

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TARİHİ YIĞMA KAMU YAPILARININ DİNAMİK
DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ; ISPARTA TESCİLLİ TAŞ
BİNA ÖRNEĞİ**

Nesibe UYSAL

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Pınar USTA EVCİ**

ISPARTA - 2023



© 2023 [Nesibe UYSAL]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezime ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

09/01/2023

Nesibe UYSAL

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Tarihi Yığma Yapılar	10
3.2. Tarihi Yığma Yapı Malzemeleri	11
3.2.1. Doğal taş	11
3.2.2. Tuğla	12
3.2.2.1. Harman tuğlası	12
3.2.2.2. Fabrika tuğlası	13
3.2.3. Kerpiç	13
3.3. Türkiye Sismisitesi.....	14
3.3.1. Isparta sismisitesi	16
3.4. Taş Binanın Tanımlanması ve Genel Özellikleri	17
3.5. Tescilli Taş Bina Sonlu Eleman Modeli	20
3.6. Tescilli Taş Binanın Yapı Malzemesinin Belirlenmesi	23
3.6.1. Köfke taşının birim hacim ağırlığının belirlenmesi	24
3.6.2. Ultra ses deneyi	26
3.6.3. Basınç dayanımı testi	28
3.6.4. Schmidt çekici deneyi	29
3.6.5. Yarmada çekme (Brezilya) testi.....	30
3.7. Isparta Tescilli Taş Bina Sonlu Eleman Modelinin Analizi.....	32
3.7.1. Modal analiz.....	32
3.7.2. Zaman tanım alanında dinamik analiz	32
4. BULGULAR	35
4.1. Isparta Tescilli Taş Binanın Modal Analiz Sonuçları	35
4.2. Isparta Tescilli Taş Binanın Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Sonuçları	36
4.2.1. Taban kesme kuvvetlerinin belirlenmesi	36
4.2.2. Yer değiştirme değerlerinin belirlenmesi.....	37
4.2.3. Gerilme değerlerinin belirlenmesi.....	42
4.2.4. Yığma yapıda oluşan kayma gerilmesinin değerlendirilmesi	85
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	88
KAYNAKÇA	90
ÖZGEÇMİŞ	97

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TARİHİ YIĞMA KAMU YAPILARININ DİNAMİK DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ; ISPARTA TESCİLLİ TAŞ BİNA ÖRNEĞİ

Nesibe UYSAL

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Pınar USTA EVCİ

Türkiye coğrafi konumu nedeniyle geçmişte birçok devletin yaşadığı topraklara ev sahipliği yapmıştır. Bu nedenle bölgede birden çok milletin yapı tarzını yansıtan yapı inşa edilmiştir. Günümüzde bu yapıların bir kısmı halen ilk halini korumaktadır fakat bir kısmı da deprem gibi doğal afetler sonucunda hasar almış veya yıkılmıştır. Bu yapıların gelecek nesillere aktarılabilmesi için yapısal davranışlarının analiz edilerek gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, Isparta İlinde bulunan Tescilli Taş Binanın dinamik davranışı incelenmiştir. Bu amaçla yapı, rölöve projesine uygun olarak SAP2000 V23 sonlu elemanlar programı aracılığıyla modellenmiştir. Modelleme esnasında yapının gerçek malzeme parametreleri dikkate alınmıştır. Bu yapı malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri deneysel metotlarla belirlenmiştir. Çalışmada yapının bulunduğu bölge ve Türk Bina Deprem Yönetmeliğindeki DD-2 düzeyi dikkate alınarak ölçeklenmiş deprem kayıtları kullanılmıştır. Tarihi yapının deprem davranışının belirlenebilmesi için elde edilen deprem kayıtları ile yapının zaman tanım alanında doğrusal analizi yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda yapının periyodu, taban kesme kuvvetleri, yer değiştirme ve gerilme değerleri belirlenmiştir. Her bir deprem için elde edilen değerler karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapı, Deprem, Sonlu elemanlar, Zaman tanım alanında doğrusal analiz, Tescilli Taş Bina

2023, 97 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

DETERMINING THE DYNAMIC BEHAVIOUR OF HISTORIC MASONRY PUBLIC BUILDINGS; ISPARTA REGISTERED STONE BUILDING EXAMPLE

Nesibe UYSAL

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Pınar USTA EVÇİ

Turkey that is important in terms of geographical location has hosted lands where many states lived in the past. For this reason, a structure reflecting the building style of multiple nations was built in the region. Today, some of these structures still preserve their original form, but some of them have been damaged or destroyed as a result of natural disasters such as earthquakes. In order for these structures to be transferred to future generations, it is necessary to analyze their structural behavior and take the necessary measures.

In this thesis study, the dynamic behavior of the Registered Stone Building in Isparta province was examined. For this purpose, the structure was modeled via the SAP2000 V23 finite element program in accordance with the survey project. During the modeling, the actual material properties of the building were used. The physical and mechanical properties of this building material were determined by experimental methods. In the study, scaled earthquake records were used by taking into account the region where the structure is located and the DD-2 level in the Turkish Building Earthquake Regulation. In order to determine the earthquake behavior of the historical structure was carried out with using the earthquake records time-history dynamic analysis of the structure.

As a result of the analysis, the period of the structure, base shear forces, displacement and stress values were determined. The values obtained for each earthquake were examined comparatively.

Key Words: Historical building, Earthquake, Finite elements, Time-history linear analysis, Registered Stone Building

2023, 97 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde ilgisini ve emeğini esirgemeyen, değerli tecrübelerini benimle paylaŐan ve bu sreĉte her zaman yanımda olan saygıdeğer tez danıŐmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Pınar USTA EVCİ'ye sonsuz teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez ĉalıŐmam boyunca büyük sabır gösteren, maddi ve manevi desteğini hiĉbir zaman esirgemeyen ve her aşamasında beni yalnız bırakmayan babam Musa UYSAL'a, annem mmŐan UYSAL'a ve abim Caner UYSAL'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

2022-YL1-0166 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Nesibe UYSAL
ISPARTA, 2023

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	2
Şekil 3.1. Yığma yapıların malzemeye göre sınıflandırılmış yapım teknikleri ..	10
Şekil 3.2. Şanlıurfa Ulu Cami Minaresi	11
Şekil 3.3. 1945 yılındaki Türkiye'nin ilk resmi deprem bölgeleri haritası	15
Şekil 3.4. 2018 Türkiye deprem tehlike haritası	15
Şekil 3.5. Isparta İlinin bulunduğu bölgenin tektonik haritası	17
Şekil 3.6. Tescilli Taş Bina uydu görüntüsü	18
Şekil 3.7. Tescilli Taş Bina	19
Şekil 3.8. Zemin kat planı	20
Şekil 3.9. Yığma yapılar için modelleme stratejileri.....	21
Şekil 3.10. Tescilli Taş Bina kesit görünüşleri	22
Şekil 3.11. Tescilli Taş Bina sonlu eleman modeli.....	23
Şekil 3.12. Köfke taşı numuneleri.....	24
Şekil 3.13. Numune boyutlarının belirlenmesi	24
Şekil 3.14. Ultra ses deneyi.....	26
Şekil 3.15. Schmidt çekici deneyi.....	29
Şekil 3.16. Yüzey sertlik değeri ve Schmidt çekici grafiği.....	30
Şekil 3.17. Birim şekil değiştirme – gerilme grafikleri.....	31
Şekil 3.18. Tescilli Taş Bina için yapılan deprem analizlerinde kullanılan DD-2 tasarım ivme spektrumu ile her bir depreme ait spektrumlar ve bu spektrumların ortalamaları	34
Şekil 4.1. Mod şekilleri	36
Şekil 4.2. Maksimum taban kesme kuvvetleri (kN).....	37
Şekil 4.3. X yönü yer değiştirme-zaman grafiği	38
Şekil 4.4. Y yönü yer değiştirme-zaman grafiği	39
Şekil 4.5. X yönü maksimum yer değiştirme grafiği (mm)	41
Şekil 4.6. Y yönü maksimum yer değiştirme grafiği (mm)	42
Şekil 4.7. Kabuk elemanda oluşan gerilmeler.....	43
Şekil 4.8. Parkfield depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²).....	44
Şekil 4.9. Parkfield depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²).....	44
Şekil 4.10. Parkfield depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	45
Şekil 4.11. San Fernando depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	46
Şekil 4.12. San Fernando depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	46
Şekil 4.13. San Fernando depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	47
Şekil 4.14. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²).....	47
Şekil 4.15. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²).....	48
Şekil 4.16. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²).....	48
Şekil 4.17. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	49
Şekil 4.18. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	49
Şekil 4.19. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	50
Şekil 4.20. Irpinia_ Italy-02 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	50
Şekil 4.21. Irpinia_ Italy-02 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	51
Şekil 4.22. Irpinia_ Italy-02 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	51
Şekil 4.23. Corinth_ Greece depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²) ..	52

Şekil 4.24. Corinth_Greece depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)..	52
Şekil 4.25. Corinth_Greece depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)..	53
Şekil 4.26. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²).	53
Şekil 4.27. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²).	54
Şekil 4.28. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²).	54
Şekil 4.29. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	55
Şekil 4.30. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	55
Şekil 4.31. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	55
Şekil 4.32. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²).....	56
Şekil 4.33. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²).....	56
Şekil 4.34. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²).....	57
Şekil 4.35. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	57
Şekil 4.36. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	58
Şekil 4.37. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	58
Şekil 4.38. Landers depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	59
Şekil 4.39. Landers depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	59
Şekil 4.40. Landers depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	59
Şekil 4.41. Northridge-01 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	60
Şekil 4.42. Northridge-01 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	60
Şekil 4.43. Northridge-01 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	61
Şekil 4.44. Chi-Chi_Taiwan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	61
Şekil 4.45. Chi-Chi_Taiwan depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	62
Şekil 4.46. Chi-Chi_Taiwan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	62
Şekil 4.47. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²) ...	63
Şekil 4.48. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²) ...	63
Şekil 4.49. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²) ...	63
Şekil 4.50. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²) ...	64
Şekil 4.51. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²) ...	64
Şekil 4.52. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²) ...	65
Şekil 4.53. Manjil_Iran depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	65
Şekil 4.54. Manjil_Iran depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	66
Şekil 4.55. Manjil_Iran depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	66
Şekil 4.56. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	67
Şekil 4.57. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	67
Şekil 4.58. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	67
Şekil 4.59. Landers depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	68
Şekil 4.60. Landers depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	68
Şekil 4.61. Landers depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	69
Şekil 4.62. Landers depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	69
Şekil 4.63. Landers depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	70
Şekil 4.64. Landers depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	70
Şekil 4.65. San Simeon_CA depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	71
Şekil 4.66. San Simeon_CA depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	71
Şekil 4.67. San Simeon_CA depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	71
Şekil 4.68. Parkfield-02_CA depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	72
Şekil 4.69. Parkfield-02_CA depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	72
Şekil 4.70. Parkfield-02_CA depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	73

Şekil 4.71. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	73
Şekil 4.72. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	74
Şekil 4.73. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	74
Şekil 4.74. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	75
Şekil 4.75. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	75
Şekil 4.76. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	75
Şekil 4.77. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²).....	76
Şekil 4.78. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²).....	76
Şekil 4.79. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²).....	77
Şekil 4.80. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	77
Şekil 4.81. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	78
Şekil 4.82. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	78
Şekil 4.83. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	79
Şekil 4.84. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	79
Şekil 4.85. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²) grafikleri.....	79
Şekil 4.86. Iwate Japan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	80
Şekil 4.87. Iwate Japan depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	80
Şekil 4.88. Iwate Japan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	81
Şekil 4.89. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	81
Şekil 4.90. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	82
Şekil 4.91. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	82
Şekil 4.92. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	83
Şekil 4.93. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	83
Şekil 4.94. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	83
Şekil 4.95. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm ²)	84
Şekil 4.96. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm ²)	84
Şekil 4.97. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm ²)	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri.....	12
Çizelge 3.2. Harman tuğlası tiplerinin fiziksel özellikleri	13
Çizelge 3.3. Fabrika tuğlası çeşitlerinin fiziksel özellikleri.....	13
Çizelge 3.4. Polipropilen katkılı ve katkısız kerpiç tuğlalarının basınç dayanımları.....	14
Çizelge 3.5. 1980-2020 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen ve lokal magnitudü (ML) 5.0 ve üstünde olan bazı depremlere ait sayısal veriler	16
Çizelge 3.6. Isparta İlini etkileyen tarihsel depremler	17
Çizelge 3.7. Kuru birim hacim ağırlık deney sonuçları	25
Çizelge 3.8. P dalga hızı ve dinamik elastisite modülü değerleri	27
Çizelge 3.9. S dalga hızı ve dinamik poisson oranını değerleri	27
Çizelge 3.10. Basınç dayanımı değerleri.....	28
Çizelge 3.11. Schmidt çekici deneyi.....	30
Çizelge 3.12. Yarmada çekme dayanımı.....	31
Çizelge 3.13. Deprem kayıtları	33
Çizelge 4.1. Tescilli Taş Bina periyot değerleri.....	35
Çizelge 4.2. Parkfield depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	43
Çizelge 4.3. San Fernando depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	45
Çizelge 4.4. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	47
Çizelge 4.5. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	48
Çizelge 4.6. Irpinia_Italy-02 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	50
Çizelge 4.7. Corinth_Greece depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	52
Çizelge 4.8. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	53
Çizelge 4.9. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	54
Çizelge 4.10. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	56
Çizelge 4.11. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	57
Çizelge 4.12. Landers depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)...	58
Çizelge 4.13. Norridge-01 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	60
Çizelge 4.14. Chi-Chi_Taiwan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	61
Çizelge 4.15. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	62
Çizelge 4.16. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	64
Çizelge 4.17. Manjil_Iran depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	65

Çizelge 4.18. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	66
Çizelge 4.19. Landers depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	68
Çizelge 4.20. Landers depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	69
Çizelge 4.21. San Simeon_ CA depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	70
Çizelge 4.22. Parkfield02_ CA depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	72
Çizelge 4.23. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	73
Çizelge 4.24. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	74
Çizelge 4.25. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	76
Çizelge 4.26. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	77
Çizelge 4.27. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	78
Çizelge 4.28. Iwate_ Japan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	80
Çizelge 4.29. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	81
Çizelge 4.30. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	82
Çizelge 4.31. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm ²)	84
Çizelge 4.32. X yönü için kayma dayanımı kontrolü	86
Çizelge 4.33. Y yönü için kayma dayanımı kontrolü	87

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

a	Numune boyutları
A_o	Yüzey alanı
d	Şekil faktörü
D	Numune genişliği
DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2
E_d	Elastisite modülü
f_b	Numune standartlaştırılmış basınç dayanımı
f_{b-ort}	Numune ortalama standartlaştırılmış basınç dayanımı
F_{BTD}	Schmidt çekici dayanım değeri
F_{ct}	Yarmada çekme dayanımı
f_c	Numune basınç dayanımı
f_{vk}	Yığma duvar karakteristik kesme dayanımı
f_{vk0}	Yığma duvar başlangıç kesme dayanımı
G	Yer çekimi ivmesi
h_u	Numune yüksekliği
h_{ort}	Numune yüksekliği ortalaması
I.O.	İsa'dan önce
I.S.	İsa'dan sonra
I_0	Depremin en büyük şiddeti
I_u	Numune genişliği
KH	Kontrollü Hasar Sınır Durumu
L	Numune yüksekliği
M_s	Yüzey dalgası magnitudü
M_L	Lokal magnitudü
M_1	Hava yüzeyi kurutulmuş numune kütlesi
M_2	Doygun kayaç numunesini ihtiva eden tel sepet kütlesi
M_3	Boş sepetin sudaki görünür kütlesi
M_4	Etüvde kurutulmuş numune kütlesi
$m_{dry,u}$	Hava dolaşımli etüvde bekletilen numune kütlesi
$m_{o,u}$	Kurutulmamış numune kütlesi
PP	Polipropilen
R	Yüzey sertlik değeri
S_{ae}	Tasarım ivme spektrumu
t	Dalga hızı
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
$V_{n,u}$	Numune hacmi
V_p	Boyuna dalga hızı
V_s	Enine dalga hızı
$W_{n,u}$	Numune genişliği
ρ_n	Kuru birim hacim ağırlık
ρ_{rd}	Birim hacim ağırlık
μ	Numune rutubeti
σ	Yarmada çekme mukavemeti
σ_d	Düşey basınç gerilmesi
ε	Birim şekil değiştirme

1. GİRİŞ

İnsanoğlu temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yüzyıllardır farklı bölgelere göç etmektedir. Bu gler ülkelerin yapılaşmasına katkı sağlamaktadır (Dinçer ve Ertuğral, 2000). Türkiye, dünya üzerinde bir köprü olarak konumlanması nedeniyle fazlasıyla g almış ülkelerden bir tanesidir (Sağıroğlu, 2015). Ülkemiz gler sayesinde birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Bu kültürel zenginlik, çeşitli medeniyetlere ait tarihi yapıların oluşumuna katkı sağlamıştır. Kaleler, surlar, köprüler, camiler ve kiliseler bu tarihi yapılara örnek gösterilebilmektedir (Döndüren vd., 2017).

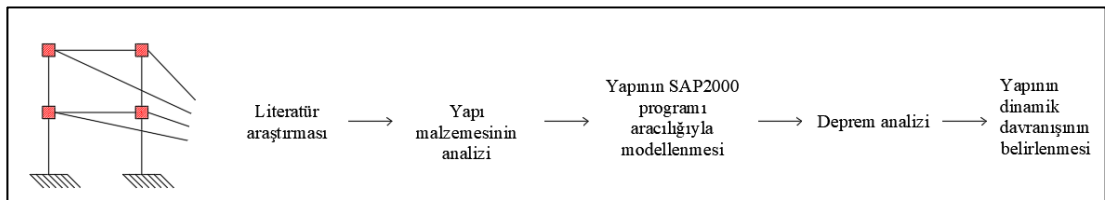
Tarihi yapılar, geçmiş ile günümüz arasında bir köprü görevi görmektedir (Aydın ve şahin, 2018). Ülkemizdeki mevcut tarihi yapılar incelendiğinde, yığma yapıların çoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. Yığma yapı sistemiyle inşa edilen yapıların uzun yıllar ayakta kalabildiği görülmektedir (oban, 2021). Ancak tarihi yapılar doğal afetler sonucunda veya zaman içerisinde tahrip olabilmektedir (Halaç vd., 2022). Bu nedenle tarihi yapıların korunması, onarılması ve güçlendirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde de kanunlar ve kurumlar aracılığıyla bu yapıların korunmaya çalışıldığı görülmektedir. Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu tarihi yapıları korumaya yönelik kanunlardan bir tanesidir (Aydın ve şahin, 2018). Bu kanun ile birlikte geçmişten günümüze kadar çeşitli medeniyetlerin ürünü olan yada tarihi olaylar ile doğrudan ilişkili olan yapıların korunmasının gerekliliği ortaya koyulmuştur (Kejanlı vd., 2007).

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından elde edilen veriler incelendiğinde, Türkiye'nin yüksek oranda aktif faylar ile çevrili olduğu görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde sık sık depremler meydana gelmektedir ve depremlerin meydana geldiği bölgede gerekli tedbirler alınmaz ise bu depremler insan hayatını ve yapıları tehdit etmektedir (Abbas vd., 2021).

Ülkemizdeki önemli aktif faylardan bazıları da Isparta ilini çevrelemektedir. Yapılan araştırmalar geçmişte bölgede çok sayıda deprem olduğunu ve bu depremler sonucunda can ve mal kayıplarının ortaya çıktığını göstermektedir (Satılmış, 2018). Aynı zamanda Isparta ili Gller Bölgesi'nin ortasında bulunmaktadır. Bölge bulunduğu coğrafi konum neticesinde tarihsel ve kültürel açıdan zengin bir bölgedir.

Bu nedenle bölgede çok sayıda tarihi yapı mevcuttur (Türk, 2006). Gazi Ertokuş Medresesi, Hızırbey Camii, Baba Sultan Türbesi ve Aya Payana Kilisesi gibi bölgede bulunan yapılar bu tarihi yapılara örnek olarak verilebilmektedir (Kitiş ve Onat, 2012). Yapılan araştırmalar, sismik açıdan ve kültürel değerler açısından önemli bir bölgede yer alan Isparta ilindeki tarihi yapıların incelenmesinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasında; Isparta İlinde bulunan Tescilli Taş Bina'nın deprem etkisindeki dinamik davranışı incelenmiştir. İncelemeye başlamadan önce tarihi yapı hakkında kapsamlı bir şekilde literatür araştırması yapılmıştır. Çalışma kapsamında ilk olarak tarihi yapı için yerinde tespitler yapılmıştır ve yapının rölöve projesi temin edilmiştir. Yapının malzeme özelliklerinin tespiti için yapının inşasında kullanılan ve Isparta ilinin yerel taşı olarak bilinen köfke taşının mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen malzeme özellikleri yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modelinde malzeme tanımlanması kısmında kullanılmıştır. Tescilli Taş Bina'nın modellenmesinde SAP2000® (Structural Analysis Program) V23 sonlu elemanlar programı kullanılmış ve modellenen tarihi yapının sismik açıdan değerlendirilebilmesi için 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun elastik tasarım ivme spektrumunu kullanılmıştır. Yapının bulunduğu bölge için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyi (DD-2) dikkate alınmıştır. Deprem verilerini elde etmek ve ölçeklendirmek için Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) internet sayfasından yararlanılmıştır. Sismik analizler neticesinde tarihi yapının yapısal performansı belirlenmiştir ve elde edilen bulgular grafik ve tablolar ile gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde tezin akış şeması gösterilmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde, yığma yapıların dinamik davranışının ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda deneysel veya simülasyon metoduyla yapıların dinamik davranışının belirlendiği görülmektedir.

Ramos ve Lourenço (2004), çalışmalarında tarihi şehir yapılarının korunmaları gerektiğini ortaya koymuş ve tarihi şehir merkezlerinin sismik analizlerini ve kırılgenliğini araştırmışlardır. Çalışma için Lizbon şehir merkezinde bulunan bir yapı seçilmiş ve seçilen yapıyı doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi ile incelemiştir. Çalışma sonucunda yapının depremlerden dolayı hasar aldığını gözlemlemiş, ahşap zeminlerin güçlendirilmesini ve yapıların çelik çubuklar ile desteklenmesi önerilmiştir.

Teomete (2004), çalışmasında Urla Kamanlı Cami'sini sonlu elemanlar metodu ile modellemiş ve yapının LUSAS programı aracılığıyla sismik analizi gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda yapının hatıl boşluklarının ve kasnak kubbe birleşimlerinin güvenli bölgede kalmadığı tespit edilmiştir.

Lourenço vd. (2007), çalışmalarında Lizbon şehrinde bulunan Jerónimos Manastırı'nın yapısal davranışını incelemiştir. Çalışma kapsamında öncelikle yapı iyileştirilmiş, basitleştirilmiş olarak modellenmiş ve sonlu elemanlar yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda yerinde ölçümlerin tarihi yapılara zarar verebileceğini ve çok yüksek maliyetli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yapı malzemelerinin doğru belirlenmesi şartıyla tarihi yapılarda sayısal simülasyonlardan elde edilen sonuçların yapının yapısal davranışlarını belirlemek için doğru bir tercih olacağını belirtmişlerdir.

Sayın (2009), tez çalışmasında yığma duvarların lineer olmayan statik ve dinamik analizlerini gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında yığma duvarlar sonlu elemanlar yöntemine göre modellemiş ve duvarların farklı deprem kayıtlarına göre lineer olmayan analizlerini gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda farklı çekme kapasitelerine sahip yığma duvarlar incelendiğinde çekme dayanımının azaldığı duvarda hasarın büyüdüğünü gözlemlenmiş ve farklı deprem kayıtlarına göre lineer

olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda farklı deprem kayıtları için yığma duvarlarda meydana gelen ilk çatlak yeri ve zamanının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Betti ve Galano (2012), çalışmalarında Floransa'nın Pescia kasabasında bulunan Vicarious Sarayı'nın yapısal davranışını incelemiştir. Yapının çekirdeğinin yığma taş duvarlardan oluştuğunu tespit etmiş ve modelleme aşamasında duvarların mukavetini belirlemek amacıyla daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen benzer özellikteki yapı malzemelerinin özelliklerini kullanmışlardır. Yapı malzemesinin özellikleri belirlendikten sonra yapıyı sonlu elemanlar yöntemine göre modelleyerek analizini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre yapının dikey yüklere karşı yeterli olduğu tespit edilmiş fakat sarayın güney ve batı cephelerinin depremlere karşı dayanımının düşük olduğu tespit edilmiştir.

Korkmaz vd. (2014), çalışmalarında Rize İlinde bulunan Kurşunlu Cami'nin deprem davranışını incelemiştir. Çalışma kapsamında yapı SAP2000 programı ile modellenmiştir. Analiz için modele üç farklı deprem uygulanmış ve zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonrasında üç farklı depreme göre elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak tarihi yapının duvarlarında ve minaresinde önemli gerilmelerin mevcut olduğu tespit edilmiştir.

Beeson vd. (2015), çalışmalarında düzensiz geometriye sahip tarihi yığma yapıların sismik davranışını değerlendirmek amacıyla malzeme ve geometrik özellikleri bakımından karmaşık bir yapıya sahip olan Gazanfer Ağa Medresesi'ni incelemiştir. Çalışma kapsamında düzensiz geometri ve belirsiz malzeme özelliklerine rağmen yapıdan elde edilen verilerin büyük oranda Türkiye Deprem Yönetmeliği tarafından belirlenen sınırlar içerisinde kaldığı tespit edilmiş fakat yapıda tarih boyunca meydana gelen hasarlar nedeniyle doğrusal olmayan analizler ile daha doğru bilgiler elde edileceği belirtilmiştir. Ayrıca düzensiz yapıların analizinde analitik modelleme tekniğinin önemi vurgulanmıştır.

Onat ve Sayın (2015), çalışmalarında tarihi Tağar Köprüsü'nü üç boyutlu olarak sonlu elemanlar yöntemine göre modellemiş, modellenen yapının doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerini Erzincan depremi ivme kayıtlarını kullanarak

gerçekleştirmişlerdir. Her iki analiz sonucu için karşılaştırma yapıldığında ilk hasarın meydana geldiği anda frekans ve genliklerin aynı olduğunu, ayrıca köprüde ilk çatlakların köprü kemerinin birleşen kısımlarında olduğunu belirtmişlerdir. Son aşamada ise köprüde meydana gelen çatlakların performansını etkileyecek şekilde olmadığını tespit etmişlerdir.

Anadut (2016), çalışmalarında Yozgat İlinde bulunan Elekçi Köprüsü'nün ve Yozgat Saat Kulesi'nin dinamik davranışlarını incelemişlerdir. Bu amaçla belirtilen yapıları, SAP2000 programında makro modelleme tekniği ile solid eleman olarak modellemiş ve analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, yapıda onarım ve güçlendirmenin hangi bölgelerde öncelikli olarak yapılması gerektiğini belirlemişler ve aynı deprem etkisinde Yozgat Saat Kulesi'nin hasara uğrama oranının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Clementi vd. (2016), çalışmalarında tarihi bir yapının gerçek sismik davranışını anlamak için yapının kapsamlı bilgisine ihtiyaç duyulduğunu vurgulayarak restorasyon ile yapının yapısal davranışını iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla San Francesco Manastırı'nın sismik kırılma direncini sonlu elemanlar yöntemine göre 3MURI programı aracılığıyla 3 farklı şekilde modelleyerek incelemişlerdir. Çalışma sonucunda çan kulesinin konumunun, esnek zeminlerin varlığının ve yapıda enine duvarların olmamasının yapının sismik davranışını olumsuz etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Usta (2016), çalışmasında İzmir'deki tarihi anıtsal yapıları sismik risk açısından incelemiş ve bu yapılar için bir sismik değerlendirme yöntemi geliştirmiştir. Çalışma kapsamında on yedi adet tarihi yapı incelenmiştir. Bu yapılar SAP2000 sonlu elemanlar programı ile modellenmiş ve modellenen yapılar farklı deprem kayıtları ile analiz edilmiştir. Bunun yanısıra tarihi yapıların sismik açıdan daha kolay ve kısa sürede değerlendirilebileceği yeni bir parametrik sismik risk değerlendirme yöntemi ve yöntemin yazılım programı (PARSIS) geliştirilmiştir. Her iki yöntem ile de incelenen yapıların risk durumu belirlenmiş time history ve parametrik sismik risk değerlendirme yönteminden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

Demir (2019), çalışmasında Diyarbakır ilinde bulunan tarihi Dicle (On Gözlü) Köprüsü'nü SAP2000 programı aracılığıyla modelleyerek deprem analizini gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda maksimum gerilmeler ve yer değiştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tarihi Yapıların Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzuna göre değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yapının performans düzeyi Kontollü Hasar Sınır Durumu (KH) olarak belirlenmiştir.

Erdemir ve Başar (2019), çalışmalarında tarihi yapılarda hasara yol açabilen deprem afetinin oluşturacağı etkileri araştırmışlardır. Bu amaçla Konya'daki Hasbey Dar'ül Huffazı'nın mescit kısmının deprem davranışını incelemiştir. Tarihi yapıyı SAP2000 sonlu elemanlar programı ile modellemiş ve analizini gerçekleştirmiştir. Modelleme esnasında yapının malzeme özellikleri ile ilgili değerler literatürdeki çalışmalardan elde edilmiştir. Çalışma sonucunda yapının deprem davranışlarının ve yapıda meydana gelen gerilmelerin sınır değerler içerisinde olduğunu gözlemlemiştir. Aynı zamanda yapı malzemesi özelliklerinin deneysel çalışmalar ile elde edilip deprem analizi gerçekleştirildiğinde çalışmalardan daha sağlıklı sonuçlar elde edilebileceği üzerinde durmuşlardır.

Kocaman vd. (2019), çalışmalarında kültürel varlıkları depremin yıkıcı etkilerinden koruyabilmek için yapıların dinamik davranışlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda Erzurum'da bulunan Lala Mustafa Paşa Camii'nin teorik ve deneysel modal analizini gerçekleştirmiştir. Yapının malzeme özellikleri için literatürdeki çalışmalar baz alınmış ve analiz için 1992 Erzincan depremi ivme kayıtları kullanılmıştır. Deprem analizi sonucunda yapıda öncelikle minarede ve en son aşamada yapının tamamında ciddi hasarlar meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Son olarak çalışmada teorik ve deneysel modal analiz sonuçlarını karşılaştırılmalı olarak incelemiş ve en az %0.6 en fazla %19.4 fark görüldüğünü belirtmişlerdir.

De Angelis vd. (2020), çalışmalarında tarihi yığma bir yapı olan İtalya'da bulunan Capodimonte Astronomik Gözlemevi'ni SAP2000 ve TREMURI programları aracılığıyla modellemişlerdir. Sismik değerlendirme için yapının doğrusal dinamik analiz ve doğrusal olmayan statik analizi yapılmış ve elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre güçlendirme çalışmalarının yapılması gerektiğini belirtmiş ve tarihi yapıların

değerlendirilmesi için birden fazla model ve analiz çeşidinin kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Ertekin (2020), çalışmasında yedi katlı yığma taşıyıcı sisteme sahip mevcut bir yapıyı sismik açıdan değerlendirmiştir. Çalışma kapsamında öncelikle ele alınan yapının rölöve projesi incelenmiş ve her bir kat için yapı özellikleri tespit edilmiş ve belirlenen özelliklere göre mevcut hasarlar değerlendirilmiştir. Sonrasında yapının malzeme özellikleri ve TBDY (2018)'deki ölçütler dikkate alınarak MidasGen programı aracılığıyla mevcut yapıyı modellemiş ve modellenen yapının doğrusal analiz, doğrusal olmayan analiz ve kinematik limit analizlerini yapmıştır. Çalışma sonucunda incelenen yapıda gevrek olarak hasar gören betonarme elemanların bulunduğunu tespit etmiş ve mevcut yapı için güçlendirme projesi önermiştir. Önerilen proje ile yığma duvarlar üzerine gelen kesme kuvvetlerinin önemli ölçüde azalabileceğini belirtmiştir.

Özmen ve Sayın (2020), çalışmalarında Debboy Köprüsü'nü makro modelleme yöntemi ile ANSYS programında modelleyerek tarihi kemer köprünün deprem davranışını araştırmışlardır. Yapının malzeme özelliklerinin tayininde literatürdeki çalışmalardan yararlanmışlardır. Köprünün deprem davranışını belirlemek için 2011 Simav ve 2002 Sultandağı depremleri ivme kayıtlarını kullanmışlardır. Lineer dinamik analiz sonucunda köprüde çekme ve basınç değerlerinin maksimum olduğu noktaları belirlemiş ve malzeme dayanımının bu noktalarda aşılması durumunda potansiyel hasarların meydana gelebileceğini vurgulamışlardır.

Aghabeigi ve Farahmand-Tabar (2021), çalışmalarında United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) dünya mirası listesine kayıtlı olan Tabriz Çarşısı'nın Malek Timche bölümünün sismik kırılganlığını ve yapısal davranışını incelemişlerdir. Bu çalışma ile yapının sismik performansının iyileştirilmesi için uygun bir yöntem önermeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla öncelikle yapı malzemesinin özelliklerini deneysel metodlarla belirlemişlerdir. Bu kısımda 3 noktalı eğilme ve basınç dayanımı deneylerinden faydalanmışlardır. Yapıyı sonlu elemanlar yöntemine göre modellemişlerdir ve bu model aracılığıyla statik ve dinamik analizleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda yapının bazı bölgelerinin güvenli olmadığını, yapının dayanımsal açıdan en kritik kısmının ana kubbe olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yapının güçlendirilmesinde için çelik şerit sistemini önermiş ve

çelik şerit sisteminin yapının yanal yük direncini yüksek oranda arttırdığını vurgulamışlardır.

Nuhoğlu vd. (2021), çalışmalarında İzmir İlinde bulunan Ayasuluk Kalesi sur duvarlarının yapısal davranışlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla sahadan alınan yapı malzemesi numuneleri ile laboratuvar ortamında yapısal analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yapının mevcut yapısal özellikleri belirlendikten sonra yapıyı SAP2000 programında 'solid' elaman olarak modellemiş ve sonrasında yapının statik ve dinamik analizlerini yapmışlardır. Çalışma sonucunda yapının çekme yönündeki gerilmeleri açısından güvenli bölgede kalmadığı tespit edilmiştir.

Samberou (2021), çalışmasında tekrarlı yükler altında yapısal yığma duvarların davranışlarını incelemiştir. Çalışma kapsamında hem simülasyon yöntemi hem de deneysel yöntemler kullanılarak elde edilen verileri karşılaştırmıştır. Deneysel çalışmalarda bir tanesi harman tuğlalardan diğer dört tanesi ise delikli tuğlalardan oluşmak üzere toplam beş adet yığma duvar imal etmiştir. İmal ettiği yığma duvarlar üzerine ivmeölçerler ile tekrarlı yükler uygulamış, duvarların hasarlı ve hasarsız durumları için frekans ve mod değerlerini elde etmiştir. Hasarların karakteristik özellikleri ve hangi seviyelerde oluştuğu belirlenmiştir. Daha sonra yığma duvarların her biri için ABAQUS yazılımı ile sonlu eleman modeli oluşturmuş ve modellenen duvarlara tekrarlı yükler uygulamıştır. Sonuç olarak hasarlı ve hasarsız duvarları karşılaştırmış, hasarlı duvarların frekanslarının düşük olduğunu, delikli tuğla duvarlar ile harman tuğlalardan oluşturulan duvarlar karşılaştırıldığında harman tuğlalarla oluşturulan duvarların hasarlarının minimum olduğunu belirtmiştir.

Türker vd. (2021), uzak ve yakın fay hareketinin tarihi yığma bir yapı üzerinde oluşturacağı etkileri sismik açıdan incelemiştir. İnceleme için Aksaray ve Sivas illerinde bulunan eğimli minareler seçilmiştir. Seçilen minareler sonlu elemanlar yöntemine göre modellenmiştir. Fay hareketi için 1992 Erzincan ve 1999 Kocaeli depremlerinin ivme kayıtları kullanılmıştır. Analiz ile uzak ve yakın fay hareketi sonucunda oluşan yapısal tepkiler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Uzak fay hareketinin yakın fay hareketine göre yapıda daha düşük yer değiştirmeye neden olduğu gözlemlenmiştir.

Akın vd. (2022), çalışmalarında tarihi yapıların korunmasının ve onarılmasının önemini vurgulamışlardır. Çalışma kapsamında tek açıklıklı yığma bir tarihi köprünün zaman tanım alanında dinamik analizini gerçekleştirmişlerdir. Tarihi yapıyı sonlu elemanlar programı aracılığıyla modellenmişler ve yapıyı 1992 Tunceli deprem ivme kayıtlarını kullanarak farklı sönüm tiplerine göre sismik açıdan değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda yapıda oluşan yer değiştirme ve gerilme değerlerinin sönüm oranıyla ters orantılı olduğunu tespit etmişlerdir.

Altunok (2022), çalışmasında İshak Paşa türbesinin dinamik davranışını belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla yapıyı sonlu elemanlar yöntemi ile modelleyerek yapının yıkıcı yüklere karşı yapısal davranışını analiz etmiştir. Analiz sonuçlarını standartlara göre değerlendirmiş ve gerilmelerin sınır değerlerini aşmadığı gözlemlemiştir. Ayrıca kubbe ve duvarın birleşim yerlerinde çekme değerlerinin düşük miktarda sınır değerini aştığını kaydetmiştir. Çalışmada sonuç olarak yapının malzemesi ve özelliklerinin belirlenerek tekrar araştırılması önerilmiştir.

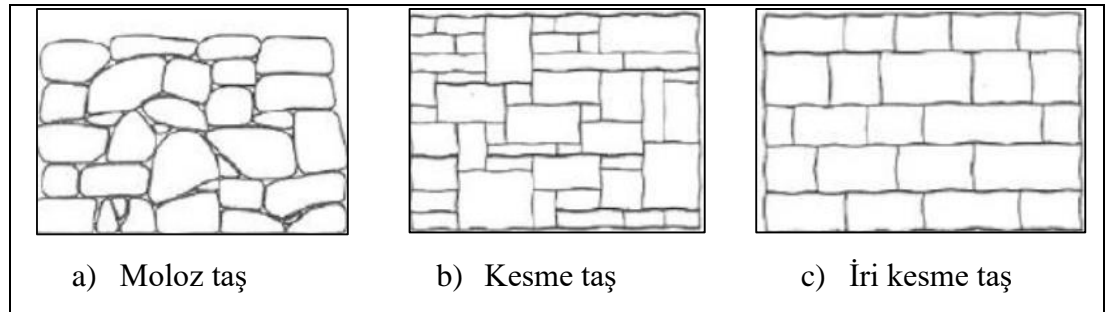
Avcil vd. (2022), çalışmalarında 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği tasarım spektrumlarının etkisini ortaya koymuşlardır. Bu amaçla Şanlıurfa ilinde yer alan Ulu Camii Minaresini ABAQUS programı aracılığıyla sonlu elemanlar yöntemine göre modellemişlerdir. Çalışmada aynı deprem bölgesinde bulunan yedi farklı yerin tasarım spektrumları kullanılmış ve yönetmelikler arasında karşılaştırma yapabilmek için Türkiye’de kullanılan son iki yönetmelikten yararlanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda yapının çekme, basınç ve kayma gerilmelerini emniyetli bir şekilde karşıladığı görülmüştür. Çalışma sonucunda coğrafi konuma özgü tasarım spektrumunun önemi vurgulanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Tarihi Yığma Yapılar

Türkiye toprakları yüzyıllardır birçok ulusa ev sahipliği yapmıştır. Bu durum çeşitli mimarı anlayışların bir araya gelmesine, kültürel mirasın zenginleşmesine neden olmuş ve han, kervansaray, köprü ve cami gibi birçok tarihi yapı yapılmıştır (Aras, 2013). Bu yapılar dönemin özelliklerini günümüze aktarma görevi görmektedir. Bu nedenle sadece ulusal değil uluslararası bir önem taşımaktadır (Ertekin, 2020).

Tarihi yığma yapılar doğal taş, tuğla ve kerpiç gibi farklı malzemeler kullanılarak inşa edilmektedir. Yığma yapıların duvarları yapı malzemelerini üst üste koyarak ve arasına bağlayıcı malzeme olan harç kullanılarak yapılmaktadır. Bu yapılardaki duvarlar taşıyıcı eleman görevini yerine getirmektedirler. Bu nedenle kullanılan çeşitli malzemeler ile harç arasında yük aktarımı gerçekleşmektedir (Öztaş, 2009; Çırak, 2011). Yığma yapıların malzemelere göre sınıflandırılmış yapım teknikleri Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Yığma yapıların malzemeye göre sınıflandırılmış yapım teknikleri (Anadut, 2016)

Yığma yapıların yapımında kullanılan yapı malzemesi türü yapının dayanımı açısından büyük önem taşımaktadır. Seçilen malzemenin basınç dayanımının yüksek çekme dayanımının düşük olması gevrek malzeme özelliği göstermesinde etkili olmaktadır (Kara, 2009).

Yığma yapı sistemi ekonomik nedenlerden dolayı geçmişte sıklıkla tercih edilmiştir. Özellikle tarihi yapıların büyük bir çoğunluğu yığma yapı sistemiyle inşa edilmiştir.

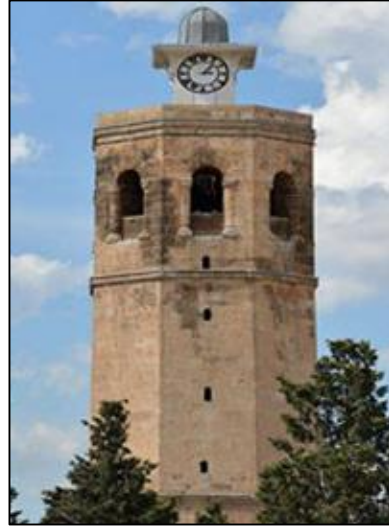
Bu yapı sistemiyle inşa edilen yapı çok ağır bir kütleyle sahiptir. Bu yapıların yaygınlığı azalmış olsa da kullanımı halen devam etmektedir (Ay vd., 2012; Koç, 2016).

Ülkemizde 19. ve 20. yüzyılda yapılmış yığma yapıların yanı sıra tarihi değeri ve anıtsal değeri yüksek olan birçok yığma yapı da bulunmaktadır. Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmının aktif faylar ile çevrelenmiş olması nedeniyle bu yapıların deprem davranışının ve dayanımlarının bilinmesi kültürel değerlerin korunması, can ve mal kayıplarının yaşanmaması açısından önem arz etmektedir (Bayülke, 2011).

3.2. Tarihi Yığma Yapı Malzemeleri

3.2.1. Doğal taş

Türkiye doğal taş rezervi bakımından zengin bir ülkedir, bu durum doğal taşların yapı malzemesi olarak kullanılmasına neden olmuştur. Öyle ki; tiyatro, kervensaray, hamam ve kütüphane gibi birçok yapı bu taşlar kullanılarak yapılmıştır (Taşlıgil ve Şahin, 2016). Doğal taş kullanılarak inşa edilmiş yapıların bir örneği olarak Şanlıurfa Ulu Cami'nin Minaresi Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Şanlıurfa Ulu Cami Minaresi (Avcil vd., 2022)

Tarihi yığma yapılarda kullanılan yapı malzemeleri incelendiğinde de birçok yapıda yapı malzemesi olarak doğal taş ile karşılaşılmaktadır. Doğal taşların dönemin şartlarında kolay temin edilebilir olması yaygın kullanım nedenlerinden bir tanesidir. Fakat doğal

taşların basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise düşüktür. Bu nedenle tasarım yapılırken yapının mukavemetinin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir (Sepetçi, 2012). Çizelge 3.1’de bazı doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri verilmektedir.

Çizelge 3.1. Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri (Sepetçi, 2012)

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (MPa)	Kayma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
Granit	30-70	14-33	4-7	15 000-70 000
Mermer	25-65	9-45	1-15	25 000-70 000
Kireç Taşı	18-65	6-20	2-6	10 000-55 000
Kumtaşı	5-30	2-10	2-4	13 000-50 000
Kuvars	10-30	3-10	3-4	15 000-55 000
Serpantin	7-30	2-10	6-11	23 000-45 000

3.2.2. Tuğla

Tuğlalar kum, öğütülmüş tuğla, kiremit tozu, kül ve benzeri maddelerin karıştırılıp, kalıplara döküldükten sonra 800-1200 °C’de pişirilmesiyle elde edilmektedir. Birçok tuğla çeşidi bulunmaktadır. Fakat yapılarda özellikle harman tuğlası ve fabrika tuğlası kullanılmaktadır (Akgündüz, 2004).

3.2.2.1. Harman tuğlası

Harman tuğlası kil, killi toprak ve suyun karıştırılıp, şekillendirildikten sonra harman yerindeki ocaklarda pişirilerek elde edilmektedir. İnsan gücüne dayalı olarak üretilen harman tuğlası yüzyıllardır duvar malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu tuğla çeşidi sıva kullanılmadan işlenebildiği için günümüz modern mimarisinde peyzaj ve restorasyon işlemlerinde kullanılmaktadır (Er, 2013).

Yapılarda kullanılmak üzere dolu harman tuğlası ve delikli harman tuğlası olmak üzere 2 tip harman tuğlası bulunmaktadır (Bozkurt, 2021). Harman tuğlasının farklı tipleri için dayanım bilgileri Çizelge 3.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Harman tuğlası tiplerinin fiziksel özellikleri (Bozkurt, 2021)

Sınıflar		Ortalama hacim kütlesi (en fazla) Kg/dm ³	Ortalama basınç dayanımı (en az) N/mm ²	Basınç dayanımı (en az) N/mm ²
Dolu harman tuğlası	Orta dayanımlı	-	5.0	4.0
	Az dayanımlı	-	3.0	2.5
Delikli harman tuğlası	Orta dayanımlı	1.40	5.0	4.0
	Az dayanımlı	1.40	3.0	2.5

3.2.2.2. Fabrika tuğlası

Fabrika tuğlalarının üretimi esnasında ham madde karışım oranı belirlenebilmektedir. Aynı zamanda farklı sıcaklıklar ve farklı tip fırınlama teknikleri ile üretilebilmektedir. Bu durum fabrika tuğlalarının harman tuğlalarına göre daha yüksek dayanımla elde edilebilmesine yol açmaktadır (Şişman vd., 2006). Çizelge 3.3'te 6 farklı fabrikada üretilen tuğlaların fiziksel özellikleri verilmektedir.

Çizelge 3.3. Fabrika tuğlası çeşitlerinin fiziksel özellikleri (Şişman vd., 2006)

Özellik	Fabrika						Standart		
	Bilge	Ferhat	Has	Deniz	Tolga	Beşer	Sınıf	Ort	En Az
Hacim Ağırlığı (kg/m³)	668.13	626.75	621.49	608.32	577.12	653.77	(0.8) (0.7) (0.6)	750 650 550	701 601 501
Basınç Dayanımı (kg/m³)	38.20	38.76	35.93	35.82	24.21	47.63	(2.5) (5.0) (7.5)	25 50 75	20 40 60

3.2.3. Kerpiç

Kerpiç, killi ve uygun nitelikteki toprağın katkı maddeleri ve suyla birleştirildikten sonra kalıplara dökülüp açık havada kurutulmasıyla elde edilmektedir. Yapı malzemesi olarak kerpiç uzun yıllardır kullanılmaktadır. Böylece tarihi yapılar incelendiğinde bir kısmının kerpiç ile inşa edildiği görülmektedir. Birçok faydalı yönünden dolayı günümüzde kullanılmaya devam edilmektedir (Koçu ve Korkmaz, 2004). Berkgil ve Ayaz (2020) tarafından yapılan çalışmada kerpiç tuğlaların malzeme içerikleri değiştirildiğinde veya mevcut malzemelere bazı maddeler eklendiğinde

basınç dayanımlarının iyileşebildiği belirlenmiştir. Çizelge 3.4'te polipropilen katkı ve katkısız olarak kerpiç malzemenin basınç dayanımları verilmektedir.

Çizelge 3.4. Polipropilen katkı ve katkısız kerpiç tuğlalarının basınç dayanımları (Berkgil ve Ayaz, 2020)

Karışım Tipi	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
Katkısız olarak üretilen kerpiçler	2.733
6 mm boyunda % 0.5 PP katkıli kerpiçler	3.052
6 mm boyunda % 1 PP katkıli kerpiçler	3.513
6 mm boyunda % 1.5 PP katkıli kerpiçler	3.665
12 mm boyunda %0.5 PP katkıli kerpiçler	3.192
12 mm boyunda % 1 PP katkıli kerpiçler	3.657
12 mm boyunda %1.5 PP katkıli kerpiçler	3.859
19 mm boyunda %0.5 PP katkıli kerpiçler	3.367
19 mm boyunda % 1 PP katkıli kerpiçler	3.763
19 mm boyunda %1.5 PP katkıli kerpiçler	3.691

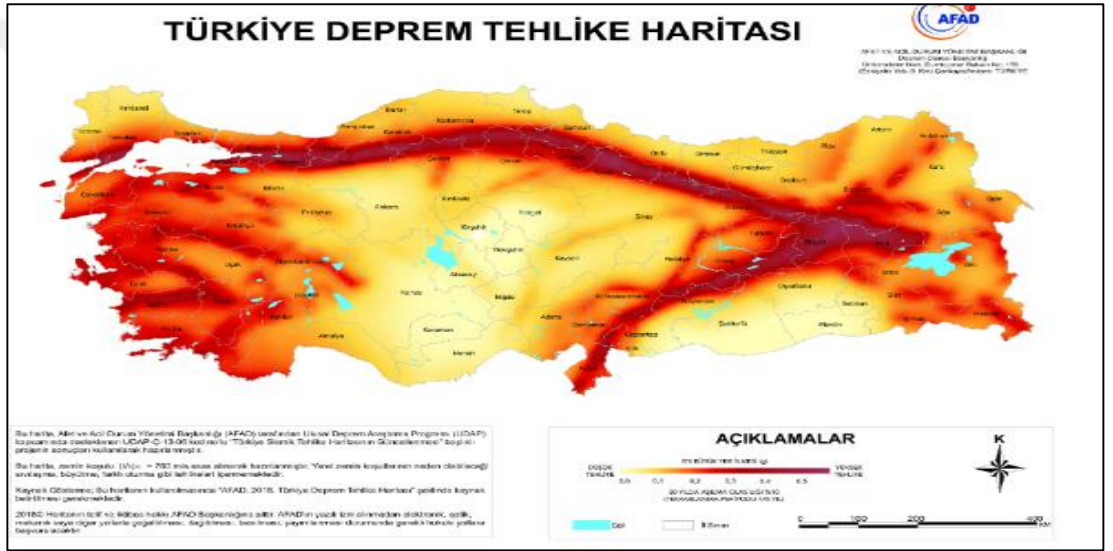
3.3. Türkiye'nin Sismisitesi

Dünya üzerinde birçok yer hareketi meydana gelmekte ve bu yer hareketleri depremlere neden olmaktadır. Bu depremler yapılarda düşük inşaat standartları gibi nedenlerden dolayı hasara ve dolayısıyla maddi ve manevi kayıplara yol açmaktadır (Betti ve Galano, 2012; Özşahin, 2013).

Orta kuşak ülkesi olan Türkiye'de jeolojik yapıdan dolayı sık sık yer hareketi yaşanmaktadır. Türkiye nüfusunun %95'i deprem bölgesinde yaşamaktadır. Ayrıca sanayi bölgelerinin %90'ından fazlası aktif yer hareketine maruz kalmaktadır. Türkiye'de 1930-1945 yılları arasında kısa zaman aralıklarında fazla sayıda deprem görülmüştür. Bu depremlerle birlikte can ve mal kaybı oranı arttıktan sonra önlemler alınmaya başlamıştır. 1944 yılında "Yersarsıntularından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun" ile ilk yasal düzenleme yapılmıştır (Özmen, 2012; Usta ve Bozdağ, 2021). Şekil 3.3'te 1945 yılındaki Türkiye'nin ilk resmi deprem bölgeleri haritası ve Şekil 3.4'te 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası gösterilmektedir.



Şekil 3.3. 1945 yılındaki Türkiye'nin ilk resmi deprem bölgeleri haritası (Özmen, 2012)



Şekil 3.4. 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Sucuoğlu, 2019)

Fay hatları ile depremler arasında önemli bir bağlantı bulunmaktadır. Bu bağlantı elastik kırılma teorisine dayandırılmaktadır. Elastik kırılma teorisine göre faylanma hareketi öncesi, fayın her iki tarafında oluşan elastik deformasyon kayaç içinde enerji birikmesine neden olmaktadır. Biriken bu enerji kayaç kütesinin elastik dayanım gücünü aştığı anda kırılma meydana gelmektedir. Kırılma sonrasında ortaya çıkan enerji sismik dalgalar halinde yayılarak depremleri oluşturmaktadır. Depremler sonrasında ise iki farklı tahribat meydana gelmektedir. Bunlardan birincisi statik deformasyon kalıcıdır. İkincisi dinamik deformasyon ise fay kırılırken ses dalgaları olarak ortamda yayılan elastik dalga hareketleridir. Türkiye'nin aktif fay hatları incelendiğinde en çok depreme neden olan fay hatlarının Kuzey Anadolu Fay hattı ve Doğu Anadolu Fay hattı olduğu görülmektedir (Akgündüz, 2004; Kırıcı ve Yağbasan, 2019). Özellikle

Kuzey Anadolu Fay hattı, Türkiye'nin kuzeyinde bulunan ve dünyanın en tehlikeli sismik bölgelerinden biri olan aktif bir fay zonudur (Askan ve Karimzadeh, 2019). Çizelge 3.5'te 1980-2020 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen bazı depremlere ait bilgiler verilmektedir.

Çizelge 3.5. 1980-2020 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen ve lokal magnitudü (ML) 5.0 ve üstünde olan bazı depremlere ait sayısal veriler (Aral ve Tunç, 2021)

Tarih	Yer	Lokal Magnitudleri (M _L)	Can Kaybı	Yaralı Sayısı	Toplam Etkilenen Sayısı	Maliyet (Bin Dolar) ¹
30.10.1983	Şenkaya/Erzurum - Sarıkamış/Kars	6.6	1 115	537	834 137	65
13.03.1992	Erzincan	6.6	653	3 850	348 850	1 391
01.10.1995	Dinar, Evciler (Afyon)	5.9	90	240	160 240	352
14.08.1996	Salhançayı (Çorum-Amasya)	5.4	0	0	26 006	50
28.06.1998	Ceyhan (Adana)	6.2	145	1 500	1 589 600	878
17.08.1999	Gölcük (Kocaeli)	7.6	17 480	23 781	1 358 953	31 246
12.11.1999	Düzce-Bolu	7.2	710	2 679	224 948	1 562
03.02.2002	Sultandağı (Afyon)	6.5	42	150	252 327	138
01.05.2003	Merkez (Bingöl)	6.4	176	520	290 520	191
19.05.2011	Simav (Kütahya)	5.7	2	79	10 121	282
23.10.2011	Merkez (Van)	6.7	644	1 966	32 938	1 736
24.01.2020	Sivrice (Elazığ)	6.8	44	1 607	1 651	667
20.10.2020	İzmir ve çevresi	6.6	115	1 035	-	-

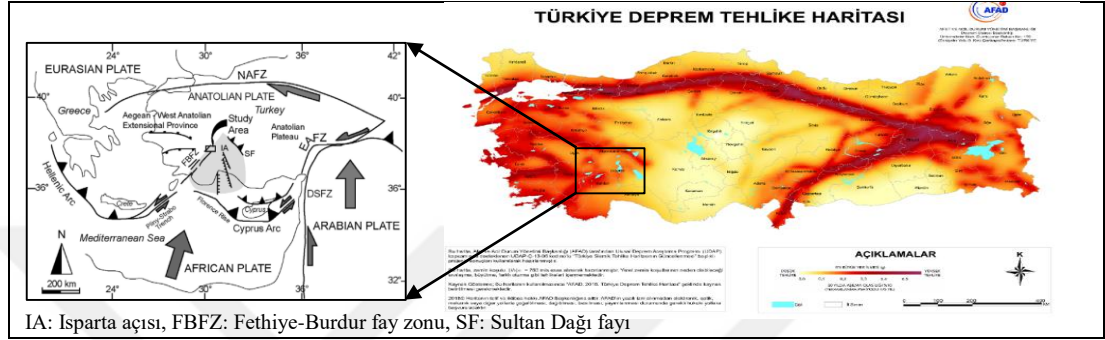
¹ Toplam maliyet değerleri Eylül 2020 tarihine göre dönüştürülmüş değerlerdir.

Çizelge 3.5'te görüldüğü üzere Türkiye şiddeti yüksek depremlerin yaşandığı bir bölgedir. Bölgede depremler sonrasında birçok yapı hasar almıştır. Depremler ülkenin ekonomik varlığını doğrudan etkilemektedir. Bu durum binaların yapısal analiz sonuçlarının bilinmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Lourenço vd., 2007; Aral ve Tunç, 2021).

3.3.1. Isparta'nın sismisitesi

Sismik açıdan değerlendirildiğinde Türkiye'nin en aktif bölgelerinden bir tanesi Isparta ilinin bulunduğu bölgedir. Bu nedenle bölgede sıklıkla depremler meydana gelmektedir. Meydana gelebilecek depremlerin zamanı önceden tahmin edilememektedir. Bölge nüfusunun %90'ından fazlası yüksek deprem tehlikesi altında

yaşamaktadır. Bu durum bölgede herhangi bir zamanda can kaybına neden olabilecek şiddetli yer hareketlerinin meydana gelebileceğini göstermektedir (Aktel ve Çağlar, 2007; Çevikbaş ve Usta, 2017). Bölge Fethiye-Burdur fay zonuna ve Sultan Dağı fayına bağlıdır (Verhaert vd., 2006). Şekil 3.5'te Isparta ilinin bulunduğu bölgeyi gösteren tektonik harita gösterilmektedir. Çizelge 3.6'da Isparta ilini etkileyen tarihsel depremler yer almaktadır.



Şekil 3.5. Isparta ilinin bulunduğu bölgenin tektonik haritası (Verhaert vd., 2006; Sucuoğlu, 2019)

Çizelge 3.6. Isparta ilini etkileyen tarihsel depremler (Uysal vd., 2022)

Tarih	Bölge	Fay	M_s^1	I_0^2
5. yüzyılın sonunda	Dinar	?	?	?
88 I.O.	Dinar	?	?	IX-XI
53 I.S.	Dinar	?	?	VII-X
6. yüzyılın başında	Isparta	?	?	VIII
7. yüzyılın ortasında	Isparta	?	?	IX-XI
641-668 I.S.	Isparta	?	?	VIII-X
1875	Dinar	Balkan Fayı	?	IX-X
1889	Isparta	?	?	?
3 Ekim 1914	Burdur	Burdur Fayı	7.1	IX
7 Ağustos 1925	Dinar	Balkan Fayı	6.0	VIII-IX
1933	Dinar	Balkan Fayı	5.8	VIII
12 Mayıs 1971	Burdur	Burdur Fayı	6.2	IX
1 Ekim 1995	Dinar	Dinar Fayı	6.1	IX

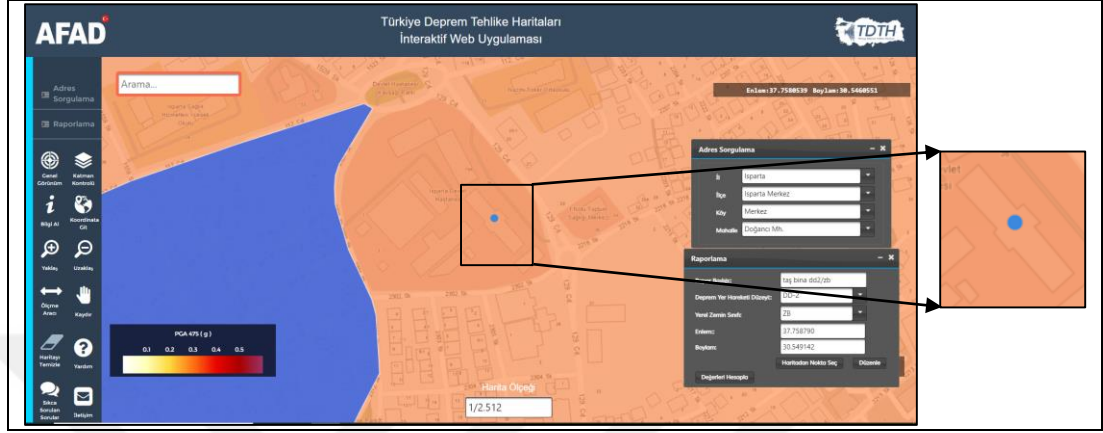
¹ M_s : Yüzyel dalgası magnitüdü

² I_0 : Depremin en büyük şiddeti (Medvedev-Sponheur-Karnik cetveli)

3.4. Taş Binanın Tanımlanması ve Genel Özellikleri

Tez kapsamında Isparta ilinde bulunan Tescilli Taş Bina incelenmiştir. Söz konusu yapı Isparta ili, Merkez ilçesi, Doğancı Mahallesi, 117 ada, 7 parsel adresinde bulunmaktadır. Taş bina olarak adlandırılan yapının inşaatı 1945 yılında başlamıştır ve 1946 yılında inşası tamamlanmıştır. Yapı ilk olarak hastane binası olarak inşa

edilmiştir. İlerleyen yıllarda Süleyman Demirel Üniversitesi hastane binası olarak hizmet vermeye devam etmiştir (Anonim, 2022a; Anonim, 2022b). Günümüzde ise Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi bünyesinde bulunmaktadır. Şekil 3.6’da yapının bulunduğu bölgenin uydu görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3.6. Tescilli Taş Bina uydu görüntüsü (AFAD, 2022)

Bodrum+3 kattan oluşan taş yapı bugün ilk formunu yüksek oranda korumaya devam etmektedir. Yapının dış cephesi köfke taşı adı verilen Isparta ilinin yöresel taşı ile kaplanmıştır. Yapı uzun ve dikdörtgen biçime sahiptir. Yapının uzun cephesinin orta kısmında yapıdan ileri doğru çıkıntılı olacak biçimde ana giriş kapısı yer almaktadır ve bu uzun cepheler boyunca belirli mesafelerle taş söveli dikdörtgen pencereler bulunmaktadır. Yan cephelerde ise cephelerin ortasında birer adet dikdörtgen pencere bulunmaktadır (Anonim, 2022a). Tez kapsamında yapı yerinde incelenmiştir ve bu incelemeler sırasında elde edilen görüntüler Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



(a)



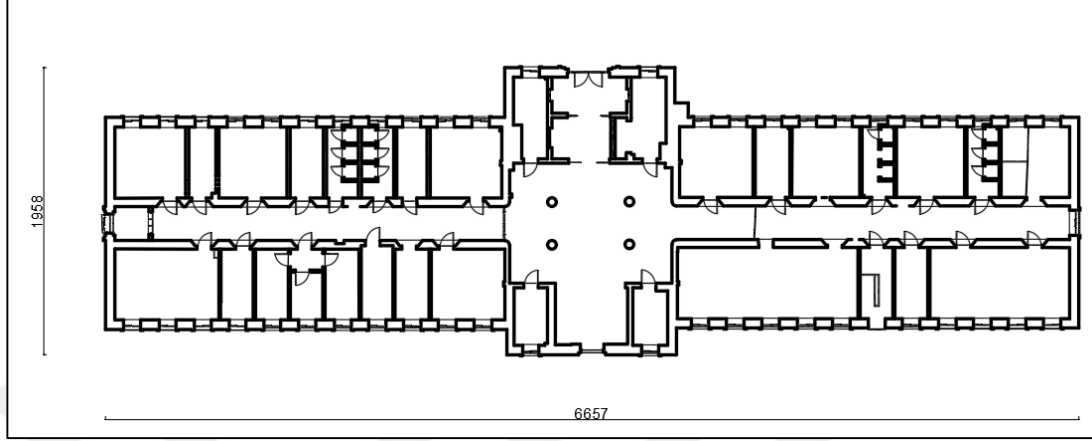
(b)



(c)

Şekil 3.7. Tescilli Taş Bina

Yığma yapı olarak inşa edilen Tescilli Taş Bina oldukça ağır bir kütleye sahiptir. Yapının rölöve projesinden elde edilen bilgilere göre boyutu X ekseninde 66.57 m, Y ekseninde 19.58 m'dir. Yapıya ait zemin kat planı Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



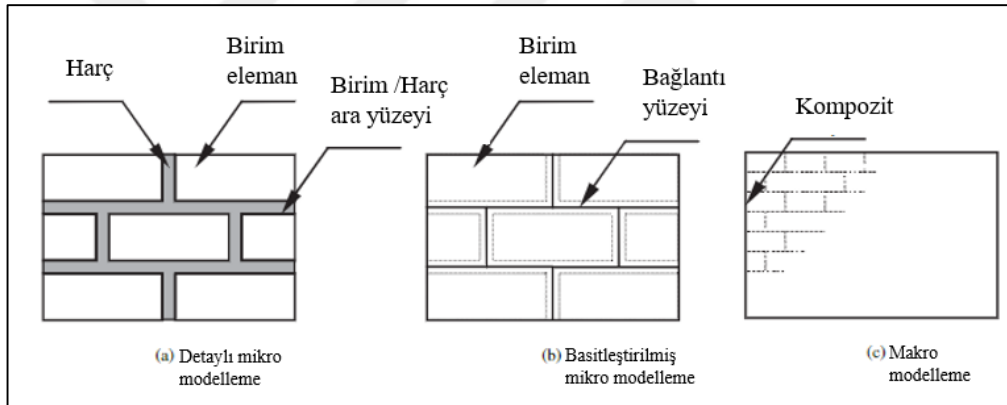
Şekil 3.8. Zemin kat planı

3.5. Tescilli Taş Bina Sonlu Eleman Modeli

Günümüzde tarihi yapıların korunması ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların birçoğunda tarihi yapıların analizlerinin yapılması ve bu süreçte de yapıya zarar vermeyecek tahribatsız yöntemlerin kullanılması önerilmektedir. Özellikle son zamanlarda gelişen teknoloji ve bu teknolojideki hızlı ilerleme sayesinde tarihi yapıların analizi ile ilgili birçok program geliştirilmiştir. Bu programlar aracılığıyla elde edilen sonuçların deneysel yöntemlerle elde edilen gerçek sonuçlar ile paralel olduğu tespit edilmiştir. Bu durum karmaşık yapıların programlar aracılığıyla modellenmesinin ve yapısal analizlerinin gerçekleştirilmesinin önünü açmıştır. Literatürde bir çok çalışma tarihi yapıların incelenmesinde simülasyon yönteminin tercih edilmesini önermiştir (Lourenço vd., 2007). Lourenço vd. (2007), çalışmalarında karmaşık yapıların analizinde simülasyon yönteminin daha az maliyetli olduğunu belirtmiş ve tarihi bir yapıyı simülasyon yöntemiyle incelemiştir. Ayrıca Ertekin (2020), çalışmasında bir tarihi yapıyı incelemek için simülasyon yöntemini kullanmıştır. Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde yığma yapıların yapısal analizlerinde genellikle sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesinin tercih edildiği görülmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında sonlu elemanlar yöntemi ve modellemesi tercih edilmiştir ve analiz programı olarak da SAP2000 sonlu elemanlar programından yararlanılmıştır.

Sonlu elemanlar metodu ile karmaşık ve büyük kütlelere sahip yapılar sonlu sayıda parçalara ayrılarak modellenmektedir ve modellenen yapılar için doğrusal ve doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilebilmektedir.

Sap2000 programı sayesinde iki boyutlu ve üç boyutlu tasarımlar yapılabilmekte ve tasarım aşamasında yığma yapılar için makro ve mikro modelleme teknikleri kullanılabilir. Bu tekniklerde yapının mukavemetini oldukça yüksek oranda etkileyen yapı malzemelerinin modelleme stratejileri farklılık göstermektedir. Şekil 3.9’da makro ve mikro modelleme tekniklerinin stratejileri gösterilmektedir. Makro modelleme yönteminde yapı malzemelerinin hepsinin bağdaşık davranış gösterdiği belirtilmektedir. Yığma taş yapılarda genellikle makro modelleme yönteminin kullanıldığı tespit edilmiştir (Aslan ve Şahin, 2016). Bu nedenle Tescilli Taş Bina tasarımında makro modelleme yöntemi tercih edilmiştir.

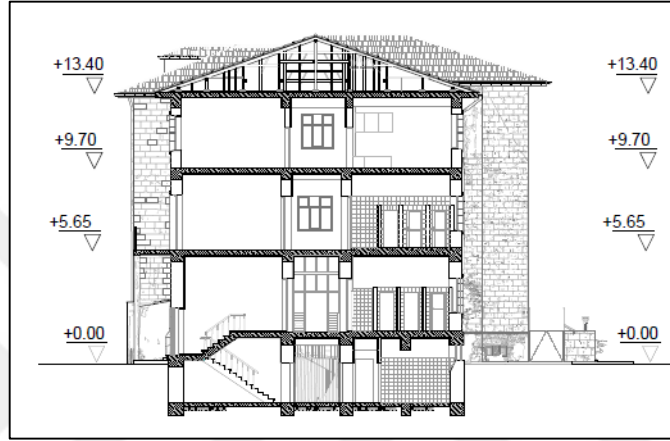


Şekil 3.9. Yığma yapılar için modelleme stratejileri (Lourenço, 2002)

Bu tez çalışmasında incelenen tarihi yapının sismik davranışını tespit edebilmek ve yapıda meydana gelebilecek olası hasarlara önlem alabilmek için sonlu eleman modeli tanımlanmıştır. Yapının sonlu elemanlar modellemesi aşamasında yapıya ait rölöve projesi dikkate alınmıştır. Yapının boyutu ve özellikleri ile ilgili detaylar Şekil 3.10’da gösterilmektedir.



(a) Ön kesit



(b) Yan kesit

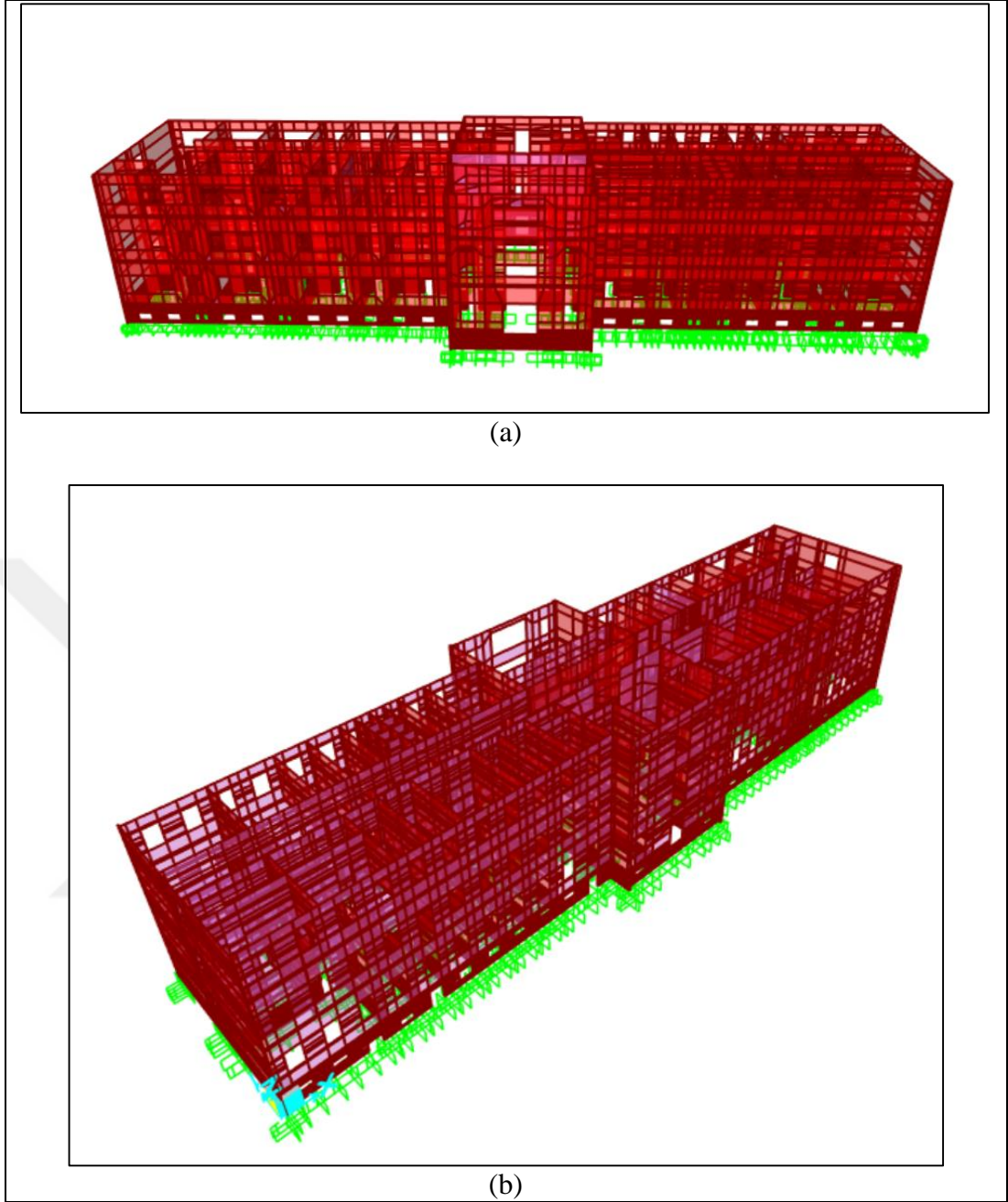
Şekil 3.10. Tescilli Taş Bina kesit görünüşleri

Tescilli Taş Binanın modellenmesinde düğüm noktaları (joints), çubuk elemanlar (Frame elements) ve kabuk elemanlar (Shell elements) kullanılmıştır. Kabuk eleman kullanılarak modellenen yapılarda tüm kuvvetler ve momentler gözlemlenebilmektedir (Çoban, 2018).

Bu çalışma kapsamında tarihi yığma kamu binası modellenirken döşemeler için rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Yapının malzeme özellikleri yapılan deneyler ile tespit edilmiştir. Sütun yapı elemanları için çubuk elemanlardan ve duvarlar için kabuk elemanlardan faydalanılmıştır. Şekil 3.11’de yapının sonlu eleman modeli gösterilmektedir. Tescilli Taş Binanın SAP2000 sonlu elemanlar programı ile modellenmesinde;

- 13 821 düğüm noktası
- 8 çubuk eleman
- 12 795 kabuk eleman

kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Tescilli Taş Bina sonlu eleman modeli

3.6. Tescilli Taş Binanın Yapı Malzemesinin Belirlenmesi

Tescilli Taş Bina Antalya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından 27.12.2010 tarihinde 4701 sayılı karar ile tescillenmiştir (Türkiye Kültür Portalı, 2022). Birçok durumda tescilli tarihi yapılarda yapının tahribatına neden olacak ve yapının bütünlüğünü bozacak deneylerin yapılması sakıncalı olmaktadır. Bu tez çalışmasında yapı dayanımının belirlenmesi amacıyla Isparta ilinin yöresel taşı ve yığma yapının yapı malzemesi olan köfke taşının malzeme özellikleri kullanılmıştır.

Malzeme özelliklerinin belirlenmesinde ise yapıya zarar vermeden temin edilen köfke taş numuneleri kullanılmıştır. Yapı malzemesinin fiziksel özellikleri deneysel çalışmalar ile belirlenmiş ve deneysel çalışmalar esnasında tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerden faydalanılmıştır.

3.6.1. Köfke taşının birim hacim ağırlığının belirlenmesi

Köfke taşının birim hacim ağırlığının hesaplanmasında TS 699 standardı dikkate alınmıştır. Bu amaçla köfke taşları kesilerek 7 adet 10x10 cm boyutlarında küp numuneler hazırlanmıştır. Şekil 3.12’de numunelerin görselleri yer almaktadır. Hazırlanan numunelerin boyutları elektronik kumpas ile tekrar ölçülmüştür. Şekil 3.13’te numunelerin ölçümlerine ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.12. Köfke taşı numuneleri



Şekil 3.13. Numune boyutlarının belirlenmesi

Numunelerin boyutları belirlendikten sonra elde edilen bilgiler ile numune hacimleri hesaplanmıştır. Hacimleri belirlenen numunelerin kütleleri etüvde kurutulmadan önce hassas terazi yardımıyla belirlenmiş ve sonrasında numuneler hava dolaşımli etüvde değişmez kütle elde edilinceye kadar kurutulmuştur. Kurutma sonrası numunelerin kütleleri ölçülmüş ve Denklem (3.1) kullanılarak kuru birim hacim ağırlığı belirlenmiştir. Çizelge 3.7’de köfke taşının kuru birim hacim ağırlığının belirlenmesi amacıyla kullanılan numunelere ait bilgiler verilmektedir.

$$\rho_n = \frac{m_{dry,u}}{v_{n,u}} \times 10^6 \quad (3.1)$$

Bu denklemde, numunenin hava dolaşımli etüvde bekletilerek elde edilen kütlesi $m_{dry,u}$ (g), kumpas ile belirlenen numune boyutlarının kullanılmasıyla elde edilen hacim $V_{n,u}$ (cm^3) ve kuru birim hacim ağırlığı $\rho_{dry,u}$ (kg/m^3) ile gösterilmektedir.

Çizelge 3.7. Kuru birim hacim ağırlık deney sonuçları

Numune Numarası	I_u (mm)	W_u (mm)	h_u (mm)	$m_{o,u}$ (g)	$m_{dry,u}$ (g)	$V_{n,u}$ (cm^3)	ρ_n (kg/m^3)
1	100.73	101.10	95.27	1 478	1 408	970	1 451
2	101.43	102.00	101.42	1 559	1 485	1 049	1 415
3	101.63	101.49	100.54	1 486	1 416	1 037	1 365
4	100.66	100.68	101.67	1 552	1 478	1 030	1 435
5	100.89	100.95	101.72	1 535	1 462	1 036	1 411
6	99.34	99.11	101.58	1 453	1 384	1 000	1 383
7	99.35	98.58	100.67	1 481	1 410	986	1 430
Ortalama							1 413

Bu çizelgede, numune boyutları I_u , W_u ve h_u , numunelerin kurutulmadan önceki kütleleri $m_{o,u}$, numune boyutları ile elde edilen hacimleri $V_{n,u}$ ve köfke taşı kuru birim hacim ağırlığı $\rho_{n,u}$ ile ifade edilmektedir. Bu deney sonucunda köfke taşının kuru birim hacim ağırlığı $1\,413\,kg/m^3$ olarak hesaplanmıştır.

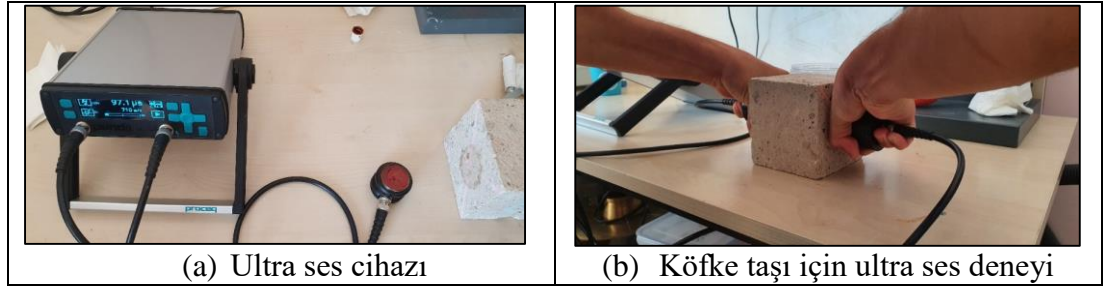
Kuru birim hacim ağırlığı belirlenen köfke taşı numunesinin TS EN 1097-6’ya uygun olarak tel sepet yöntemiyle birim hacim ağırlığı belirlenmiştir. Bu kısımda numune ilk olarak suda bekletilmiş ve sonrasında suya doymun hale gelen numune su içinde ve su dışında tartılmıştır. Elde edilen değerler ve Denklem (3.2) kullanılarak numunenin birim hacim ağırlığı $1\,434\,kg/m^3$ olarak belirlenmiştir.

$$\rho_{rd} = p_w \frac{m_4}{m_1 - (m_2 - m_3)} \quad (3.2)$$

Denklem (3.2)'de, birim hacim ağırlık ρ_{rd} , deney sırasında suyun sıcaklığına bağlı yoğunluğu p_w , doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş numune kütlesi m_1 (g), doygun kayaç numunesini ihtiva eden tel sepet kütlesi m_2 (g), boş sepetin sudaki görünür kütlesi m_3 (g), ve etüvde kurutulmuş deney numunesinin kütlesi m_4 (g) olarak ifade edilmektedir.

3.6.2. Ultra ses deneyi

Ultra ses deneyi, kagir birim yapı malzemesinin dinamik elastisite modülü değerlerini ve poisson oranlarını belirleyebilmemize yardımcı olmaktadır. Bu deney sırasında, boyuna ve enine ses dalgaları cisim ile tamamen temas ettirilerek iletilmektedir. Alıcı ve verici başlıklar iletilen ses dalgalarının iletim süresini ve hızını ölçmektedir (Kara, 2009; Güner, 2018). Bu deney için 10x10 cm boyutunda 7 adet küp numune hazırlanmıştır. Bu numuneler için yapılan ultra ses deneyi Şekil 3.14'de gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Ultra ses deneyi

Elde edilen değerler ile Denklem (3.3) ve Denklem (3.4) kullanılarak dinamik elastisite modülü ve poisson oranı belirlenmiştir.

$$E_d = \frac{Vp^2 \times \rho \times 10}{G} \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'de, E_d (MPa) dinamik elastisite modülünü, V_p (km/s) boyuna dalga hızını, G (m/s^2) yer çekimi ivmesini ve ρ (kg/m^3) kuru birim hacim ağırlığını ifade etmektedir.

$$v_d = \frac{(V_p^2 - 2 \times V_s^2)}{2 \times (V_p^2 - V_s^2)} \quad (3.4)$$

Denklem (3.4)'de, v_d poisson oranını, V_p (km/s) boyuna dalga hızını ve V_s (km/s) enine dalga hızını ifade etmektedir.

Deney sırasında elde edilen P dalga hızı ve dinamik elastisite modülü değerleri Çizelge 3.8'de, S dalga hızı ve dinamik poisson oranı değerleri Çizelge 3.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.8. P dalga hızı ve dinamik elastisite modülü değerleri

Numune Numarası	t (μs)	L (m)	V_p (m/s)	E_d (MPa)
1	60.4	0.10	1 656	3 948
2	58.1	0.10	1 721	4 267
3	57.7	0.10	1 733	4 326
4	47.4	0.10	2 110	6 411
5	62.8	0.10	1 592	3 652
6	61.0	0.10	1 639	3 871
7	45.6	0.10	2 193	6 927
Ortalama				4 772

Çizelge 3.9. S dalga hızı ve dinamik poisson oranı değerleri

Numune Numarası	t (μs)	L (m)	V_s (m/s)	v_d
1	93.7	0.10	1 067	0.14
2	94.8	0.10	1 055	0.20
3	88.5	0.10	1 130	0.13
4	75.2	0.10	1 330	0.17
5	97.1	0.10	1 030	0.14
6	93.9	0.10	1 065	0.13
7	72.3	0.10	1 383	0.17
Ortalama				0.16

Bu deney sonucunda dinamik elastisite modülü değeri 4 772 MPa ve dinamik poisson oranı 0.16 olarak belirlenmiştir.

3.6.3. Basınç dayanımı testi

Basınç dayanımı testi, kagir birimler için oluşturulan TS EN 772-1 (2015)'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu deney ile köfke taşının basınç dayanımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla köfke taşından 6 adet 10x10 cm boyutunda küp numune kesilmiştir. Elde edilen numunelerin boyutları laboratuvar ortamında 0.01 mm hassasiyetli elektronik kumpas yardımıyla tekrar ölçülmüştür. Numuneler hava dolaşımıyla etüvde kurutulmuştur. Numuneler hazırlandıktan sonra basınç dayanımları test edilmiştir. Deneyler standarda uygun olarak gerçekleştirildiği için numune eşdeğer basınç dayanımları hesabında katsayı 1.0 olarak belirlenmiştir. Deney sonrasında elde edilen değerler ve numune boyutları hakkında bilgiler Çizelge 3.10'da yer almaktadır.

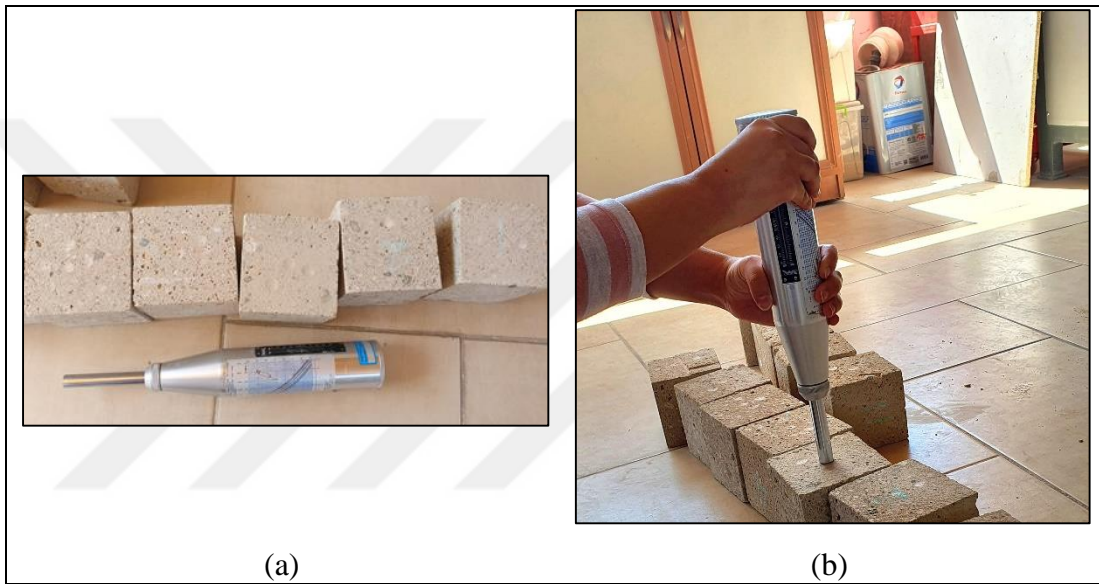
Çizelge 3.10'da numune boyutları a_1 , a_2 ve a_3 (mm), numune yüksekliğinin ortalaması h_{ort} (mm), numunenin yükleme yapılan yüzey alanı A_0 (mm²), numunenin etüv kuru kütlesini m_{dry} (g), basınç dayanımı deneyi esnasında numune rutubeti μ (%), numuneye uygulanan en fazla yükü F (N), numune basınç dayanımını f_c (N/mm²), şekil faktörü d , numune standartlaştırılmış basınç dayanımı f_b (N/mm²) ve ortalama standartlaştırılmış basınç dayanımı f_{bort} ile ifade edilmektedir.

Çizelge 3.10. Basınç dayanımı değerleri

Numune Numarası	a_1	a_2	a_{ort}	h_{ort}	A_0	m_{dry}	μ	F	f_c	d	f_b
1	100.73	101.1	100.91	95.27	10 183	1 408	5	68 856	6.76	1	6.76
2	101.43	102	101.71	101.42	10 345	1 485	5	66 095	6.39	1	6.39
3	101.63	101.49	101.56	100.54	10 314	1 416	5	61 984	6.01	1	6.01
4	100.66	100.68	100.67	101.67	10 133	1 478	5	70 743	6.98	1	6.98
5	100.89	100.95	100.92	101.72	10 185	1 462	5	68 589	6.73	1	6.73
6	99.34	99.11	99.22	101.58	9 845	1 384	5	64 261	6.53	1	6.53
Ortalama						1 439			6.57	f_{bort}	6.57

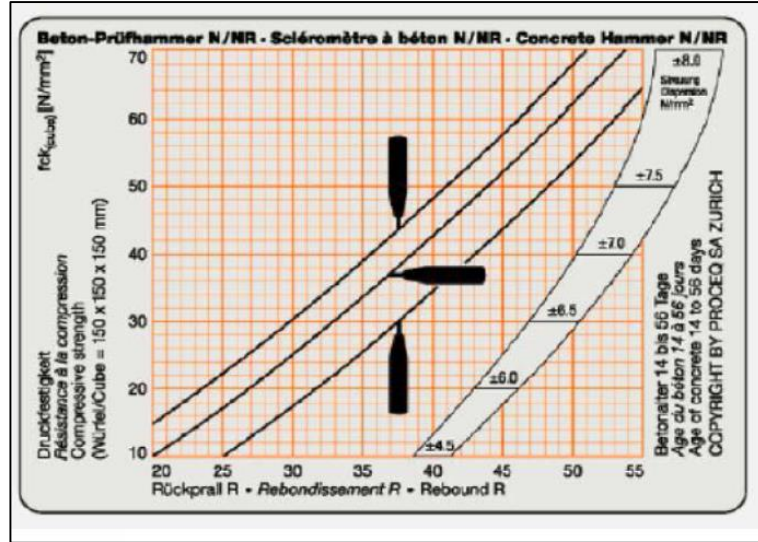
3.6.4. Schmidt çekici deneyi

Schmidt çekici deneyi ile yapı malzemesinin bir cisme karşı gösterdiği direnç değeri tespit edilmektedir. Bu deney yapı malzemesinde hasara neden olmamaktadır. Bu nedenle sıklıkla kullanılmaktadır. Malzeme bileşenlerinin farklı olması ve numunenin içindeki boşluk oranı Schmidt test sonucunu etkilemektedir. Schmidt çekici deneyinde geri tepme değeri ile malzeme sertliği doğru orantılıdır (Ercan, 2010). Şekil 3.15’de doğal taşta uygulanan Schmidt çekici deneyi yer almaktadır.



Şekil 3.15. Schmidt çekici deneyi

Schmidt çekici numuneler üzerinde kullanılmadan önce kalibrasyon kovanında vuruş yapılarak cihaz kontrol edilmiştir. Deney için 7 adet 10x10 cm küp numune kullanılmıştır. Numunelerin farklı yüzeylerine 10 adet vuruş yapılmıştır. Geri tepme değerleri Çizelge 3.11’ de gösterilmektedir. Bu deney ile köfke taşının yüzey sertlik değeri hesaplanmıştır. Yüzey sertlik değeri (R) tespit edildikten sonra Şekil 3.16’da verilen abakdan çekiç vuruş yönüne dikkat edilerek Schmidt çekici dayanım değeri (F_{BTD}) belirlenmiştir.



Şekil 3.16. Yüzey sertlik değeri ve Schmidt çekici dayanımı grafiği

Çizelge 3.11. Schmidt çekici deneyi

Numune Numarası	R (Geri Tepme Sayısı)										R _{ort}	F _{BTD} (MPa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	23	21	22	22	21	22	21	22	23	21	21.8	18.09
2	23	18	19	22	23	20	20	20	21	21	21.0	17.04
3	19	18	20	19	20	18	20	17	22	18	19.1	14.69
4	24	21	23	22	24	22	23	25	22	24	23.1	19.90
5	22	22	22	24	20	24	25	23	20	19	22.1	18.54
6	19	20	20	22	18	21	22	21	21	18	20.4	16.30
7	21	21	27	24	22	24	20	20	22	22	22.0	18.35
Ortalama												17.56

3.6.5. Yarmada çekme (Brezilya) testi

Bu deney ile köfke taşının tek eksenli çekme dayanımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 15x15 cm küp numune temin edilmiştir. Elde edilen küp numunelerin boyutları laboratuvar ortamında 0.01 mm hassasiyetli elektronik kumpas ile ölçülmüş ve boyutları belirlenen numunelerin 0.5 kg hassasiyete sahip elektronik terazi ile kütleleri belirlenmiştir. Çizelge 3.12’de numunelerin boyutları, kırılma yükü ve yarmada çekme mukavemeti hakkında bilgi verilmektedir. Yarmada çekme dayanımı (F_{ct}) Denklem (3.5) aracılığıyla elde edilmiştir (Ercan, 2010).

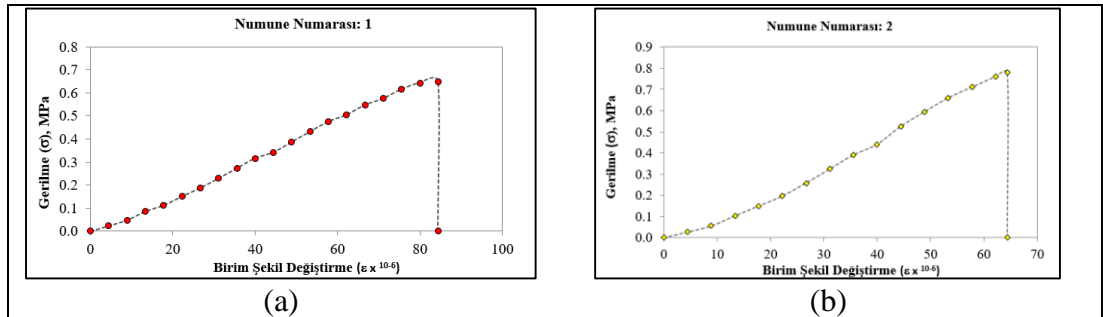
$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times D} \quad (3.5)$$

Denklem (3.4)'de kırılmaya neden olan maksimum yük F (N), numunenin yüksekliği L (mm), numunenin genişliğini D (mm) ve yarmada çekme mukavemeti F_{ct} (MPa) ile ifade etmektedir. Çizelge 3.9'da numunelerin kuru kütlelerini M_{dry} (kg), hacmini V (cm³) ve kuru net yoğunluğunu ρ_n (kg/m³) ifade etmektedir.

Çizelge 3.12. Yarmada çekme dayanımı

Yarmada Çekme Dayanımı (TS EN 12390-6, (2010))														
Numune No	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_{ort} (mm)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_{ort} (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_{ort} (mm)	M_{dry} (kg)	V (cm ³)	ρ_n (kg/m ³)	F (N)	f_{ct} (MPa)
1	149.89	150.05	149.97	150.1	149.98	150.04	150.12	150.02	150.07	4 541	3 377	1 345	22 909	0.65
2	150.01	149.92	149.96	159.97	150.04	150.01	149.96	150.8	150.02	4 626	3 375	1 371	27 509	0.78
Ortalama												1 358		0.71

Bu deney ile birlikte yığma yapı malzemesinin birim şekil değiştirme - gerilme grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen grafikler Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Birim şekil değiştirme – gerilme grafikleri

3.7. Isparta Tescilli Taş Bina Sonlu Eleman Modelinin Analizi

Çalışmanın bu bölümünde Isparta Tescilli Taş Bina yapı malzemesinin parametreleri deneysel yöntem ile belirlenerek SAP2000 sonlu elemanlar programına tanımlanmıştır ve sonrasında ise yapının modal analizi yapılmıştır.

3.7.1. Modal analiz

Modal analiz yöntemi ile Tescilli Taş Binanın serbest titreşim periyotlarının ve mod şekillerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla SAP2000 programı aracılığıyla modellenen söz konusu yapının sonlu eleman modeli için modal analiz gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde bir dönme ve iki ötelenme davranışıyla analiz gerçekleştirilmektedir (Dabanlı, 2008; Yıldırım, 2021).

3.7.2. Zaman tanım alanında dinamik analiz

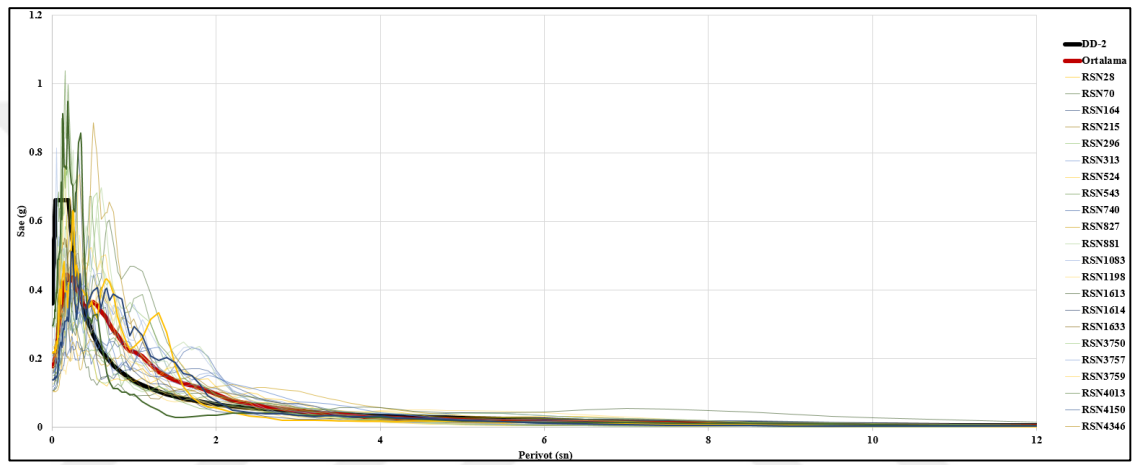
Zaman tanım alanında analiz ile yapının sismik davranışının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yöntemde hem gerçek deprem ivme kayıtları kullanılarak hemde yapay kayıtların oluşturulmasıyla analiz gerçekleştirilebilmektedir. Yapay ivme kayıtları yerine gerçek ivme kayıtlarının tercih edilmesi analiz sonuçlarının güvenilirliğini arttırmaktadır (Yıldırım, 2021). Çalışmanın bu bölümünde Isparta Tescilli Taş Binanın bulunduğu bölge dikkate alınmış ve modele uygulanacak elastik tasarım ivme spektrumu Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre belirlenmiştir. Analizler için deprem seviyesi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olarak belirtilen Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) dikkate alınmış ve AFAD resmi internet sayfasından alınan bilgilere göre DD-2 deprem düzeyi için $S_S = 0.734$ ve $S_1 = 0.169$ değerleri elde edilmiştir. Sonrasında ise AFAD resmi internet sayfasından elde edilen parametreler kullanılarak Pasific Eartquake Engineering Research Center (PEER) internet sayfasından 30 adet depreme ait 90 adet deprem kaydı elde edilmiştir. Bu ivme kayıtları yapının zaman tanım alanında dinamik analizinde kullanılmak üzere programa tanımlanmıştır. Kullanılan deprem kayıtlarının isimleri ve özellikleri Çizelge 3.13'te gösterilmektedir. Yapısal analizler için kullanılan depremlere ait tasarım ivme spektrumları ve ortalamaları Şekil 3.19'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.13. Deprem kayıtları

Deprem Kayıt Numarası	Deprem Kodu	Deprem Adı	Yıl	İstasyon Adı	Büyüklik	Fay Türü	Uzaklık (km)
1	RSN28	"Parkfield"	1966	"Cholame - Shandon Array #12"	6.19	Doğrultu Atımlı	17.64
2	RSN70	"San Fernando"	1971	"Lake Hughes #1"	6.61	Ters Atımlı	22.23
3	RSN164	"Imperial Valley-06"	1979	"Cerro Prieto"	6.53	Doğrultu Atımlı	15.19
4	RSN215	"Livermore-01"	1980	"San Ramon Fire Station"	5.80	Doğrultu Atımlı	15.84
5	RSN296	"Irpinia_ Italy-02"	1980	"Bagnoli Irpinio"	6.20	Normal	17.79
6	RSN313	"Corinth_ Greece"	1981	"Corinth"	6.60	Normal	10.27
7	RSN524	"N. Palm Springs"	1986	"Joshua Tree"	6.06	Ters Atımlı	23.2
8	RSN543	"Chalfant Valley-01"	1986	"Benton"	5.77	Doğrultu Atımlı	24.25
9	RSN740	"Loma Prieta"	1989	"Anderson Dam (L Abut)"	6.93	Ters Atımlı	19.9
10	RSN827	"Cape Mendocino"	1992	"Fortuna - Fortuna Blvd"	7.01	Ters Atımlı	15.97
11	RSN881	"Landers"	1992	"Morongo Valley Fire Station"	7.28	Doğrultu Atımlı	17.36
12	RSN1083	"Northridge-01"	1994	"Sunland - Mt Gleason Ave"	6.69	Ters Atımlı	12.38
13	RSN1198	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"CHY029"	7.62	Ters Atımlı	10.96
14	RSN1613	"Duzce_ Turkey"	1999	"Lamont 1060"	7.14	Doğrultu Atımlı	25.78
15	RSN1614	"Duzce_ Turkey"	1999	"Lamont 1061"	7.14	Doğrultu Atımlı	11.46
16	RSN1633	"Manjil_ Iran"	1990	"Abbar"	7.37	Doğrultu Atımlı	12.55
17	RSN3750	"Cape Mendocino"	1992	"Loleta Fire Station"	7.01	Ters Atımlı	23.46
18	RSN3757	"Landers"	1992	"North Palm Springs Fire Sta #36"	7.28	Doğrultu Atımlı	26.95
19	RSN3759	"Landers"	1992	"Whitewater Trout Farm"	7.28	Doğrultu Atımlı	27.05
20	RSN4013	"San Simeon_ CA"	2003	"San Antonio Dam - Toe"	6.52	Ters Atımlı	16.17
21	RSN4150	"Parkfield-02_ CA"	2004	"COALINGA - PRIEST VALLEY"	6.00	Doğrultu Atımlı	21.88
22	RSN4346	"Umbria Marche_ Italy"	1997	"Bevagna"	6.00	Normal	18.86
23	RSN4410	"Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy"	1998	"Gubbio-Piana"	5.10	Normal	18.3
24	RSN4554	"L'Aquila (aftershock 2)_ Italy"	2009	"L'Aquila - Parking"	5.40	Normal	13.99

Çizelge 3.13. Deprem Kayıtları (Devam)

25	RSN4841	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"Joetsu Yasuzukaku Yasuzuka"	6.80	Ters Atımlı	20.65
26	RSN4882	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"Ojiya City"	6.80	Ters Atımlı	15.89
27	RSN5806	"Iwate_ Japan"	2008	"Yuzawa Town"	6.90	Ters Atımlı	22.41
28	RSN6875	"Joshua Tree_ CA "	1992	"Morongo Valley Fire Station"	6.10	Doğrultu Atımlı	21.73
29	RSN6915	"Darfield_ New Zealand"	2010	"Heathcote Valley Primary School "	7.00	Doğrultu Atımlı	24.36
30	RSN6971	"Darfield_ New Zealand"	2010	"SPFS"	7.00	Doğrultu Atımlı	29.86



Şekil 3.18. Tescilli Taş Bina için yapılan deprem analizlerinde kullanılan DD-2 tasarım ivme spektrumu ile her bir depreme ait spektrumlar ve bu spektrumların ortalamaları

4. BULGULAR

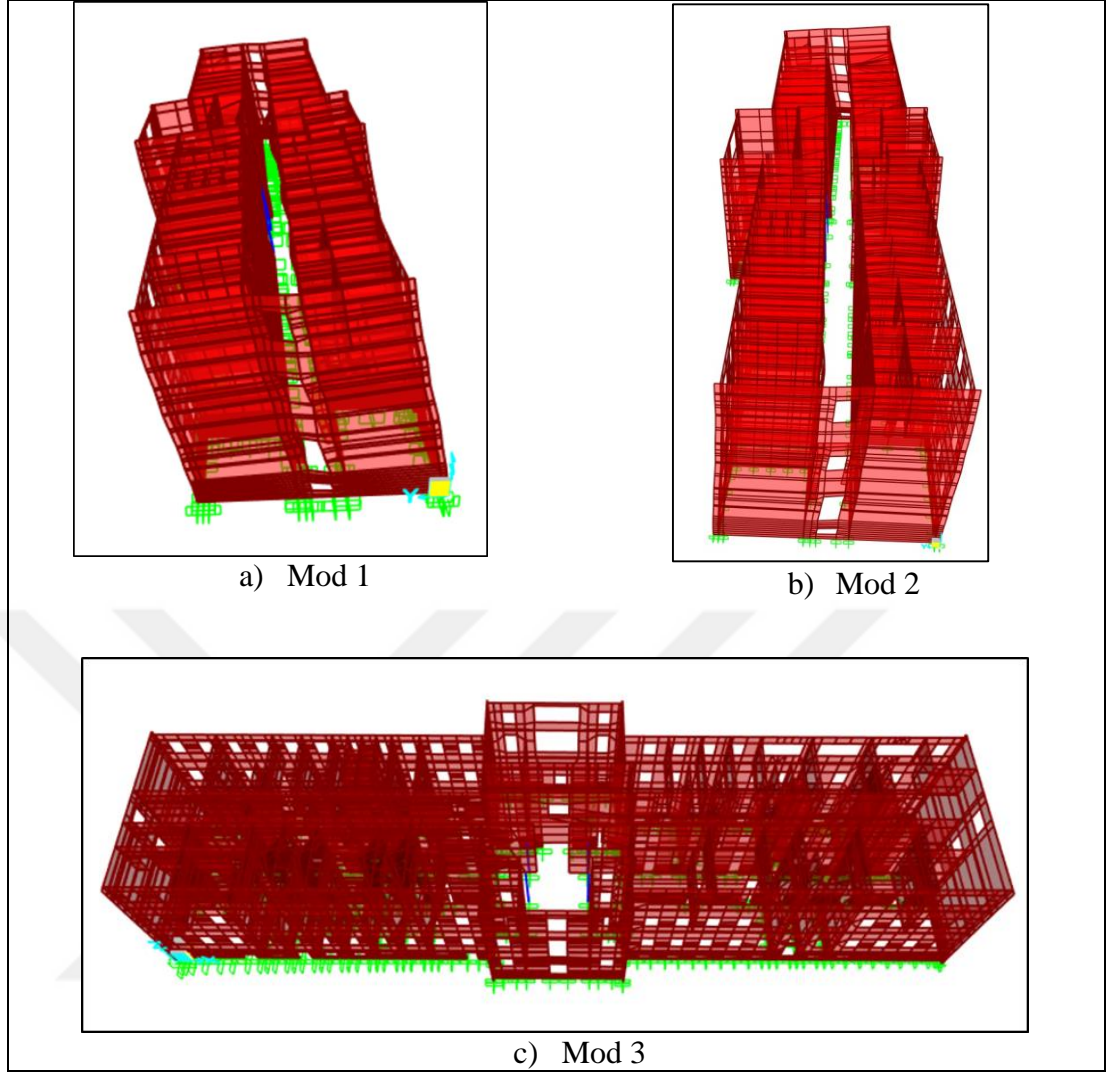
4.1. Isparta Tescilli Taş Binanın Modal Analiz Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde Tescilli Taş Bina sonlu eleman modelinin modal analizi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.1’de mod değerleri için elde edilen periyot değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Tescilli Taş Bina periyot değerleri

Mod	Periyot	Mod	Periyot
1	0.097520	26	0.052649
2	0.082076	27	0.051345
3	0.074813	28	0.050910
4	0.073706	29	0.047759
5	0.073412	30	0.046659
6	0.071789	31	0.046593
7	0.071679	32	0.046573
8	0.071387	33	0.045741
9	0.070751	34	0.044218
10	0.070602	35	0.043319
11	0.070547	36	0.040849
12	0.069676	37	0.040813
13	0.069140	38	0.040516
14	0.065463	39	0.038809
15	0.065331	40	0.038252
16	0.062125	41	0.038013
17	0.061804	42	0.037357
18	0.061050	43	0.037140
19	0.060970	44	0.037090
20	0.060716	45	0.036959
21	0.060530	46	0.036888
22	0.058423	47	0.036548
23	0.058373	48	0.036472
24	0.058258	49	0.036429
25	0.052709	50	0.036397

Modal analiz sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde 1. moda karşılık gelen periyot değeri 0.097520 s, 2. Moda karşılık gelen periyot değeri 0.082076 ve 3. Moda karşılık gelen periyot değeri 0.074813 olarak belirlenmiştir. Şekil 4.1’de Isparta Tescilli Taş Binanın 1., 2. ve 3. mod şekilleri gösterilmektedir.

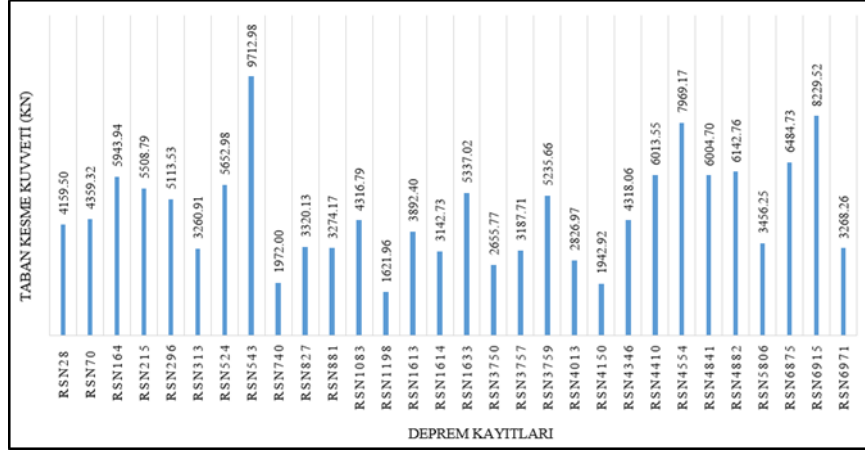


Şekil 4.1. Isparta Tescilli Taş Bina modları

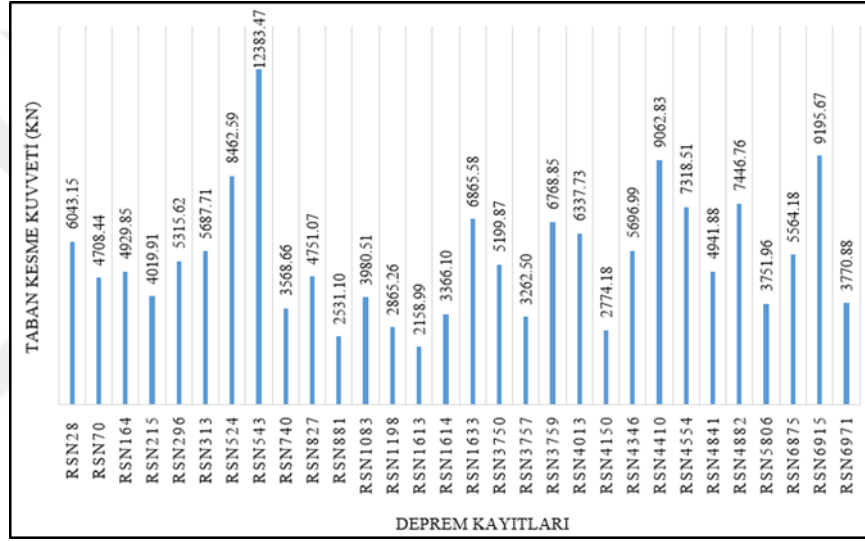
4.2. Isparta Tescilli Taş Binanın Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Sonuçları

4.2.1. Taban kesme kuvvetlerinin belirlenmesi

Tez çalışmasının bu bölümünde zaman tanım alanında yapılan dinamik analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deprem kayıtlarının X ve Y yönü taban kesme kuvveti değerleri Şekil 4.2’de verilmiştir.



a) X yönü



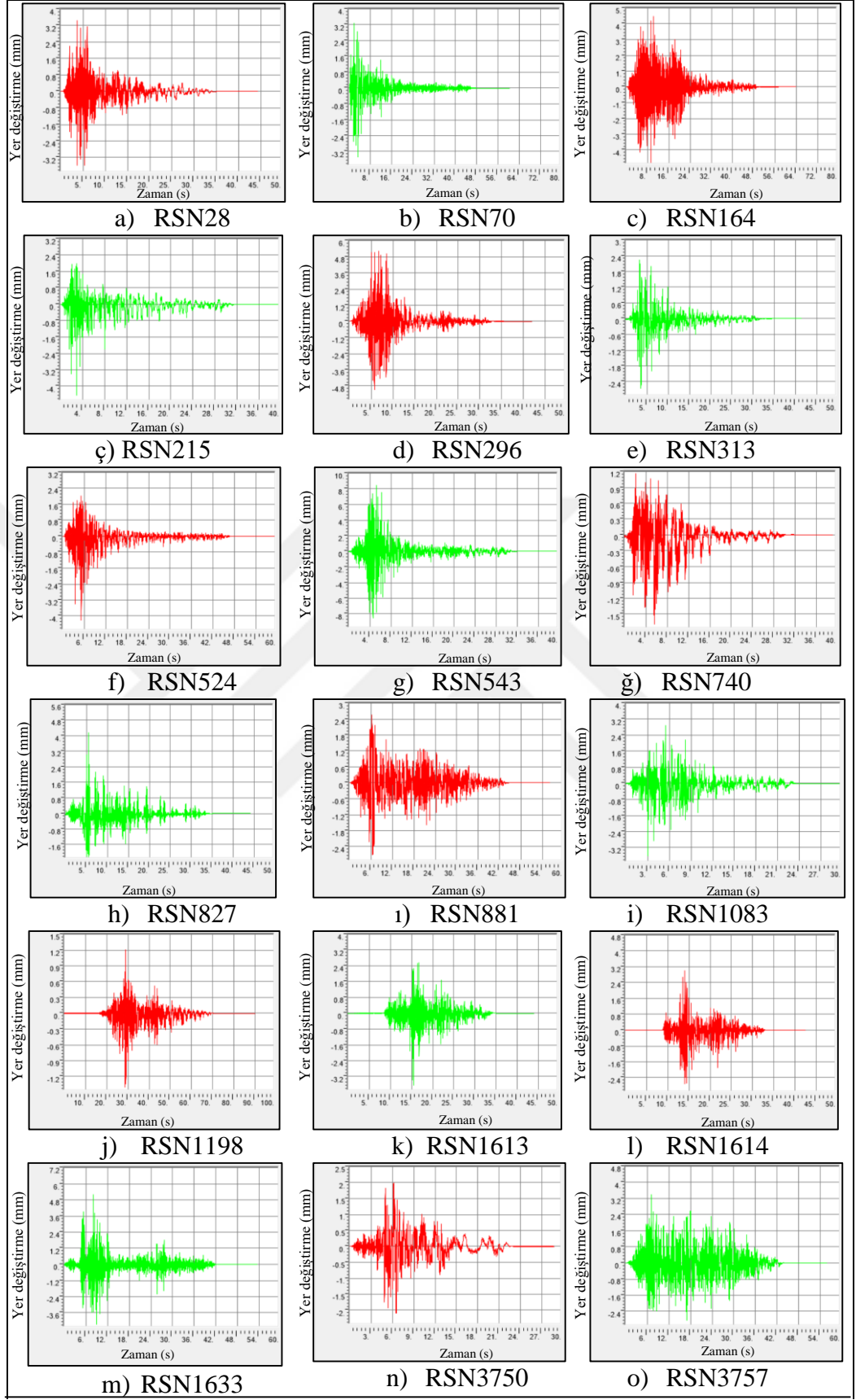
b) Y yönü

Şekil 4.2. Taban kesme kuvveti değerleri (kN)

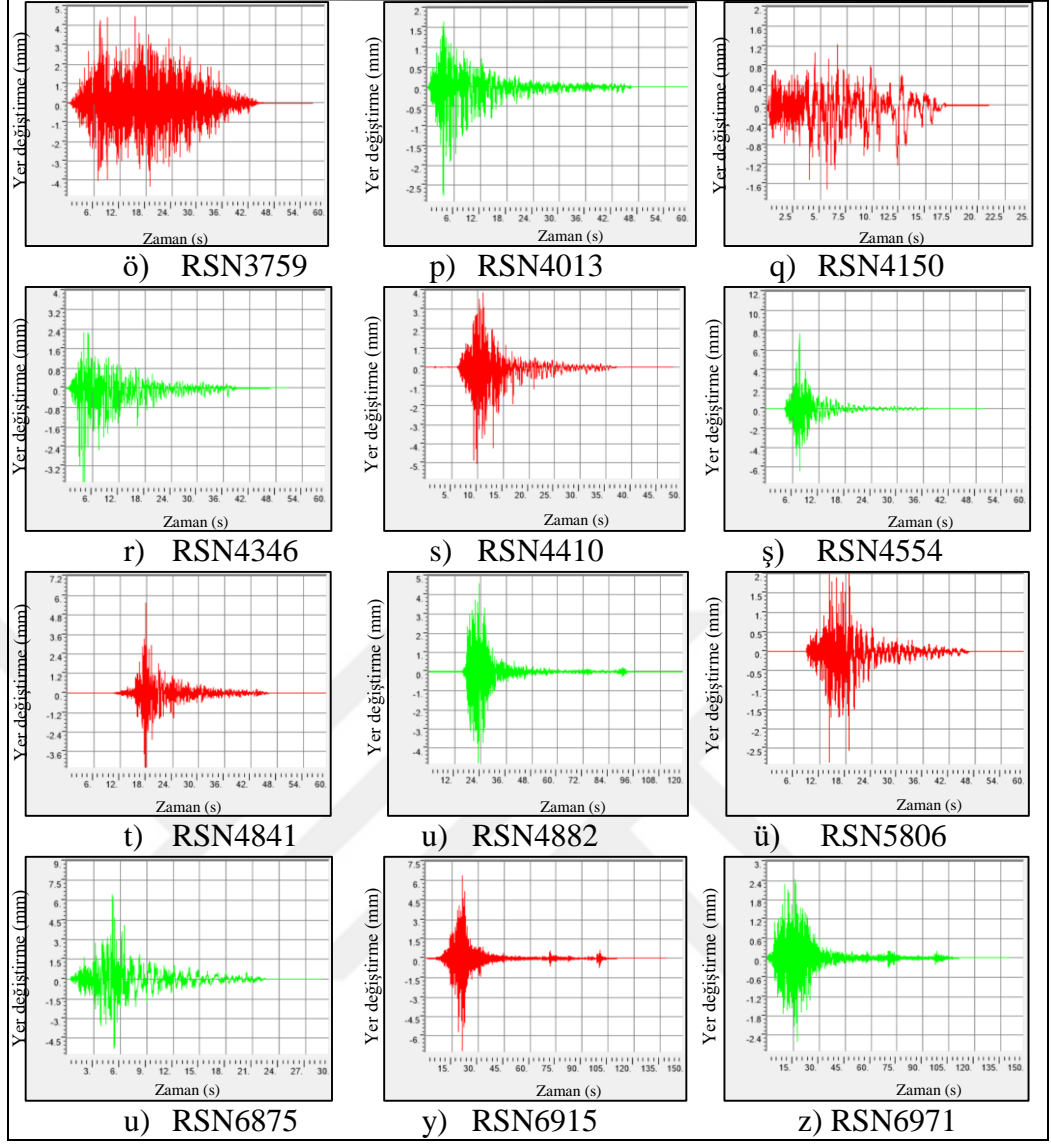
Analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre X yönünde 9712.978 kN ve Y yönünde 12383.47 kN olmak üzere en yüksek taban kesme kuvveti değeri RSN543 koduna sahip Chalfant Valley-01 depreminde meydana gelmiştir.

4.2.2. Yer değiştirme değerlerinin belirlenmesi

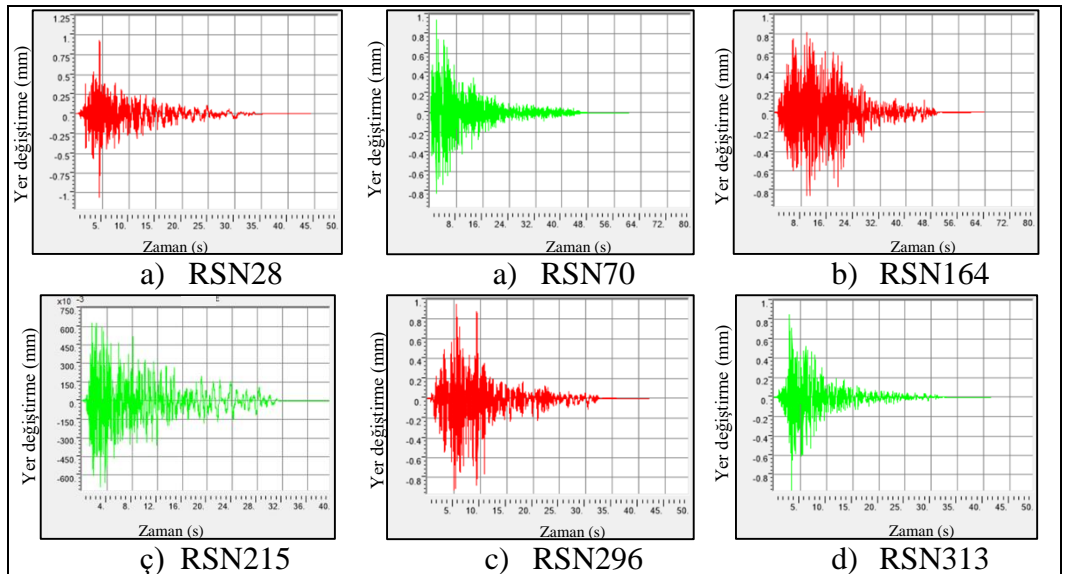
Bu kısımda yapı için zaman tanım analizler yapılmış her bir deprem kaydı için maksimum yer değiştirmenin meydana geldiği düğüm noktaları ve bu noktalarda meydana gelen yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. X ve Y yönü maksimum zamana bağlı yer değiştirme grafikleri Şekil 4.3'te ve 4.4'te gösterilmiştir.



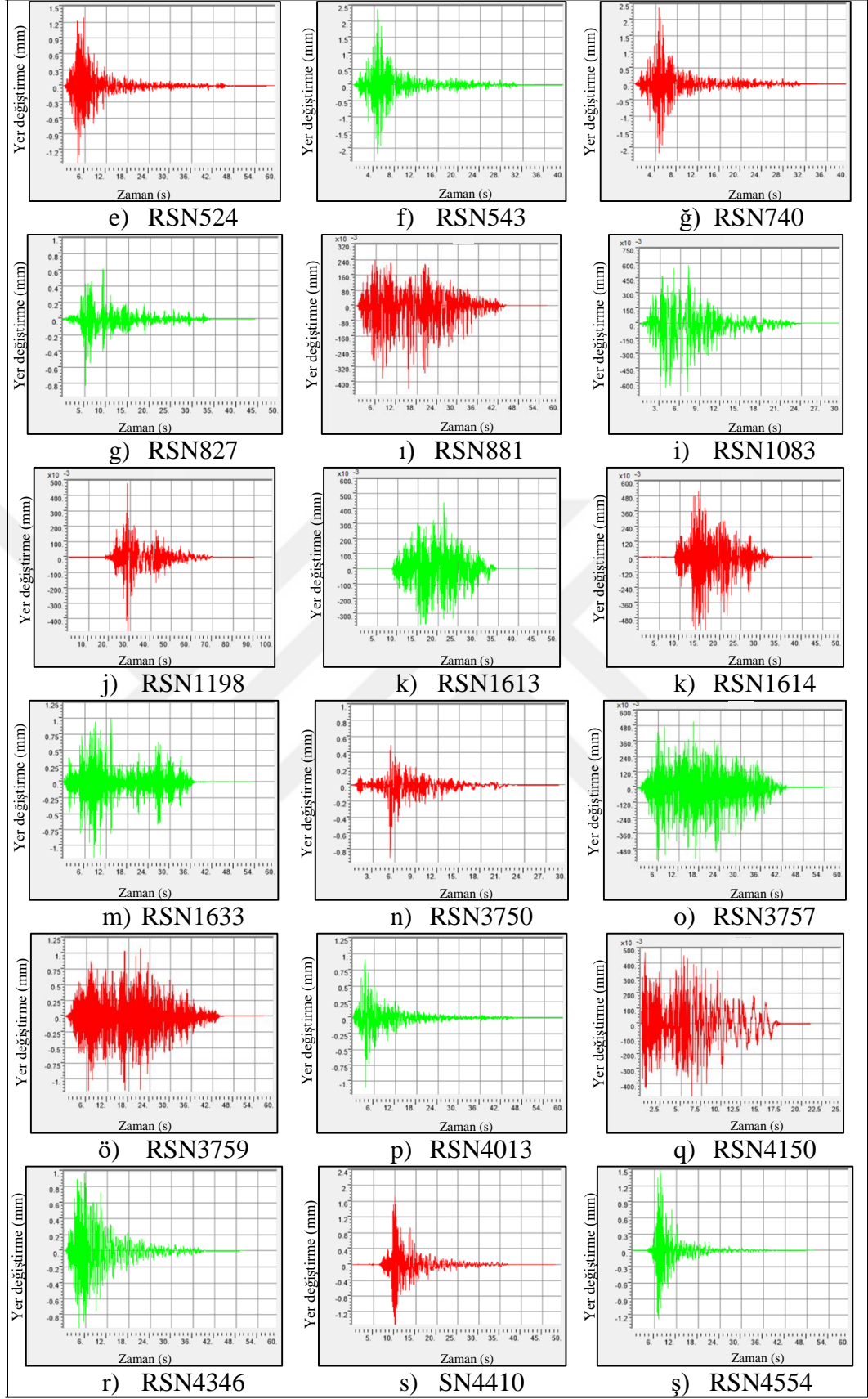
şekil 4.3. X ynu yer değiştirme-zaman grafiği



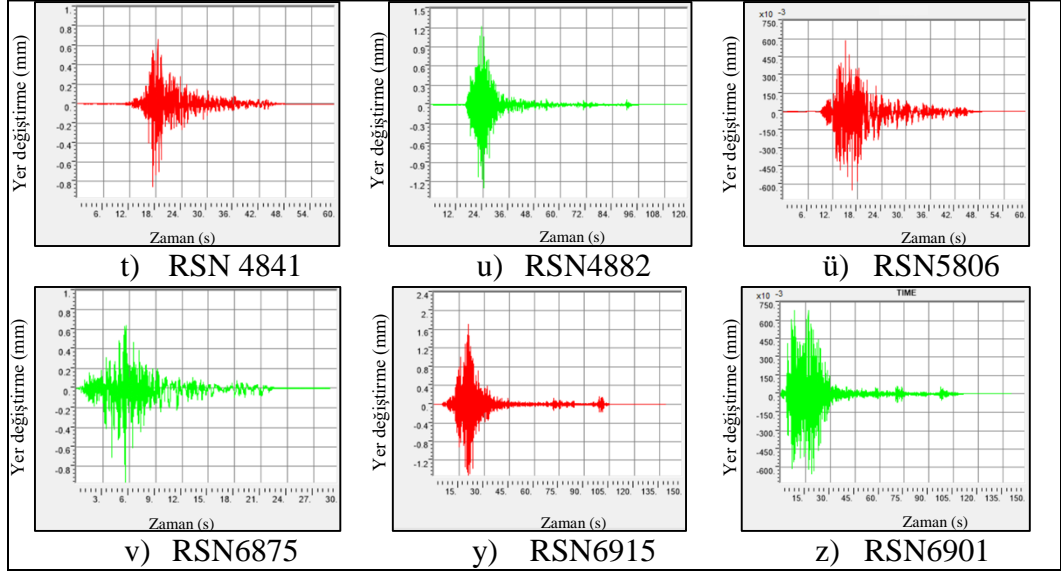
Şekil 4.3. X yönü yer değiştirme-zaman grafiği (Devam)



Şekil 4.4. Y yönü yer değiştirme-zaman grafiği

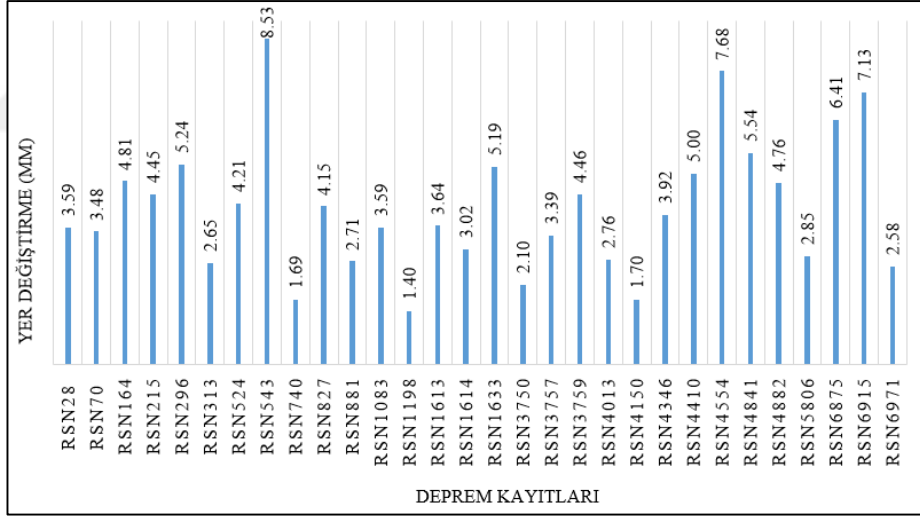


Şekil 4.4. Y yönü yer değiştirme-zaman grafiği (Devam)

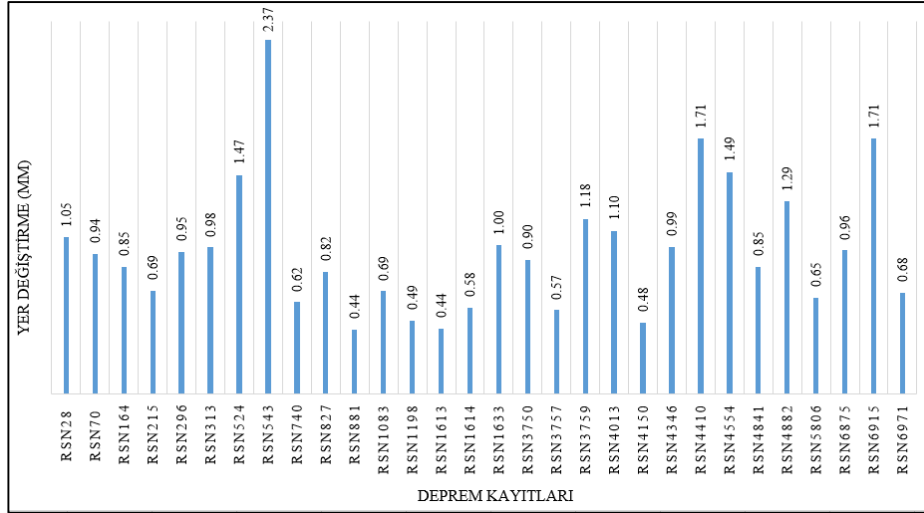


Şekil 4.4. Y yönü yer değiştirme-zaman grafiği (Devam)

Her bir deprem kaydından elde edilen X ve Y yönü maksimum yer değiştirme değerleri Şekil 4.5’de gösterilmektedir.



Şekil 4.5 X yönü maksimum yer değiştirme grafiği (mm)

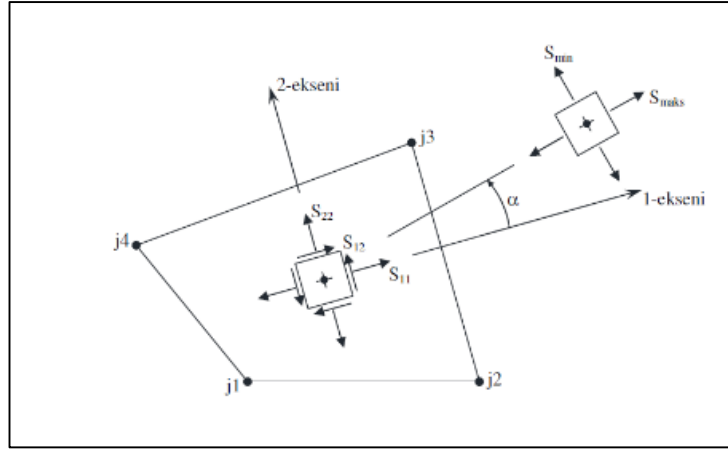


Şekil 4.6. Y yönü maksimum yer değiştirme grafiği (mm)

Elde edilen değerler ve grafikler incelendiğinde X doğrultusunda oluşan maksimum yer değiştirmenin Y doğrultusunda oluşan maksimum yer değiştirmeye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Her deprem kaydı için oluşan yer değiştirme değerleri incelendiğinde ise maksimum yer değiştirmenin hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda RSN543 koduna sahip Chalfant Valley-01 isimli deprem etkisinde olduğu belirlenmiştir. Chalfant Valley-01 deprem kaydının yapıya uygulanması sonucunda X yönünde 8.53 mm ve Y yönünde 2.37 mm yer değiştirme olduğu belirlenmiştir.

4.2.3. Gerilme değerlerinin belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde yapıya zaman tanım alanında analizler yapılmış, X ve Y yönünde oluşan gerilme değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle yapının sonlu eleman modeli için yön kabulleri yapılmıştır. Programa bağlı yön kabulü Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



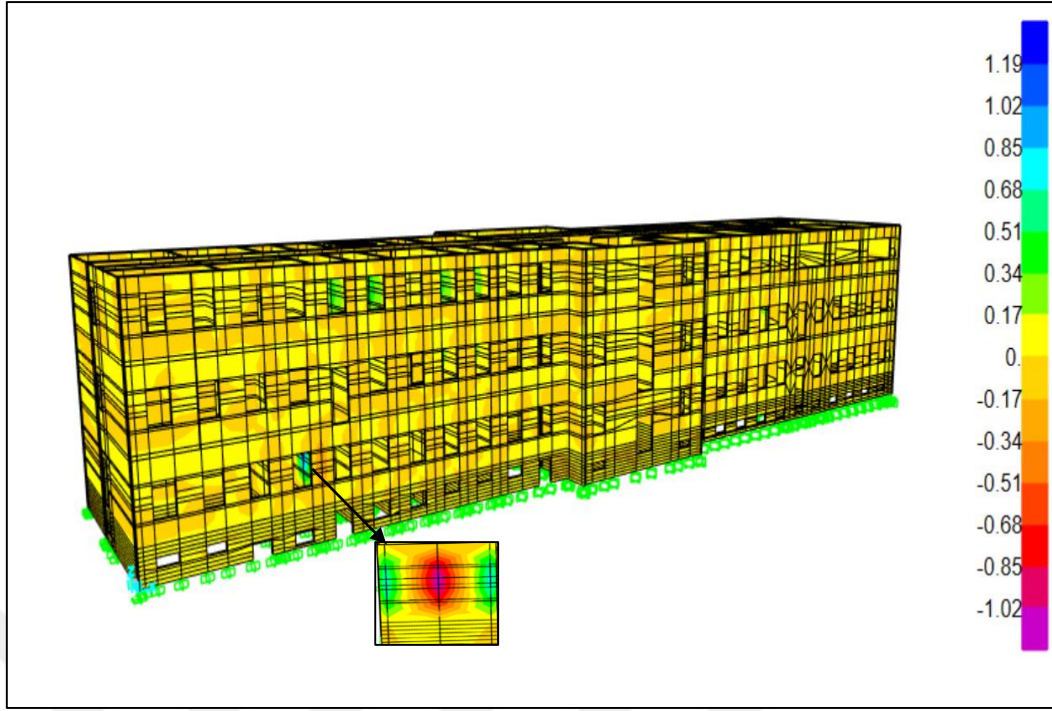
Şekil 4.7. Kabuk elemanda oluşan gerilmeler (Çoban, 2018)

Şekil 4.7'ye göre X yönündeki gerilme S_{11} , Y yönündeki gerilme S_{22} , Z yönündeki gerilme S_{33} ve X-Y düzlemindeki kayma gerilmeleri $S_{12} = S_{21}$ olarak ifade edilmektedir.

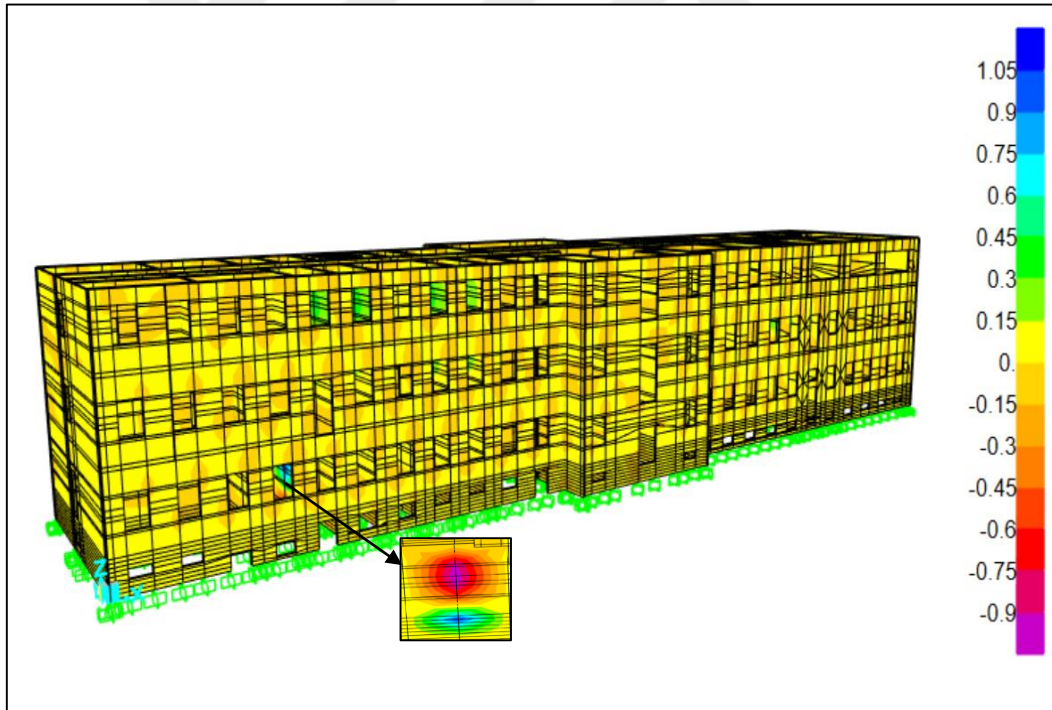
RSN28 koduna sahip 1 numaralı Parkfield deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.2'de verilmektedir. Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Parkfield depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm^2)

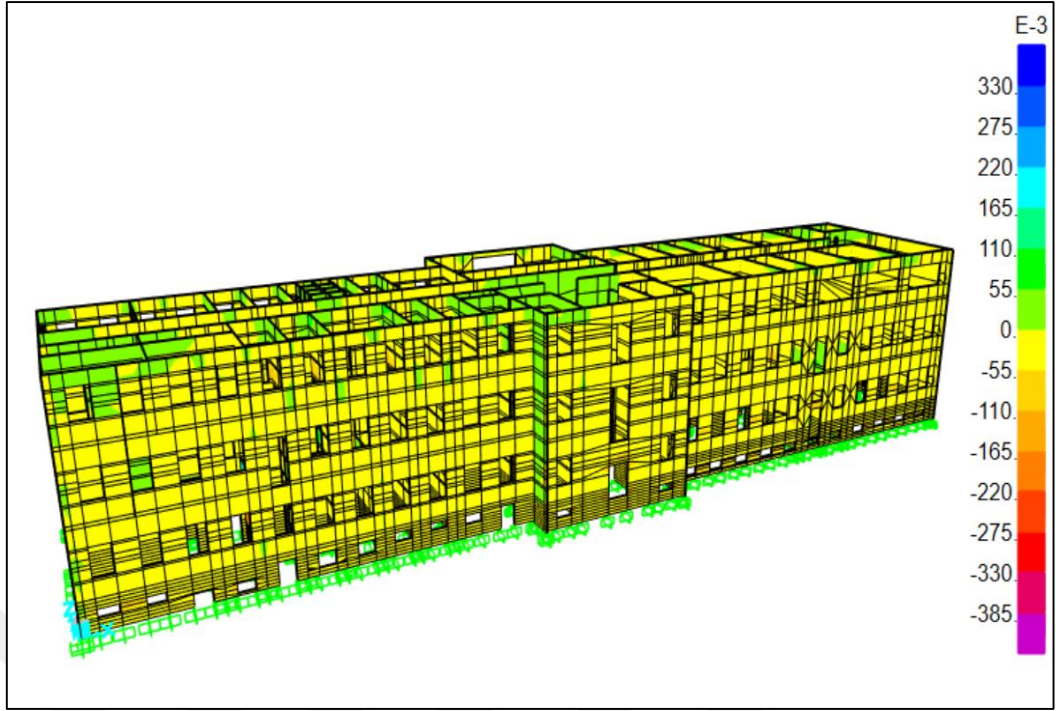
	S_{11} (N/mm^2)	S_{22} (N/mm^2)	S_{12} (N/mm^2)
Minimum	-1.124	-1.109	-0.412
Maksimum	1.176	1.082	0.425



4.8. Parkfield depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.9. Parkfield depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

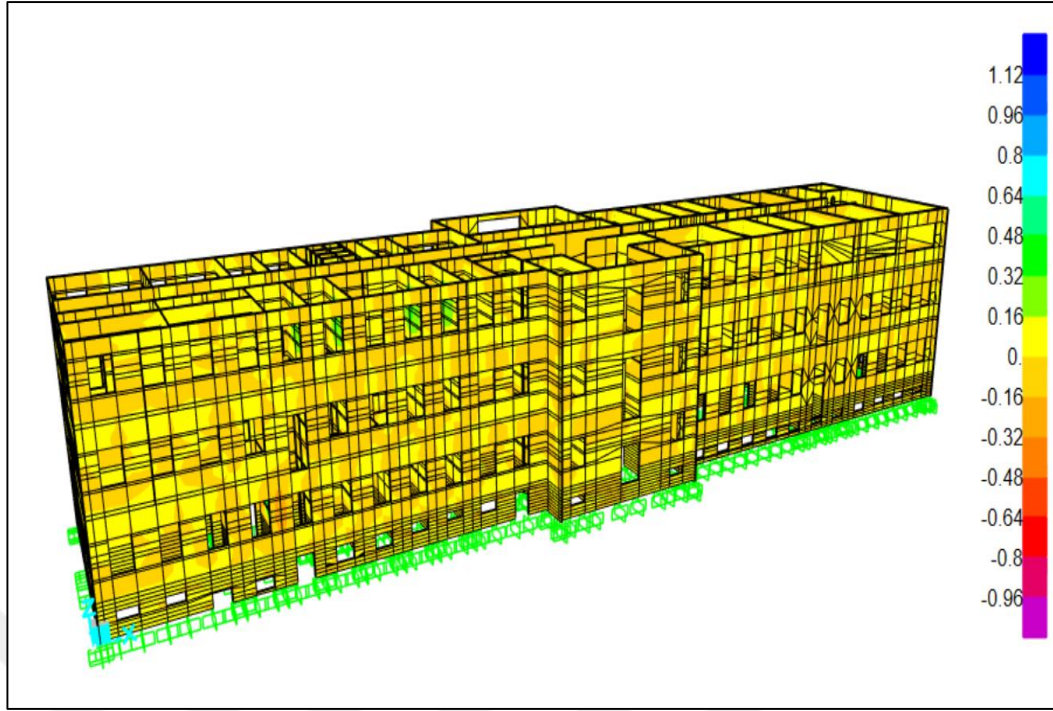


4.10. Parkfield depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

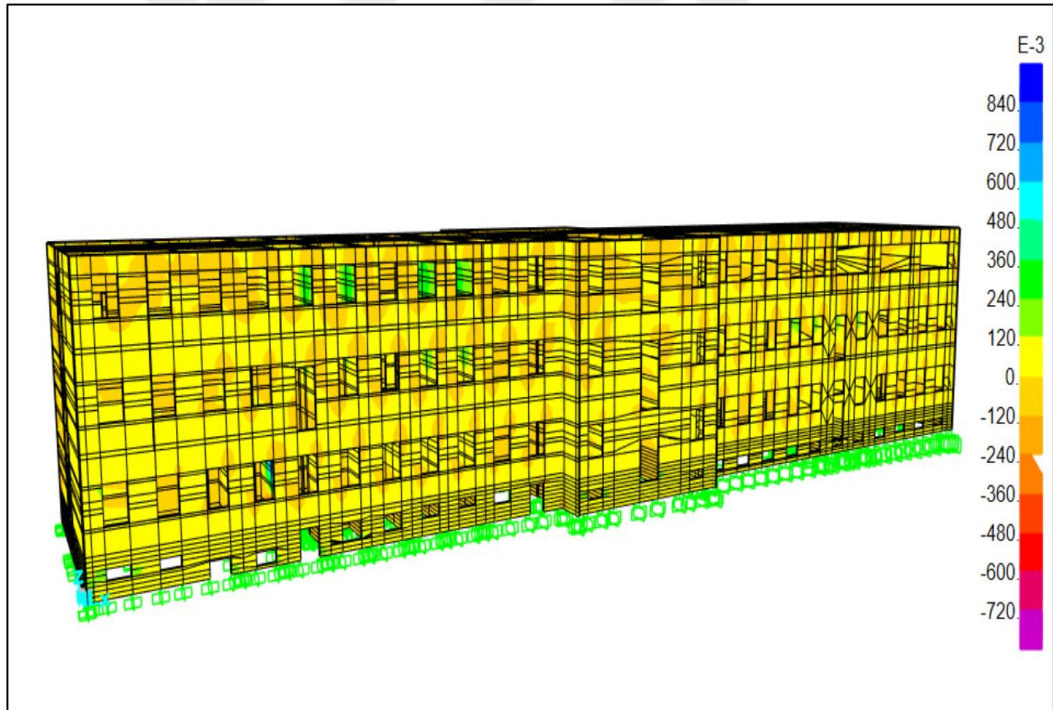
RSN70 koduna sahip 2 numaralı San Fernando deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.3'te verilmektedir. Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. San Fernando depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

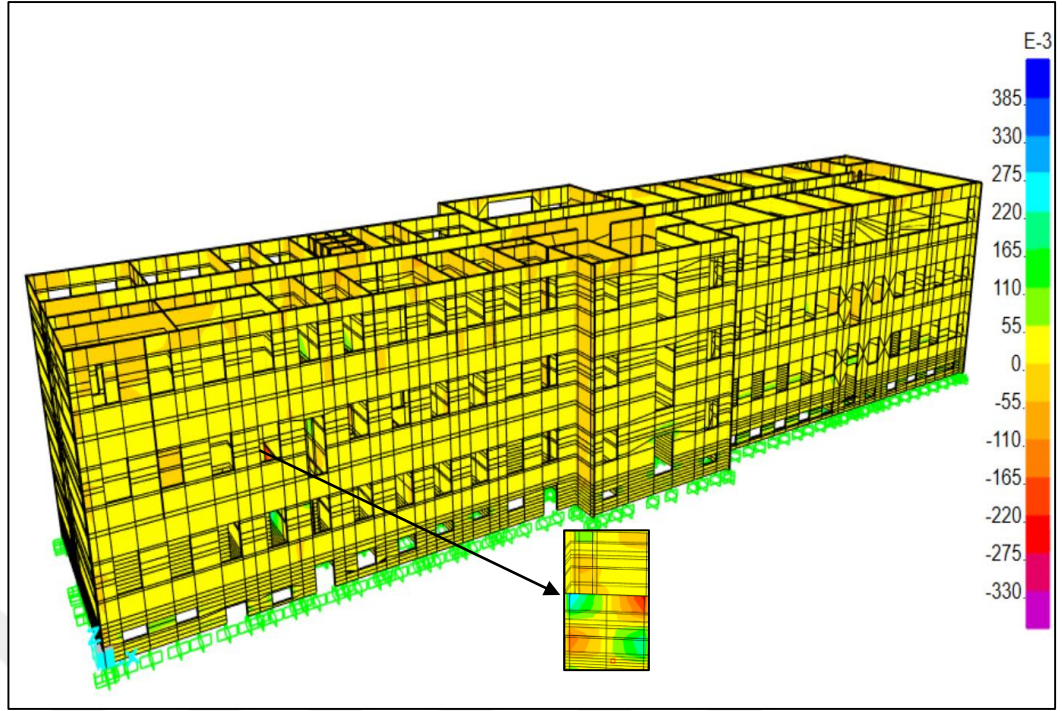
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.078	-1.070	-0.382
Maksimum	1.133	1.042	0.412



4.11. San Fernando depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.12. San Fernando depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

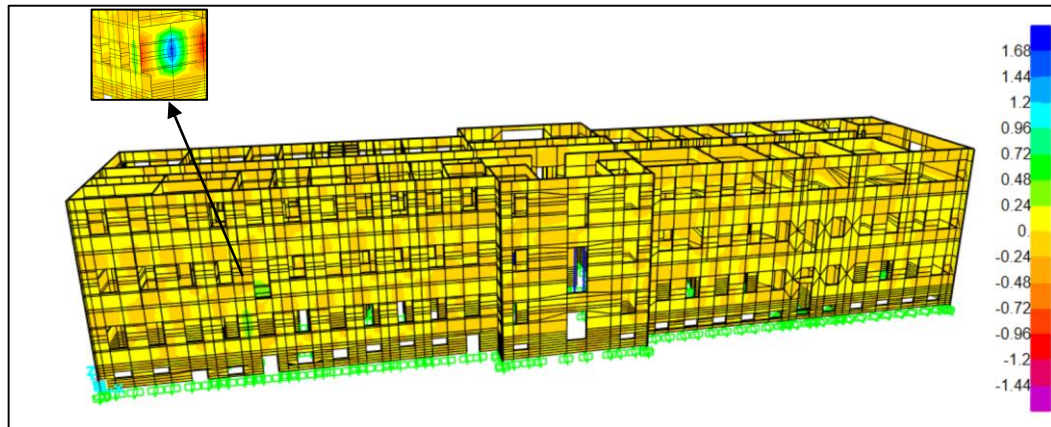


4.13. San Fernando depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

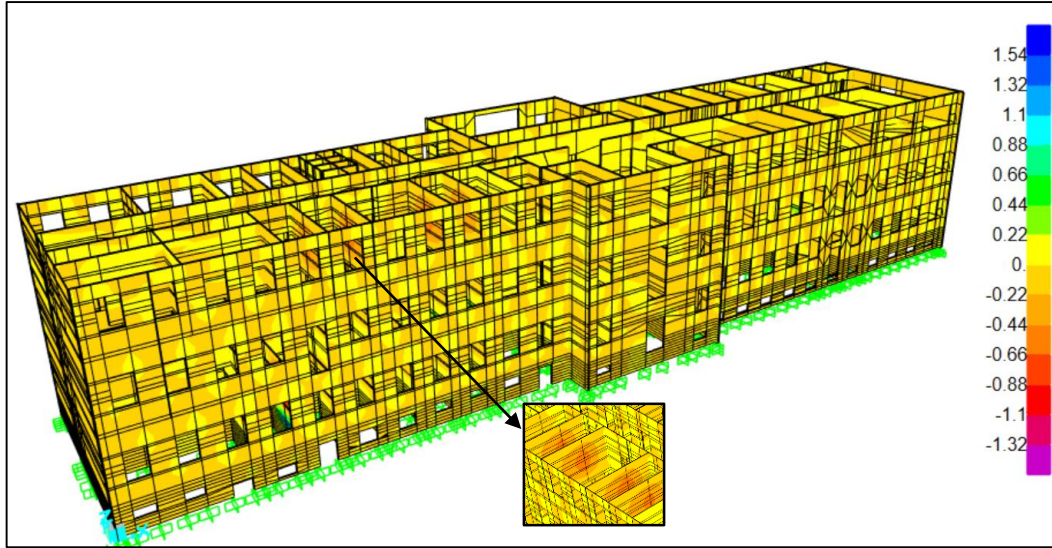
RSN164 koduna sahip 3 numaralı Imperial Valley-06 deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.4'te verilmektedir. Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

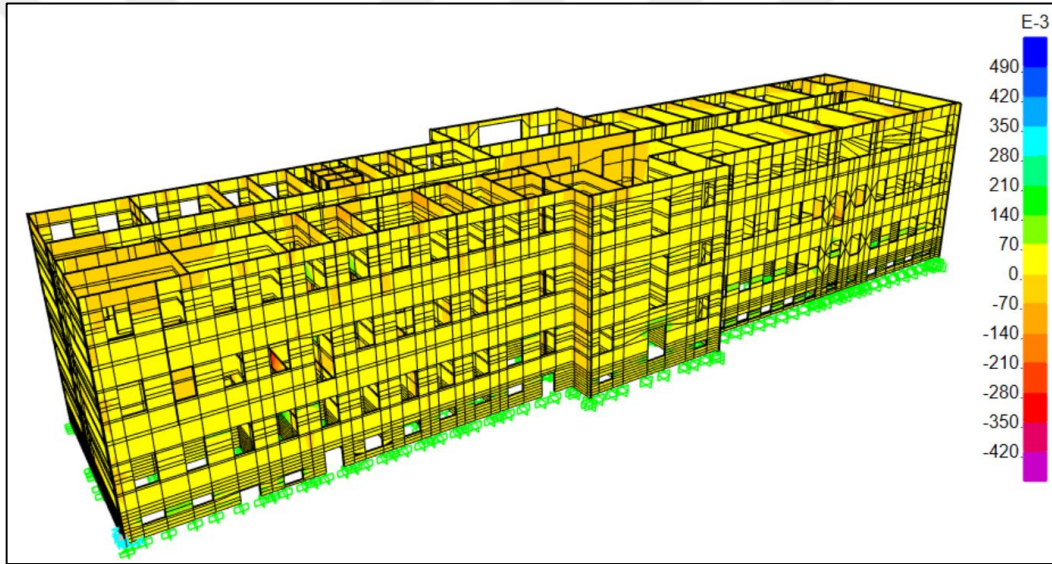
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.487	-1.483	-0.536
Maksimum	1.574	1.447	0.540



4.14. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.15. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

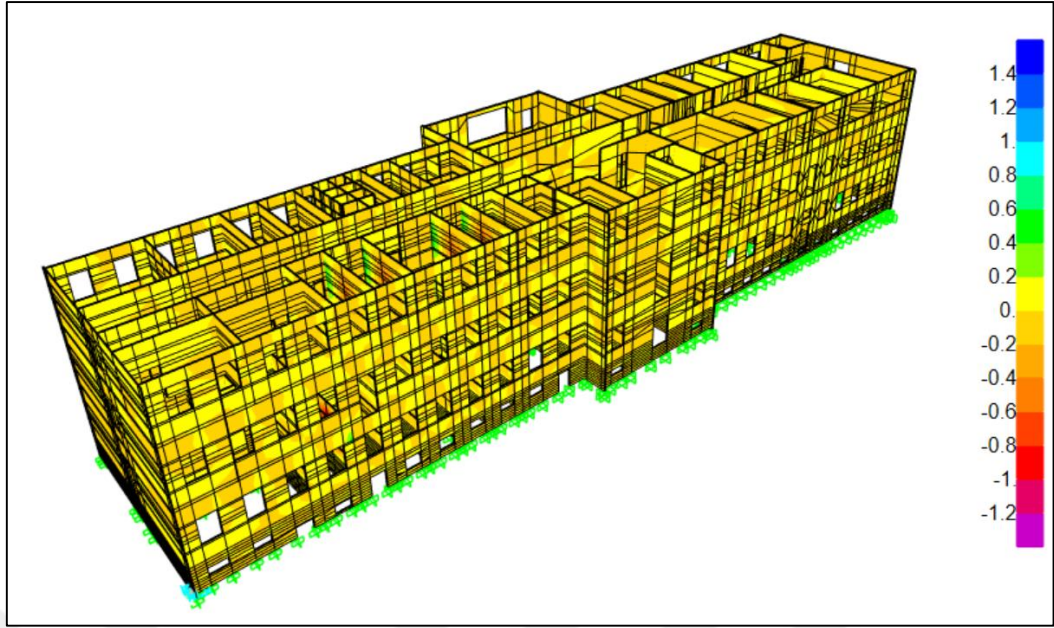


4.16. Imperial Valley-06 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

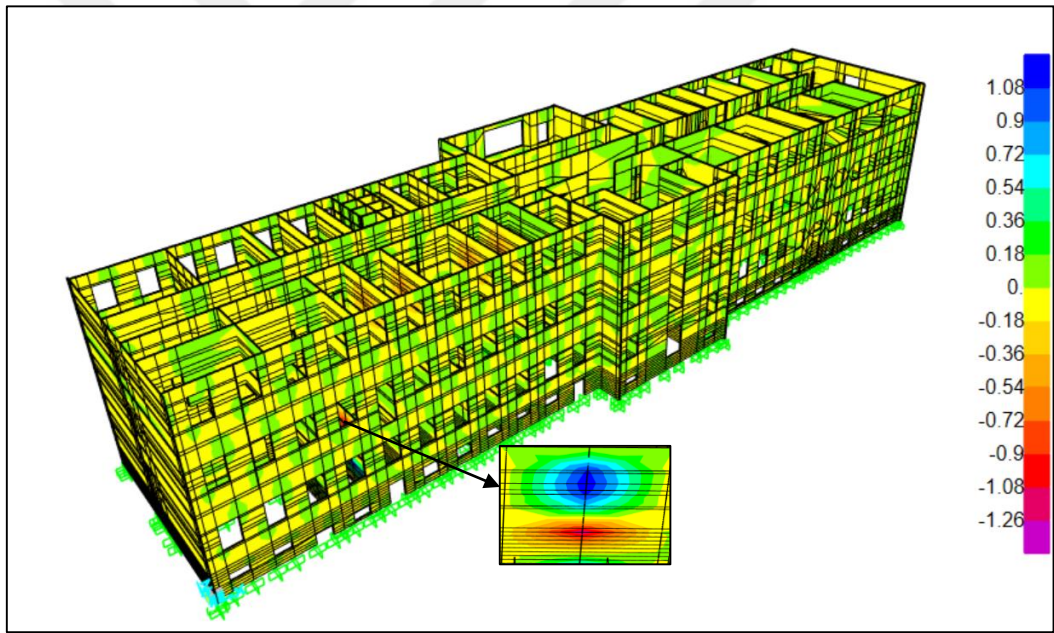
RSN215 koduna sahip 4 numaralı Livermore-01 deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.5'te verilmektedir. Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

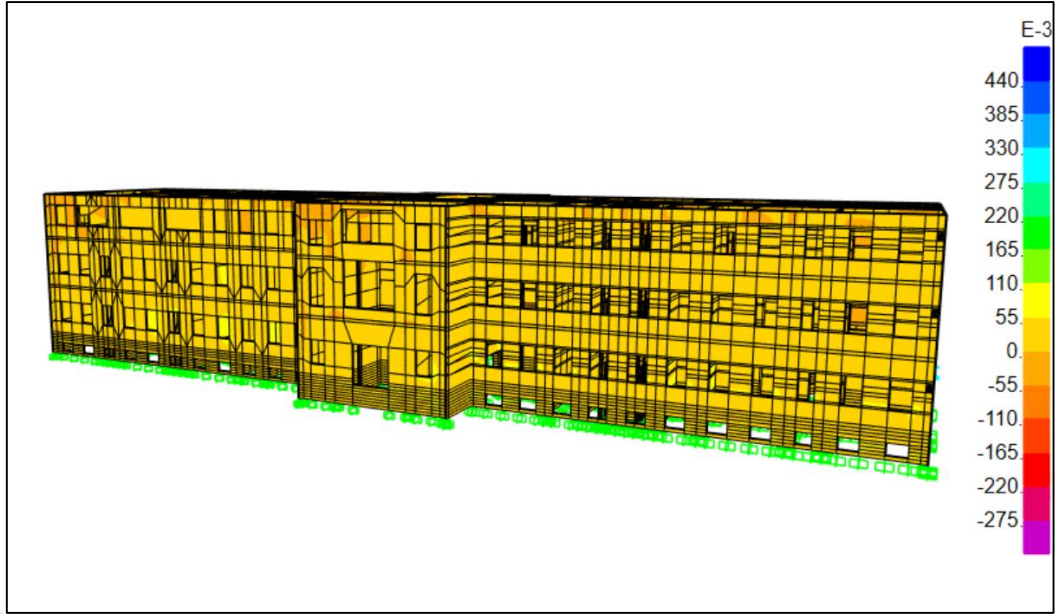
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.376	-1.367	-0.471
Maksimum	1.448	1.331	0.533



4.17. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.18. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

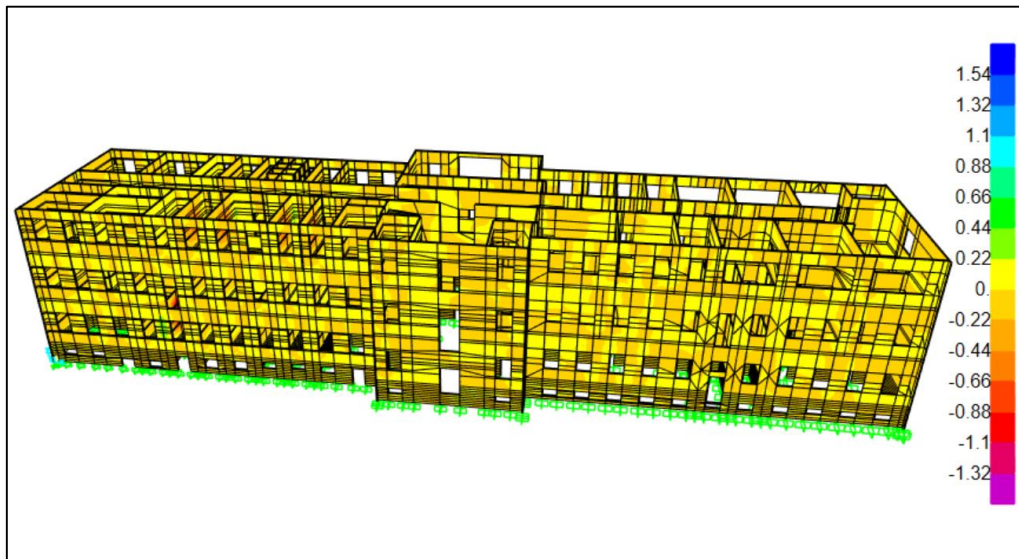


4.19. Livermore-01 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

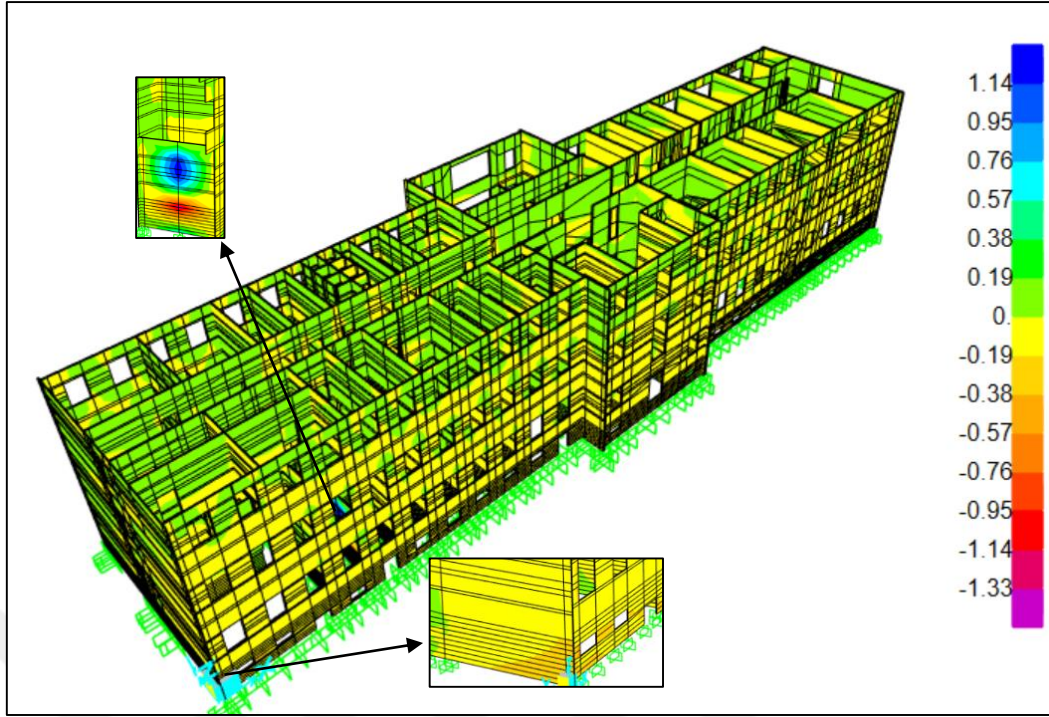
RSN296 koduna sahip 5 numaralı Irpinia_ Italy-02 deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.6’da verilmektedir. Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Irpinia_ Italy-02 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

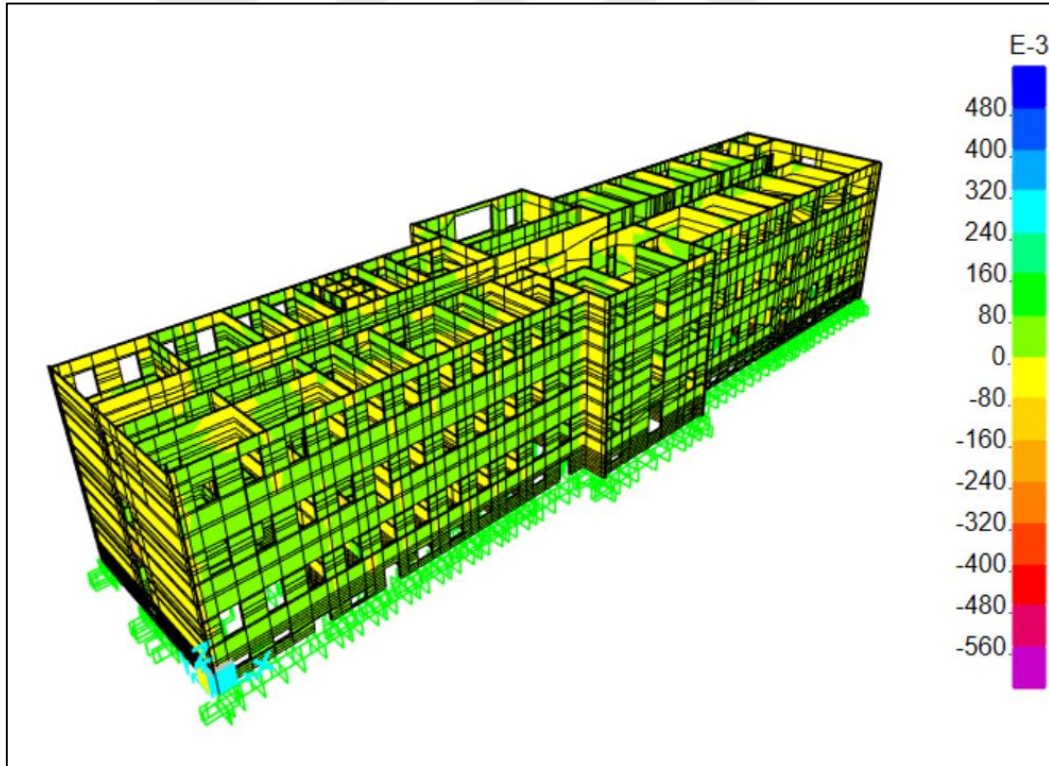
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.715	-1.574	-0.613
Maksimum	1.661	1.612	0.606



4.20. Irpinia_ Italy-02 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.21. Irpinia_ Italy-02 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

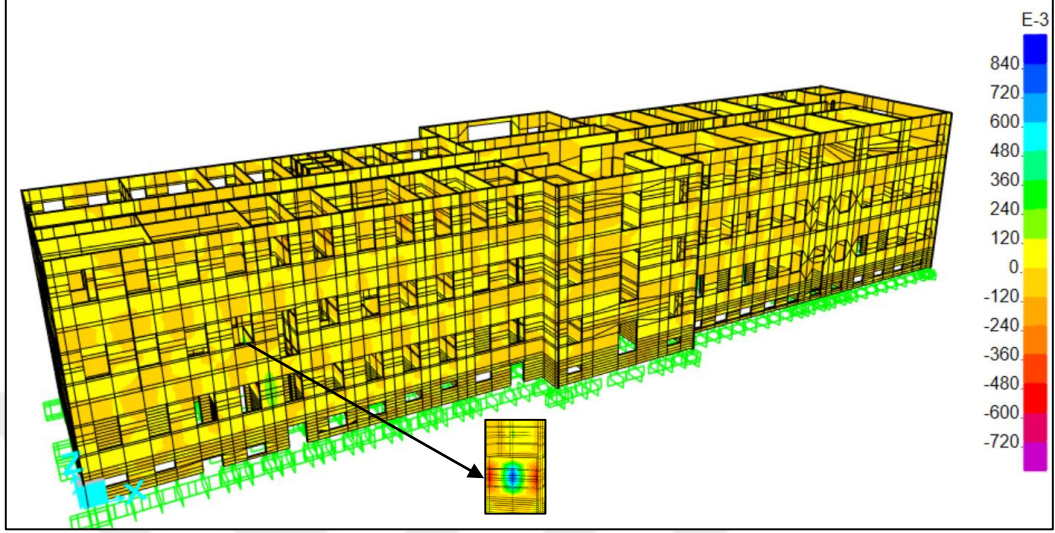


4.22. Irpinia_ Italy-02 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

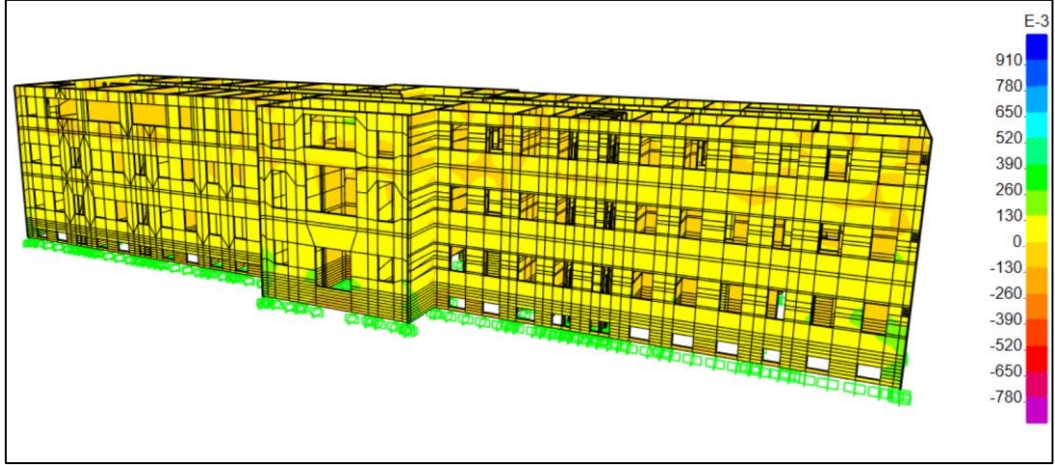
RSN313 koduna sahip 6 numaralı Corinth_ Greece deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.7’de verilmektedir. Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Corinth Greece depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

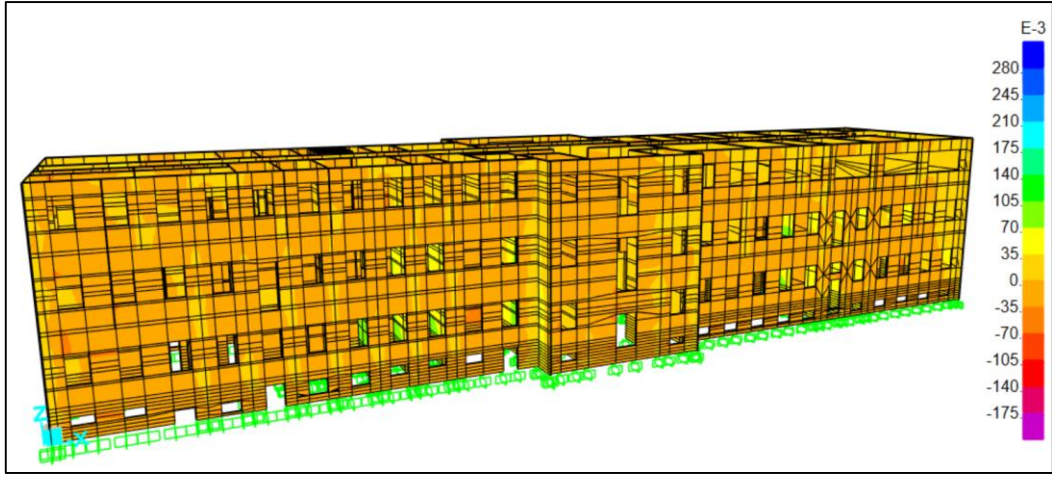
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.818	-0.872	-0.321
Maksimum	0.863	0.926	0.299



4.23. Corinth_Greece depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.24. Corinth_Greece depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

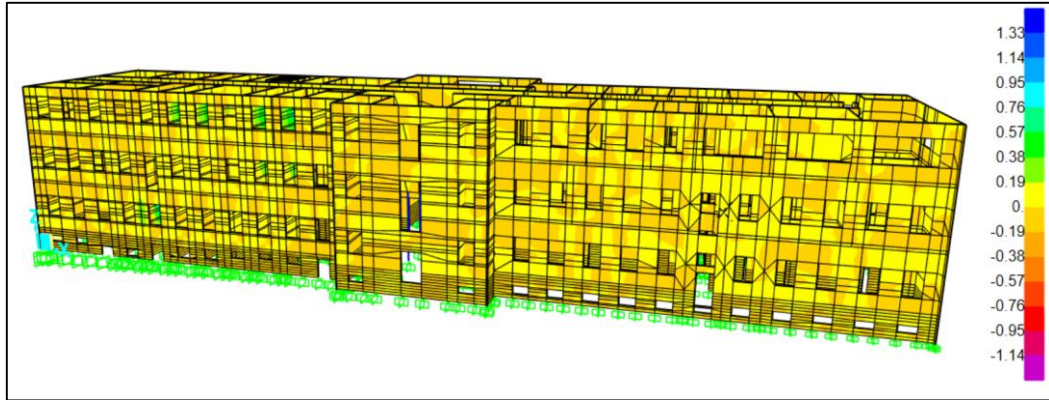


4.25. Corinth_Greece depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

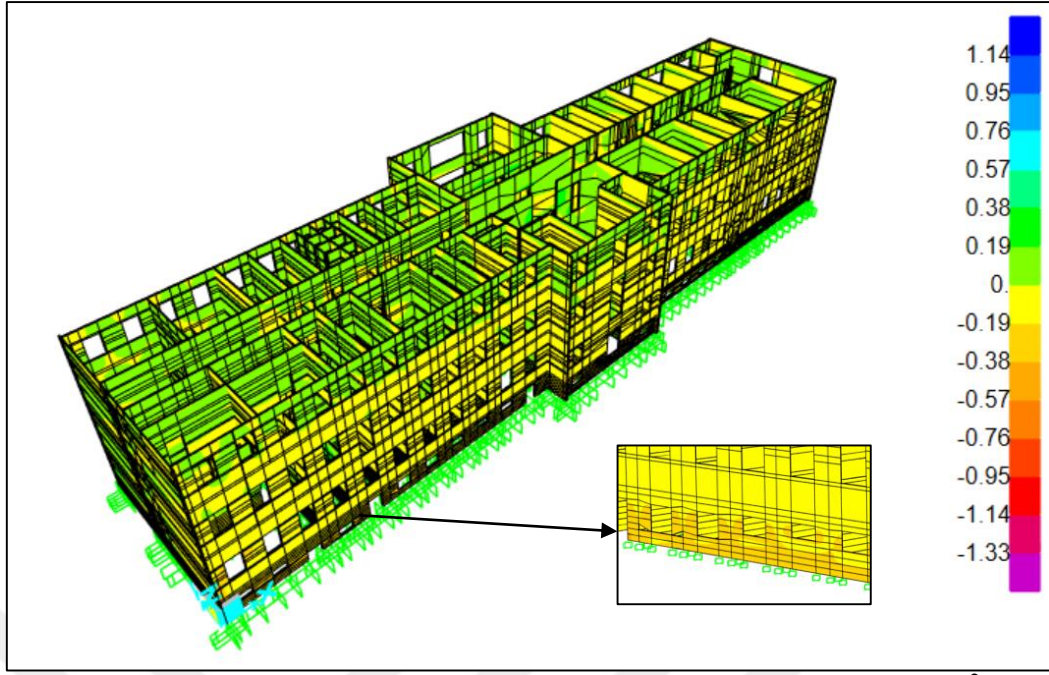
RSN524 koduna sahip 7 numaralı N. Palm Springs deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.8’de verilmektedir. Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

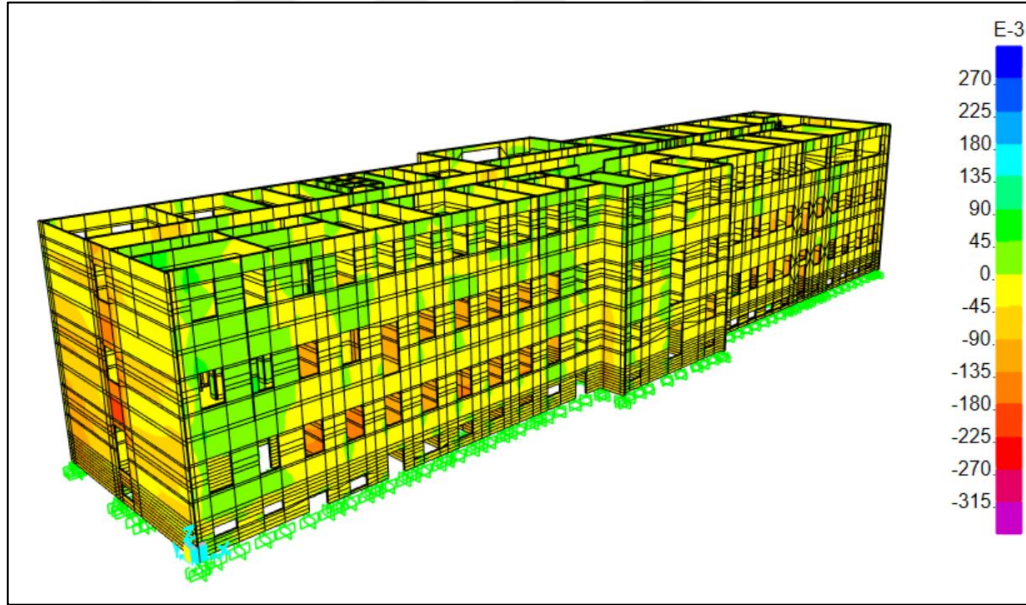
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.301	-1.386	-0.441
Maksimum	1.366	1.324	0.493



4.26. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.27. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

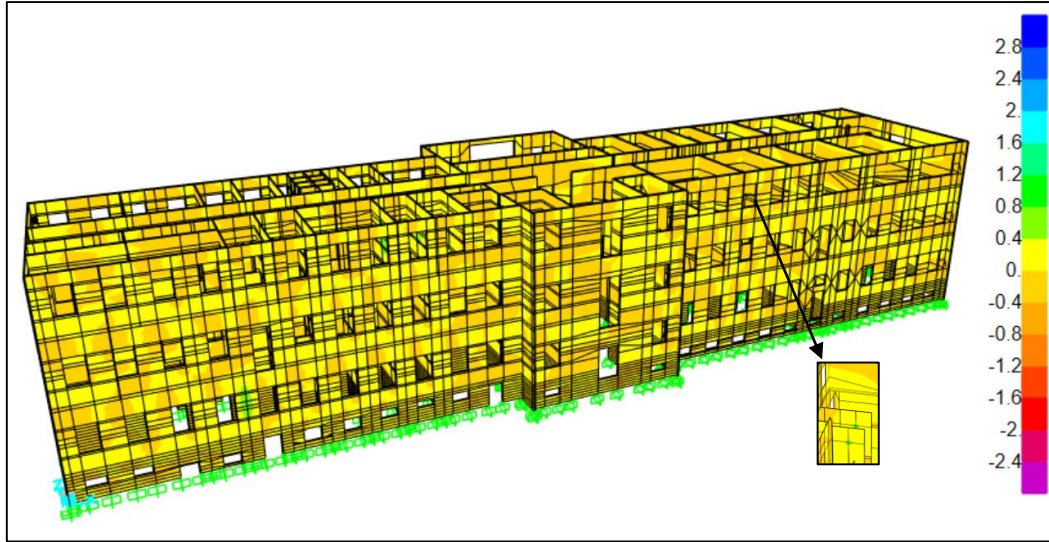


4.28. N. Palm Springs depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

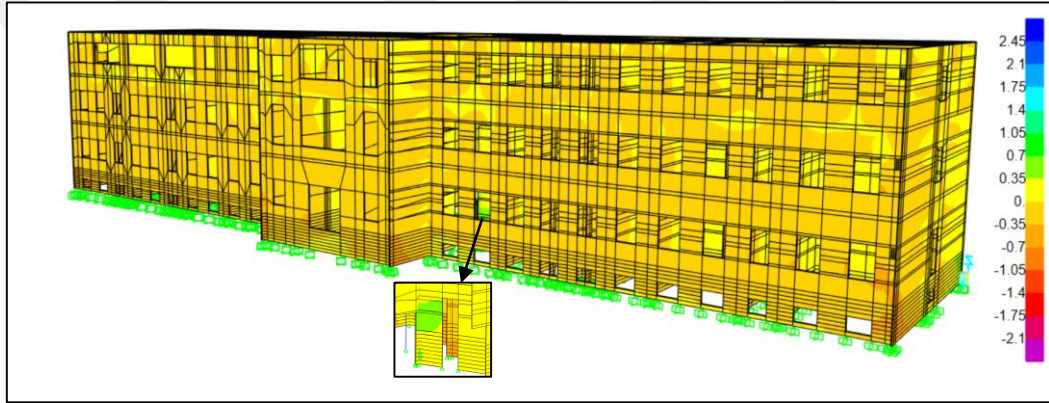
RSN543 koduna sahip 8 numaralı Chalfant Valley-01 deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.9’da verilmektedir. Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

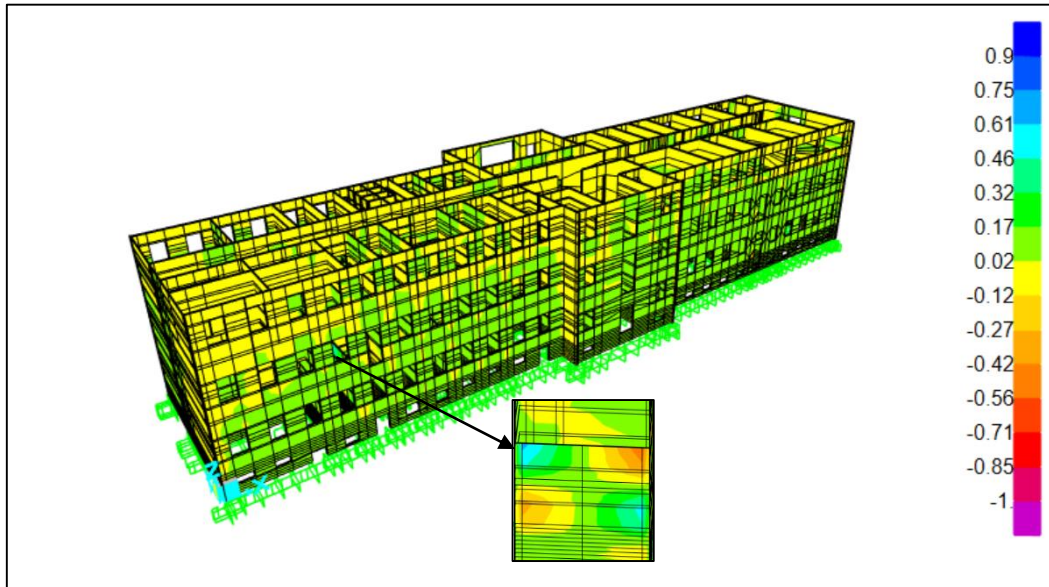
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-2.747	-2.629	-1.010
Maksimum	2.801	2.593	0.936



4.29. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.30. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

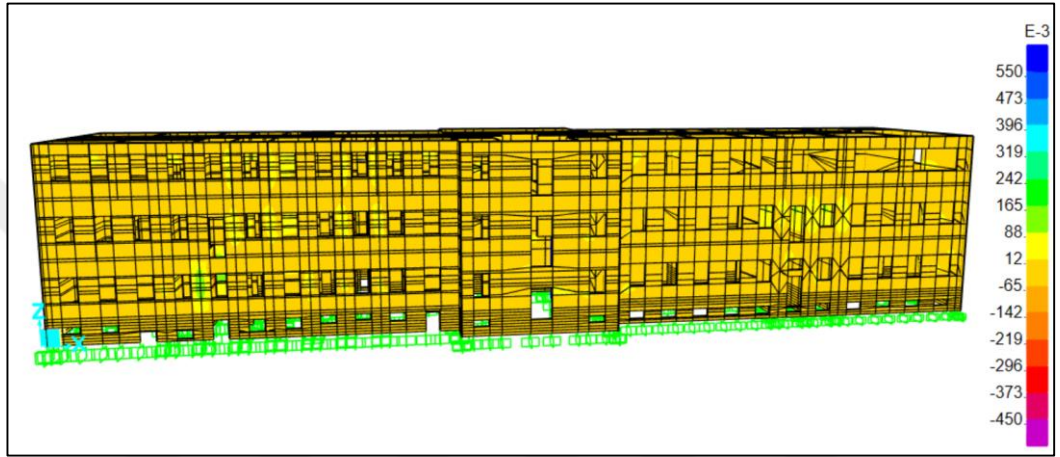


4.31. Chalfant Valley-01 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

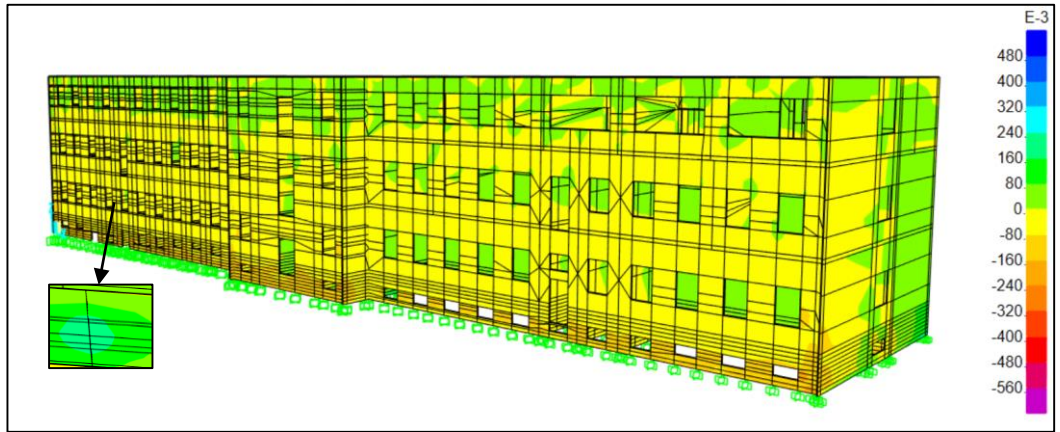
RSN740 koduna sahip 9 numaralı Loma Prieta deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri izelge 4.10’da verilmektedir. Şekil 4.32, 4.33 ve 4.34’te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

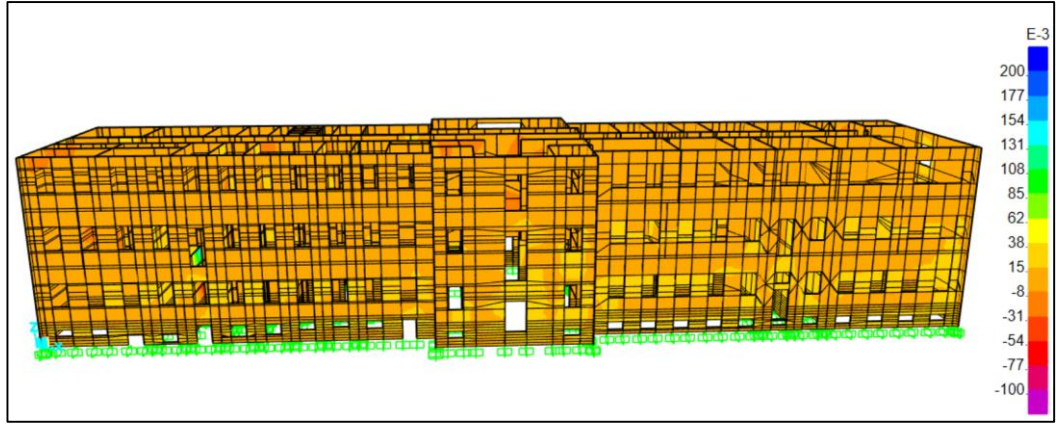
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.526	-0.575	-0.170
Maksimum	0.552	0.553	0.217



4.32. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.33. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

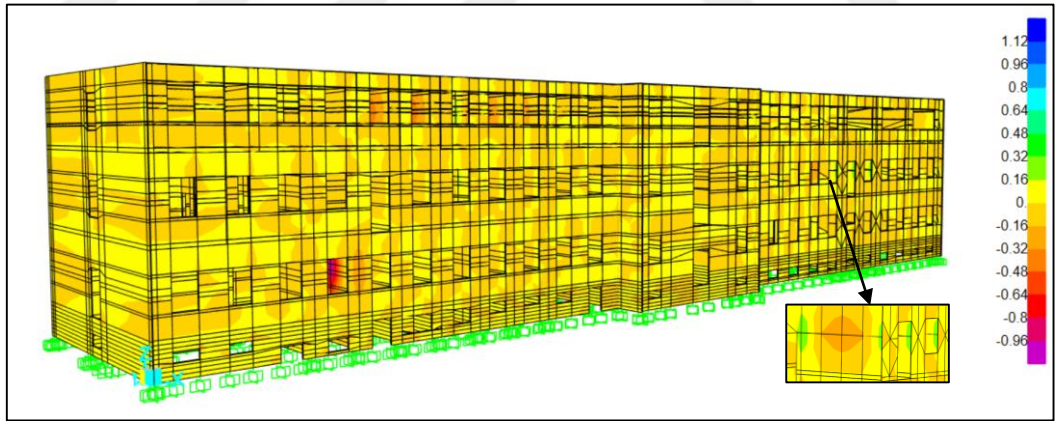


4.34. Loma Prieta depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

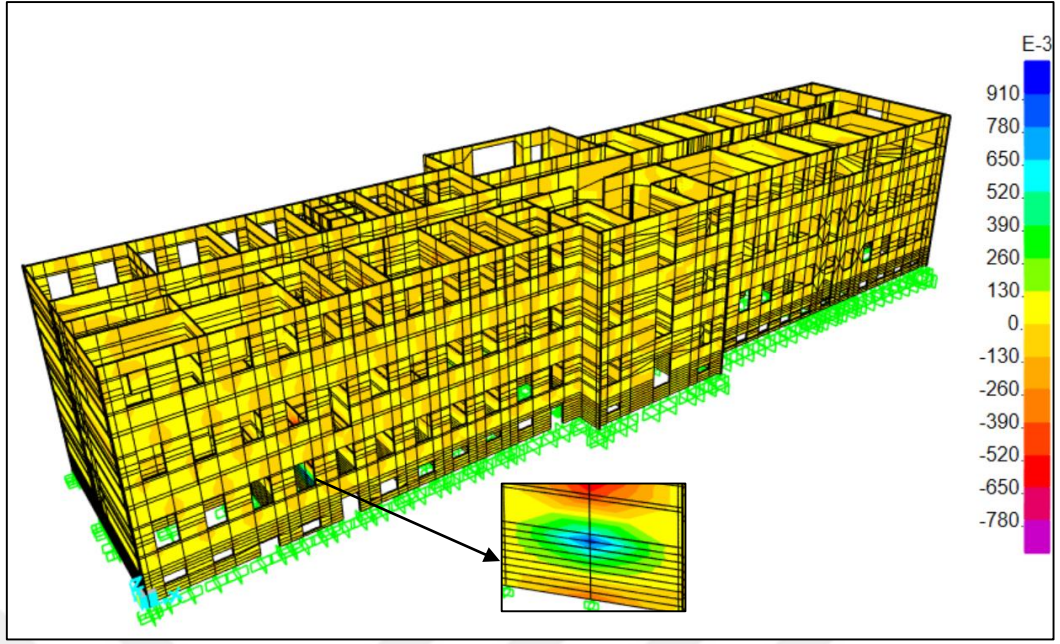
RSN827 koduna sahip 10 numaralı Cape Mendocino deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.11’de verilmektedir. Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

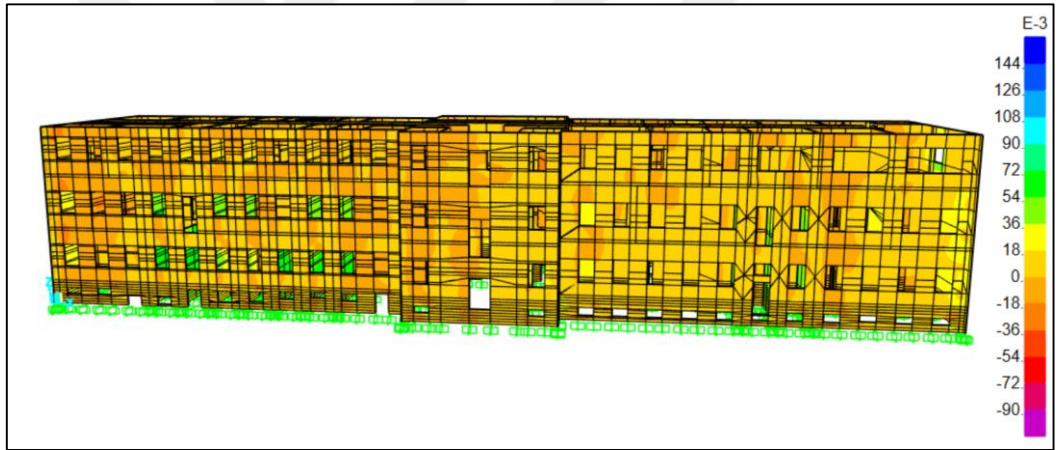
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.359	-1.249	-0.462
Maksimum	1.283	1.280	0.466



4.35. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.36. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

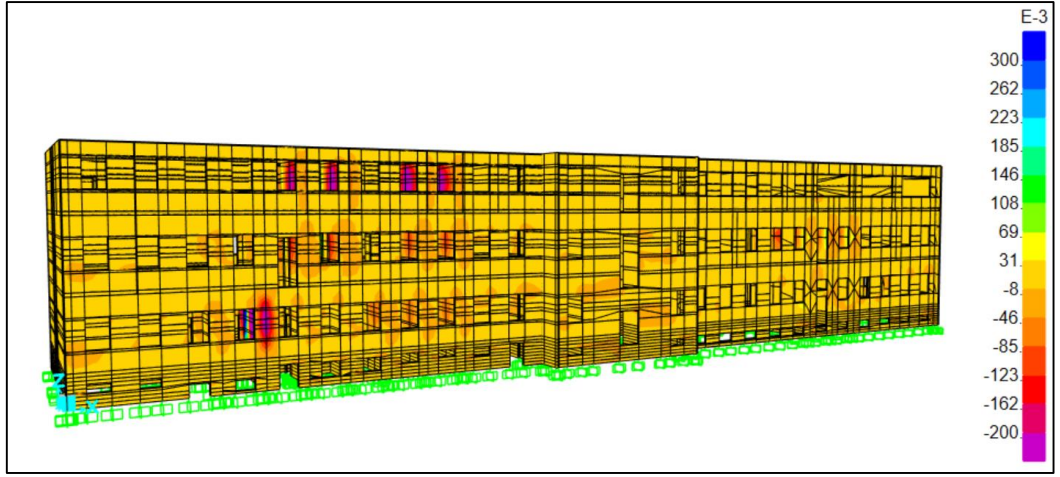


4.37. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

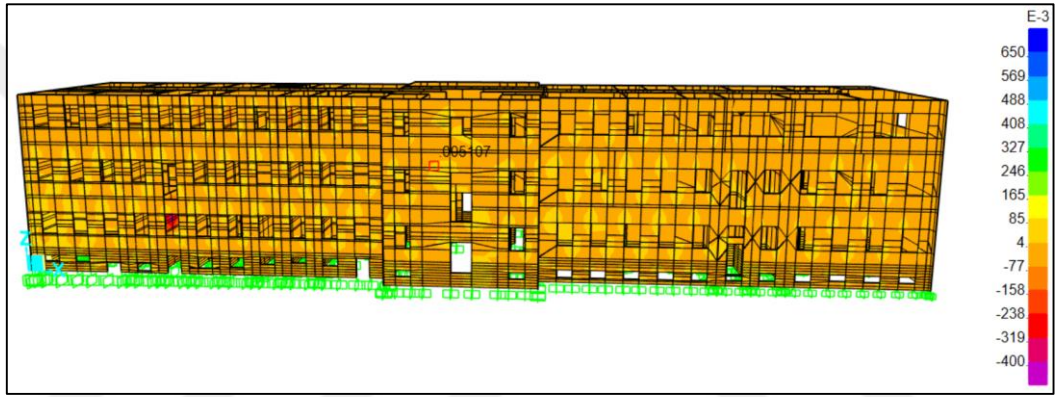
RSN881 koduna sahip 11 numaralı Landers deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.12’de verilmektedir. Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40’da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.12. Landers depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

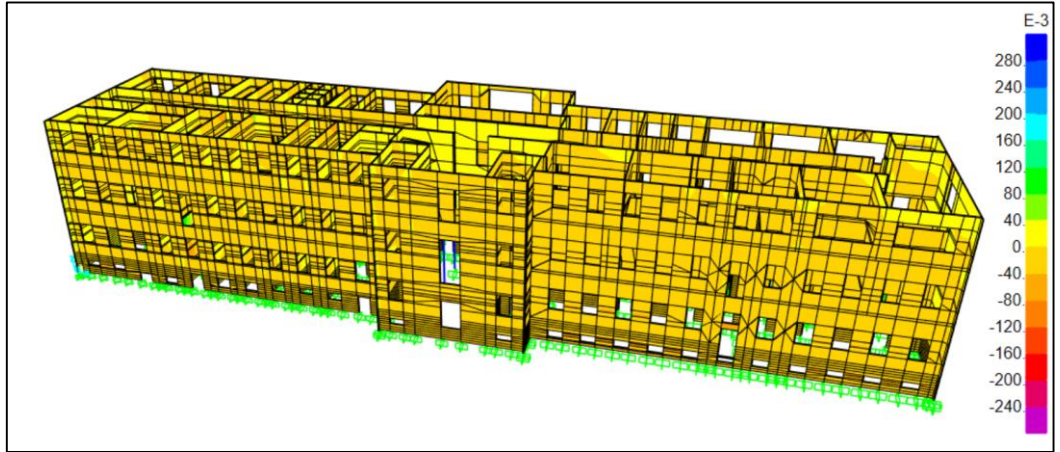
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.839	-0.832	-0.285
Maksimum	0.881	0.810	0.326



4.38. Landers depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm^2)



4.39. Landers depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm^2)

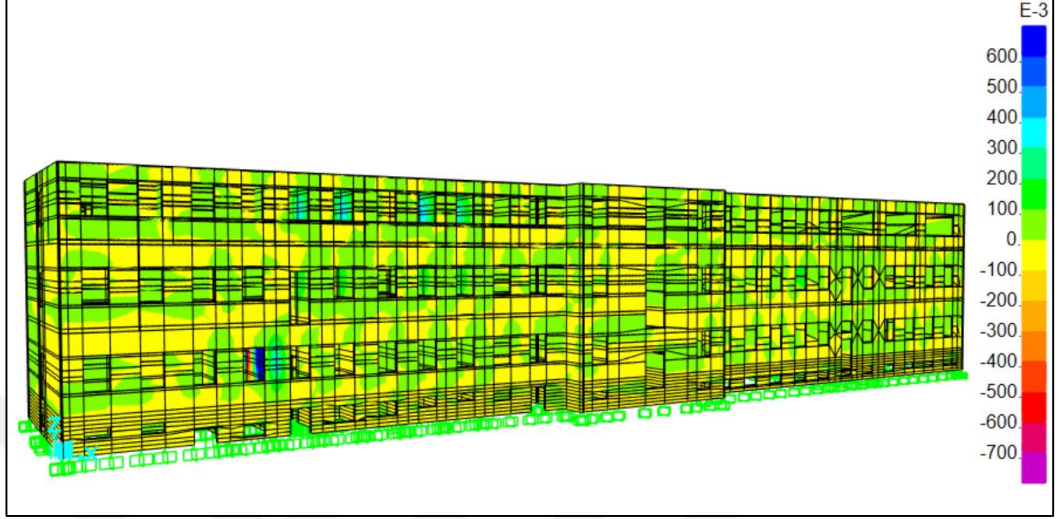


4.40. Landers depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm^2)

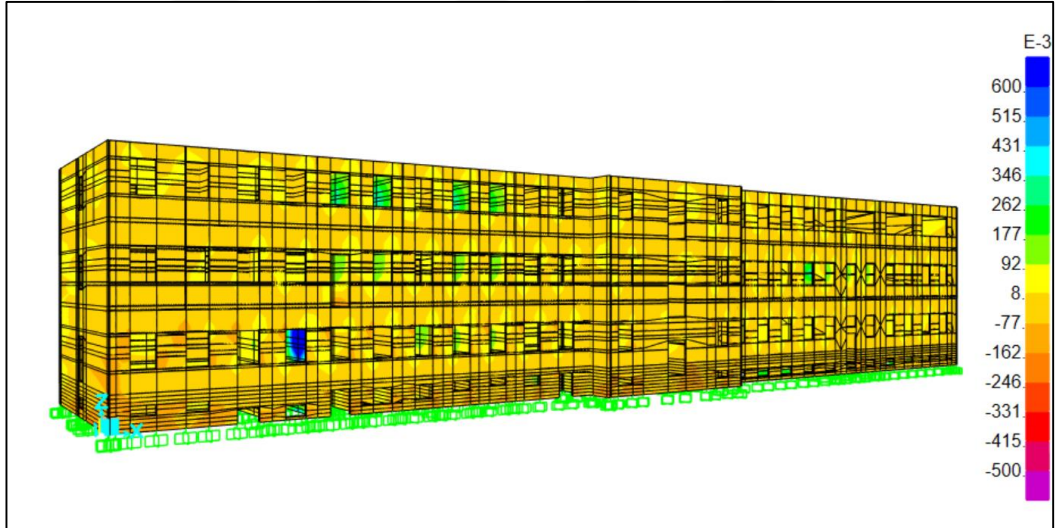
RSN1083 koduna sahip 12 numaralı Northridge-01 deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.13'te verilmektedir. Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Northridge-01 depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

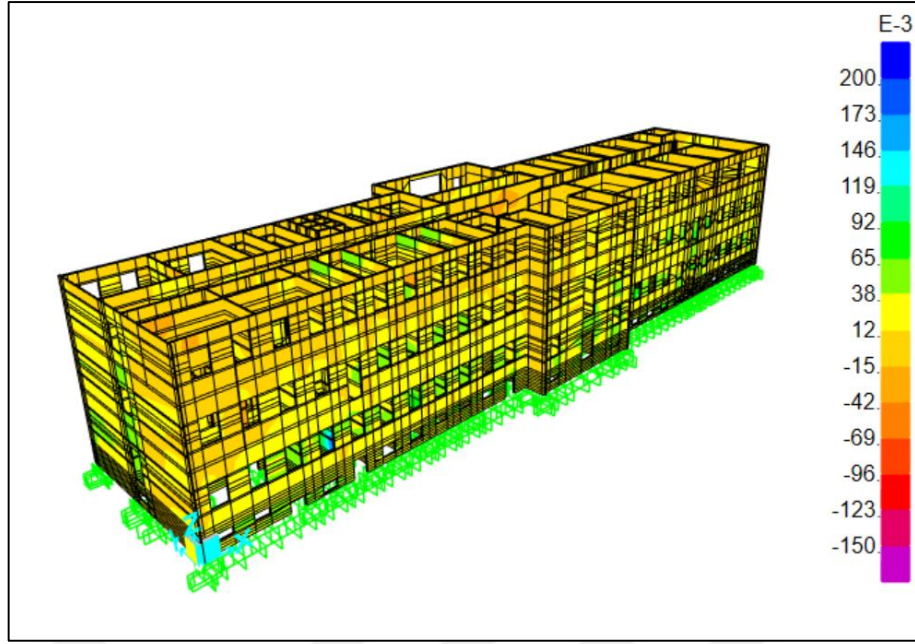
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.116	-1.106	-0.354
Maksimum	1.171	1.076	0.446



4.41. Northridge-01 depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.42. Northridge-01 depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

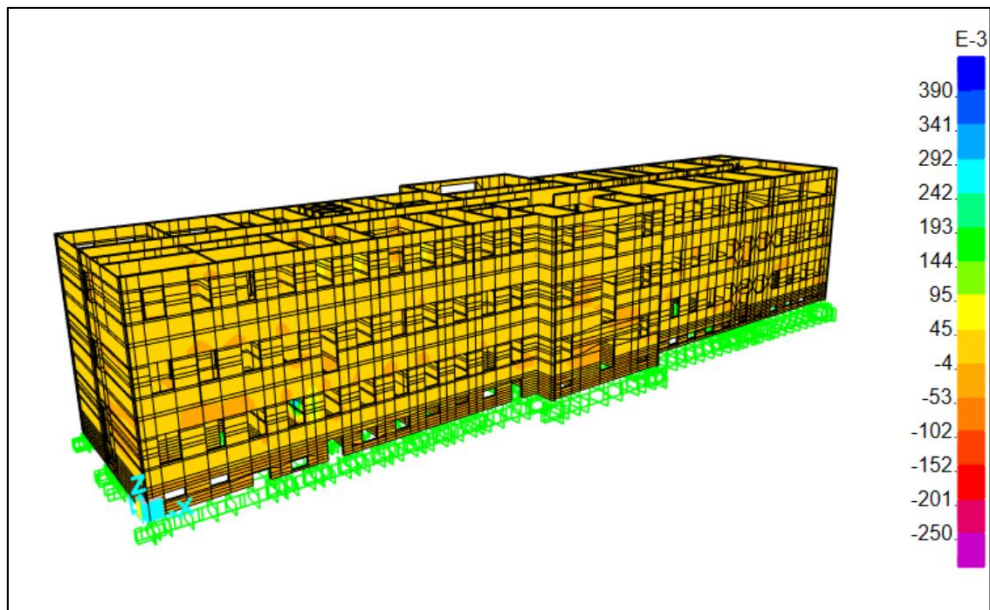


4.43. Northridge-01 depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

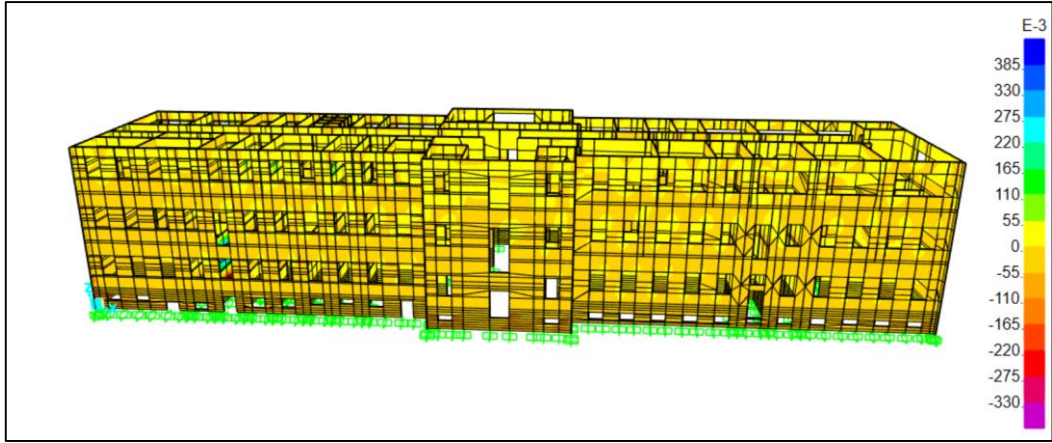
RSN1198 koduna sahip 13 numaralı Chi-Chi_ Taiwan deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.14'te verilmektedir. Şekil 4.44, Şekil 4.45 ve Şekil 4.46'da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.14. Chi-Chi_ Taiwan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

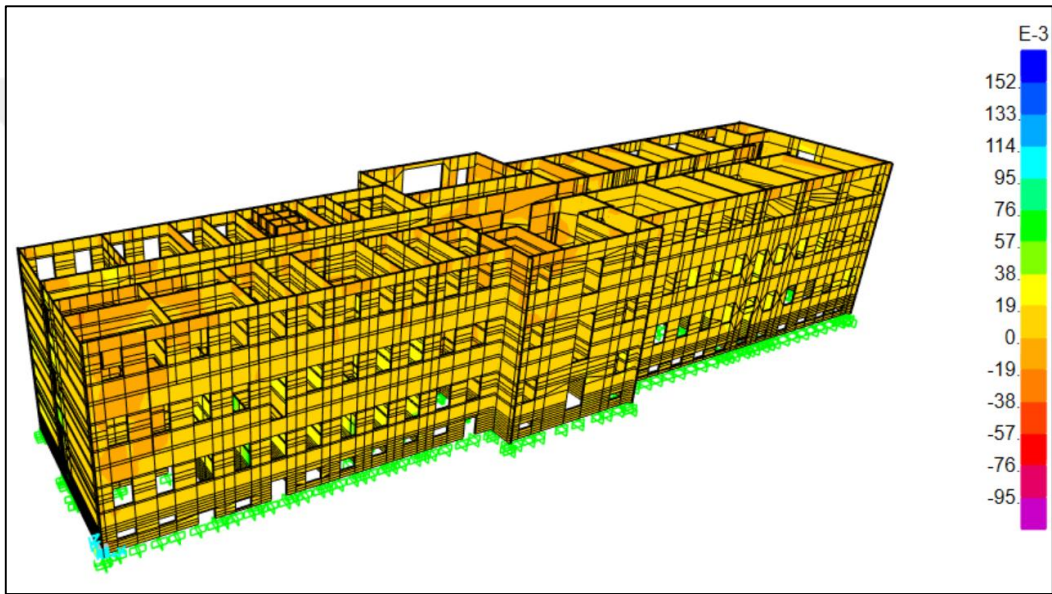
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.431	-0.466	-0.159
Maksimum	0.456	0.462	0.173



4.44. Chi-Chi_ Taiwan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.45. Chi-Chi_ Taiwan depremi etkisinde oluşan S22 (N/mm²)

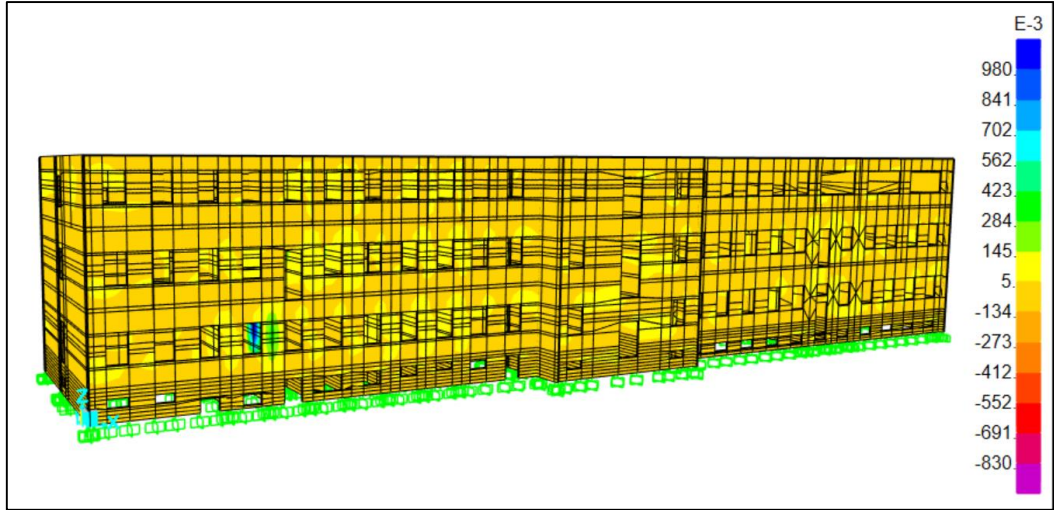


4.46. Chi-Chi_ Taiwan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

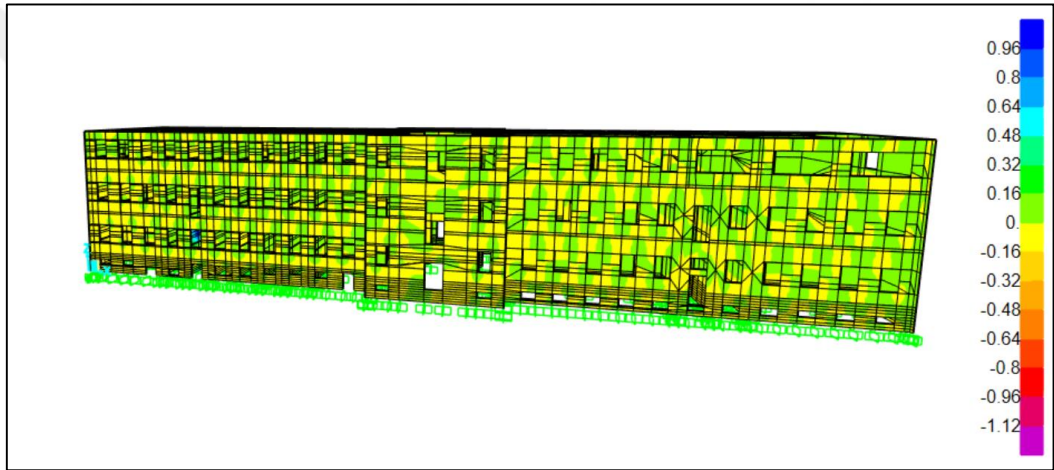
RSN1613 koduna sahip 14 numaralı Duzce_ Turkey deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.15'te verilmektedir. Şekil 4.47, Şekil 4.48 ve Şekil 4.49'da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.15. Duzce_ Turkey depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

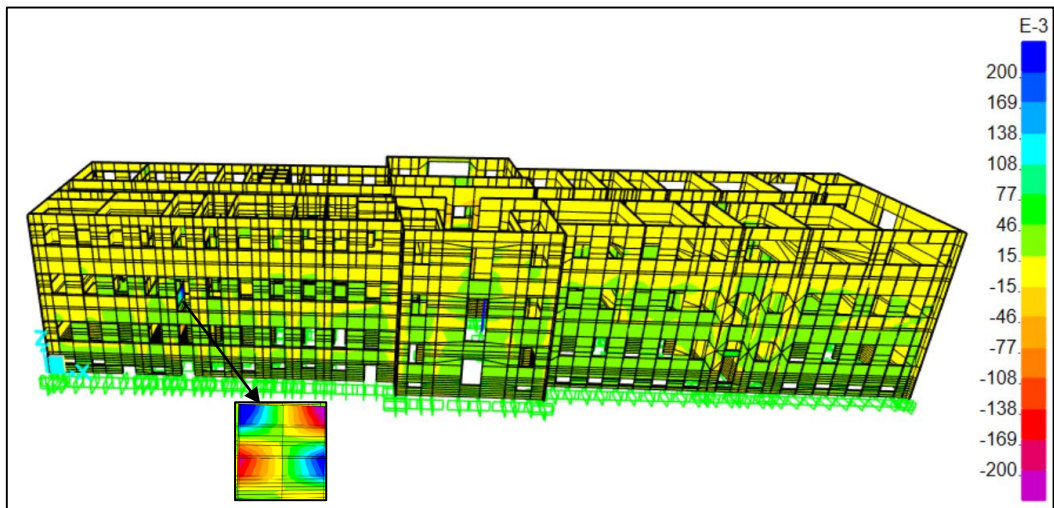
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.129	-1.125	-0.392
Maksimum	1.193	1.098	0.424



4.47. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.48. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

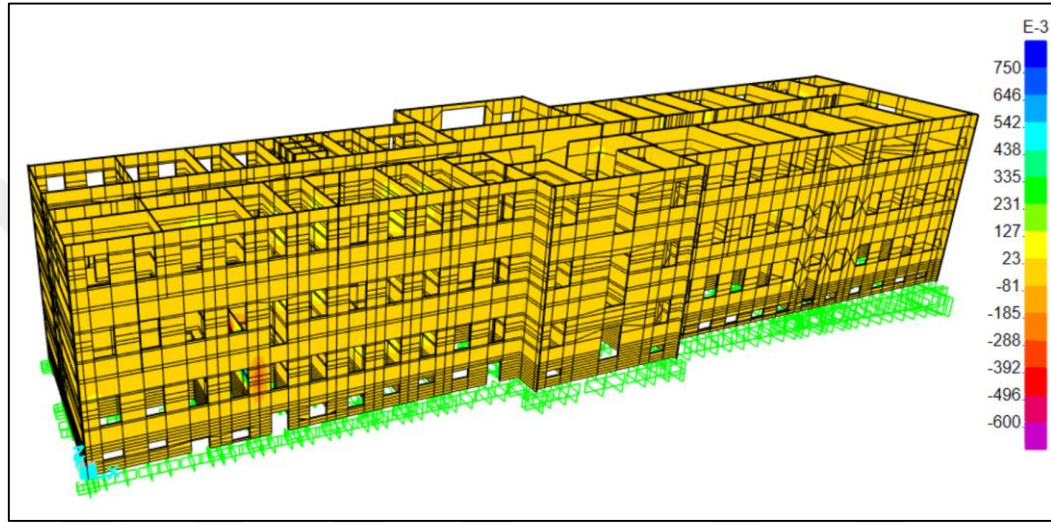


4.49. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

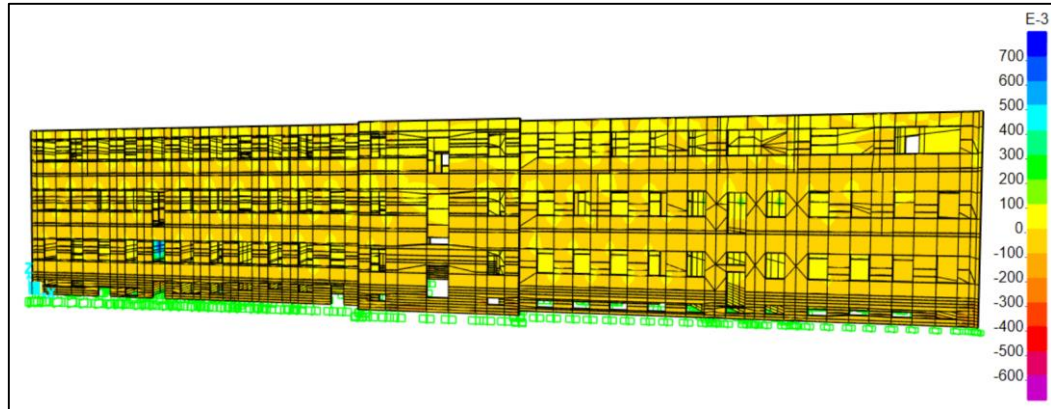
RSN1614 koduna sahip 15 numaralı Duzce_ Turkey deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri izelge 4.16’da verilmektedir. Şekil 4.50, Şekil 4.51 ve Şekil 4.52’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.16. Duzce_ Turkey depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

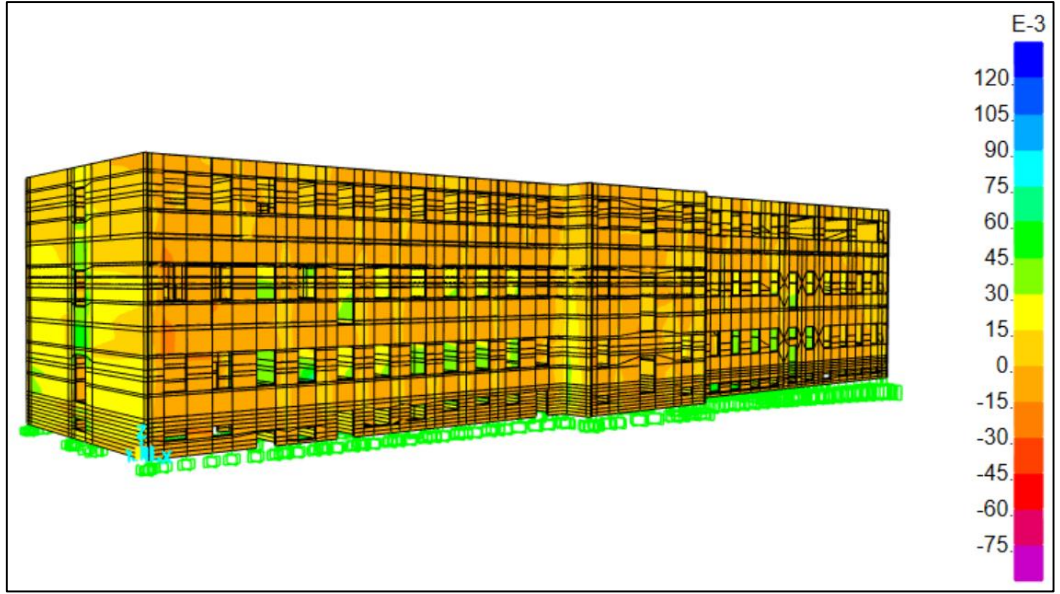
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.995	-0.911	-0.301
Maksimum	0.929	0.931	0.376



4.50. Duzce_ Turkey depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.51. Duzce_ Turkey depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

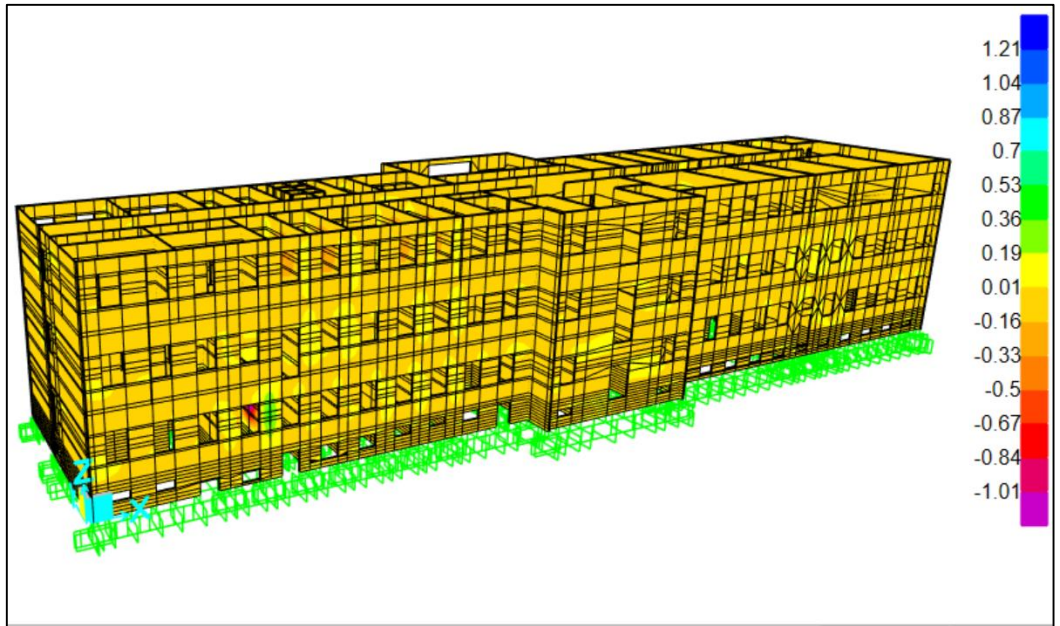


4.52. Duzce_Turkey depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

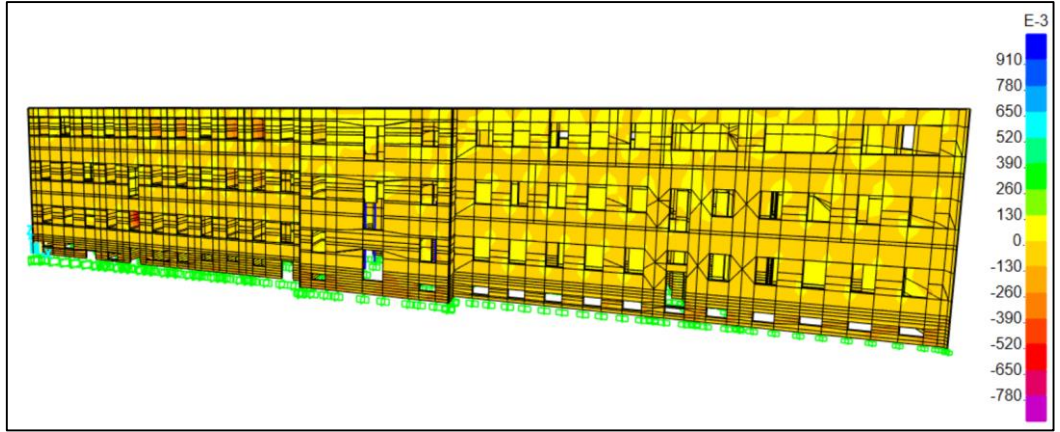
RSN1633 koduna sahip 16 numaralı Manjil_ Iran deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.17’de verilmektedir. Şekil 4.53, Şekil 4.54 ve Şekil 4.55’te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.17. Manjil_ Iran depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

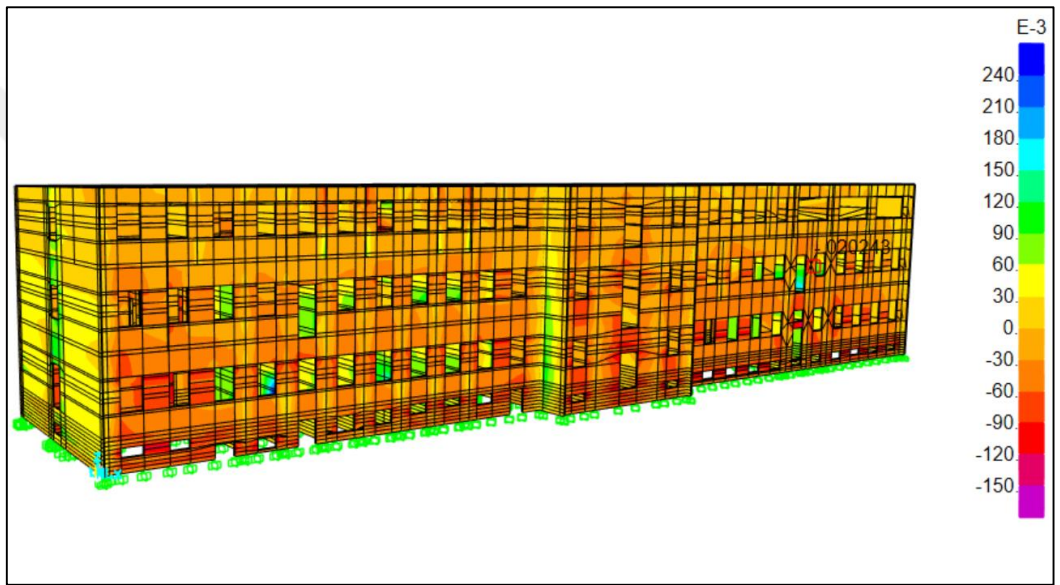
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.688	-1.544	-0.521
Maksimum	1.587	1.584	0.631



4.53. Manjil_ Iran depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.54. Manjil_Iran depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

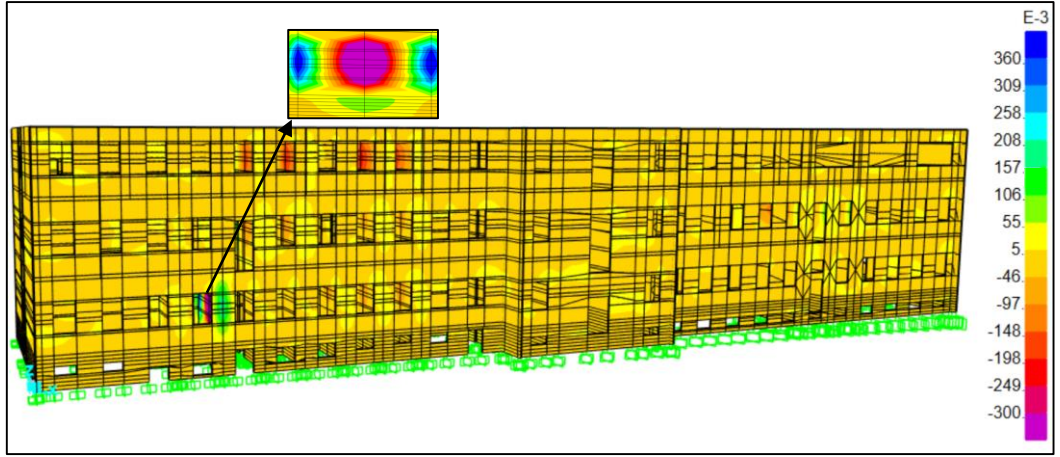


4.55. Marjil_Iran depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

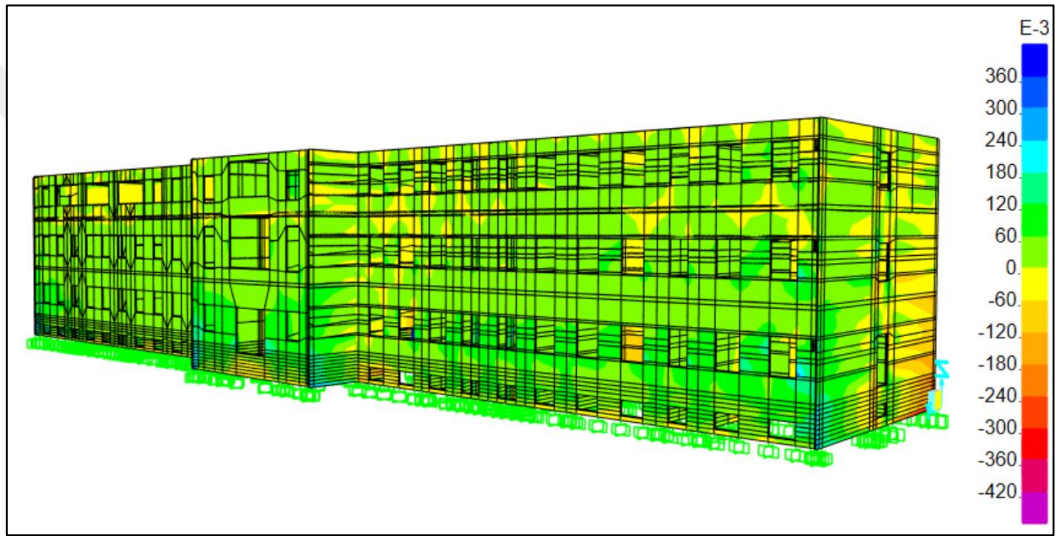
RSN3750 koduna sahip 17 numaralı Cape Mendocino deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.18’de verilmektedir. Şekil 4.56, Şekil 4.57 ve Şekil 4.58’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.18. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

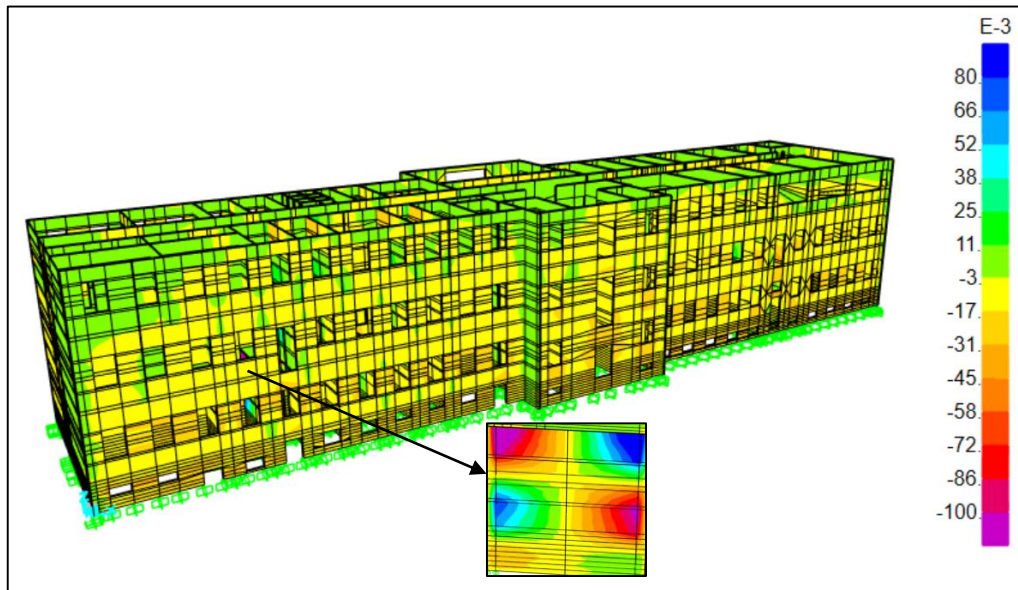
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.653	-0.843	-0.233
Maksimum	0.684	0.814	0.264



4.56. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.57. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

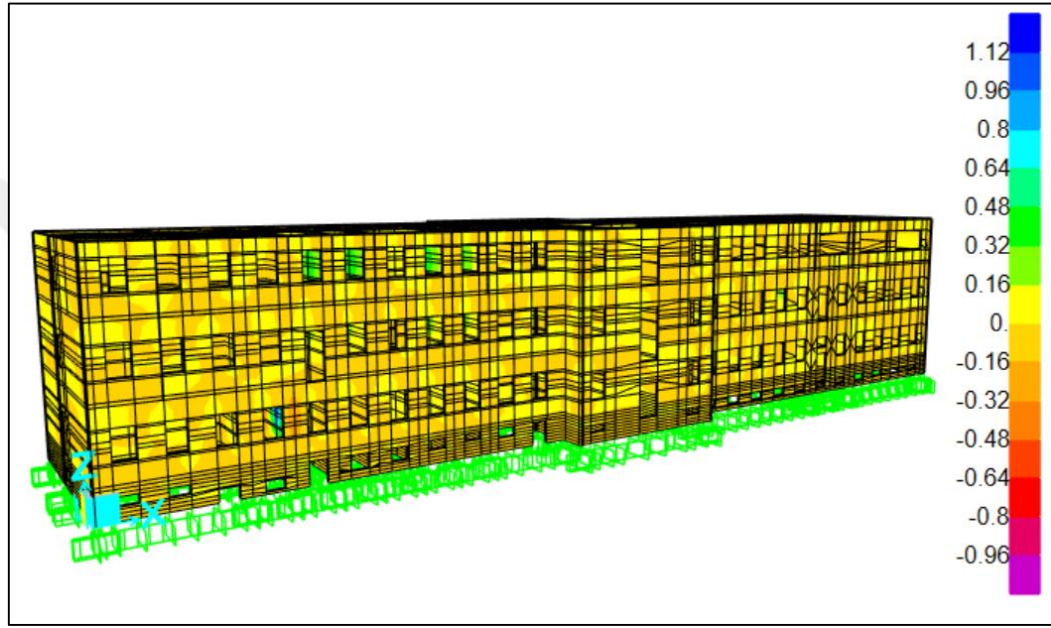


4.58. Cape Mendocino depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

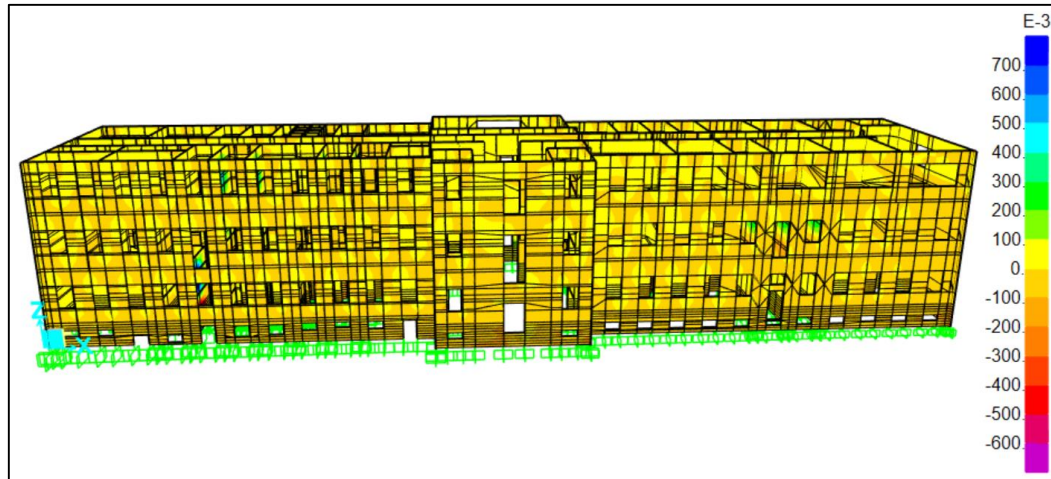
RSN3757 koduna sahip 18 numaralı Landers deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.19’da verilmektedir. Şekil 4.59, Şekil 4.60 ve Şekil 4.61’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.19. Landers depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

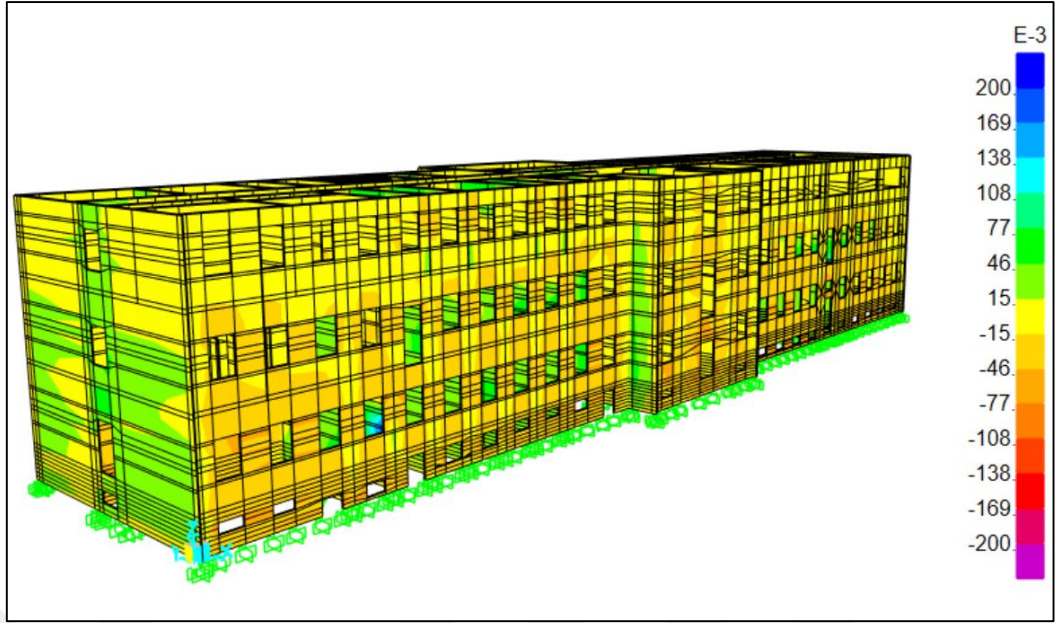
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.103	-1.011	-0.350
Maksimum	1.039	1.037	0.401



4.59. Landers depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.60. Landers depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

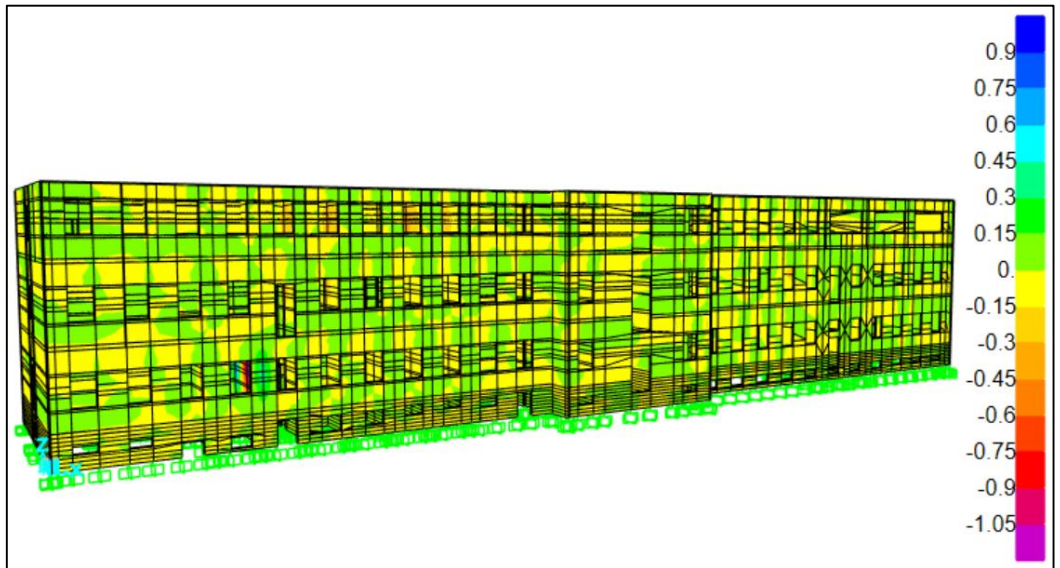


4.61. Landers depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

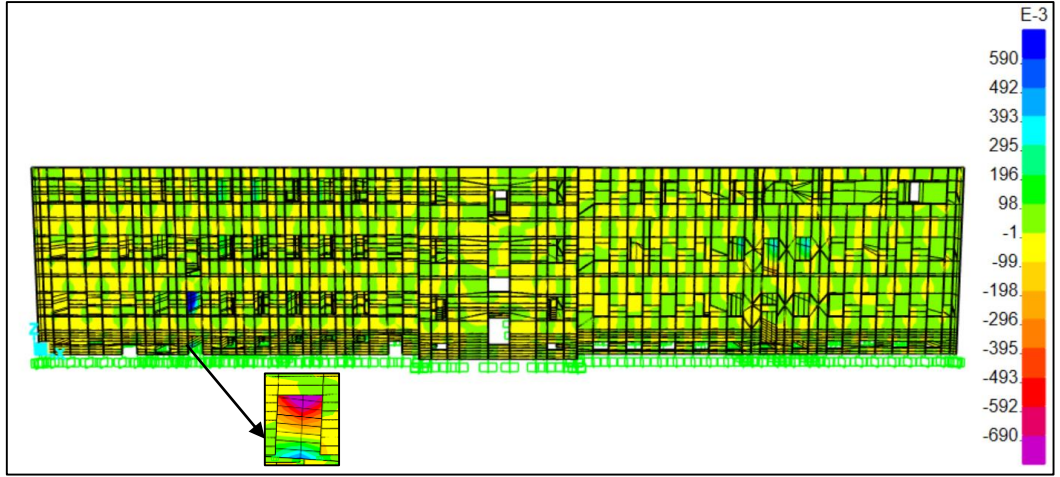
RSN3759 koduna sahip 19 numaralı Landers deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.20’de verilmektedir. Şekil 4.62, Şekil 4.63 ve Şekil 4.64’te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.20. Landers depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

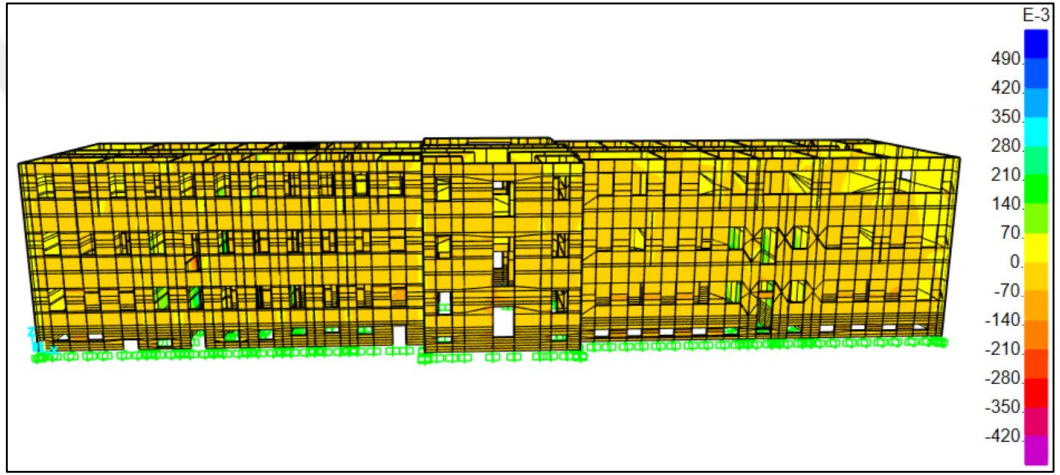
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.460	-1.342	-0.567
Maksimum	1.409	1.378	0.548



4.62. Landers depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.63. Landers depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

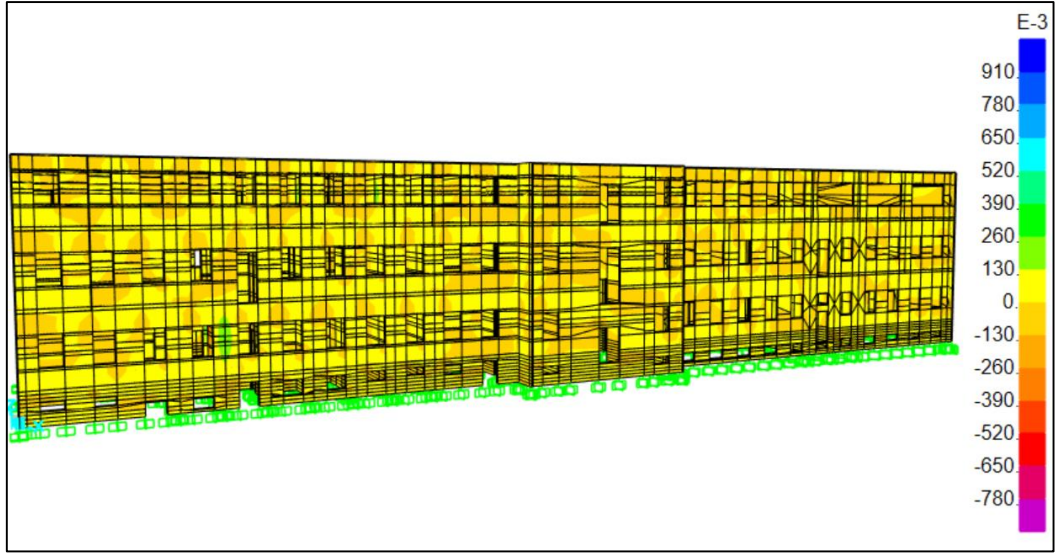


4.64. Landers depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

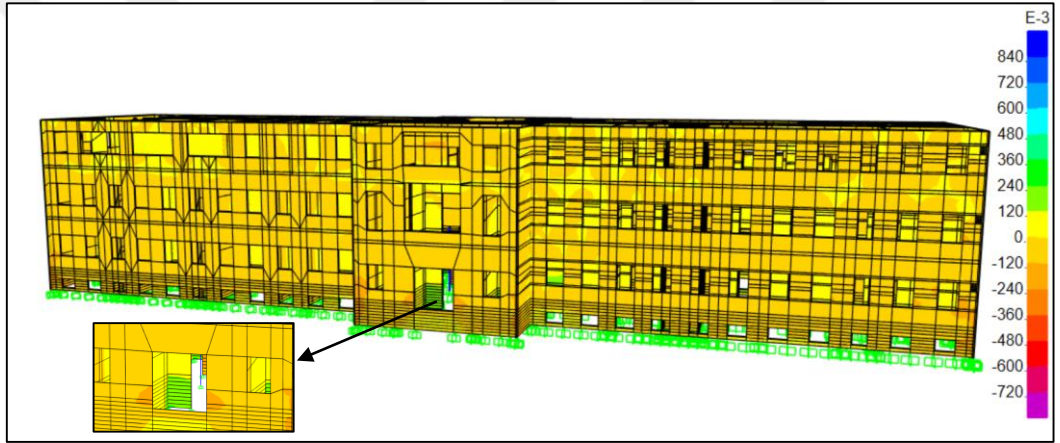
RSN4013 koduna sahip 20 numaralı San Simeon_ CA deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.21’de verilmektedir. Şekil 4.65, Şekil 4.66 ve Şekil 4.67’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.21. San Simeon_ CA depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

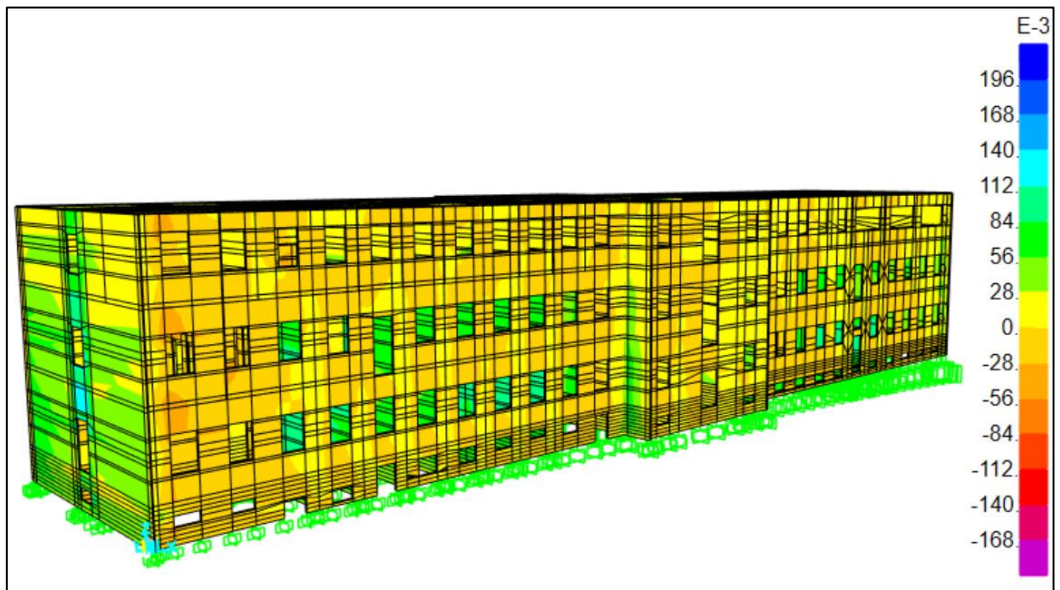
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.849	-1.046	-0.328
Maksimum	0.904	1.029	0.292



4.65. San Simeon_ CA depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.66. San Simeon_ CA depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

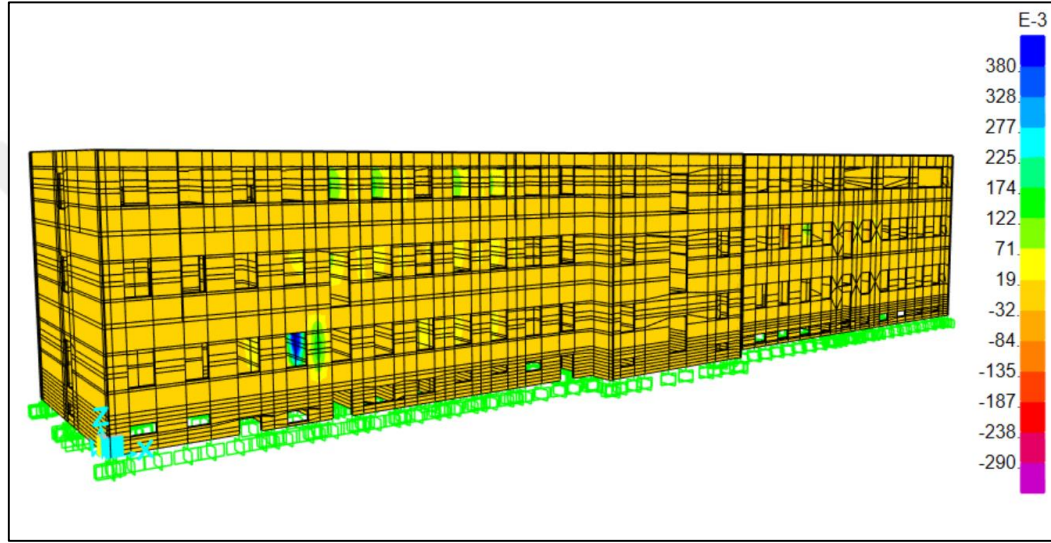


4.67. San Simeon_ CA depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

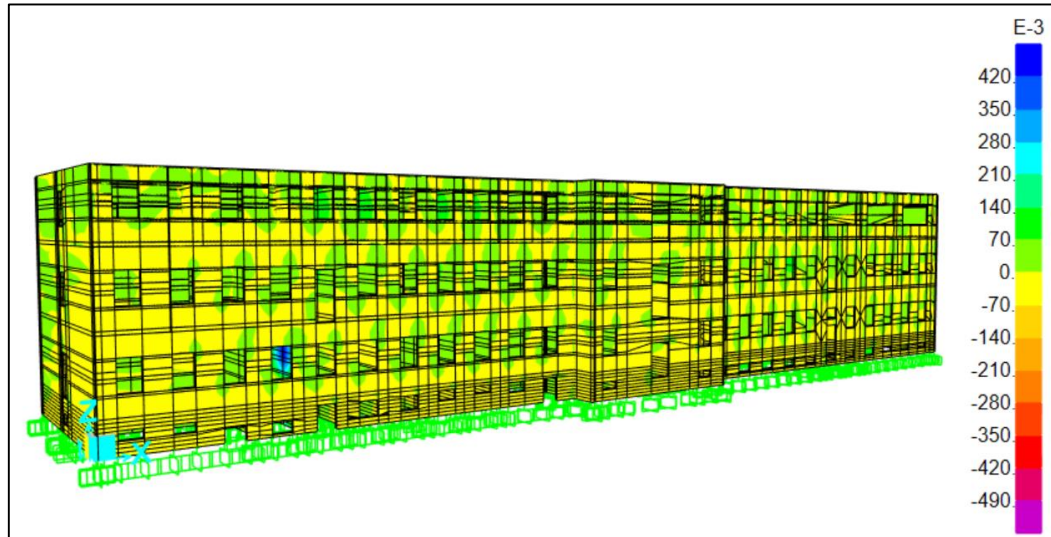
RSN4150 koduna sahip 21 numaralı Parkfield-02_ CA deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri izelge 4.22’de verilmektedir. Şekil 4.68, Şekil 4.69 ve Şekil 4.70’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.22. Parkfield-02_ CA depremi etkisi altında oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

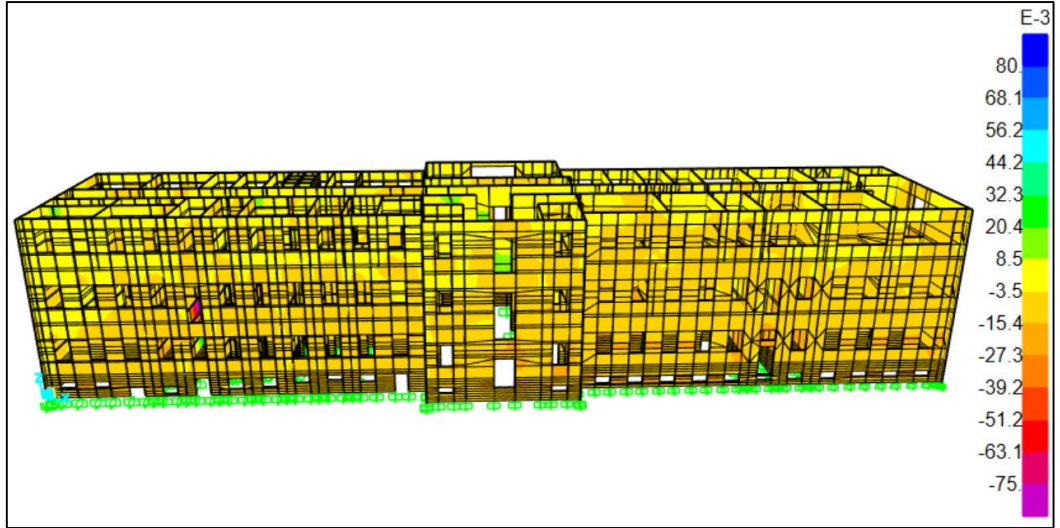
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.528	-0.525	-0.178
Maksimum	0.556	0.511	0.207



4.68. Parkfield-02_ CA depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.69. Parkfield-02_ CA depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

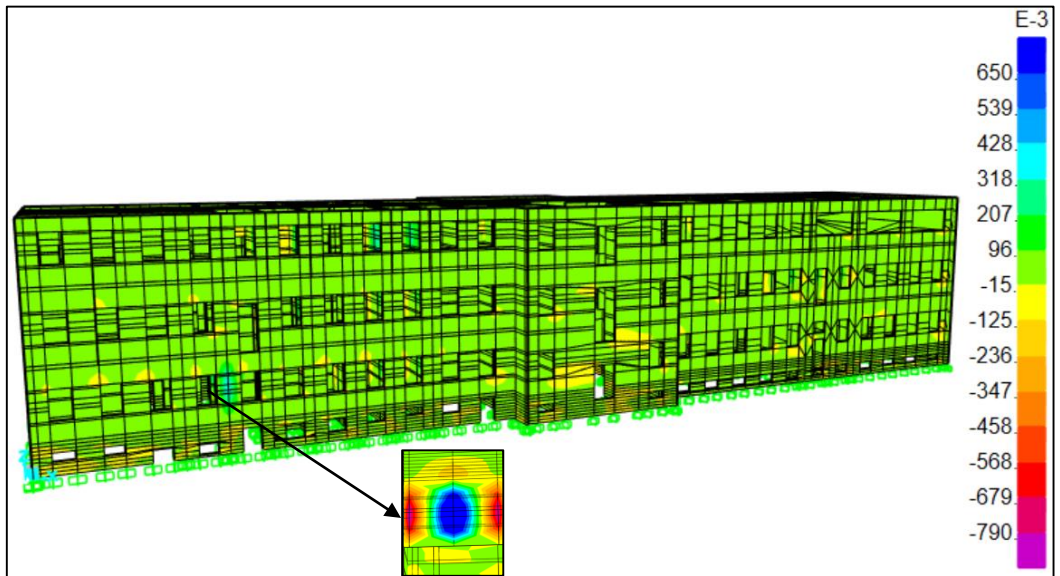


4.70. Parkfield-02_ CA depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

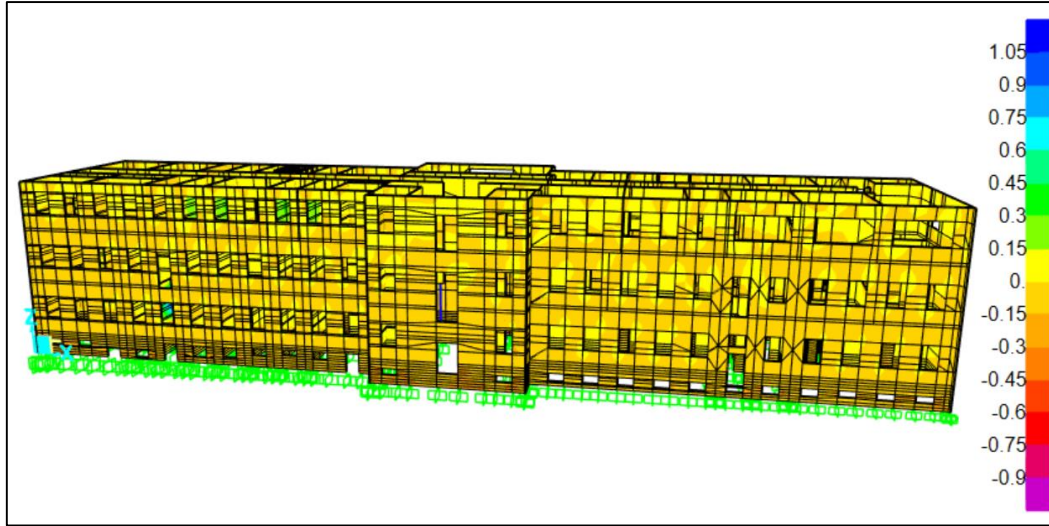
RSN4346 koduna sahip 22 numaralı Umbria Marche_ Italy deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.23'te verilmektedir. Şekil 4.71, Şekil 4.72 ve Şekil 4.73'te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.23. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

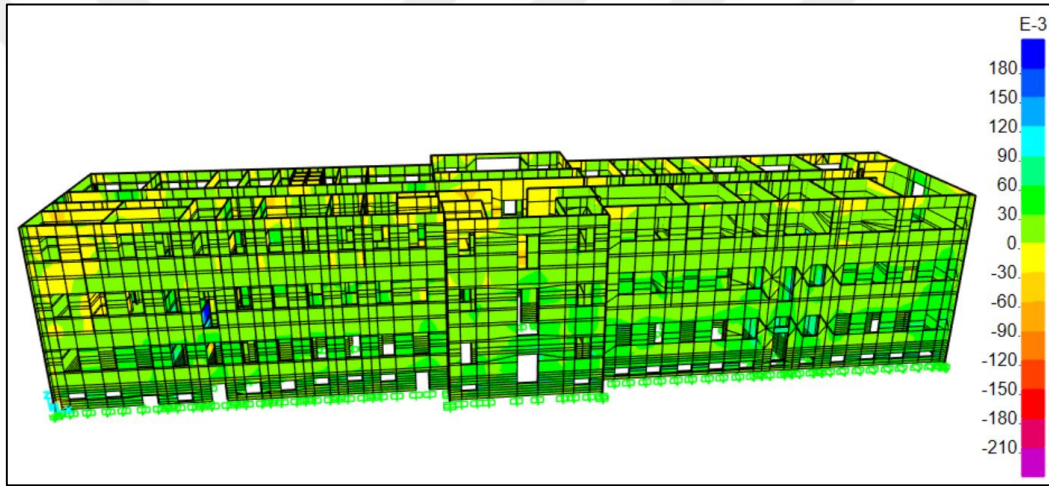
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.219	-1.209	-0.425
Maksimum	1.281	1.178	0.486



4.71. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.72. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

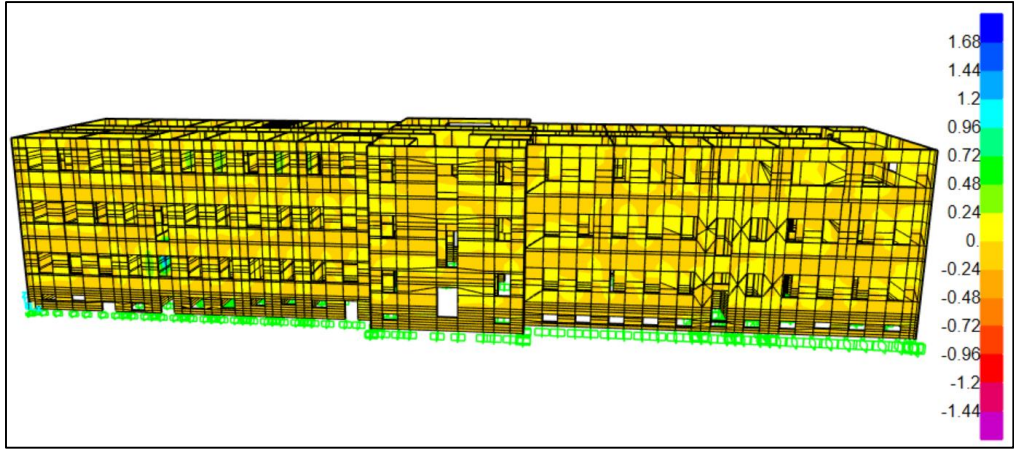


4.73. Umbria Marche_ Italy depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

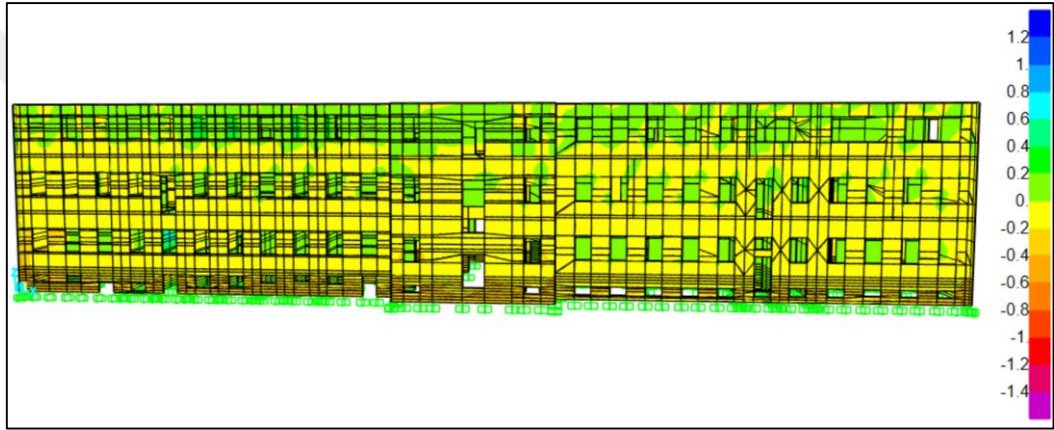
RSN4410 koduna sahip 23 numaralı Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.24'te verilmektedir. Şekil 4.74, Şekil 4.75 ve Şekil 4.76'da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.24. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

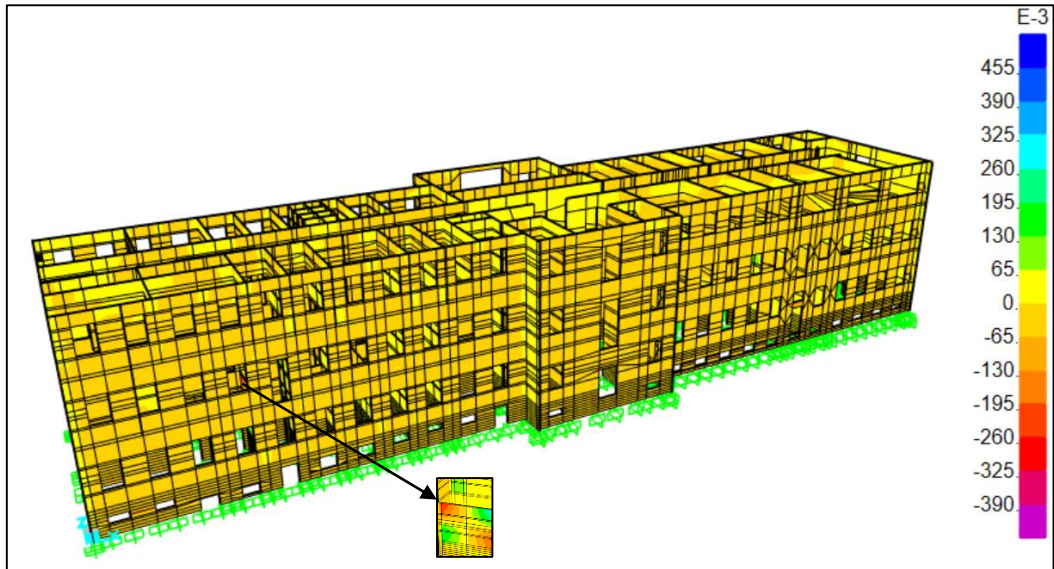
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.566	-1.559	-0.560
Maksimum	1.636	1.629	0.680



4.74. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.75. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

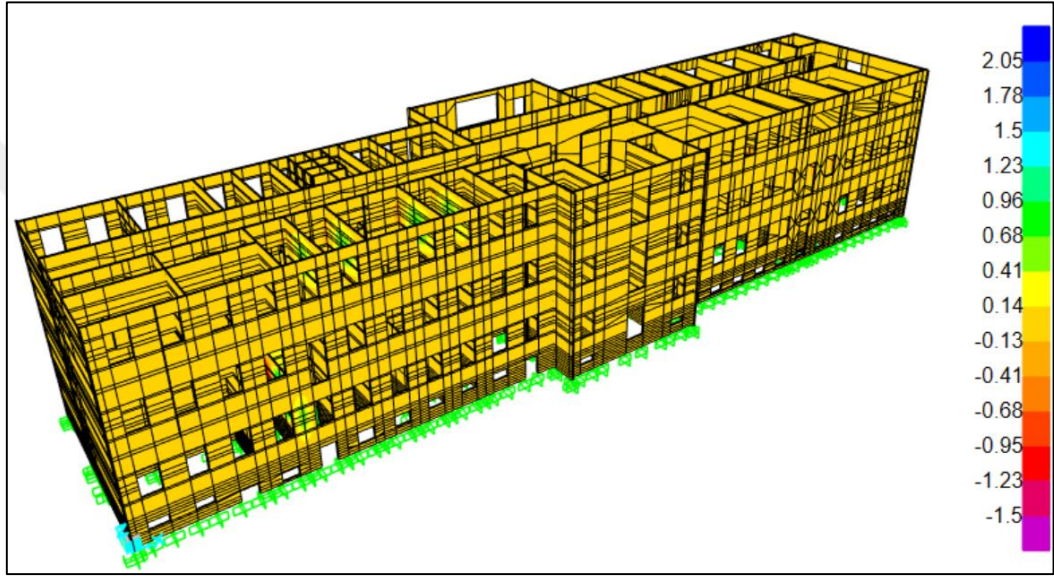


4.76. Umbria Marche (aftershock 17)_ Italy depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

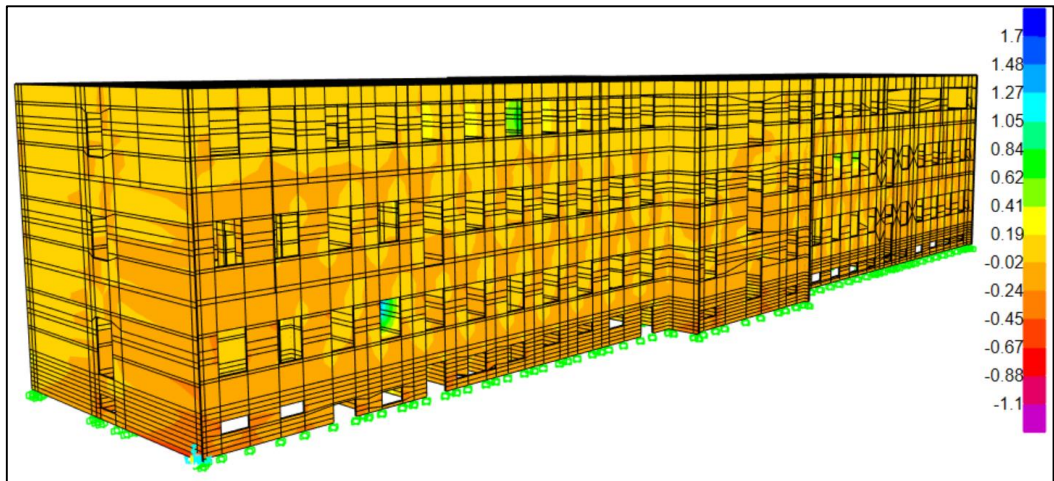
RSN4554 koduna sahip 24 numaralı L'Aquila (aftershock 2)_ Italy deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.25'te verilmektedir. Şekil 4.77, Şekil 4.78 ve Şekil 4.79'da maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.25. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

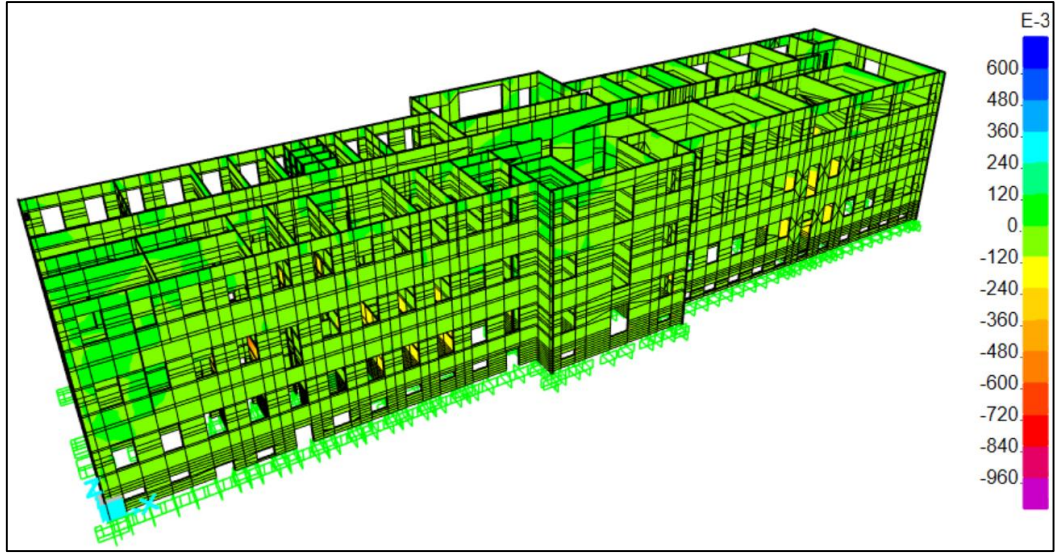
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-2.511	-2.309	-0.985
Maksimum	2.394	2.371	0.822



4.77. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.78. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

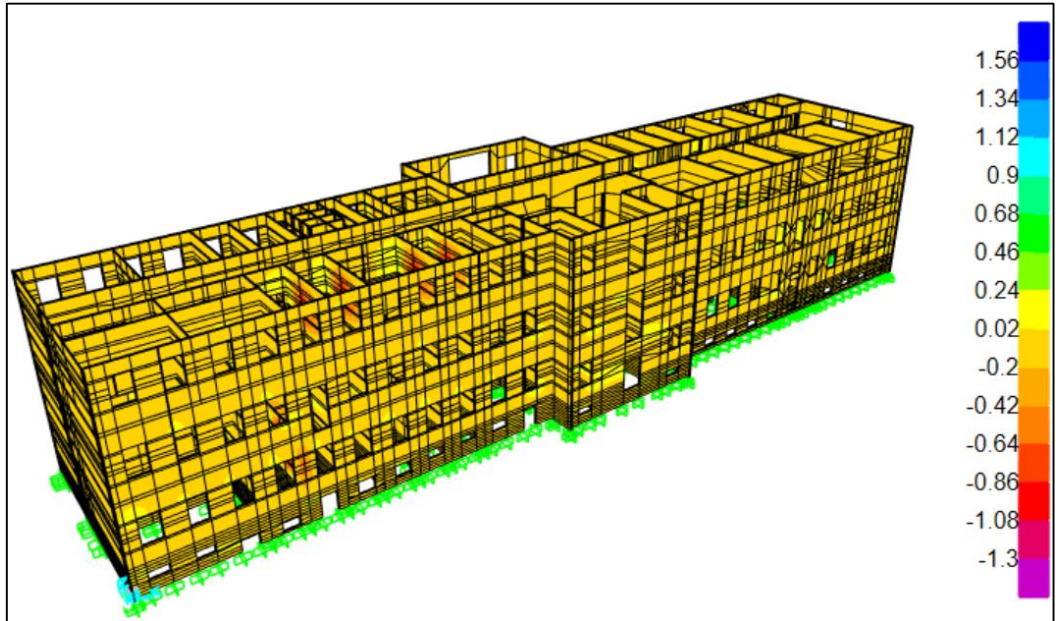


4.79. L'Aquila (aftershock 2)_ Italy depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

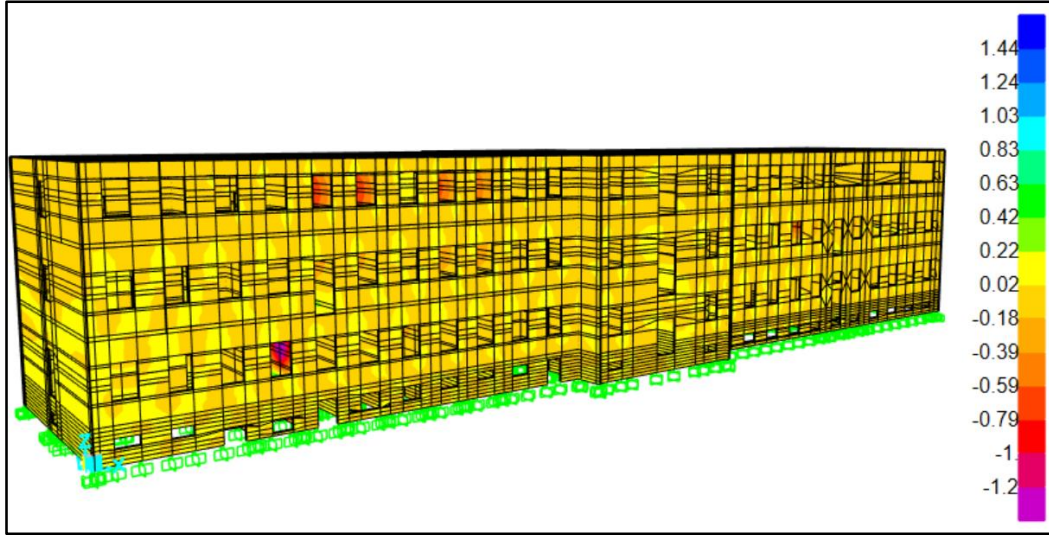
RSN4841 koduna sahip 25 numaralı Chuetsu-oki_ Japan deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.26'da verilmektedir. Şekil 4.80, Şekil 4.81 ve Şekil 4.82'de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.26. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

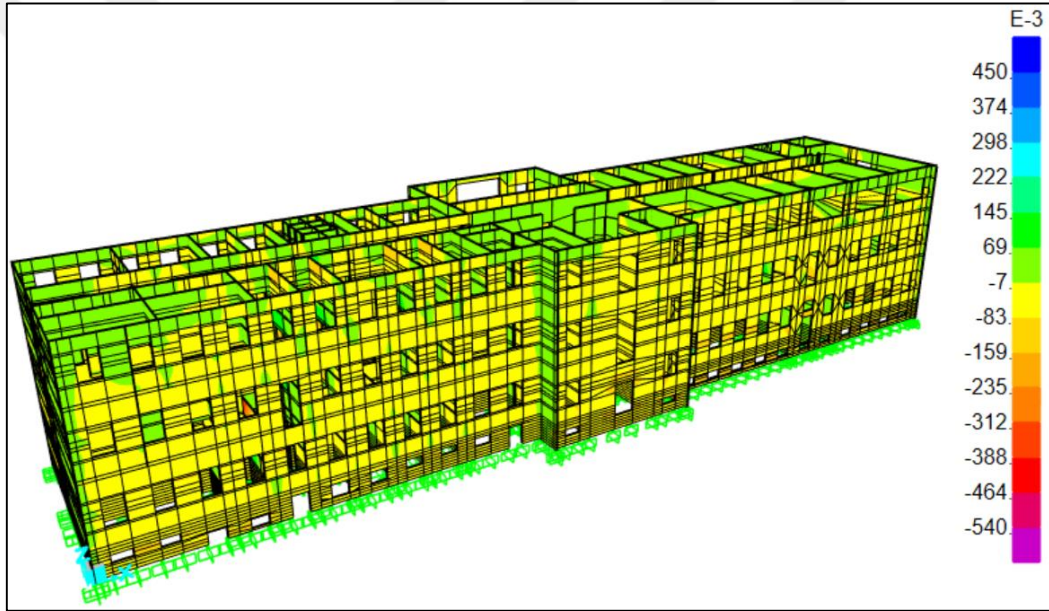
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.795	-1.649	-0.631
Maksimum	1.707	1.696	0.595



4.80. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.81. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

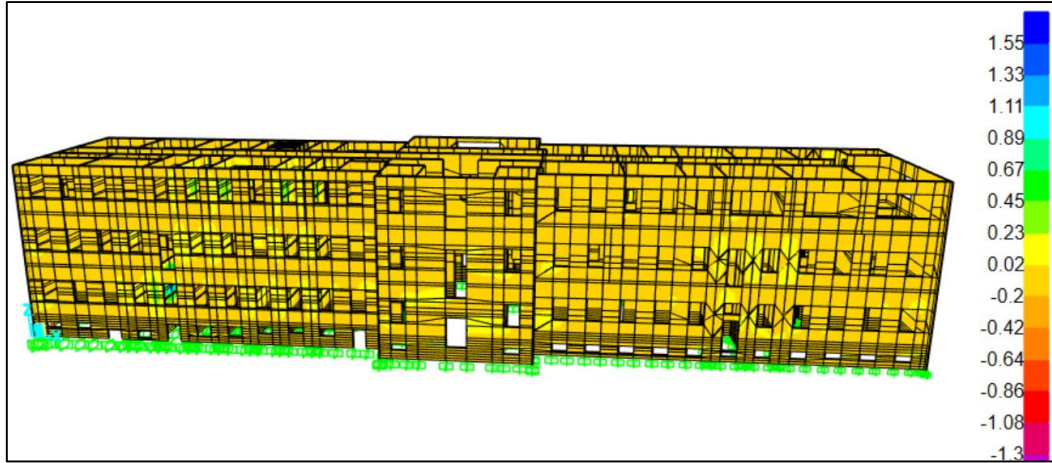


4.82. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

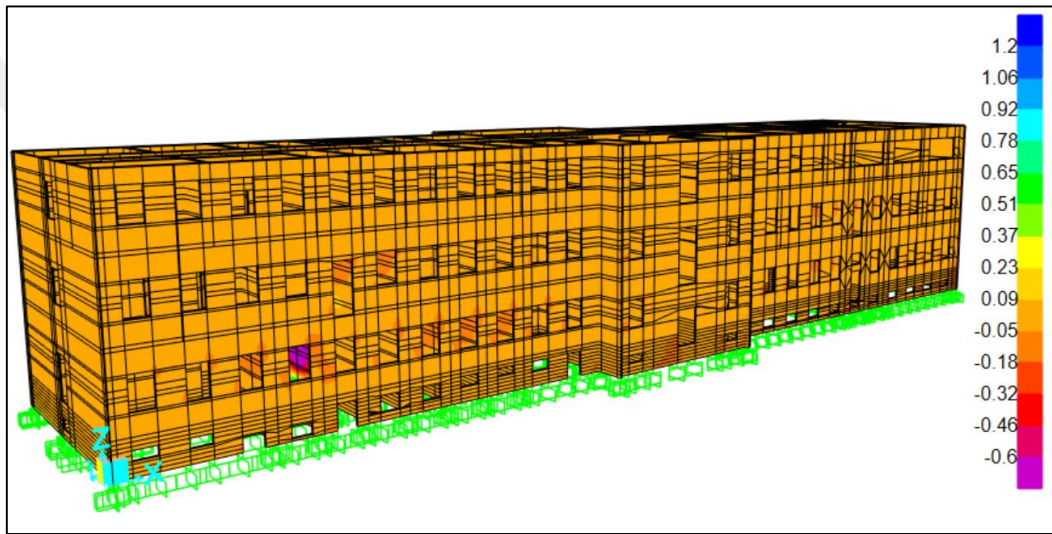
RSN4882 koduna sahip 26 numaralı Chuetsu-oki_ Japan deprem deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.27’de verilmektedir. Şekil 4.83, Şekil 4.84 ve Şekil 4.85’te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.27. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

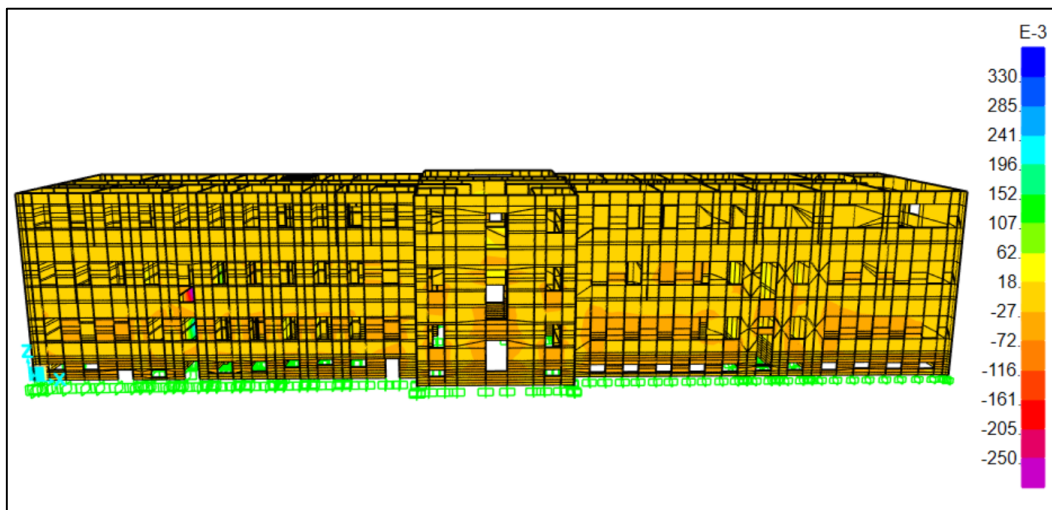
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-1.508	-1.464	-0.532
Maksimum	1.550	1.420	0.430



4.83. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.84. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

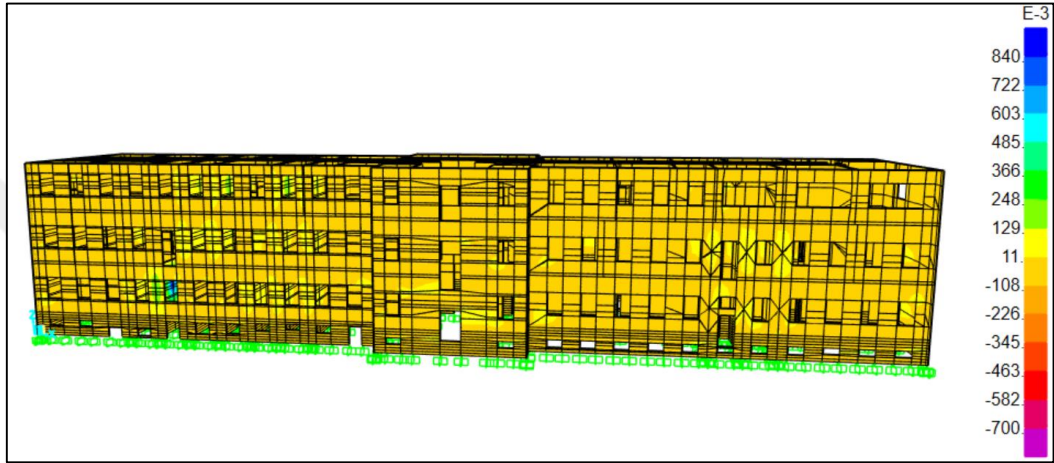


4.85. Chuetsu-oki_ Japan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

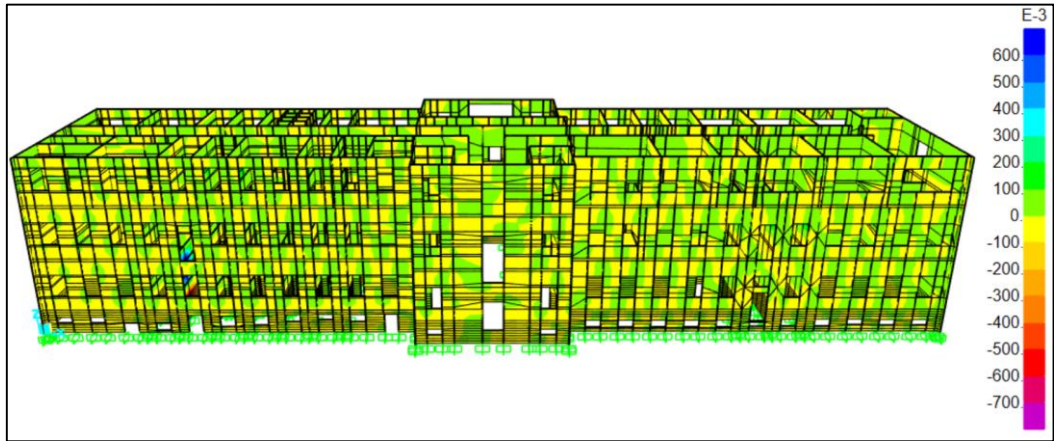
RSN5806 koduna sahip 27 numaralı Iwate_ Japan deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.28’de verilmektedir. Şekil 4.86, Şekil 4.87 ve Şekil 4.88’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.28. Iwate_ Japan depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

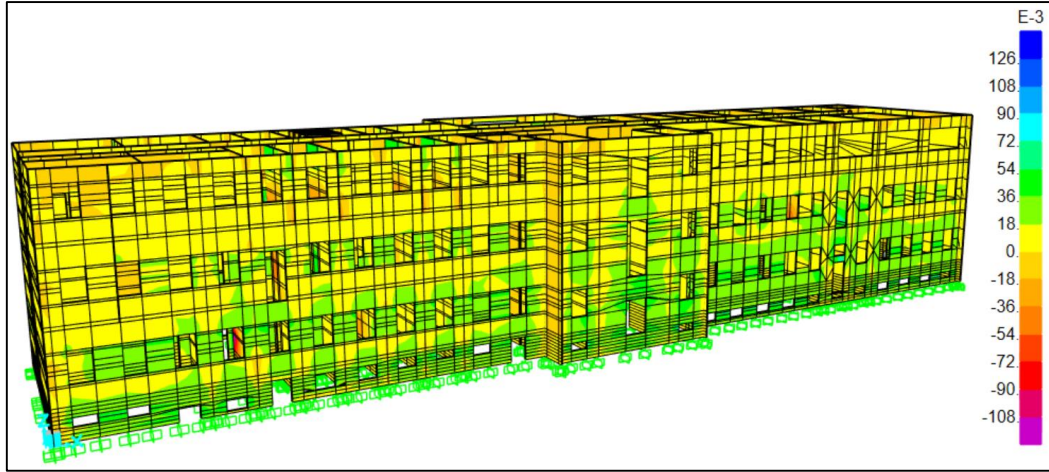
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.882	-0.878	-0.307
Maksimum	0.924	0.825	0.237



4.86. Iwate_ Japan depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.87. Iwate_ Japan depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

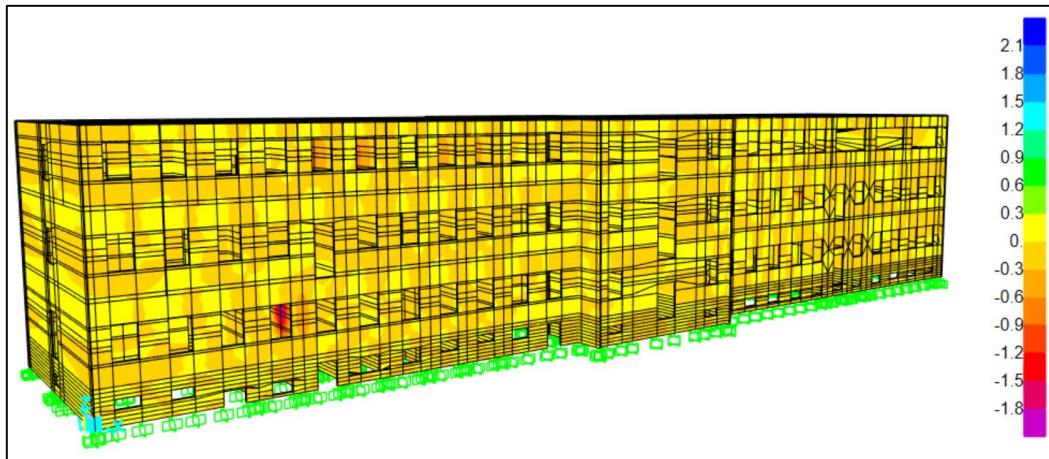


4.88. Iwate_ Japan depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

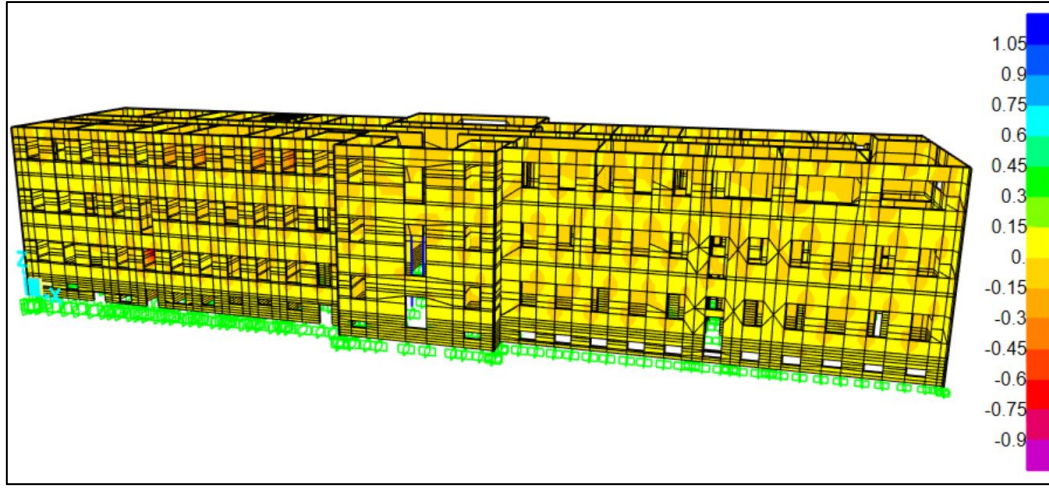
RSN6875 koduna sahip 28 numaralı Joshua Tree_ CA deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.29’da verilmektedir. Şekil 4.89, Şekil 4.90 ve Şekil 4.91’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.29. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

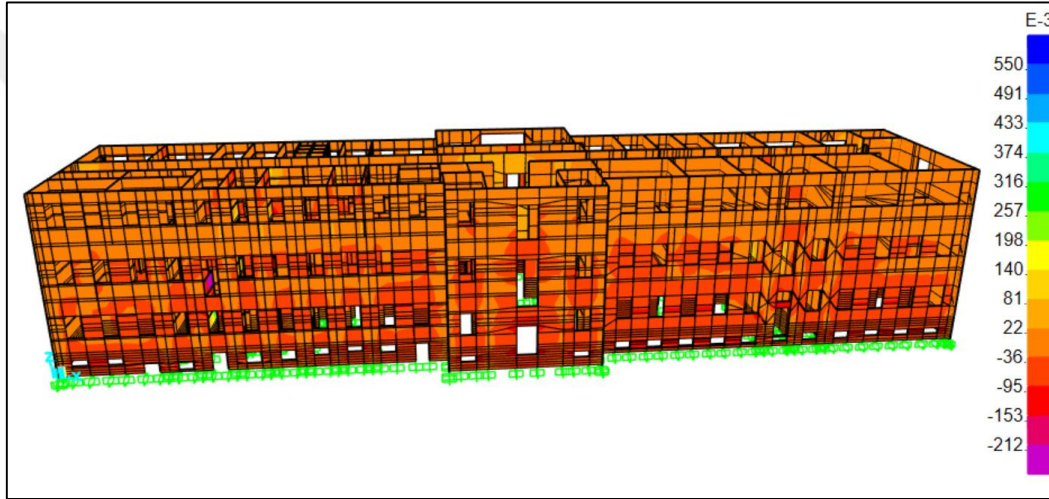
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-2.086	-1.917	-0.715
Maksimum	1.976	1.967	0.710



4.89. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.90. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

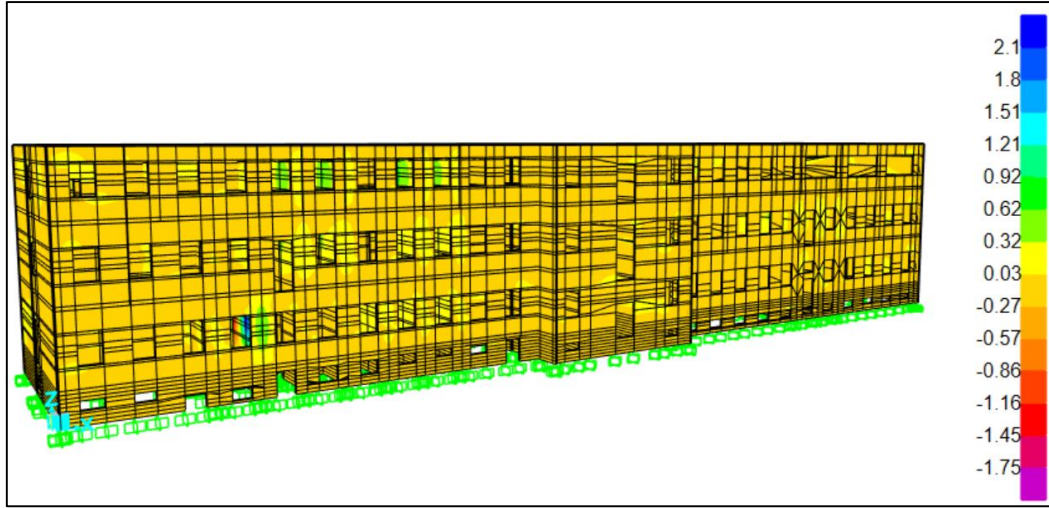


4.91. Joshua Tree_ CA depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

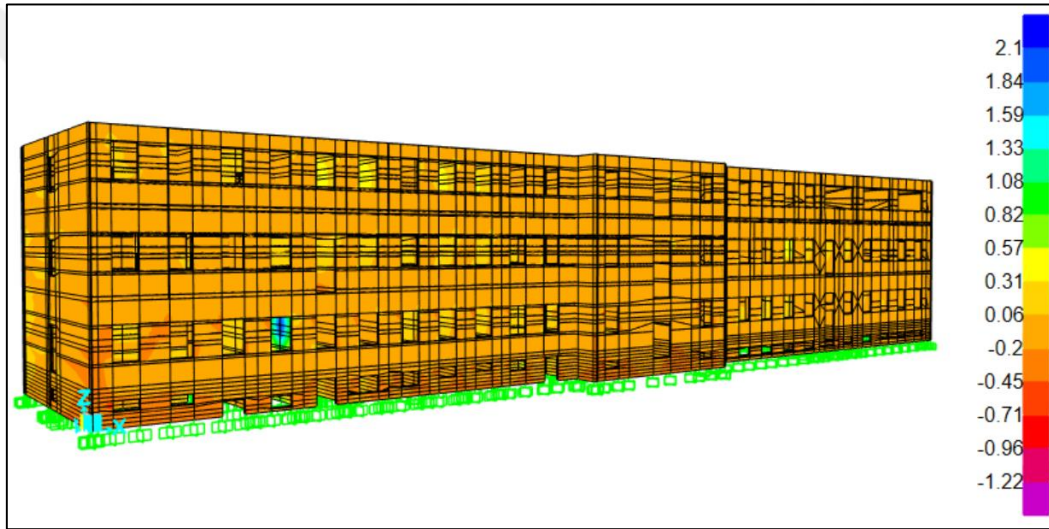
RSN6915 koduna sahip 29 numaralı Darfield_ New Zealand deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.30'da verilmektedir. Şekil 4.92, Şekil 4.93 ve Şekil 4.94'te maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.30. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

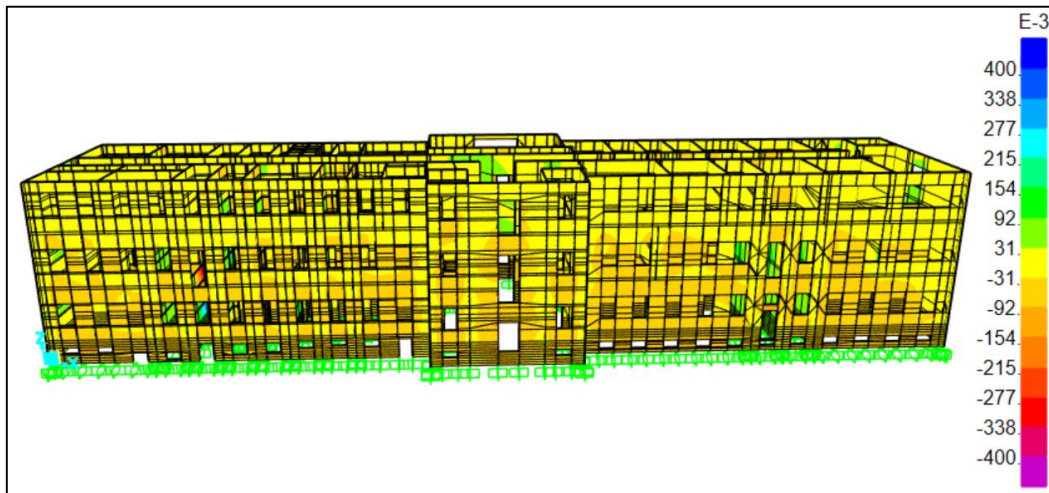
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-2.225	-2.200	-0.684
Maksimum	2.328	2.140	0.938



4.92. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.93. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)

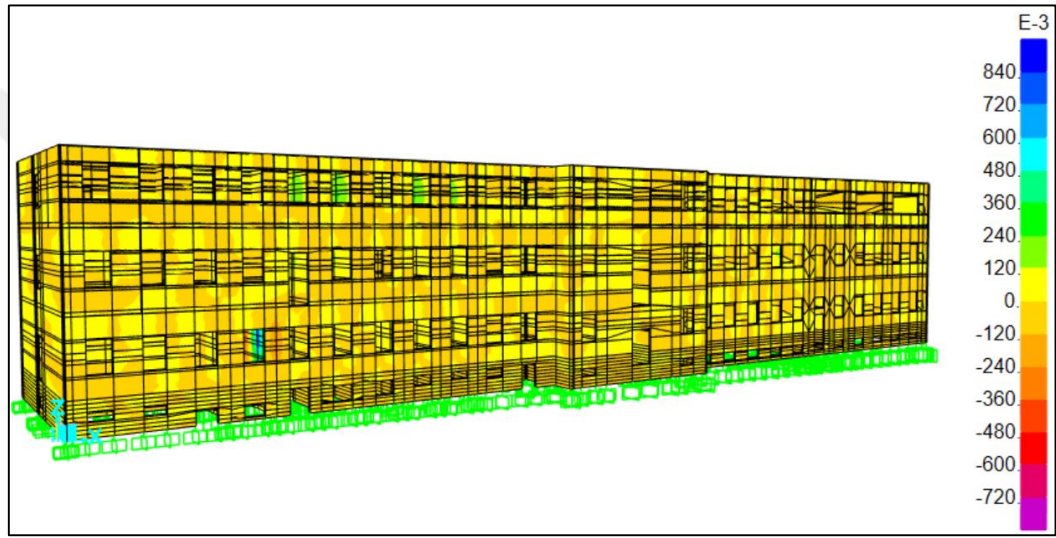


4.94. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

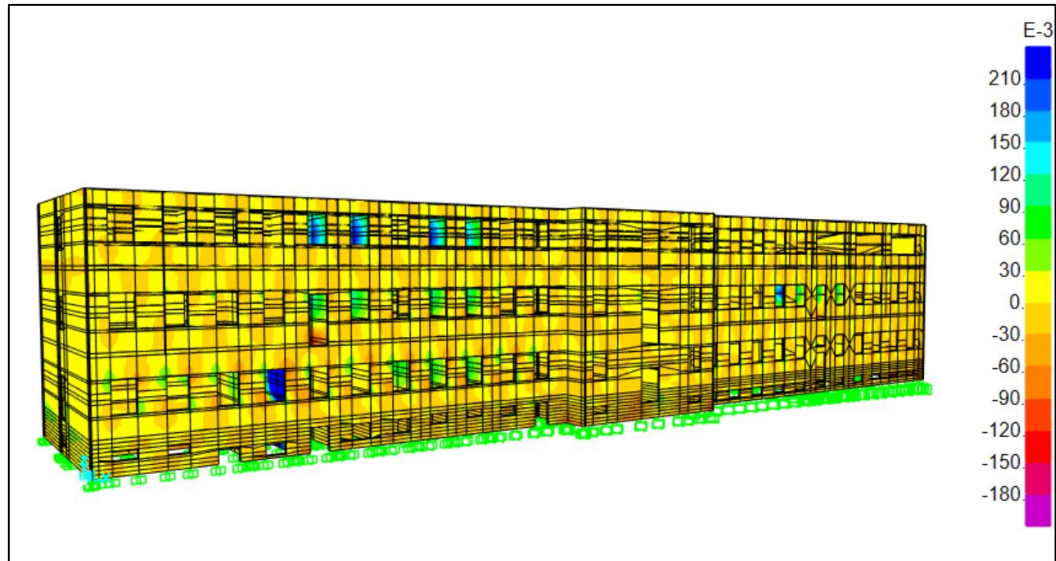
RSN6971 koduna sahip 30 numaralı Darfield_ New Zealand deprem kaydından elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.31’de verilmektedir. Şekil 4.95, Şekil 4.96 ve Şekil 4.97’de maksimum gerilme anında oluşan gerilme dağılımları gösterilmektedir.

Çizelge 4.31. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan gerilme değerleri (N/mm²)

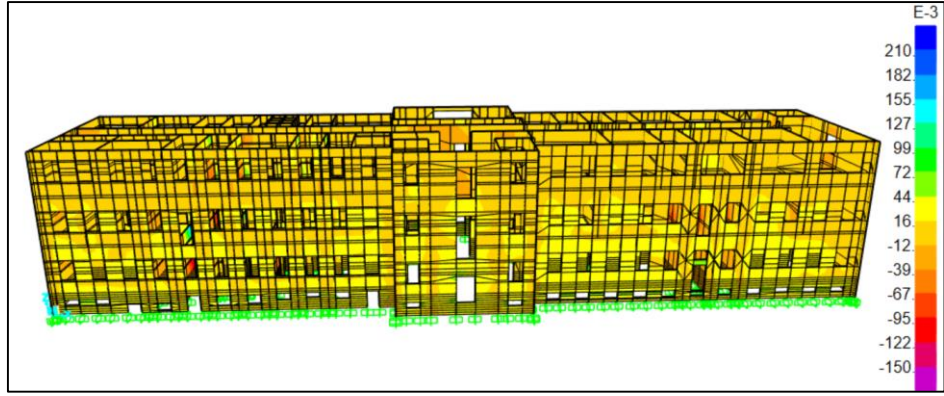
	S11 (N/mm ²)	S22 (N/mm ²)	S12 (N/mm ²)
Minimum	-0.798	-0.790	-0.302
Maksimum	0.840	0.770	0.287



4.95. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S11 gerilmesi (N/mm²)



4.96. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S22 gerilmesi (N/mm²)



4.97. Darfield_ New Zealand depremi etkisinde oluşan S12 gerilmesi (N/mm²)

4.2.4. Yığma yapıda oluşan kayma gerilmesinin değerlendirilmesi

Yığma yapılara deprem yüklerinin etki ettirilmesi sonucu kayma gerilmeleri oluşmaktadır. TBDY (2018)'e göre yığma duvarların kesme kuvvetine bağlı taşıma gücünün hesabı için Denklem (4.1)'e göre hesap yapılmakta ve bu sayede yapının kayma dayanımı kontrolünün yapılması mümkün olmaktadır.

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4\sigma_d \leq 0.10f_b \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'de duvar üzerinde ortalama düşey gerilmeler kullanılarak elde edilen duvar karakteristik kesme dayanımı f_{vk} , duvarların başlangıç kesme dayanımları f_{vk0} , yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesi σ_d ve hesap basınç dayanımı f_b ile ifade edilmektedir.

Duvar karakteristik kesme dayanımı hesabı yapılırken TBDY (2018)'e göre kagir birimin doğal veya yapma taş ve kullanılan harcın M1-M2 sınıfında olması durumunda 0.10 MPa olarak alınması gerektiği belirtildiği için bu çalışmada f_{vk0} değeri 0.10 MPa olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.32'de X yönü için yapılan yapısal analizler sonucunda elde edilen gerilmeler ile TBDY (2018)'e göre taşınabilecek maksimum kayma gerilmesi değerleri ve Çizelge 4.33'te Y yönü için yapılan yapısal analizler sonucunda elde edilen gerilmeler ile TBDY (2018)'e göre taşınabilecek maksimum kayma gerilmesi değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.32. X yönü için kayma dayanımı kontrolü

Deprem Kaydı	Oluşan Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	Oluşan En Büyük Kayma Gerilmesi (N/mm ²)	Hesaplanan Kayma Dayanımı (N/mm ²)	Kontrol
RSN28	1.124	0.425	0.550	✓
RSN70	1.078	0.412	0.531	✓
RSN164	1.487	0.540	0.695	✓
RSN215	1.376	0.533	0.650	✓
RSN296	1.715	0.606	0.786	✓
RSN313	0.818	0.299	0.472	✓
RSN524	1.301	0.493	0.620	✓
RSN543	2.747	0.936	1.20	X
RSN740	0.526	0.217	0.310	✓
RSN827	1.359	0.466	0.644	✓
RSN881	0.839	0.326	0.436	✓
RSN1083	1.116	0.446	0.546	✓
RSN1198	0.431	0.173	0.272	✓
RSN1613	1.129	0.424	0.552	✓
RSN1614	0.995	0.376	0.498	✓
RSN1633	1.688	0.631	0.775	✓
RSN3750	0.653	0.264	0.361	✓
RSN3757	1.103	0.401	0.541	✓
RSN3759	1.460	0.548	0.684	✓
RSN4013	0.849	0.298	0.440	✓
RSN4150	0.528	0.207	0.311	✓
RSN4346	1.219	0.486	0.588	✓
RSN4410	1.566	0.680	0.726	X
RSN4554	2.511	0.822	1.104	X
RSN4841	1.795	0.595	0.818	✓
RSN4882	1.508	0.430	0.703	✓
RSN5806	0.882	0.237	0.453	✓
RSN6875	2.086	0.710	0.934	X
RSN6915	2.225	0.938	0.990	X
RSN6971	0.798	0.287	0.419	✓

Çizelge 4.33. Y yönü için kayma dayanımı kontrolü

Deprem Kaydı	Oluşan Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	Oluşan En Büyük Kayma Gerilmesi (N/mm ²)	Hesaplanan Kayma Dayanımı (N/mm ²)	Kontrol
RSN28	1.109	0.425	0.544	✓
RSN70	1.070	0.412	0.528	✓
RSN164	1.483	0.540	0.693	✓
RSN215	1.367	0.533	0.647	✓
RSN296	1.574	0.606	0.729	✓
RSN313	0.872	0.299	0.449	✓
RSN524	1.386	0.493	0.654	✓
RSN543	2.629	0.936	1.152	X
RSN740	0.575	0.217	0.330	✓
RSN827	1.249	0.466	0.600	✓
RSN881	0.832	0.326	0.432	✓
RSN1083	1.106	0.446	0.542	✓
RSN1198	0.466	0.173	0.286	✓
RSN1613	1.125	0.424	0.55	✓
RSN1614	0.911	0.376	0.464	✓
RSN1633	1.544	0.631	0.718	✓
RSN3750	0.843	0.264	0.437	✓
RSN3757	1.011	0.401	0.504	✓
RSN3759	1.342	0.548	0.637	✓
RSN4013	1.046	0.298	0.518	✓
RSN4150	0.525	0.207	0.310	✓
RSN4346	1.209	0.486	0.584	✓
RSN4410	1.559	0.680	0.724	X
RSN4554	2.309	0.822	1.024	X
RSN4841	1.649	0.595	0.759	✓
RSN4882	1.464	0.430	0.686	✓
RSN5806	0.878	0.237	0.451	✓
RSN6875	1.917	0.710	0.867	X
RSN6915	2.200	0.938	0.980	X
RSN6971	0.790	0.287	0.416	✓

Çizelgelerde doğrusal hesap yöntemi ile elde edilen veriler incelenerek yapının sınır durumu değerlendirilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde tarihi yapıların bir kısmı kamu binası olarak aktif şekilde kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasının öncelikli amacı günümüzde var olan tarihi değerlerin gelecek nesillere aktarımını sağlamaktır. Bu tez kapsamında, çalışma konusu olan Isparta ilinde bulunan Tescilli Taş Bina'nın yapısal davranışı incelenmiştir. Öncelikle söz konusu yapının rölöve projesi irdelenmiştir. Yapı bu projeye uygun olarak SAP2000 V23 sonlu elemanlar yazılımı ile modellenmiştir. Çalışmada yapının mevcut malzemesi olan köfke taşının parametreleri laboratuvar ortamında belirlenmiştir. Yapı malzeme değerler SAP2000 programında tanımlanmış ve yapının sismik davranışının belirlenebilmesi için analizler yapılmıştır.

Yapıda inşa malzemesi olarak kullanılan köfke taşının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Türk Standartlarına uygun olarak ultra ses deneyi, basınç dayanımı testi, Schmidt çekici deneyi ve yarmada çekme (Brezilya) testi yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucunda köfke taşının kuru birim hacim ağırlığı 1413 kg/m^3 , birim hacim ağırlığı 1434 kg/m^3 , dinamik elastisite modülü 4772 MPa , dinamik poisson oranı 0.16 , basınç dayanımı 6.57 N/mm^2 , Schmidt çekici dayanım değeri 17.56 MPa ve yarmada çekme mukavemeti 0.71 Mpa olarak belirlenmiştir.

Tarihi yapıda gerçekleştirilen modal analiz ile yapının periyodu belirlenmiştir. Yapının periyot değeri 0.098 sn olarak belirlenmiştir. Bu değer daha önce yapılan ve boyutları benzer yığma taş tarihi yapılara ait farklı çalışmalarda elde edilen periyot değerleri ile birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

Zaman tanım alanında dinamik analiz ile her deprem kaydı için yapıda oluşan taban kesme kevvetleri, yer değiştirme ve gerilme değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. X yönünde maksimum yer değiştirme 5.77 büyüklüğünde ve kırılma yüzeyine uzaklığı 24.25 km olan Chalfant Valley-01 depremi etkisinde 8.53 mm olarak gerçekleşmiştir. Minimum yer değiştirme ise 7.62 büyüklüğünde ve kırılma yüzeyine uzaklığı 10.96 olan Chi-Chi_ Taiwan depremi etkisinde 1.40 mm olarak belirlenmiştir. Y yönünde maksimum yer değiştirme Chalfant Valley-01 depremi etkisinde 2.37 mm ve minimum yer değiştirme Landers depremi etkisinde 0.44 mm olarak belirlenmiştir. Yapıda oluşan her deprem kaydı için

maksimum taban kesme kuvvetleri incelendiğinde; X yönünde en büyük taban kesme kuvvetinin Chalfant Valley-01 depremi etkisinde 9712.98 kN, en küçük taban kesme kuvvetinin Chi-Chi_ Taiwan depremi etkisinde 1621.95 kN olduğu belirlenmiştir. Y yönünde ise en büyük taban kesme kuvvetinin Chalfant Valley-01 depremi etkisinde 12383.47 kN ve en küçük taban kesme kuvvetinin Duzce_ Turkey depremi etkisinde 2158.99 kN olarak belirlenmiştir.

Zaman tanım alanında doğrusal analizin gerçekleştirilmesiyle yapıda oluşan basınç, çekme ve kayma gerilmeleri elde edilmiştir ve elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Söz konusu yapıda X yönünde oluşan maksimum basınç ve çekme gerilmeleri sırasıyla 2.747 MPa ve 2.801 MPa olarak Chalfant Valley-01 depreminde meydana gelmiştir. Y yönünde oluşan maksimum basınç ve çekme gerilmesi sırasıyla 2.629 MPa ve 2.593 MPa olarak Chalfant Valley-01 depreminde meydana gelmiştir. Yapıda oluşan maksimum ve minimum kayma gerilmeleri incelendiğinde sırasıyla 0.938 MPa ve -0.684 MPa olarak Darfield_ New Zealand depreminde meydana gelmiştir. Ayrıca yapının kayma dayanımı TBDY (2018)'e göre kontrol edilmiş ve elde edilen verilere göre birçok deprem için sınır değerlerinin aşılmadığı görülmüştür.

Tez çalışmasından elde edilen değer ve sonuçlara ek olarak tarihi yapıların gelecek çalışmalarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ve operasyonel modal analiz gibi analiz yöntemleri ile desteklenmesi gerektiği düşünülmekte ve önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbas, M., Elbaz, K., Shen, S.-L., & Chen, J. (2021). Earthquake effects on civil engineering structures and perspective mitigation solutions: a review. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(14), 1350. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07664-5>
- AFAD (2022). Türkiye Deprem Tehlike Haritası. <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> (Son erişim tarihi: 20 Ekim 2022)
- Aghabeigi, P., & Farahmand-Tabar, S. (2021). Seismic vulnerability assessment and retrofitting of historic masonry building of Malek Timche in Tabriz grand bazaar. *Engineering Structures*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112418>
- Akgündüz, N. (2004). *Deprem Bölgelerinde Yığma Yapı Tasarımının Yönetmeliğe Göre İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Akın, K., Sayın, E., & Özmen, A. (2022). Farklı sönüm tipleri altında tarihi yığma köprülerin sismik tepkilerinin değerlendirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(1), 45–59. <https://doi.org/10.35234/fumbd.940435>
- Aktel, M., & Çağlar, N. (2007). Isparta ili afet (kriz) yönetim yapılanması üzerine bir çalışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(3), 147–162.
- Altunok, H. (2022). *Tarihi İshak Paşa Türbesi'nin Deprem Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anadut, H. O. (2016). *Tarihi Yapıların Dinamik Davranışlarının İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim, (2022a). Türkiye Kültür Portalı. <https://kulturportali.gov.tr/turkiye/isparta/kulturenvanteri/isparta-devlethastanesi>. (Son erişim tarihi: 07 Ekim 2022)
- Anonim, (2022b). Wikipedia. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Isparta#Sa%C4%9Fl%C4%B1k> (Son erişim tarihi: 7 Ekim 2022)
- Aral, M., & Tunç, G. (2021). Türkiye’de deprem performansına dayalı bina kimlik bilgilerinin oluşturulmasına yönelik çalışma ve öneriler. *Afet ve Risk Dergisi*, 4(1), 20–41. <https://doi.org/10.35341/afet.825123>

- Aras, F. (2013). Tarihi yığma binalara uygulanan yapısal restorasyonların bina dinamik özelliklerinin etkileri. 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. Eylül 25-27, Hatay.
- Askan, A., & Karimzadeh, S. (2019). A simulated strong ground motion database for potential earthquake scenarios on North Anatolian fault zone. *Turkish Journal of Earthquake Research*, 1(1), 76–97.
- Aslan, A., & Şahin, A. (2016). Karmaşık geometriye sahip tarihi yapıların modellenmesi için bir yaklaşım-Süleymaniye Camii örneği. *Yapı Dünyası, Mayıs-Haziran*, 44–53.
- Avcil, F., Işık, E., Bilgin, H., & Özmen, H. B. (2022). TBDY-2018’de verilen tasarım spektrumlarının anıtsal yığma yapı sismik davranışına etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(16), 165–177. <https://doi.org/10.54365/adyumbd.1051120>
- Ay, Z., Çarhoğlu, A. I., Korkmaz, K. A., Nuhoğlu, A., & Orhon, A. V. (2012). Yığma yapıların yapısal davranışının incelenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim Teknik Dergisi*, 2(2), 41–53.
- Aydın, A., & Şahin, Ö. (2018). Tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmesi: Isparta Aya İshotya (Yorgi) Kilisesi’nin gül müzesi’ne dönüşümü. *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, 17, 63–72. <https://doi.org/10.22520/tubaked.2018.17.004>
- Bayülke, N. (2011). Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği. 1. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. 11-14 Ekim, Ankara.
- Beeson, S., Kubin, J., & Unav, A. I. (2015). Seismic vulnerability of historical masonry structures with irregular geometry. *Gradjevinar*, 67(2), 151–158. <https://doi.org/10.14256/JCE.1107.2014>
- Berkgil, M., & Ayaz, Y. (2020). Polipropilen lif katkılı kerpiç tuğlaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 105-114. <https://doi.org/10.18185/erzifbed.657057>
- Betti, M., & Galano, L. (2012). Seismic analysis of historic masonry buildings: The Vicarious Palace in Pescia (Italy). *Buildings*, 2(2), 63–82. <https://doi.org/10.3390/buildings2020063>
- Bozkurt, S. (2021). *Yatay Derz Donatısıyla Güçlendirilmiş Harman Tuğlası Elemanlarının Performanslarının İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çevikbaş, M., & Usta, P. (2017). Methods of post disaster accommodation in terms of project management; case of Isparta. *Global Journal of Sociology: Current Issues*, 7(2), 90–94. <https://doi.org/10.18844/gjs.v7i2.2234>

- Çırak, İ. F. (2011). Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler. *SDU International Technologic Science*, 3(2), 55–60.
- Clementi, F., Gazzani, V., Poiani, M., & Lenci, S. (2016). Assessment of seismic behaviour of heritage masonry buildings using numerical modelling. *Journal of Building Engineering*, 8, 29–47. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.09.005>
- Çoban, G. (2021). *Mevcut Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çoban, K. (2018). *Tarihi Bayburt Yakutiye (Yeni) Camisi'nin Dinamik Performansının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi)
- Dabanlı, Ö. (2008). *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- De Angelis, A., Maddaloni, G., & Pecce, M. R. (2020). Seismic vulnerability assessment of a monumental masonry building. *Infrastructures*, 5(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5110093>
- Demir, O. (2019). *Tarihi Diyarbakır Dicle (10 Gözlü) Köprüsü'nün Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Diñer, F. İ., & Ertuğrul, S. M. (2000). Kültürel mirasın korunması ve istanbul ilindeki tarihi yapıların turizm amaçlı kullanımı üzerine bir deneme. *Anatolia Turizm Araştırma Dergisi*, 11(2), 69–78.
- Döndüren, M. S., Şişik, Ö., & Demiröz, A. (2017). Tarihi yapılarda görülen hasar türleri. *Selcuk University Journal of Social and Technical*, 13, 45–58.
- Er, A. C. (2013). Geleneksel harman tuğlası ve üretimi. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 2(2), 61–70.
- Ercan, E. (2010). *Tarihi Yığma Yapıların Güvenliklerinin Analitik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Erdemir, M., & Başar, M. E. (2019). Tarihi Konya Hasbey Dar'ül Huffazı'nın (mescit) sonlu elemanlar analizi yöntemiyle deprem davranışının incelenmesi. *Journal of Awareness*, 4(4), 419–432. <https://doi.org/10.26809/joa.4.033>
- Ertekin, B. (2020). *Mevcut Bir Yığma Yapının Sismik Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Güner, Y. (2018). *Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Halaç, H. H., Başer, E., Gülşen, M., & Fedakar, B. (2022). Tarihi yapılarda bütünleme müdahalesi değerlendirmesinde yöntem önerisi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 21(1), 1–21.
- Kara, H. G. (2009). *Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarım ve Güçlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kejanlı, T., Akın, C. T., & Yılmaz, A. (2007). Türkiye’de koruma yasalarının tarihsel gelişimi üzerine bir inceleme. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 179–196.
- Kitiş, Y. E., & Onat, O. (2012). Isparta ili ve yakın çevresindeki bazı önemli tarihi yapılarda görülen yabancı ot türleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3), 333–341.
- Kırıcı, H. K., & Yağbasan, Ö. (2019). Türkiye’deki Fay Hatlarıyla Depremler Arasındaki İlişkinin Öğrencilere Anlatımında, CBS Ortamında Hazırlanan Materyallerin Etkisi. *International EJERCongress*. June 19-22, Ankara, 97–98.
- Koç, V. (2016). Depreme maruz kalmış yığma ve kırsal yapı davranışlarının incelenerek yığma yapı yapımında dikkat edilmesi gereken kuralların derlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 36–57.
- Kocaman, İ., Okuyucu, D., & Kazaz, İ. (2019). Tarihi yapı malzeme özelliklerinin dinamik parametrelerle belirlenmesi: Lala Paşa Camii örneği. *Teknik Dergi*, 30(3), 9125-9146. <https://doi.org/10.18400/tekderg.347739>
- Koçu, N., & Korkmaz, S. Z. (2004). Kerpiç Malzeme İle Üretilen Yapılarda Deprem Etkilerinin Tespiti. 2. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, 6-8 Ekim, İstanbul, 52–62.
- Korkmaz, K. A., Zabin, P., Çarhoğlu, A. I., & Nuhoglu, A. (2014). Rize Merkez Kurşunlu Camisi’nin deprem davranışının incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(3), 149–156.
- Lourenço, P. B. (2002). Computations on historic masonry structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 4(3), 301–319. <https://doi.org/10.1002/pse.120>
- Lourenço, P. B., Krakowiak, K. J., Fernandes, F. M., & Ramos, L. F. (2007). Failure analysis of Monastery of Jerónimos, Lisbon: how to learn from sophisticated numerical models. *Engineering Failure Analysis*, 14(2), 280–300. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2006.02.002>

- Nuhoğlu, A., Ercan, E., & Baranaydın, F. (2021). Ayasuluk Kalesi sur duvarlarının yapısal davranış analizleri ve onarım/güçlendirme çalışmaları. *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, 37–62. <https://doi.org/10.22520/tubaked.2021.23.002>
- Onat, O., & Sayın, E. (2015). Tarihi Tağar Köprüsünün Doğrusal Olmayan Sismik Analizi. 5. *Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, 1-3 Ekim, Erzurum, 301–312.
- Özmen, A., & Sayın, E. (2020). Tarihi yığma bir köprünün deprem davranışının değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 956–965. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.715121>
- Özmen, B. (2012). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 55(1), 43–55.
- Özşahin, E. (2013). Türkiye’de Yaşanmış (1970-2012) Doğal Afetler Üzerine Bir Değerlendirme. 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eylül 25-27, Hatay.
- Öztaş, V. (2009). *Yığma Yapıların Güçlendirilmesi ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- PEER (2022). Pacific Earthquake Engineering Research Center Ground Motion Database. <https://peer.berkeley.edu/> (Son erişim tarihi: 08 Kasım 2022)
- Ramos, L. F., & Lourenço, P. B. (2004). Modeling and vulnerability of historical city centers in seismic areas: a case study in Lisbon. *Engineering Structures*, 26(9), 1295–1310. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2004.04.008>
- Sağıroğlu, A. Z. (2015). Türkiye’nin değişen göç karakteri. *Sosyoloji Divanı*, 6, 9–30.
- Samberou, A. M. S. (2021). *Yığma Duvarların Çevrimsel Yükler Altında Davranışlarının Deneysel ve Sonlu Eleman Yöntemiyle Belirlenmesi ve FRP Malzemesiyle Güçlendirilmesi*. (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- SAP2000® Software Version 23, Computer and Structures, Inc. Berkeley, California, USA.
- Satılmış, S. (2018). Birinci el kaynaklara göre ısparta depremleri (19. yüzyılın ikinci yarısı). *Selçuk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 40, 297–312. <https://doi.org/10.21497/sefad.515374>
- Sayın, E. (2009). *Yığma Yapıların Lineer Olmayan Statik ve Dinamik Analizi*. (Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Sepetçi, Ö. (2012). *Edirne Kaleiçi'nde Yer Alan Erken 20.yy Kamu Yapılarına Ait Taşıyıcı Sistemlerinin ve Yapı Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Şişman, C. B., Kocaman, İ., & Gezer, E. (2006). Tekirdağ yöresinde üretilen ve tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan tuğlanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 32–40.
- Sucuoğlu, H. (2019). 2019 Türkiye bina deprem yönetmeliğinde başlıca yenilikler. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(1), 63–75.
- Taşlıgil, N., & Şahin, G. (2016). Yapı malzemesi olarak kullanılan türkiye doğal taşlarının iktisadi coğrafya odağında analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 33, 607–640.
- Teomete, E. (2004). *Finite Element Modeling of Historical Masonry Structures; Case Study: Urla Kamanlı Mosque*. (Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü)
- Türk, A. (2006). Isparta kent merkezinde bulunan tescilli konutların özellikleri, koruma sorunları ve değerlendirme önerileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 274–283.
- Türker, T., Demirtaş, B., Ural, A., & Kömür, M. A. (2021). Seismic behavior of historical inclined minarets under near and far fault ground motions. *Journal of Earthquake Engineering*, 26(11), 5866–5880. <https://doi.org/10.1080/13632469.2021.1908459>
- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- TS 699 (2009). Tabii yapı taşları-Muayene ve Deney metotları. TSE, Ankara.
- TS EN 772-1 (2015). Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 1097-6 (2022). Tane yoğunluğu tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 12390-6 (2010). Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini. TSE, Ankara.
- Usta, P. (2016). *İzmir Kent Merkezi Tarihi Yapılarının Deprem Davranışı ve Sismik Risk Değerlendirmesi İçin Yaklaşık Bir Yöntem Önerisi*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Usta, P., & Bozdağ, Ö. (2021). Earthquake analysis of historical Basdurak mosque. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 27(3), 244–250. <https://doi.org/10.5505/pajes.2020.31384>

Uysal, N., Usta, P., & Bozdağ, Ö. (2022). Structural resistance of the referenced reinforced concrete structure under earthquake and wind load in mediterranean region. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 11(1), 142–150. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1060359>

Verhaert, G., Similox-Tohon, D., Vandycke, S., Sintubin, M., & Muchez, P. (2006). Different Stress states in the burdur-ısparta region (sw turkey) since late miocene times: a reflection of a transient stress regime. *Journal of Structural Geology*, 28(6), 1067–1083. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2006.03.013>

Yıldırım, A. (2021). *Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Kilisesi'nin Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

