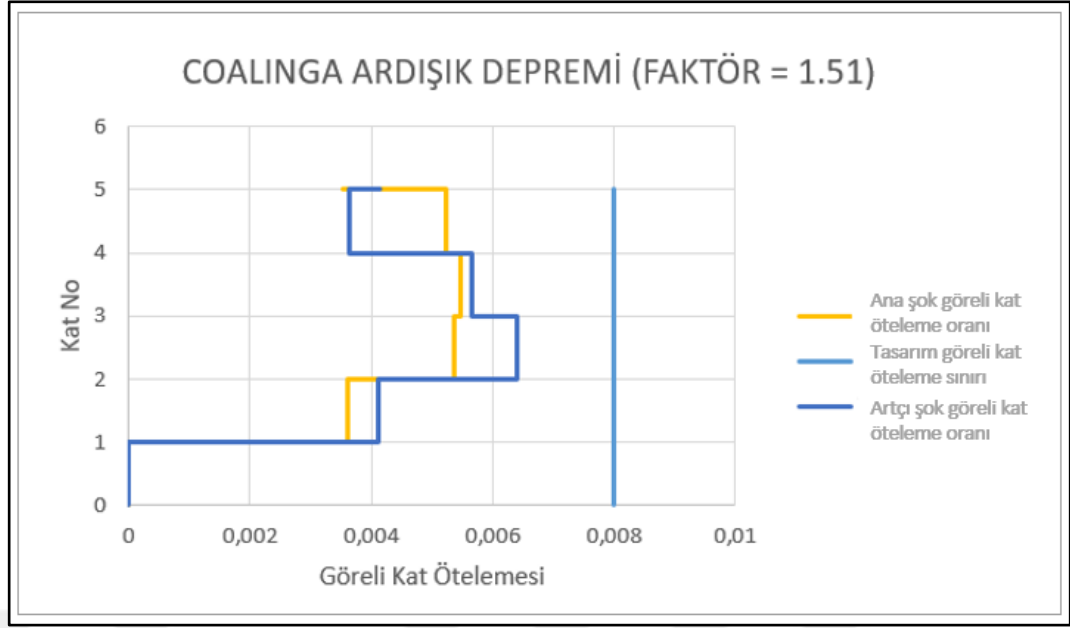


Şekil 4.77: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



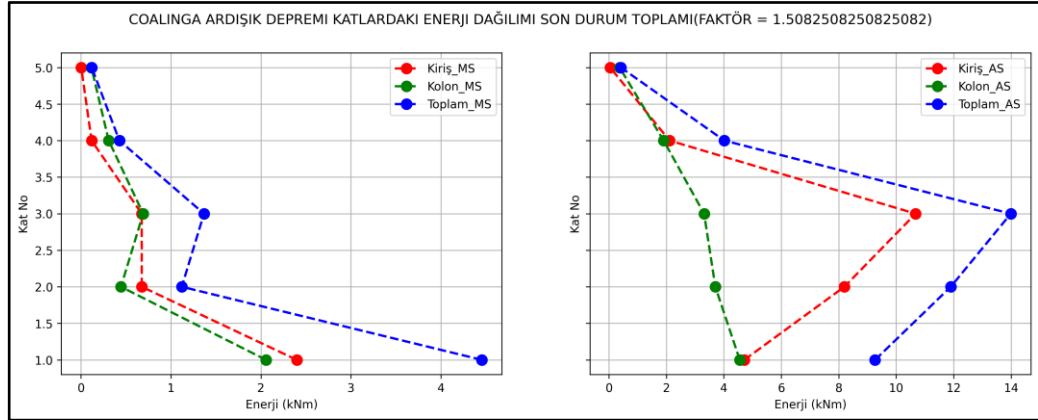
Şekil 4.78: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.

Şekil 4.77 ve Şekil 4.78’ e bakıldığında kirişlerde tüketilen enerji miktarları kolonlardan daha üst seviyede olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4.79: Görelî kat ötelemesi.

Şekil 4.79'da gösterilen görelî kat öteleme oranlarının tasarım görelî kat öteleme oranını geçmediği görülmüyor. Kat bazında enerji dağılımlarının gösterildiği Şekil 4.80'e bakıldığında diğer depremlerdeki davranışa benzer şekilde enerji ilk katlarda tüketilmiştir.



Şekil 4.80: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.18: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

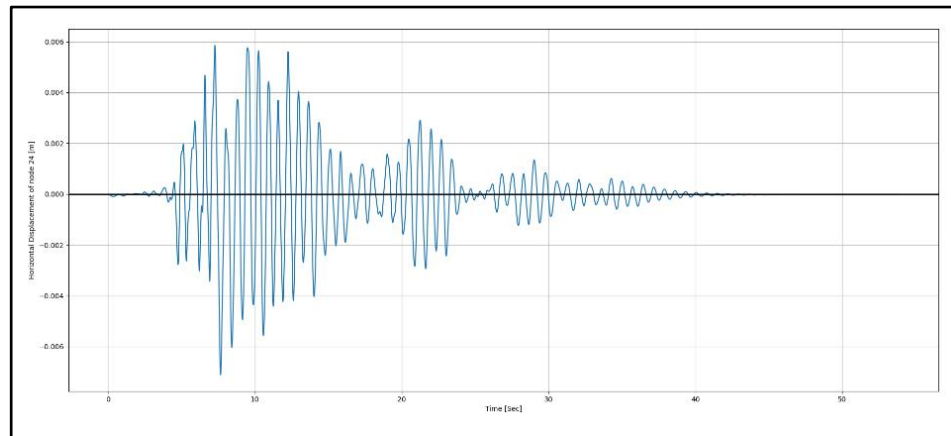
<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.19: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

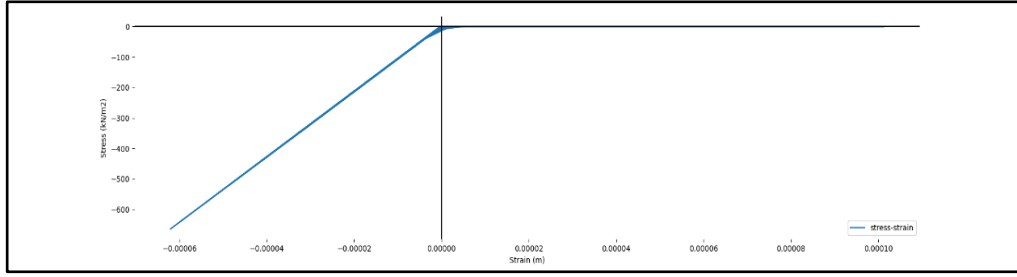
<i>EleNo</i>	<i>Ana şok şekil değiştirme performansı</i>	<i>Artçı şok şekil değiştirme performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Belirgin
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Belirgin
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

4.4.1.3. Imperial valley ardışık deprem sonuçları

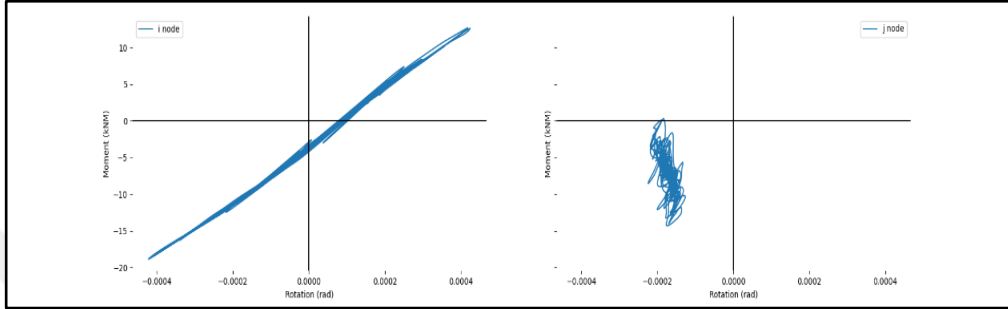
4.4.1.3.1. Ölçek katsayısı = 0.13 ardışık deprem sonuçları



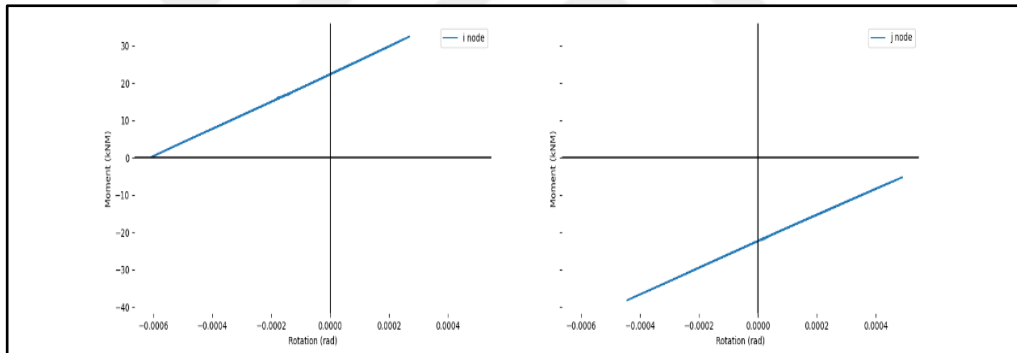
Şekil 4.81: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



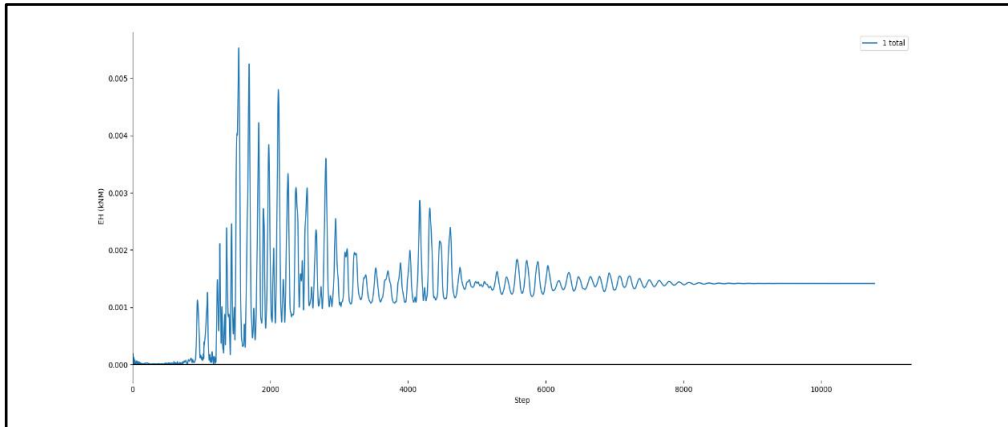
Şekil 4.82: Ana şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



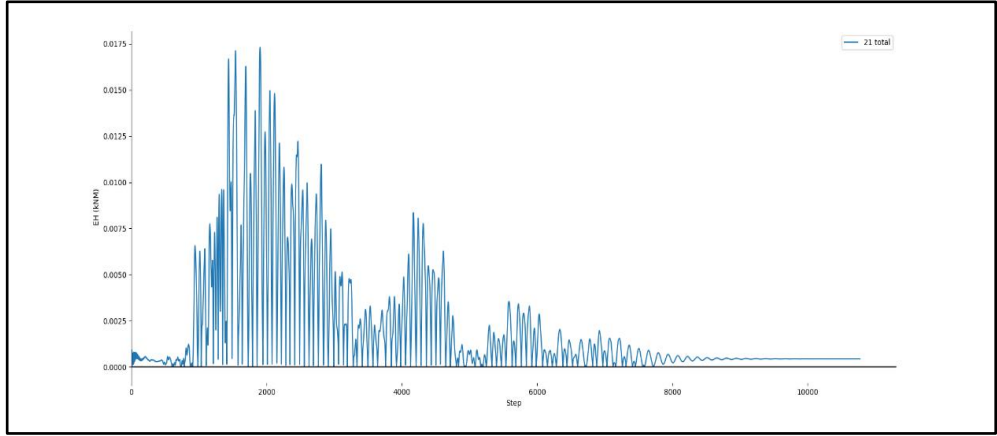
Şekil 4.83: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



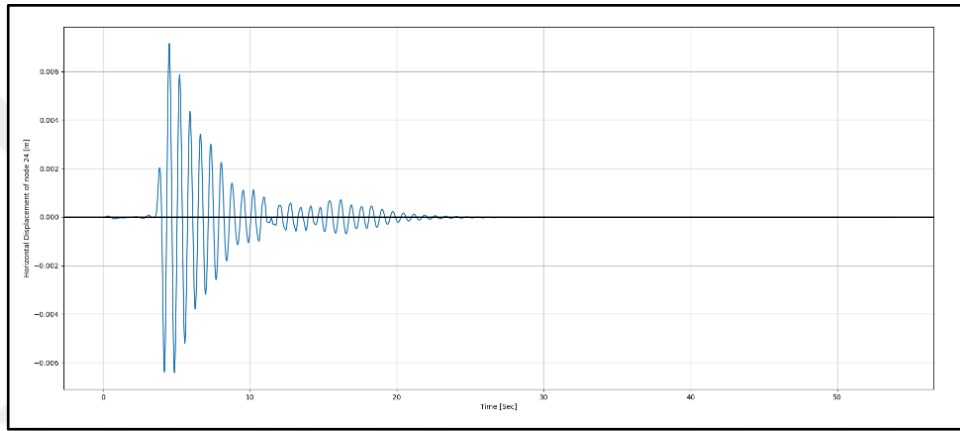
Şekil 4.84: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



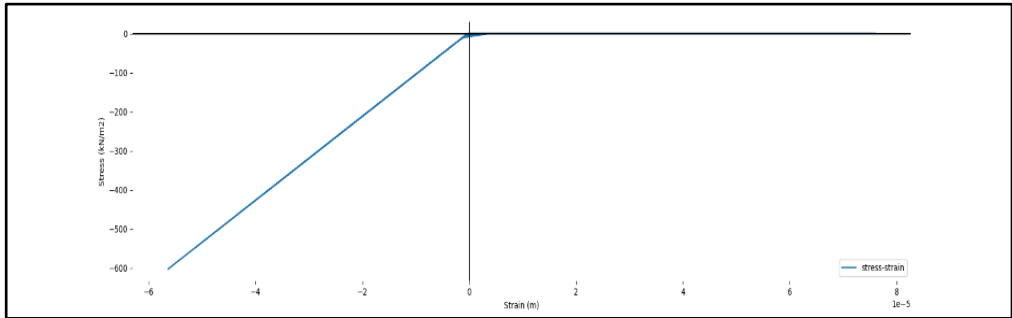
Şekil 4.85: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



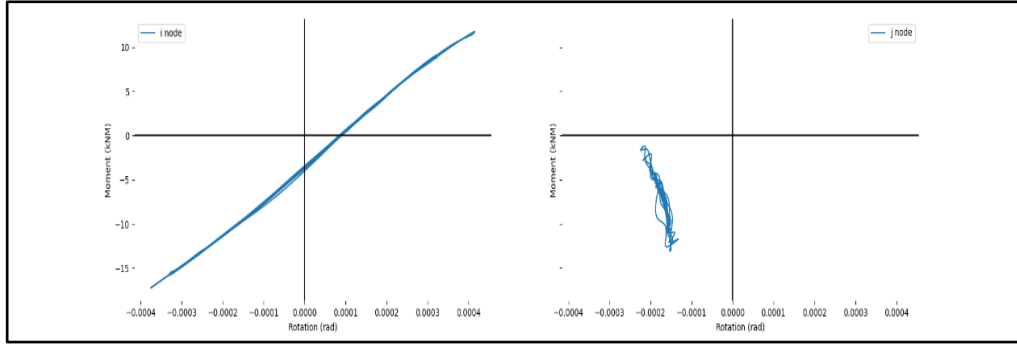
Şekil 4.86: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



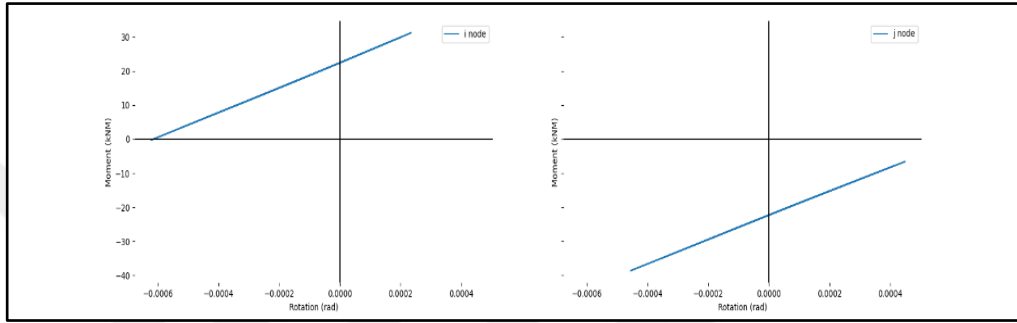
Şekil 4.87: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



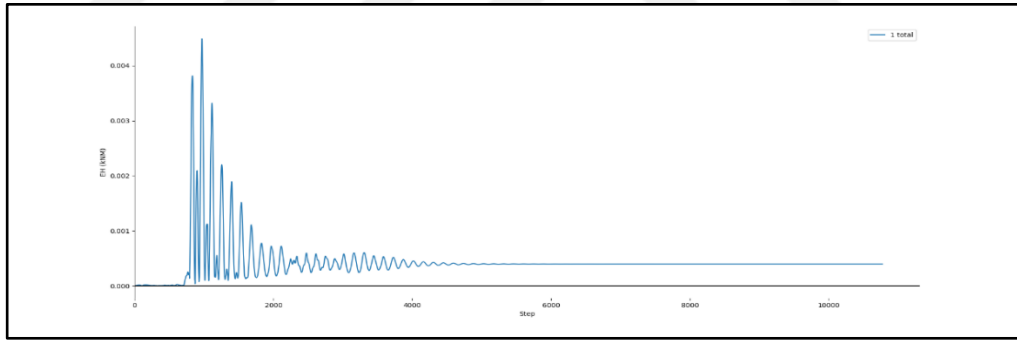
Şekil 4.88: Artçı şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



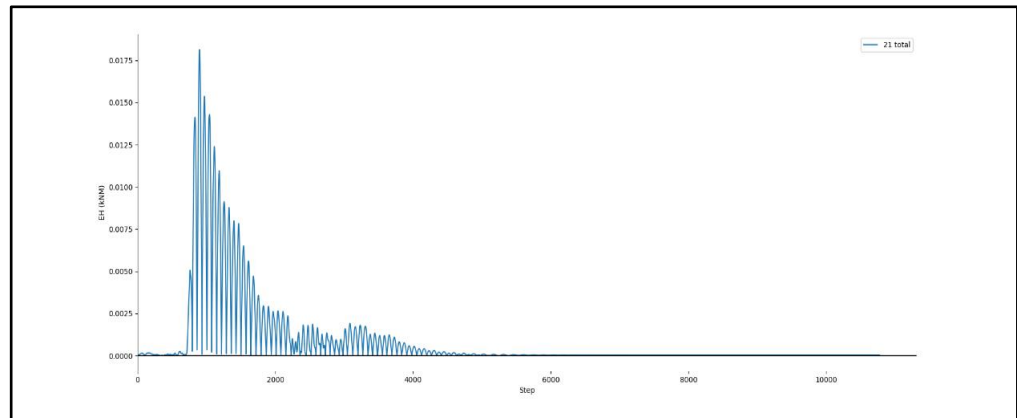
Şekil 4.89: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



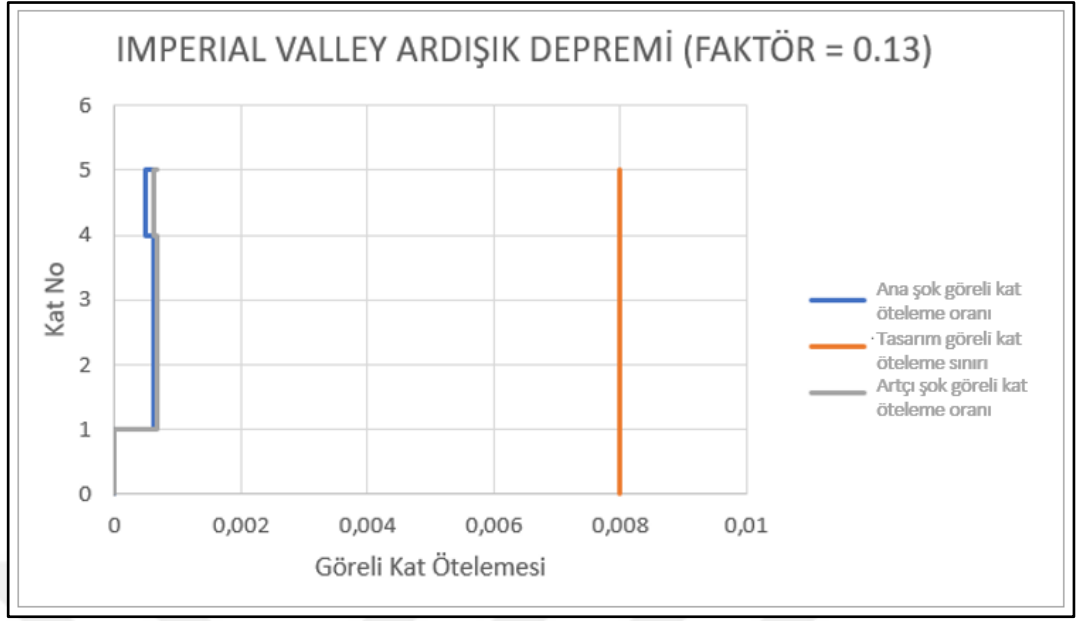
Şekil 4.90: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



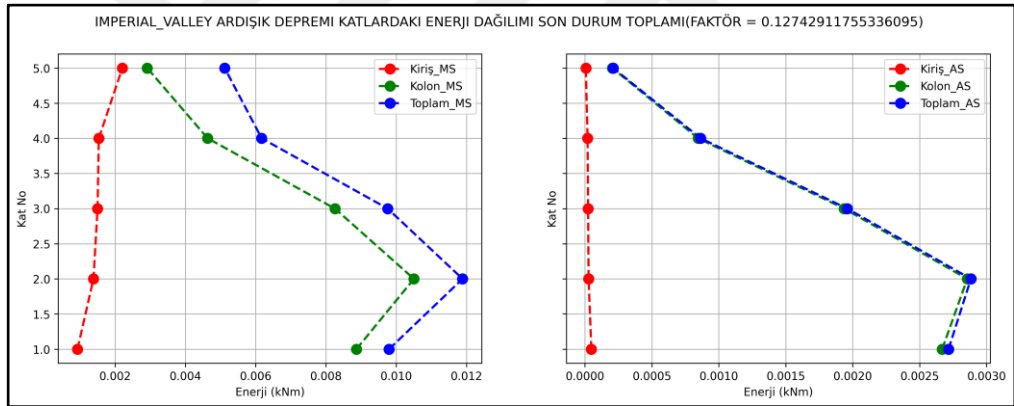
Şekil 4.91: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.92: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.93: Görel kat ötelemesi.



Şekil 4.94: Kat enerji dağıtımları.

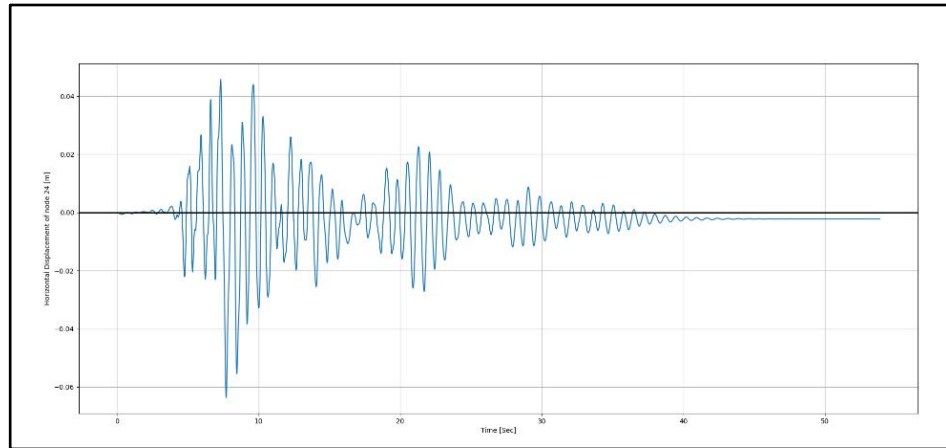
Tablo 4.20: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

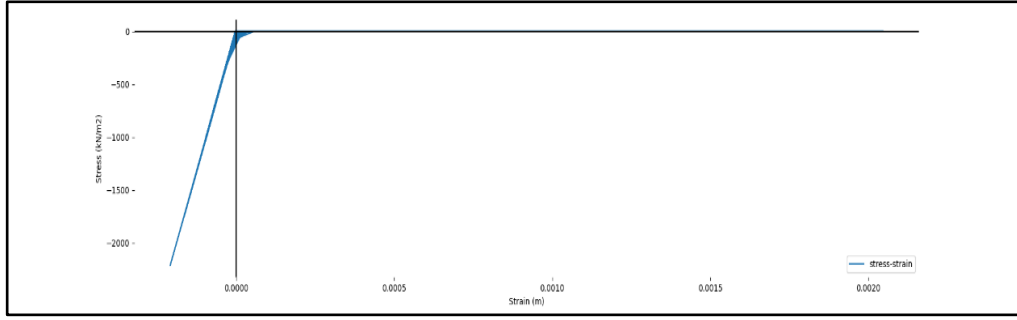
Tablo 4.21: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

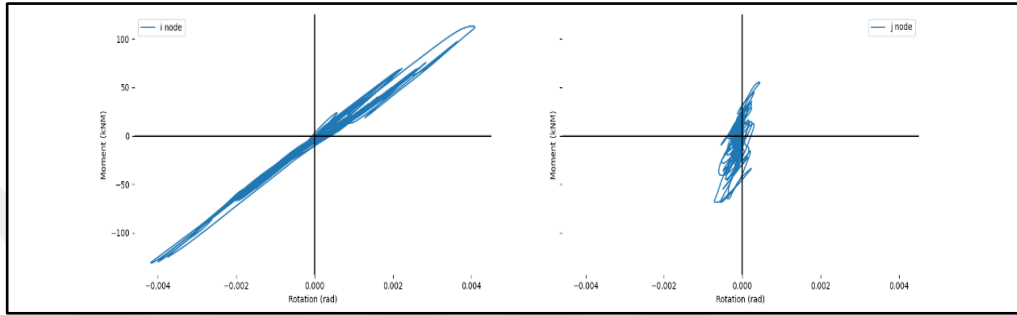
4.4.1.3.2. Ölçek katsayısı = 1.02 ardışık deprem sonuçları



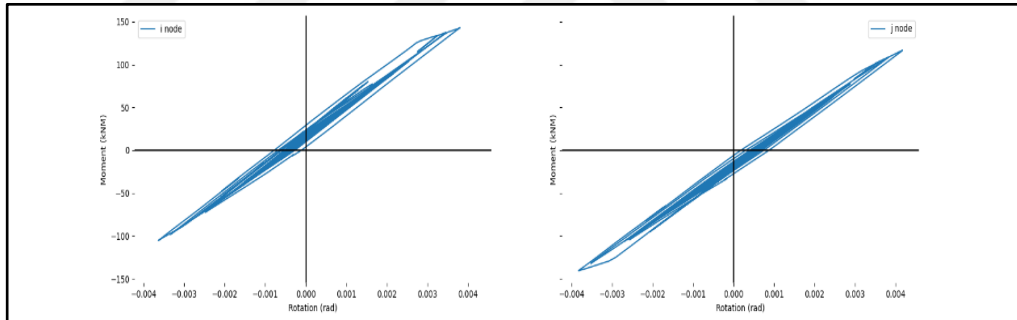
Şekil 4.95: Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.



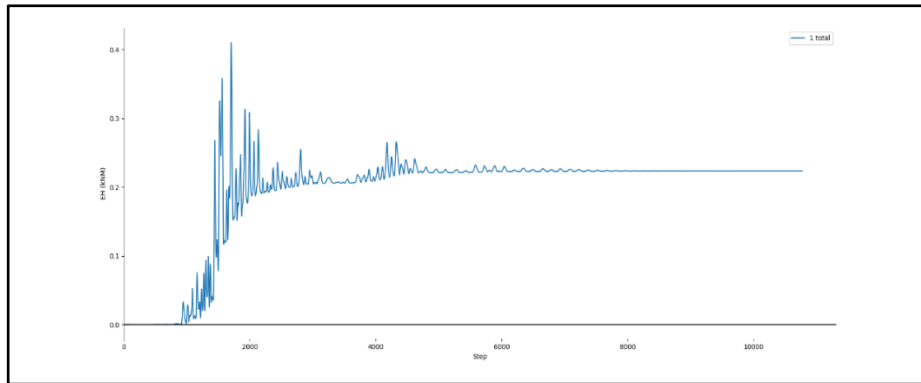
Şekil 4.96: Ana şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



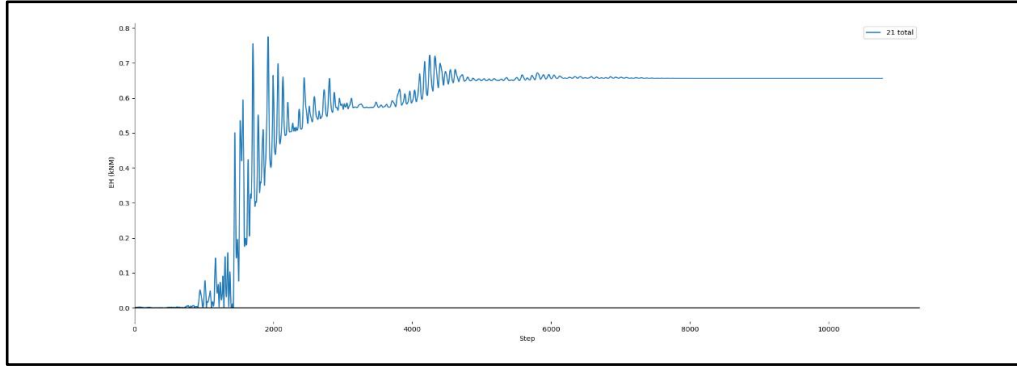
Şekil 4.97: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



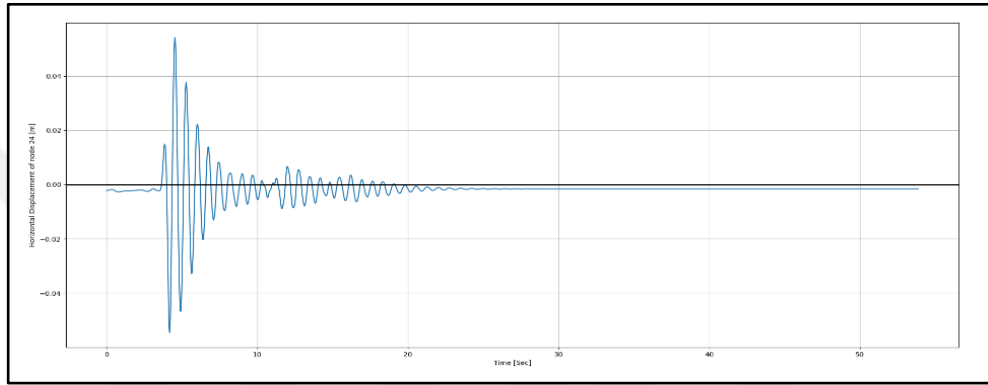
Şekil 4.98: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



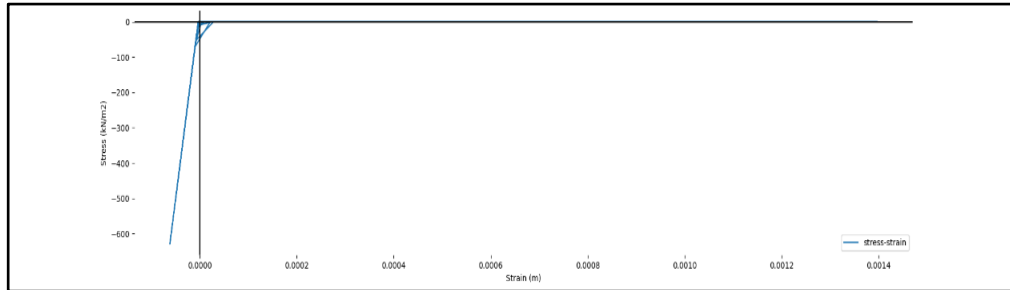
Şekil 4.99: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



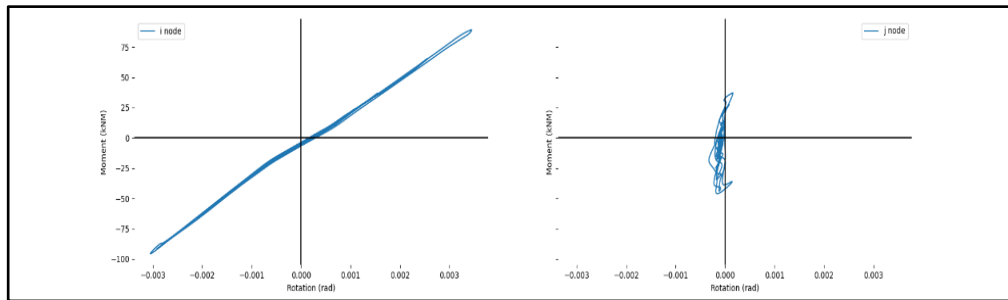
Şekil 4.100: Ana şok giriş 21 enerji-zaman grafiği.



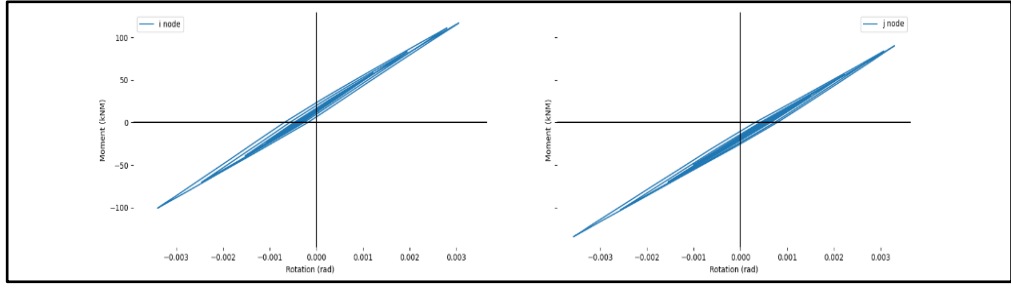
Şekil 4.101: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



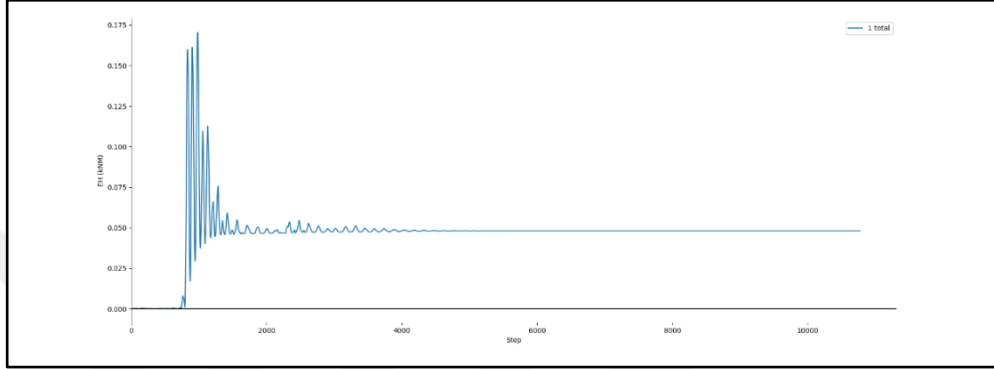
Şekil 4.102: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



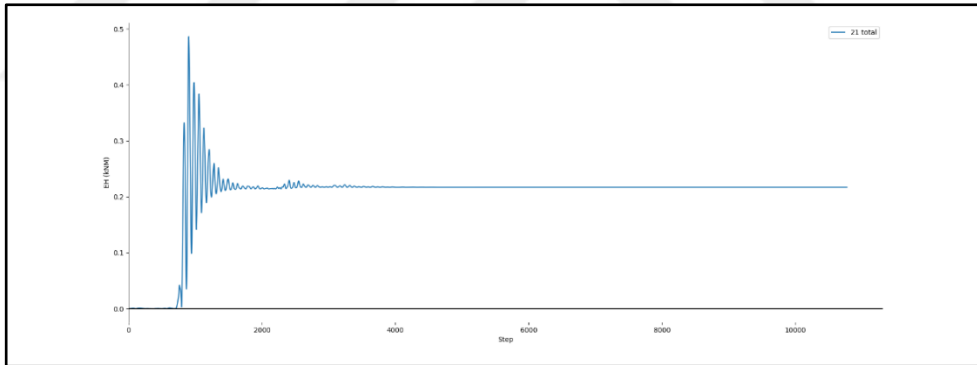
Şekil 4.103: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



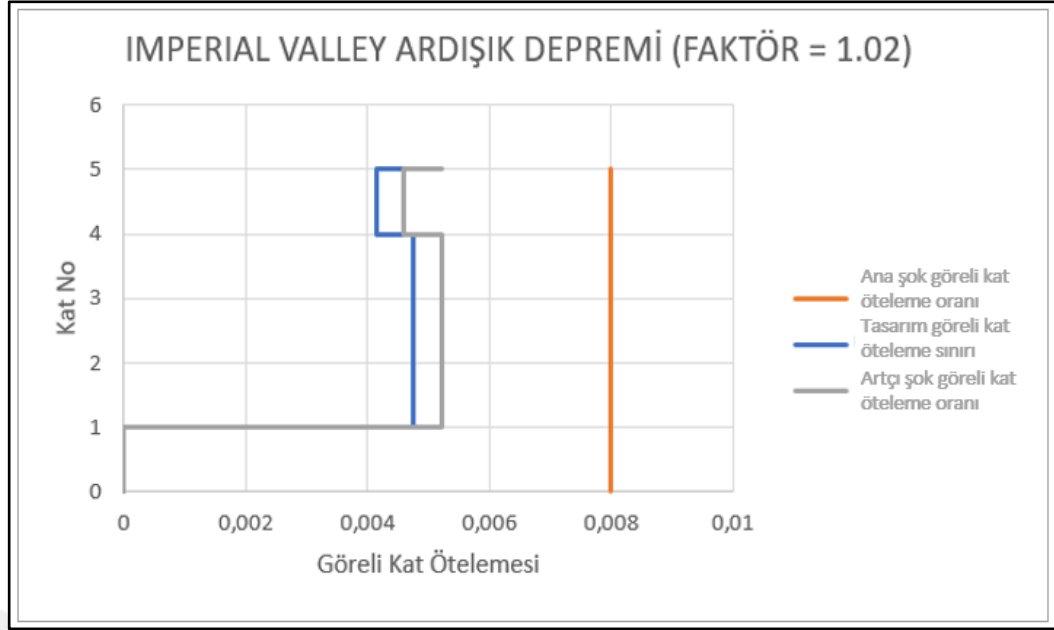
Şekil 4.104: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



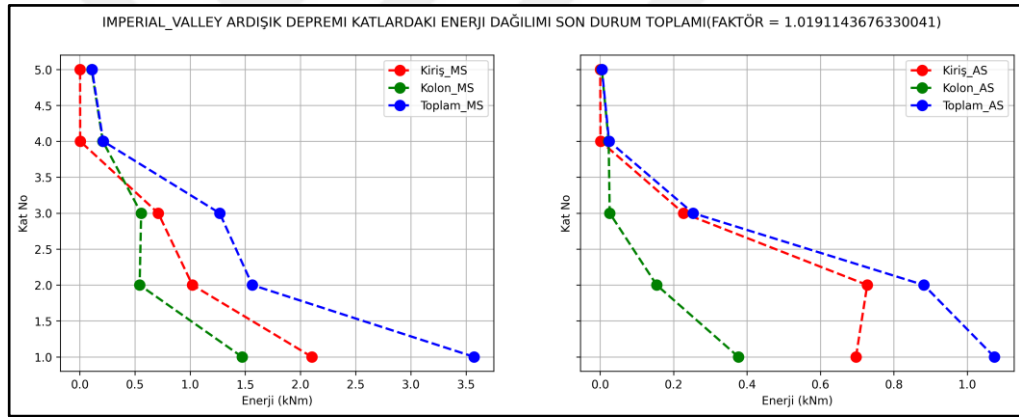
Şekil 4.105: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.106: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.107: Görelî kat ötelemesi.



Şekil 4.108: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.22: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.22:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.23: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

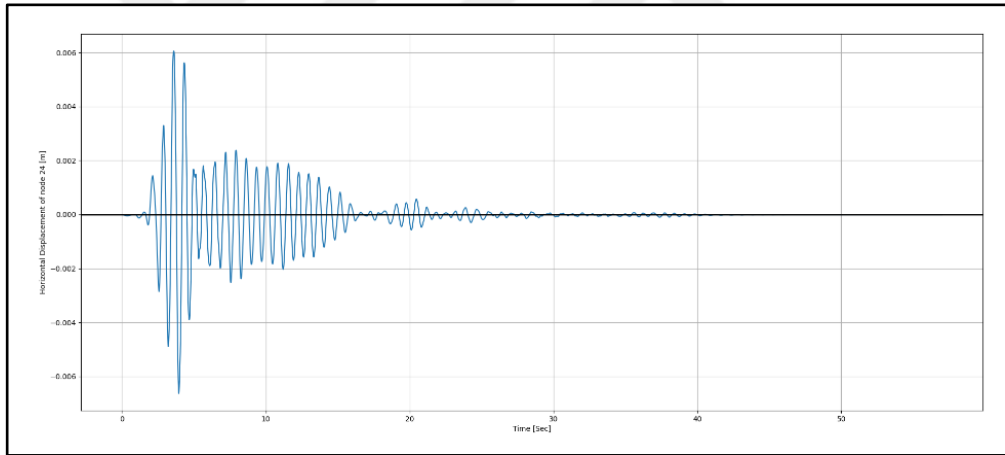
<i>EleNo</i>	<i>Şekil değiştirme performansı</i>	<i>Şekil değiştirme performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı

Tablo 4.23:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

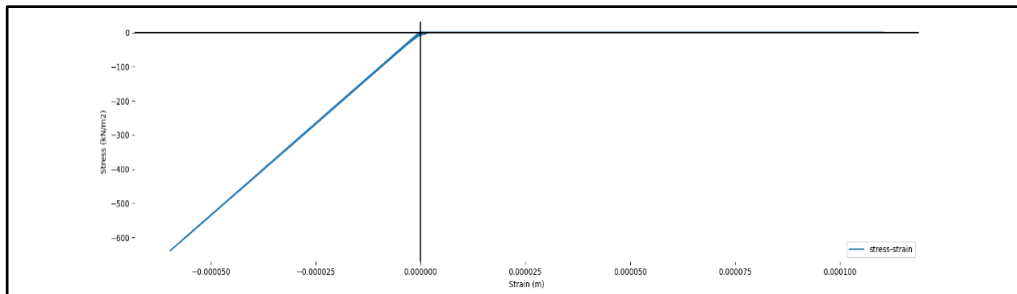
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

4.4.1.4. Whittier Narrows Ardışık Deprem Sonuçları

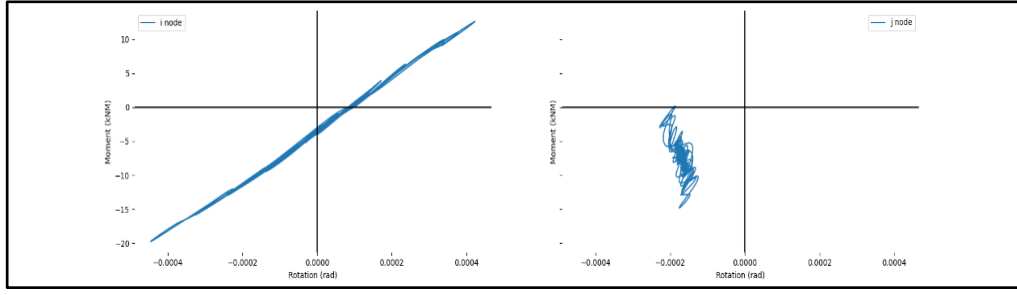
4.4.1.4.1. Ölçek katsayısı = 0.10 ardışık deprem sonuçları



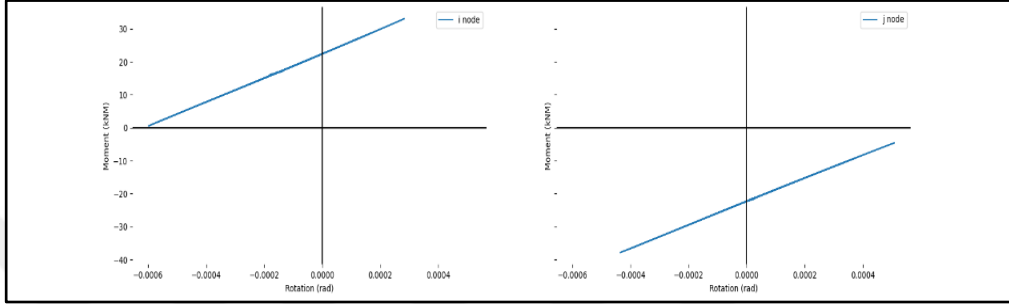
Şekil 4.109: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



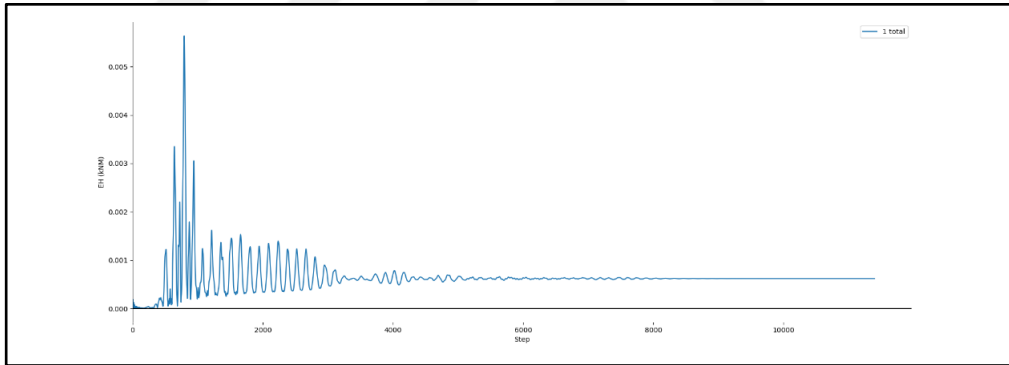
Şekil 4.110: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



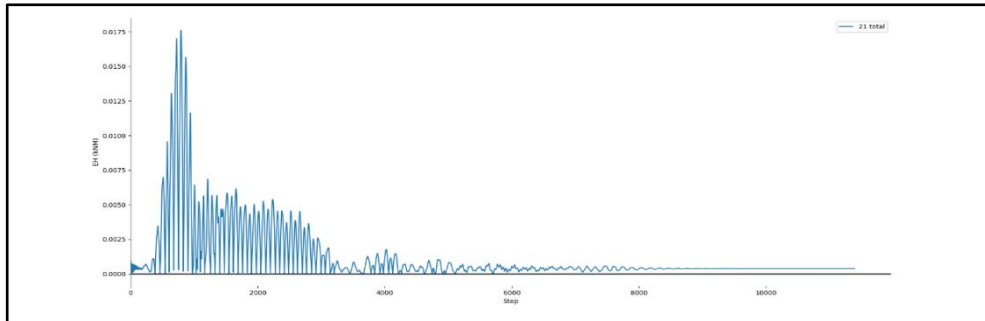
Şekil 4.111: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



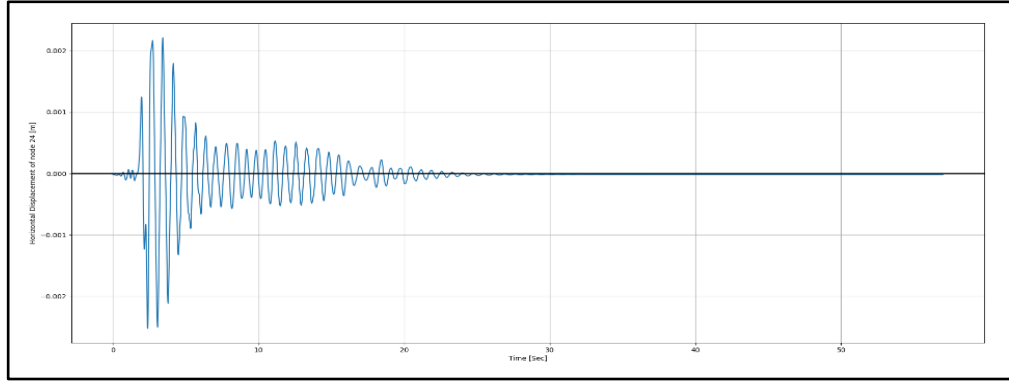
Şekil 4.112: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



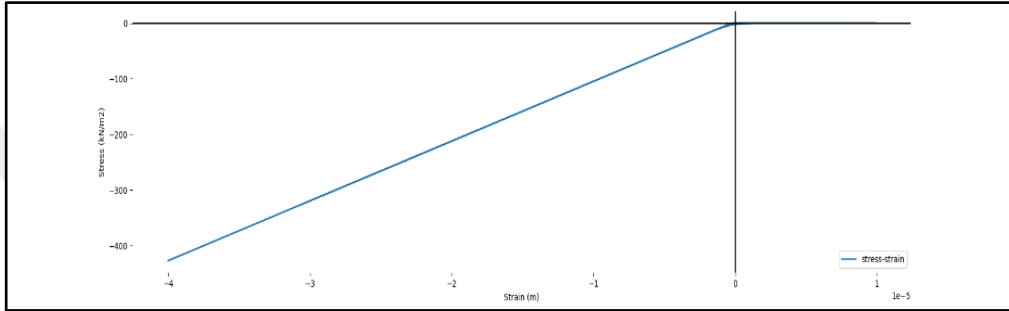
Şekil 4.113: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



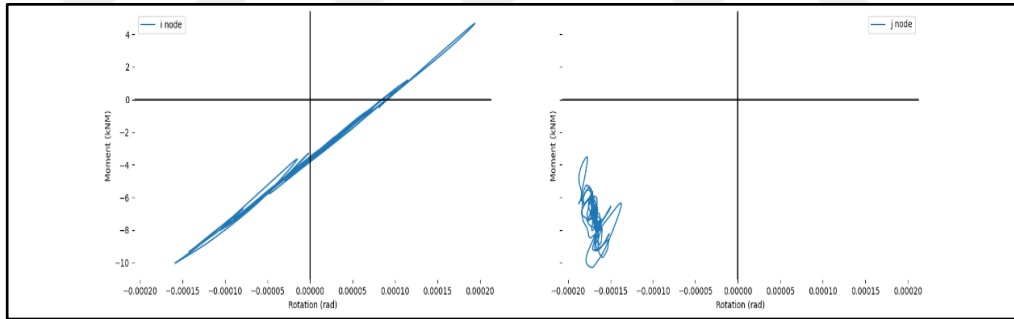
Şekil 4.114: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



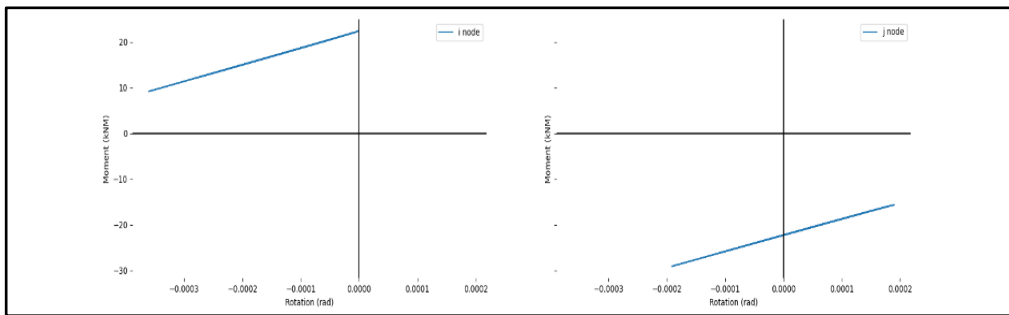
Şekil 4.115: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



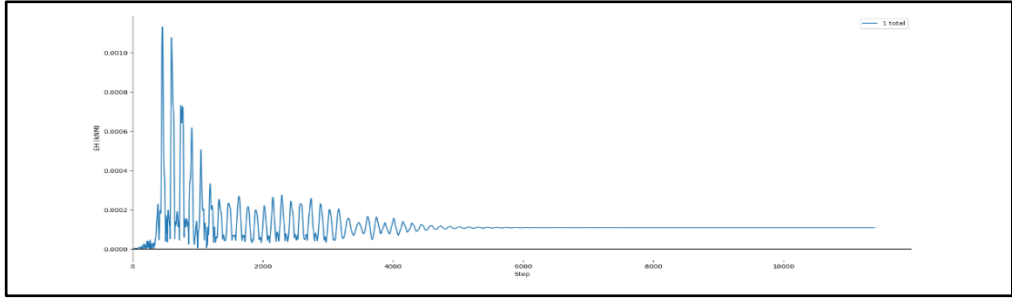
Şekil 4.116: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



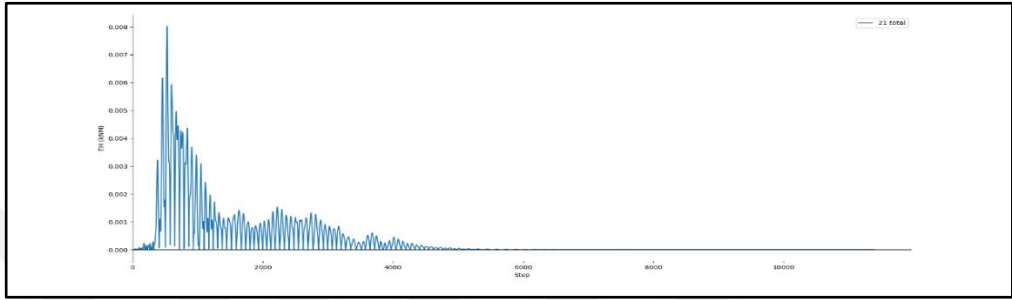
Şekil 4.117: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



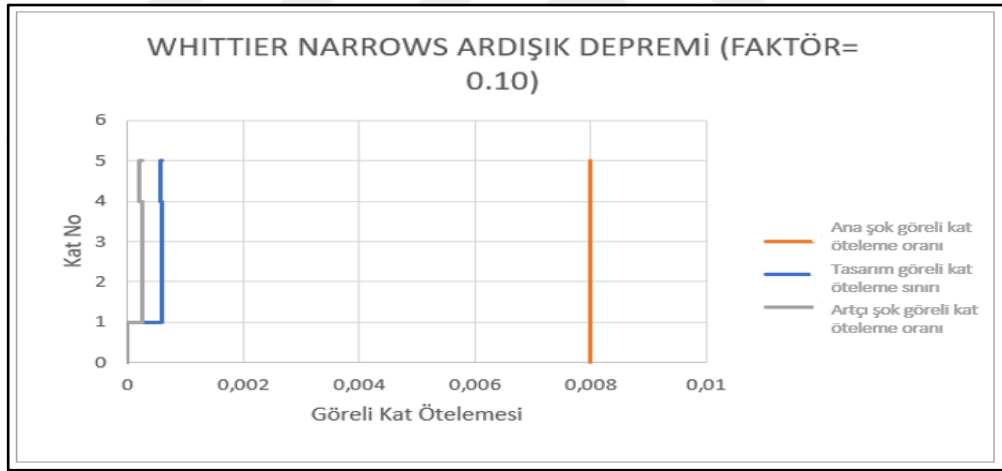
Şekil 4.118: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



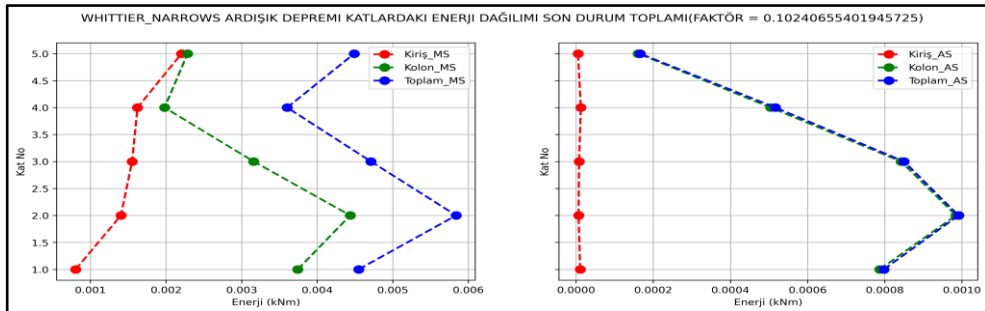
Şekil 4.119: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.120: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.121: Göreli kat ötelemesi.



Şekil 4.122: Kat enerji dağıtımları.

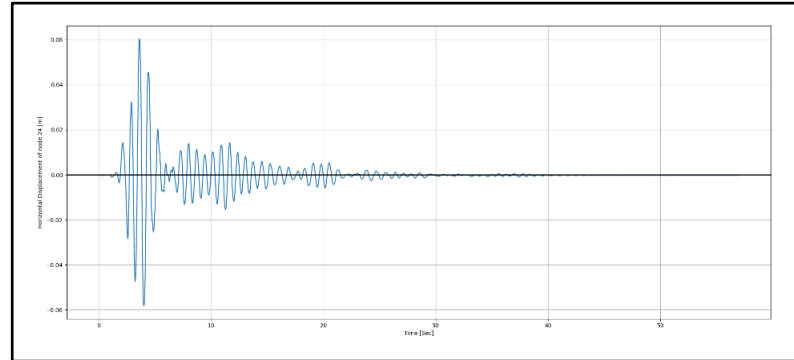
Tablo 4.24: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Sınırlı
3	Belirgin	Sınırlı
4	Belirgin	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

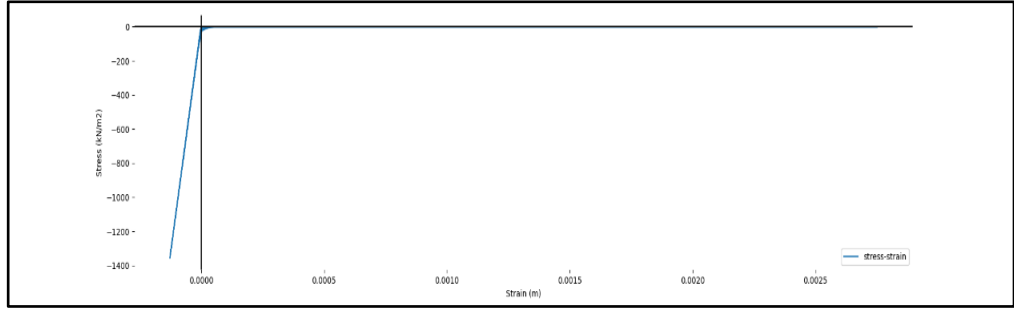
Tablo 4.25: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

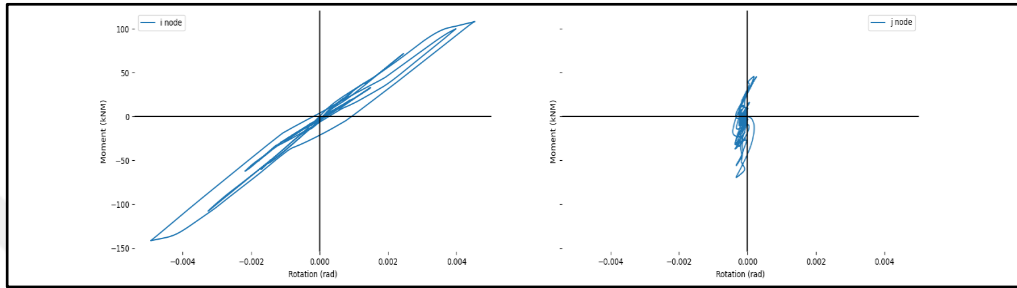
4.4.1.4.2. Ölçek katsayısı = 1 ardışık deprem sonuçları



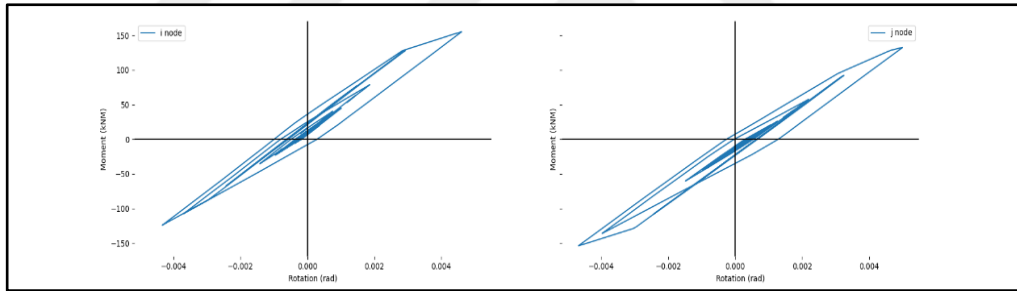
Şekil 4.123: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



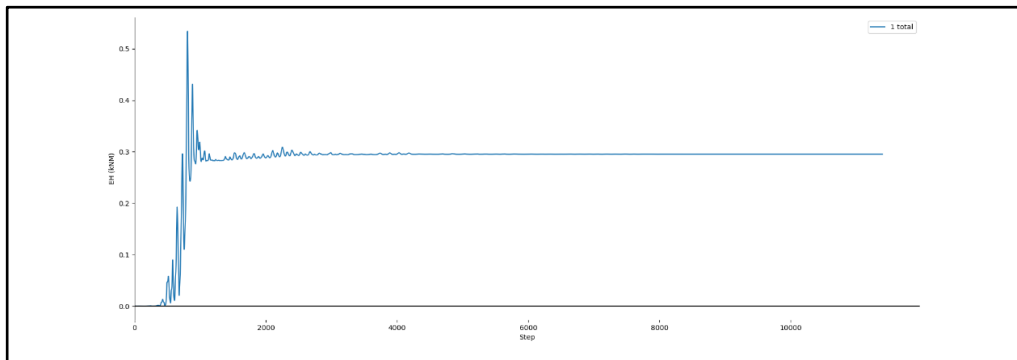
Şekil 4.124: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



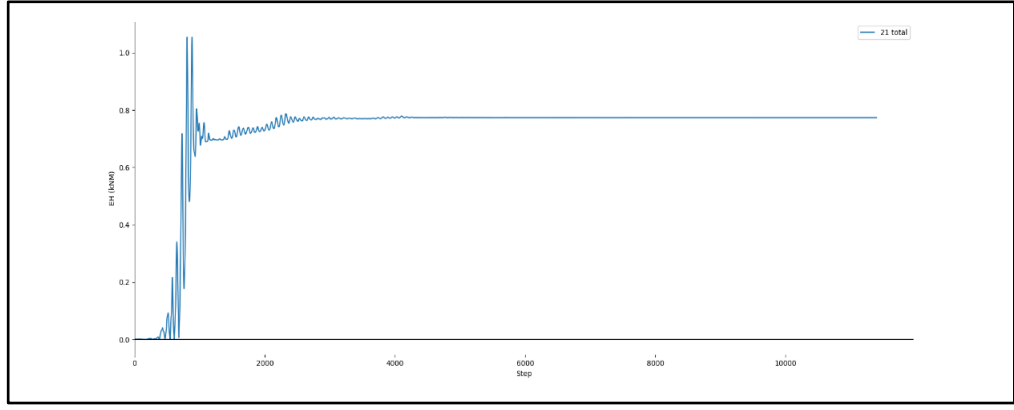
Şekil 4.125: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



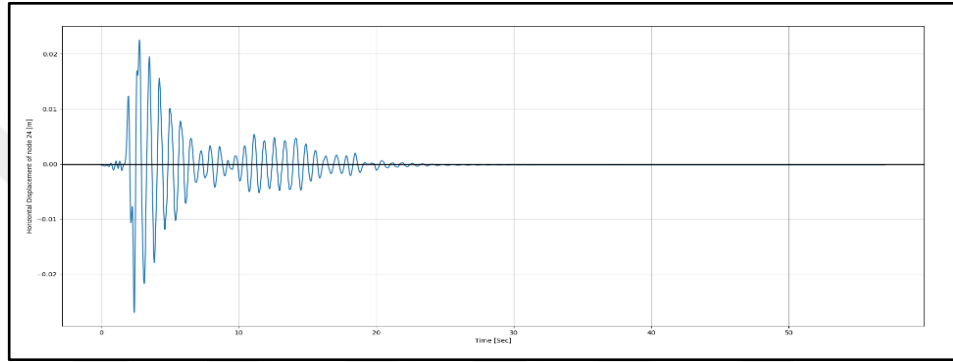
Şekil 4.126: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



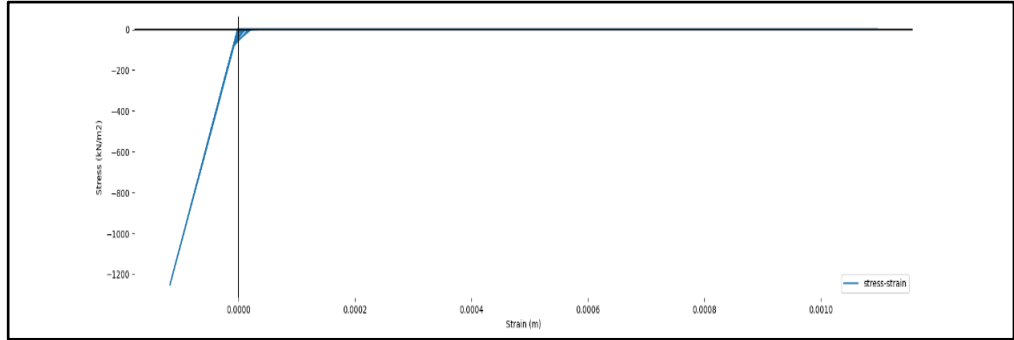
Şekil 4.127: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



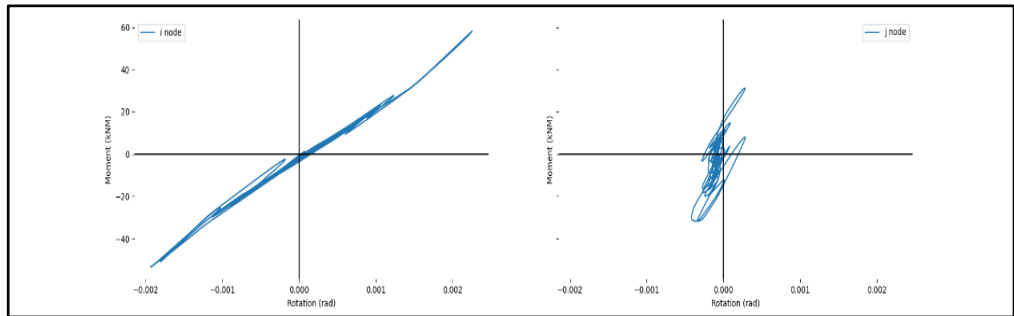
Şekil 4.128: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



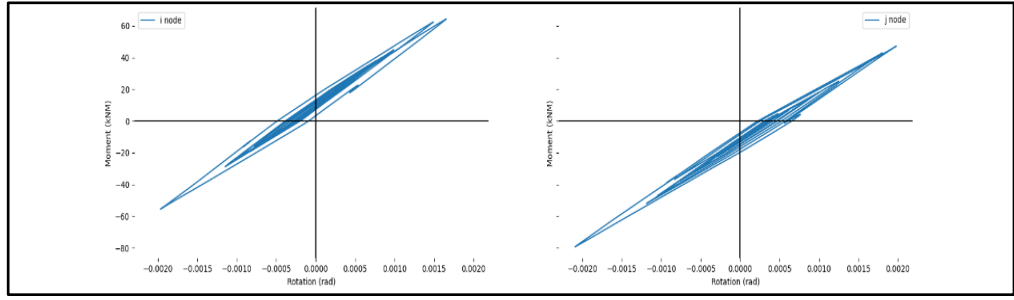
Şekil 4.129: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



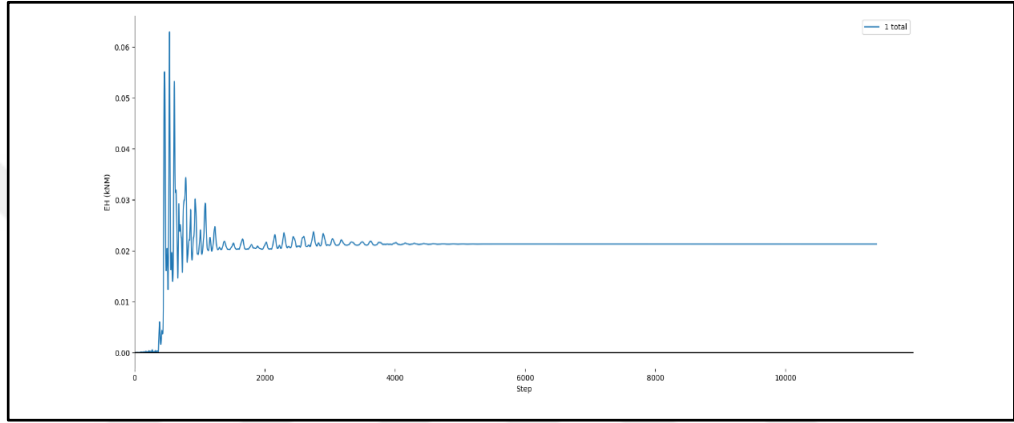
Şekil 4.130: Artçı şok kolon 2 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



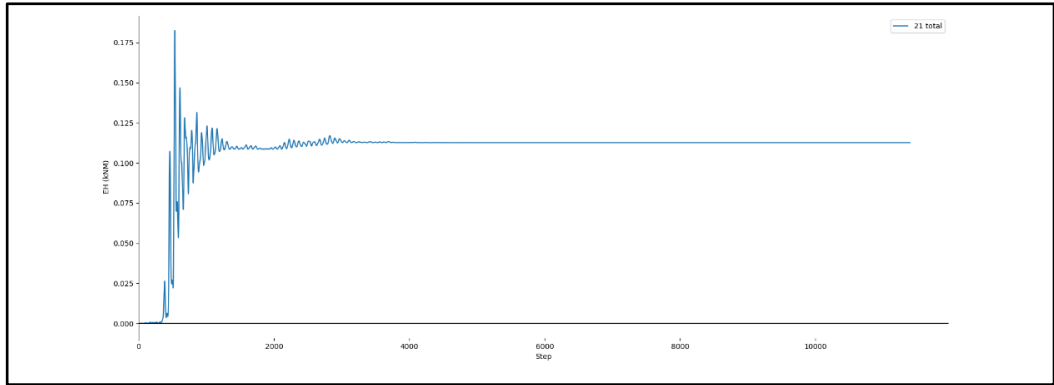
Şekil 4.131: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



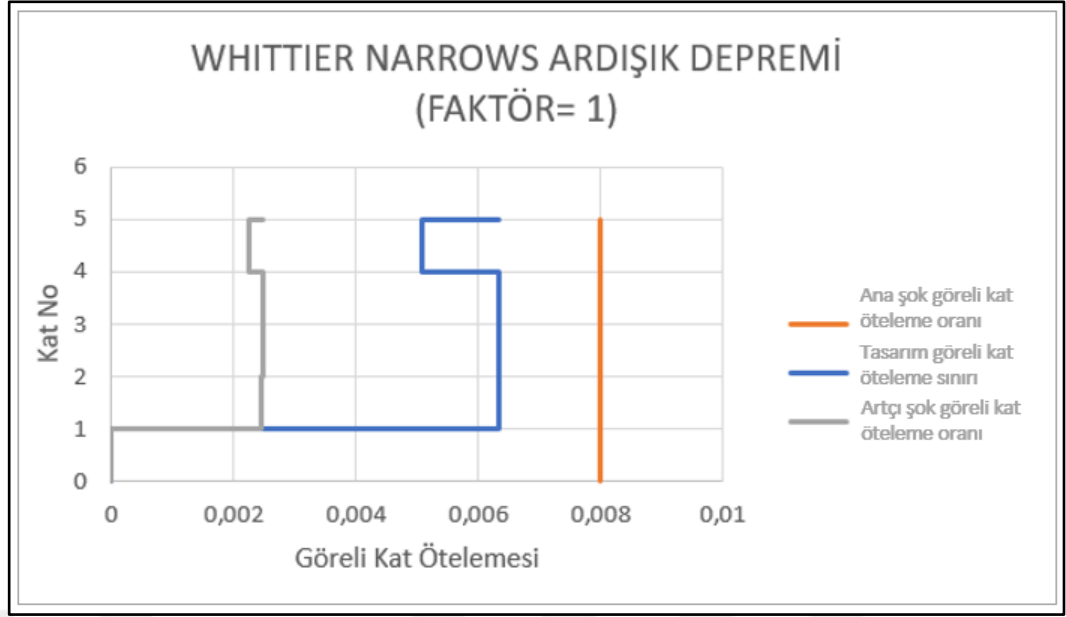
Şekil 4.132: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



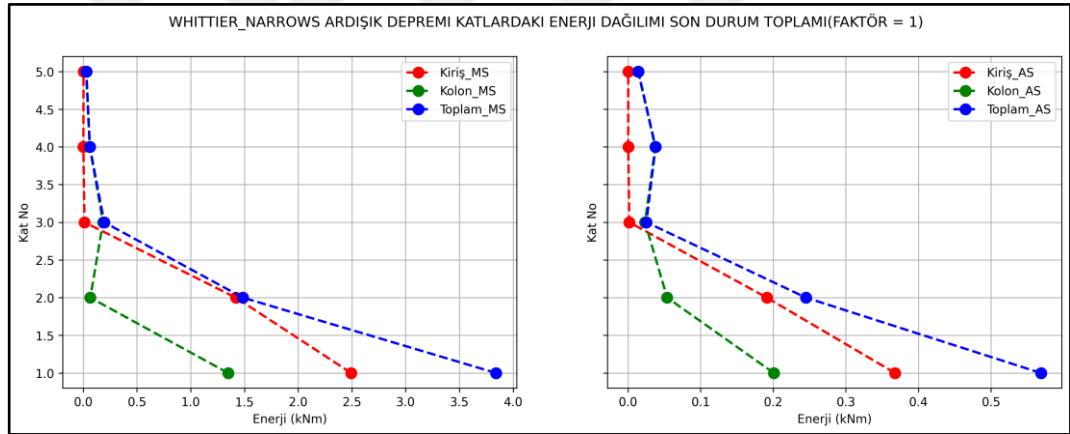
Şekil 4.133: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.134: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.135: Görel kat ötelemesi.



Şekil 4.136: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.26: Elemanların Ana-Artçı Şoklardaki Dönme Performansları

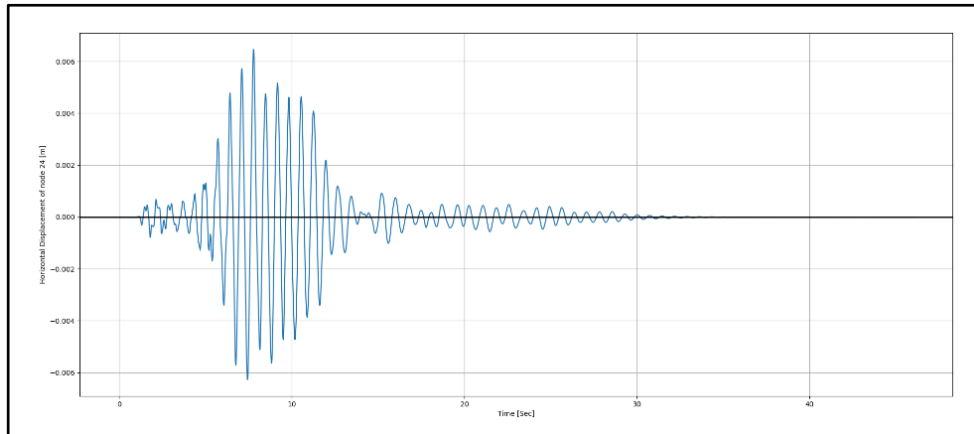
<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.27: Elemanların Ana-Artçı Şoklardaki Şekil Değiştirme Performansları

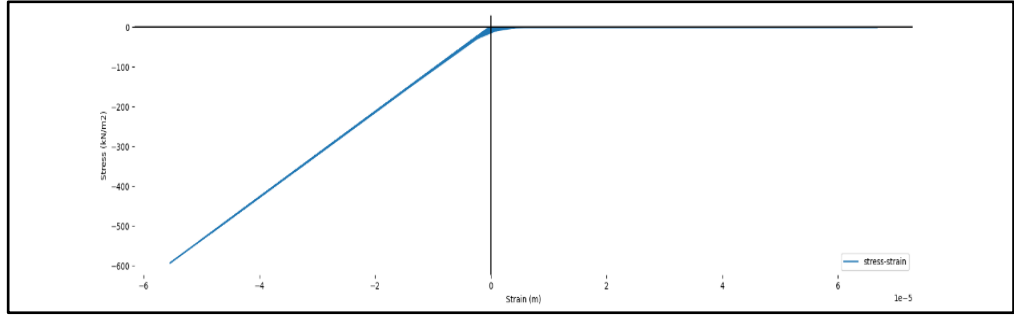
<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

4.4.1.5. Mammoth Lakes Ardışık Deprem Sonuçları

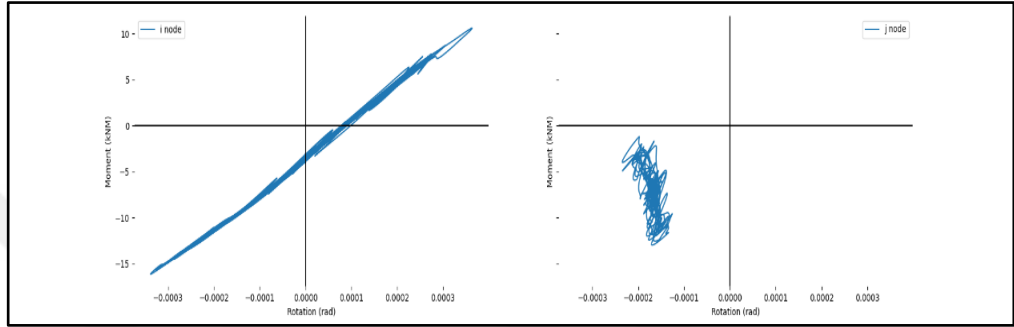
4.4.1.5.1. Ölçek katsayısı = 0.06 ardışık deprem sonuçları



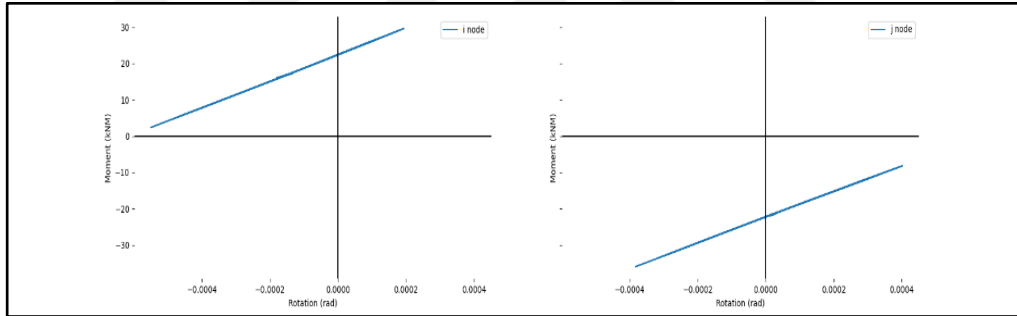
Şekil 4.137: Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.



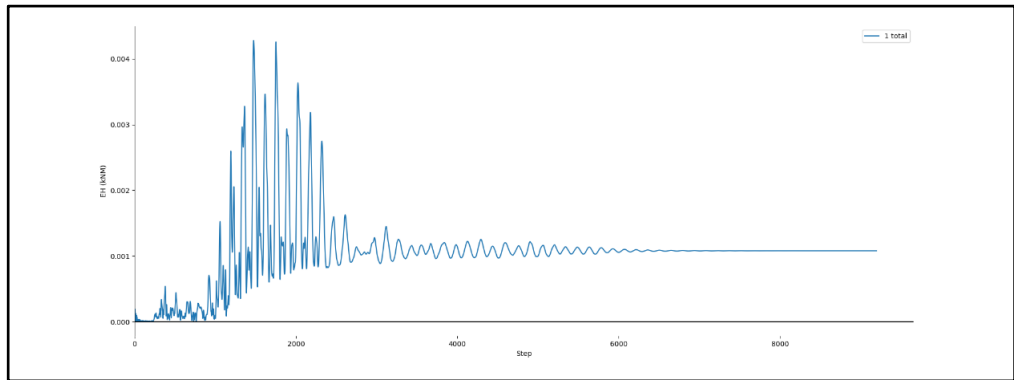
Şekil 4.138: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



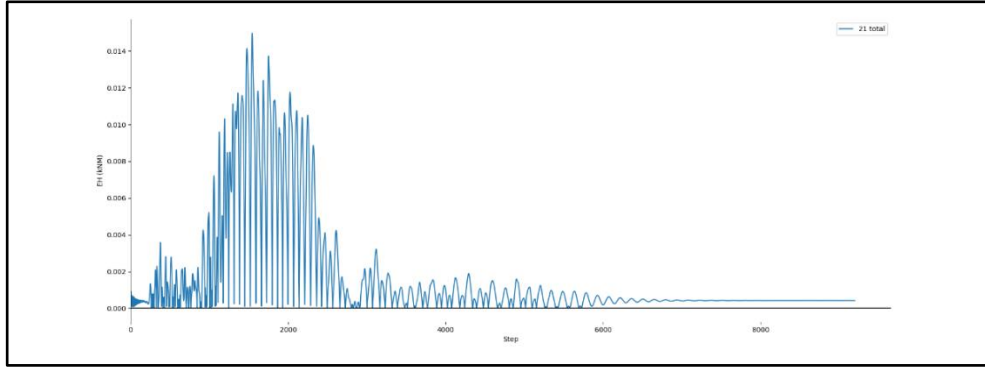
Şekil 4.139: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



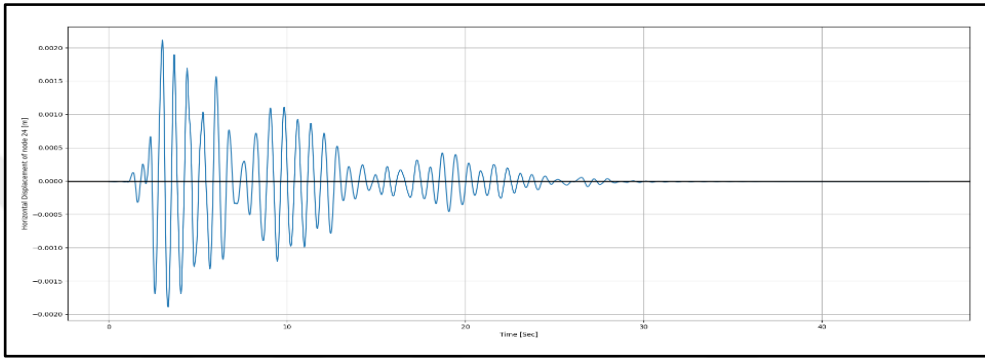
Şekil 4.140: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



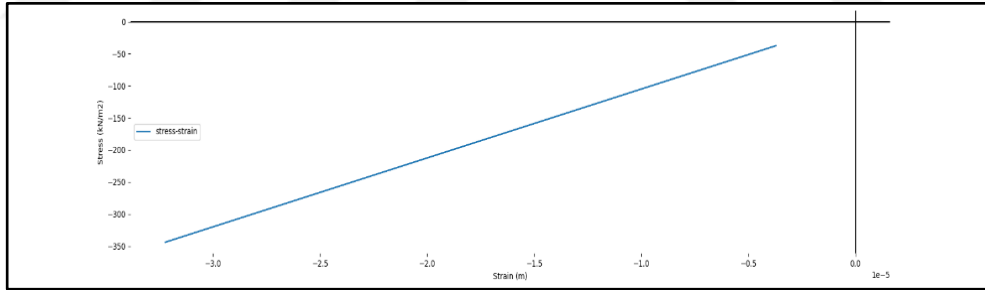
Şekil 4.141: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



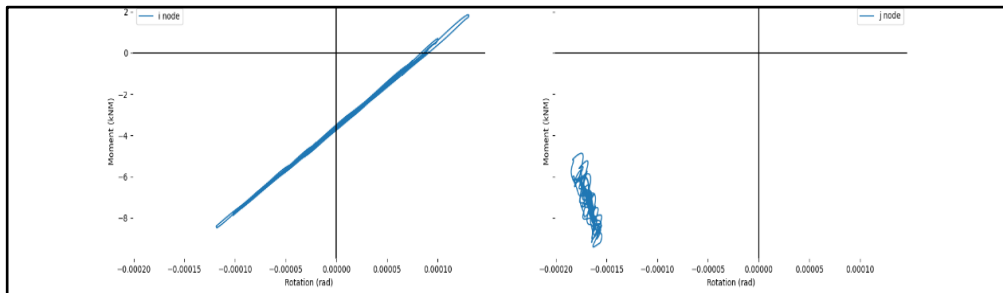
Şekil 4.142: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



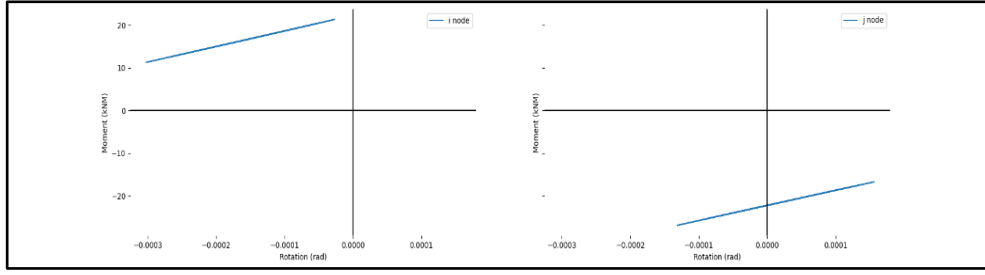
Şekil 4.143: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



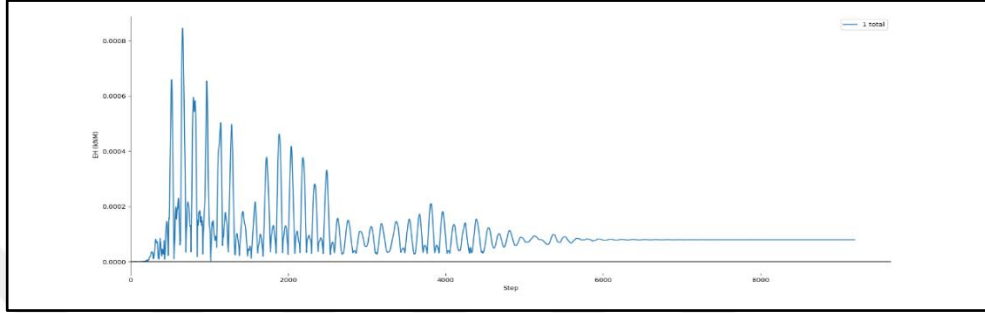
Şekil 4.144: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



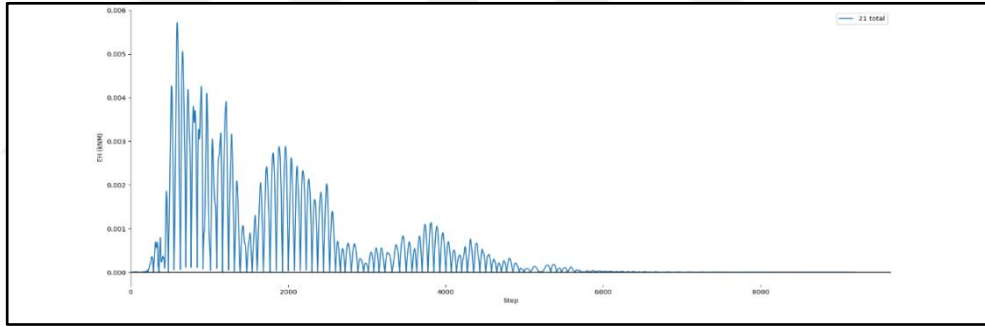
Şekil 4.145: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



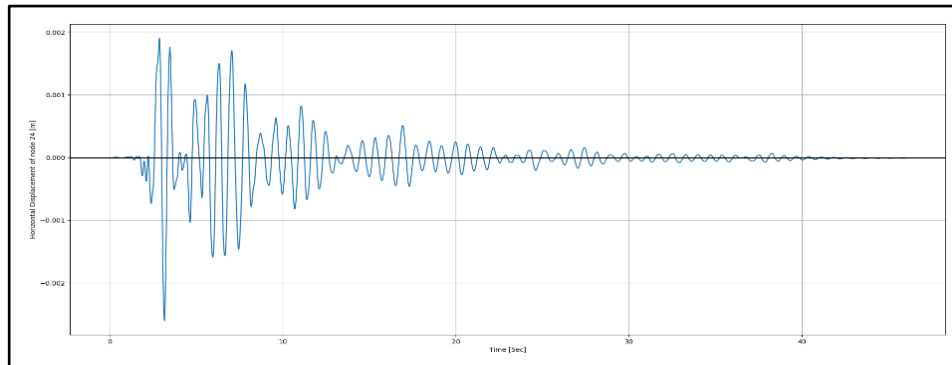
Şekil 4.146: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



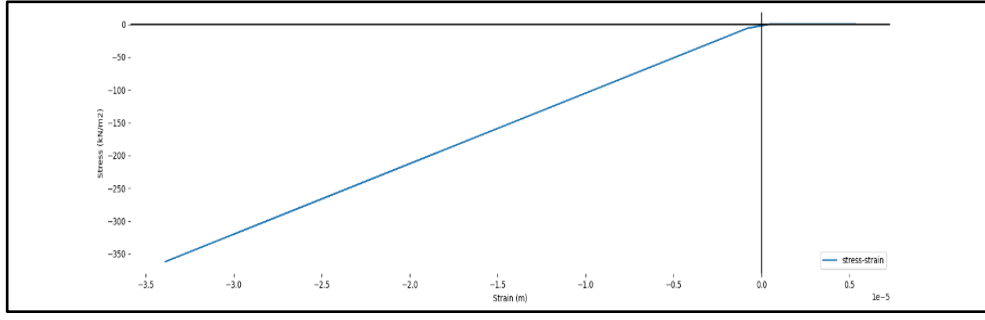
Şekil 4.147: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



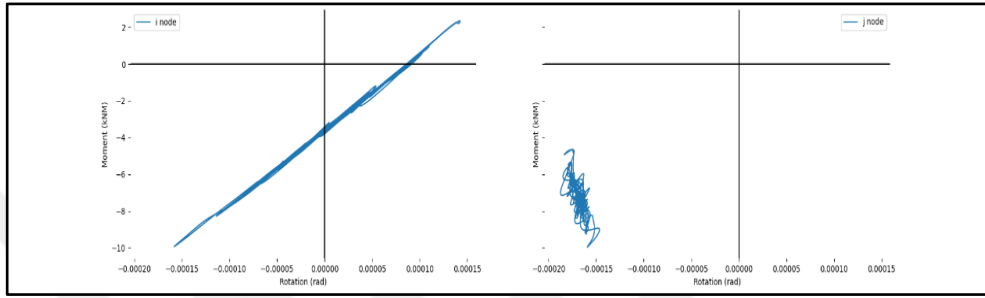
Şekil 4.148: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



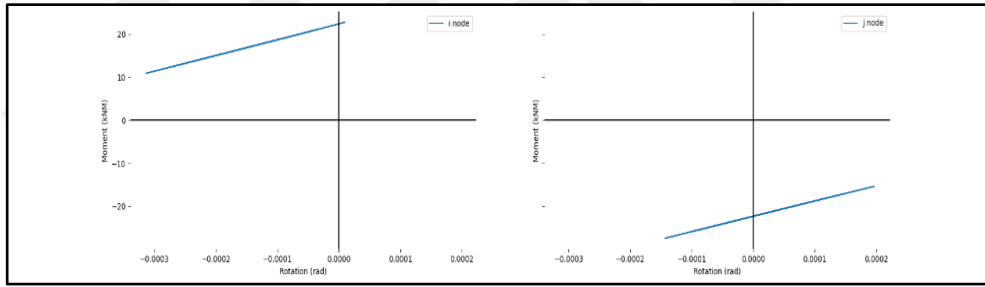
Şekil 4.149: İkinci artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



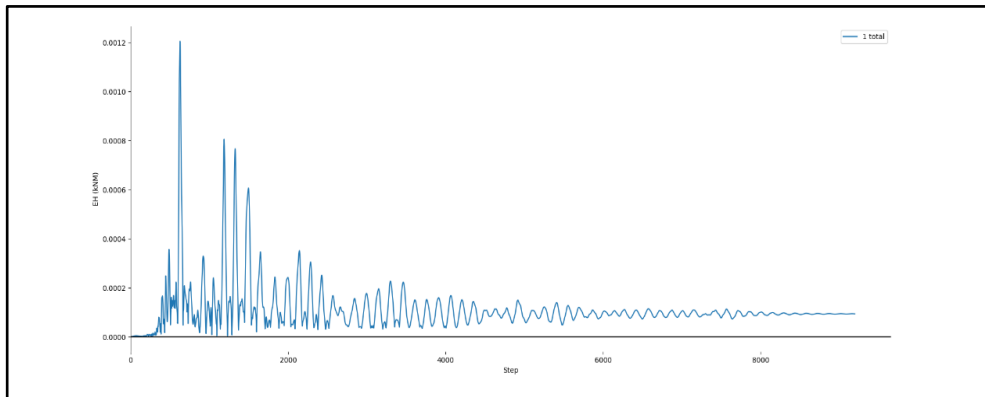
Şekil 4.150: İkinci artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



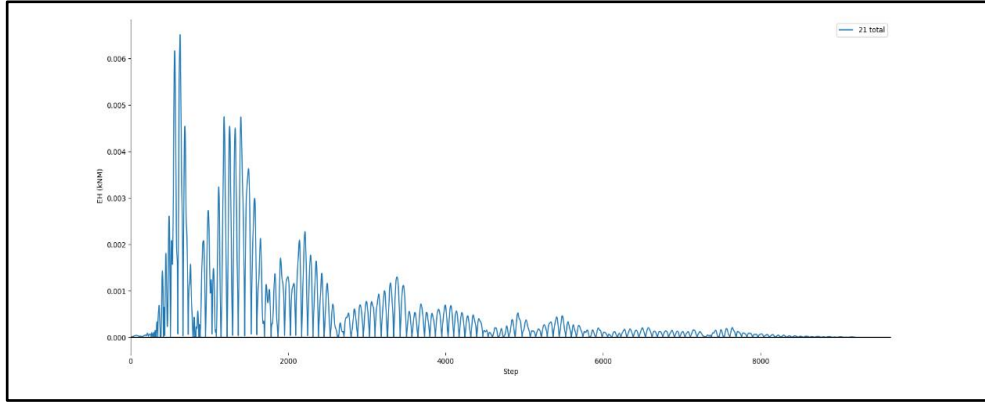
Şekil 4.151: İkinci artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



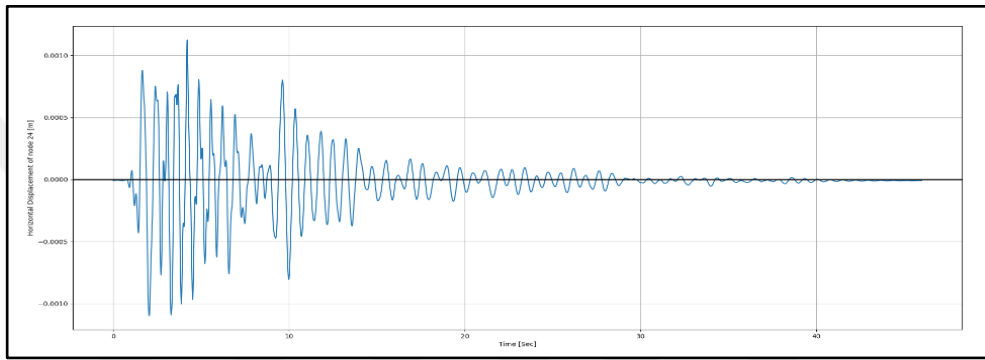
Şekil 4.152: İkinci artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



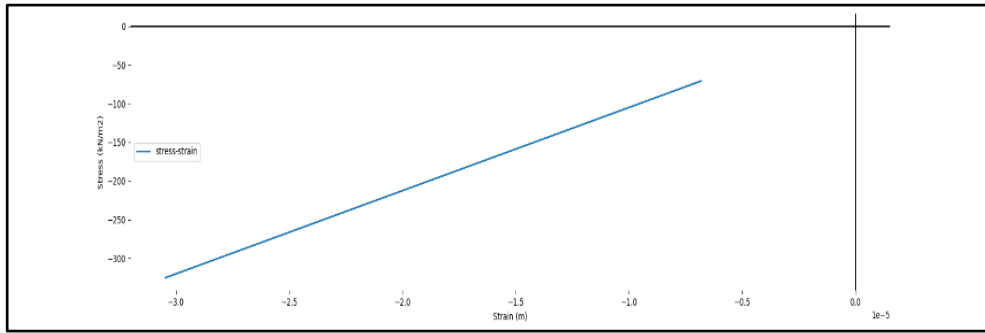
Şekil 4.153: İkinci artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



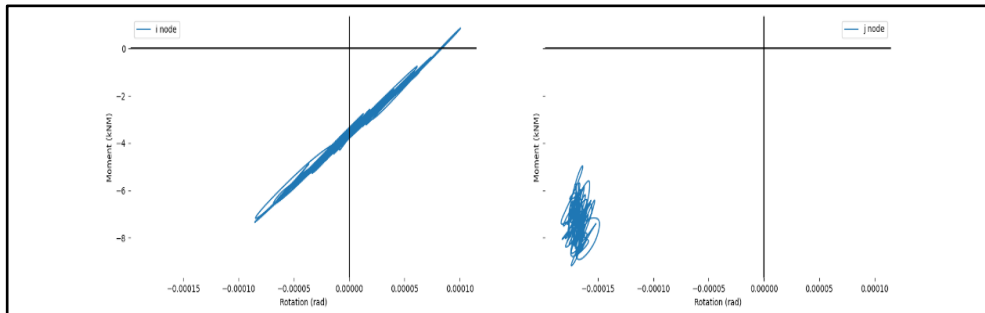
Şekil 4.154: İkinci artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



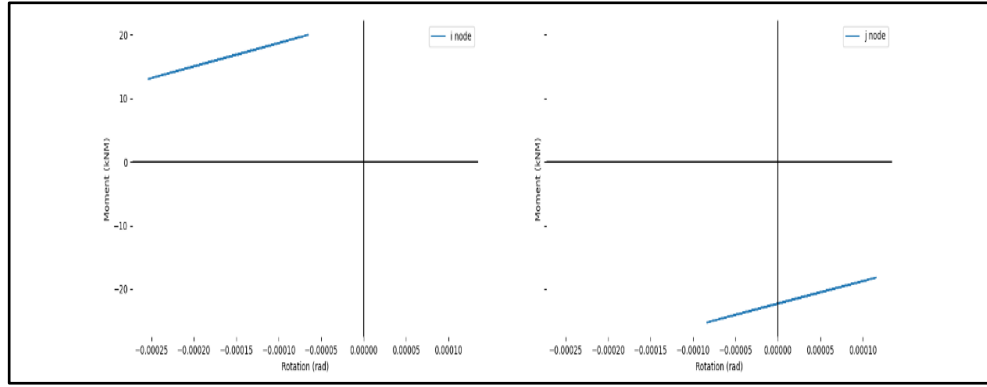
Şekil 4.155: Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



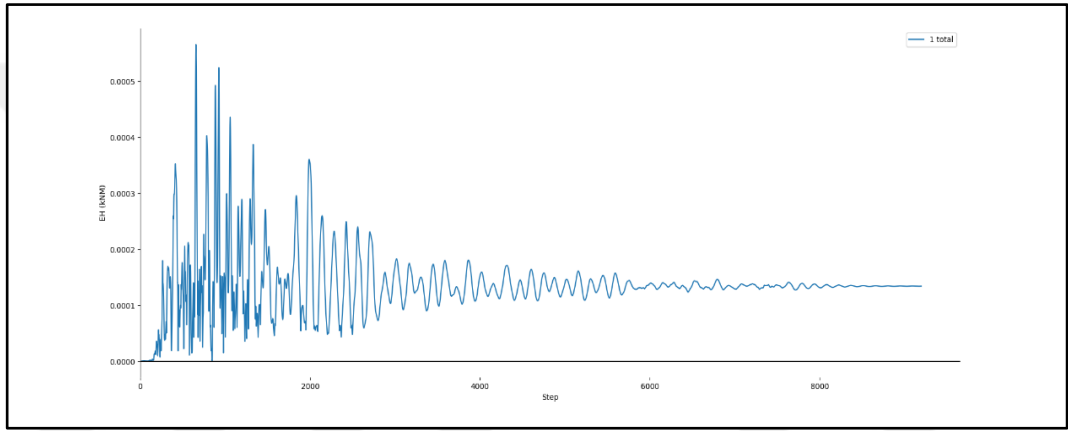
Şekil 4.156: Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



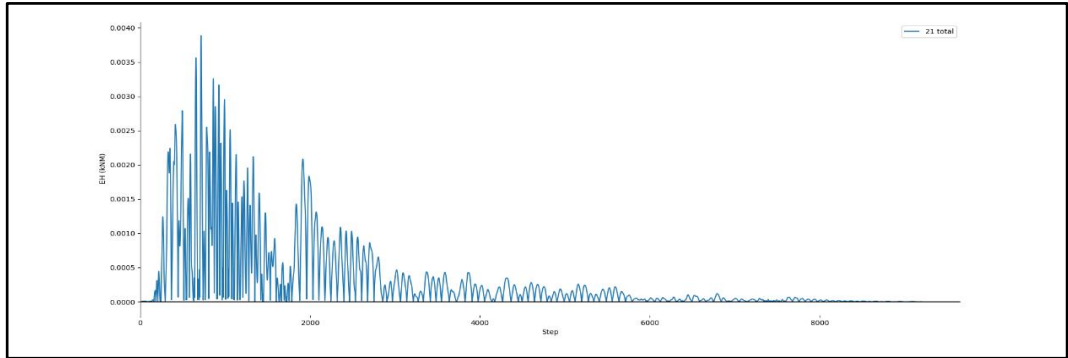
Şekil 4.157: Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



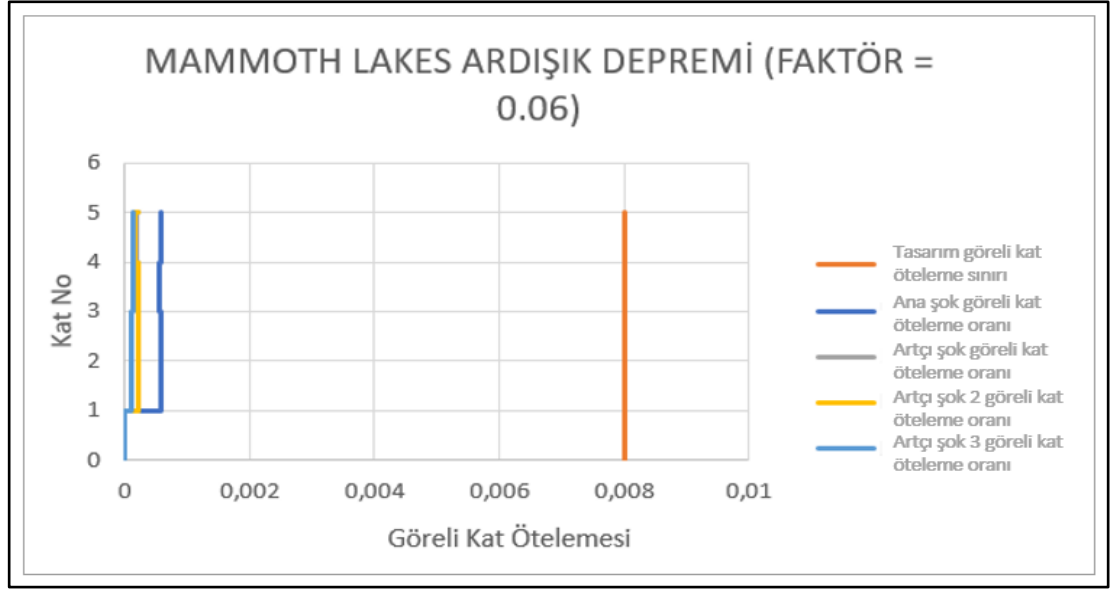
Şekil 4.158: Üçüncü artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



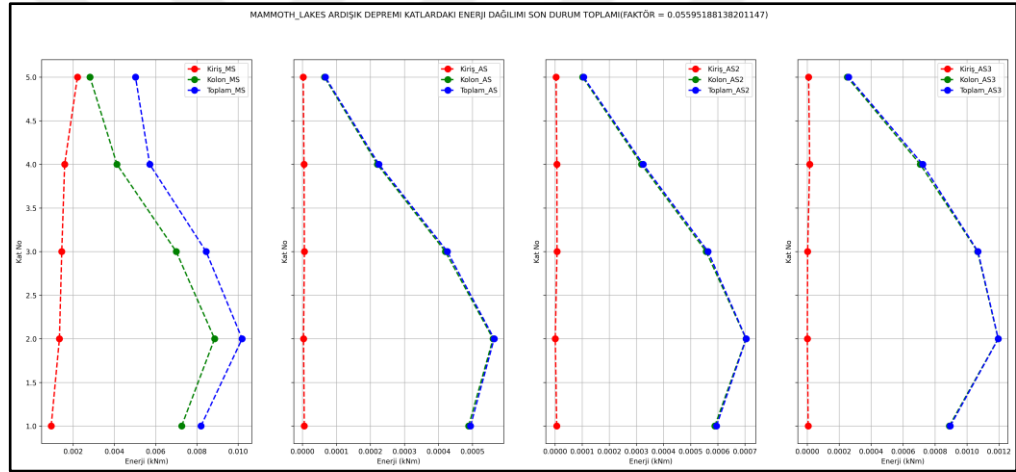
Şekil 4.159: Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.160: Üçüncü artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.161: Görel kat ötelemesi.



Şekil 4.162: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.28: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı.</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Sınırlı
3	Belirgin	Sınırlı
4	Belirgin	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.28:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.29: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

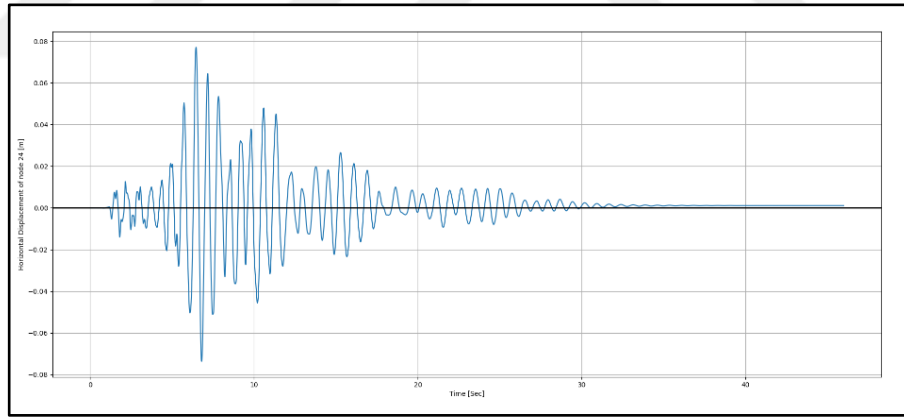
<i>EleNo</i>	<i>Ana şok dönme performansı</i>	<i>Artçı şok dönme performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı

Tablo 4.29:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

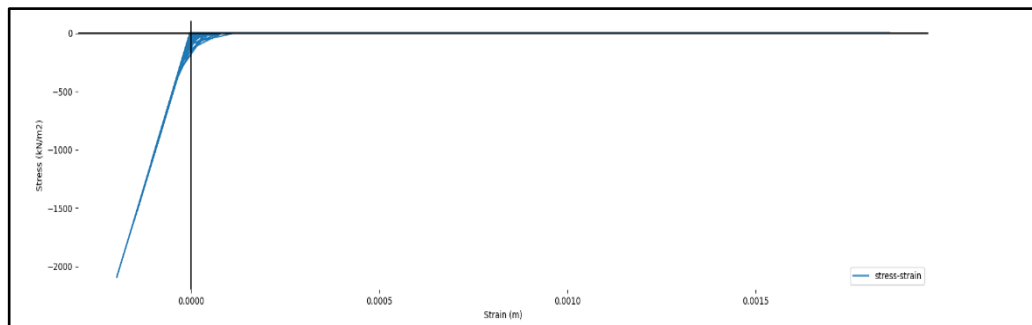
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

4.4.1.5.2. Ölçek katsayısı = 1 ardışık deprem sonuçları

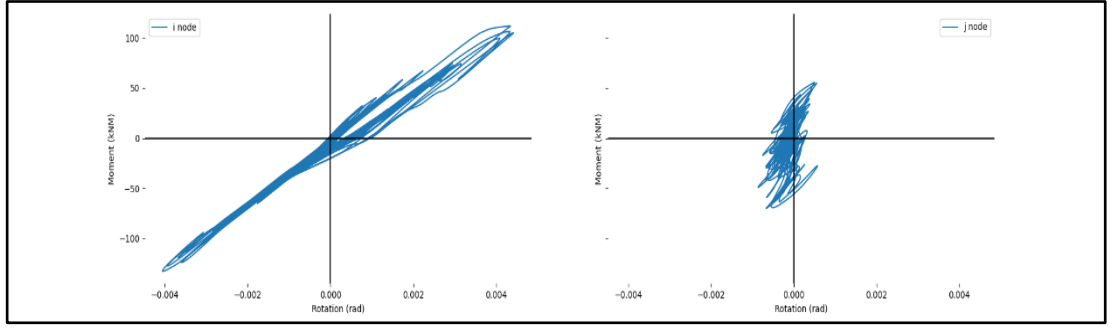
Mammoth Lakes deprem setine ait kayıtların çerçeve yapıya etkilmesi ile 1 numaralı kolon eleman ile 21 numaralı kiriş elemanın zamana bağlı sonuçlar şekillerde gösterilmiştir.



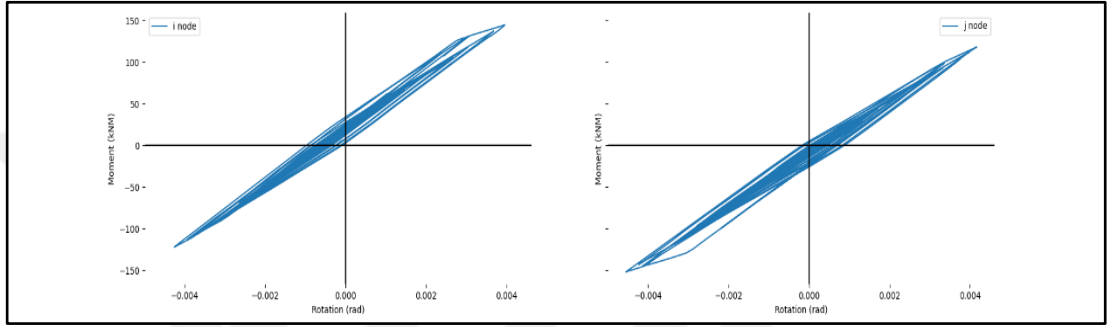
Şekil 4.163: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



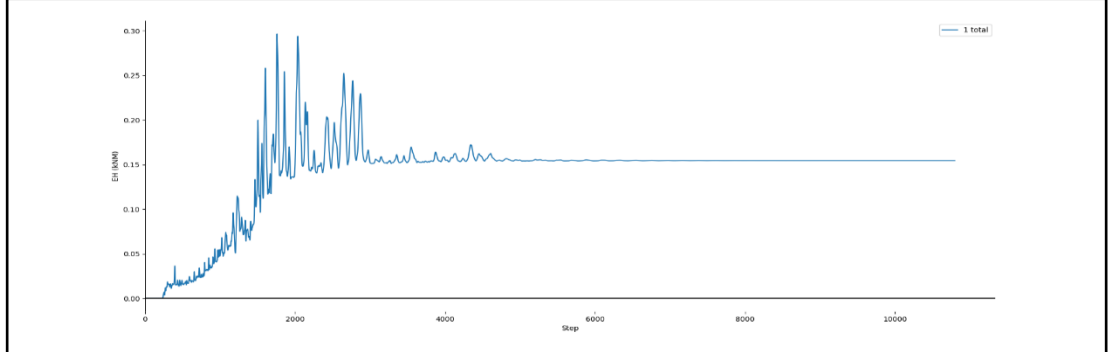
Şekil 4.164: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



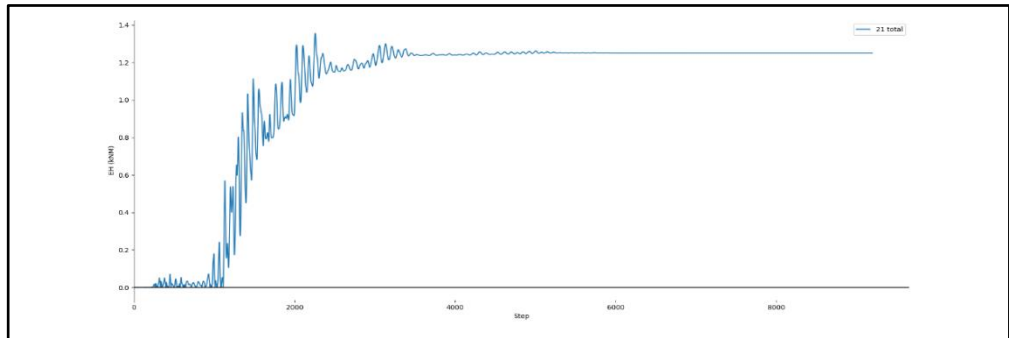
Şekil 4.165: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



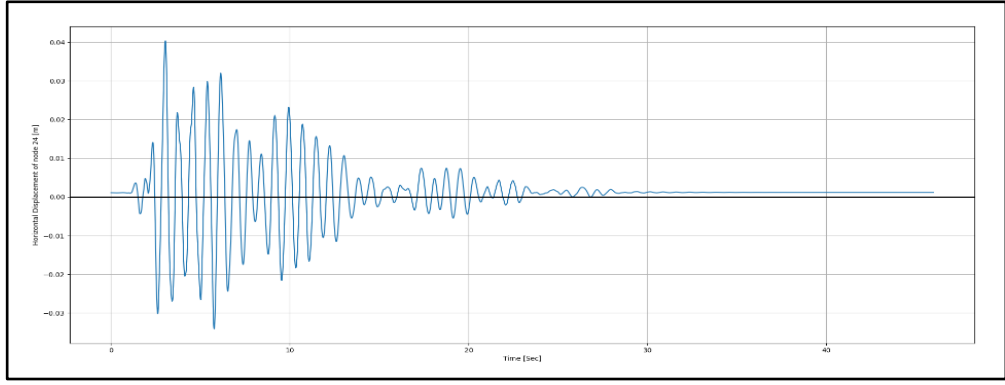
Şekil 4.166: Ana şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



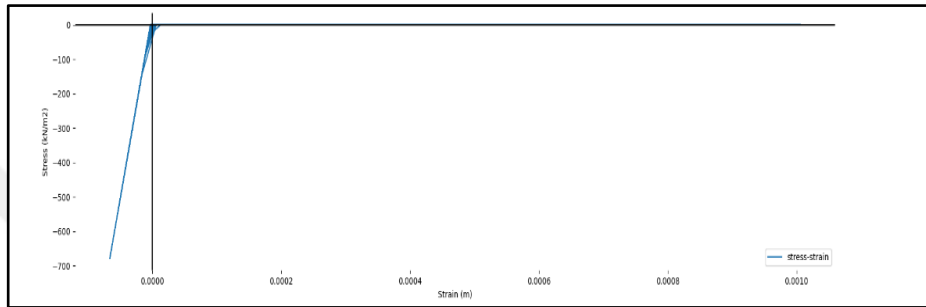
Şekil 4.167: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



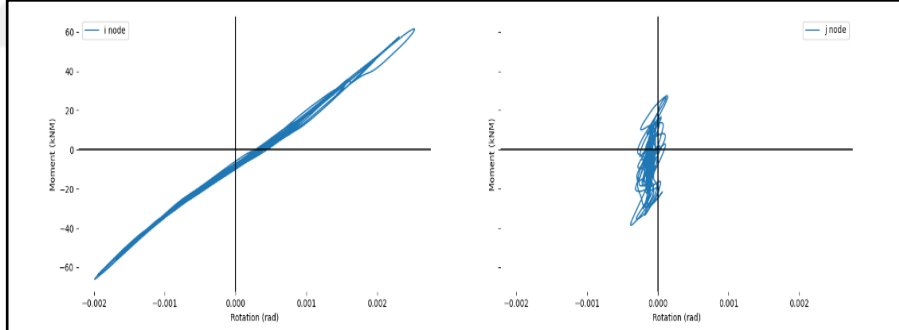
Şekil 4.168: Ana şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



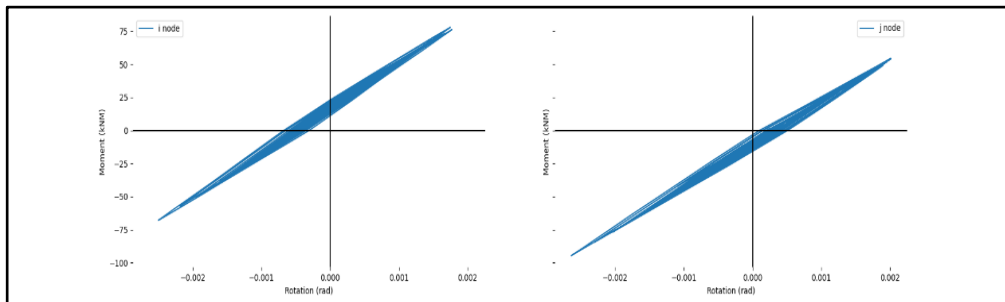
Şekil 4.169: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



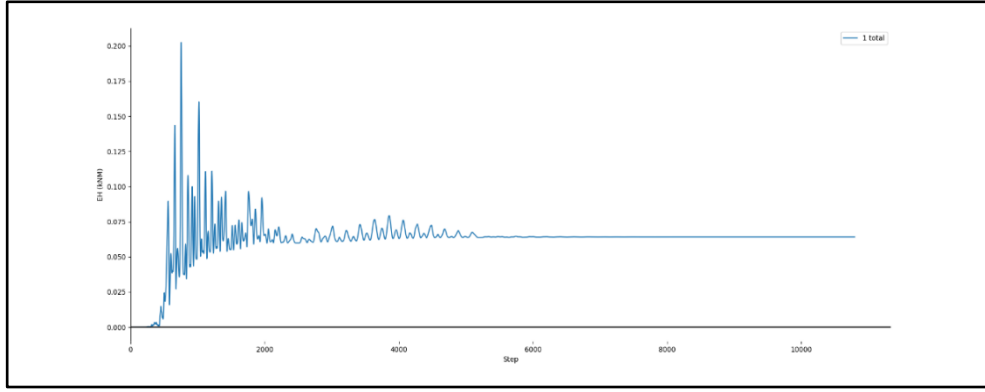
Şekil 4.170: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



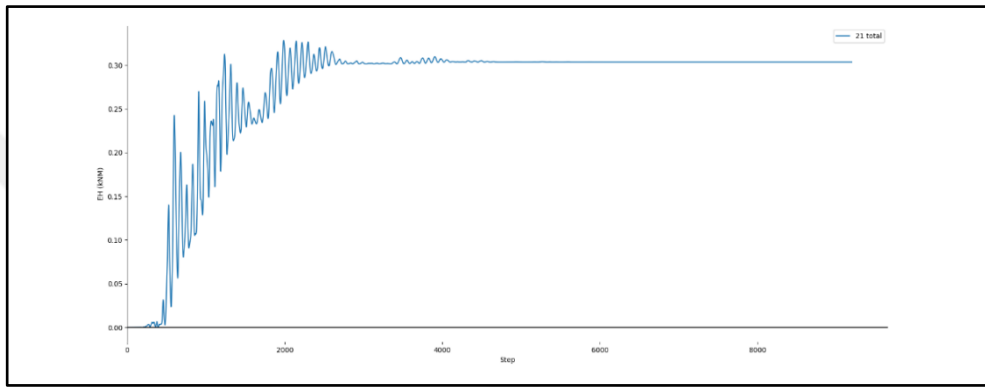
Şekil 4.171: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



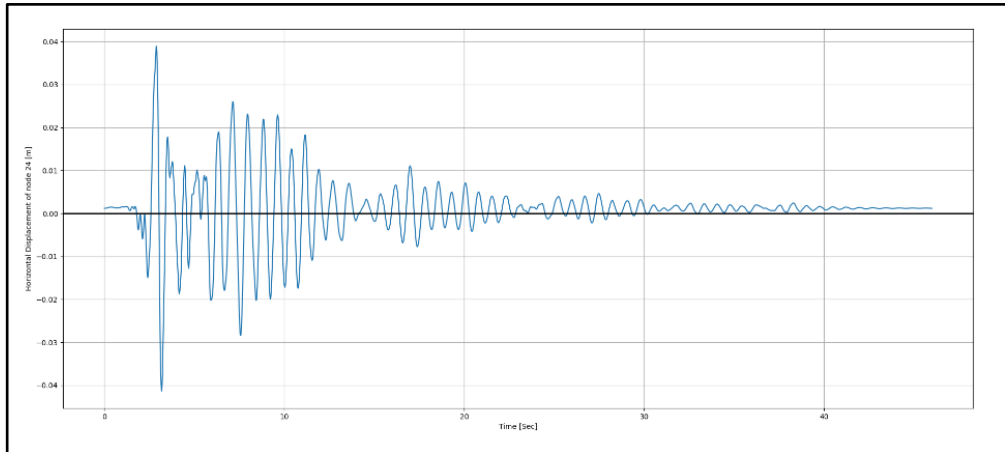
Şekil 4.172: Artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



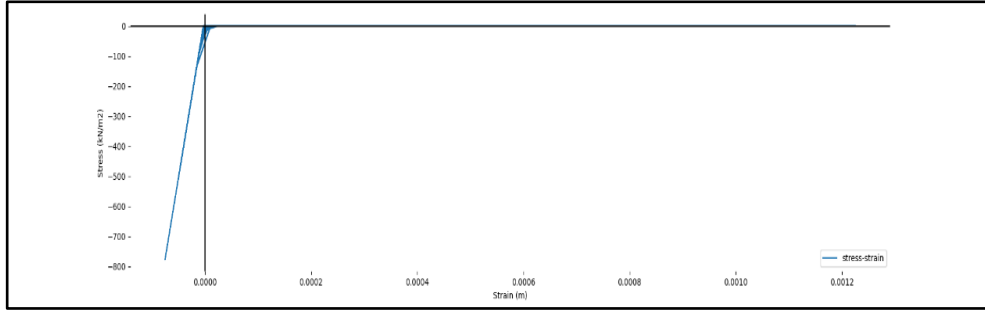
Şekil 4.173: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



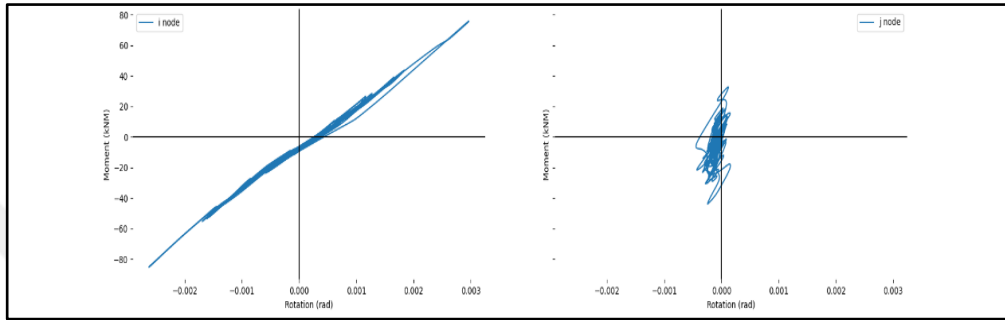
Şekil 4.174: Artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



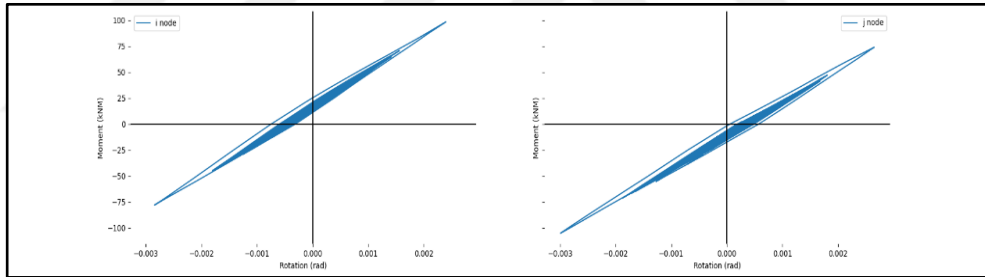
Şekil 4.175: İkinci artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



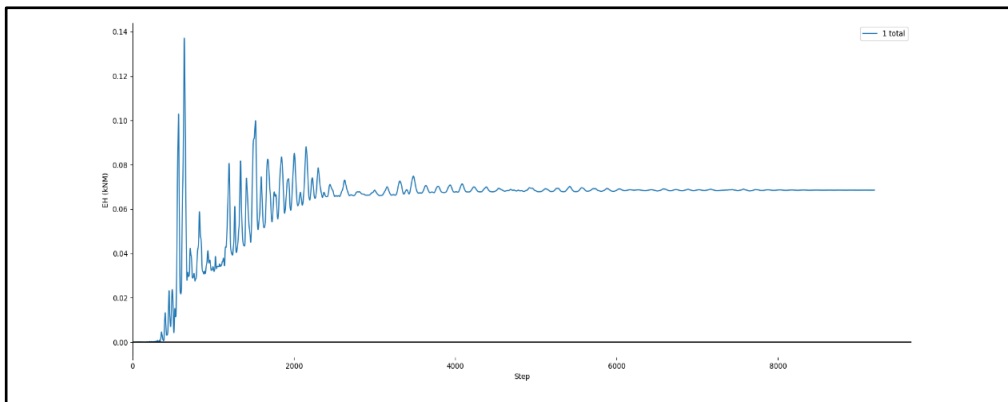
Şekil 4.176: İkinci artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



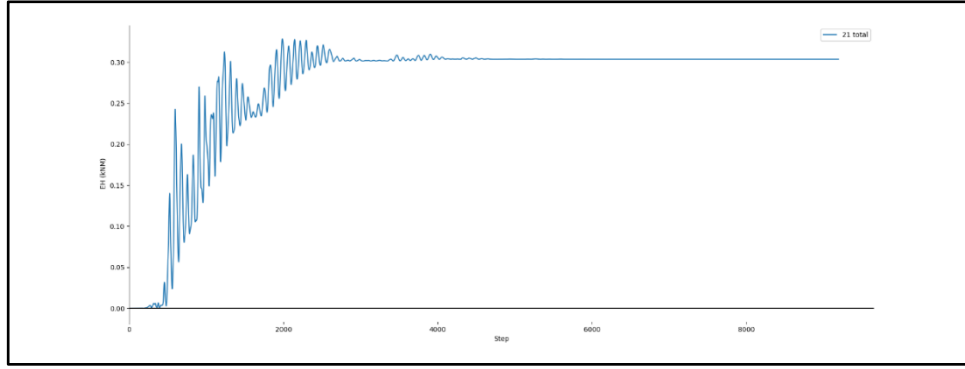
Şekil 4.177: İkinci artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



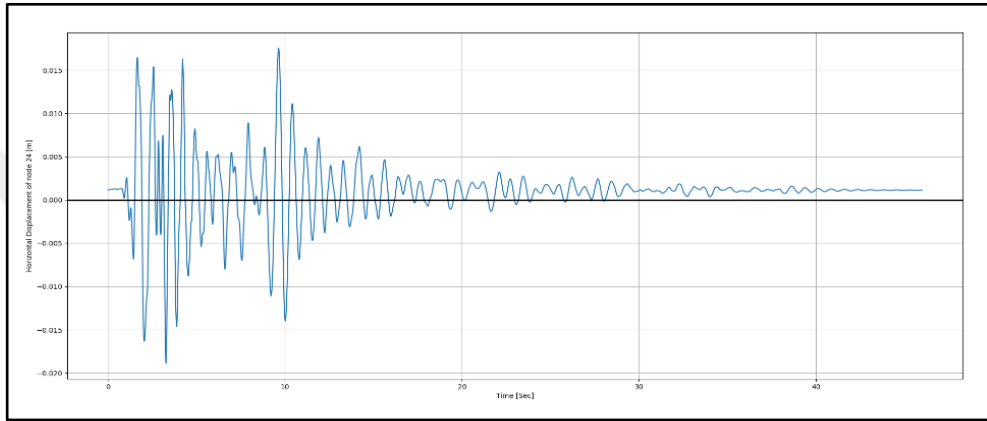
Şekil 4.178: İkinci artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.



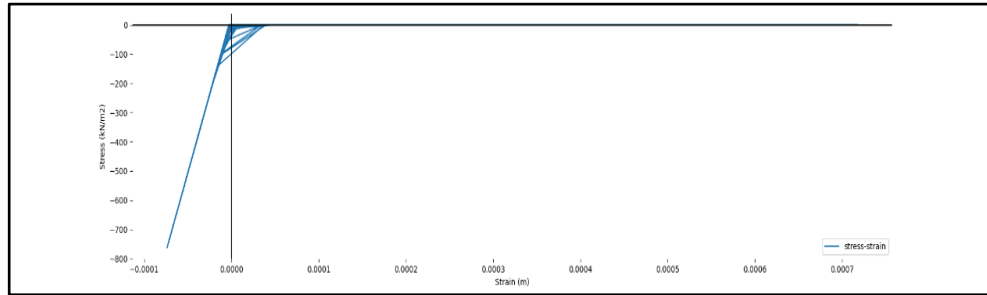
Şekil 4.179: İkinci artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



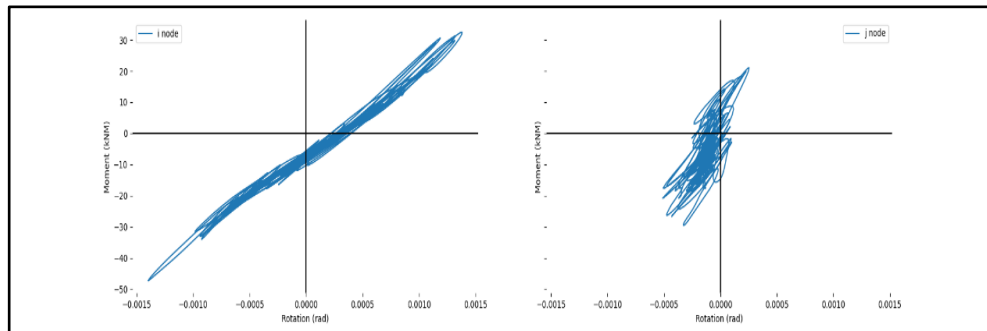
Şekil 4.180: İkinci artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.



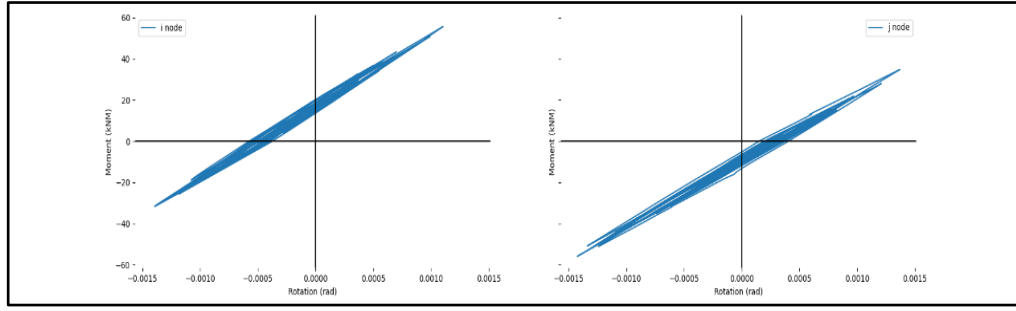
Şekil 4.181: Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



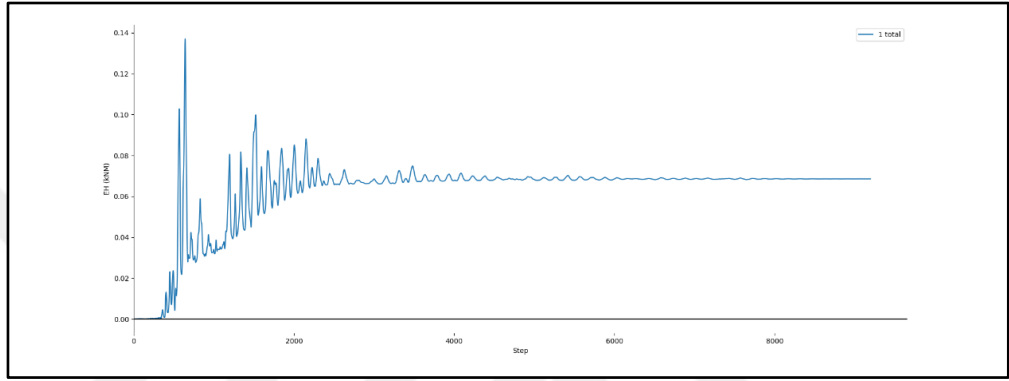
Şekil 4.182: Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



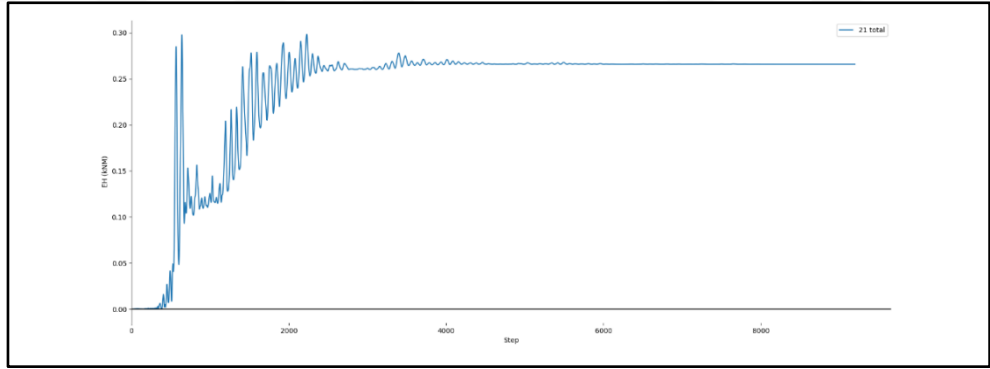
Şekil 4.183: Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.184: Üçüncü artçı şok kiriş 21 moment-dönme grafiği.

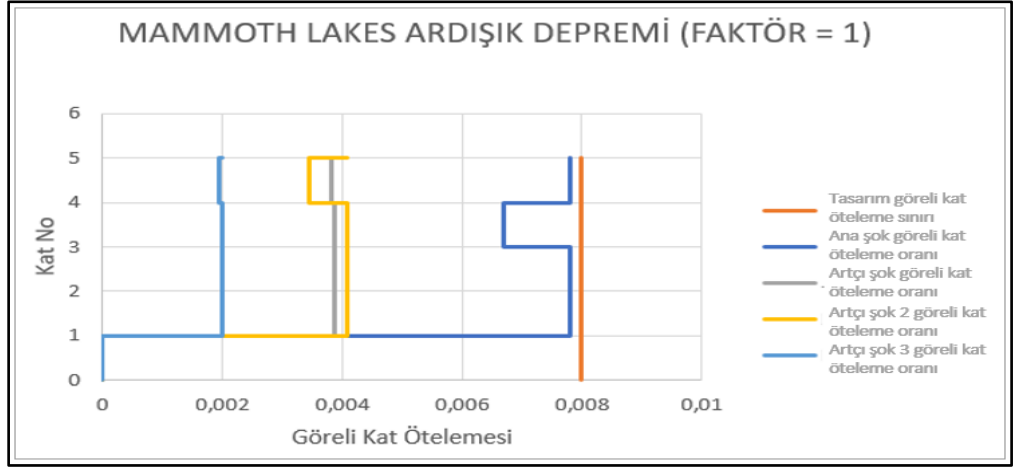


Şekil 4.185: Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.

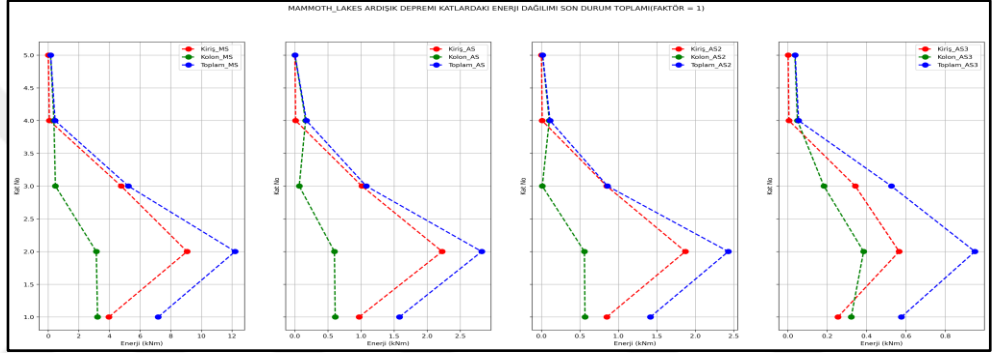


Şekil 4.186: Üçüncü artçı şok kiriş 21 enerji-zaman grafiği.

Bütün artçı şokların ardından yapıya ait görelî kat öteleme oranlarının gösterildiği Şekil 4.187' ye bakıldığında yapının ardışık depremler altında görelî kat öteleme oranları artmıştır. Bu artış özellikle ilk katta gözlemlenmektedir. Şekil 4.188'e bakıldığında enerjinin daha çok bu katlarda tüketildiği bunu destekler niteliktedir. Elemanların performans durumlarına bakıldığında belirgin hasar seviyesinde oldukları Tablo 4.30 ve Tablo 4.31' e bakılarak anlaşılıyor.



Şekil 4.187: Görelî kat ötelemesi.



Şekil 4.188: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.30: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

EleNo	Ana şok dönme performansı	Artçı şok dönme performansı.
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.30:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.31: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana şok şekil değiştirme performansı</i>	<i>Artçı şok şekil değiştirme performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

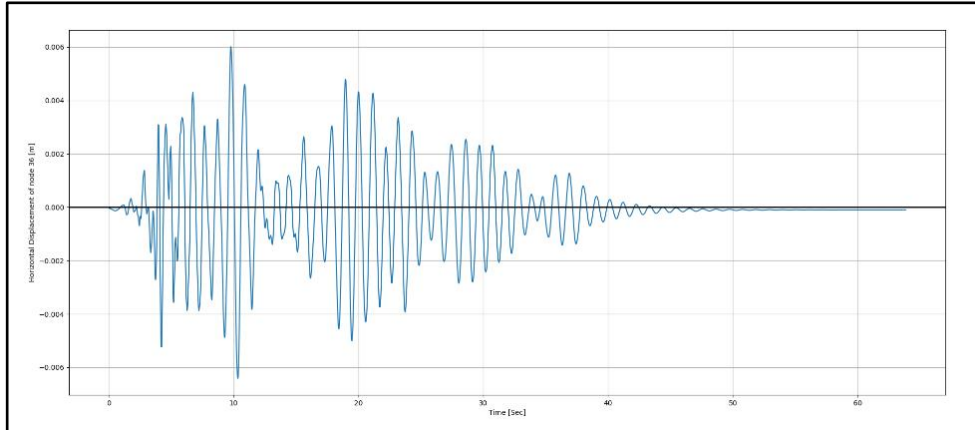
4.4.2. 8 Katlı Yapı Sonuçları

8 katlı yapı için yapılan ZTADOA hesaplarında her bir deprem kaydı ve ölçek katsayısı için TBDY' ye göre görelî kat ötelemesi oranları, kesit performans durumları ve kat enerji dağılımları elde edilmiştir. Deprem setleri için uygulanan ölçek katsayıları altında zamana bağılı kolonlarda ve kirişler ortak olarak moment-dönme, harcanan enerji değerleri ve performans seviyeleri bulunmuştur. Kolonlarda, kirişlerden farklı olarak gerilme-şekil değıştirme değerleride elde edilmiştir. Bu sonuçlara ait görselleştirmelere örnek olarak kolonlarda 1 numaralı eleman kirişlerde 21 numaralı eleman referans alınarak sonraki bölümlerde gösterilmiştir.

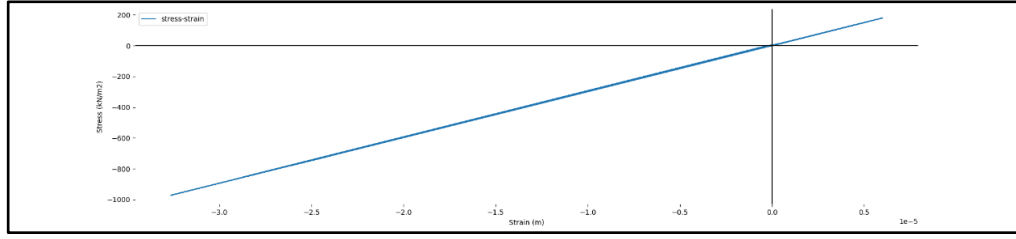
4.4.2.1. Chalfant Valley Ardışık Deprem Sonuçları

4.4.2.1.1. Ölçek katsayısı = 0.14 ardışık deprem sonuçları

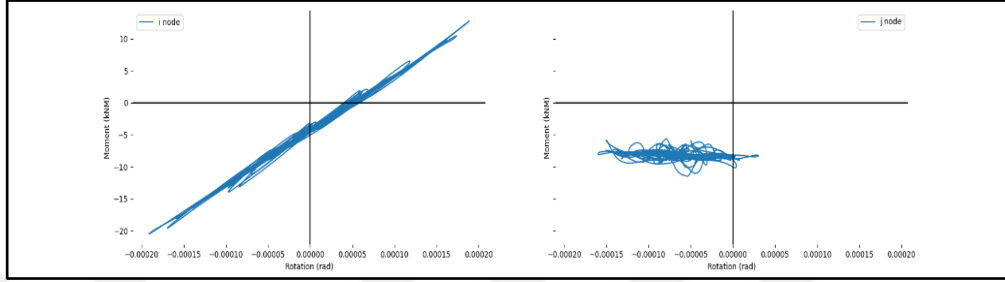
8 katlı yapıya azaltılmış spektruma göre yeniden düzenlenmiş deprem seti etkitildiğinde bina ve eleman davranışlarında beklenen durumların gerçekleştiğı performansların hedeflenen seviyede kaldığı görülmüştür. Artçı depremler altında görelî kat ötelemelerinin de artabildiğı bu yapıda gözlemlenmektedir.



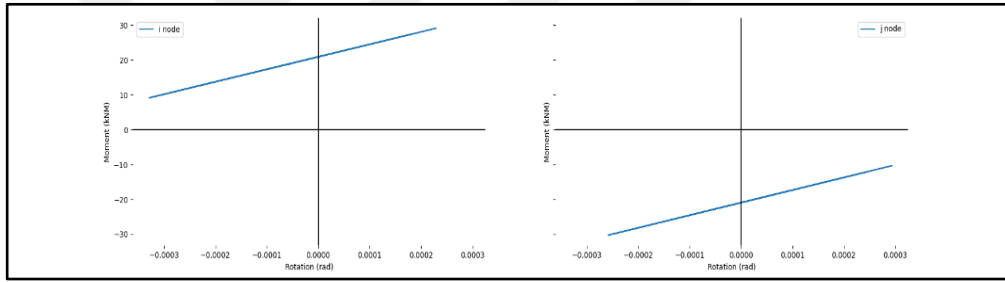
Şekil 4.189: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiğı.



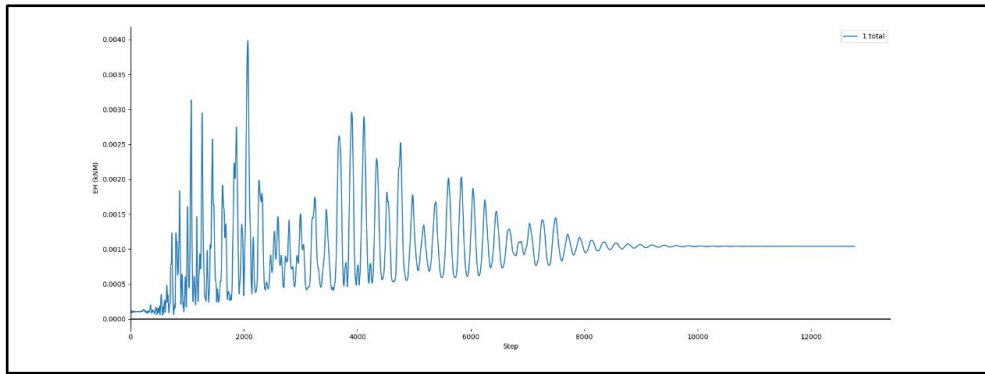
Şekil 4.190: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



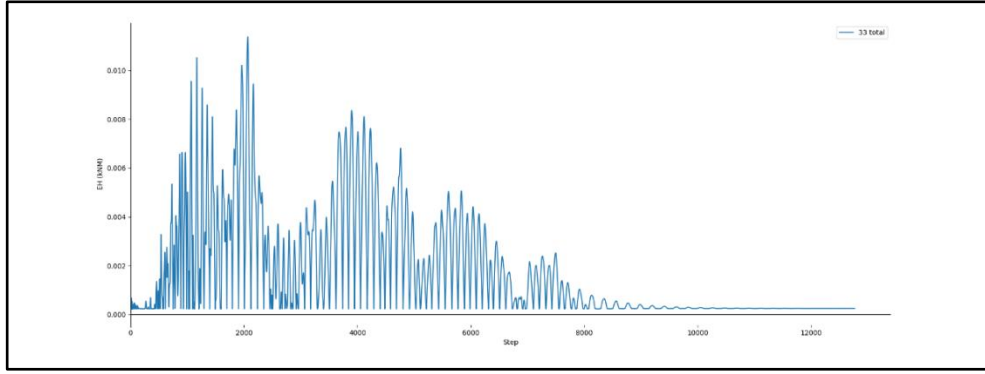
Şekil 4.191: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



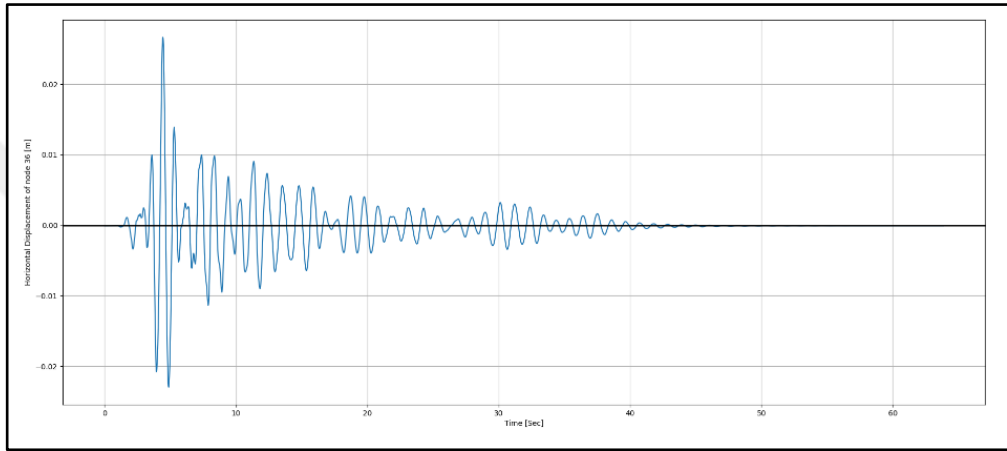
Şekil 4.192: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



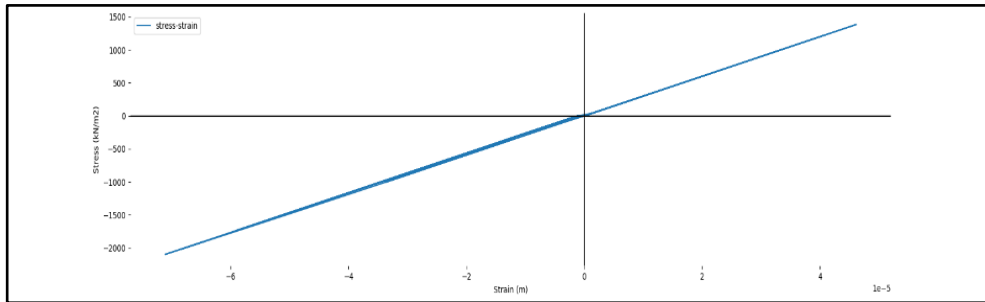
Şekil 4.193: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



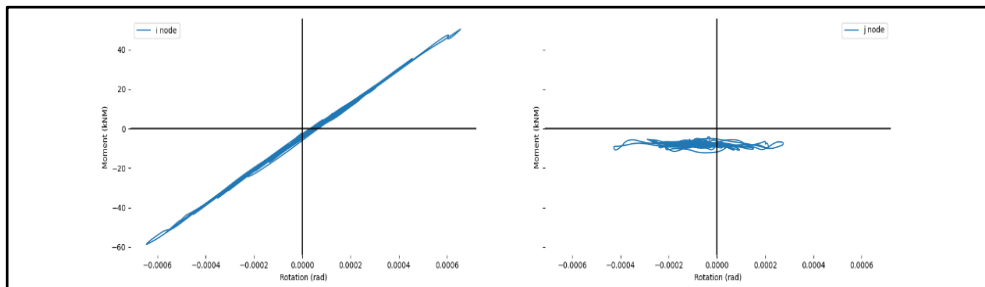
Şekil 4.194: Ana şok giriş 33 enerji-zaman grafiği.



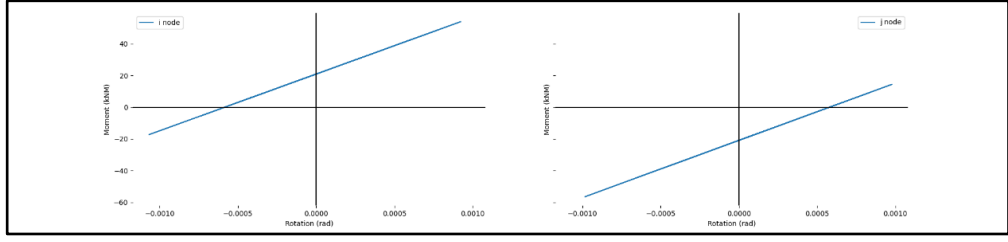
Şekil 4.195: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



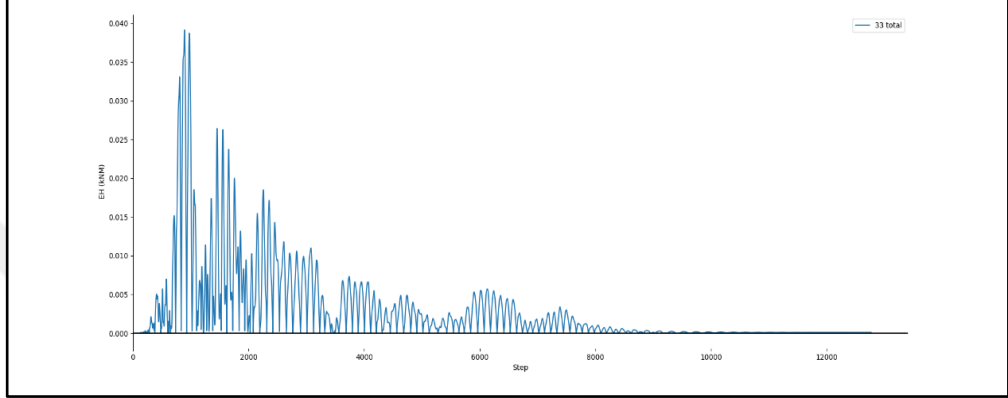
Şekil 4.196: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



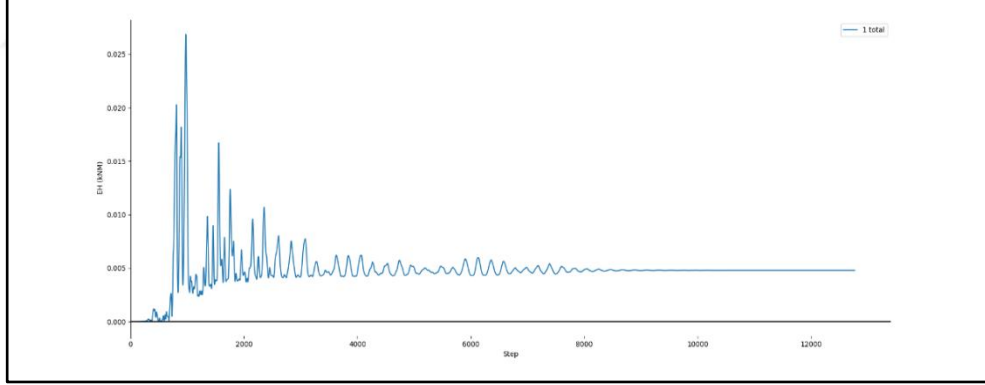
Şekil 4.197: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.198: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.

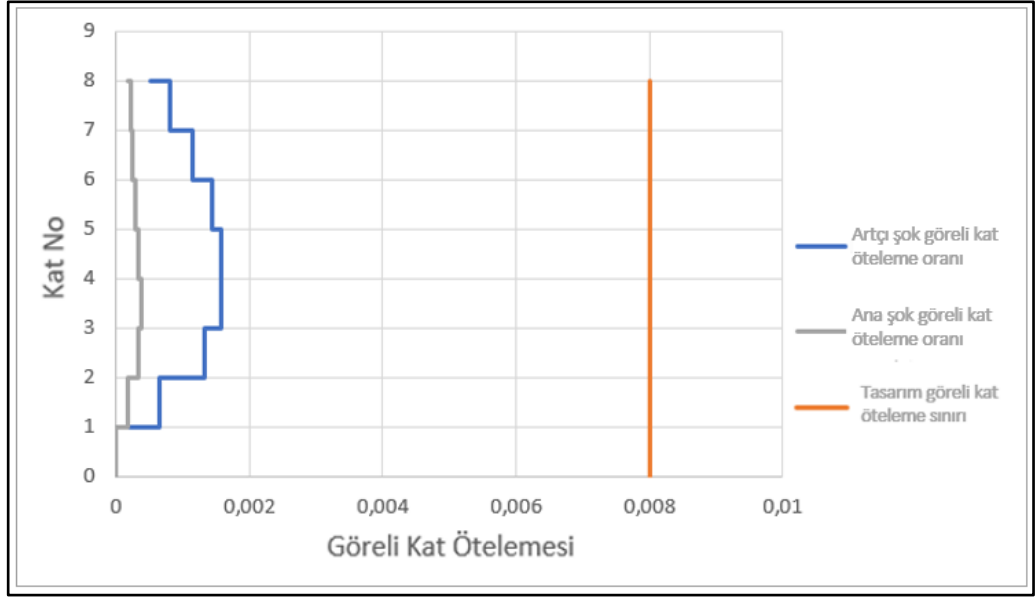


Şekil 4.199: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.

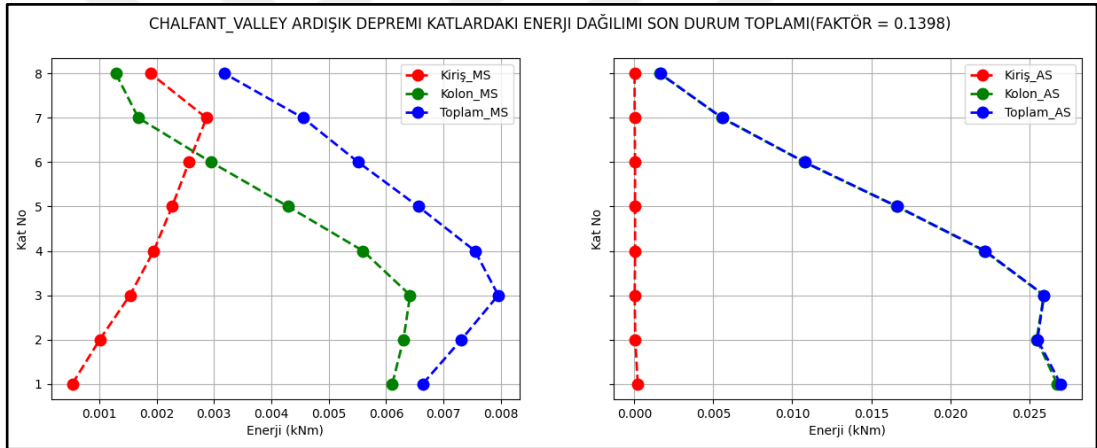


Şekil 4.200: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.

Ana şoktan sonra gelen artçı şoklarında binaya etkilmesi ile ortaya çıkan göreceli kat öteleme oranlarına bakıldığında bu seviyede gerçekleşen bir depremde tasarım oranının altında olduğu gözlemlenmiştir. Performans seviyeleri belirgin hasar düzeylerindedir.



Şekil 4.201: Görelî kat ötelemesi.



Şekil 4.202: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.32: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Dönme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Dönme Performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Sınırlı	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.32:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.32:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

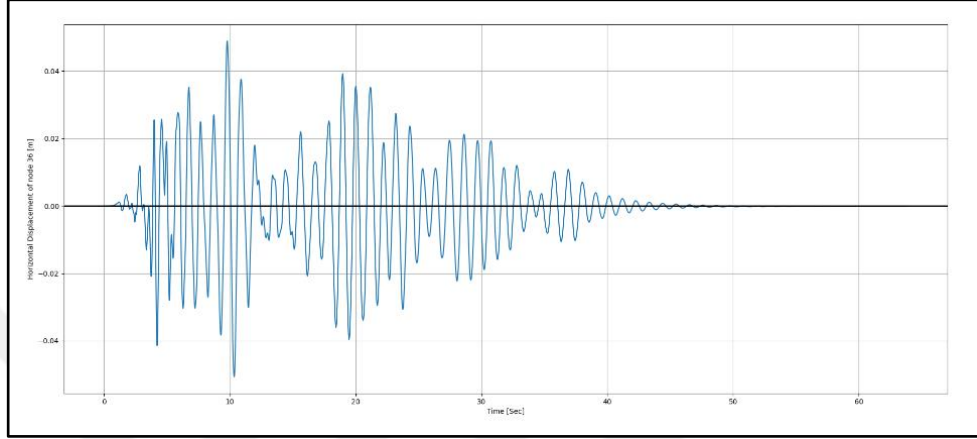
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.33: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

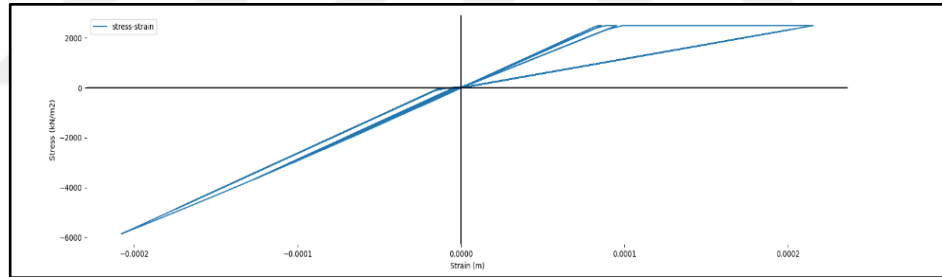
<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değişirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değişirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı
26	Sınırlı	Sınırlı
27	Sınırlı	Sınırlı
28	Sınırlı	Sınırlı
29	Sınırlı	Sınırlı
30	Sınırlı	Sınırlı
31	Sınırlı	Sınırlı
32	Sınırlı	Sınırlı

4.4.2.1.2. Ölçek katsayısı = 1.12 ardışık deprem sonuçları

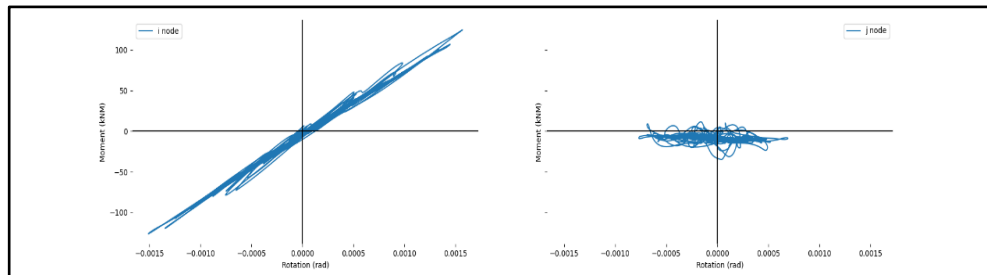
Elastik spektrumu göre yeniden ölçeklenmiş deprem setinin ana şoku altında hasar oranları sınırlı kalmasına rağmen artçı şokta doğrusal olmayan davranışlar görülmektedir.



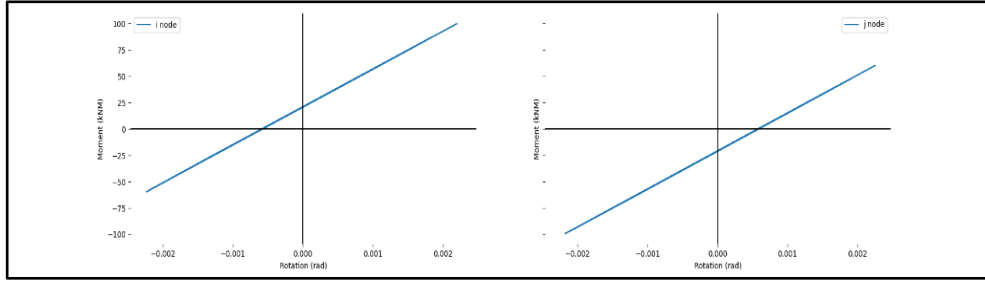
Şekil 4.203: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



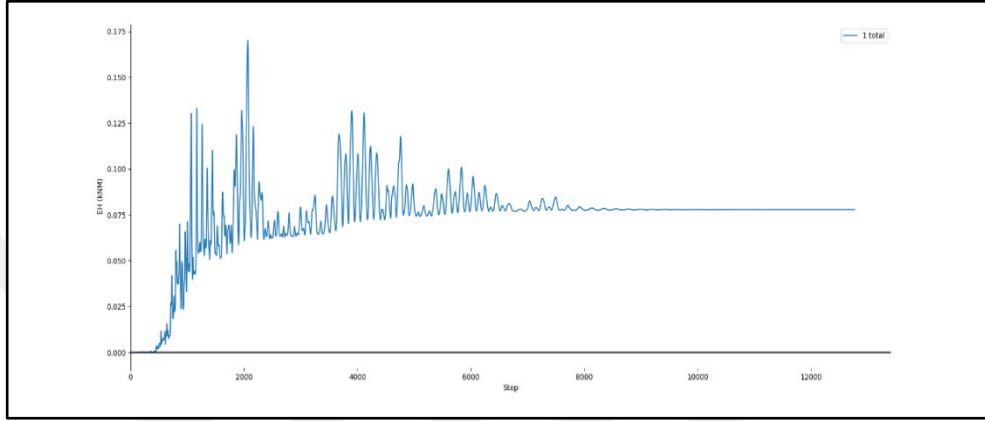
Şekil 4.204: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



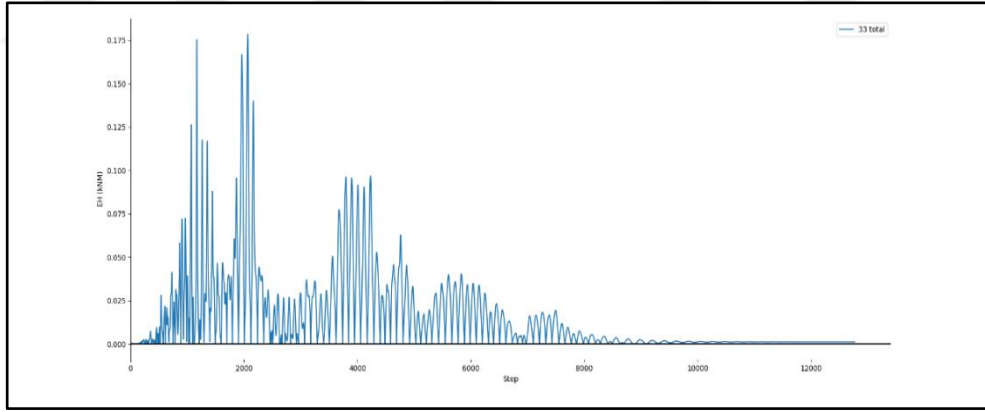
Şekil 4.205: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



Şekil 4.206: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.

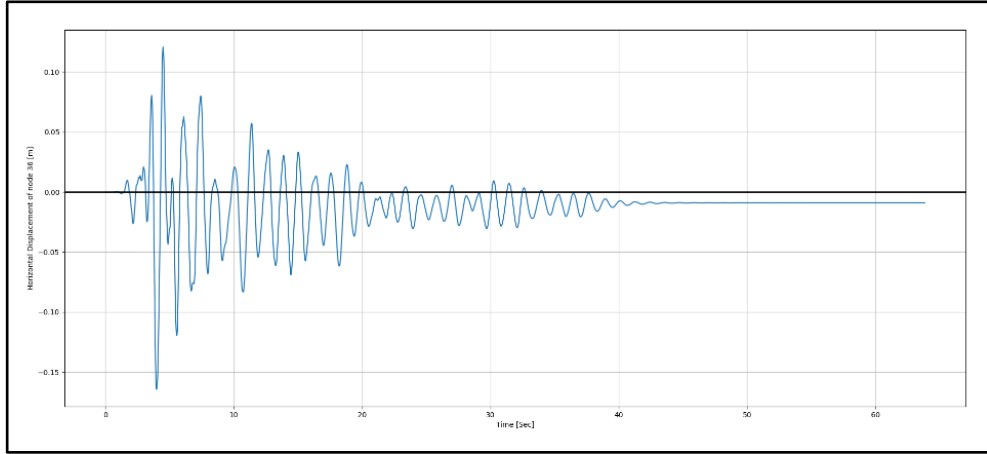


Şekil 4.207: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.

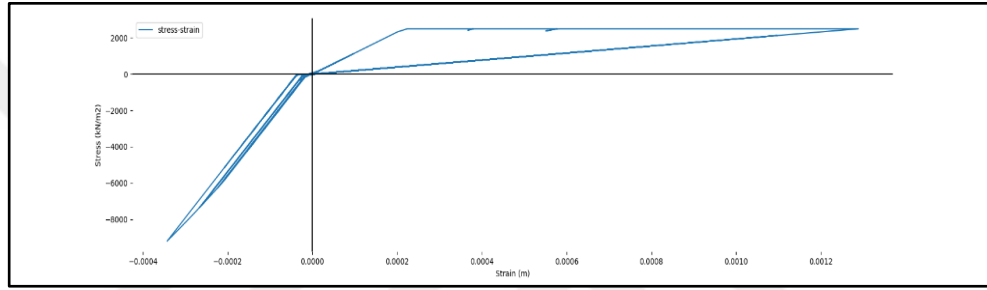


Şekil 4.208: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.

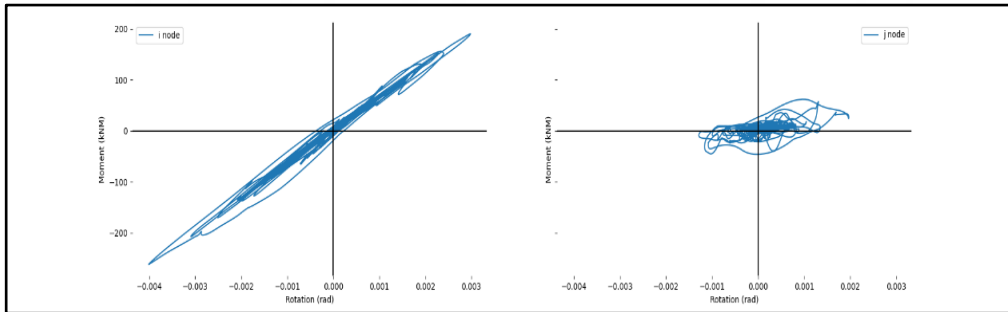
Artçı şok altında yapı doğrusal olmayan davranış sergilediği Şekil 4.199'a bakılarak ana eksenden kaymasından anlaşılabilir. Şekil 4.201 ve Şekil 4.202'de gösterilen kolon ve kirişe ait moment-dönme grafiklerinin doğrusal olmayan bölgelere geçmesinden bu durumun teyiti yapılabilir. Enerji-zaman grafiklerini gösteren Şekil 4.203 ve Şekil 4.204'te gösterilmiştir. Kirişlerin enerji sönmülmesinde daha etkin olduğu gözlemlenmektedir.



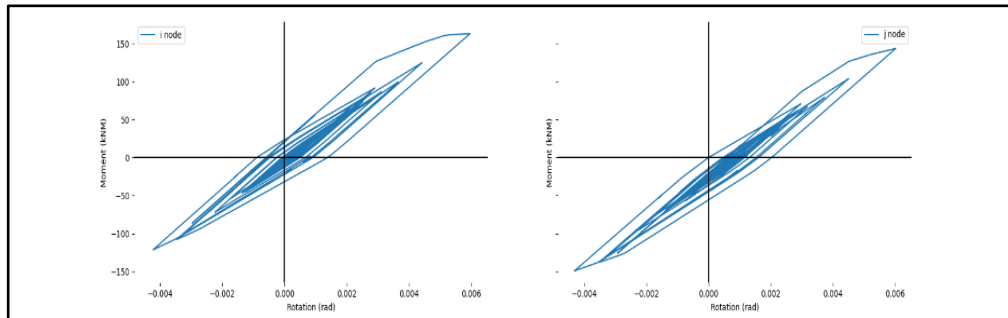
Şekil 4.209: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



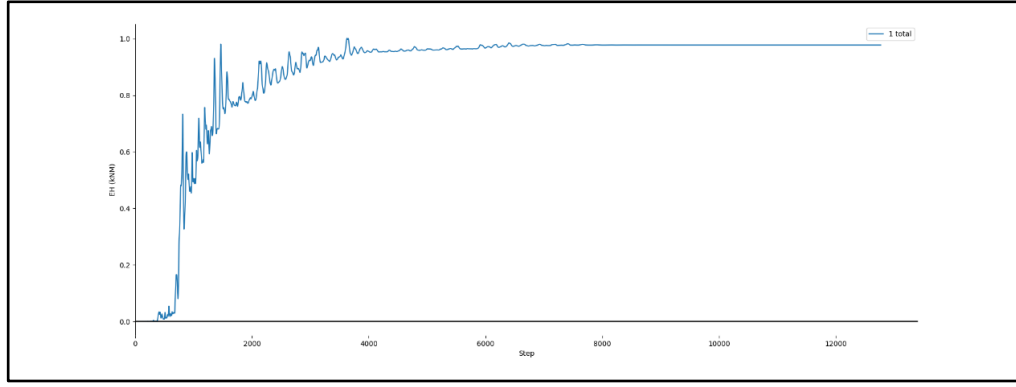
Şekil 4.210: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



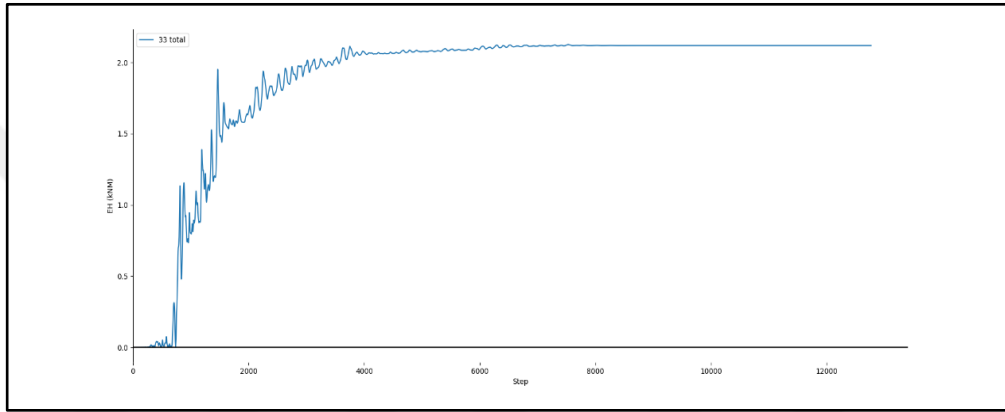
Şekil 4.211: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



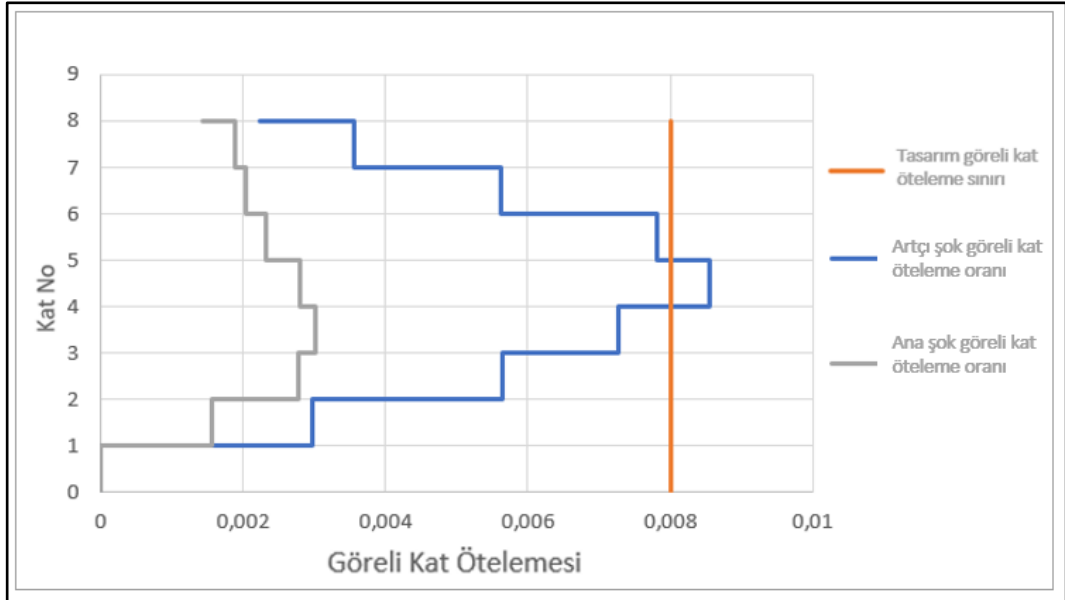
Şekil 4.212: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



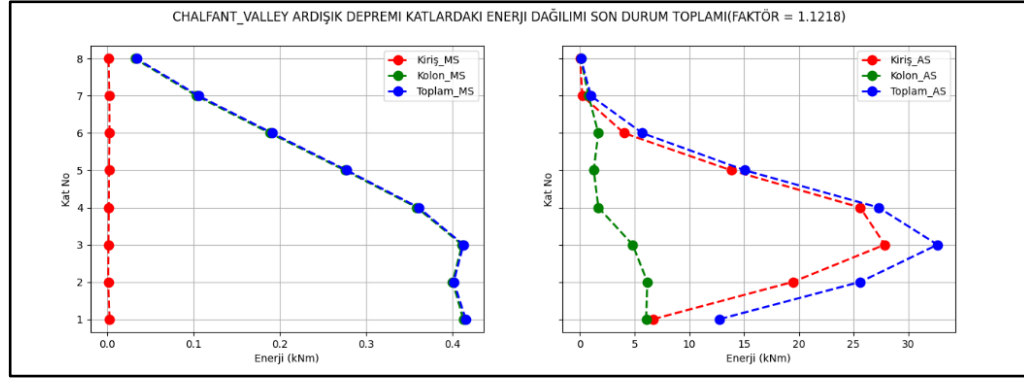
Şekil 4.213: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.214: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.215: Artçı şok görel kat ötelemesi.



Şekil 4.216: Kat enerji dağıtımları.

Şekil 4.215'te gösterilen göreceli kat ötelemeleri oranlarına bakıldığında tasarım limit oranının aşıldığı gözlemlenmektedir artçı depremde. Kat bazındaki enerji grafikleri diğer depremlerde olduğu gibi ilk katlarda daha yoğun ama üst katlara doğru katkı 5 katlı yapıdakine göre daha fazla olduğu gözükmemektedir.

Tablo 3.34: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

EleNo	Ana Şok Dönme Performansı	Artçı Şok Dönme Performansı
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin

Tablo 3.34:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

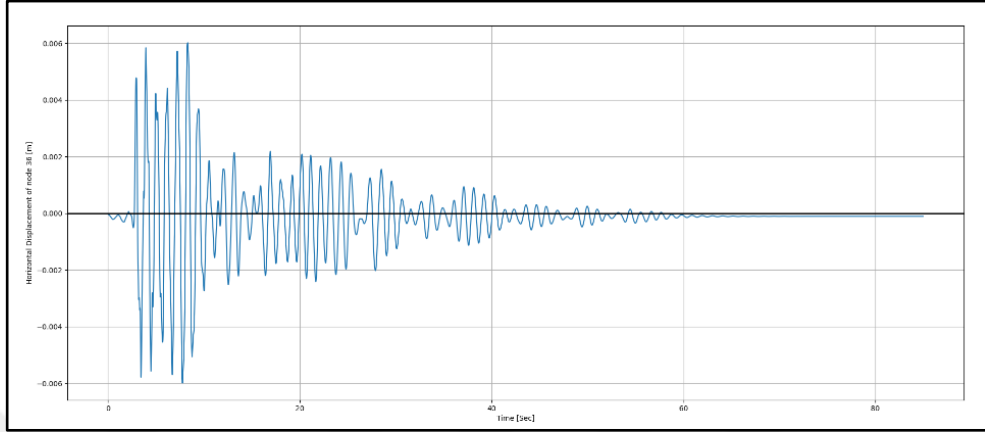
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.35 Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

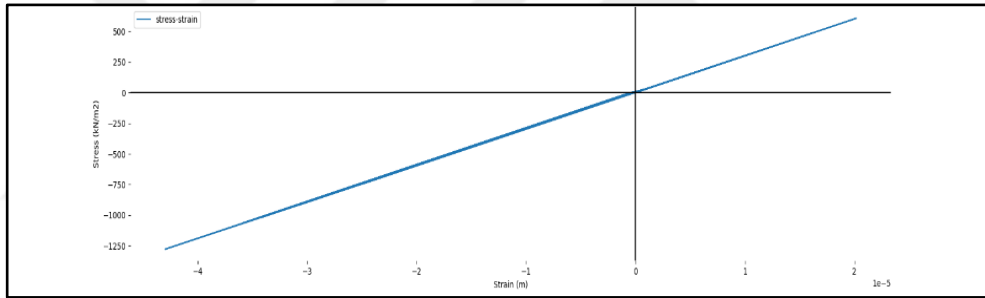
EleNo	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı
26	Sınırlı	Sınırlı
27	Sınırlı	Sınırlı
28	Sınırlı	Sınırlı
29	Sınırlı	Sınırlı
30	Sınırlı	Sınırlı
31	Sınırlı	Sınırlı
32	Sınırlı	Sınırlı

4.4.2.2. Coalinga Ardışık Deprem Sonuçları

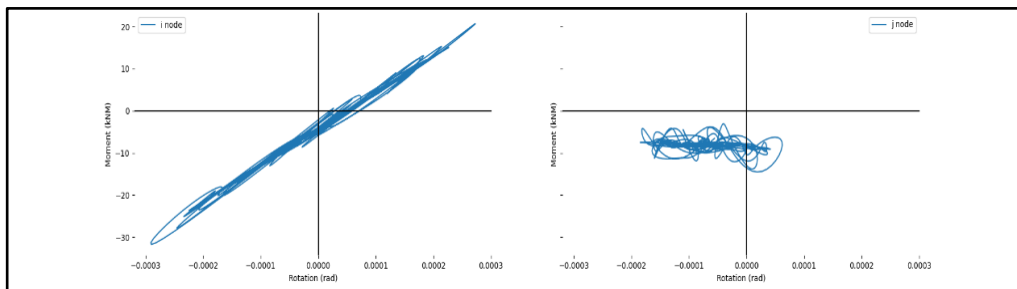
4.4.2.2.1. Ölçek katsayısı = 0.12 ardışık deprem sonuçları



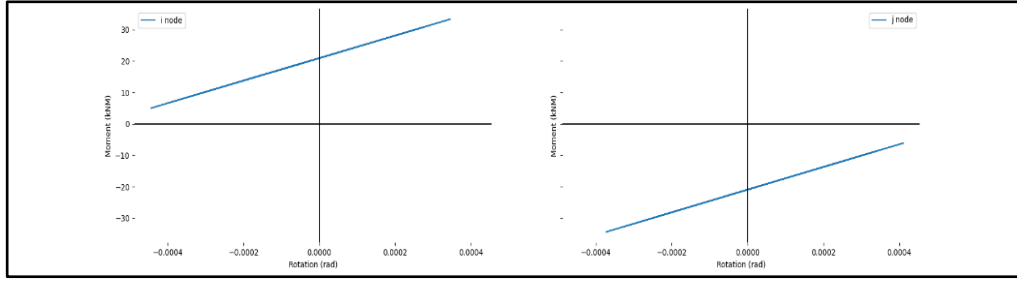
Şekil 4.217: Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.



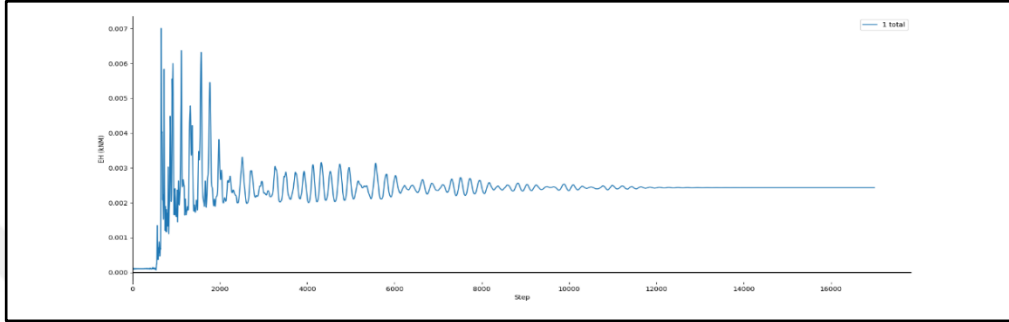
Şekil 4.218: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



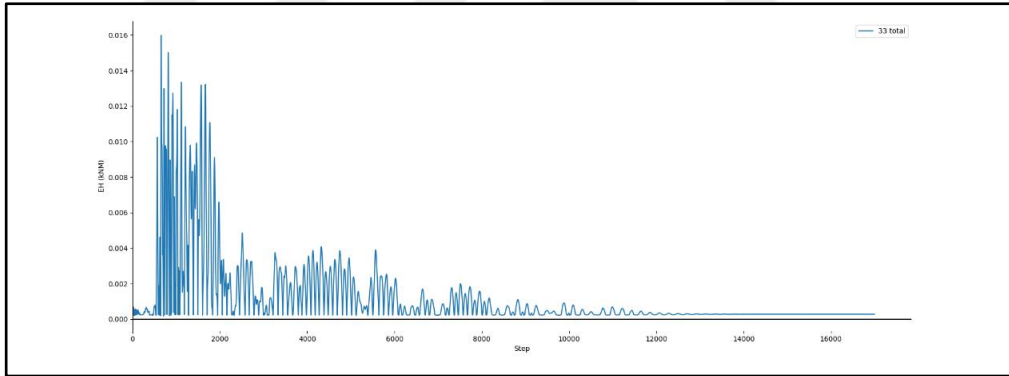
Şekil 4.219: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



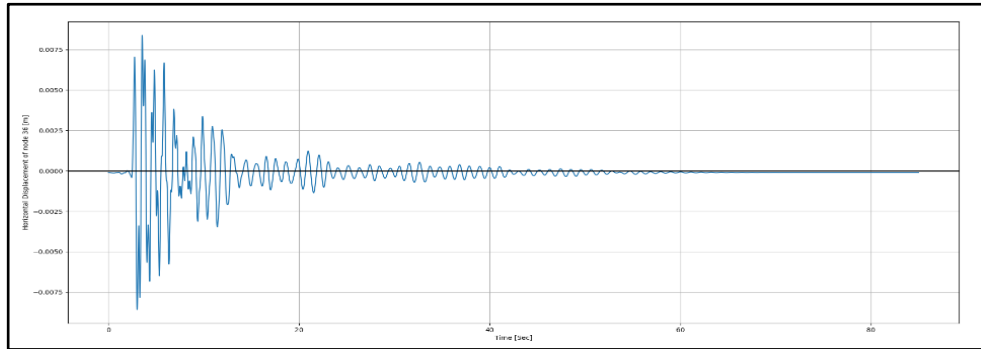
Şekil 4.220: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



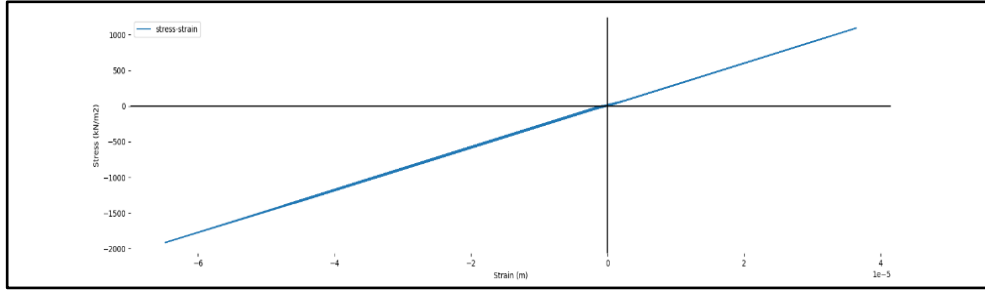
Şekil 4.221: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



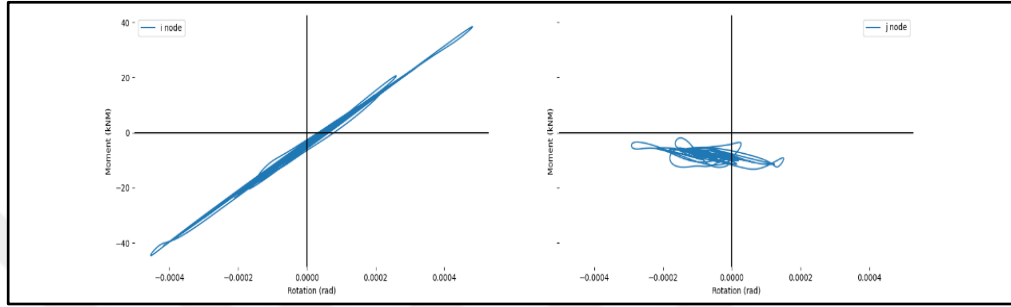
Şekil 4.222: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



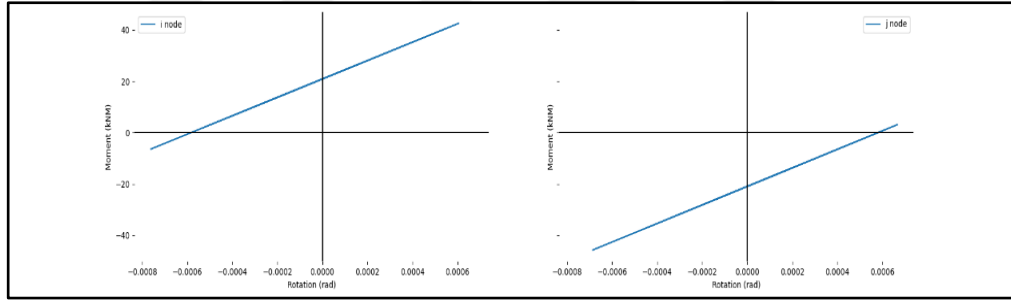
Şekil 4.223: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



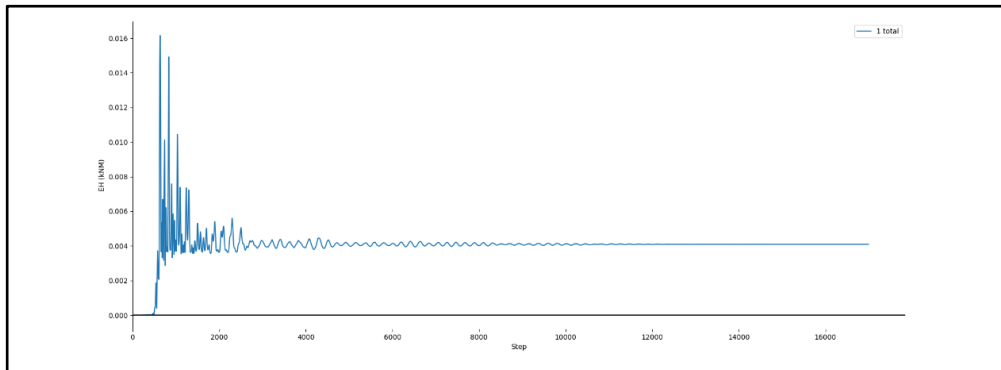
Şekil 4.224: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



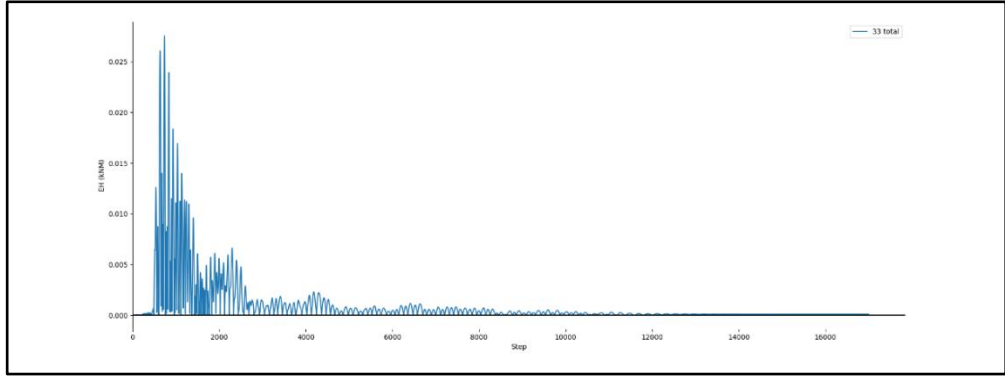
Şekil 4.225: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



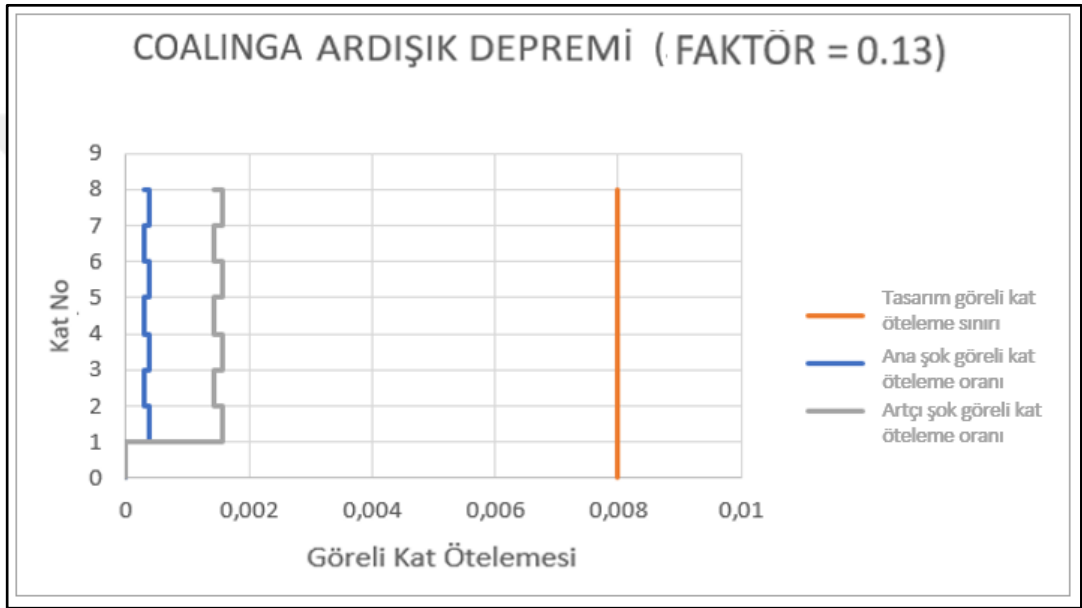
Şekil 4.226: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



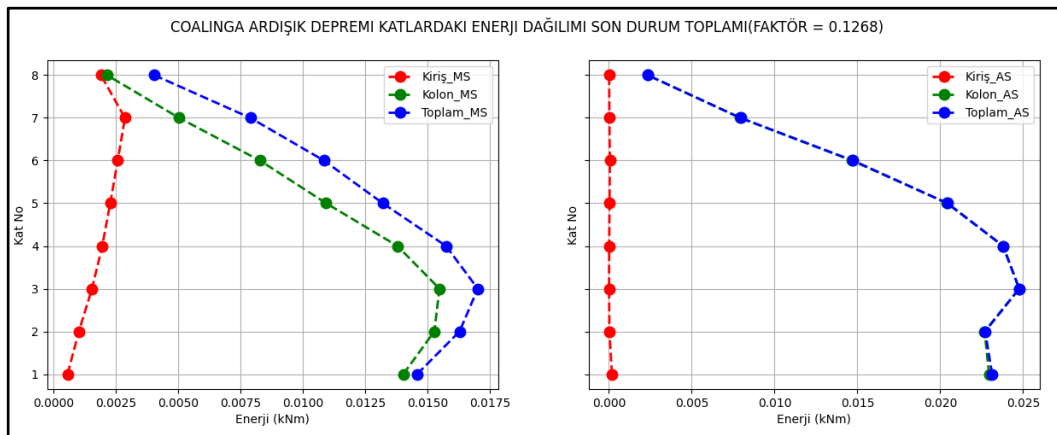
Şekil 4.227: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.228: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.229: Görelî kat ötelemesi.



Şekil 4.230: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.36: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Dönme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Dönme Performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.36:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

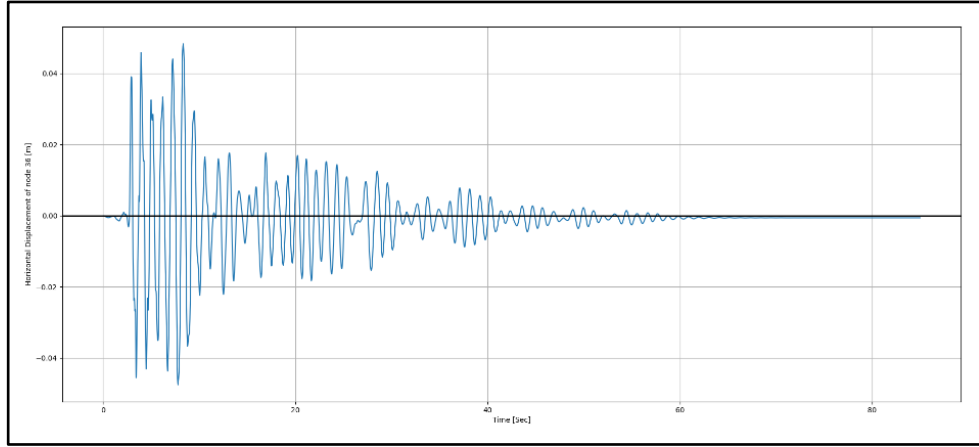
Tablo 4.37: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Dönme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Dönme Performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin

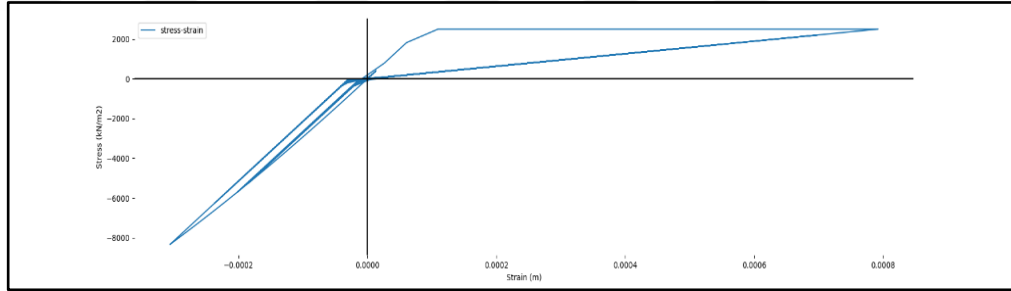
Tablo 4.37:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değıştirme performansları.

26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

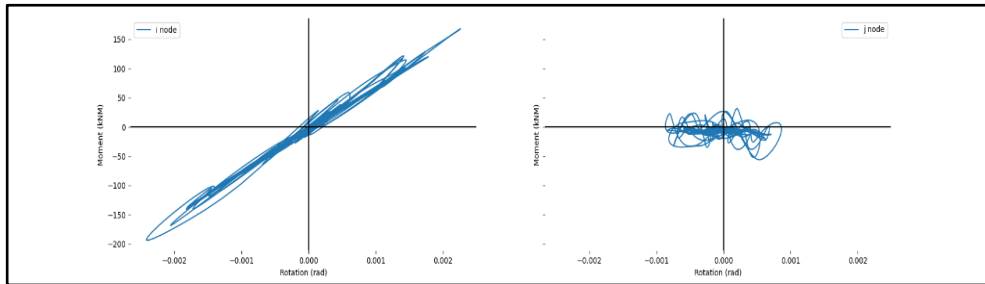
4.4.2.2.2. Ölçek katsayısı = 1.02 ardışık deprem sonuçları



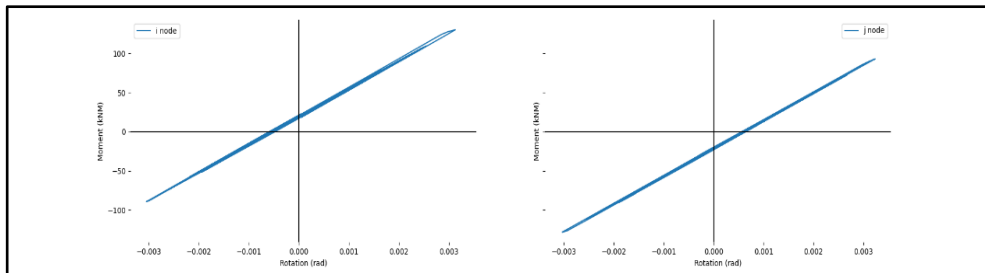
Şekil 4.231: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



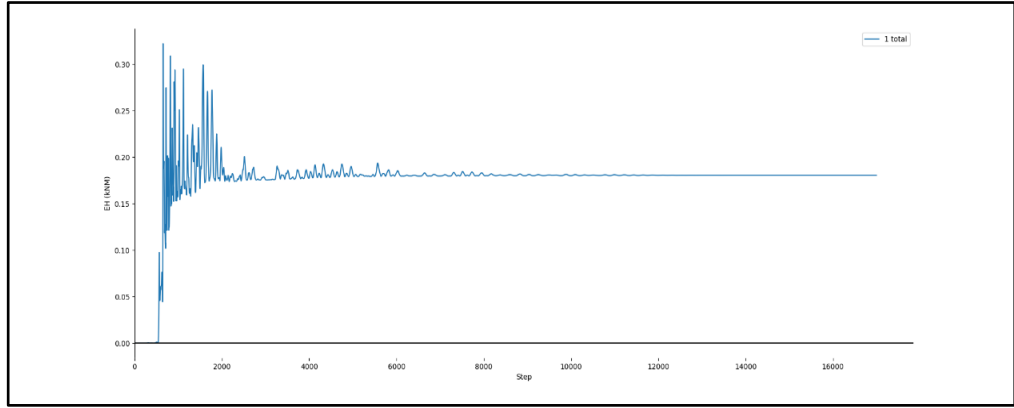
Şekil 4.232: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



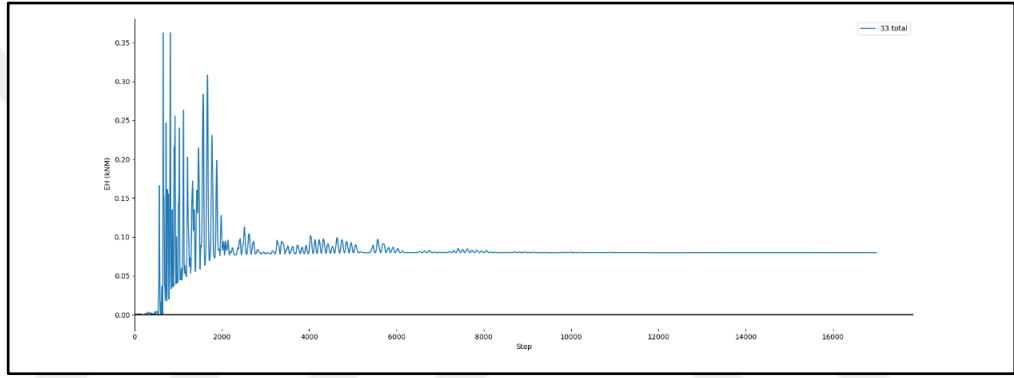
Şekil 4.233: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



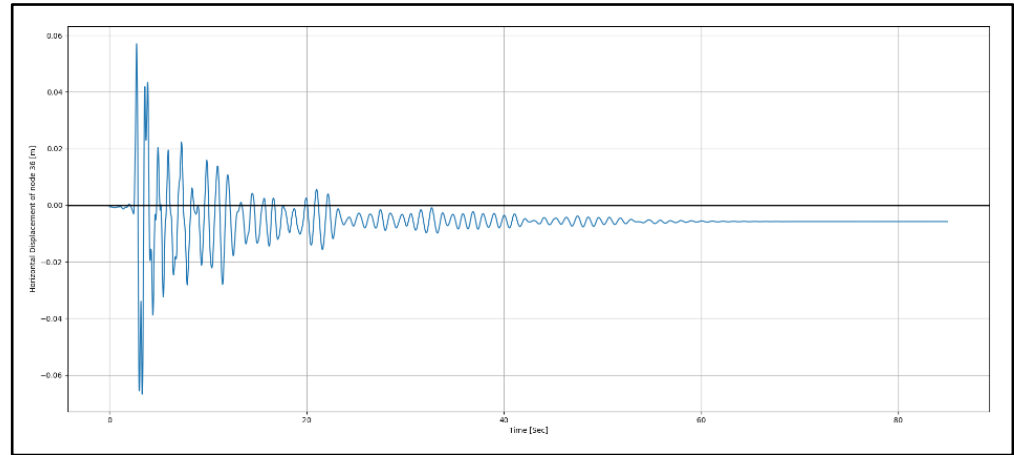
Şekil 4.234: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



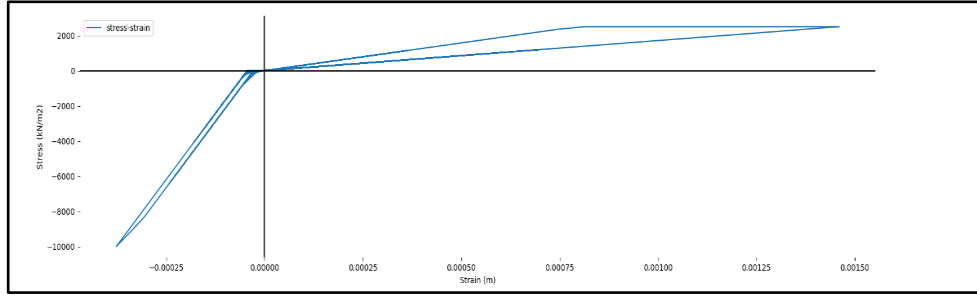
Şekil 4.235: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



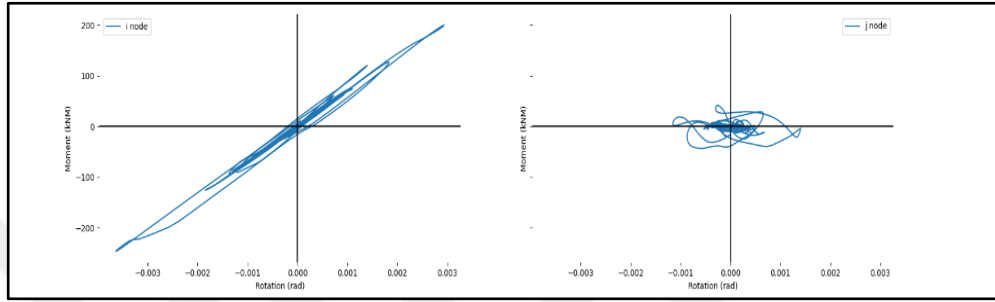
Şekil 4.236: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



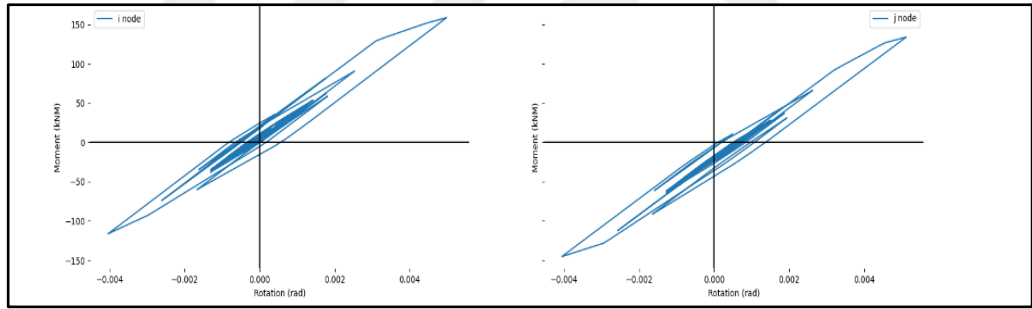
Şekil 4.237: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



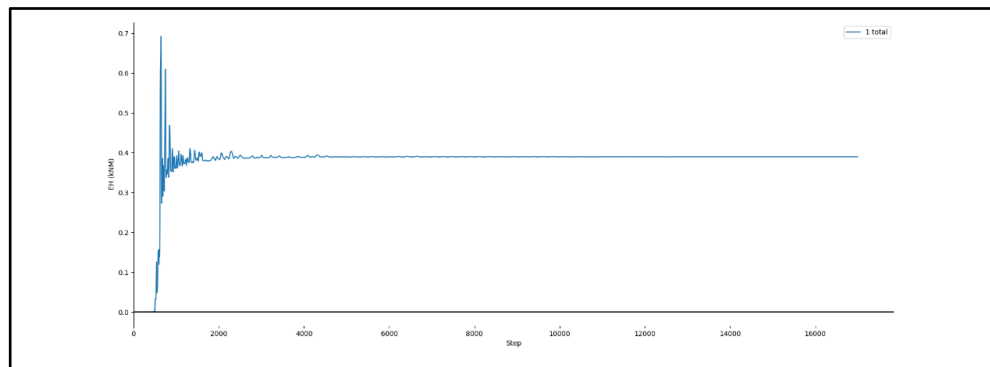
Şekil 4.238: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



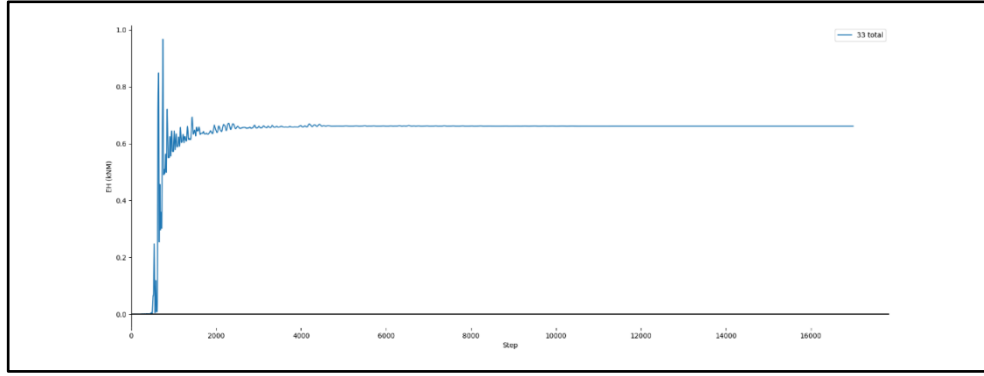
Şekil 4.239: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



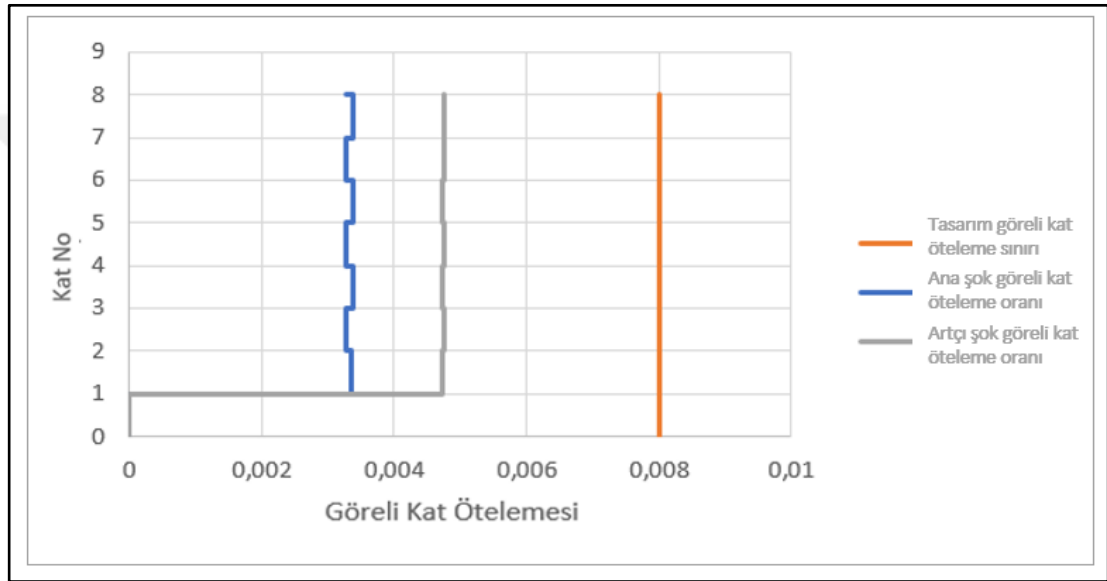
Şekil 4.240: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



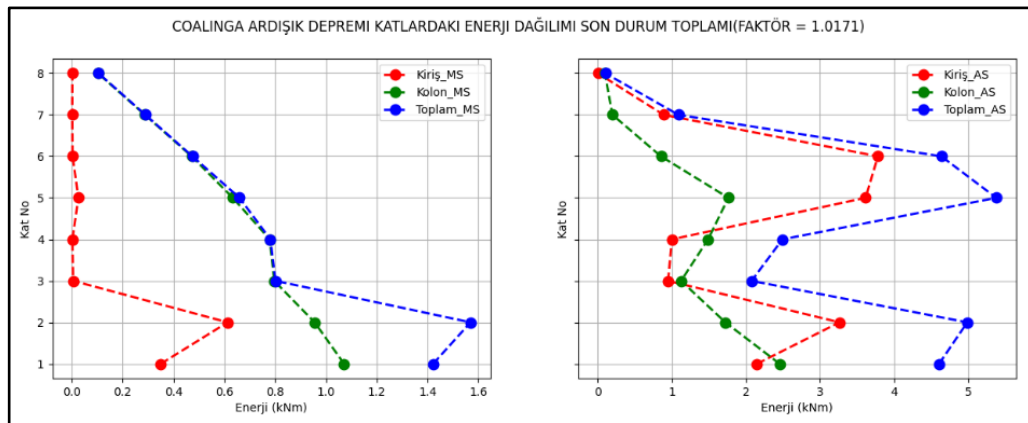
Şekil 4.241: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.242: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.243: Göreli kat ötelemesi.



Şekil 4.244: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.38: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Dönme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Dönme Performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.38:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.39: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

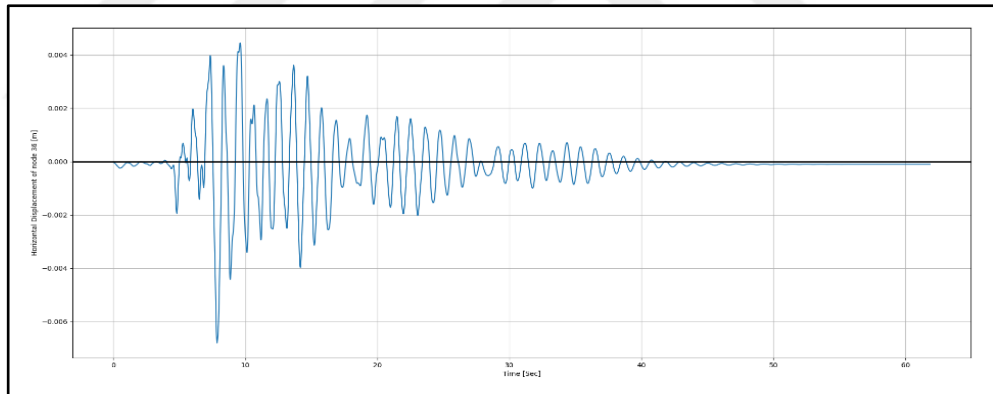
<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı

Tablo 4.59:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değıştirme performansları.

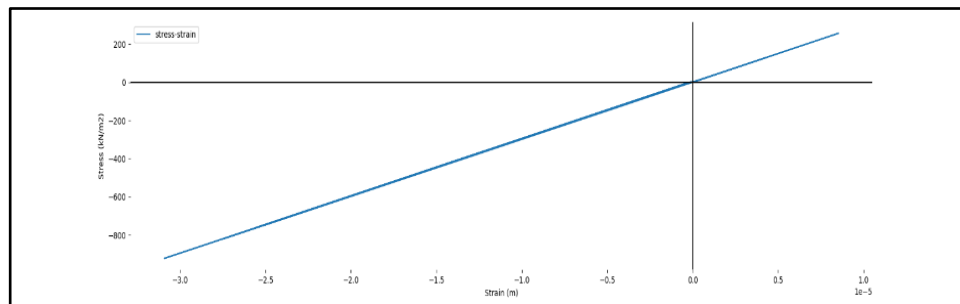
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı
26	Sınırlı	Sınırlı
27	Sınırlı	Sınırlı
28	Sınırlı	Sınırlı
29	Sınırlı	Sınırlı
30	Sınırlı	Sınırlı
31	Sınırlı	Sınırlı
32	Sınırlı	Sınırlı

4.4.2.3. Imperial Valley Ardışık Deprem Sonuçları

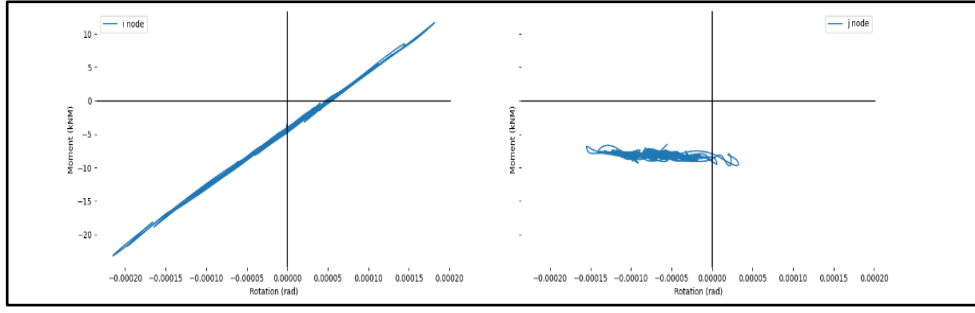
4.4.2.3.1. Ölçek Katsayısı = 0.06 Ardışık Deprem Sonuçları



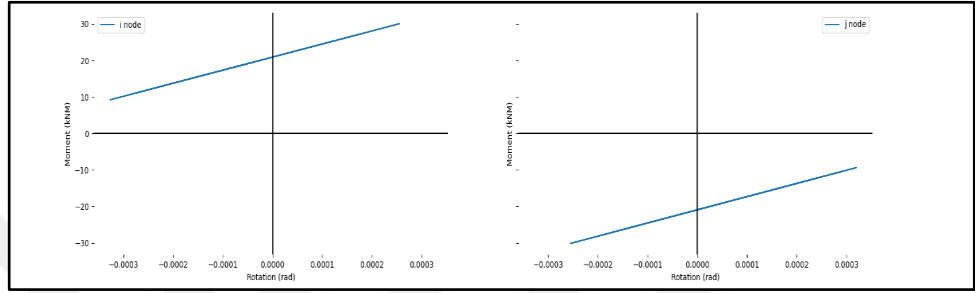
Şekil 4.245: Ana şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.



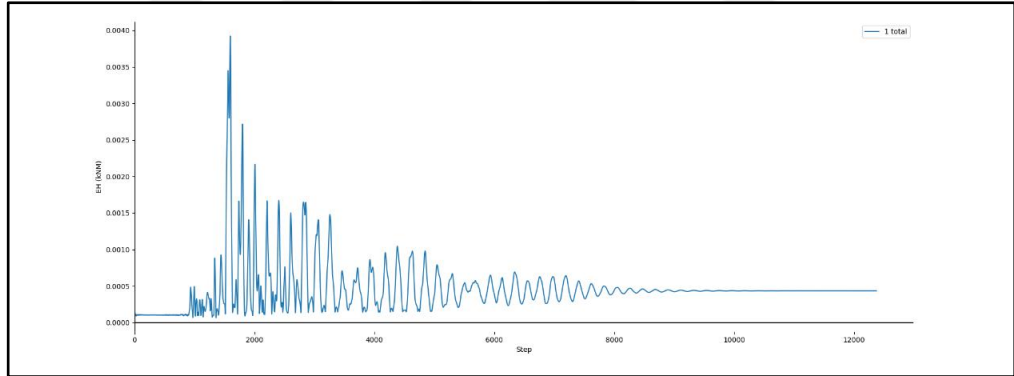
Şekil 4.246: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değıştirme grafiği.



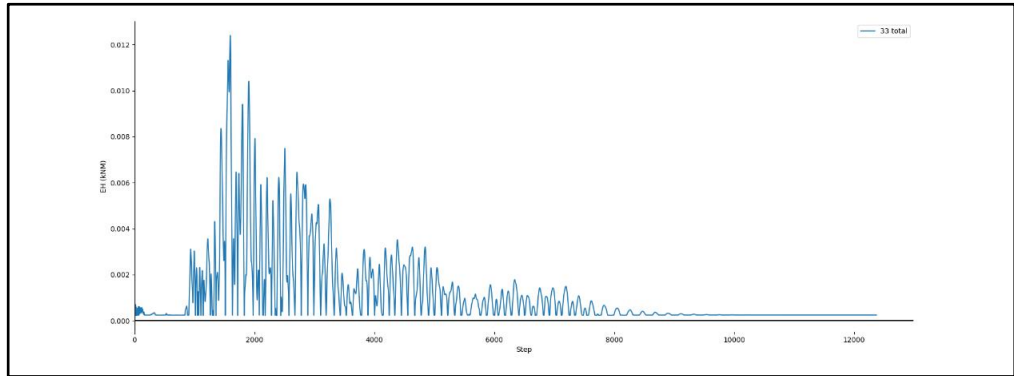
Şekil 4.247: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



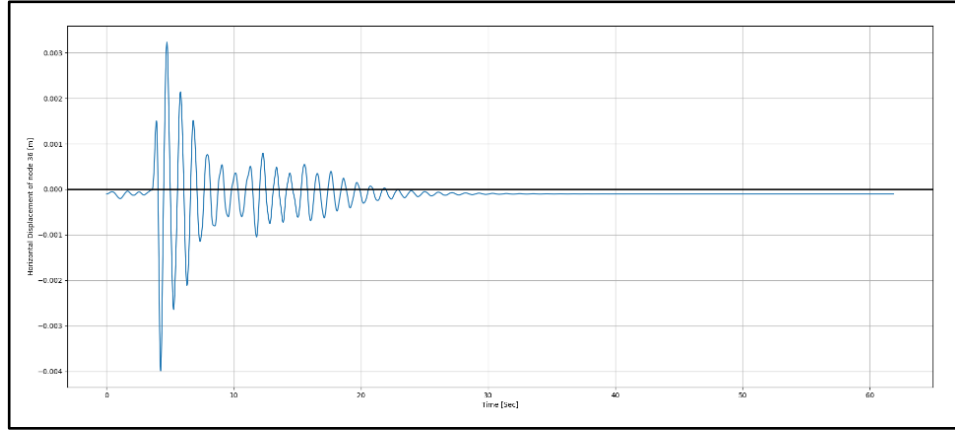
Şekil 4.248: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği



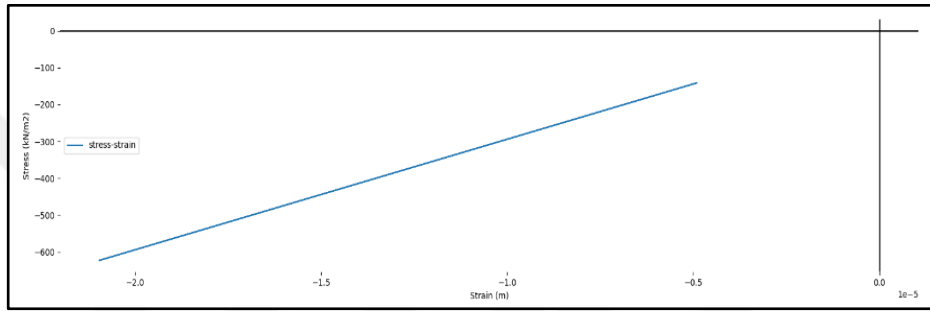
Şekil 4.249: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



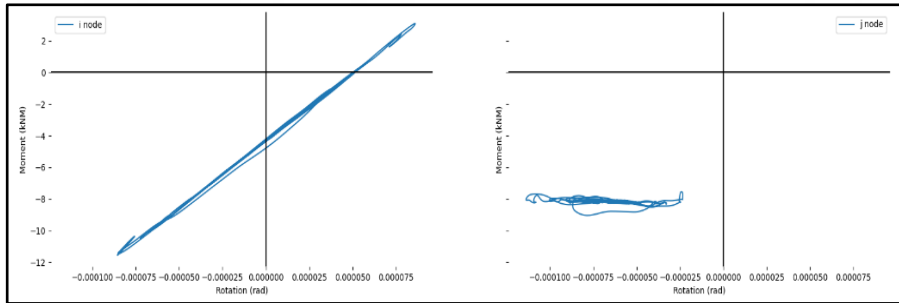
Şekil 4.250: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



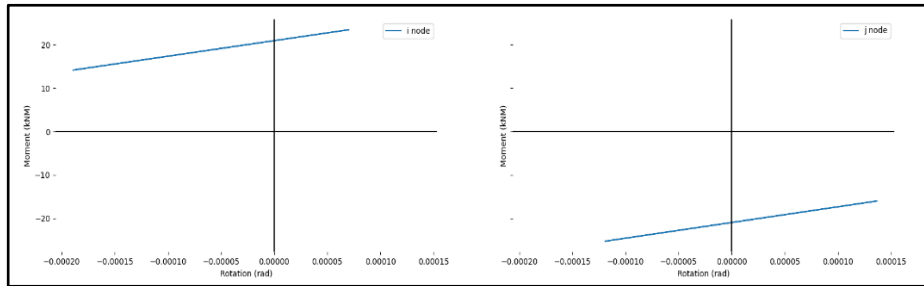
Şekil 4.251: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



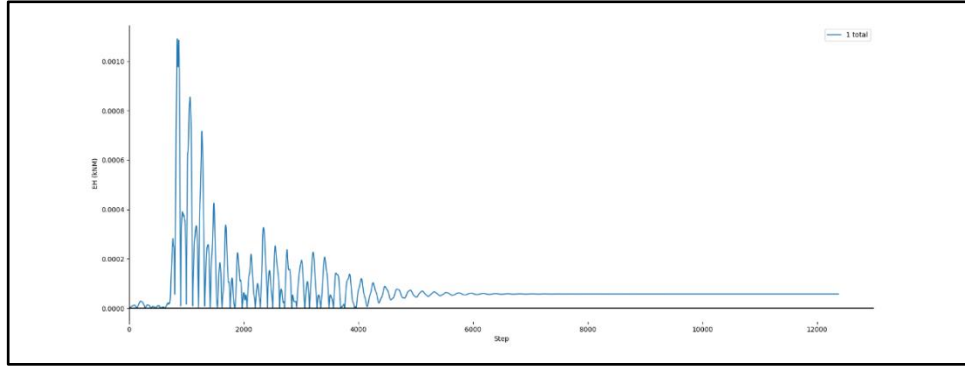
Şekil 4.252: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



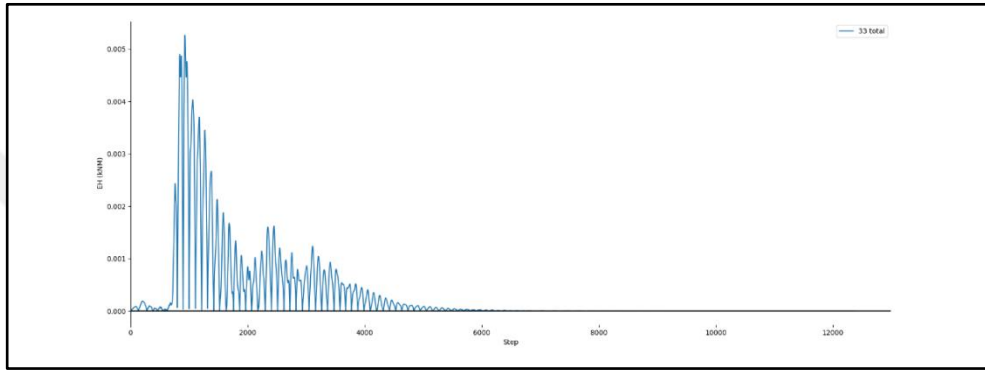
Şekil 4.253: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



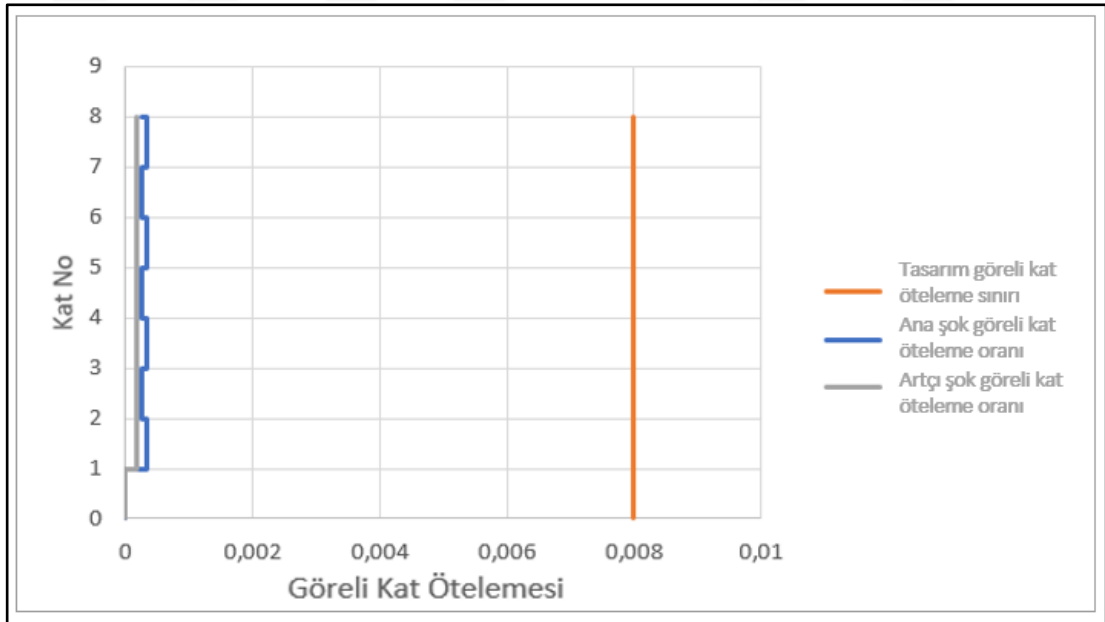
Şekil 4.254: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



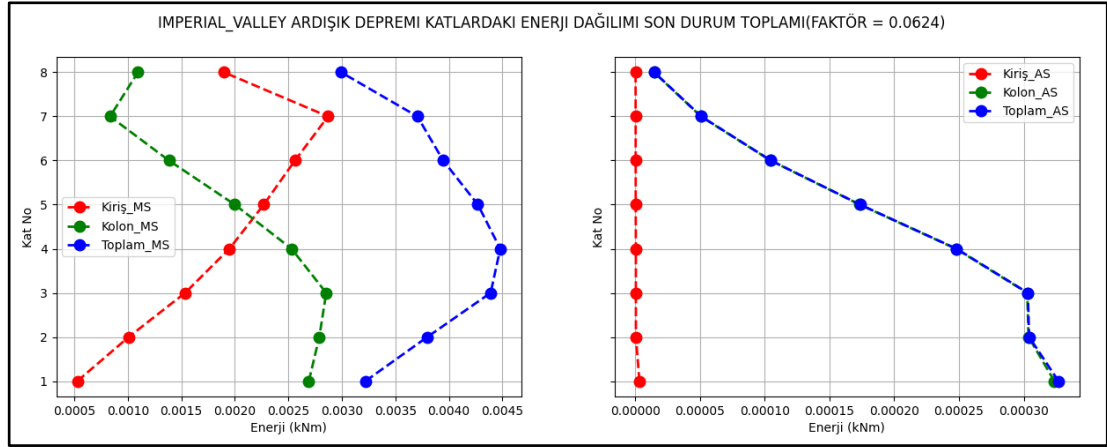
Şekil 4.255: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.256: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.257: Göreli kat ötelemesi.



Şekil 4.258: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.40: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

EleNo	Ana Şok Dönme Performansı	Artçı Şok Dönme Performansı
1	Belirgin	Belirgin
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Belirgin	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Belirgin	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin

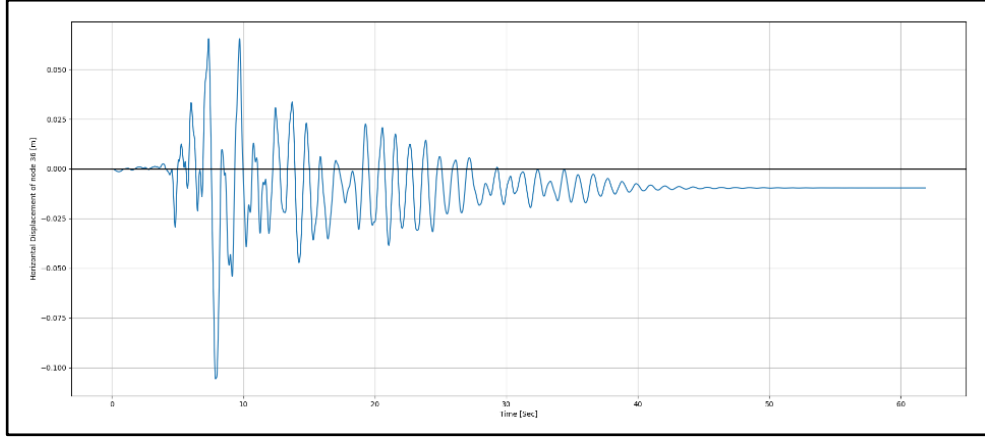
Tablo 4.40:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

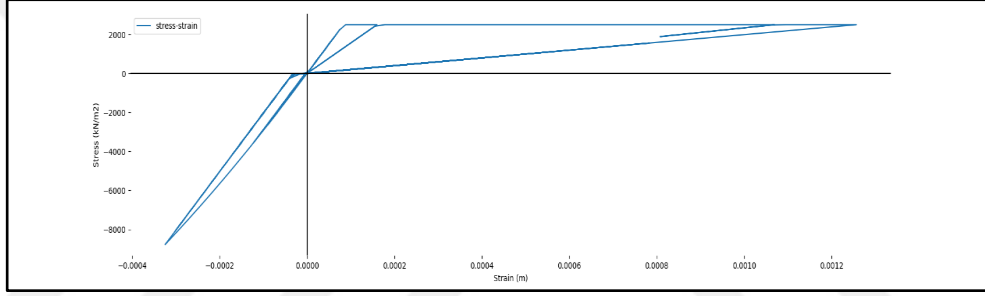
Tablo 4.61: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı
26	Sınırlı	Sınırlı
27	Sınırlı	Sınırlı
28	Sınırlı	Sınırlı
29	Sınırlı	Sınırlı
30	Sınırlı	Sınırlı
31	Sınırlı	Sınırlı
32	Sınırlı	Sınırlı

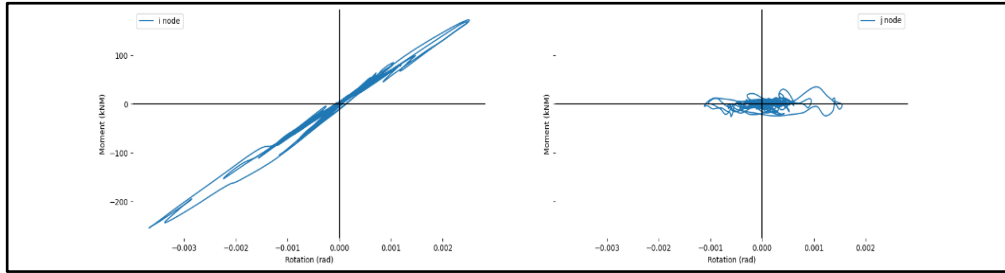
4.4.2.3.2. Ölçek katsayısı = 1 ardışık deprem sonuçları



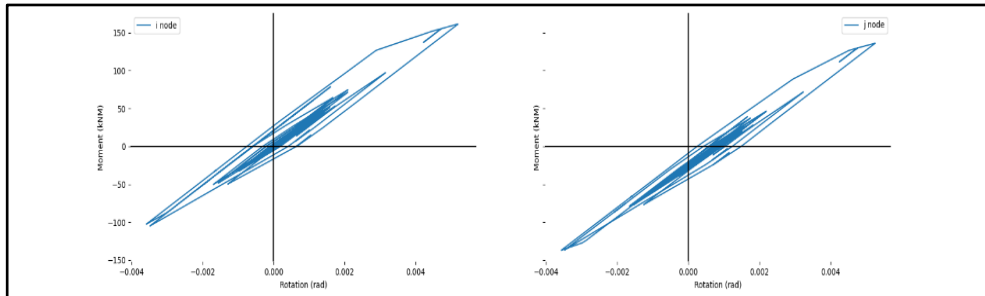
Şekil 4.259: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



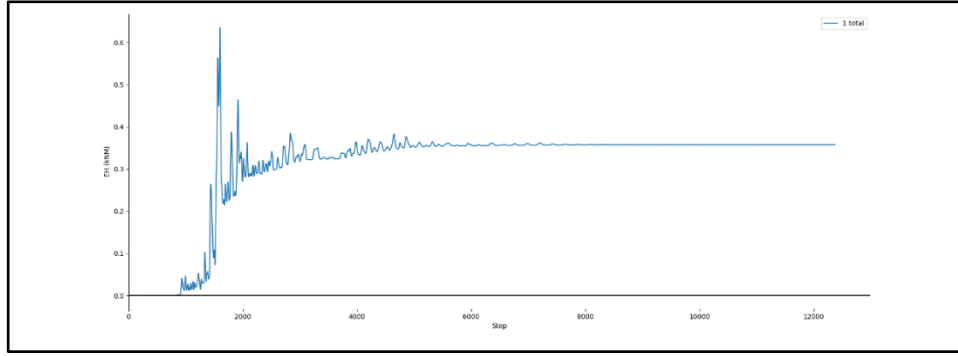
Şekil 4.260: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



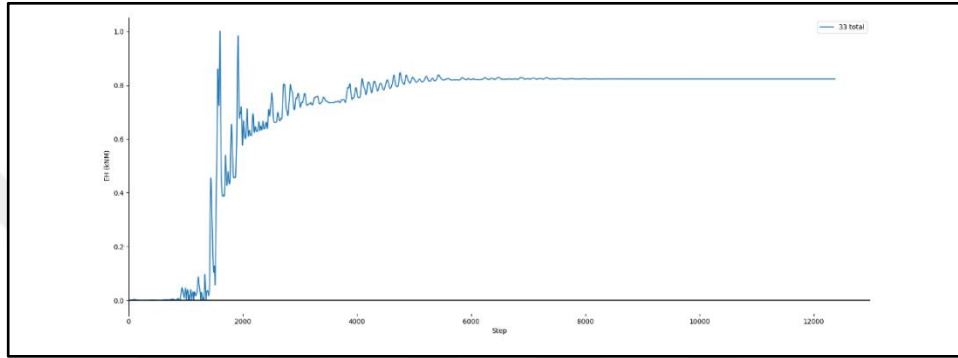
Şekil 4.261: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



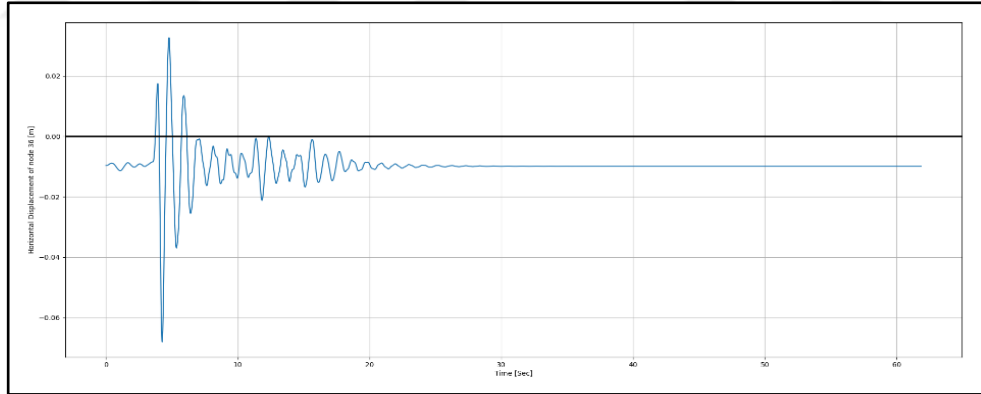
Şekil 4.262: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



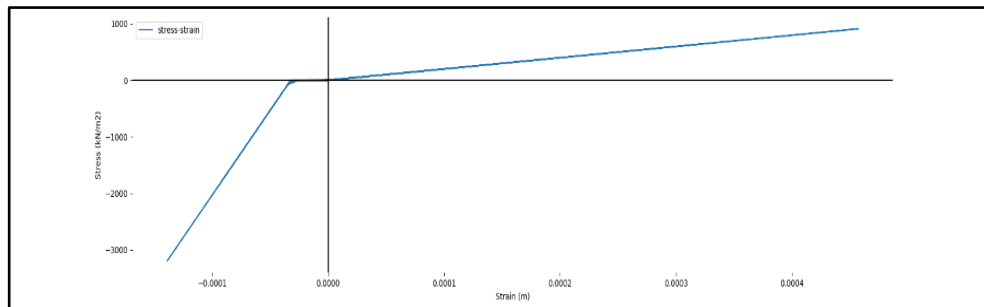
Şekil 4.263: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



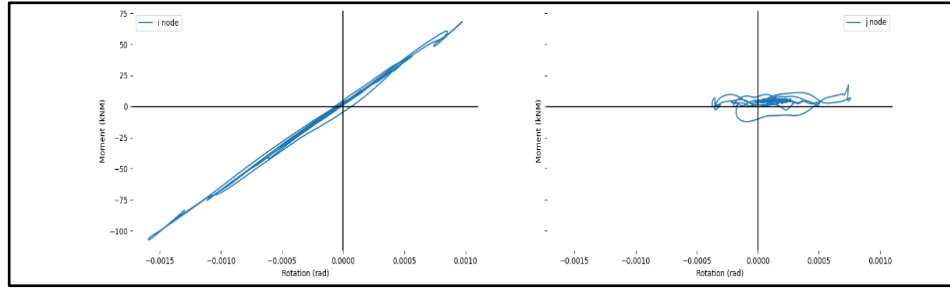
Şekil 4.264: Ana şok giriş 33 enerji-zaman grafiği.



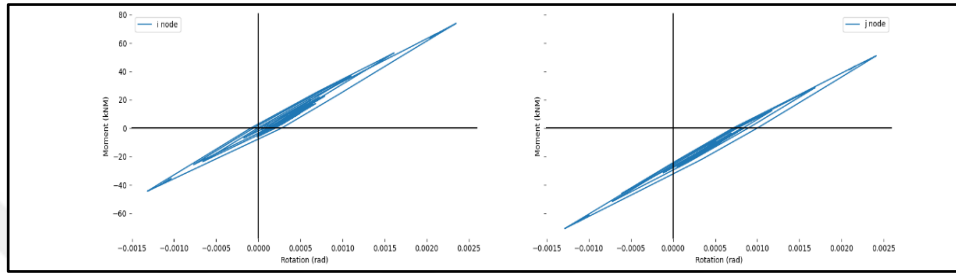
Şekil 4.265: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



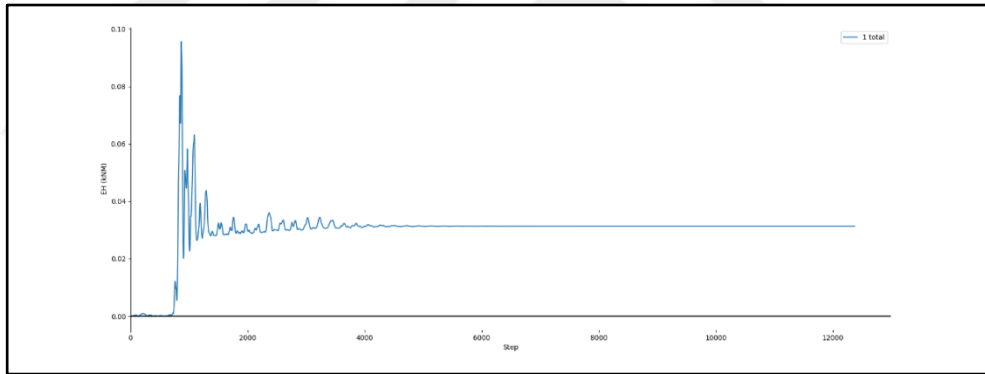
Şekil 4.266: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



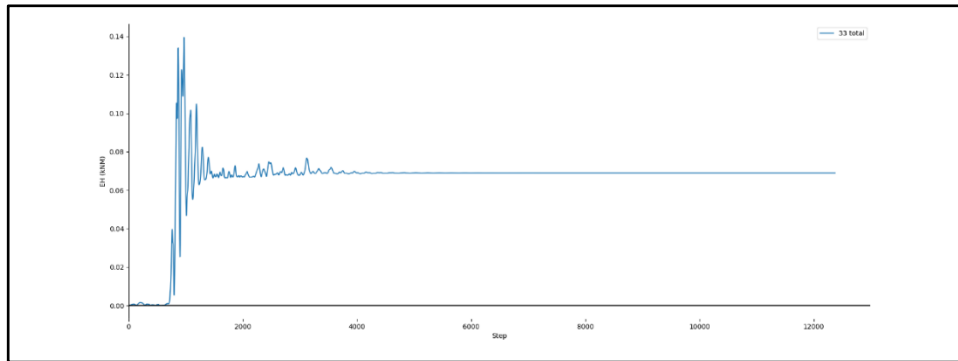
Şekil 4.267: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



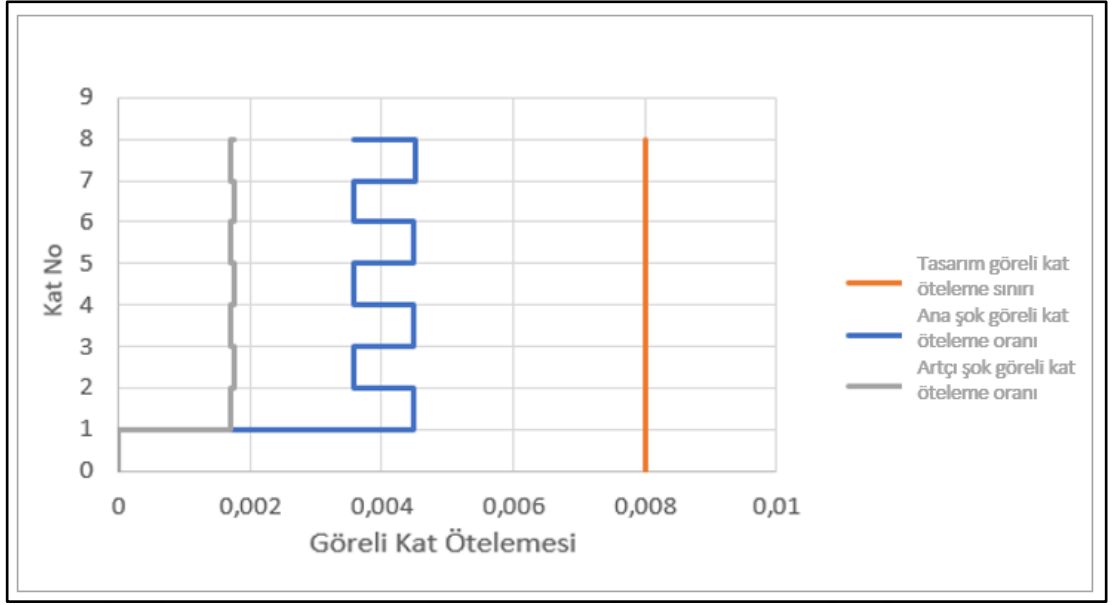
Şekil 4.268: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



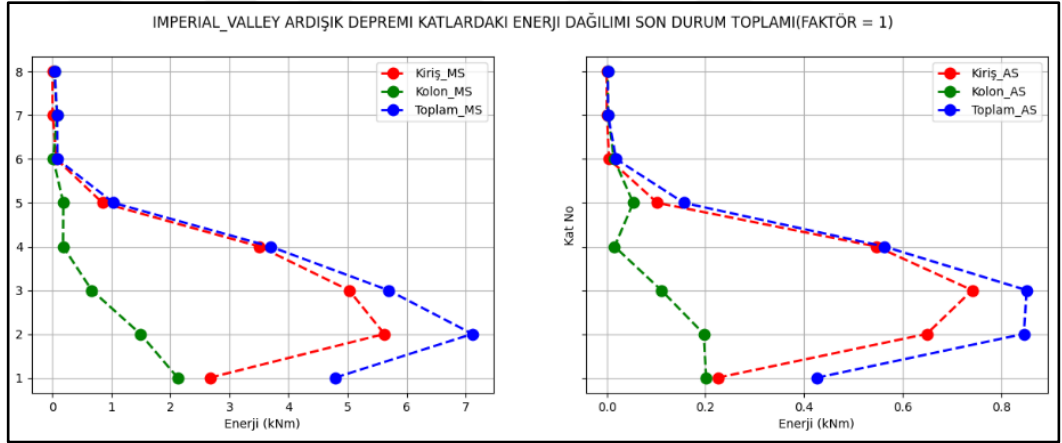
Şekil 4.269: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.270: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.271: Göreli kat ötelemesi.



Şekil 4.272: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.42: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

EleNo	Ana Şok Dönme Performansı	Artçı Şok Dönme Performansı
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.42:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.42:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

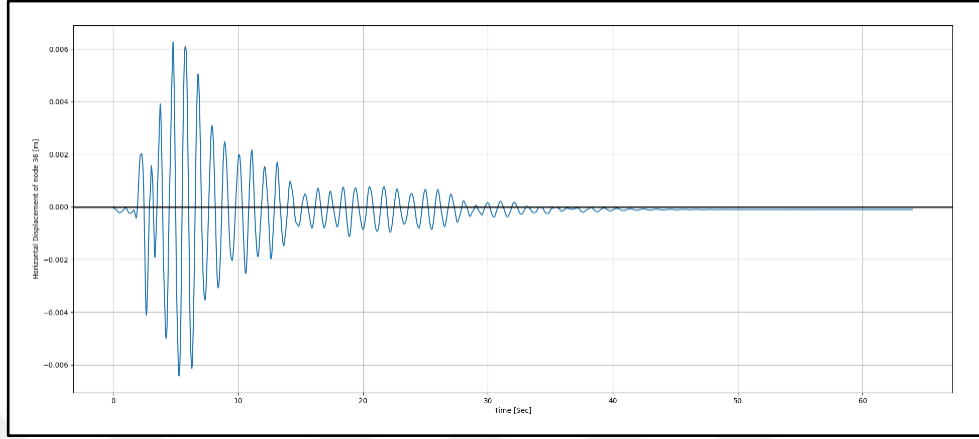
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.43: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

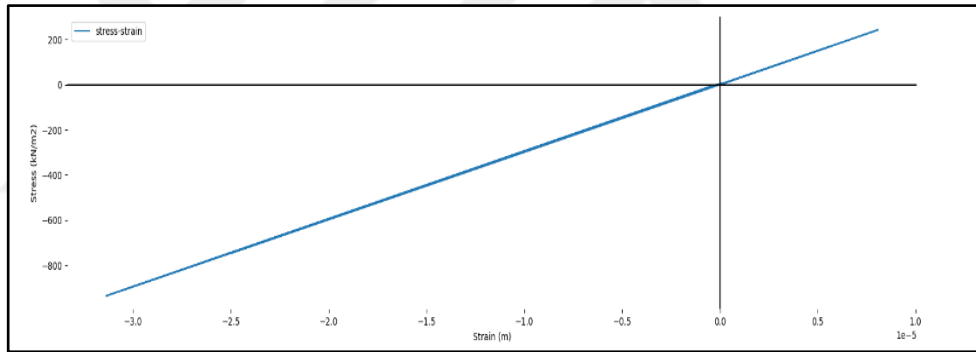
<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı
26	Sınırlı	Sınırlı
27	Sınırlı	Sınırlı
28	Sınırlı	Sınırlı
29	Sınırlı	Sınırlı
30	Sınırlı	Sınırlı
31	Sınırlı	Sınırlı
32	Sınırlı	Sınırlı

4.4.2.4. Whittier narrows ardışık deprem sonuçları

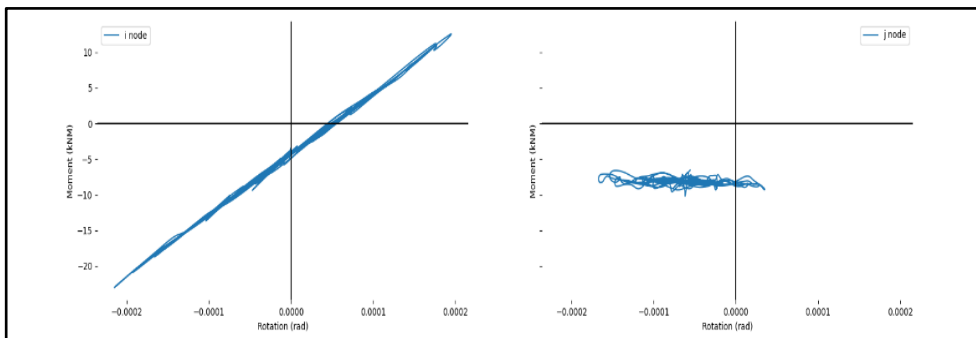
4.4.2.4.1. Ölçek katsayısı = 0.10 ardışık deprem sonuçları



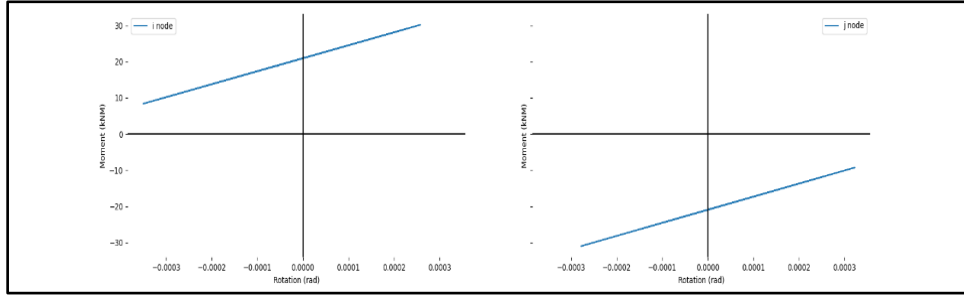
Şekil 4.273: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



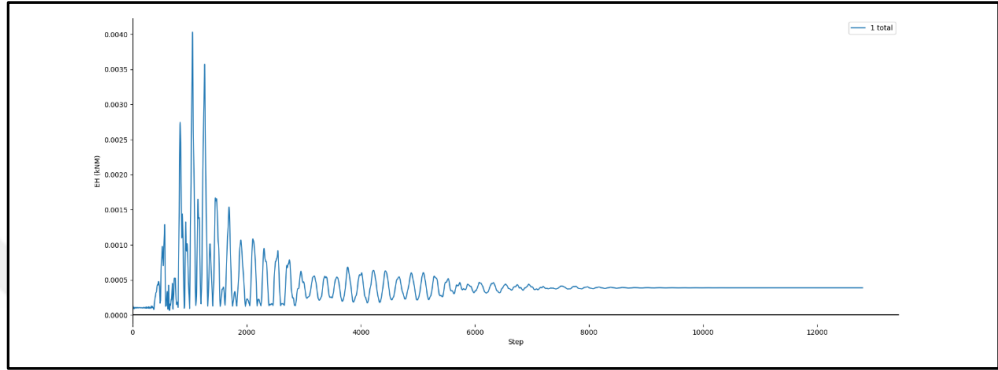
Şekil 4.274: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



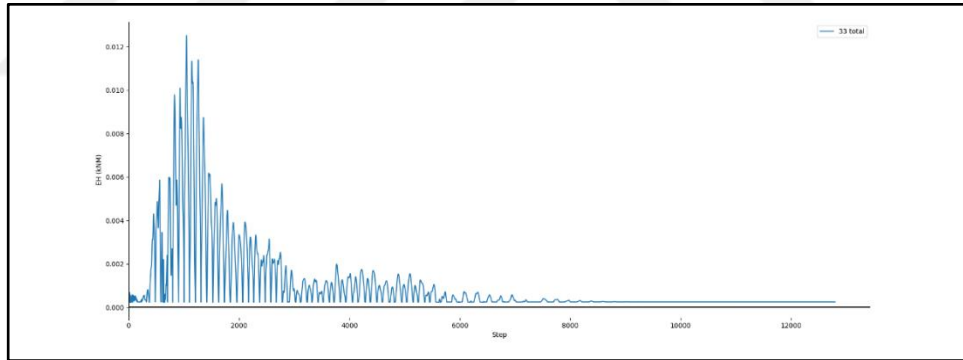
Şekil 4.275: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



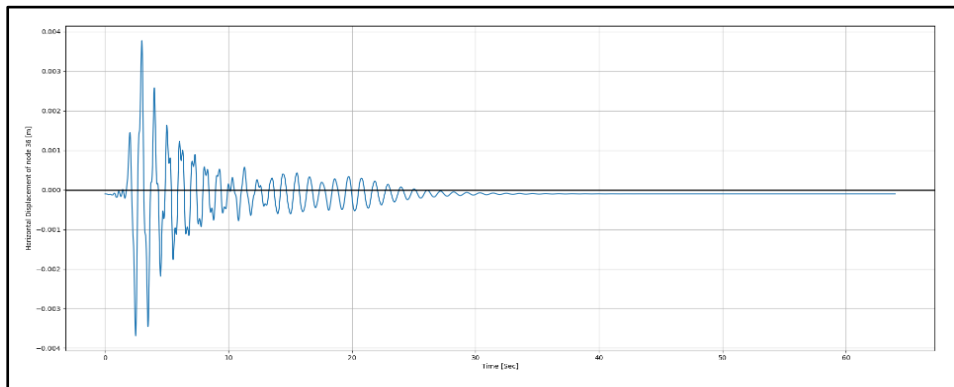
Şekil 4.276: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



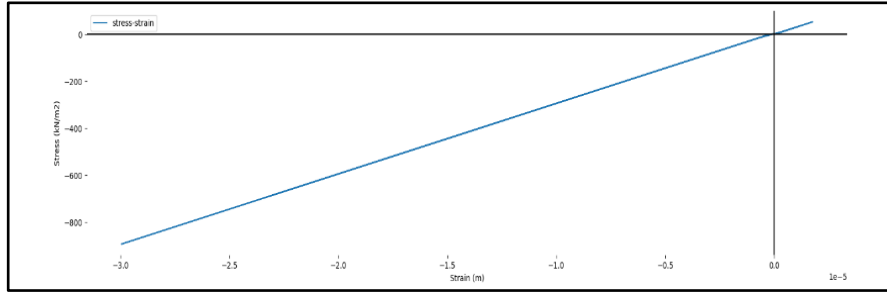
Şekil 4.277: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



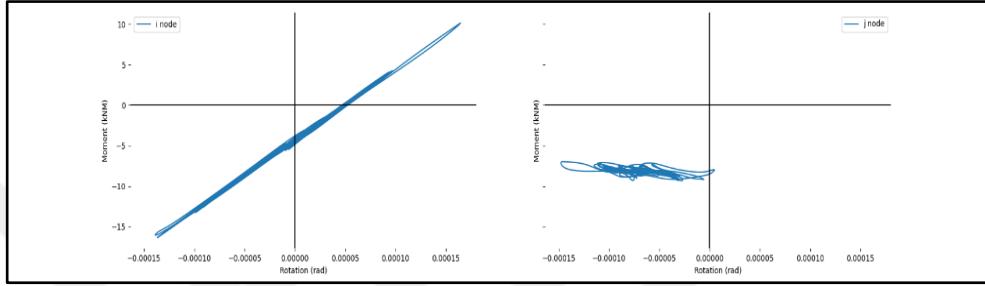
Şekil 4.278: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



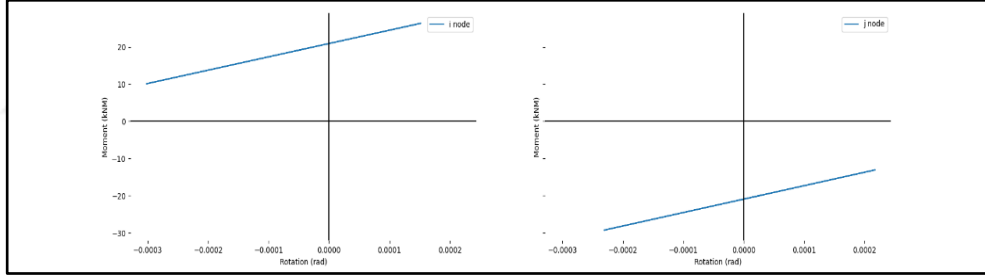
Şekil 4.279: Artçı şok tepe deplasmanı-zaman grafiği.



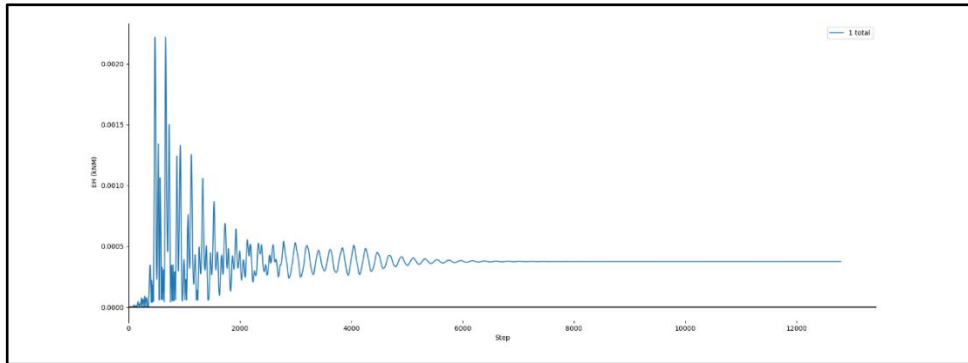
Şekil 4.280: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



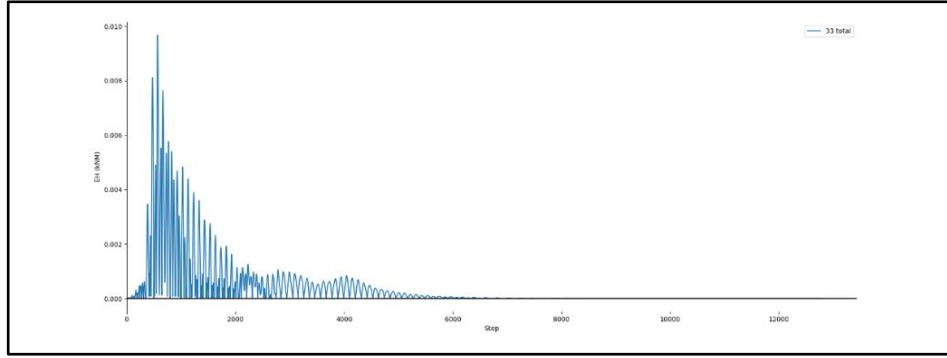
Şekil 4.281: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



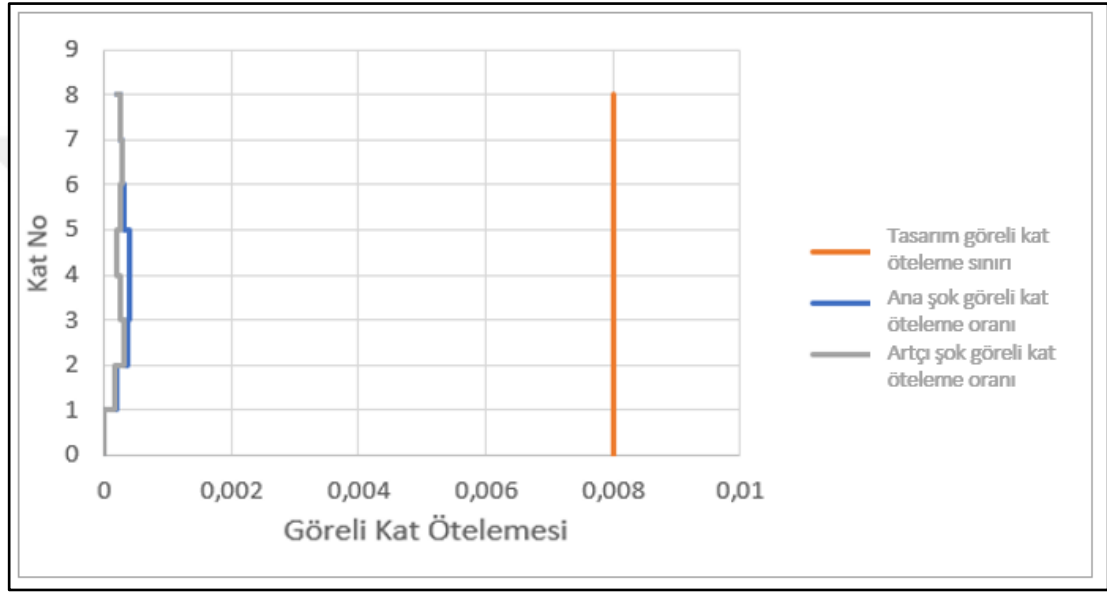
Şekil 4.282: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



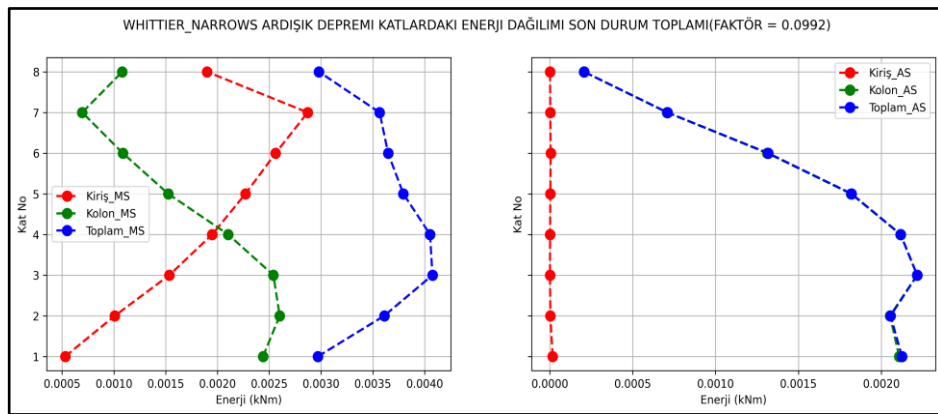
Şekil 4.283: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.284: Artçı şok giriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.285: Göreli Kat Ötelemesi.



Şekil 4.286: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.44: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Dönme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Dönme Performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Sınırlı
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Sınırlı
6	Belirgin	Sınırlı
7	Belirgin	Belirgin
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.44:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

45	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

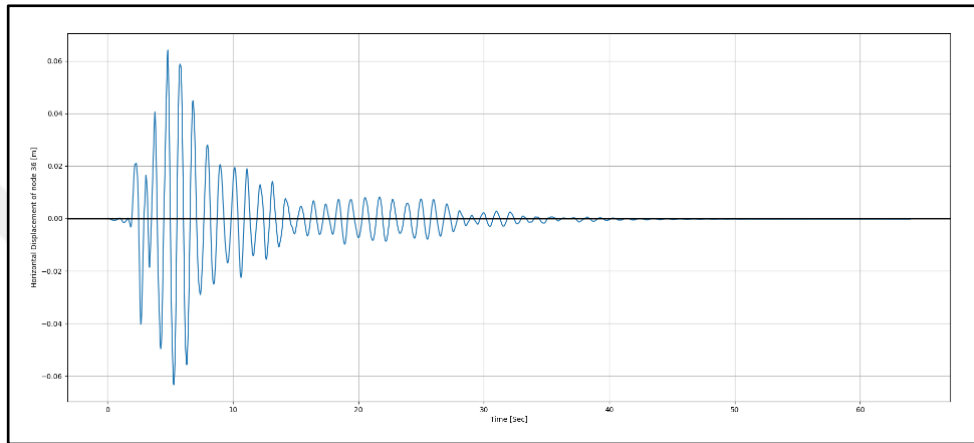
Tablo 4.45: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı
26	Sınırlı	Sınırlı
27	Sınırlı	Sınırlı
28	Sınırlı	Sınırlı

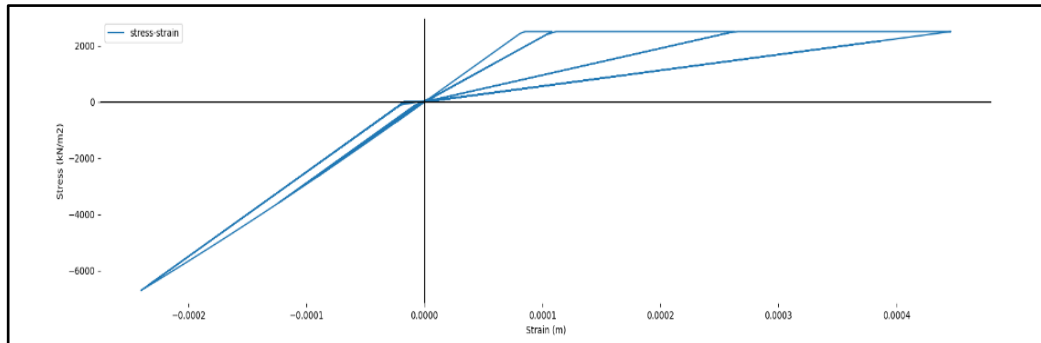
Tablo 4.45:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

29	Sınırlı	Sınırlı
30	Sınırlı	Sınırlı
31	Sınırlı	Sınırlı
32	Sınırlı	Sınırlı

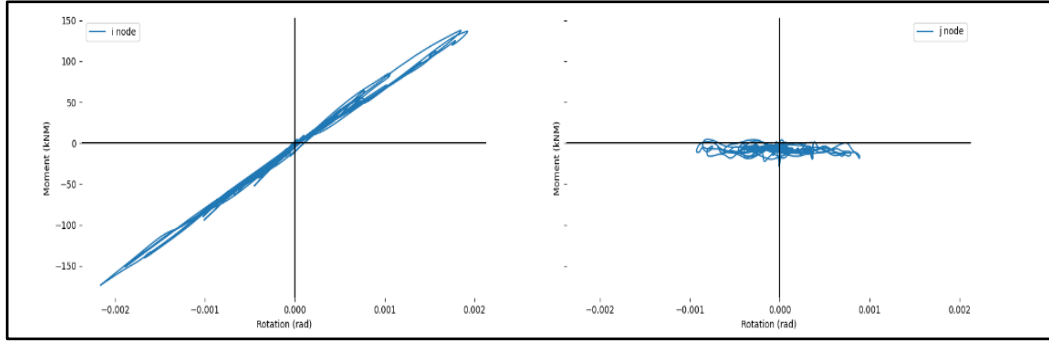
4.4.2.4.2. Ölçek katsayısı = 1 ardışık deprem sonuçları



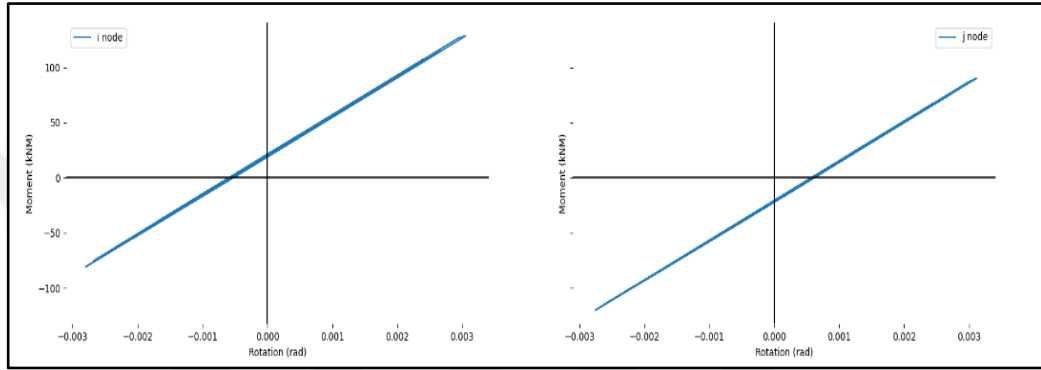
Şekil 4.287: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



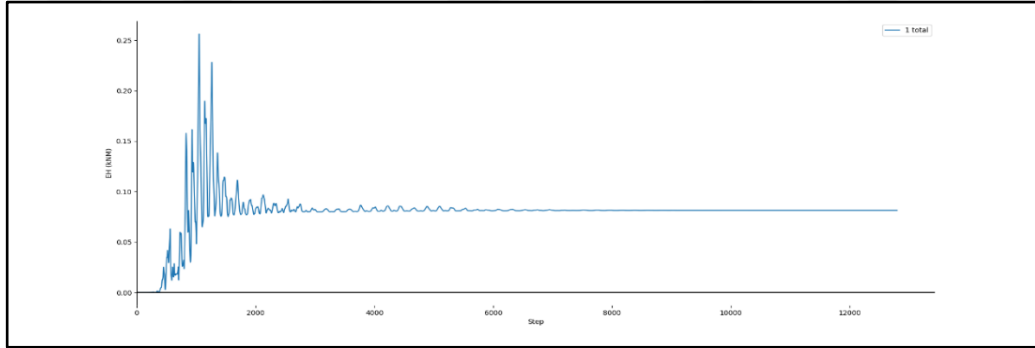
Şekil 4.288: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



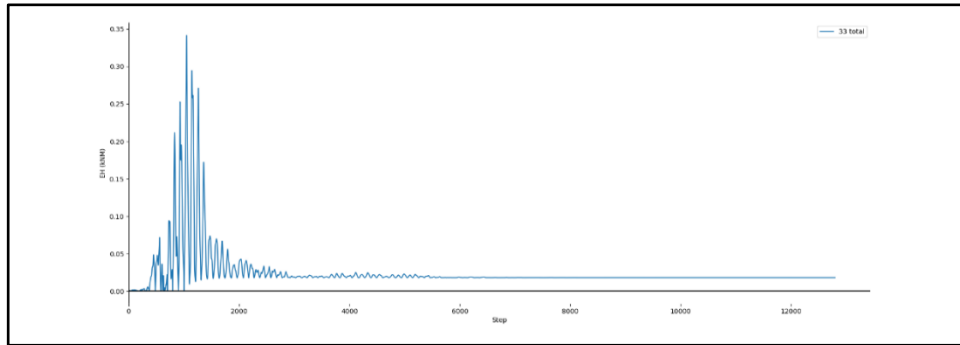
Şekil 4.289: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



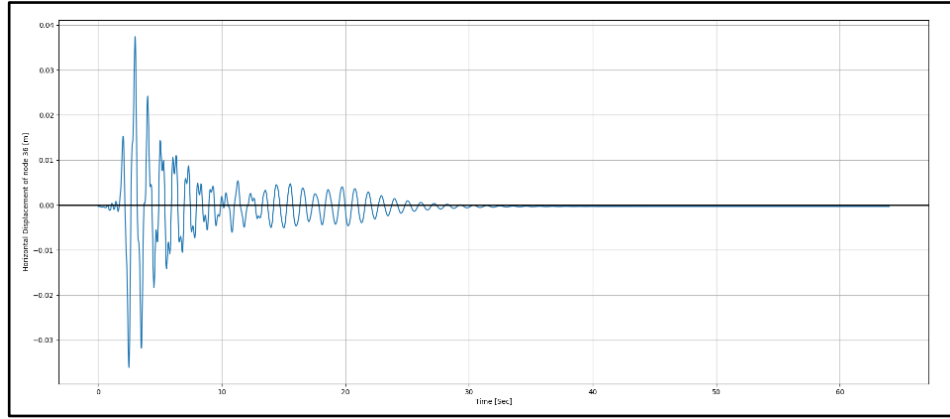
Şekil 4.290: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



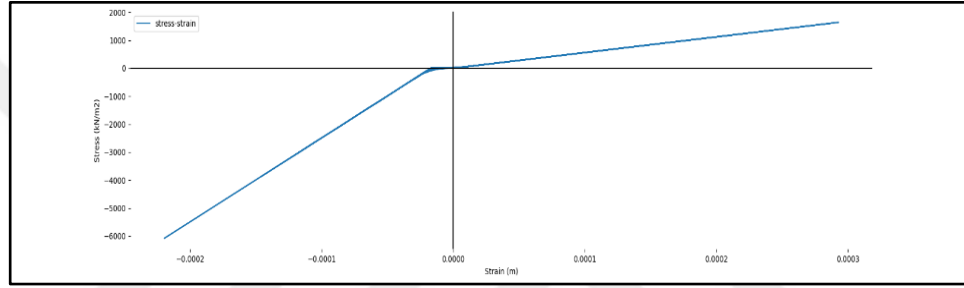
Şekil 4.291: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



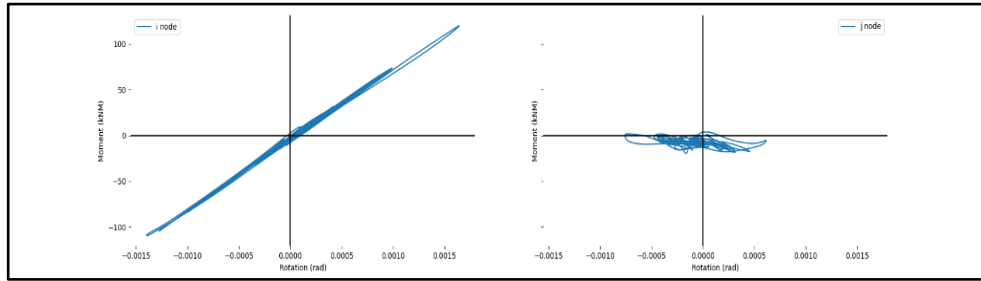
Şekil 4.292: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



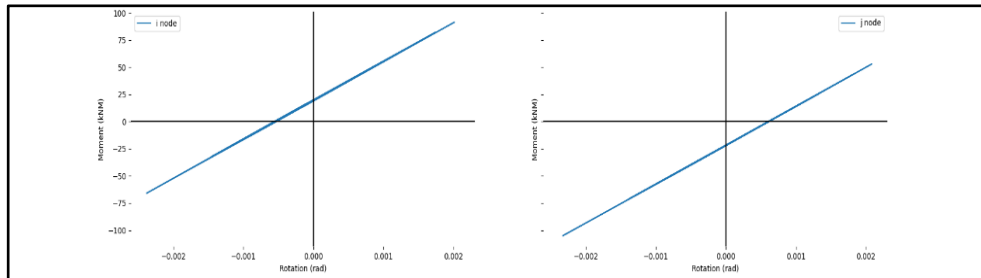
Şekil 4.293: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



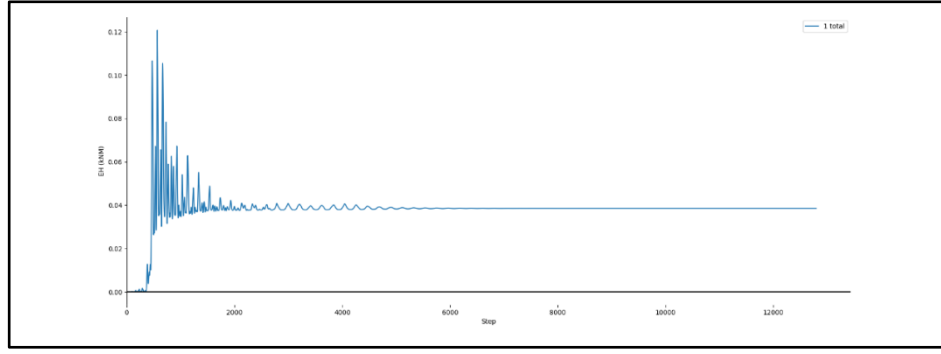
Şekil 4.294: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



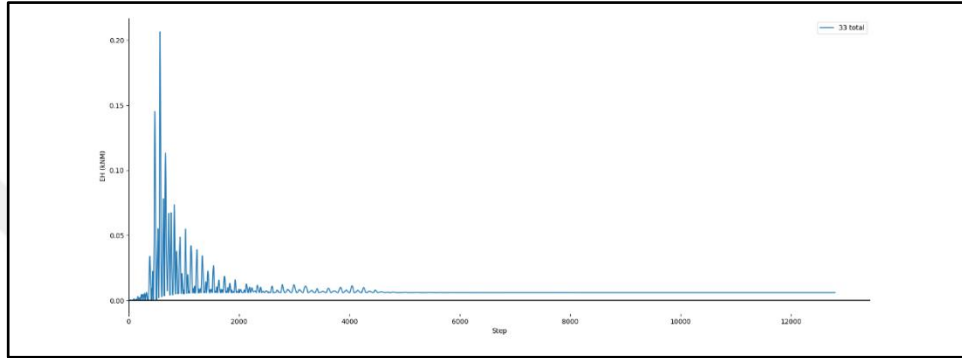
Şekil 4.295: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



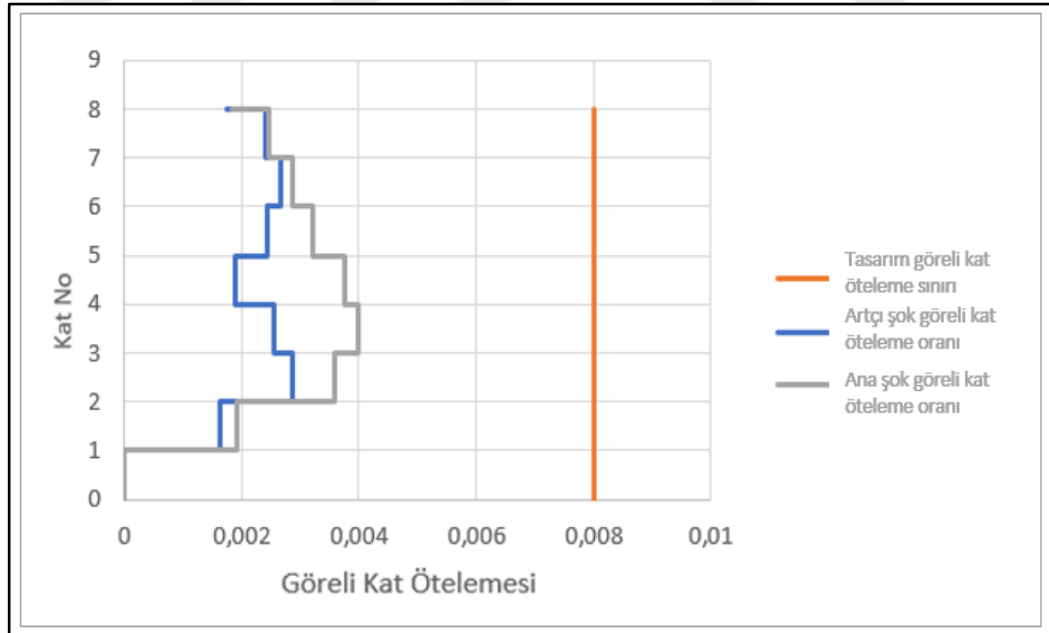
Şekil 4.296: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



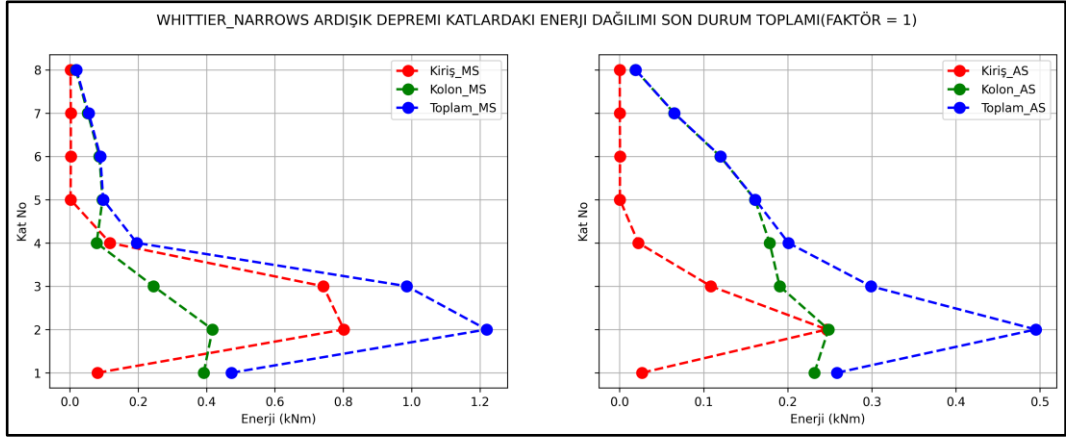
Şekil 4.297: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.298: Artçı şok giriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.299: Göreli kat ötelemesi.



Şekil 4.300: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.46: Elemanların Ana-Artçı Şoklardaki Dönme Performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Dönme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Dönme Performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.46:Devam. Elemanların Ana-Artçı Şoklardaki Dönme Performansları.

31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin
41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.47: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

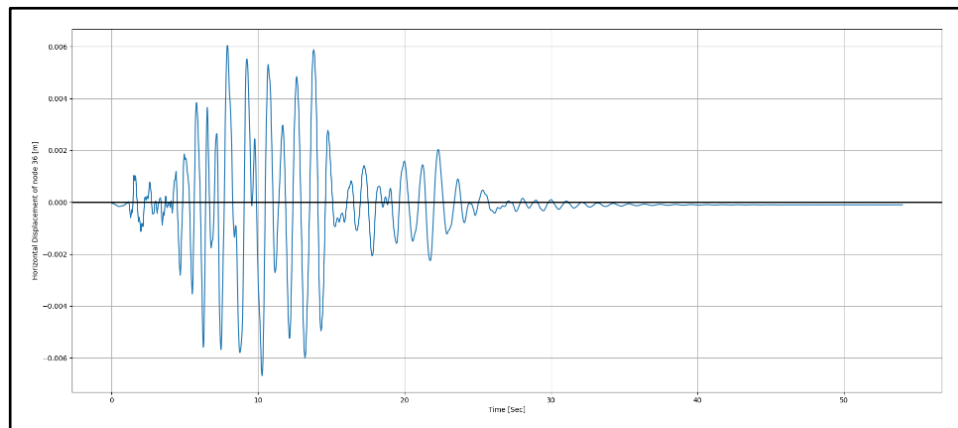
<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı

Tablo 4.47:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değıştirme performansları.

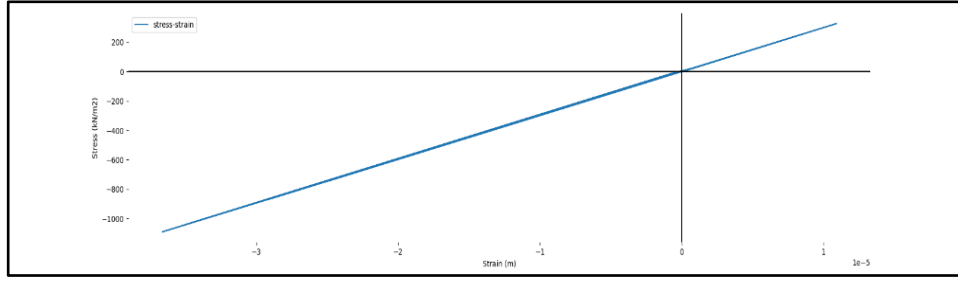
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı
26	Sınırlı	Sınırlı
27	Sınırlı	Sınırlı
28	Sınırlı	Sınırlı
29	Sınırlı	Sınırlı
30	Sınırlı	Sınırlı
31	Sınırlı	Sınırlı
32	Sınırlı	Sınırlı

4.4.2.5. Mammoth Lakes Ardışık Deprem Sonuçları

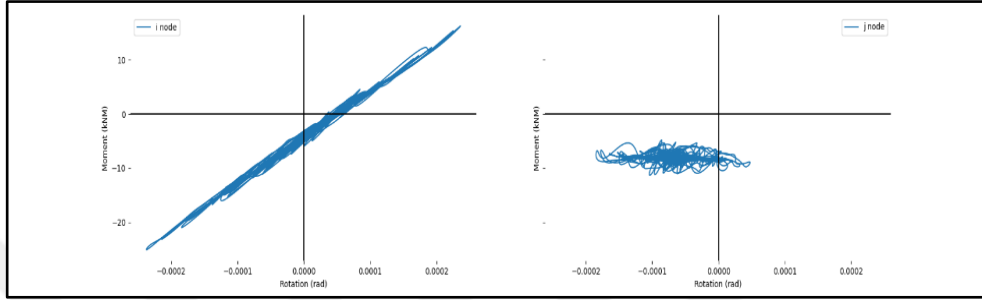
4.4.2.5.1. Ölçek katsayısı = 0.12 ardışık deprem sonuçları



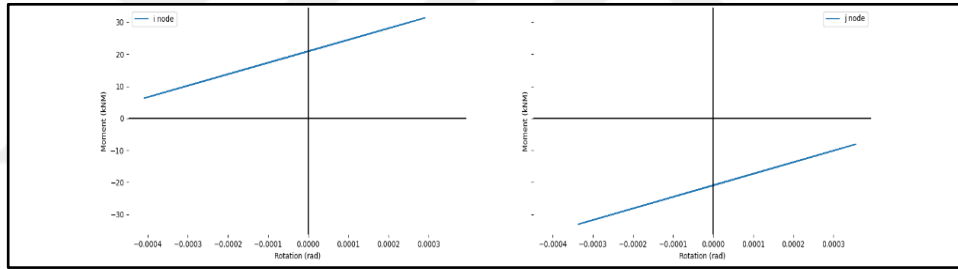
Şekil 4.301: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiğı.



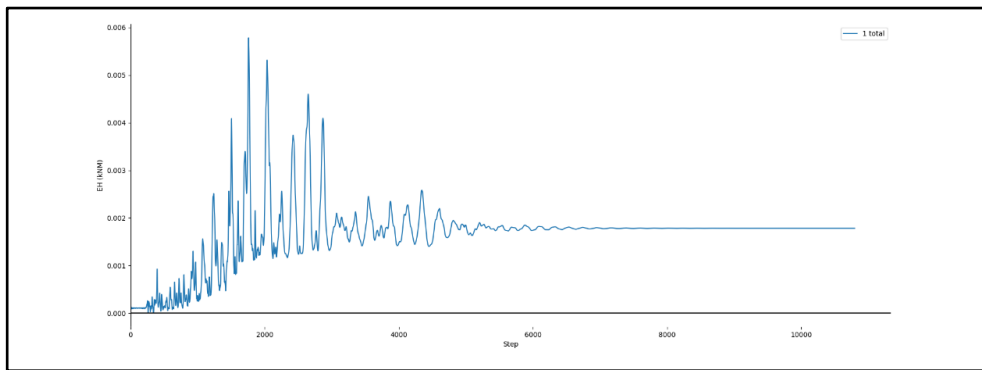
Şekil 4.302: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



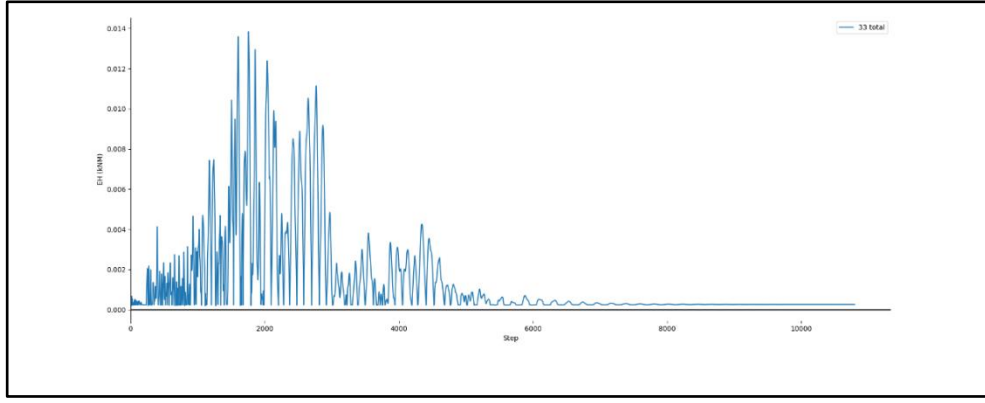
Şekil 4.303: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



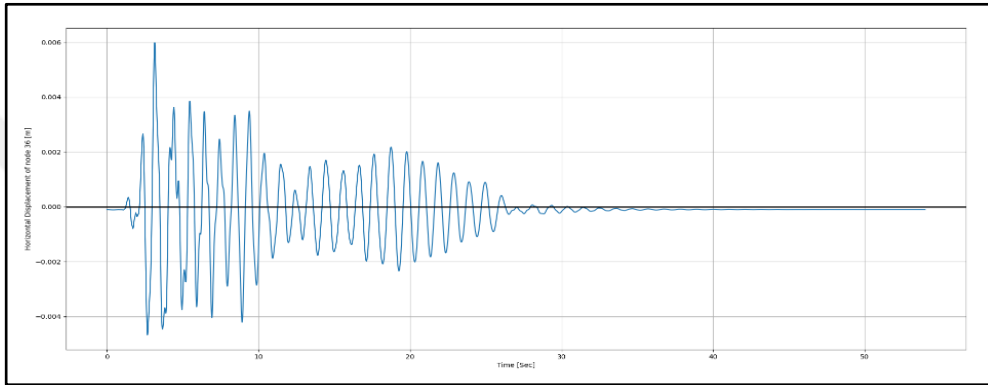
Şekil 4.304: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



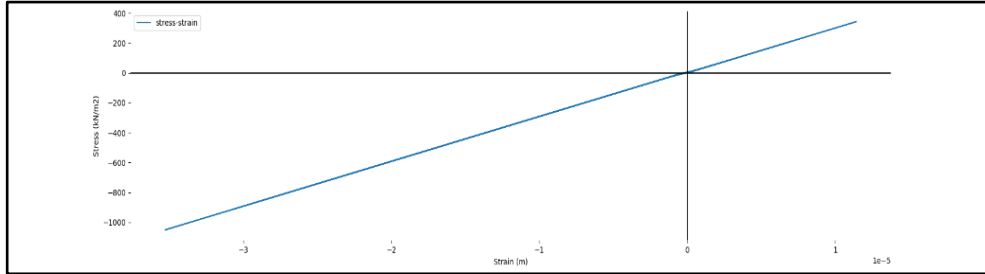
Şekil 4.305: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



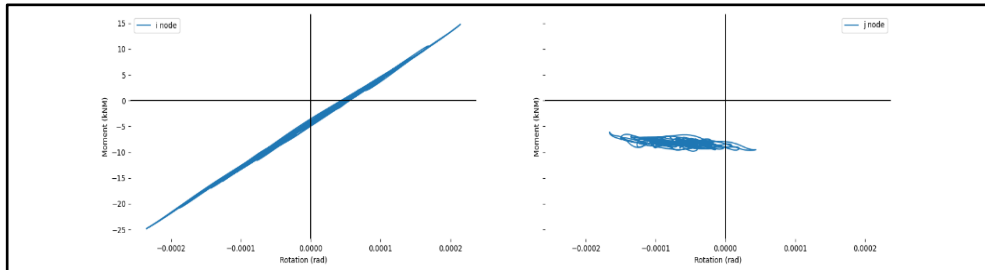
Şekil 4.306: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



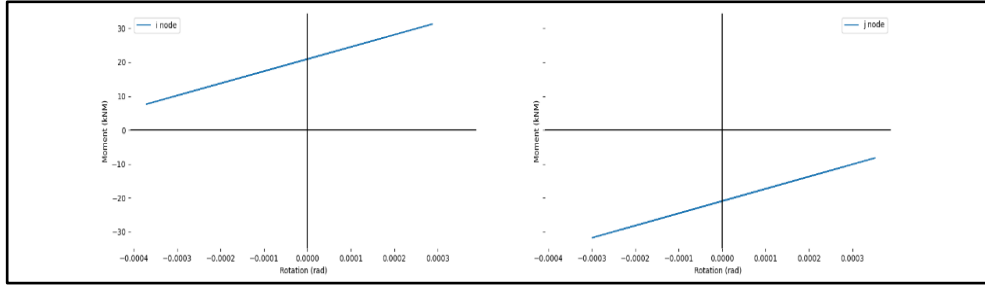
Şekil 4.307: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



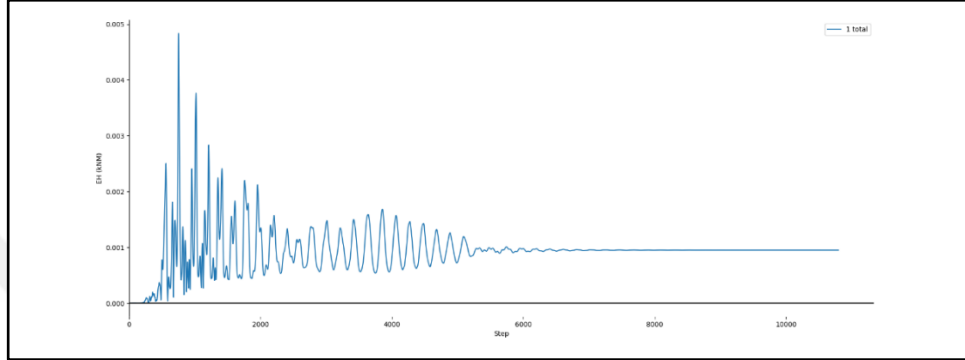
Şekil 4.308: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



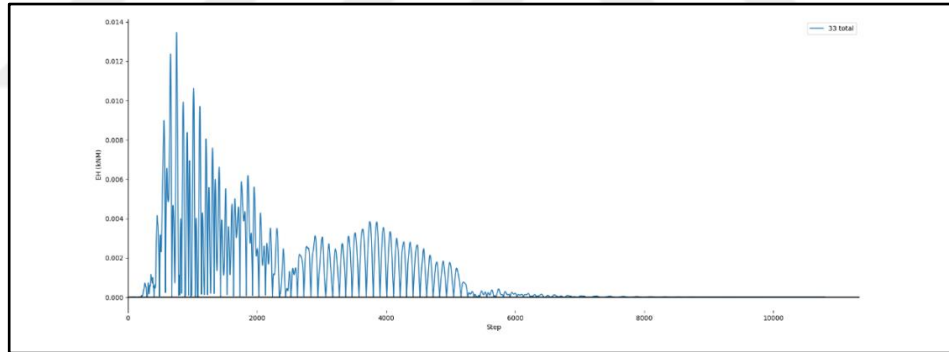
Şekil 4.309: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



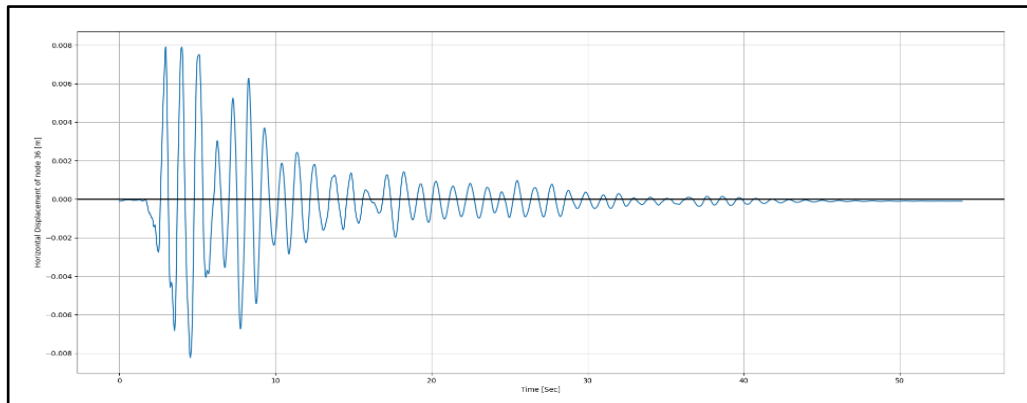
Şekil 4.310: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



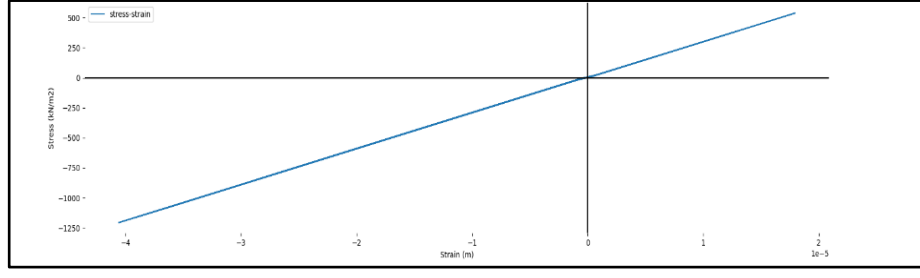
Şekil 4.311: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



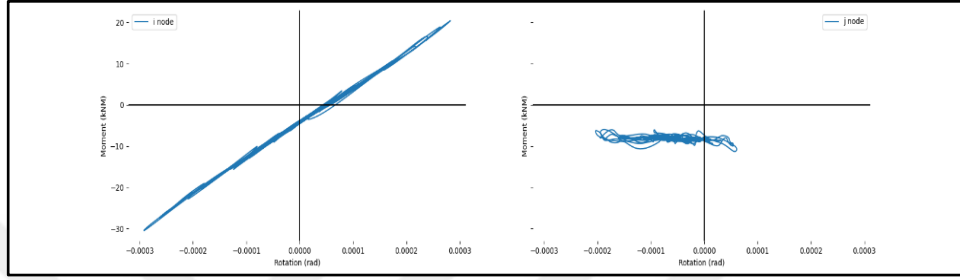
Şekil 4.312: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



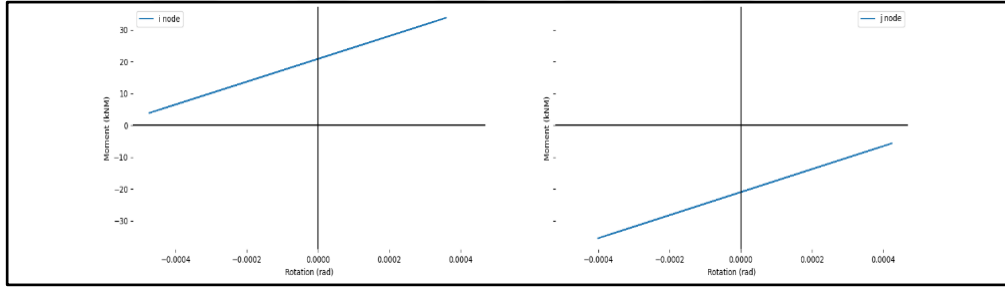
Şekil 4.313: İkinci artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği



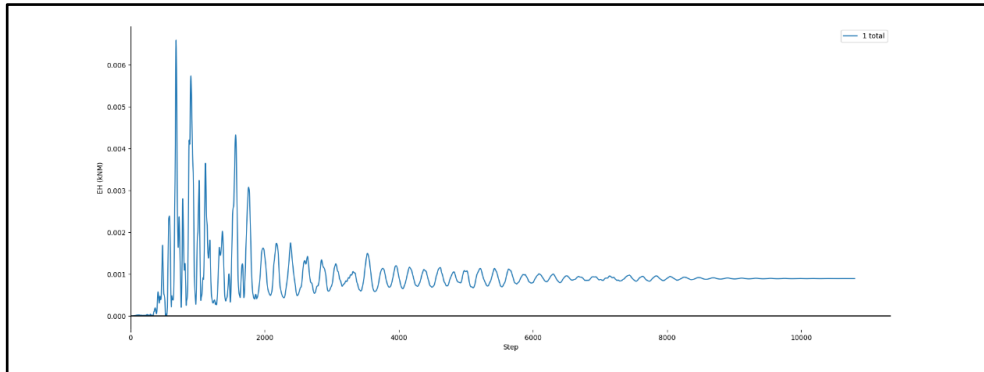
Şekil 4.314: İkinci artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



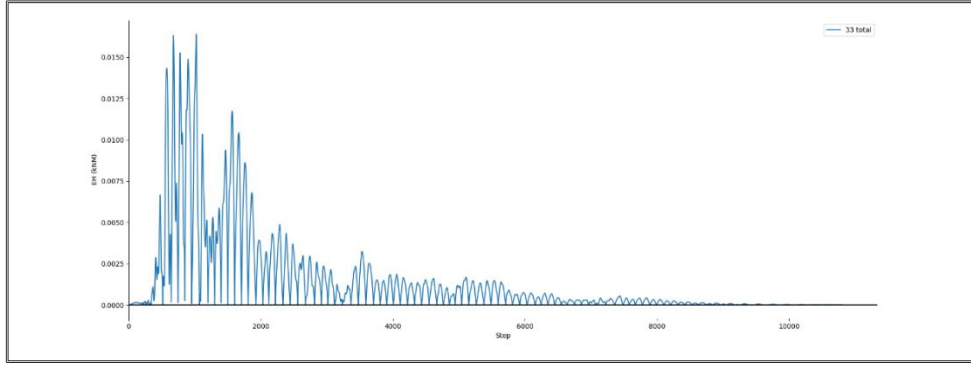
Şekil 4.315: İkinci artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



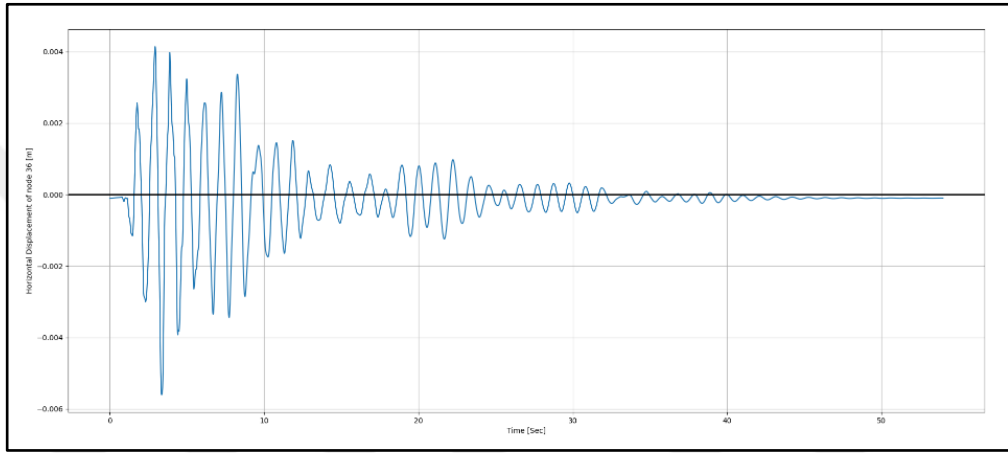
Şekil 4.316: İkinci artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



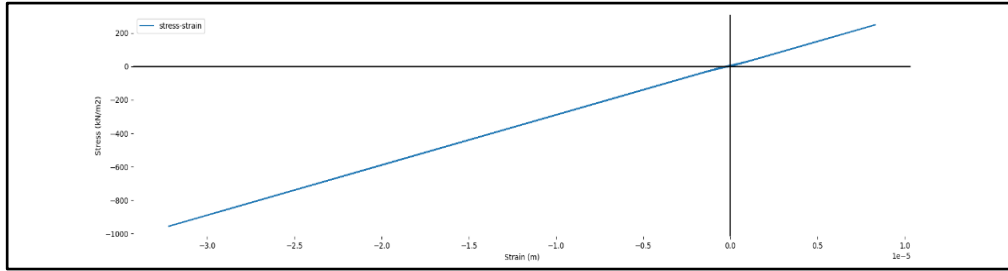
Şekil 4.317: İkinci artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



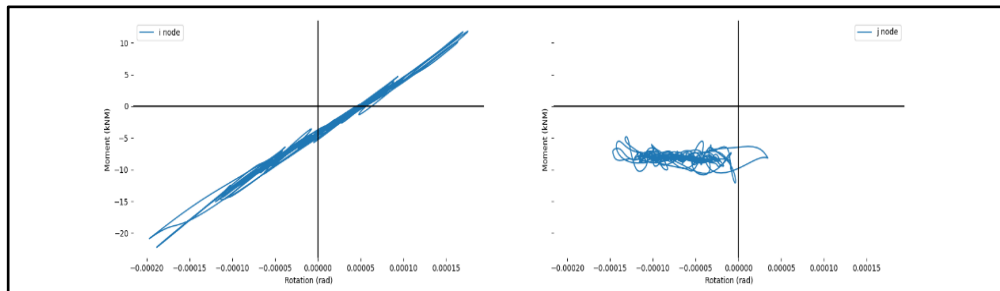
Şekil 4.318: İkinci artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



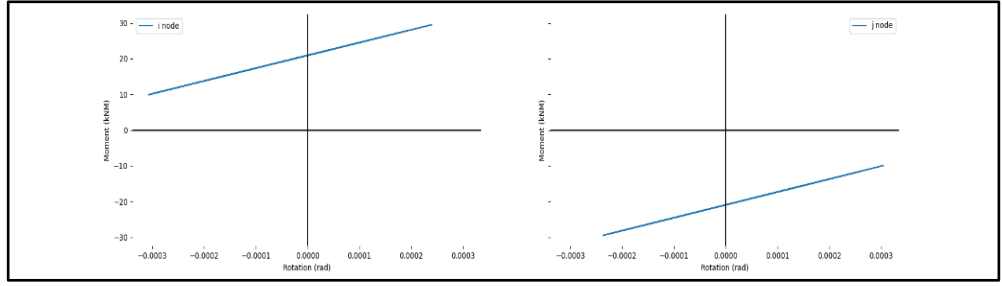
Şekil 4.319: Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



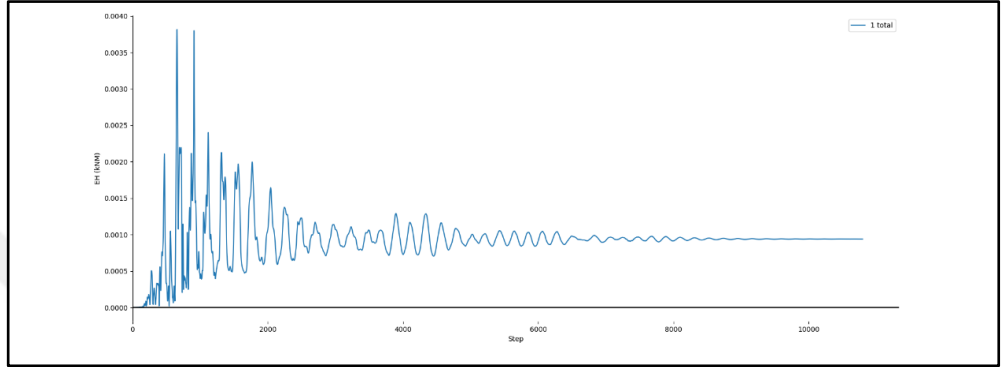
Şekil 4.320: Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



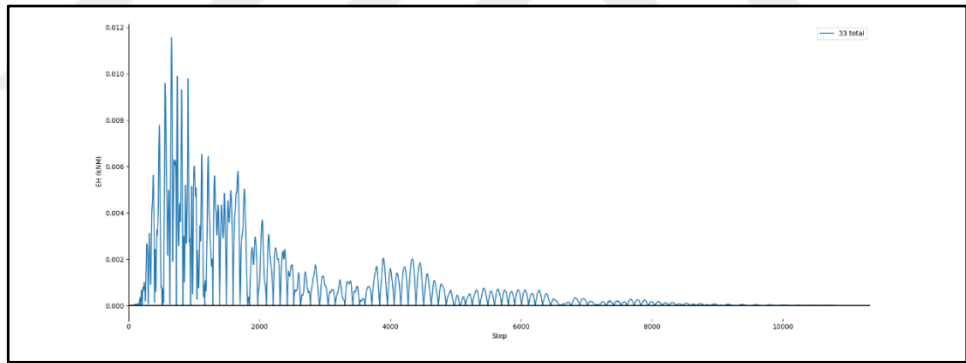
Şekil 4.321: Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



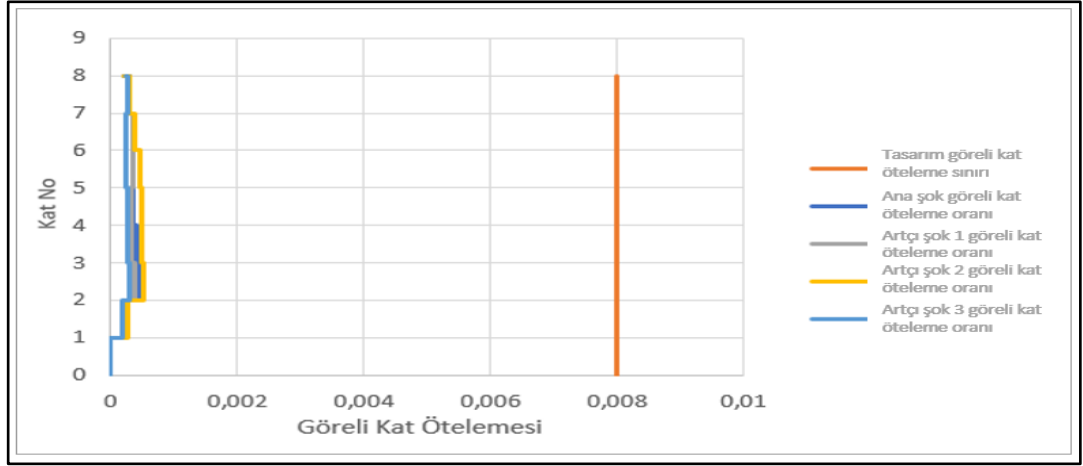
Şekil 4.322: Üçüncü artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



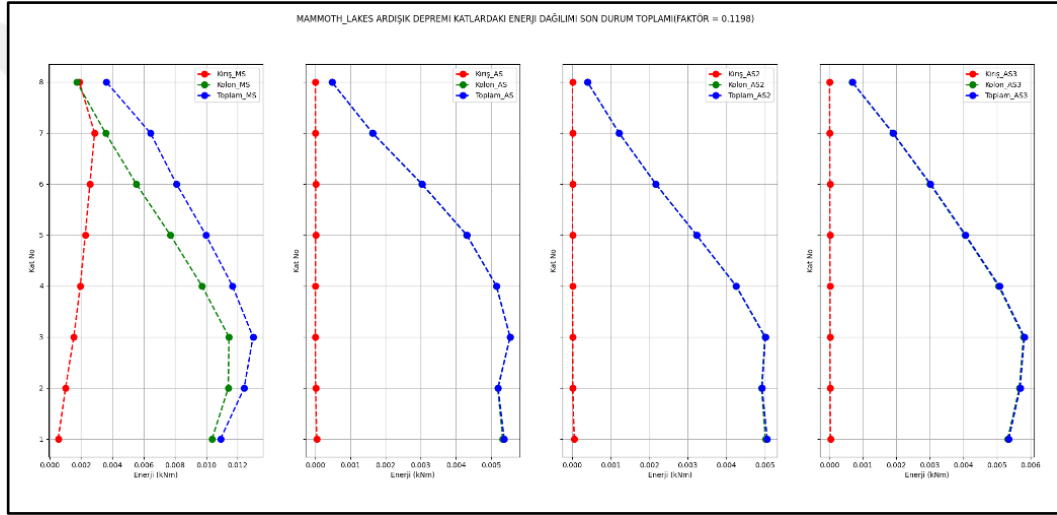
Şekil 4.323: Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.324: Üçüncü artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.

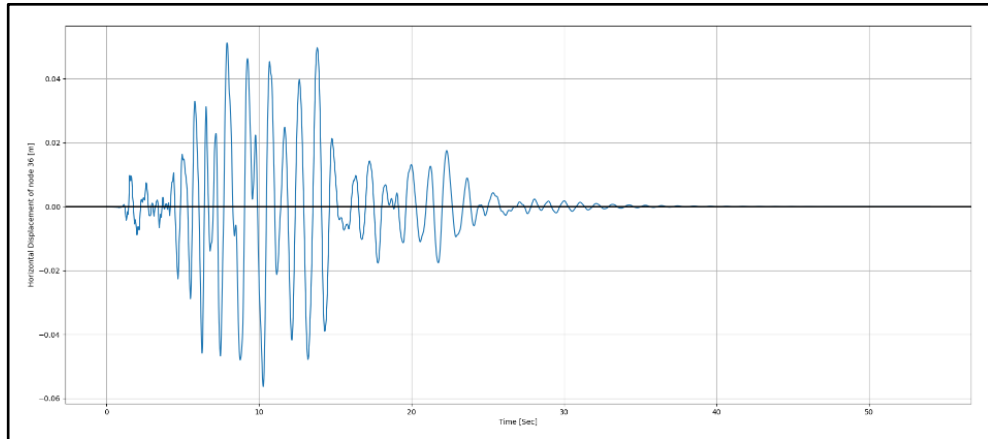


Şekil 4.325: Görelî kat ötelemesi.

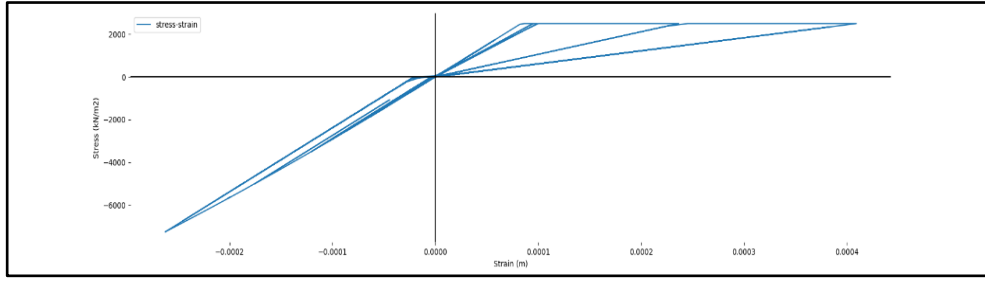


Şekil 4.326: Kat enerji dağıtımları.

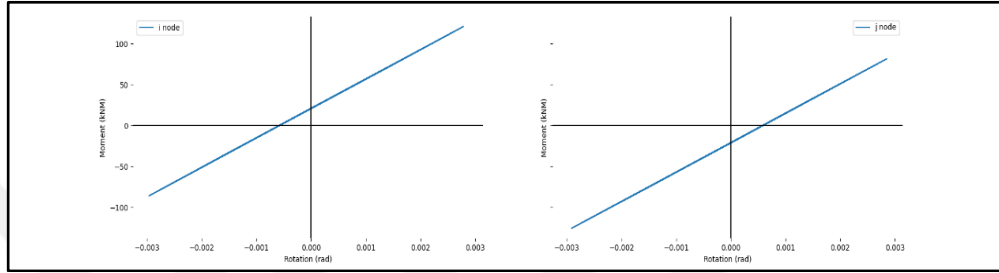
4.4.2.5.2. Ölçek katsayısı = 1 ardışık deprem sonuçları



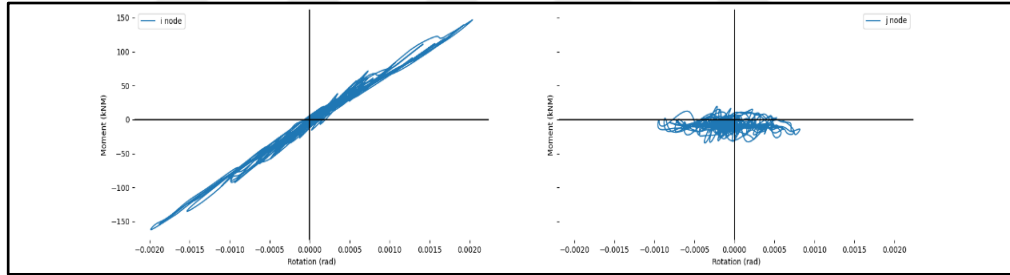
Şekil 4.327: Ana şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



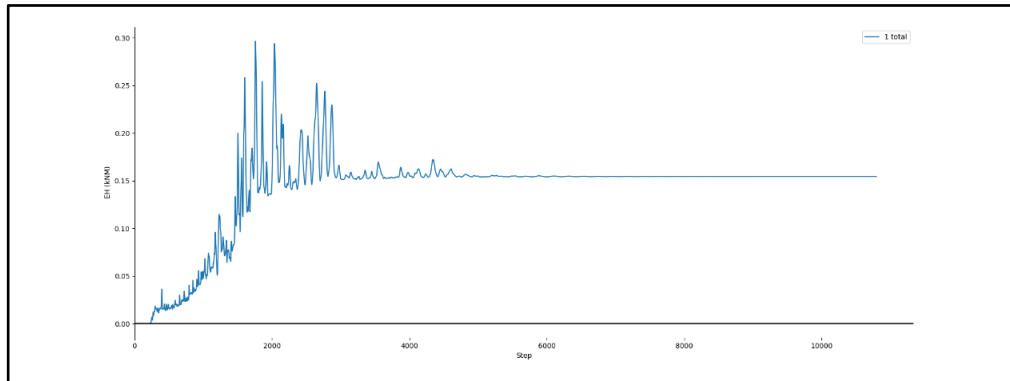
Şekil 4.328: Ana şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



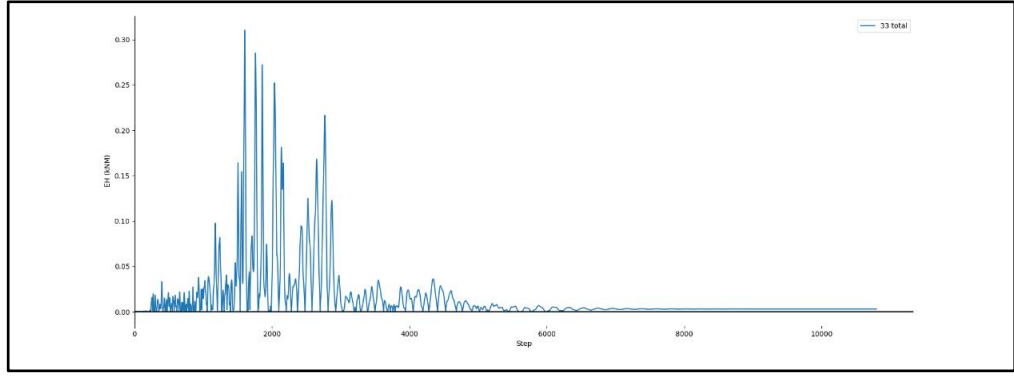
Şekil 4.329: Ana şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



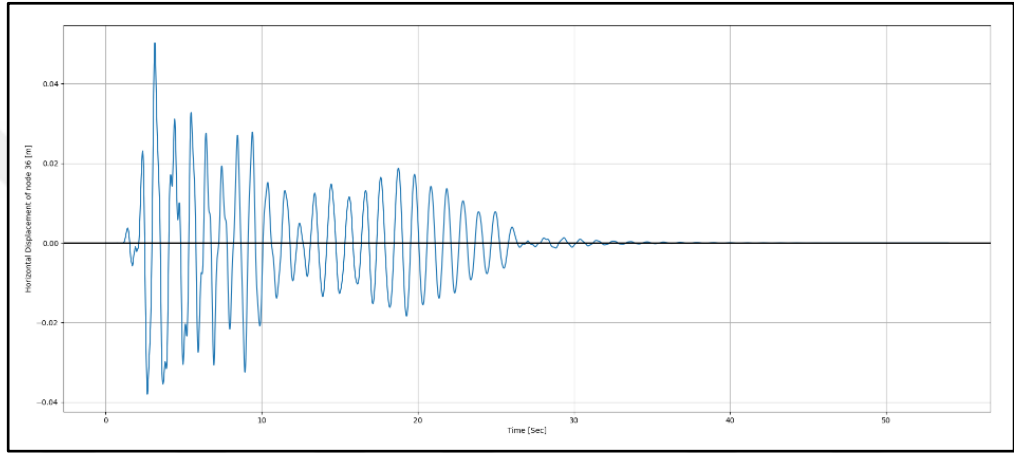
Şekil 4.330: Ana şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



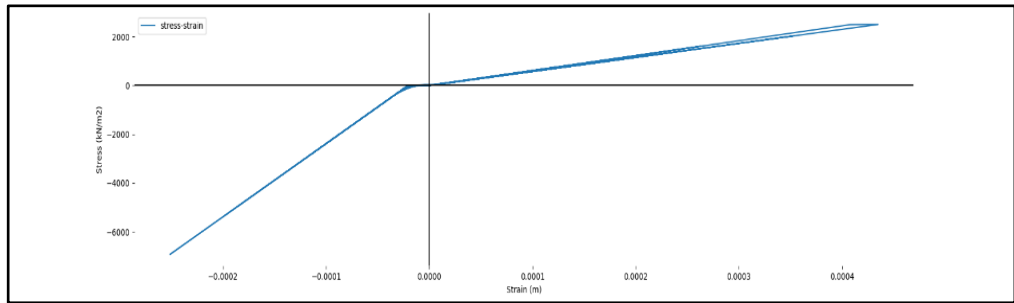
Şekil 4.331: Ana şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



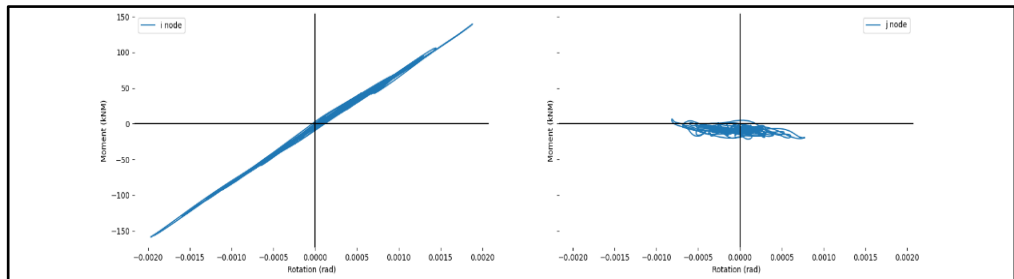
Şekil 4.332: Ana şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



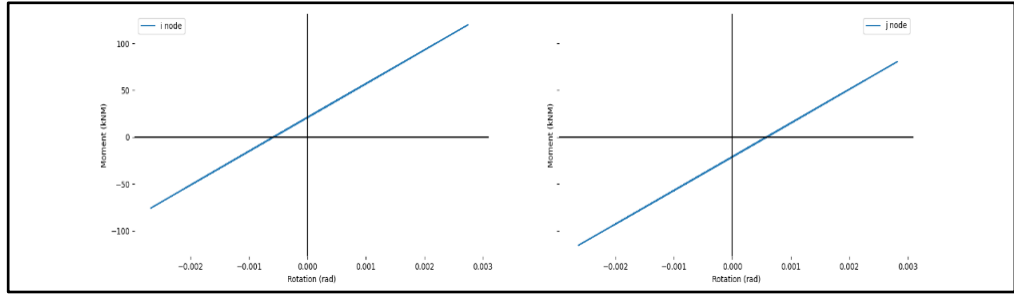
Şekil 4.333: Artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



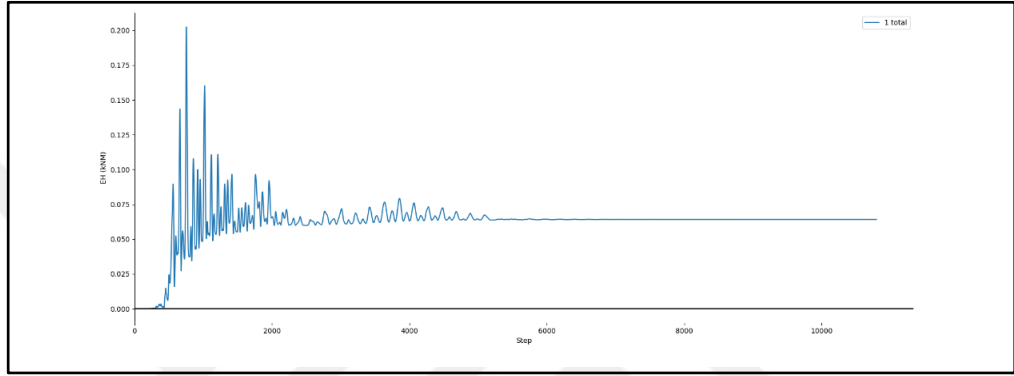
Şekil 4.334: Artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



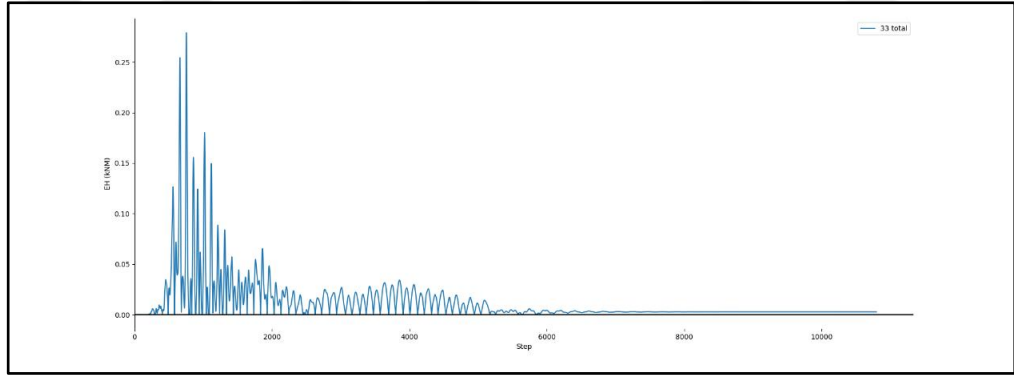
Şekil 4.335: Artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



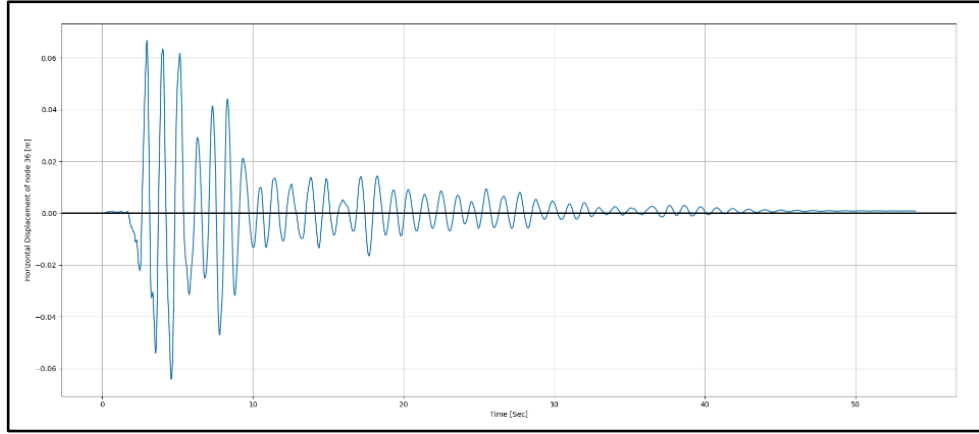
Şekil 4.336: Artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



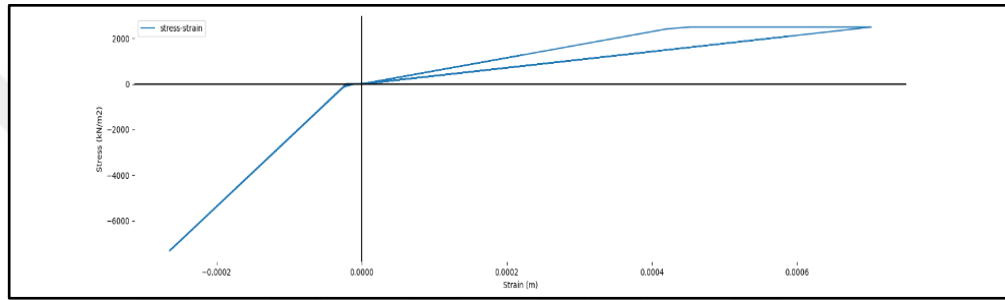
Şekil 4.337: Artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



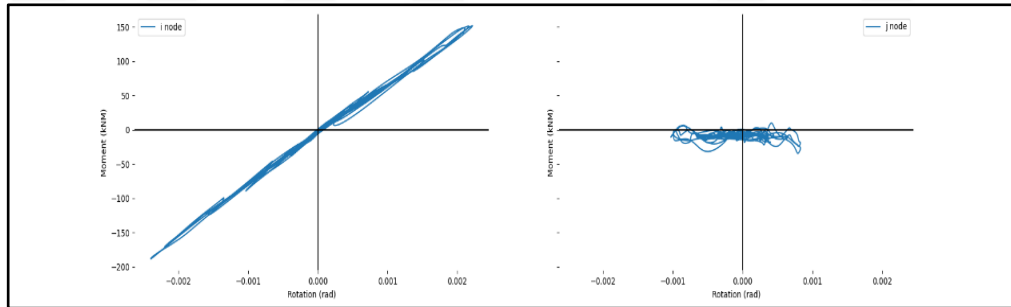
Şekil 4.338: Artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



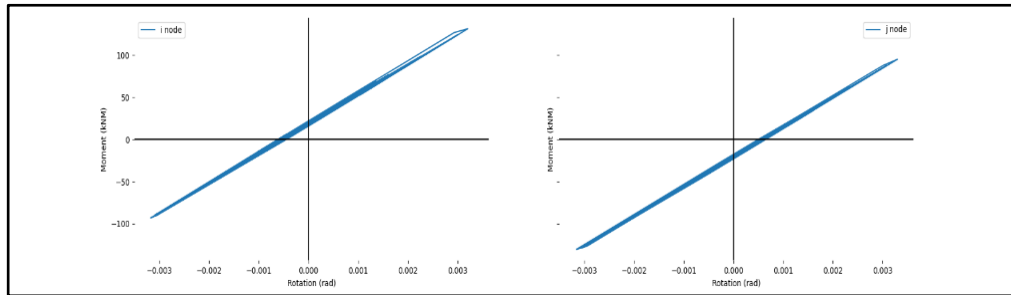
Şekil 4.339: İkinci artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



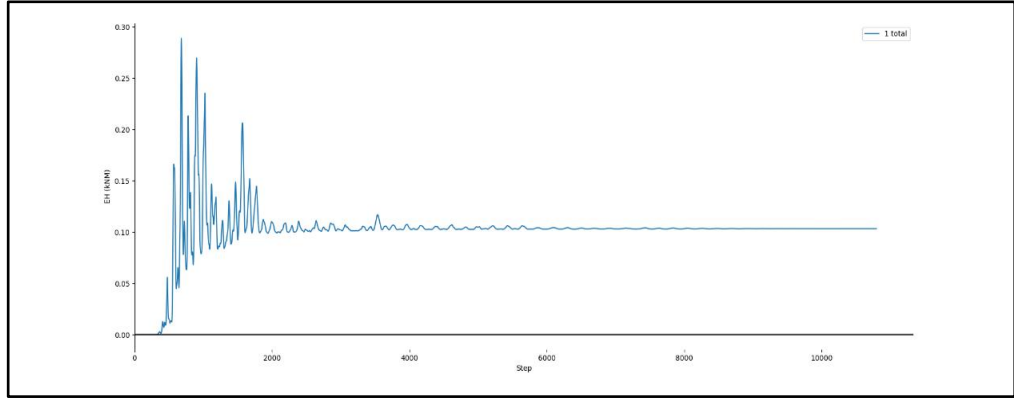
Şekil 4.340: İkinci artçı kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



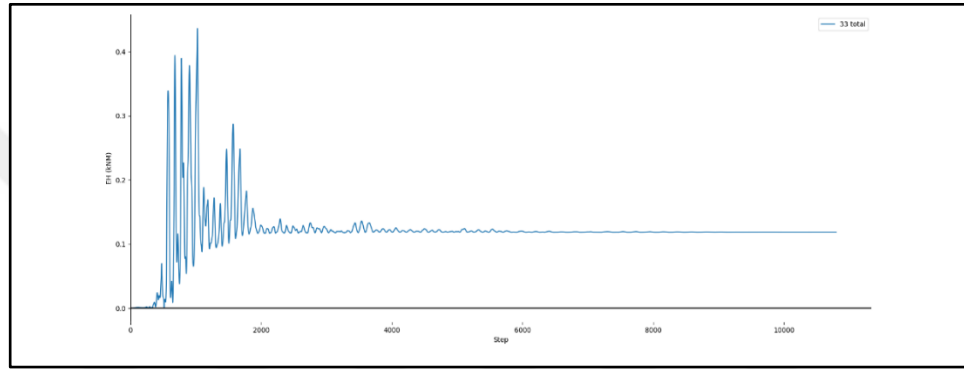
Şekil 4.341: İkinci artçı kolon 1 moment-dönme grafiği.



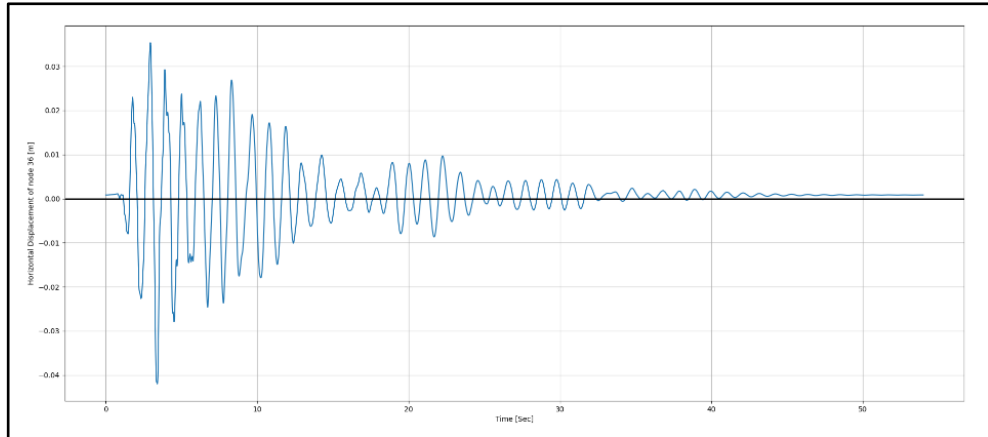
Şekil 4.342: İkinci artçı kiriş 33 moment-dönme grafiği.



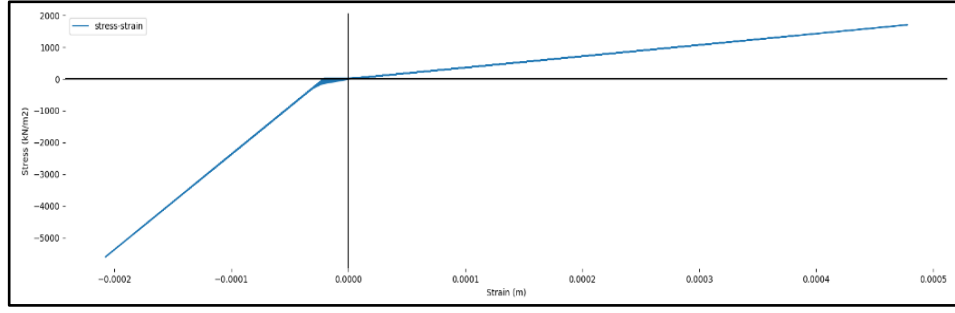
Şekil 4.343: İkinci artçı kolon 1 enerji-zaman grafiği.



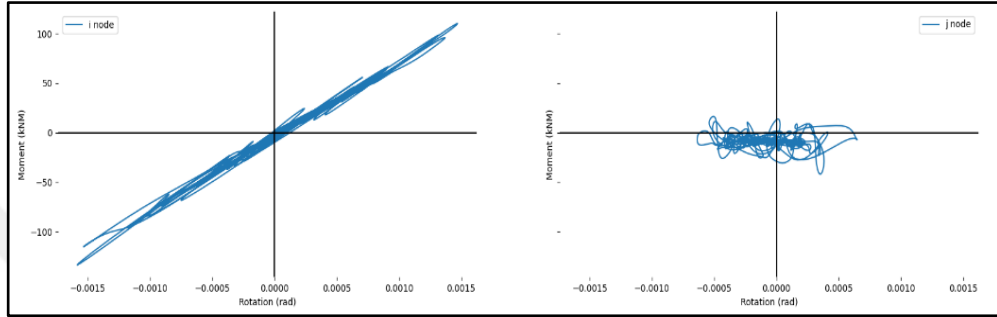
Şekil 4.344: İkinci artçı kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



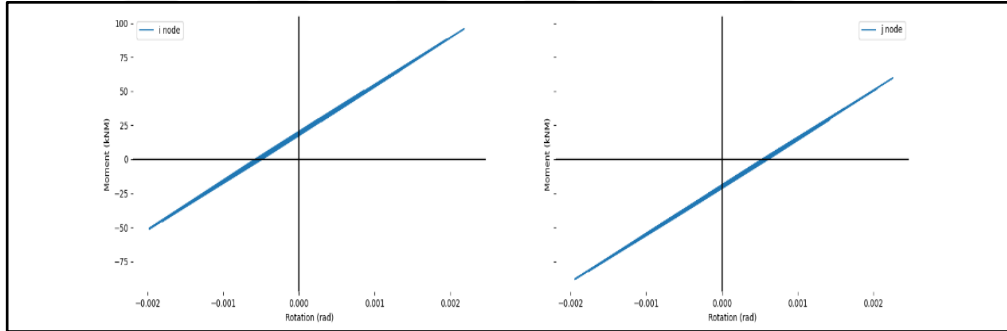
Şekil 4.345: Üçüncü artçı şok tepe deplasmanı- zaman grafiği.



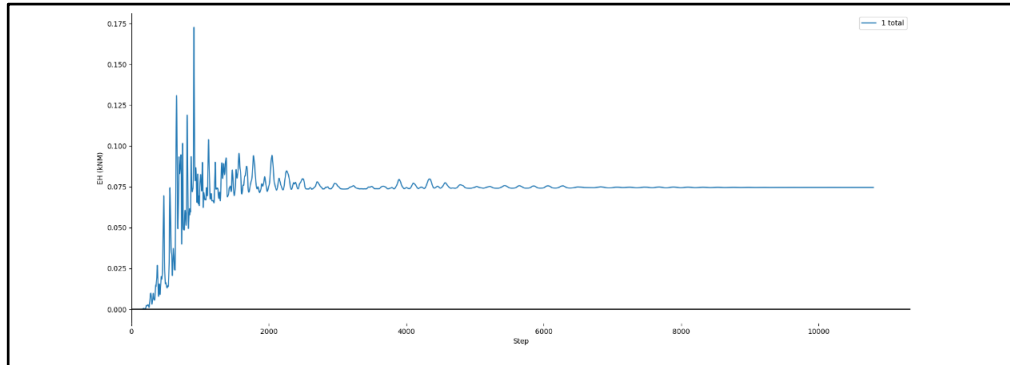
Şekil 4.346: Üçüncü artçı şok kolon 1 gerilme-şekil değiştirme grafiği.



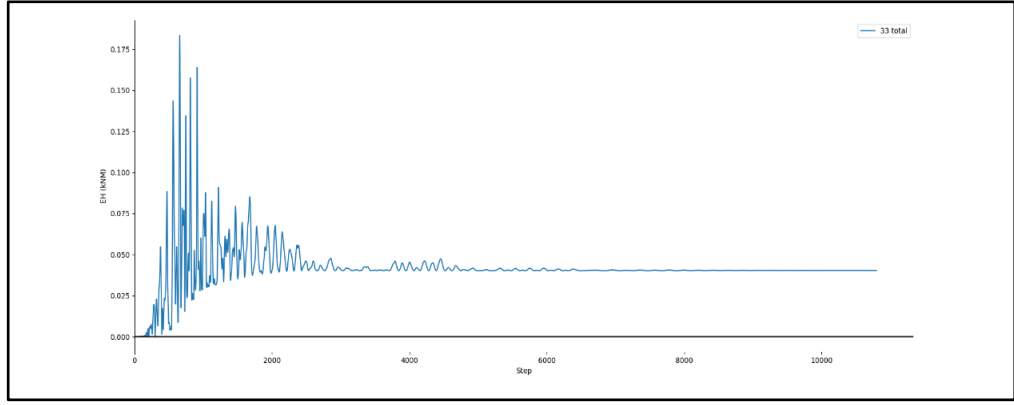
Şekil 4.347: Üçüncü artçı şok kolon 1 moment-dönme grafiği.



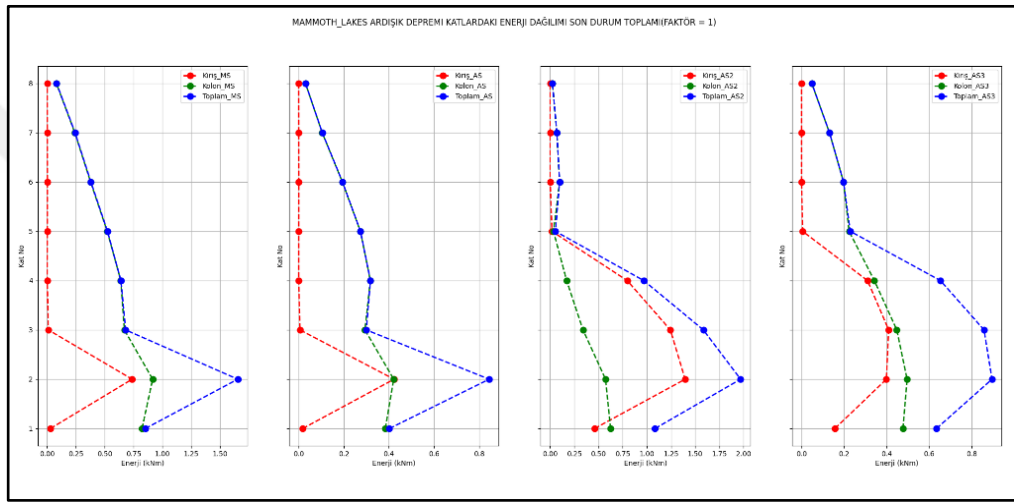
Şekil 4.348: Üçüncü artçı şok kiriş 33 moment-dönme grafiği.



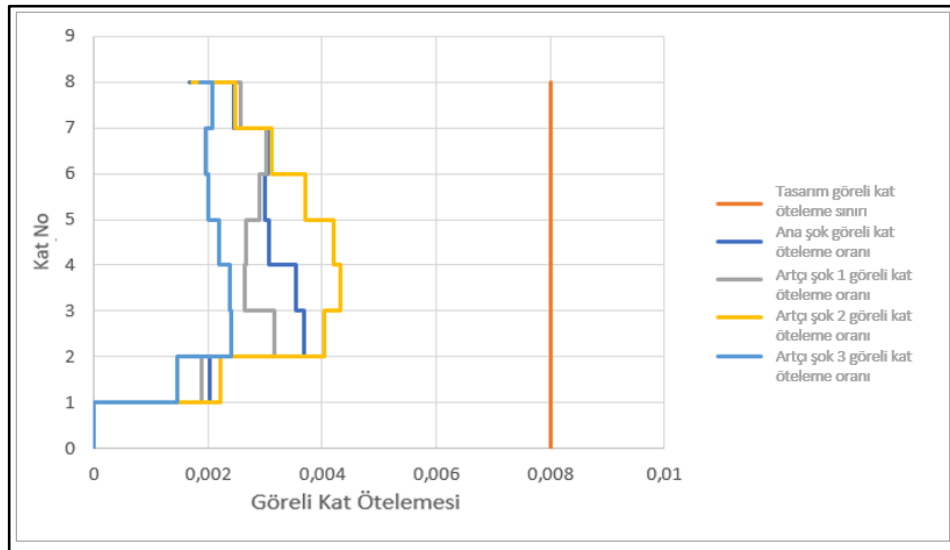
Şekil 4.349: Üçüncü artçı şok kolon 1 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.350: Üçüncü artçı şok kiriş 33 enerji-zaman grafiği.



Şekil 4.351: Kat enerji dağıtımları.



Şekil 4.352: Kat enerji dağıtımları.

Tablo 4.48: Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Dönme Performansı</i>	<i>Artçı Şoklar Dönme Performansı</i>
1	Belirgin	Belirgin
2	Belirgin	Belirgin
3	Belirgin	Belirgin
4	Belirgin	Belirgin
5	Belirgin	Belirgin
6	Belirgin	Belirgin
7	Belirgin	Belirgin
8	Belirgin	Belirgin
9	Belirgin	Belirgin
10	Belirgin	Belirgin
11	Belirgin	Belirgin
12	Belirgin	Belirgin
13	Belirgin	Belirgin
14	Belirgin	Belirgin
15	Belirgin	Belirgin
16	Belirgin	Belirgin
17	Belirgin	Belirgin
18	Belirgin	Belirgin
19	Belirgin	Belirgin
20	Belirgin	Belirgin
21	Belirgin	Belirgin
22	Belirgin	Belirgin
23	Belirgin	Belirgin
24	Belirgin	Belirgin
25	Belirgin	Belirgin
26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin
36	Belirgin	Belirgin
37	Belirgin	Belirgin
38	Belirgin	Belirgin
39	Belirgin	Belirgin
40	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.48:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki dönme performansları.

41	Belirgin	Belirgin
42	Belirgin	Belirgin
43	Belirgin	Belirgin
44	Belirgin	Belirgin
45	Belirgin	Belirgin
46	Belirgin	Belirgin
47	Belirgin	Belirgin
48	Belirgin	Belirgin
49	Belirgin	Belirgin
50	Belirgin	Belirgin
51	Belirgin	Belirgin
52	Belirgin	Belirgin
53	Belirgin	Belirgin
54	Belirgin	Belirgin
55	Belirgin	Belirgin
56	Belirgin	Belirgin

Tablo 4.49: Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değiştirme performansları.

<i>EleNo</i>	<i>Ana Şok Şekil Değiştirme Performansı</i>	<i>Artçı Şoklar Şekil Değiştirme Performansı</i>
1	Sınırlı	Sınırlı
2	Sınırlı	Sınırlı
3	Sınırlı	Sınırlı
4	Sınırlı	Sınırlı
5	Sınırlı	Sınırlı
6	Sınırlı	Sınırlı
7	Sınırlı	Sınırlı
8	Sınırlı	Sınırlı
9	Sınırlı	Sınırlı
10	Sınırlı	Sınırlı
11	Sınırlı	Sınırlı
12	Sınırlı	Sınırlı
13	Sınırlı	Sınırlı
14	Sınırlı	Sınırlı
15	Sınırlı	Sınırlı
16	Sınırlı	Sınırlı
17	Sınırlı	Sınırlı
18	Sınırlı	Sınırlı
19	Sınırlı	Sınırlı
20	Sınırlı	Sınırlı
21	Sınırlı	Sınırlı
22	Sınırlı	Sınırlı
23	Sınırlı	Sınırlı
24	Sınırlı	Sınırlı
25	Sınırlı	Sınırlı

Tablo 4.49:Devam. Elemanların ana-artçı şoklardaki şekil değıştirme performansları.

26	Belirgin	Belirgin
27	Belirgin	Belirgin
28	Belirgin	Belirgin
29	Belirgin	Belirgin
30	Belirgin	Belirgin
31	Belirgin	Belirgin
32	Belirgin	Belirgin
33	Belirgin	Belirgin
34	Belirgin	Belirgin
35	Belirgin	Belirgin



5. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında yapılardaki ardışık depremler altındaki davranışlarının performans esaslı tasarım yöntemlerinden ZTADOA altında incelenmiştir. Bu kapsamda 5 katlı ve 8 katlı sünek olarak tasarlanmış, yapı zemin etkileşimi ihmal edilmiş 2 adet çerçevenin, 5 adet ana şok ve artçı şoktan oluşan deprem setini OpenSeespy yazılımı ve geliştirilen hesap aracı yardımı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve yapılara ait görelî kat ötelemeleri, elemanların performansları ve enerji dağıtımları bulunmuştur. Analizlerde ana depremden sonra gelen artçı depremlerde yapı davranışını önemli ölçüde etkilenebildiği gözlemlenmiştir. Yapıların hasar aldıktan sonra özellikle görelî kat öteleme problemi yaşayabileceği, elemanlarda göçmeler gerçekleşebileceği buna bağılı olarak yapının göçmeye gidebileceği görülmüştür. Yapıların enerji dağılımları incelendiğinde, eleman bazında artçı depremlerde kirişlerin daha çok enerji dağıtımını gerçekleştirdiği, kat bazında düşük katlı yapılarda ilk katlarda büyük oranda enerjinin dağıtıldığı kat adedi büyüdükçe bu enerji dağıtımının daha üst katlara dağıldığı gözlemlenmiştir. Ana depremin ivme değerine bağılı olarak sonrasında gelen artçı depremlerde enerji tüketiminin hasar oranı artışına bağılı olarak zaman içinde kademeli olarak arttığı görülmüştür. Üst katlarda gelen enerjinin dağıtımına katkısının alt katlara oranla çok az olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar ışığında ana depremden sonra gelen artçı depremlerde yapıların deplasman istemlerini tek bir depremin istem talebine göre fazla olabildiği görülmüştür bu durum ana depremde ağır hasar görmüş yapıların artçı depremlerde, enerji dağıtım kapasitesi ve talep deplasmanı karşılayacak şekilde tasarımı yönetmeliklerinde düşünülmesi gerekmektedir. Diğer dikkat edilmesi gereken bir durum mafsallaşma durumunun tek bir depremdeki analize göre farklılık gösterebilmiş olmasıdır. Tüm bunların ışığında yapısal analiz ve tasarımda artçı depremlerin de yönetmeliklerde dikkate alınması gerektiği öngörülmüştür. Ardışık depremlî analizlerinin 3 boyutlu modellemelerde, yapı zemin etkileşimi de dikkate alınarak yapıların davranışının incelenmesi ve enerji dağıtımlarının ve şekil değiştirmelerin incelenmesi gelecek çalışmalar için önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ResGaz 1, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2007 tarih ve 26454 sayılı Resmî Gazete.
- [2] ResGaz 2, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 18 Mart 2018 tarih ve 30364 sayılı Resmî Gazete.
- [3] Zhu M., McKenna F., Scott M.H., (2018), “OpenSeespy: Python library for the OpenSees finite element framework”, SoftwareX, c.7 ss. 6-11.
- [4] Paulay T., (1971), “Coupling beams of reinforced concrete shear walls”. ASCE J StructDiv, c. 97, ss. ST3.
- [5] Paulay T., Priestly M., (1992), “Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings”, 1st Edition, Wiley India Pvt Ltd.
- [6] Uang C., Bertero V., (2022), “Use of energy as a design criterion in earthquake-resistant design”, Report No: UCB/EERC-88/18, College Of Engineering, University Of California At Berkeley, ABD.
- [7] Krätzig W., Meyer I., (1989), “Damage evolution in reinforced concrete members under cycling loading”, Bulletin of Earthquake Engineering, 11(5), 1517–1540.
- [8] Mehanny S.S.F., Deierlein G.G., (2001), “Seismic damage and collapse assessment of composite moment frames”, Accession Number: 00816809, American Society of Civil Engineers, ABD.
- [9] Park Y.J., Ahn H-S., (1985). “Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete”, Journal of Structural Engineering, 111(4), 722–739.
- [10] Failure P., Krawinkler H., (1992), Nonlinear Seismic Analysis and Design of Reinforced Concrete Buildings, 1st Edition, CRC Press.
- [11] DİNDAR A.A. (2009), “Energy-based earthquake response analysis and design of reinforced concrete SDOF columns”, Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi.
- [12] Dindar A.A., Yalçın C., Yüksel E., Özkaynak H., Büyüköztürk O., (2015), “Development of Earthquake Energy Demand Spectra”, Earthquake Spectra, c.31, sy 3, ss. 1667-1689
- [13] Web 1, (2023), <https://github.com/muhammedsural/msops>, (Erişim Tarihi: 13/02/2023)
- [14] Scott M.H., Ryan K.L., (2013), “Moment-rotation behavior of force-based plastic hinge elements”, Earthquake Spectra, c. 29, sy 2.

ÖZGEÇMİŞ

Muhammed Sural, 2013 yılında başladığı Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2017 yılında başarıyla tamamlamıştır. 2019 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.



EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Sural M., (2022)," Betonarme Binalarda Ana ve Artçı Deprem Etkilerinin Performans Esaslı Yöntemlerle İncelenmesi, “GTÜ Lisansüstü Araştırmalar Sempozyumu”, Gebze, Kocaeli, 01-02 Haziran.

Ek B: Tez Kapsamında Elde Edilen Görseller ve CSV Dosyaları

Web 2, (2023), <https://www.drive.google.com/drive/my-drive>, (Erişim Tarihi: 18/01/2023)