



**TARİHİ ALAEDDİN BEY CAMİSİ'NİN DEPREM
DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ VE FARKLI
GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

İdris ŞENTÜRK

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği
Anabilim Dalı
Doç. Dr. Musa ARTAR
2021
(Her Hakkı Saklıdır)**

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TARİHİ ALAEDDİN BEY CAMİSİ’NİN DEPREM DAVRANIŞIN BELİRLENMESİ VE
FARKLI GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

(Determining The Earthquake Behavior of Historical Alaeddin Bey Mosque and Investigation of
Different Retrofit Techniques)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İdris ŞENTÜRK

Danışman: Doç. Dr. Musa ARTAR

Bayburt
Aralık, 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Doç. Dr. Musa ARTAR danışmanlığında, 162004025 numaralı İdris şENTÜRK tarafından hazırlanan “Tarihi Alaeddin Bey Camisi’nin Deprem Davranışının Belirlenmesi ve Farklı Güçlendirme Tekniklerinin Araştırılması” adlı bu çalışma 15/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

İmza:

Jüri Üyesi :

İmza:

Jüri Üyesi :

İmza:

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

15/12/2021

Doç. Dr. Fatih GÜRBÜZ

Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Tarihi Alaeddin Bey Camisi’nin Deprem Davranışının Belirlenmesi ve Farklı Güçlendirme Tekniklerinin Araştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

15/12/2021

İdris ŞENTÜRK

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince bana engin bilgi ve tecrübelerini aktaran, tezin hazırlanmasında beni yönlendiren, değerli zamanını bana ayıran ve yoğun çalışma hayatıma rağmen sabır ve anlayışından ötürü çok kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Musa ARTAR' a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamda bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Muhammet YURDAKUL' a ve Arş. Gör. Dr. Mustafa ERGÜN' e teşekkürü borç bilirim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen her konuda yanımda olan çok değerli ailem ve bilhassa sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

İdris ŞENTÜRK

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARİHİ ALAEDDİN BEY CAMİSİ’SİNİN DEPREM DAVRANIŞININ
BELİRLENMESİ VE FARKLI GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

İdris ŞENTÜRK

Aralık 2021, 108 sayfa

Ülkemizde geçmişten günümüze aktarılan birçok tarihi yapı bulunmaktadır. Bu yapılar birbirinden farklı zamanlarda inşa edilmiş, yapım şekilleri, kullanılan malzemeler ve işçilik gibi detaylar bakımından oldukça ihtişamlı ve dikkat çekicidir. Binlerce yıllık geçmişe sahip bu kültürel mirasların, yapısal bütünlükleri korunarak gelecek nesillere de aktarılması çok önemlidir. Bu nedenle tarihi yapıların mevcut durumlarının incelenmesi ve deprem performanslarının bilinmesi gerekir.

Bu çalışmada, Muş İli merkezinde bulunan 1746-1748 yılları arasında inşa edilmiş olan tarihi Alaeddin Bey Camisi, sonlu elemanlar yöntemine göre çalışan SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Tarihi yapının deprem performansının belirlenmesi için bazı gerçek deprem kayıtları (13 Mart 1992 Erzincan, 23 Ekim 2011 Van-Erciş ve 17 Ağustos 1999 Kocaeli) yapıya uygulanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde dinamik yükler etkisi altında yapının yeterli dayanıma sahip olmadığı kısımlar tespit edilmiştir. Belirlenen riskli bölgelere Karbon Fiber Takviyeli Polimer (KFTP) ve çelik plaka ile güçlendirme alternatifleri denenerek hasar risklerinin meydana gelmemesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapılar, deprem, sonlu elemanlar analizi, KFTP, güçlendirme.

ABSTRACT
MASTER DISSERTATION
DETERMINING THE EARTHQUAKE BEHAVIOR OF HISTORICAL ALAEDDIN
BEY MOSQUE AND INVESTIGATION OF DIFFERENT RETROFIT TECHNIQUES
İdris ŞENTÜRK
December 2021, 108 pages

There are many historical buildings in our country that have been transferred from the past to the present. These structures were built at different times from each other and are quite magnificent and remarkable in terms of details such as construction methods, materials used and workmanship. It is very important that these cultural heritages, which have a history of thousands of years, are transferred to future generations by preserving their structural integrity. For this reason, it is necessary to examine the current conditions of historical buildings and to know their earthquake performance.

In this study, the historical Alaeddin Bey Mosque, which was built between 1746 and 1748 in the city center of Muş, was modeled in three dimensions in the SAP2000 program, which works according to the finite element method. In order to determine the earthquake performance of the historical building, some real earthquake records (March 13, 1992 Erzincan, October 23, 2011 Van-Erciş and August 17, 1999 Kocaeli) were applied to the structure. When the results of the analysis were examined, parts of the structure that did not have sufficient strength under the effect of dynamic loads were determined. Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) and steel plate retrofit alternatives were tried in the identified risky areas, and it was aimed to avoid the risk of damage.

Keywords: Historical buildings, earthquake, finite element analysis, CFRP, retrofitting.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZ.....	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
Giriş	1
Literatür Özeti.....	1
Çalışmanın Amacı	18
İKİNCİ BÖLÜM	19
Alaeddin Bey Camii Hakkında Bilgiler	19
Tarihçesi	19
Coğrafi Konumu.....	20
Yapısal ve Mimari Özellikleri.....	20
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	30
Karmaşık Yapıların Modellenmesi.....	30
Detaylı Mikro Modelleme	30
Basitleştirilmiş Mikro Modelleme	30
Makro Modelleme	31
SAP2000 Programı ile Yapı Sistemlerinin Çözümü	32
SAP2000 Programında Kullanılan Kavramlar	32
Düğüm noktaları.....	32
Çubuk elemanlar.	33
Kabuk elemanlar.	33

Katı elemanlar.	35
Sonlu Elemanlar Metodu.....	36
Yapısal Modelleme.....	38
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	47
Yığma Yapılarda Güçlendirme Yöntemleri	47
Yapının Hasar Gören veya Yıkılan Bölümlerinin Yeniden İnşası	47
Harç ve Epoksi Enjeksiyonu	47
Püskürtme Beton ile Güçlendirme	48
Taşıyıcı Duvarların Çelik Elemanlar ile Güçlendirilmesi.....	50
Lifli Polimer ile Güçlendirme	51
FTP türleri.	54
BEŞİNCİ BÖLÜM.....	57
Alaeddin Bey Cami’sinin Farklı Karakteristik Özelliklere Sahip Deprem Etkileri Altında Davranışının İncelenmesi	57
Yapının Modal Analizi.....	57
Güçlendirilmemiş Yapının Deprem Analizi	61
13 Mart 1992 Erzincan depremi.....	61
23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi.....	69
17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi.	76
Güçlendirilmiş Yapının Deprem Analizleri	85
KFTP ile minarenin içten güçlendirilmesi.	85
KFTP ile minarenin içten ve dıştan güçlendirilmesi.....	87
Çelik plaka ile minarenin içten güçlendirilmesi.....	89
Çelik plaka ile minarenin farklı kotta içten güçlendirilmesi.....	91
Çelik plaka ile içten, KFTP ile dıştan minarenin güçlendirilmesi.	93
ALTINCI BÖLÜM.....	97
Sonuç, Tartışma ve Öneriler.....	97
Kaynakça	99
Öz Geçmiş	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Giriş kapısı (a) ve batı cephesi (b) üzerindeki kitabeler.	19
Şekil 2. Alaeddin Bey Camii görüntüsü-1.	19
Şekil 3. Alaeddin Bey Camii harita üzerindeki konumu.	20
Şekil 4. Alaeddin Bey Camii görüntüsü-2.	20
Şekil 5. Bitlis Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2011 yılında AutoCAD programında hazırlanmış vaziyet planı.	21
Şekil 6. Bitlis Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2011 yılında AutoCAD programında hazırlanmış rölöve zemin planının sadeleştirilmiş hali.	21
Şekil 7. Alaeddin Bey Camii fil ayakları görünümü.....	22
Şekil 8. Alaeddin Bey Camii ana kubbe görünümü.....	23
Şekil 9. Alaeddin Bey Camii sütun görünümü.	23
Şekil 10. Alaeddin Bey Camii son cemaat yeri görünümü.	24
Şekil 11. Alaeddin Bey Camii minare görünümü.	24
Şekil 12. Alaeddin Bey Camide kullanılan kesme taş görünümleri.	25
Şekil 13. Alaeddin Bey Camii kubbe görünümü ve harman tuğlası.	25
Şekil 14. Alaeddin Bey Camii beden duvarları kademe görünümü.....	26
Şekil 15. Alaeddin Bey Camii sekizgen kasnak ve üstten görünümü.....	27
Şekil 16. Alaeddin Bey Camii kuzey cephe görünüşü.....	27
Şekil 17. Alaeddin Bey Camii güney cephe görünüşü.	28
Şekil 18. Alaeddin Bey Camii doğu cephe görünüşü.	28
Şekil 19. Alaeddin Bey Camii batı cephe görünüşü.	29
Şekil 20. Detaylı mikro modelleme tekniği (Tetik, 2015, s. 69).....	30
Şekil 21. Basitleştirilmiş mikro modelleme tekniği (Yıldızoğlu, 2019, s. 32).	31
Şekil 22. Makro modelleme tekniği (Yıldızoğlu, 2019, s. 33).....	31
Şekil 23. Alaeddin Bey Camii makro model örneği.	32
Şekil 24. Bir boyutlu çubuk eleman.....	33
Şekil 25. Dört düğüm noktalı kabuk eleman (Şimşek, 2010, s. 36).....	33
Şekil 26. Kabuk elemanlarda oluşan gerilmeler (Şimşek, 2010, s. 36).	34
Şekil 27. Mebrane düğüm noktalarındaki kuvvet vektörleri (Fahjan, 2008, s. 39).	34
Şekil 28. Plak düğüm noktalarındaki kuvvet vektörleri (Fahjan, 2008, s. 40).....	34
Şekil 29. Levha, mebran ve kabuk elemanlarda ki kuvvet vektörlerinin ifadeleri (Fahjan, 2008, s. 41).	35
Şekil 30. Kabuk (Shell) eleman iç kuvvet yönleri (Fahjan, 2008, s. 43).	35

Şekil 31. Solid elemanlarda oluşan gerilmeler ve yönleri.	35
Şekil 32. Alaeddin Bey Camii yapısal modelinde bulunan solid ve shell elemanlar.	36
Şekil 33. Sonlu elemanların modellenmesi: a) Fiziksel model, b) Sonlu elemanlara ayrılmış matematiksel model (Fahjan, 2008, s. 10).	37
Şekil 34. Sonlu eleman yönteminde kullanılan bazı eleman modelleri (Baltacı, 2020, s. 45)..	37
Şekil 35. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modelli plan görünüşü.	39
Şekil 36. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 1.	40
Şekil 37. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 2.	40
Şekil 38. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 3.	41
Şekil 39. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 4.	41
Şekil 40. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 5.	42
Şekil 41. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 6.	42
Şekil 42. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 7.	43
Şekil 43. Alaeddin Bey Cami'nin minare modellemesine ait aşamalar 1.....	43
Şekil 43 (Devam). Alaeddin Bey Cami'nin minare modellemesine ait aşamalar 1.....	44
Şekil 44. Alaeddin Bey Cami'nin minare modellemesine ait aşamalar 2.....	45
Şekil 45. Enjeksiyon uygulamasına ait aşamalar (TYDRYK, 2017, s. 180).	48
Şekil 46. Tek taraflı ve iki taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması (Celep, 1998; Akt., Özsera, 2009, s. 21, 22).	49
Şekil 47. Yığma duvarların püskürtme beton ile güçlendirilmesi uygulamaları (URL-2).	49
Şekil 48. Pencere boşluklarının gergi çubukları ile güçlendirilmesi (Öncü, 2011, s. 78).....	50
Şekil 49. Gergi demirlerinin duvarın dış yüzeyine yerleştirilmesi (Öncü, 2011, s. 78).	50
Şekil 50. FTP'de kullanılan bazı lif türleri (Başaran, 2019, s. 29).	51
Şekil 51. Üretim şekillerine göre bazı FTP çeşitleri (URL-3).	51
Şekil 52. Reçinenin uygulama yapılacak yüzeye uygulanışı (Çöğür, 2007, s.118).	52
Şekil 53. Reçinenin FTP üzerine uygulanışı (Çöğür, 2007, s. 118).	52
Şekil 54. FTP' nin duvara uygulanışı (Çöğür, 2007, s. 119).....	52
Şekil 56. FTP' nin kubbe kasnağına uygulanışı (Güler vd., 2004; Akt., Aköz, 2008, s. 39)....	53
Şekil 57. FTP' nin kemerlere uygulanışı (Onar, 2007, s. 28).	53
Şekil 58. Tek ve çift yönlü çeşitli FTP sistemleri (Güneş, 2004; Akt., Dalyan, 2019, s. 37)....	54
Şekil 59. Tarihi yapılarda şerit ve kumaş KFTP güçlendirme örnekleri (Koç, 2015, s. 5).....	54
Şekil 60. Çeşitli FTP türlerine ait malzeme özellikleri (İşler, 2014, s. 63).	55
Şekil 61. KFTP, CFTP ve AFTP kumaşlara ait görseller (URL-6).	55
Şekil 62. Tüm modlara ait periyot değerleri.	57
Şekil 63. X ve Y yönündeki toplam kütle katılım oranları.	58

Şekil 64. Birinci mod (Y yönünde öteleme), $T= 0,245s$.	58
Şekil 65. İkinci mod (X yönünde öteleme), $T= 0,240s$.	59
Şekil 66. Üçüncü mod (Burkulma), $T= 0,073s$.	59
Şekil 67. Dördüncü mod (Burkulma), $T= 0,071s$.	60
Şekil 68. Beşinci mod (Burulma), $T= 0,054s$.	60
Şekil 69. 13 Mart 1992 Erzincan depremi ivme kayıtlarının iki bileşeni (Yurdakul vd., 2021, s. 271).	62
Şekil 70. Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	62
Şekil 70 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	63
Şekil 71. Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	63
Şekil 71 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	64
Şekil 72. Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	64
Şekil 72 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	65
Şekil 73. Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	65
Şekil 73 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	66
Şekil 74. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	66
Şekil 74 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	67
Şekil 75. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	68
Şekil 76. 23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi ivme kayıtlarının iki bileşeni (Yurdakul vd., 2021, s. 271).	69
Şekil 77. Van-Erciş depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	70
Şekil 78. Van-Erciş depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	71
Şekil 79. Van-Erciş depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	72
Şekil 80. Van-Erciş depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	73
Şekil 81. Van -Erciş depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	74
Şekil 82. Van-Erciş depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	75
Şekil 83. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi ivme kayıtlarının iki bileşeni (Yurdakul vd., 2021, s. 270).	76
Şekil 84. Kocaeli depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	77
Şekil 85. Kocaeli depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	78
Şekil 86. Kocaeli depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	79
Şekil 87. Kocaeli depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	80
Şekil 88. Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	81
Şekil 88 (Devam). Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).	82
Şekil 89. Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).	82

<i>Şekil 89 (Devam).</i> Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).....	83
<i>Şekil 90.</i> Minare gövdesinde oluşan hasar örneği (Doğanğün vd., 2008, s. 507).....	84
<i>Şekil 91.</i> Birinci güçlendirme yönteminin uygulama metodu.	85
<i>Şekil 92.</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).....	86
<i>Şekil 92 (Devam).</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)....	87
<i>Şekil 93.</i> İkinci güçlendirme yönteminin uygulama metodu.	87
<i>Şekil 94.</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).....	88
<i>Şekil 94 (Devam).</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)....	89
<i>Şekil 95.</i> Üçüncü güçlendirme yönteminin uygulama metodu.	89
<i>Şekil 96.</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).....	90
<i>Şekil 96 (Devam).</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)....	91
<i>Şekil 97.</i> Dördüncü güçlendirme yönteminin uygulama metodu.	91
<i>Şekil 98.</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).....	92
<i>Şekil 98 (Devam).</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)....	93
<i>Şekil 99.</i> Beşinci güçlendirme yönteminin uygulama metodu.	93
<i>Şekil 100.</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).....	94
<i>Şekil 100 (Devam).</i> Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)..	95

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Modelde Kullanılan Elemanlara Ait Bazı Mekanik Özellikler (Şeker vd., 2015)</i>	45
Tablo 2. <i>Modelde Kullanılan KFTP Tabakanın Geometrik Özellikleri (Koç, 2004)</i>	56
Tablo 3. <i>Modelde Kullanılan KFTP Malzemenin Mekanik Özellikleri (Koç, 2004)</i>	56
Tablo 4. <i>İlk Beş Moda Ait Periyot Değerleri ve Kütle Katılım Oranları (U: Yer Değiştirme)</i>	57
Tablo 5. <i>Alaeddin Bey Cami 'nin Deprem Davranışı Belirlemede Kullanılan Depremler</i>	61
Tablo 6. <i>Alaeddin Bey Cami 'sine Uygulanan Depremlerin Sonucunda Elde Edilen Maksimum Çekme ve Maksimum Basınç Normal Gerilme Değerleri</i>	83
Tablo 7. <i>13 Mart 1992 Erzincan Depremi Etkisinde Alaeddin Bey Cami 'sine Uygulanan Güçlendirme Yöntemleri Sonucunda Elde Edilen S_{33} Maksimum Çekme Normal Gerilme Değerleri</i>	95

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

cm	: Santimetre
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
kN	: Kilonewton
m	: Metre
m²	: Metrekare
m³	: Metreküp
mm	: Milimetre
mm²	: Milimetrekare
MPa	: Megapaskal
M_w	: Moment büyüklüğü
N	: Newton
S₁₁	: Katı Elemanda X eksenindeki normal gerilme
S₂₂	: Katı Elemanda Y eksenindeki normal gerilme
S₃₃	: Katı Elemanda Z eksenindeki normal gerilme
S₁₂	: Katı Elemanda (X-Y) düzlemindeki kayma gerilmesi
S₁₃	: Katı Elemanda (X-Z) eksenindeki normal gerilme
S₂₃	: Katı Elemanda (Y-Z) eksenindeki normal gerilme
s	: Saniye
T	: Periyot
U	: Yer değiştirme
UX	: X doğrultusunda yer değiştirme
UY	: Y doğrultusunda yer değiştirme
UZ	: Z doğrultusunda yer değiştirme
ΣUX	: X doğrultusundaki toplam yer değiştirme
ΣUY	: Y doğrultusundaki toplam yer değiştirme

Kısaltmalar

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AFAD	: T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AFTP	: Aramid Fiber Takviyeli Polimer
KFTP	: Karbon Fiber Takviyeli Polimer
DBYYHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
FEM	: Finite Element Method
FTP	: Fiber Takviyeli Polimer
CFTP	: Cam Fiber Takviyeli Polimer
Ra	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
SAP	: Structural Analysis Program
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Ülkemiz oldukça zengin bir tarihi yapı mirasına sahiptir. Kültürel miras niteliğinde olan bu yapıların, olası doğal afetler yaşanmadan önce korunması gerekir. Bu nedenle tarihi yapıların korunması ve geleceğe güvenle aktarılması üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Türkiye nüfusunun yapılaştığı bölgeler, genel olarak deprem riski yüksek bölgelerdedir. Bu yüzden tarihi yapıların her birinin titizlikle incelenip depreme karşı güvenli duruma getirilmeleri gerekmektedir. Onarım veya güçlendirme ile bu durum sağlanmaktadır. Ancak uygulanacak yöntemlerde dikkat edilmesi gereken hususlardan biride tarihi yapının aslının ve dokusunun bozulmamasıdır. Bu uygulamaların yeterli bilgi ve tecrübeye sahip kişilerce yapılması gerekmektedir.

Literatür Özeti

Bernardeschi, Padovani ve Pasquinelli (2004), yapmış oldukları çalışmada İtalya’da bulunan Buti Çan Kilise’ sini kendi yükleri altında ve yatay yükler altında sonlu elemanlar yöntemine göre analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarında elde ettikleri çatlakları gerçek çatlak dağılımı ile karşılaştırmışlardır.

Kanca (2004), yapmış olduğu çalışmada İstanbul’da bulunan Beyoğlu Postane Hizmet Binası ile Beyoğlu Han Binası üzerinde incelemeler yapmıştır. Her iki yapının ilk günkü tasarımı ile ABYYHY 1998’ e göre karşılaştırılmasını yapmıştır. Yaptığı karşılaştırmada bazı maddelerin ABYYHY 1998’ e uymadığını belirtmiştir. Sonuç olarak her iki yapının da yapıldıkları yıldan bugüne kadar geçirdikleri depremlere rağmen yapısal ağır hasarlara uğramadıklarını tespit etmiştir.

Bastianini, Corradi, Borri ve Di Tomasso (2005), yapmış oldukları çalışmada İtalya’da bulunan ve 1997 tarihinde ağır hasar almış olan tarihi bir yapıyı ele almışlardır. KFTP ile güçlendirilmiş tarihi yapının statik ve dinamik testlerini yaparak deney sonuçlarını incelemişlerdir.

Coşgun (2005), yapmış olduğu çalışmada yüksek silindirik yığma yapıları lif takviyeli polimer ile güçlendirerek performanslarındaki değişimleri incelemiştir. Çalışmasında İstanbul’ da bulunan tarihi Dolmabahçe camisinin minaresini SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellemiş ve yapının kendi ağırlığı ile yerel zemin sınıflarına göre analizlerini yapmıştır. Analizler sonucunda gerilmelerin yüksek çıktığı yerleri belirleyip 1 kat, 20 kat, 40 kat, 60 kat, 80 kat, 100 kat ve 120 kat lif takviyeli polimer malzeme ile sarılarak güçlendirilmesi ve bu yöntemin minarenin performansına etkilerini incelemiştir.

ElGawady, Lestuzzi ve Bodoux (2005), yapmış oldukları çalışmada yığma duvarların güçlendirilmesi için fiber takviye polimer ile güçlendirilmesi yöntemini denemişlerdir. FTP ile güçlendirilmiş yığma duvarlar üzerinde dinamik analizler yapmışlardır. Deneysel çalışmalarını beş adet yarım ölçekli yığma duvar numuneleri inşa edip numuneler üzerinde yapmışlardır.

Kuruşçu (2005), yapmış olduğu çalışmada yığma yapıların tarihçesi, malzeme özellikleri ve yığma yapı elemanları hakkında bilgiler vermiştir. Hasar mekanizmalarını araştırmıştır. Yığma yapılar için geliştirilmiş nümerik yöntemler ve modelleme tekniklerini inceleyerek nümerik analizlerde karşılaşılan sorunlara değinmiştir.

Sallıo (2005), yapmış olduğu çalışmada yığma yapı olarak inşa edilen Buldan Göğüs Hastalıkları Hastanesi’ni ele alarak binanın mevcut durumu ile güçlendirilmiş durumunu SAP2000 programında analiz ederek karşılaştırmıştır. Yapının kesme kuvvetini karşılayacak yeterli duvar alanına sahip olmadığı ve düzensiz boşlukların bulunduğunu belirtmiştir. Duvar kesme kuvvetini artırmak için bazı duvarların püskürtme beton ile güçlendirilmesini öngörmüştür. Duvar sürekliliğini sağlamak içinde düşeyde devam etmeyen duvarların altına yeni duvarlar yapılarak düzensizliği ortadan kaldırmaya çalışmıştır.

Arslan (2006), yapmış olduğu çalışmada geçmiş depremlerden zarar görmüş tarihi yapıların devamlılığını sürdürebilmesi için uygulanabilecek onarım ve güçlendirme yöntemlerini araştırmıştır. Koruma ve güçlendirme kavramlarını açıklamış, tarihi yapıların strüktürel özelliklerinden ve depremin bunlara etkilerine değinmiştir.

Artar (2006), yapmış olduğu çalışmada İstanbul İlinde bulunan tarihi Şehzade Mehmet Camisini sonlu elemanlar yöntemini kullanan SAP2000 programında üç boyut olarak modelleyip bazı gerçek deprem kayıtlarını yapıya etki ettirerek yapının dinamik davranışını incelemiştir.

Aytekin (2006), yapmış olduğu çalışmada yığma yapı sınıflarını ve hesap yöntemlerini anlatarak, donatısız ve sarılmış yığma yapıların davranışlarını karşılaştırarak incelemiştir.

SAP2000 programını kullanarak tuğla ve gazbetondan oluşan iki farklı yığma yapı modellemiştir. Her iki yığma yapı modelini önce donatısız daha sonra düşey hatıllar ekleyerek sarılmış durumlarını incelemiştir.

Kuran (2006), yapmış olduğu çalışmada yığma yapıların çelik şeritlerle rehabilitasyonunu incelemiştir. Deneysel çalışma için gerçek boyutlarda, tek açıklıklı ve tek katlı yığma bir yapıyı deprem kuvvetlerine benzer dinamik kuvvetler oluşturan sarsma masasında test etmiştir. Çalışmasında toplamda beş deney yapısı oluşturmuştur. İlk deney yapısı örneğine hasar verilmiştir. Hasar verdikten sonra onarım yapıp, çelik şeritlerle rehabilitasyonun dayanım ve davranış üzerindeki etkilerini incelemiştir. Diğer dört deney yapısı ise onarılan yapının farklı düzenlemeler ile çelik şeritler kullanılarak test etmiştir. Deneylerin sonucunda çelik şeritlerin dayanım, rijitlik, periyot, sönüm oranı ve enerji tüketimi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir.

Mahrebel (2006), yapmış olduğu çalışmada tarihi yapıları oluşturan malzeme özelliklerinin belirlenmesi, taşıyıcı sistem özelliklerinin incelenmesi, deprem özelliklerinin değerlendirilmesi ve uygulanan güçlendirme ve onarım teknikleri hakkında bilgiler vermiştir. Çalışması kapsamında Edirne Muradiye Camii, İstanbul Vefa Lisesi ve Kabataş Erkek Lisesi Eğitim ve Yatakhane Binası üzerinde yapıların mevcut durumlarını değerlendirmiş olup uygulanan güçlendirme yöntemlerini açıklamıştır.

Özer (2006), yapmış olduğu çalışmada yığma yapı tasarlamak için gerekli temel strüktür bilgilerini mimarlık öğrencilerine sunmak üzere bir çalışma yapmıştır. Strüktür ve yığma yapı kavramlarını açıklamış, bundan sonra tasarlanacak olan yığma yapılan doğru boyutlandırılabilmesi için geçmişteki tarihi yığma yapıları incelemiştir.

Shrive (2006), yapmış olduğu çalışmada yığma yapı elemanlarında lif takviyeli polimerlerin nasıl kullanılacağına dair çalışmalar yapmıştır.

Şen (2006), yapmış olduğu çalışmada tarihi yapıların modelleme ve analiz yöntemlerine değinmiştir. Örnek çalışma için İstanbul'da bulunan ve yığma olarak inşa edilen Hemdat Israil Sinagog' unu seçmiştir. Yapıyı SAP2000 programında modelleyerek lineer elastik analiz yapmıştır. Sinagog' un yatay ve düşey yükler altındaki davranışını incelemiştir.

Almusallam ve Al-Salloum (2007), yapmış oldukları çalışmalarda yığma dolgu duvarların güçlendirilmesinde cam fiber takviyeli polimerin etkinliğini araştırmışlardır. Bunun için iki adet örnek numune hazırlanmışlardır. İlk numuneye hasar verilmiş ve CFTP ile güçlendirmiş, ikinci numuneyi ise hasar vermeden CFTP ile güçlendirmişlerdir ve testlere tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda CFTP ile güçlendirmenin dolgu duvarların dayanımını ve

deformasyon kapasitesini artırdığını ve tek parça halinde çalışmasını sağladıklarını söylemişlerdir.

Bayraktar, Sevim, Altunışık ve Türker (2007), yapmış olduğu çalışmada tarihi yığma minarelerin doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranlarını teorik ve deneysel olarak belirlemeye çalışmışlardır. Örnek çalışma olarak Trabzon ilinde bulunan İskenderpaşa minaresini sonlu elemanlar yöntemi ile modellemişlerdir. Sonlu eleman modeli üzerinde dinamik analizler yaparak analizler sonucu genel değerlendirilmede bulunmuşlardır.

Çöğür (2007), yapmış olduğu çalışmada yığma duvarlarda oluşan çatlamların kontrol altına alınmasını sağlamak için epoksi reçineli lifli polimer ile yatay derz uygulamasını analitik ve deneysel olarak araştırmıştır.

Koçak, Tugay ve Kilit (2007) yapmış oldukları çalışmada Antalya ilinde bulunan tarihi Gazi Mustafa Kemal İlkokulu binasının restorasyon ve deprem performansı üzerinde çalışmışlardır. Yapıyı ayrıntılı olarak inceleyerek yapıya önceki çalışmalardan dolayı verilen zararları giderilmeye çalışmışlardır.

Onar (2007), yapmış olduğu çalışmada yığma yapılarda kullanılan tuğla duvarların karbon fiber takviyeli polimer (KFTP) ile güçlendirilmesini deneysel olarak incelemiştir. Deneysel çalışmasında 3 adet tuğla duvar numunesine güçlendirme olmaksızın yükleme yapmış daha sonra hasarlı duvar numunelerini epoksi ile onarmıştır. Bu işlemten sonra duvar numunelerine farklı KFTP güçlendirme yöntemi uygulayarak testlere tabi tutmuştur. Deneysel çalışmada şerit KFTP, dağınık KFTP ve dokuma KFTP ile güçlendirme yöntemlerini kullanmış ve deney örneklerine basınç kuvveti uygulamıştır. Deneyin sonucunda her bir numunenin kırılma mekanizmasını, kırılma yükünü ve yer değiştirme miktarını belirlemiştir.

Sesigür, Çelik ve Çılı (2007), yapmış oldukları çalışmada İstanbul ilinde bulunan Ahi Çelebi Camisi'nin onarımı ve güçlendirilmesi uygulamasından bahsetmişlerdir. Cami'yi SAP2000 programında modellemişlerdir. Yapının güçlendirmeden önceki hasar durumunu belirleyip daha sonra güçlendirme uygulamasına geçmişlerdir.

Dabanlı (2008), yapmış olduğu çalışmada tarihi yığma yapıların deprem performansının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Örnek yapı olarak İstanbul'da bulunan Hırka-i Şerif Camisi üzerinde çalışmıştır. Yapının mevcut durumunu incelemiş ve hasarlarını belirlemiştir. Mevcut hasarların 1999 Kocaeli ve 1999 Düzce depremleri sonrası oluşan hasarlar olduğunu söylemiştir. Ayrıca yapının zemini üzerinde incelemeler yapmış ve zeminin iki ayrı tabaka halinde olduğunu, yapının ise genel olarak dolgu zemin üzerinde bulunduğunu söylemiştir. Yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modelini oluşturarak statik ve

dinamik analizlerini yapmıştır. Yaptığı analiz sonucu elde ettiği verilere göre; yapının minareler hariç genel olarak herhangi bir tehlike barındırmadığını, yapıda meydana gelen hasarların ise büyük bölümünün zemin hareketlerinden kaynaklandığını söylemiştir.

Durak (2008), yapmış olduğu çalışmada Ege bölgesindeki yığma yapıların genel özelliklerini ve bu yapıların DBYYHY 2007 hükümlerinin ne kadarını karşıladığı, örnekleme yöntemi ve envanter çalışması yaparak sonuçları değerlendirip çözüm önerilerine ulaşmayı hedeflemiştir. Envanter çalışması kapsamında Ege bölgesinde 741 adet yığma bina seçip incelemiştir. Ege bölgesindeki yığma yapılar için zemin sınıflarına bağlı olarak deprem risk değerlendirmesinde bulunmuştur. Değerlendirme sonucunda Z1, Z2, Z3, Z4, zemin sınıfları üzerinde bulunan yığma yapıların çok ağır, ağır, orta, hafif ve hasarsız oranlarını %'de olarak ifade etmiştir.

Ersubaşı (2008), yapmış olduğu çalışmada sarsma masası adını verdiği dinamik bir düzenek oluşturarak, 1/10 ölçekli tek odalı yığma yapı modelleri oluşturmuştur. Bu modellere farklı güçlendirme teknikleri uygulayarak depreme karşı modellerin dayanımlarını kıyaslamıştır.

Kalkan (2008), yapmış olduğu çalışmada malzeme özellikleri aynı olan iki yığma duvar örneği oluşturmuştur. Deney yöntemleri ve yükleme şekilleri aynı olacak şekilde yığma duvarları laboratuvar ortamında testlere tabi tutmuştur. Duvarlardan birine dıştan donatılı püskürtme beton ile güçlendirme yapmıştır. Her iki duvar örneğini basınç ve çekme kuvveti ile tersinir yükleme yapabilen kriko yardımı ile deneye tabii tutmuştur. Deney örneklerinde dayanım, süneklik, rijitlik, çatlama desenleri ve enerji tüketme değerlerini karşılaştırmıştır. Deney sonucunda bu yöntemin güçlendirilmiş duvarın, referans duvara göre sünekliğini, deprem yükü taşıma kapasitesini ve deprem enerjisi tüketme kapasitesini arttırdığını ancak rijitliğini ise azalttığını söylemiştir.

Aköz (2008), yapmış olduğu çalışmada deprem etkisi altındaki tarihi yığma yapıların güçlendirilmesini incelemiştir. Çalışmasında İstanbul ilinde bulunan tarihi Murat Paşa Cami'sini SAP2000 programında modellemiş statik ve dinamik analizlerini yapmıştır. Analiz sonucunda yapıyı DBYYHY 2007'ye göre kontrol ederek, yapının duvarlarında oluşan kayma gerilmelerini duvar kayma emniyet gerilmesi ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak gerilmelerin yapının kemer bölgelerinde ve minarede hasara yol açacağını, kemerlerin ve minarenin lif takviyeli polimer levha türü malzeme ile güçlendirilmesini önermiştir.

Can (2009), yapmış olduğu çalışmada yığma yapıların dıştan perde duvar ile güçlendirilmesinde perde-döşeme birleşim yeri ile perde-perde birleşim yerlerinin

performansını deneysel olarak araştırmıştır. Çalışmasında önceden dökülmüş paneller halinde üretilen perde duvarların birbirine eklenerek yapıya dıştan monte edilmesi ve bu yöntemin deprem kuvvetlerinin tamamını karşılaması için bir yöntem geliştirmeye çalışmıştır. İlk olarak perde duvar ile döşeme birleşim yeri deneyi için perde duvarı $\varnothing 22$ 'lik 6 adet bağlantı çubukları ile döşeme hatılı betonuna bağlamış ve dayanımını ölçmüştür. İkinci deneyinde ise perde-perde birleşim yerinin dayanımını ölçmüştür. Bunun için kat seviyesinde ki perde duvar ve diğer kat için devam edecek olan perde duvarın birleşimi için perde duvar birleşim yerlerine ST37 çeliğinden T profilli bir lama ile birbirine bağlamış ve performansını ölçmüştür. Çalışmasının sonunda perde-döşeme birleşim yerinin maksimum 297 kN ve perde-perde birleşim yerinin 255 kN yük taşıma kapasitesi gösterdiğini söylemiştir. Ayrıca bir yığma yapı üzerinde deneysel çalışma sonuçlarına göre deprem hesabı yapmış ve her iki doğrultuda hesaplanan dıştan perde duvarların yığma yapıların güçlendirilmesinde kullanılabileceğini söylemiştir.

Kara (2009), yapmış olduğu çalışmada yığma yapı yapım teknikleri, taşıyıcı sistemleri ve kullanılan malzemeleri anlatmıştır. 5 adet yığma yapının mevcut durumunu değerlendirmiş ve DBYYHY 2007'ye göre güvenliklerini belirlemiştir. Güçlendirme ihtiyacının olup olmadığının tespitini yaparak güçlendirme yöntemi hakkında bilgi vermiştir. Mevcut durum ile güçlendirilmiş durumun karşılaştırmasını yapmıştır.

Özsaraç (2009), yapmış olduğu çalışmada yığma duvarların cam fiber takviyeli polimer (CFTP) malzemesi ile güçlendirilmesini, yığma duvarların dayanımına ve sünekliliğine olan etkisini araştırmıştır. Deneysel çalışmasında kullanmak üzere 3 seri halinde ve her seride 12 adet bulunan tuğla duvar numuneleri oluşturmuştur. Her serinin ilk 6 numunesinin yalın hallerini hasara uğratarak daha sonra CFTP ile güçlendirmiştir. Her serinin diğer 6 adet tuğla duvar numunelerini ise hasara uğratmadan CFTP ile güçlendirmiştir. Her serinin numunelerine farklı şekil ve miktarlarda CFTP ile güçlendirme uygulamıştır. Birinci serideki numunelerinin yüzeyine çapraz şerit halinde, ikinci serideki numunelerin yüzeyine yine çapraz ancak miktar olarak biraz daha fazla şerit halinde, üçüncü serinin numunelerinin ise tüm yüzeyine CFTP malzemesi uygulayarak güçlendirme yapmıştır. Bu numuneler üzerinde deneyler yapmış ve sonuç olarak CFTP malzemesinin yığma duvarlarda hem basınç hem de çekme çubukları şeklinde çalıştığı ve yatay ve düşey dayanımı arttırdığını söylemiştir.

Öztaş (2009), yapmış olduğu çalışmada bir yığma yapının mevcut durum analizini, betonarme perdeler ile güçlendirilmiş durumundaki analizini ve cam lifli polimer ile güçlendirilmiş durumundaki analizini yapmıştır. Her üç durum için yapının aldığı deprem yüklerini hesaplayıp incelemiştir. Analizler sonucunda mevcut durumun yer değiştirme ve

moment kapasitesini, betonarme perdeler ile güçlendirilmiş durum ve cam lifli polimer ile güçlendirilmiş durum ile karşılaştırmıştır. Betonarme perdeli sistemin daha az yer değiştirme yaptığını söylemiştir. Cam lifli polimerle güçlendirilmiş sistemin ise betonarme perdeli sisteme oranla daha fazla yer değiştirdiğini söylemiştir. Moment taşıma kapasitelerinin ise betonarme perdeli sistemde olumlu sonuçlar verdiğini cam lifli polimer sistemin ise yetersiz kaldığını sonuçlarında belirtmiştir.

Sayın (2009), yapmış olduğu çalışmada yığma yapıların statik ve dinamik analizlerini yapmıştır. Çalışma kapsamında lineer olmayan statik ve dinamik analiz yapabilen MATLAB dilinde program yazmıştır. Sayısal uygulamada modellediği yığma duvarlarda lineer statik analiz, statik artımsal analiz ve lineer ve lineer olmayan dinamik analizler yapmıştır. Lineer statik analizde iki tip yığma duvar modellemiştir. İlk modeli iki boyutlu ve pencere boşluğu bulunmayacak şekilde tasarlamış ve farklı yüklemelerin etkisine almıştır. Analiz sonunda yazdığı MATLAB programında bulunduğu deplasman değerlerini Masonry-lin paket programında da analiz ederek aynı deplasman değerlerini bulmuştur. Böylece yazdığı MATLAB programının doğruluğunu kanıtlamıştır. İkinci modelde ise üç boyutlu pencere boşluğu bulunan duvar modellemiştir. Bu modelinde deplasman değerlerini her iki programda bularak karşılaştırmış ve aynı değeri bulmuştur. Statik artımsal analizde dört farklı duvar modeli oluşturmuştur. Burada yığma duvarlarda kullanılan hatılların duvar davranışına etkisini incelemiştir. Lineer ve Lineer olmayan dinamik analizde ise pencere boşluğu bulunan bir yığma duvar modelleyerek dinamik analizlerini incelemiştir. Oluşturduğu model üzerinde 1992 Erzincan ve 2003 Bingöl depremlerinin ivme kayıtlarını kullanarak deprem etkilerinin model üzerindeki etkisini incelemiştir.

Ural (2009), yapmış olduğu çalışmada tuğla ve harç dayanımlarının yığma duvarlardaki etkileri, tuğla duvarların örülme şekillerinin taşıma kapasitesine etkisi ve düşey hatılların yığma duvarların taşıma kapasitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmasında MATLAB programında iki farklı kod yazarak yığma yapıların malzeme bakımından doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarını belirlemeye çalışmıştır. Doğrusal analizlerde FEMMAS-L adını verdiği programın kodunu kullanmış ve doğrusal olmayan analizlerde ise FEMMAS-NL adını verdiği programın kodlarını kullanarak analizler yapmıştır. Her iki kodun doğruluğunu farklı bir programda kontrol etmiş ve aynı sonuçları bulmuştur. Çalışmasının sonunda FEMMAS-L ve FEMMAS-NL programlarının kodlarını vermiştir.

Arıcan (2010), yapmış olduğu çalışmada yığma yapıların deprem etkisi altındaki davranışını incelemiştir. Çalışma kapsamında Isparta ilinde bulunan yedi tarihi yığma yapıyı örnek olarak ele alıp deprem davranışlarını incelemiştir. Bu yedi yığma yapıyı SAP2000

programında tek katlı, iki katlı ve üç katlı olarak tuğla ve doğal taş ile modelleyerek dinamik analizlerini yapmıştır. Analiz sonucunda doğal taşlardaki taban kesme kuvveti, tuğla modeline göre daha yüksek çıktığını söylemiştir. Doğal taşların taban kesme kuvvetinin tuğlaya göre daha büyük olmasına rağmen yer değiştirmesinin az olmasının nedeninin ise rijit ve hareket kabiliyetinin daha az olmasına bağlı olduğunu söylemiştir.

Türker (2010), yapmış olduğu çalışmada yığma yapıları tanıtarak yığma yapıların hasar nedenleri, analiz çeşitleri ve yapısal davranışlarını araştırmıştır. Örnek çalışma olarak İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi binasının deprem analizlerini yapmıştır. Yapının malzeme özelliklerini belirlemek için aynı dönem yapılmış farklı binalardan yığma duvar numuneleri alarak laboratuvar ortamında deneylerini yaparak dinamik davranışını incelemiştir. SAP2000 programında yığma duvar numunesine benzer özelliklerde bir yığma duvar modelleyip davranışını incelemiştir. Yaptığı analizler sonucunda İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi binasının duvarlarının basınç dayanımlarının ve kayma gerilmelerinin emniyet değerini aşmadığını söylemiştir.

Öncü (2011), yapmış olduğu çalışmada betonarme ve yığma yapıların depreme karşı onarım ve güçlendirme yöntemlerini incelemiştir. Her bir yöntem hakkında detaylara yer verip bu yöntemlerin yapıya katkısını araştırmıştır ve bazı uygulama örnekleri vermiştir. Yığma yapı olarak İzmir ilinde bulunan Seferihisar Asil Nadir Çok Programlı Lisesi Ek Binası'nı seçmiştir. Çalışmasında yapıyı DBYYHY 2007 kurallarına göre değerlendirerek yapının düzensiz durumlarını araştırmış ve performans analizini yapmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonunda güçlendirme yöntemlerinin nasıl olacağını anlatarak maliyet hesabı çıkarmıştır.

Zamankhani ve Arun (2011), yapmış oldukları çalışmada kerpiç duvarların fiziksel özelliklerinin deprem davranışı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bunun için İran'da bulunan kerpiç yapılar üzerinde çalışmışlardır. İran'da ki depremlerden sonra hasarlı ve hasarsız olarak etkilenen binaları belirleyip bu binalarda ki kerpiç duvarların fiziksel özelliklerini ve aldığı hasarları belirlemişlerdir. Elde ettikleri verileri SPSS bilgisayar programında analiz edip kerpiç duvarların deprem davranışı arasındaki bağlantıları incelemişlerdir.

Yang, Joo, Sim ve Kang (2012), Yapmış oldukları çalışmada ön gerilmeli tel halatlar ile güçlendirilmiş donatısız yığma duvarların sünekliğini ve düzlem içi kesme dayanımını artırmak için bir güçlendirme tekniği önermişlerdir. Altı adet güçlendirilmiş yığma duvar ile bir adet güçlendirilmemiş yığma duvarı testlere tabi tutmuşlardır. Yaptıkları deneylerin

sonucunda önerdikleri güçlendirme yönteminin yığma duvarlarda sünekliği ve düzlem içi kesme mukavemeti artırdığını söylemişlerdir.

Kaya (2013), yapmış olduğu çalışmada polipropilen lifli kuru karışım püskürtme beton uygulamasının yığma duvarların taşıma kapasitesi üzerine etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Deneylerinde kullanmak üzere 2 adet yalın numune, 2 adet polipropilen lifli kuru karışım püskürtme beton ile güçlendirilmiş numune olmak üzere toplamda 4 adet yığma duvar numunesi oluşturmuş ve bu numuneleri deneylere tabii tutmuştur. Güçlendirilen numunelerin yer değiştirmelerini, çatlama şekillerini ve kırılma yüklerini incelemiştir. Deneyler sonucu güçlendirilen numunelerin yalın numuneye göre taşıma gücünde artış olduğunu söylemiştir.

Uslu (2013), yapmış olduğu çalışmada metal bağlantı elemanlarının (kenet-zıvana) taş yığma duvarlar üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Deneylerinde metal bağlantı elemanları eklenmiş 1 tanesi referans numune olmak üzere toplamda 13 adet taş yığma duvar numunesi oluşturmuştur. Bu numuneleri basınç etkisine tabii tutarak yer değiştirmeleri, kırılma şekilleri, kırılma yükleri ve kesme dayanımlarına göre karşılaştırmıştır. Sonuç olarak metal bağlantı elemanlarının taş yığma duvarlarda dayanımı artırdığını söylemiştir.

Yedek (2013), yapmış olduğu çalışmada tuğla duvarların çelik hasır donatı ve kuru karışım püskürtme beton ile güçlendirilmesinin duvarların davranışına ve dayanımına etkilerini incelemiştir. Bu çalışmasında iki adet güçlendirilmemiş yalın tuğla duvar numunesi ile dört adet 5 cm çelik hasır ve kuru karışım püskürtme beton ile güçlendirilmiş örnek tuğla duvar numuneleri oluşturmuştur. Yığma duvarların kırılma modları ve davranışlarını incelemiştir. Sonuç olarak hasır çelik donatı üzerine kuru karışım püskürtme beton uygulamasının yığma yapıların taşıma gücü kapasitesini arttıracaklarını söylemiş ve daha kapsamlı çalışmalar önermiştir.

Zhou, Lei ve Wang (2013), yapmış oldukları çalışmada sekiz adet donatısız yığma duvarı bazalt elyaf takviyeli polimer ile güçlendirmeden öncesi ve sonrası düzlem içi sismik davranışını araştırmışlardır.

Atabey ve Kanıt (2014), yapmış oldukları çalışmada Sivas'ın Suşehri ilçesinde yığma yapı olarak inşa edilen Aşağısarıca İlköğretim Okulu'nun performans analizini incelemişlerdir. Analizleri DBYYHY 2007 hükümlerine göre ve StatiCAD-Yığma paket programı ile yapmışlardır. Her iki yöntemde bulunan sonuçları karşılaştırıp değerlendirmişlerdir. Sonuçlar doğrultusunda yığma okul binasının göçme durumunda olduğunu tespit etmişlerdir.

Chamaky (2014), yapmış olduğu çalışmada yığma yapılarda güçlendirilme yapılırken uygulanan hesap yöntemleri ve bazı güçlendirme tekniklerini anlatmıştır. Daha sonra 3 tane yığma yapı üzerinde güçlendirme yapmıştır. Bu 3 adet yığma yapı güçlendirme projelerine uygulanan yöntemleri karşılaştırmıştır.

Çakıroğlu (2014), yapmış olduğu çalışmada ülkemizdeki kırsal ve kentsel kesimlerde yığma yapıların oranının fazla olması, bu oranında büyük bir kısmının deprem bölgelerinde olmasından dolayı etkili bir yöntem ile güçlendirilmesi gerektiğine değinmiştir. Yaptığı çalışmada çelik hasır üzerine polipropilen lifli kuru karışım püskürtme beton ile güçlendirilmiş yığma duvar üzerinde çalışılmış, bu yöntemin yığma yapılarda kullanılabilirliğini test etmiştir. Yalın yığma duvar ile çelik hasır üzerine polipropilen lifli kuru karışım püskürtme beton ile güçlendirilmiş yığma duvarı testlere tabi tutarak sonuçları değerlendirmiştir. Sonuç olarak yapılan deneyler sonucunda çelik hasır üzerine polipropilen lifli kuru karışım püskürtme beton ile güçlendirilmiş duvar, yalın duvara göre hem taşıma gücü hem de enerji tüketme kapasitesi açısından artış gösterdiğini söylemiştir. Bu güçlendirme yönteminin mevcut yığma yapıların güçlendirilmesinde kullanılabilirliğinin uygun olduğunu belirtmiştir.

Çarhoglu, Zabin ve Korkmaz (2014), yapmış oldukları çalışmada Kars ilinde bulunan Kümbet Cami'sini Sap2000 programında modelleyip deprem davranışını araştırmışlardır. Cami'nin 20 adet gerçek deprem ivme verileri altındaki yapısal davranışlarını incelemişlerdir. Analiz sonuçlarında yer değiştirme, gerilme ve taban kesme kuvvetlerini değerlendirmişlerdir.

Değirmenci ve Ekin (2014), yapmış oldukları çalışmada detaylı bir analize girmeden, DBYYHY 2007 hükümlerini göre yığma bir yapının deprem davranışını inceleyerek bir ön değerlendirme sunmuşlardır. Ancak bu değerlendirmenin yapının deprem performansını belirlemeye yeterli olmadığını bu tip ön değerlendirmenin binanın genel durumu hakkında bir ön izlenim sunacağını söylemişlerdir.

Demirkan (2014), yapmış olduğu çalışmada farklı derz kalınlıklarının ve taş örme tekniğinin yığma yapı davranışına etkilerini araştırmıştır. SAP2000 programında zemin ve 1 normal kattan oluşan bir yığma yapıyı izotrop ve anizotrop olarak modelleyerek analizlerini yapmıştır. İzotrop ve anizotrop malzeme modelinin, derz kalınlığının ve malzeme ebatlarının sonuca etkisini karşılaştırmıştır.

Aktuna (2015), yapmış olduğu çalışmada Kosova'da bulunan Yaşar Paşa Cami'si için güçlendirme önerilerinde bulunmuştur. Caminin günümüze kadar geçirdiği depremlerden ve savaşlardan dolayı büyük zararlar gördüğünü, en son 2008 de yıkılma tehlikesi ile karşı

karşıya kaldığından ibadete kapatıldığını söylemiştir. Caminin koruma uygulamalarını irdelemek adına yapının temel ve zemin durumunu, mevcut hasarlarını ve sebeplerini araştırmıştır. İncelemeler sonucu zeminin güçlendirme ihtiyacının olmadığını saptamıştır. Yapı duvarlarında bulunan 20 cm' lik çatlakları kireç esaslı harç enjeksiyonu ile onarılması gerektiğini kubbe kasnağının ise alt ve üst kotlarının bir çelik kuşaklama sistemi ile sarılmasını önermiştir.

Aydın, Kul, Dönmez ve Erberik (2015), yapmış oldukları çalışmada İzmir ilinde bulunan Urla Eski Tekel Binasını Urla Belediyesinin isteği üzerine yapının sorunlarını belirleyerek çözüm önerinde bulunmuşlardır. Alınan kararlarda duvar ve döşemelerde bulunan yapısal özelliğini yitirmiş ahşap elemanlarının yenilenmesi, döşemelerin düzlem içi rijit hale getirilmesi, döşeme-duvar bağlantılarının kutu davranışı sergileyecek şekilde onarımı, yapısal çatlaklıkları gidermek için kireç esaslı epoksi uygulaması gibi iyileştirme yöntemlerini önerilmişlerdir.

Bayülke, Kuran ve Bozkurt (2015), yapmış oldukları çalışmada Kütahya ilinde bulunan ve 2011 Simav depreminde hasar gören Nasuhağa Camii, Ulu Camii ve Üzümpazarı Cami'lerinin onarım ve güçlendirme öncesi ve sonrası dinamik özelliklerini incelemişlerdir.

Çal ve Şahin (2015), yapmış oldukları çalışmada İstanbul' da bulunan Ortaköy Büyük Mecidiye Camii'nin modellemesini sonlu elemanlar yöntemini kullanan SAP2000 de oluşturmuşlardır. Yapıya üç farklı deprem senaryosu uygulayarak dinamik analizlerini yapmışlardır. Yapının kendi ağırlığı ve dinamik yükler altındaki davranışını incelemişlerdir. Yapılan analiz sonucunda yapının davranışını değerlendirerek, en fazla zorlanan bölgeleri tespit etmişler ve zorlanan bölgeler ile ilgili değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Sonuç olarak olası bir depremde tarihi yapının büyük gerilmeler maruz kalacağı ve bu gerilmelerin sistemde çatlaklar veya hasarlara yol açacağı yönünde değerlendirme yapmışlardır.

Çalık, Bayraktar, Türker ve Çakır (2015), yapmış oldukları çalışmada Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan yığma taştan yapılan cami'lerin restorasyonlarını incelenmişler ve yapılan uygulamaların yapıya etkileri değerlendirilmişlerdir. Dört farklı camii seçerek bu camilerde gerek doğal gerekse bilinçsiz müdahalelerden oluşan hasarlı durumların tespitini yapmışlar ve hasarların giderilmesi için uygulanacak restorasyon yöntemlerini belirlemişlerdir.

Di Fabio, Gregori ve Totani (2015), yapmış oldukları çalışmada İtalya eski şehir merkezinde yer alan ve Nisan 2009 depreminde hasar alan bazı anıtsal yapıları inceleyip, bu yapıların yapım tekniğine ve malzeme özelliğine uygun duvar örnekleri üretmişlerdir.

Oluşturdukları yığma duvarlara bazı uygulamalar yaparak güçlendirip, deneysel testlere tabi tutmuşlardır. Deney sonuçlarını inceleyip güçlendirme teknikleri hakkında bilgi vermişlerdir.

Dinç (2015), yapmış olduğu çalışmada binaların dayanıklılığını ve göçme riskini tayin etmeye yarayan P25 hızlı puanlama yöntemi ile Kırıkkale ilinde bulunan yığma yapıların risk oranını belirlemeyi hedeflemiştir. Çalışmasında Kırıkkale ilinde bulunan özel bir firma tarafından kentsel dönüşüm kapsamında analizi yapılan 66 adet riskli yığma binanın risk oranları ile bu binaların P25 hızlı puanlama yöntemi puanlarını karşılaştırarak aralarındaki ilişkiyi belirlemeye çalışmıştır.

Düzgün, Hatipoğlu, Artar, Yurdakul ve Öner (2015a), yapmış oldukları çalışmada Bayburt ilinde bulunan Ahmet-i Zencani Kümbet'ini üç boyutlu olarak SAP2000 programında modelleyip, statik ve dinamik analizlerini yaparak çeşitli deprem yükleri altındaki yapının sistem davranışını incelemişlerdir. Uyguladıkları farklı deprem yüklerinin bazılarında oluşan yer değiştirmelerin literatürden alınan emniyet değerlerinin altında olduğunu, diğer depremlerde ise pencere ve kapı boşlukları ile duvar birleşim bölgelerinde önemli gerilmelerin oluştuğuna değinmişlerdir.

Düzgün, Hatipoğlu, Artar, Yurdakul ve Öner (2015b), yapmış oldukları çalışmada Bayburt ilinde bulunan tarihi Zahit Efendi Cami'sini sonlu elemanlar yöntemini kullanan SAP2000 programında modelleyip, tarihi yapının deprem yükleri altındaki taşıyıcı sisteminin davranışını incelemişlerdir. Yapıya Erzincan, Erciş, Düzce ve Gebze depremlerini etki ettirmişlerdir. Tarihi cami'ye Bayburt iline en yakın olan Erzincan ve Erciş depremleri etki ettirildiğinde oluşan yer değiştirme ve gerilme değerlerinin literatürden alınan emniyet değerlerinin altında olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca Düzce depremi etki ettirildiğinde yer değiştirme ve gerilme değerlerinin ise emniyet değerlerinin üzerinde olduğunu ve risk oluşturabileceğini belirtmişlerdir.

Göker ve Karaşin (2015), yapmış oldukları çalışmada 2011 Van depremi sonrası Erciş ilçesine bağlı kırsal yerleşim yerlerindeki yığma yapıların yapısal hasar bilançolarını değerlendirerek yeni bir yapısal şiddet cetveli oluşturmayı hedeflemişlerdir.

Karabörk, Çelik ve Koçak (2015), yapmış oldukları çalışmada tarihi taş yığma duvarların kayma dayanımını artırmayı hedeflemişlerdir. Bunun için üç farklı metal bağlantı elemanları ile güçlendirilmiş kenet elemanları ve yapay horasan harcı kullanılarak beş adet taş duvar imal etmişlerdir. Hazırladıkları taş duvarları diyagonal doğrultuda basınç kuvveti etkisine maruz bırakmışlardır. Sonuç olarak geliştirdikleri metal bağlantı elemanları yığma taş duvarların kayma dayanımlarını ve sünekliliğini artırdığını söylemişlerdir.

Kavali, Şeker, Çakır ve Uysal (2015), yapmış oldukları çalışmada Erzurum ilinde bulunan tarihi Yakutiye Medresesinin yapısal performansını belirlemek için sonlu elemanlar yöntemini kullanan Ansys programında yapıyı modelleyerek yapının statik ve dinamik analizini yapmışlardır. Statik analizde bölgenin durumunu göz önünde bulundurarak kar yükünü hesaplara eklemişlerdir. Statik hesap sonucunda en çok yer değiştirmenin mukarnas bölümünün çatı kısmında meydana geldiğini, maksimum asal gerilmelerin ise mukarnası taşıyan ana kemerlerin mesnet bölümlerinde oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Dinamik analizde Bingöl depremi ivme kayıtlarını kullanarak analiz sonucunda minarenin yapı kısmına oranla daha fazla yatay yer değiştirme yaptığını ve minarenin yapı ile birleşen kısımlarında aşırı gerilmelerin meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

Kuran (2015), yapmış olduğu çalışmada Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği, İtalya ve Yeni Zelanda gibi deprem tehlikesi yüksek ülkelerdeki yığma yapıların yönetmenliklerini karşılaştırmıştır. Tarihi yapıların deprem analizinde, lineer elastik yöntemde deprem kuvveti büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R_a)'nın ne olması gerektiği hakkında önerilerde bulunmuştur. Sonuç olarak İtalya ve Yeni Zelanda ülkelerindeki yönetmelikleri göz önüne aldığına düşeyde düzensizlik içermeyen tarihi yığma yapıların lineer elastik analizinde $R_a=3.00$ olarak, düşeyde düzensizlik içeren yapılarda ise $R_a=2.25$ olarak alınmasını önermiştir.

Özden, Ertaş, İmren ve Hacıemiroğlu (2015), yapmış oldukları çalışmada Tokat ilinde bulunan tarihi Yazmacılar Han'ının depreme karşı dayanımını artırmak için yapının duvar, tonoz, kasnak ve kemerlerinde her birinde farklı yöntemler ile güçlendirme yöntemi kullanarak SAP2000 programında modelleyerek sonuçları değerlendirmişlerdir.

Serhatoğlu ve Livaoğlu (2015), yapmış oldukları çalışmada Bursa ilinde bulunan tarihi Molla Arap Camii Minare'sinin dinamik özelliklerini belirlemek için modal analiz yöntemini kullanarak minarenin muhtemel depremlere karşı durumunu incelemişlerdir. Tarihi cami'yi sonlu elemanlar yöntemini kullanan Abaqus programında modelleyerek model üzerinde çevresel titreşim testi ve sismik itme analizi gerçekleştirmişlerdir. Minarede meydana gelen gerilmelerin çoğunluk olarak minare elemanlarının birleşim bölgelerinde meydana geldiğini söylemişlerdir.

Sönmez ve Mazlum (2015), yapmış oldukları çalışmada İstanbul ilinde bulunan Büyükdere Aya Paraskevi Kilisesinin restorasyon projesini ele alarak yapının onarımına yönelik uygun müdahale yöntemlerini araştırmışlardır. Proje önerisi için malzeme, hasar ve kronoloji analizi yaparak yapının geçirdiği müdahaleleri ve değişimleri incelemişlerdir.

Şeker, Çakır, Doğangün ve Durmuş (2015), yapmış oldukları çalışmada Erzurum ilinde bulunan Lala Paşa Camisinin sonlu elemanlar yöntemi ile statik ve dinamik analizini yaparak caminin yapısal performansını araştırmışlardır. Statik analiz sonucunda yer değiştirme ve gerilmelerin küçük değerlerde kaldığını, yapının statik açıdan iyi durumda olduğunu söylemişlerdir. Dinamik analiz sonucunda ise maksimum yer değiştirme ve gerilmelerin son cemaat bölümünün kubbe kısmında ve giriş kapısının üst kısımlarında meydana geldiğini söylemişlerdir.

Tetik (2015), yapmış olduğu çalışmada tarihi yığma yapılarda kullanılan malzemeler, görülen hasar türleri, deprem performansları ve güçlendirme tekniklerine değinmiştir. Örnek yapı olarak İstanbul ilinde bulunan Şeyh Süleyman Mescidi'ni SAP2000 programında sonlu elemanlar yöntemi ile modelleyip statik ve dinamik yükler altındaki performansını belirlemeye çalışmıştır. Analizler sonucunda hasar oluşması beklenen kemer elemanlarının üstlerine çekme gerilmelerini karşılaması için çelik çubuklar ile sarılmasını önermiştir.

Ural, Kara ve Uslu (2015), yapmış oldukları çalışmada kenet ve zıvanaların yığma duvarların kesme davranışına katkılarını araştırmışlardır. Farklı kenet ve zıvana sistemlerini kullandığı aynı ebattaki yığma duvar numuneleri üzerinde deneyler yapmışlardır. Deney sonucunda kullandıkları farklı kenet-zıvana sistemlerini yorumlayarak her bir sistemin yığma duvarların kesme kapasitesine ne tür katkılar sağladığını incelemişlerdir.

Utkan, Yıldız ve Karalar (2015), yapmış oldukları çalışmada Adana ilinde bulunan Yeni Camii ile Mersin ilinde bulunan Cami'li Köyü Camilerinin restorasyon projeleri kapsamında yapılan zemin iyileştirme çalışmalarını anlatmışlardır.

Yazıcı (2015), yapmış olduğu çalışmada Sivas Divriği Ulu Camii ve Darüşşifasını 3 boyutlu olarak modelleyip Eşdeğer Analiz ve Modal Analiz yaparak değerlendirmelerde bulunmuştur. Camii'nin beden duvarlarının durumunu, tonoz ve kemerlerdeki deformasyonları incelemiştir.

Yetiş (2015), yapmış olduğu çalışmada Samsun Büyük Camisinin duvarlarında geçmişte yapılan değişiklikleri ve yapılan onarım çalışmalarını tespit ederek, önceki onarım uygulamalarında yapılan doğru veya yanlış teknikleri belirlemeyi amaçlamıştır.

Aslan (2016), yapmış olduğu çalışmada sonlu elemanlar yöntemini kullanarak (SAP2000) İstanbul'da bulunan tarihi Süleymaniye Camii'nin statik ve dinamik analizini yapmıştır. Zemin verilerini inceleyip, zemin modeli oluşturmuştur ve dört adet tarihi büyük depremi yapıya etki ettirerek yapının deprem yükleri altında ki davranışını incelemiştir. Statik analiz sonucunda yapının düşey yükler altında risk taşımadığını saptanmıştır. Dinamik analiz

sonucunda ise yapının deprem etkilerine iyi bir performans gösterdiğini söylemiştir. Sonuç olarak yapının deprem etkileri karşısında rijit davrandığını ve çok düşük değerlerde yer değiştirmeler yaptığını ve düşük miktarlarda çekme gerilmesine maruz kaldığını söylemiştir.

Güllü ve Karabekmez (2016), yapmış oldukları çalışmada Gaziantep ilinde bulunan yığma taş yapı olan Kurtuluş Camisinin deprem etkileri altındaki davranışını inceleyerek olası hasar potansiyelini değerlendirmişlerdir. Caminin sonlu elemanlar yöntemi ile üç boyutlu modelini oluşturmuşlar ve hızlı nonlinear analiz yöntemi ile zaman-tanım alanda 10 adet gerçek deprem ivme kayıtlarını yapıya uygulamışlardır. Sonuç olarak yer değiştirme, ivme, gerilme, taban kesme kuvveti ve doğal titreşim periyotlarını hesaplayıp değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Işık, Öztürk ve Velioğlu (2016), yapmış oldukları çalışmada Bitlis ilinde bulunan tarihi Bitlis Eski Belediye Binasının DBYBHY 2007 hükümlerine göre deprem hesabını yapmışlardır. Sonuç olarak tarihi yapının yönetmenliklere uygun olduğunu söylemişlerdir.

Koç (2016), yapmış olduğu çalışmada yığma yapılarda oluşan hasar şekillerini araştırmıştır. Bu anlamda Türkiye'de gerçekleşen 9 depremin yığma ve kırsal yapılar üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Sayın (2016), yapmış olduğu çalışmada 1800'lü yıllarda hastane binası olarak inşa edilen ve günümüzde İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi olarak kullanılan tarihi yığma yapının iyileştirme sürecini anlatmıştır. Yapıdan numuneler alarak özelliklerini belirlemiştir. Malzeme özellikleri doğrultusunda yapı üzerinde gerçekleştirilecek koruma ve onarım önerilerini sunmuştur.

Kocaman (2017), yapmış olduğu çalışmada tarihi yapıların dinamik davranışlarının belirlenmesinde kullanılan malzeme özelliklerini literatürde belirtilen yöntemlerle belirlemeye çalışmıştır. Çalışmasına örnek yapılar olarak Erzurum ilinde bulunan tarihi Yakutiye Medresesi'nin ve Lala Paşa Camisi'nin sonlu elemanlar modelini oluşturarak ANSYS programında analizlerini gerçekleştirmiştir.

Şişik (2017), yapmış olduğu çalışmada Edirne ilinde bulunan 4 adet camii ve 2 adet türbeyi SAP2000 programında sonlu elemanlar yöntemi ile modelleyerek statik ve dinamik analizlerini yapmıştır. Analizler sonucunda deformasyon ve gerilmelerin seçtiği yapılar için emniyet gerilmesini aşp aşmadığını incelemiştir.

Çoban (2018), yapmış olduğu çalışmada Bayburt İlinde bulunan Tarihi Bayburt Yakutiye (Yeni) Camisinin dinamik performansını araştırmıştır. Yapıyı sonlu elemanlar yöntemini kullanan SAP2000 programında modellemiştir. Yapının güçlendirilmemiş ve

kauçuk izolatör ile güçlendirilmiş modelini oluşturarak 6 farklı gerçek deprem kaydı altında analiz etmiştir. Analiz sonucunda yapının mevcut haliyle düşey yükler altında risk teşkil etmediğini ancak kauçuk izolatör ile güçlendirilmiş halinin daha iyi performans sergilediğini söylemiştir.

Erdoğan (2018), yapmış olduğu çalışmada farklı devirlerde inşa edilmiş yedi adet minareyi sonlu elemanlar yöntemini kullanan ABAQUS programında modelleyerek statik ve dinamik analizlerini gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçlarına göre elde ettiği bulguları karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir.

Erkul (2018), yapmış olduğu çalışmada tarihi yığma yapıların performans analizini incelemiştir. Çalışmasına örnek olarak geleneksel bir Bayburt evi seçmiştir. Yapıyı StatiCAD-Yığma programında modelleyerek DBYBHY 2007 ve 2013 Riskli Bina Tespit Yönetmeliği hükümlerine göre analiz yapmıştır. Analiz sonucunda yapının her iki yönetmelik hükümlerine göre riskli yapı olduğunu, deprem performansının ise göçme tehlikesinde olduğunu ve bu durumda yapının güçlendirilmesi gerektiğini söylemiştir.

Pellegrini vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada yığma binaların ortak özelliğinin düşük çekme dayanımına sahip olmaları ve bu nedenle çatlamalara maruz kaldıklarını söylemişlerdir. Bu nedenle yığma yapıların dinamik davranışının belirlenmesinde mevcut çatlaklarında hesaba katılması gerektiğini söyleyip, bir örnek üzerinde sayısal çalışma yapmışlardır.

Uray (2018), yapmış olduğu çalışmada tarihi yığma yapıları oluşturan malzeme tipleri, malzeme özelliklerinin belirlenmesi, modelleme teknikleri ve deprem özelliklerinin değerlendirilmesi hakkında bilgiler vermiştir. Çalışmasına örnek yapı olarak Bursa İlinde bulunan İznik Yeşil Cami'yi seçmiştir. Yapının laboratuvar deneyleri ve ultra ses yöntemleri ile malzeme özelliklerini belirleyip sonlu elemanlar modelini oluşturarak analizlerini yapmıştır.

Akaslan (2019), yapmış olduğu çalışmada Erzurum İlinde bulunan tarihi Öşki Kilisesinin TBDY 2018'e göre üç boyutlu sonlu elemanlar modelini SAP2000 programında oluşturarak statik ve dinamik analizlerini yapmıştır. Yapının mevcut durumunun güçlendirilme ihtiyacı olduğunu söylemiştir. Kilisenin düzlem dışı hareket eden duvarını çelik iskele sistemi ile güçlendirilmiş modelini oluşturup analizlerini yaparak sonuçları değerlendirmiştir.

Amani (2019), yapmış olduğu çalışmada iki adet yığma yapının ABYYHY 1998, DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmenliklerine göre deprem hesaplarını yaparak sonuçları karşılaştırmıştır.

Jaihoon (2019), yapmış olduğu çalışmada Konya İlinde bulunan tarihi Sille Ak Camisinin mevcut durumunun TBDY 2018 ve DBYBHY 2007 hükümlerine göre analizlerini yaparak her iki yönetmenliğe göre analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır.

Özkat (2019), yapmış olduğu çalışmada DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerinin arasındaki genel farkları ve bu yönetmeliklerin yığma binaların deprem etkisi altındaki tasarımı bölümlerini örnek bir bina üzerinde karşılaştırmıştır.

Yıldızoğlu (2019), yapmış olduğu çalışmada yığma yapıları oluşturan malzemeler, taşıyıcı sistem türleri, modelleme teknikleri ve kullanılan analiz yöntemlerinden bahsetmiştir. Çalışmasında Bayburt İlinde bulunan Bayburt Lisesini sonlu elemanlar yöntemini kullanan SAP2000 programında üç boyutlu modelleyerek bazı gerçek deprem kayıtları altındaki dinamik davranışını belirlemeye çalışmıştır.

Zıada (2019), yapmış olduğu çalışmada tek yönlü cam fiber takviyeli polimer (CFTP) ile güçlendirilmiş yığma duvarların dinamik davranışını araştırmıştır. Çalışmasında sonlu elemanlar yöntemini kullanan ETABS programında duvarları taş ve döşemesi ahşap olacak şekilde iki katlı bir yığma yapı modellemiştir. Yapının güçlendirilmemiş ve tek yönlü CFTP ile güçlendirilmiş modellerinin dinamik analizlerini yaparak her iki durum için sonuçları karşılaştırmıştır.

Karataş (2020), yapmış olduğu çalışmada mevcut yığma yapıların deprem davranışlarının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Örnek yapı olarak İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yerleşkesinde bulunan tarihi yığma bir eğitim binası seçmiştir. Yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modelini MIDAS GEN 2019 programında oluşturarak analizini yapmıştır. Analiz sonuçlarını TBDY 2018'e göre irdelemiştir. Sonuç olarak yapının göçme tehlikesinde olduğunu söylemiştir.

Uzdil (2020), yapmış olduğu çalışmada tarihi İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binasının sismik performansının belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Yapının deprem performansını TBDY 2018'e göre yapmıştır. Sonuç olarak elde ettiği verilere göre güçlendirme önerilerinde bulunmuştur.

Öztoprak (2021), yapmış olduğu çalışmada sonlu elemanlar yöntemini kullanarak Isparta İlinde bulunan tarihi Devlethan Camii'nin düşey yük ve deprem yükleri etkisi altında analizlerini yapmıştır. Analiz sonucunda maksimum basınç, maksimum kayma ve yer değiştirme değerlerini elde ederek sonuçları yorumlamıştır.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada; Muş ili Merkez İlçesinde bulunan 1746-1748 yılları arasında inşa edilmiş olan tarihi Alaeddin Bey Camisi'nin yapısal performansının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapı SAP2000 programında sonlu elemanlar yöntemine göre üç boyutlu olarak modellenmiştir. Dinamik performansın belirlenmesi amacıyla yapıya bazı gerçek deprem kayıtları uygulanmıştır. Yapının deprem yükleri etkisi altında zayıf yerleri tespit edilerek herhangi bir depreme maruz kalmadan önce performansı belirlenmeye çalışılmıştır. Riskli bölgelerin olması durumunda farklı güçlendirme alternatifleri düşünülerek yapının emniyetli duruma getirilmesi hedeflenmiştir.



İKİNCİ BÖLÜM

Alaeddin Bey Camii Hakkında Bilgiler

Tarihçesi

Muş İli Merkez İlçesi Minare Mahallesinde bulunan Alaeddin Bey Camii 18.yüzyılın ilk yarısında Muş, Hınıs, Varto, Bulanık, Malazgirt ve Bitlis illerinde Osmanlı Devleti adına yöresel bey olarak hüküm süren Alaeddin Bey tarafından yaptırılmıştır. Caminin inşa tarihi üzerindeki Osmanlıca yazılmış kitabelerden anlaşılmaktadır (Şekil 1). Kitabelerde 1746/1747 tarihinde caminin yapımına başlandığı, 1747/1748 tarihinde tamamlandığı yazılmıştır (Fırat, 1970; Akt., Kulağuz, 1997). Alaeddin Bey Cami'nin havadan görünümü Şekil 2'de verilmiştir.



(a)



(b)

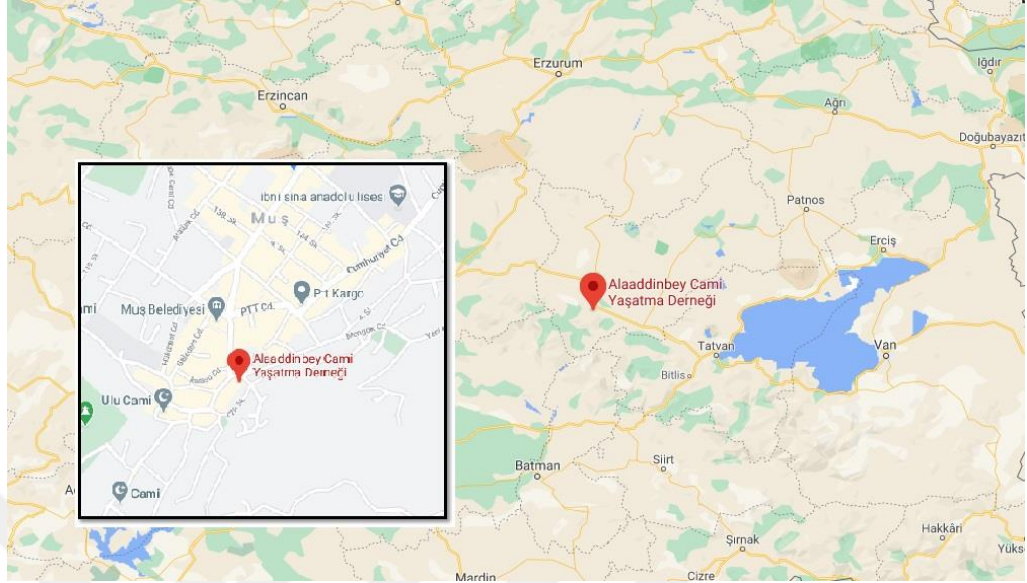
Şekil 1. Giriş kapısı (a) ve batı cephesi (b) üzerindeki kitabeler.



Şekil 2. Alaeddin Bey Camii görüntüsü-1.

Coğrafi Konumu

Alaeddin Bey Camii Türkiye'nin Muş İli Merkez İlçesi Minare Mahallesi Bitlis Caddesi ile Gazi Caddesinin kesişimi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3 ve Şekil 4).



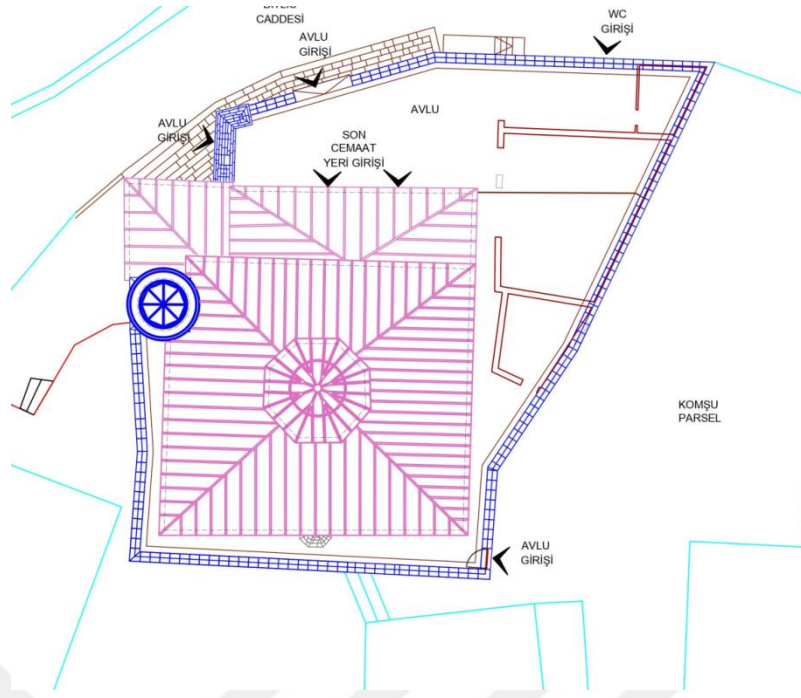
Şekil 3. Alaeddin Bey Camii harita üzerindeki konumu.



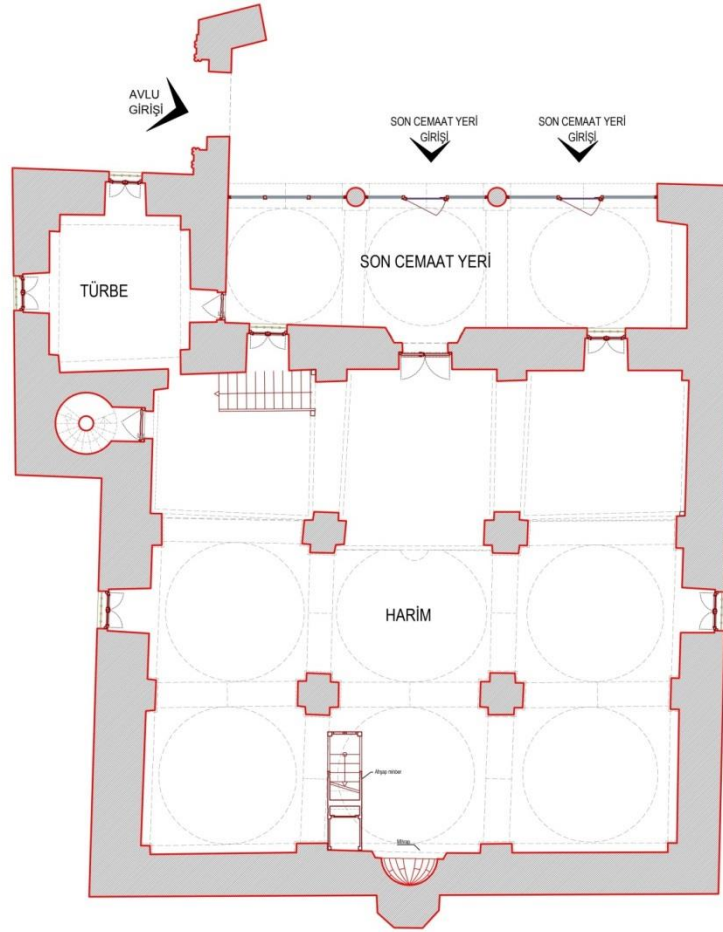
Şekil 4. Alaeddin Bey Camii görüntüsü-2.

Yapısal ve Mimari Özellikleri

Alaeddin Bey Camii 271 m² kapalı alan 320 m² avlu olmak üzere toplamda 591 m²'lik alan üzerine kuruludur (Şekil 5). Tarihi yapı harim, son cemaat yeri, minare ve Alaeddin Bey haziresinin yer aldığı türbe bölümlerinden oluşmaktadır (Şekil 6).



Şekil 5. Bitlis Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2011 yılında AutoCAD programında hazırlanmış vaziyet planı.

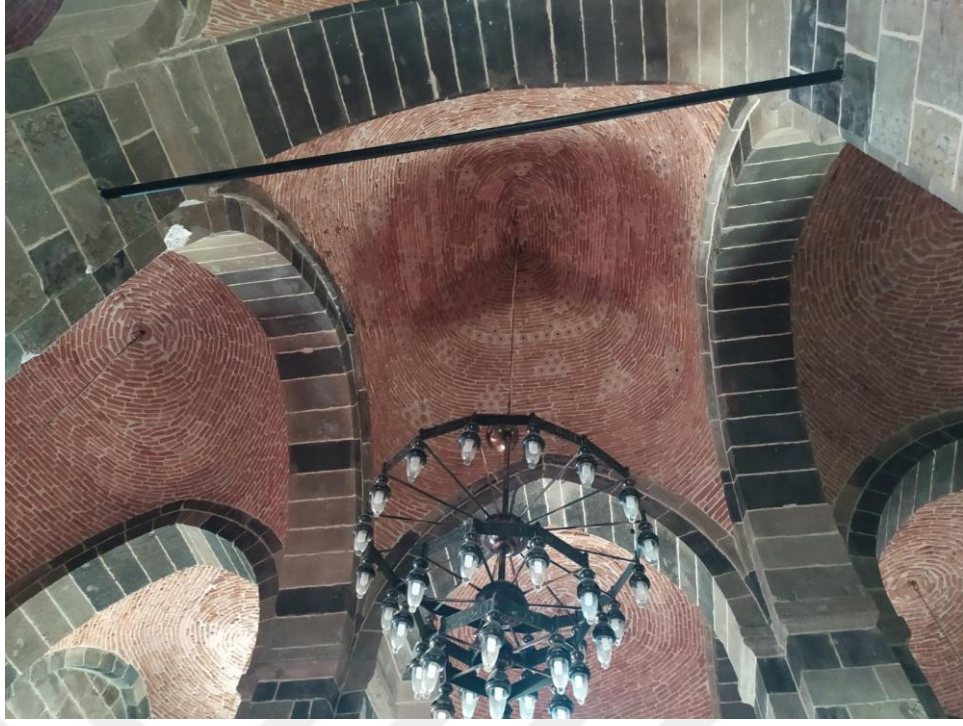


Şekil 6. Bitlis Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2011 yılında AutoCAD programında hazırlanmış rölöve zemin planının sadeleştirilmiş hali.

Yapı harim bölümünün ortasında yer alan dört adet fil ayağı üzerine kurulmuştur (Şekil 7). Bu bölüm 12,80 x 11,60 m iç ölçüsünde dikdörtgen bir plana sahip olup üzeri dokuz adet kubbe ile örtülüdür. Ana kubbe derin iken diğer kubbeler biraz daha basıktır. 3,63 m çapındaki ana kubbe fil ayakları üzerine oturmaktadır (Şekil 8). Caminin kubbesi alem kısmı hariç 9,83 m yüksekliğindedir.



Şekil 7. Alaeddin Bey Camii fil ayakları görünümü.

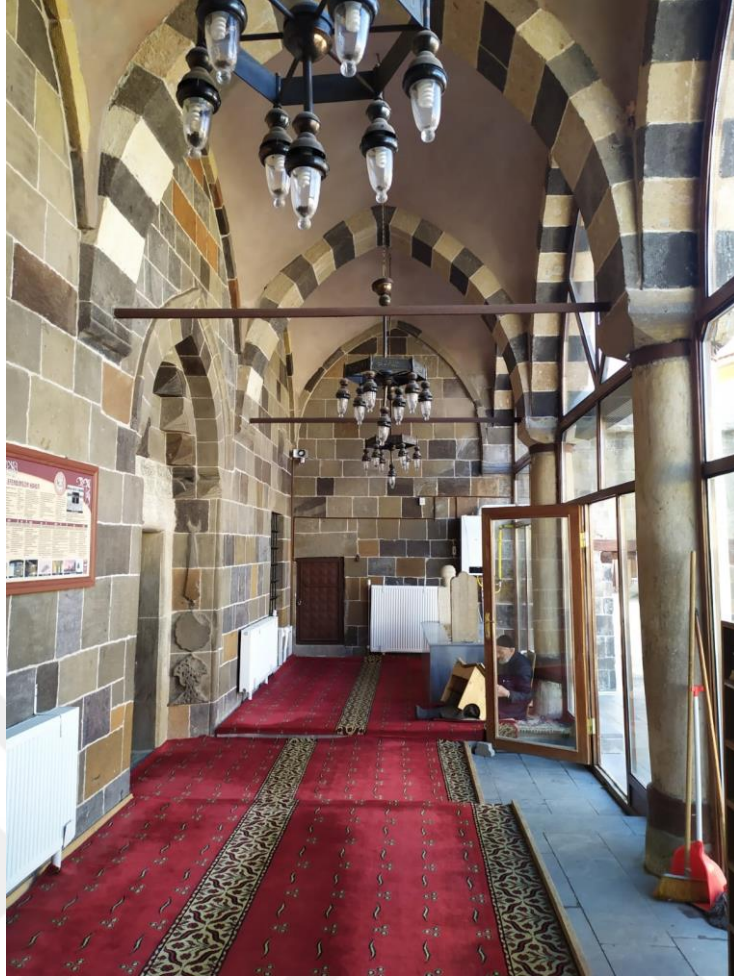


Şekil 8. Alaeddin Bey Camii ana kubbe görünümü.

Caminin son cemaat yerinde çapı 45 cm olan iki adet sütun bulunmaktadır. Sütunlar sade ve kare başlıklıdır (Şekil 9). Ortada iki sütunun ve yanlarda beden duvarlarının taşıdığı kemerlere oturan üç adet kubbe bulunmaktadır. Buradaki kemerler harim kısmındaki kemerlerden hem yüksek hem de daha dik inşa edilmiştir. Harim kısmında bulunan kubbeler olduğu gibi dururken son cemaat yerindeki kubbelerde sıva işlemi yapılmış olup tarihi dokusu görünmemektedir (Şekil 10). Bu bölümden caminin kuzey batı cephesinde yer alan tek gözlü ve bir kubbeden oluşan türbe bölümüne erişim sağlanabilmektedir.



Şekil 9. Alaeddin Bey Camii sütun görünümü.



Şekil 10. Alaeddin Bey Camii son cemaat yeri görünümü.

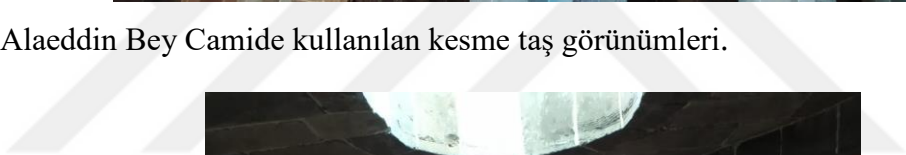
Caminin batı cephesinde düzgün kesme taştan inşa edilmiş tek şerefeli minare yer almaktadır. Camii minaresi 21,96 m yüksekliğindedir. Minare kare kaideli olup sekizgen pabuçluk, silindirik gövde, tek şerefe, petek ve külah kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 11).



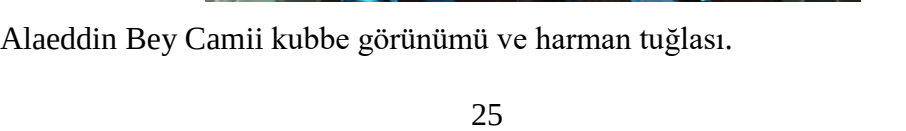
Şekil 11. Alaeddin Bey Camii minare görünümü.



Şekil 12. Alaeddin Bey Camide kullanılan kesme taş görünümleri.



Alaeddin Bey Camide kullanılan kesme taş görünümleri.



Alaeddin Bey Camii kubbe görünümü ve harman tuğlası.

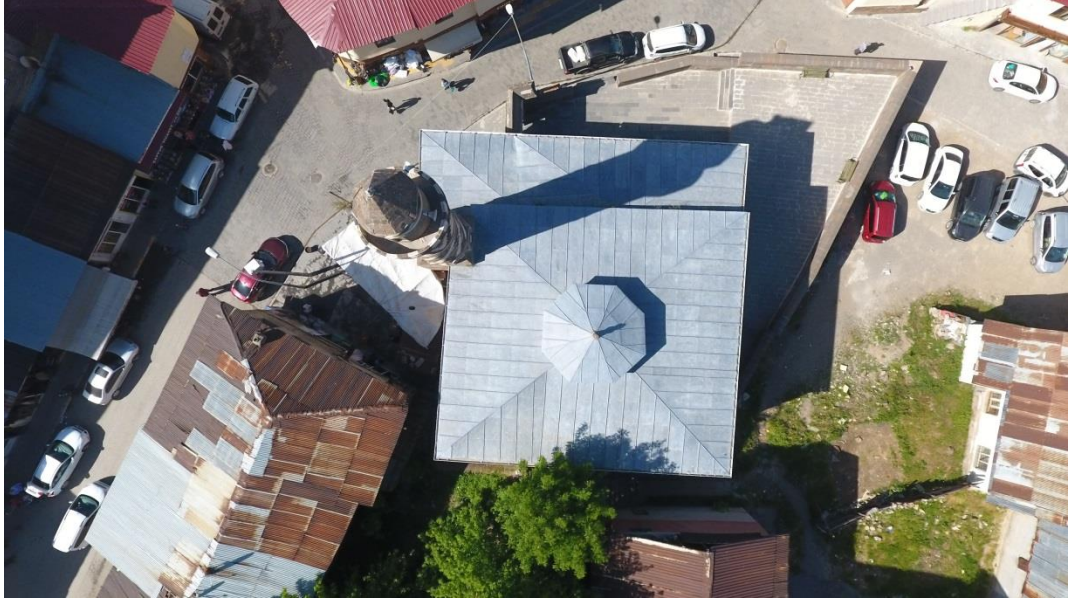
Alaeddin Bey Camisinde kullanılan malzemelerin mühendislik özellikleri tam olarak bilinmemektedir. Ancak yapıda kullanılan malzemelerin yığma yapılarda kullanılabilecek doğal taşlardan olduğu düşünülmektedir. Yapının tarihi özelliği göz önünde bulundurularak kullanılan doğal taşın mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik herhangi bir deney çalışması yapılmamıştır. Bu çalışma modelinde kullanılan malzemenin mekanik özellikleri, benzer yapılar üzerine yapılan bilimsel çalışmalar göz önünde bulundurularak literatür çalışmalarından alınmıştır.

Caminin beden duvar kalınlıkları sabit olmayıp ortalama olarak 1 m ile 1.20 m arasında değişmektedir. Harim yerinin beden duvarları 7,19 m yüksekliğindedir. Son cemaat yerinin beden duvarları 6,04 m yüksekliğindedir. Türbe yerinin beden duvarları 5,45 m yüksekliğindedir. Beden duvarlarının bu şekilde farklı kotlarda yapılması yapıya üç kademeli bir hareketlilik kazandırmıştır (Şekil 14). Ayrıca minare kaidesinin yüksekliği 7,72 m olup beden duvarlarından daha yüksek bir kotta bitmektedir.



Şekil 14. Alaeddin Bey Camii beden duvarları kademe görünümü.

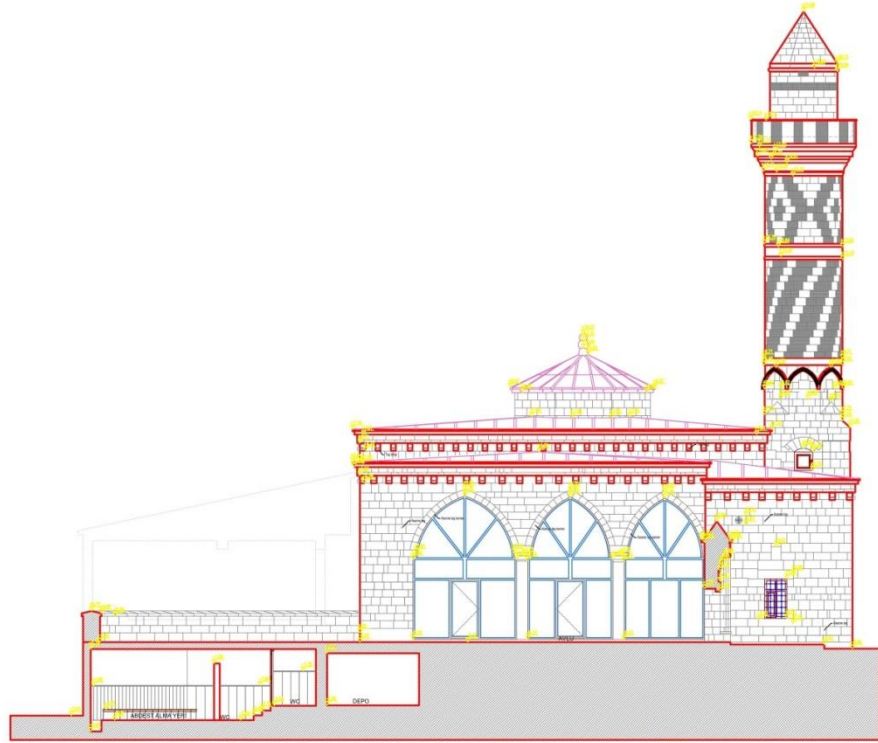
Tarihi yapı çok kubbeli olmasına rağmen üstten bakıldığında sadece ana kubbenin sekizgen planlı kasnağı görünmektedir. Diğer kubbelerin üzeri kurşun kaplama ile örtülü olup üstten bakıldığında görünmemektedir (Şekil 15).



Şekil 15. Alaeddin Bey Camii sekizgen kasnak ve üstten görünümü.

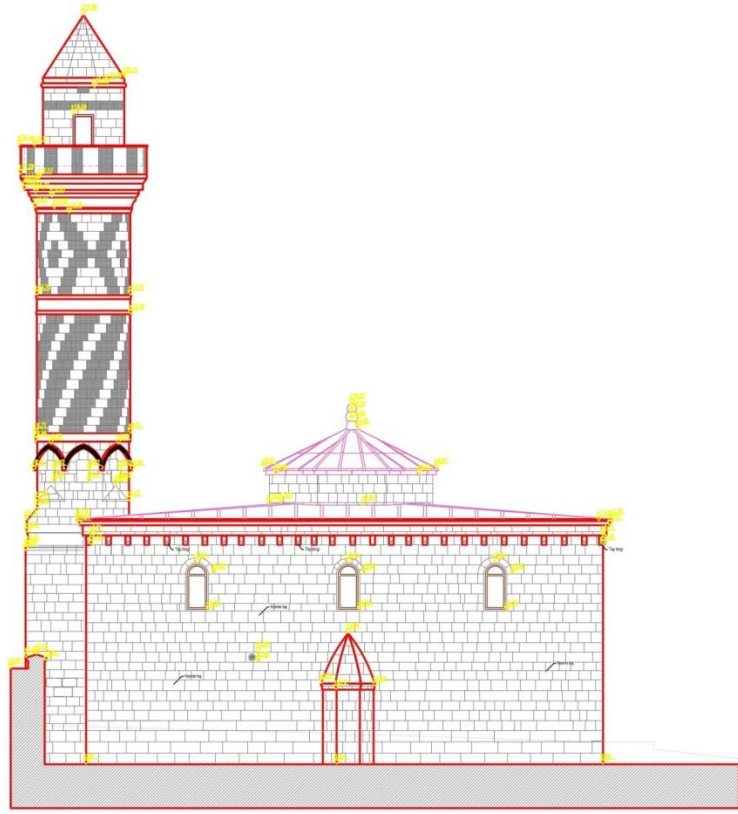
Tarihi yapıda kuzey cephede 3, güney cephede 3, doğu cephede 2 ve batı cephede 2 pencere olmak üzere toplamda 10 adet pencere bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında tarihi yapının sonlu elemanlar modeli Bitlis Vakıflar Bölge Müdürlüğünce 2011 yılında hazırlanan rölöve projesi dikkate alınarak projede elde edilen ölçü ve detaylara göre hazırlanmıştır. Cephelere ait detaylar Şekil 16, Şekil 17, Şekil 18 ve Şekil 19’da verilmiştir.



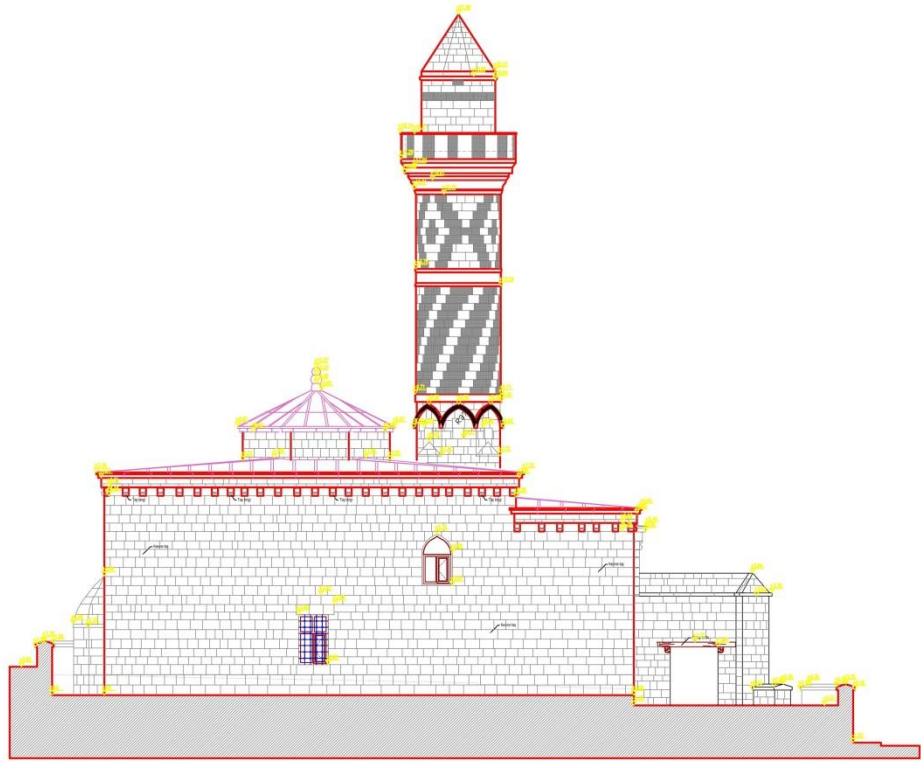
KUZAY CEPHESİ

Şekil 16. Alaeddin Bey Camii kuzey cephe görünüşü.



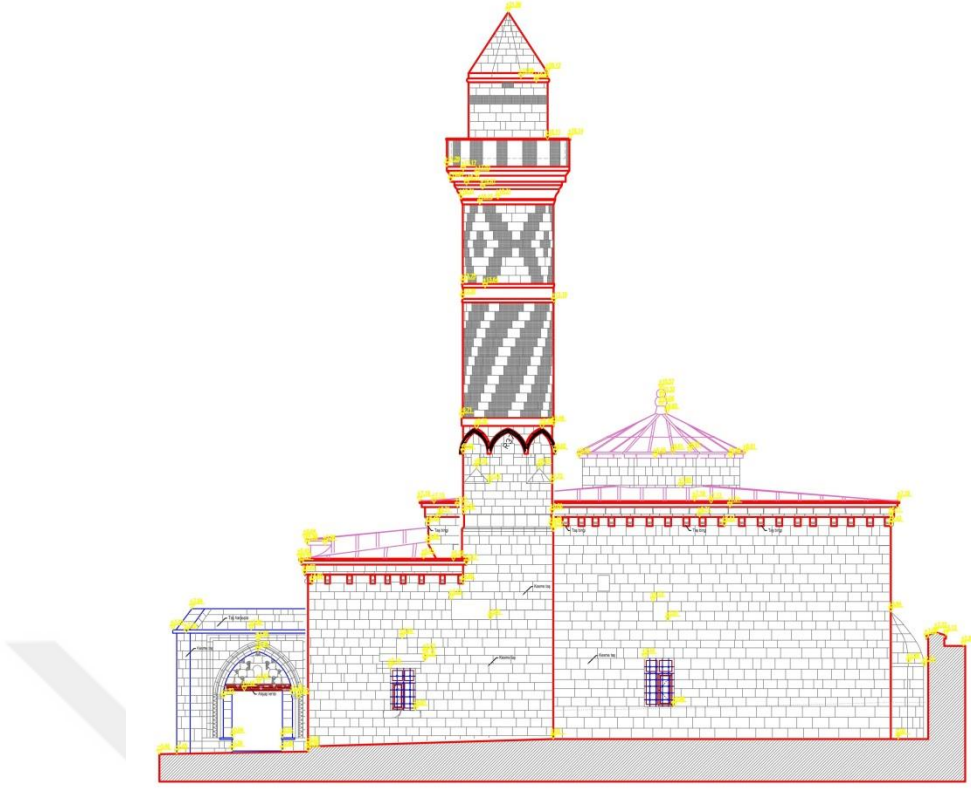
GÜNEY CEPHESİ

Şekil 17. Alaeddin Bey Camii güney cephe görünüşü.



DOĞU CEPHESİ

Şekil 18. Alaeddin Bey Camii doğu cephe görünüşü.



BATI CEPHESİ

Şekil 19. Alaeddin Bey Camii batı cephe görünüşü.

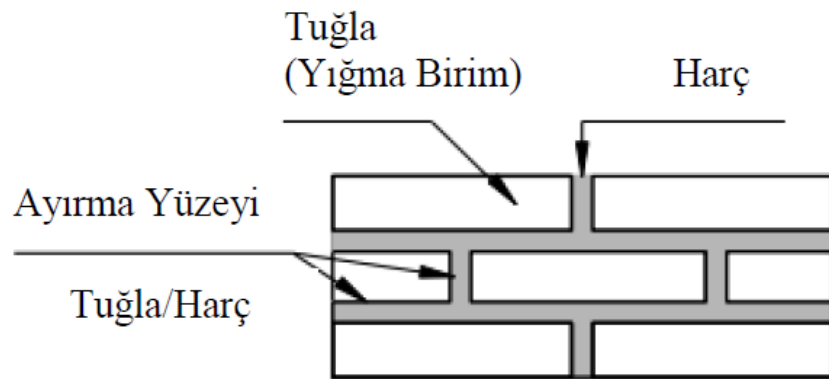
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Karmaşık Yapıların Modellenmesi

Yığma yapılar hem kırsal kesimlerde hem de kültürel mirasımızı oluşturdukları için ülkemizde en fazla aktif olarak kullanılan yapı stokunu oluşturmaktadır. Yığma yapılar inşa edilirken mühendislik hesapları ya hiç yapılmamış ya da kabaca yapılmıştır. Günümüz gelişen teknolojisi ve bilimsel araştırmaları sayesinde büyük yapı sistemlerinin modelleme ve çözümü mümkün hale gelmiştir (Ural, 2009). Yığma yapıların modellenmesinde, detaylı mikro modelleme, basitleştirilmiş mikro modelleme ve makro modelleme olmak üzere üç farklı modelleme tekniği mevcuttur.

Detaylı Mikro Modelleme

Bu modelleme tekniğinde yığma duvarları meydana getiren (taş, tuğla, harç) birimler farklı malzeme özelliklerine sahip olduklarından dolayı ayrı ayrı dikkate alınır (Şekil 20). Bu yöntem yığma duvarların bölgesel olarak incelenmesinde veya kritik bölge analizlerinde gerçeğe yakın sonuçlar verir. Ancak büyük ölçekli yapıların modellenmesinde sisteme çok fazla eleman ve düğüm noktası ekleneceğinden analizlerin yapılması güçleşecektir (Çoban, 2018). Bu nedenle hesap yükü ve zaman kayıplarına neden olacağından büyük ölçekli yapıların modellenmesinde tercih edilmez.

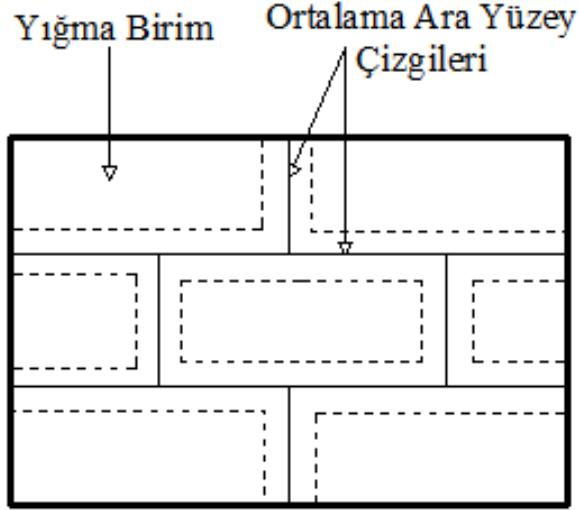


Şekil 20. Detaylı mikro modelleme tekniği (Tetik, 2015, s. 69).

Basitleştirilmiş Mikro Modelleme

Bu modelleme tekniğine göre harç tabakası ihmal edilerek, yığma birimlerin (taş, tuğla) boyutları harç tabakasının yarısına kadar artırılır ve yığma birimler ortalama ara yüzey

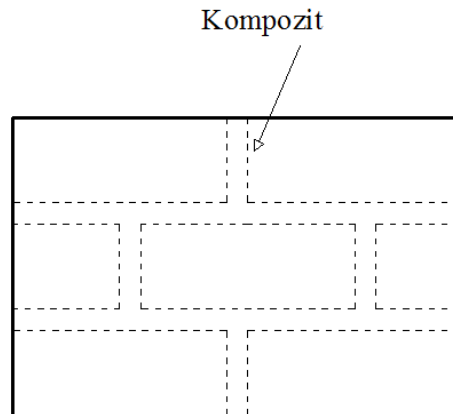
izgileri ile birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 21). Yığma birimlerde meydana gelmesi muhtemel çatlakların bu ortalama ara yüzey çizgilerinde meydana geleceğİ kabulü yapılır (Ural, 2009). Bu yöntemde harcın mekanik özellikleri ihmal edilerek yığma birimin (taş, tuğla) mekanik özellikleri ile analizler yapılır (Yıldızoğlu, 2019).



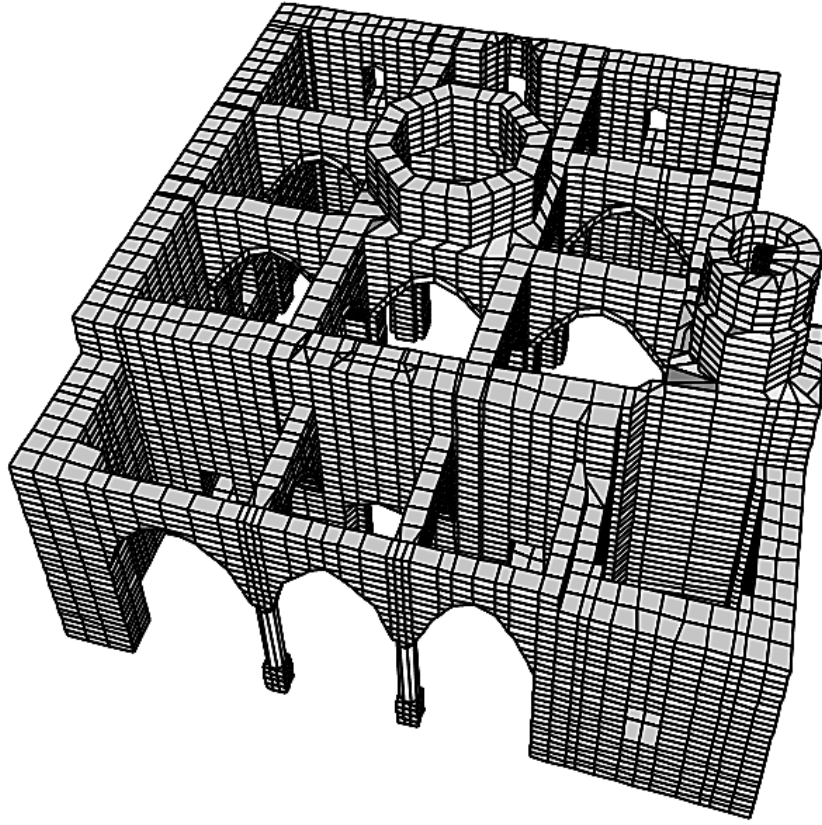
Şekil 21. Basitleştirilmiş mikro modelleme tekniğİ (Yıldızoğlu, 2019, s. 32).

Makro Modelleme

Makro modelleme tekniğİne göre, yığma birimler (taş, tuğla) ile harç arasındaki etkileşim ihmal edilir (Tetik, 2015). Yığma duvarlar kompozit bir malzeme gibi düşünülür ve modelleme bu şekilde yapılır (Şekil 22). Makro modelleme tekniğİnde kullanılan düğüm ve eleman sayısı, mikro modelleme tekniğİnden çok daha az olacağından karmaşık ve büyük ölçekli yapı sistemlerinin modellenmesinde genellikle bu yöntem tercih edilir (oban, 2018). Zaman açısından tasarruf sağlar. Bütün bir yapının mikro modelleme ile oluşturulmasında ki güçlükler ve sonuç dosyalarının çok büyük boyutlu olması nedeniyle karmaşık ve büyük yapılar için en uygun modelleme tekniğİ makro modellemedir (Ural, 2009). Bu alışma kapsamında Alaeddin Bey Camii makro modelleme tekniğİne göre modellenmiştir (Şekil 23).



Şekil 22. Makro modelleme tekniğİ (Yıldızoğlu, 2019, s. 33).



Şekil 23. Alaeddin Bey Camii makro model örneği.

SAP2000 Programı ile Yapı Sistemlerinin Çözümü

SAP (Structural Analysis Program) sözcüğü Yapısal Analiz Programı anlamını taşır. Her türlü yapı sistemlerinin modellenmesi ve analizlerinin yapılmasında kullanılan SAP2000 paket programı bir inşaat mühendisliği programıdır. Bu programda iki boyutlu, üç boyutlu, basit ve karmaşık geometriye sahip pek çok yapı sistemleri tasarlanarak analizleri yapılabilir. SAP2000 paket programı sonlu elemanlar yöntemini kullanmaktadır. Bu programda sonlu elemanlar yöntemi ile karmaşık geometriye sahip yapı sistemleri sonlu sayıda elemanlara bölünerek her birinin ayrı ayrı gerilme analizi yapılır.

SAP2000 Programında Kullanılan Kavramlar

Düğüm noktaları.

Elemanların birbiriyle birleştiği noktalara veya sistemin dış ortam ile birleştiği noktalara düğüm noktaları adı verilir. Düğüm noktaları SAP2000 programında Joint olarak geçmektedir. SAP2000 programında özellikle eklenmek istenen bir nokta yok ise nokta nesnelerinin tanımlanmasına gerek yoktur. Noktaları SAP2000 programı her nesnenin köşe ve uçlarında otomatik olarak tanımlayacaktır (Aslan, 2016).

Çubuk elemanlar.

Çubuk elemanlar bina türü sistemlerde genellikle kiriş ve kolon gibi nesnelerin tanımlanmasında kullanılır. Bunun dışında perde, dişli ve kaset döşemelerin dişleri ile sürekli temel ve ızgara temel elemanlarını tanımlanırken çubuk eleman olarak tanımlanırlar (Şekil 24). SAP2000 programında çubuk elemanlar Frame olarak geçmektedir.



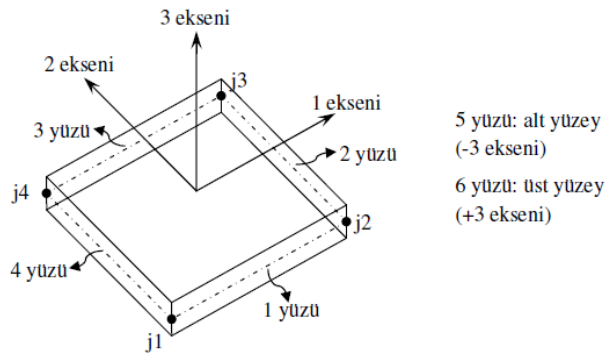
Şekil 24. Bir boyutlu çubuk eleman.

Kabuk elemanlar.

Kabuk elemanlar (Shell) SAP2000 programında iki ve üç boyutlu yapılarda kabuk, plak ve zar (membrane) eleman davranışını modellemek için kullanılır. Tonoz ve kubbe gibi üç boyutlu kabuklar, döşeme gibi plak türü yapılar ve perde taşıyıcılar gibi zar yapılar kabuk elemanlar (Shell) olarak tanımlanır ve modelleme buna göre yapılır.

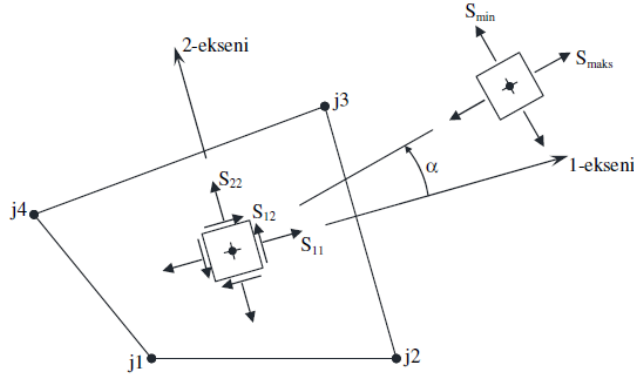
Kabuk elemanlar tanımlanırken yapı modellerinin doğru bir şekilde oluşturulabilmesi için yerel eksen takımlarının ve yüzey numaralarının iyi bilinmesi gerekmektedir (Şimşek, 2010). Kabuk elemalarda yerel eksen sağ el kuralına göre belirlenir ve 1, 2 ve 3 numaraları ile adlandırılır (Çoban, 2018).

3-ekseni kabuk elemanın yüzeyine daima diktir (Şekil 25). j1, j2, j3 ve j4 düğüm noktaları saat ibaresinin tersi yönünde oluşturulması halinde 3-ekseni kullanıcıya doğru olur (Şimşek, 2010).



Şekil 25. Dört düğüm noktalı kabuk eleman (Şimşek, 2010, s. 36).

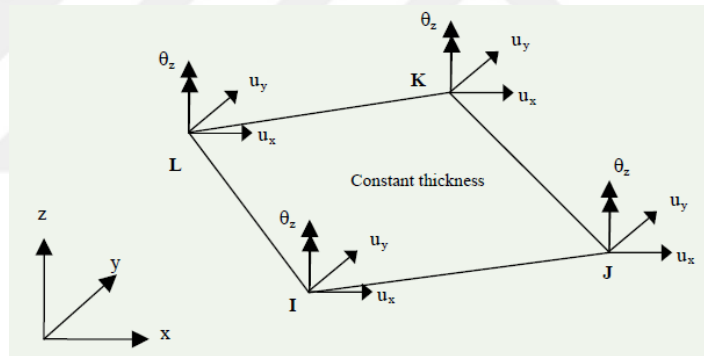
Kabuk elemanlarda oluşacak gerilmeler S_{11} , S_{22} , S_{12} , S_{13} ve S_{23} şeklindedir (Şekil 26).



Şekil 26. Kabuk elemanlarda oluşan gerilmeler (Şimşek, 2010, s. 36).

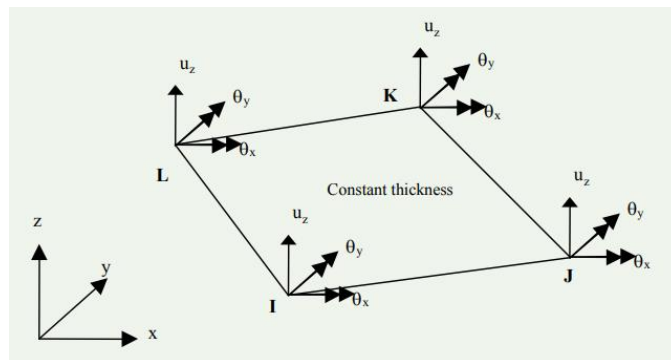
Kabuk (Shell) elemanlar membrane, plate (plak) ve shell olmak üzere üç farklı rijitlik matrisi olarak tanımlanabilir.

- **Membrane:** Düzlemi içinde yüklü yüzeysel taşıyıcıları (2 boyutlu perde analizi) modellemek için kullanılır (Fahjan, 2008). Düzlemi içinde kuvvetler ve düzlemine dik doğrultuda moment oluşur (Şekil 27).



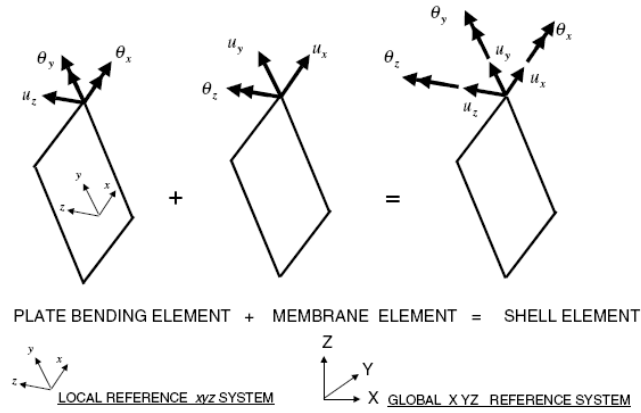
Şekil 27. Mebrane düğüm noktalarındaki kuvvet vektörleri (Fahjan, 2008, s. 39).

- **Plate (Plak):** Sadece düzlemine dik yüklü yüzeysel taşıyıcıları (Döşemeler, radye temeller) modellemek için kullanılır (Fahjan, 2008). Yalnızca eğilme momentleri ve düzlemine dik doğrultuda kesme kuvvetleri oluşur (Şekil 28).

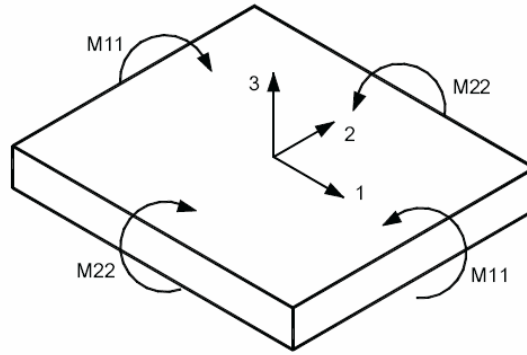


Şekil 28. Plak düğüm noktalarındaki kuvvet vektörleri (Fahjan, 2008, s. 40).

- **Shell:** Shell eleman, membrane ve plak rijitlik matrislerinin kombinasyonu olarak tam bir kabuk davranışı gösterir (Şekil 29). Bu elemanda tüm kuvvetler ve momentler oluşur (Şekil 30).



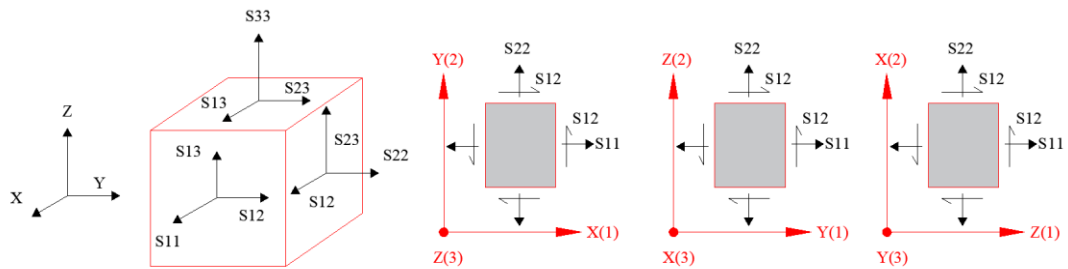
Şekil 29. Levha, mebran ve kabuk elemanlarada ki kuvvet vektörlerinin ifadeleri (Fahjan, 2008, s. 41).



Şekil 30. Kabuk (Shell) eleman iç kuvvet yönleri (Fahjan, 2008, s. 43).

Katı elemanlar.

SAP2000 programında katı (solid) elemanlar, üç boyutlu bütün nesneleri modellemeye kullanılabilir. Eksenlere göre yerleşimde, her solid eleman için yerel eksen ve global eksen aynıdır. Solid elemanın sekiz adet düğüm noktası ve altı adet yüzeyi bulunur. Solid elemanın bütün yüzeyinde şekil değiştirme, gerilme ve gerilmelerin bileşenleri bulunur (Şekil 31).



Şekil 31. Solid elemanlarda oluşan gerilmeler ve yönleri.

S_{11} : (x) yönünde gerilme

S_{22} : (y) yönünde gerilme

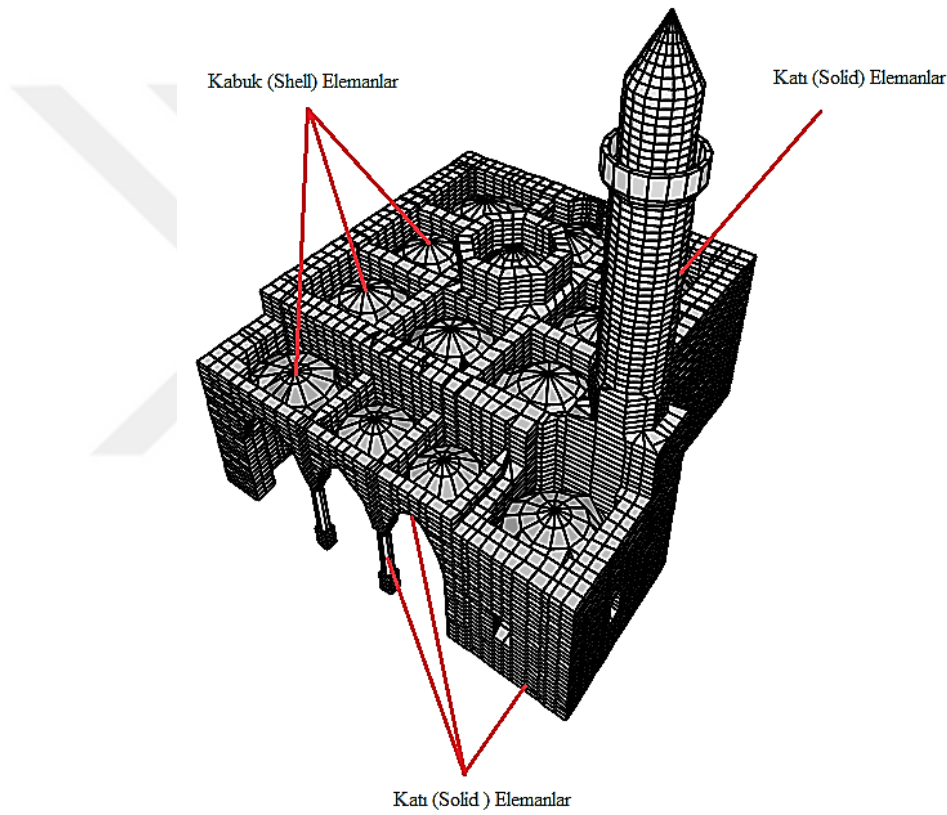
S_{33} : (z) yönünde gerilme

S_{12} : (x-y) düzleminde kayma gerilmesi

S_{13} : (x-z) düzleminde kayma gerilmesi

S_{23} : (y-z) düzleminde kayma gerilmesi

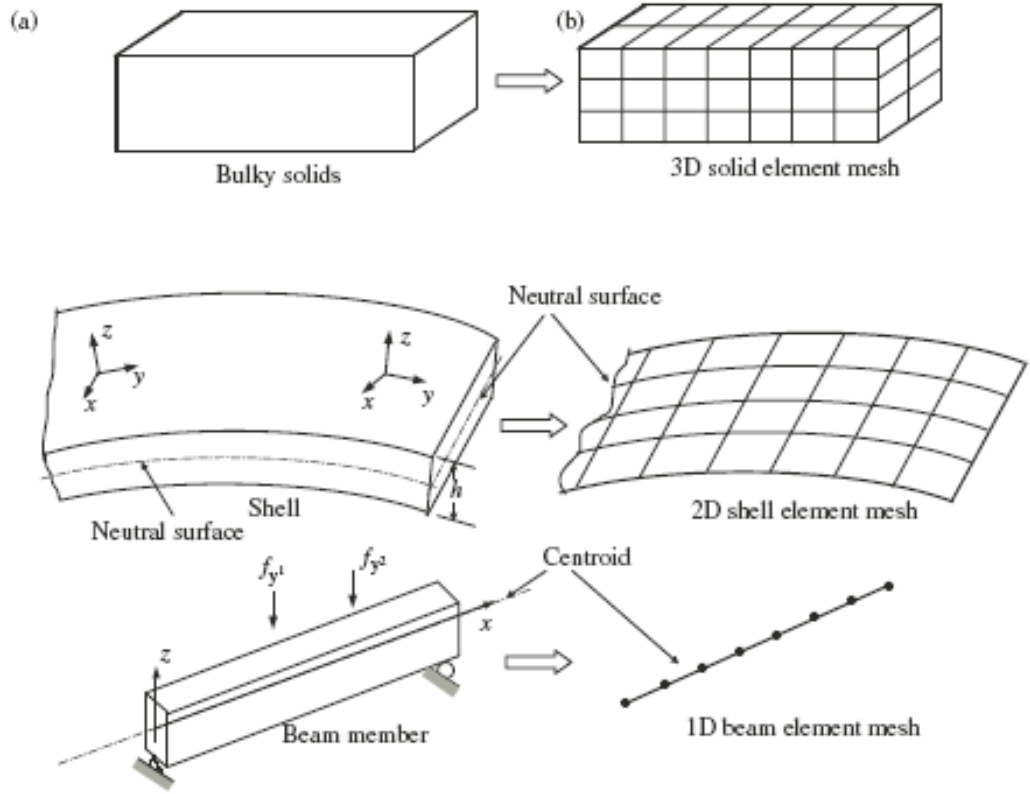
Alaeddin Bey Cami'nin modellenmesinde duvarlar, sütunlar, kemerler ve minare katı (solid) elemanlar ile kubbeler ise kabuk (shell) elemanlar ile modellenmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. Alaeddin Bey Camii yapısal modelinde bulunan solid ve shell elemanlar.

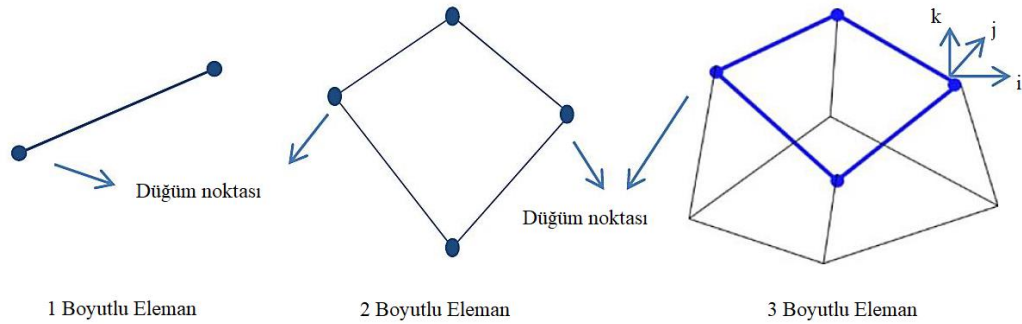
Sonlu Elemanlar Metodu

Sonlu Elemanlar Metodu (FEM: Finite Element Method) mühendislik problemlerinin sayısal çözümünde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yapıların üç boyutlu statik ve dinamik analizlerinin, doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerinin yapılmasında kullanılan metot sonlu elemanlar metodudur. Bu yöntemde amaç sistemi sonlu sayıda elemana ayırarak sayısal ortamda çözmektir (Şekil 33). Eleman sayısı arttıkça hata oranı azalır, böylelikle düzensiz ve karmaşık geometriye sahip sistemlerin çözümlenmesine olanak sağlar.



Şekil 33. Sonlu elemanların modellenmesi: a) Fiziksel model, b) Sonlu elemanlara ayrılmış matematiksel model (Fahjan, 2008, s. 10).

Oluşturulacak sayısal modele bağlı olarak kullanılan sonlu elemanlar farklı boyutlarda olabilir (Şekil 34). Çubuklar bir boyutlu elemanlar ile yüzeysel taşıyıcılar (plak ve kabuklar) iki boyutlu elemanlarla ve şartlarının sınırları dışına çıkan üç boyutlu cisim tarzındaki geometrik şekillere sahip yüzeysel taşıyıcılar ise üç boyutlu elemanlar ile çözülür (Omurtag, 2010; Akt., Tetik, 2015).



Şekil 34. Sonlu eleman yönteminde kullanılan bazı eleman modelleri (Baltacı, 2020, s. 45).

Yapısal bir analizde sonlu elemanlar metodunun uygulanışı, geometrik modelde gerekli sadeleştirmeler yapıp eleman tipi seçildikten sonra sırasıyla şu şekildedir (URL-1):

- Problem düğüm noktaları içeren küçük elemanlarla parçalara ayrılır.

- Her elemana ait özellikler tanımlanır.
- Oluşturulan elemanlar bir birine düğüm noktaları ile bağlanır ve bütün yapı için yaklaşık bir denklem sistemi oluşturulur.
- Denklemler düğüm noktalarındaki bilinmeyen değerler için çözülür.
- Seçilen elemanların istenilen değerleri hesaplanır.

Sonlu elemanlar yönteminin çeşitli avantajları bulunmaktadır.

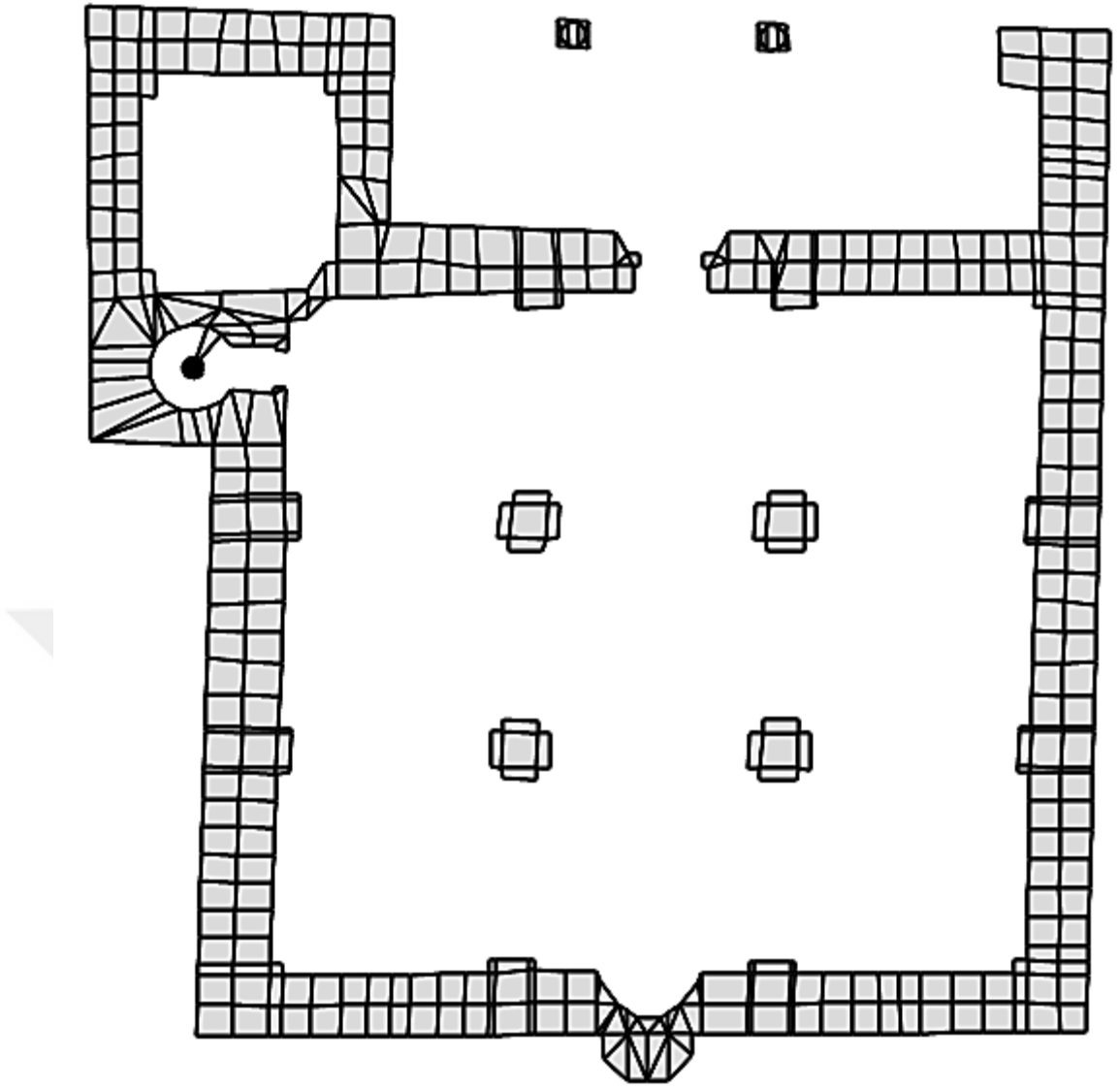
- Çeşitli mühendislik ve fizik problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır.
- Bu yöntemde fiziksel bir sistem matematiksel olarak ifade edilir.
- Sistem sonlu sayıda elemana ayrılarak hata oranını minimize eder.
- Farklı malzeme özelliklerine sahip cisimlerde kolaylıkla uygulanabilir.
- Düzensiz ve karmaşık geometriye sahip sistemlerin incelenmesini sağlar.
- Eleman boyutları kullanıcı tarafında değiştirilebilir.

Yapısal Modelleme

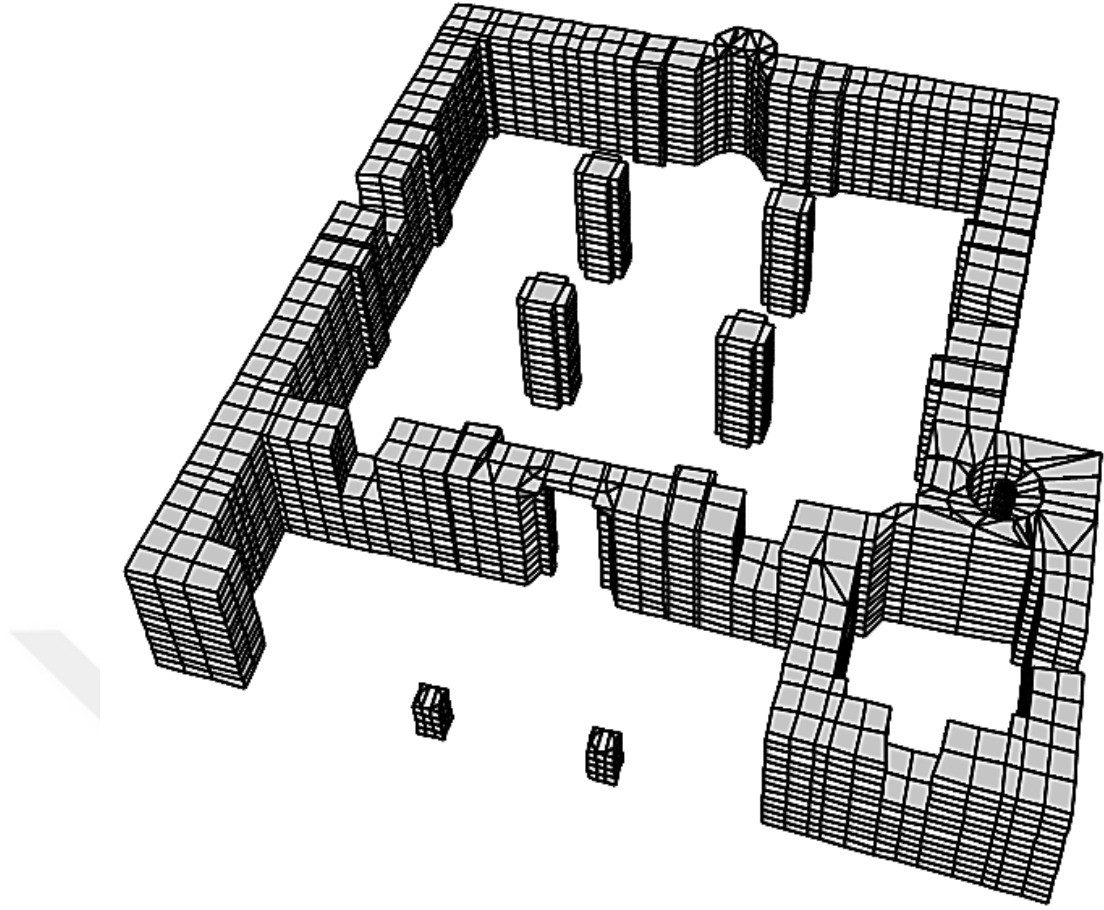
Alaeddin Bey Camii sonlu elemanlar yöntemini kullanan SAP2000 programı ile bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modeli oluşturulurken Bitlis Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından 2011 yılında hazırlanan rölöve projesinden yararlanılmıştır. Yapısal davranışın doğru bir şekilde belirlenmesi amacıyla, modelleme aşamasında rölöve projesindeki geometriye uyulmuştur. Sonlu eleman modelinde, yapıya ait kritik bölgeler daha küçük parçalara ayrılarak daha hassas sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Yapı davranışının sağlıklı bir şekilde belirlenmesi amacıyla Alaeddin Bey Cami'nin sonlu eleman modelinde bulunan parçaların bağlantı noktaları özenle yapılmıştır (Şekil 35, Şekil 36, Şekil 37, Şekil 38, Şekil 39, Şekil 40, Şekil 41, Şekil 42, Şekil 43 ve Şekil 44).

Alaeddin Bey Camii modelinde kubbeler, kabuk (shell) kemerler, sütunlar ve duvarlar ise katı (solid) elemanlar ile ifade edilmiştir.

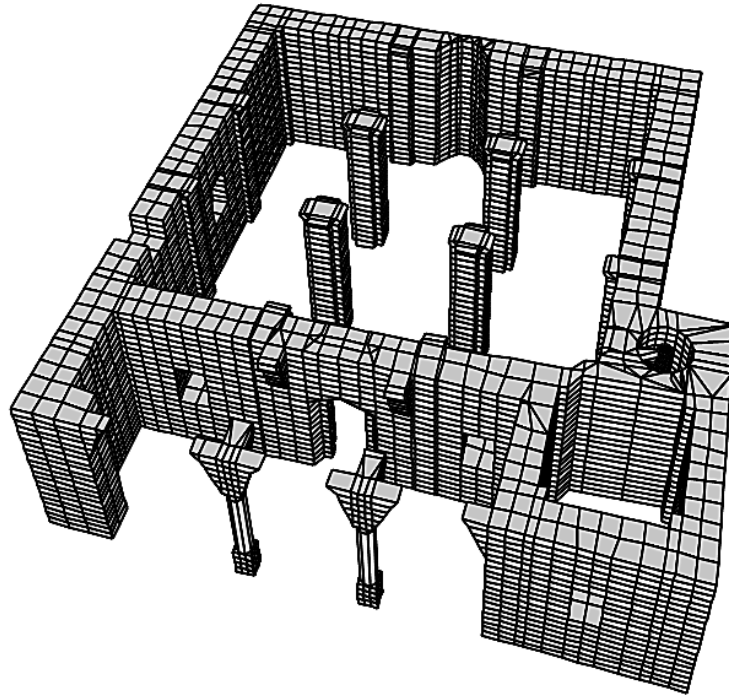
Modelde 25286 adet bağlantı noktası (joint), 1100 adet kabuk (shell) eleman ve 16548 adet katı (solid) eleman kullanılmıştır. Model X ekseninde 17,41 m, Y ekseninde 18,33 m, Z ekseninde 23,00 m bir alan içerisinde yer almaktadır.



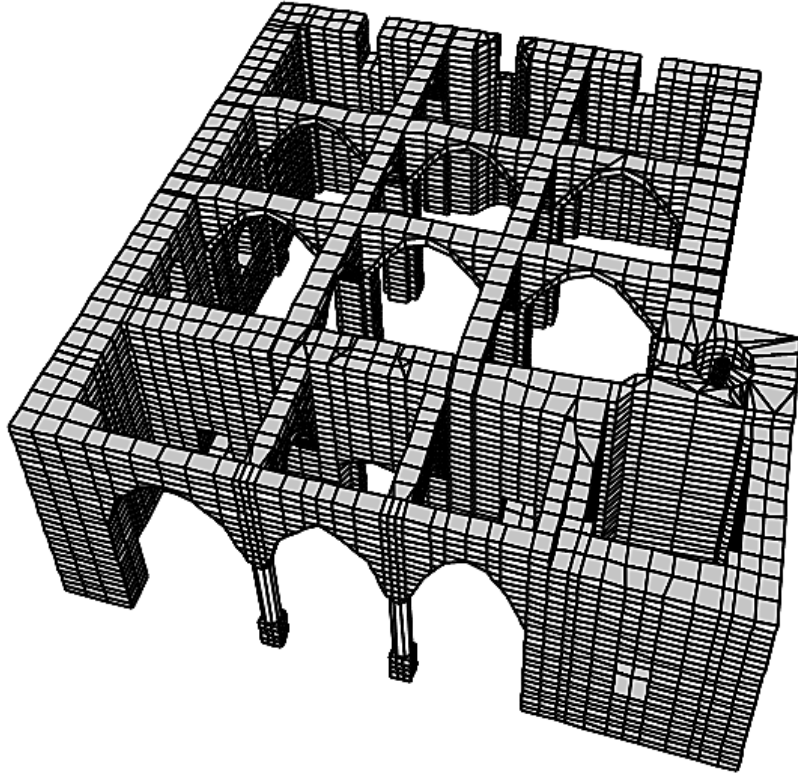
Şekil 35. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modelli plan görünüşü.



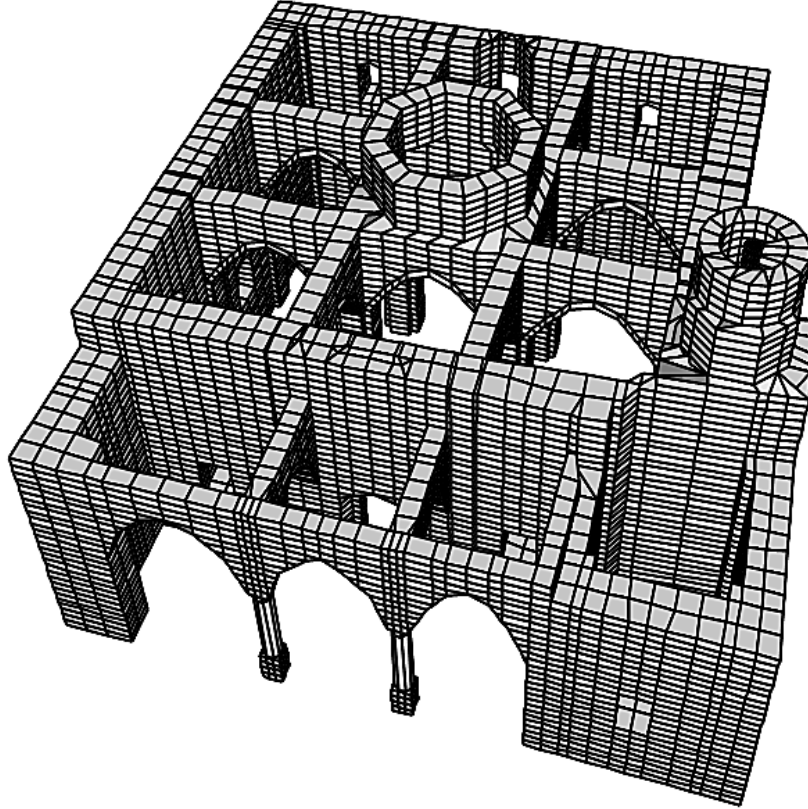
Şekil 36. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 1.



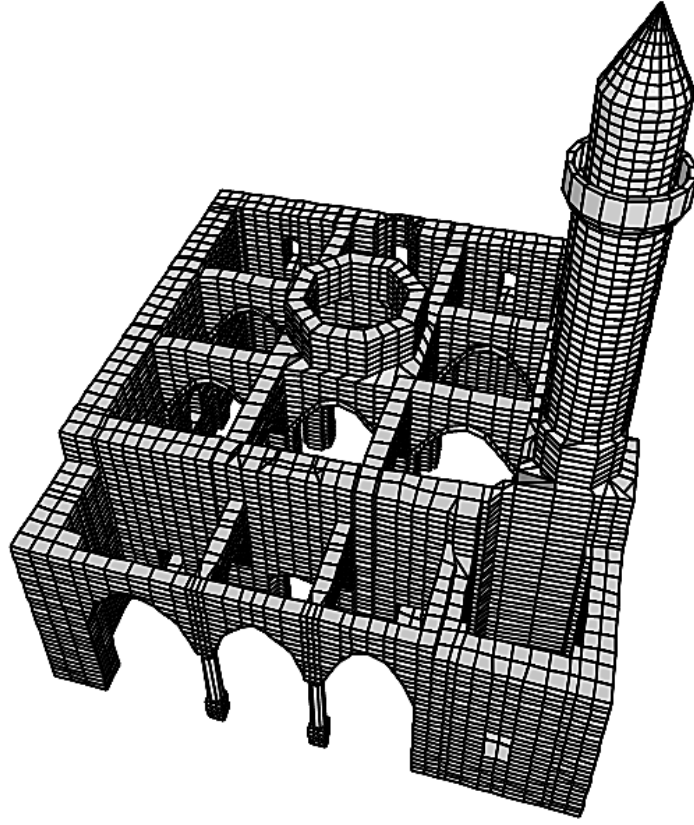
Şekil 37. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 2.



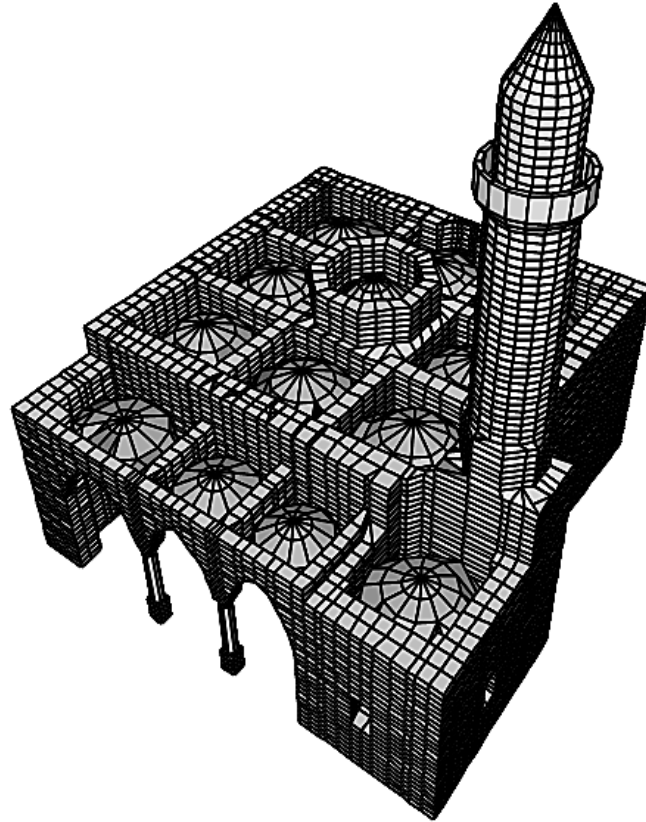
Şekil 38. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 3.



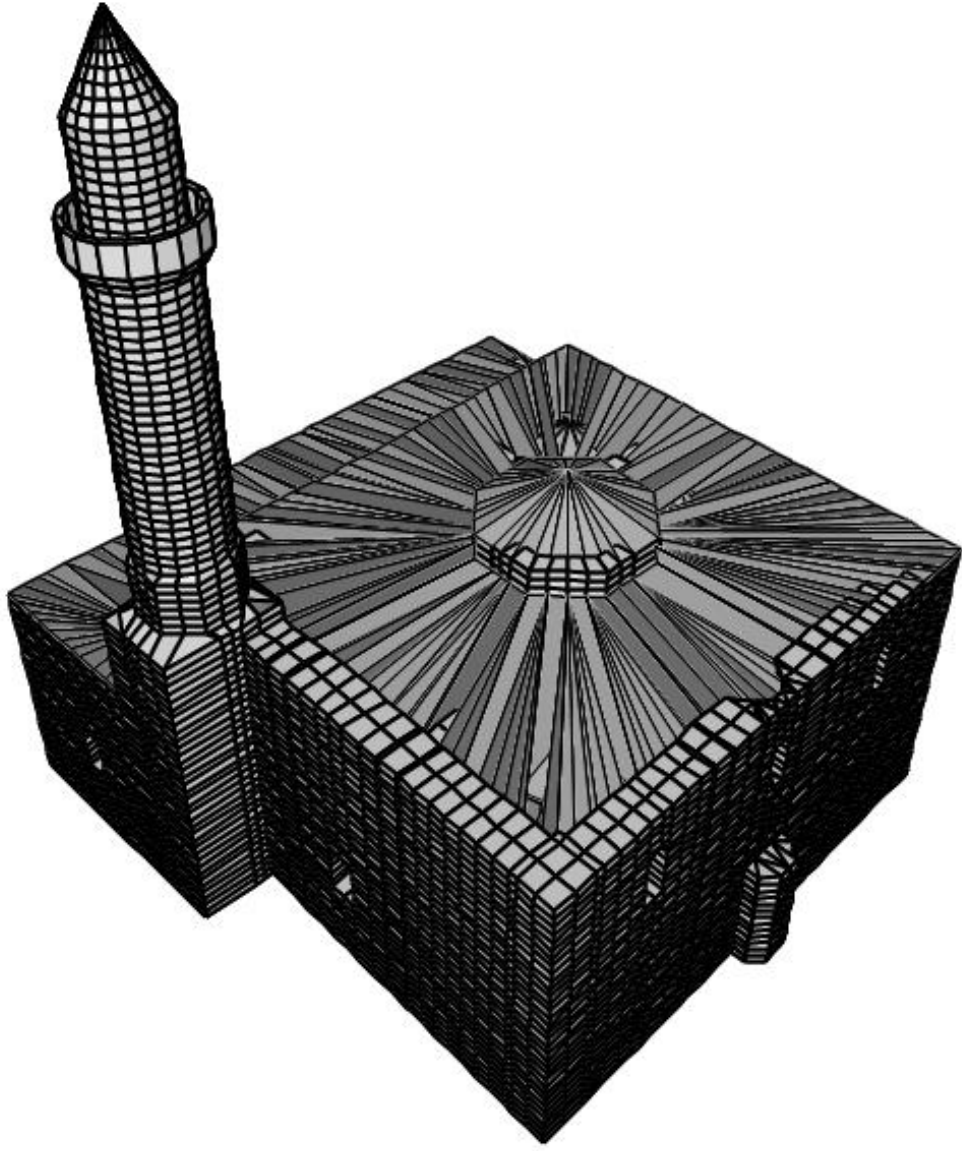
Şekil 39. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 4.



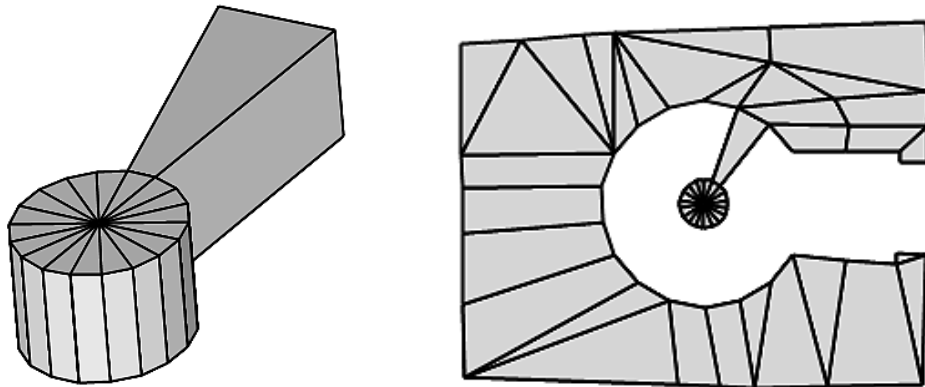
Şekil 40. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 5.



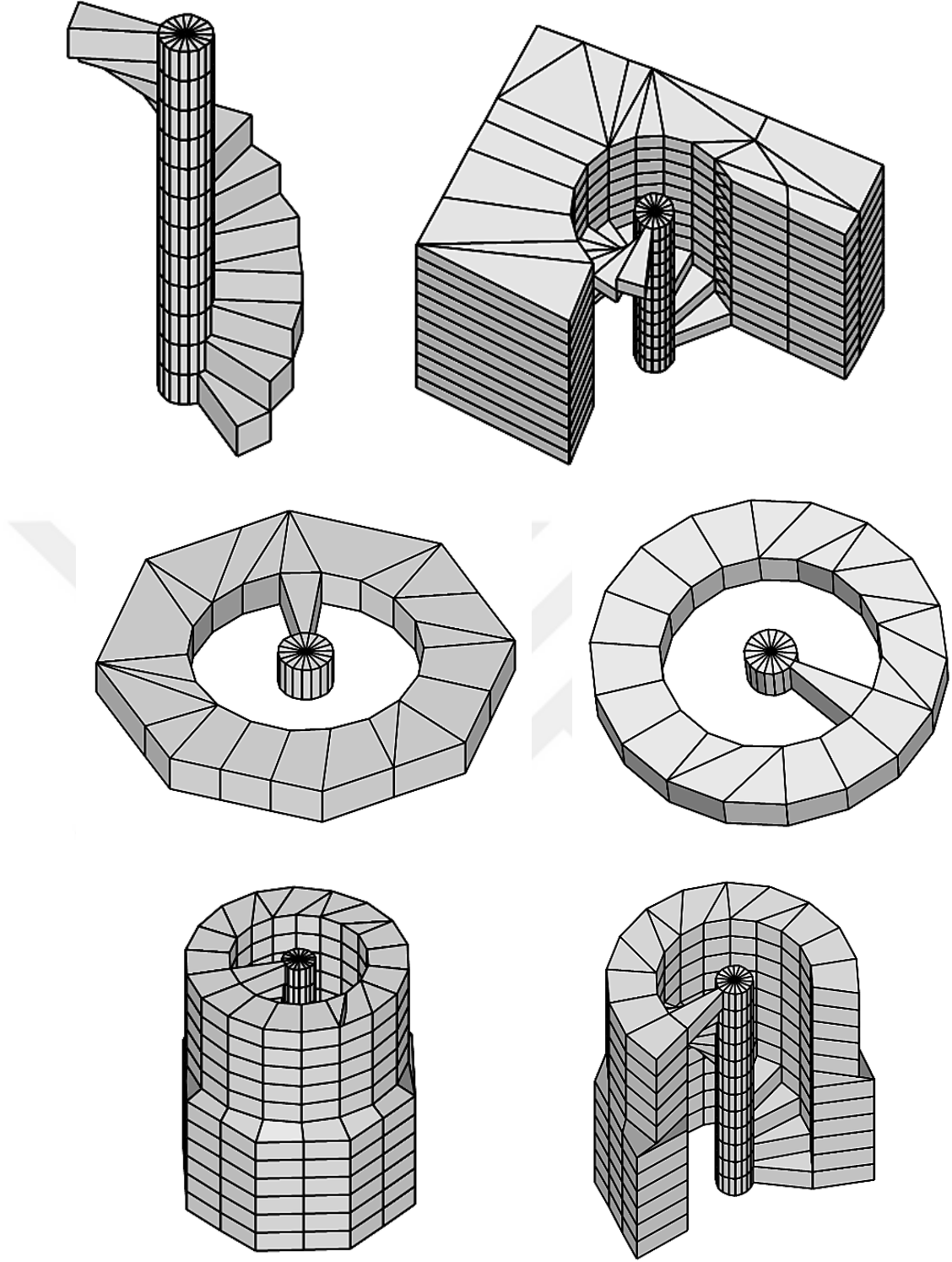
Şekil 41. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 6.



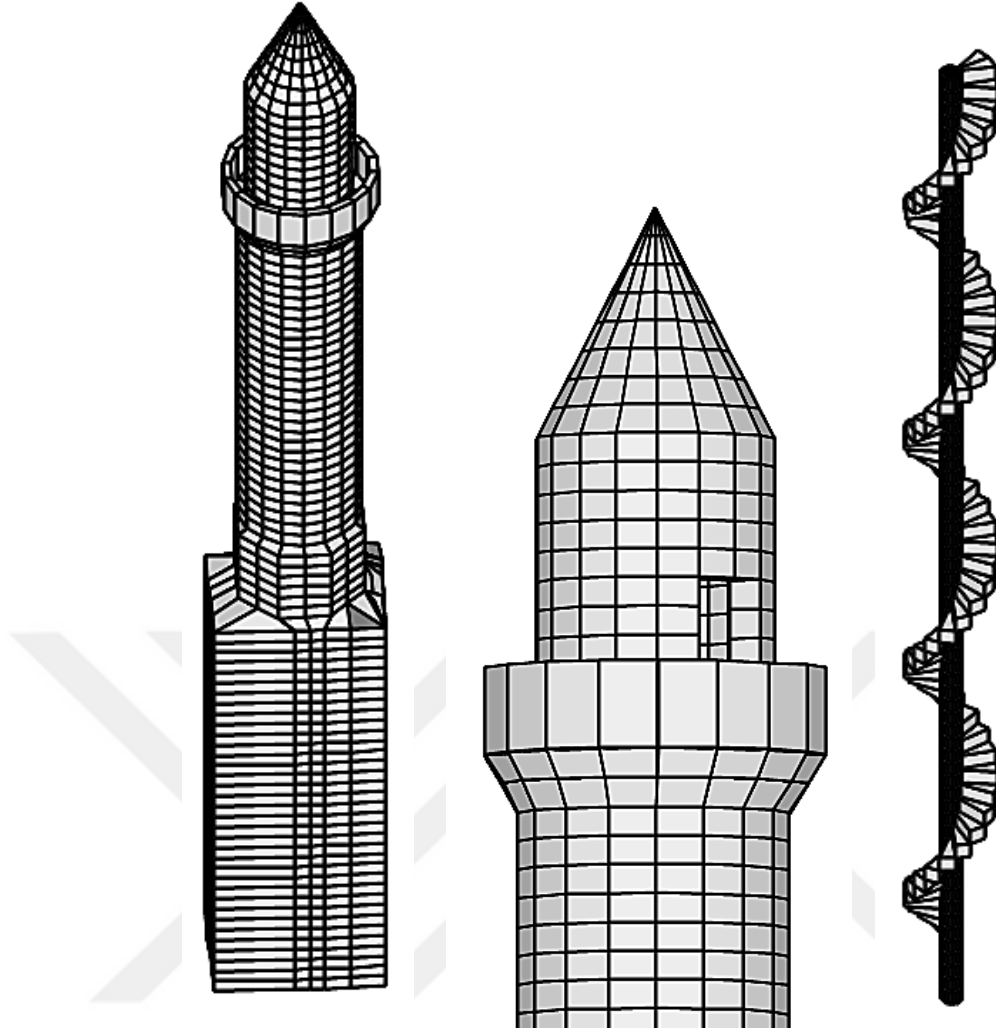
Şekil 42. Alaeddin Bey Cami'nin sonlu elemanlar modellemesine ait aşamalar 7.



Şekil 43. Alaeddin Bey Cami'nin minare modellemesine ait aşamalar 1.



Şekil 43 (Devam). Alaeddin Bey Cami'nin minare modellemesine ait aşamalar 1.



Şekil 44. Alaeddin Bey Cami'nin minare modellemesine ait aşamalar 2.

Bu çalışma modelindeki malzeme parametreleri, Tarihi Alaeddin Bey Cami'sinde kullanılan doğal taşların jeolojik özelliğini yansıttığı düşünülen, Tarihi Erzurum Lala Paşa Cami'si üzerine yapılan çalışmadan alınmıştır (Tablo 1) (Şeker vd., 2015).

Tablo 1. Modelde Kullanılan Elemanlara Ait Bazı Mekanik Özellikler (Şeker vd., 2015)

Yapısal Bölüm	Elastisite Modülü (N/mm ²)	Poisson Oranı	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)
Duvarlar Kemerler Sütunlar (Solid) (Taş + Harç)	8000	0,15	40	4	2500
Kubbeler (Shell) (Tuğla+Harç)	3000	0,18	-	-	1750

Lala Paşa Camii ile ilgili (Şeker vd., 2015) yaptıkları çalışmada kabuk elemana ait basınç ve çekme dayanımı bilgisine ulaşamamıştır. Bu nedenle bu çalışmada kabuk elemana ait gerekli dayanım değerlerini belirlemek amacıyla literatür araştırması yapılmıştır. Kabuk eleman tuğla ve harçtan oluşmaktadır. Dolu tuğlalar üzerine Şeker, Çakır ve Doğangün (2014) da yaptıkları deneysel çalışmada tuğlanın basınç dayanımını $17,49 \text{ N/mm}^2$ ve çekme dayanımı $2,69 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlemişlerdir. Bu değerler 0,70 (Koçak, 1999; Çoban, 2018; Yurdakul vd., 2021) ile çarpılarak Kabuk elemanın (tuğla + harç) basınç ve çekme dayanımları belirlenmiştir. Kabuk elemanın (tuğla + harç) basınç dayanımı $12,24 \text{ N/mm}^2$ ve çekme dayanımı $1,88 \text{ N/mm}^2$ olarak düşünülmüştür.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Yığma Yapılarda Güçlendirme Yöntemleri

Hasar görmüş veya görmesi muhtemel olan tarihi yapıların, taşıyıcı sistem performanslarının mevcut halinden daha yukarıya çıkarmak için yapılan uygulama yöntemleridir. Yığma yapılarda deprem, zemin problemleri, çevresel faktörler, yapıda fonksiyon değişikliği ekleme/çıkarma yapılması ve uygulanan yanlış müdahaleler gibi çeşitli sebeplerle taşıyıcı sistem kısmen veya belirgin düzeyde zarar görmüşlerdir. Bu nedenle yığma yapıların mevcut durumlarının araştırılması ve gerekli görülmesi halinde güçlendirilmesine gidilmelidir. Seçilecek güçlendirme yönteminde yapının orijinal durumu göz önüne alınmalı ve müdahaleler tarihi yapının karakterine uygun olarak uygulanmalıdır.

Yapının Hasar Gören veya Yıkılan Bölümlerinin Yeniden İnşası

Hasar gören veya yıkılan bölümlerin yeniden inşa edilmesi uygulamasıdır. Yeniden inşa edilecek bölümlerde, uygulamaya geçebilmek için yapıya ait fotoğraf, rölöve ve teknik bilgi ve belgelerin olması gerekmektedir. Kullanılan malzeme ve işçilik tarihi yapının karakterine uygun olmayacağından anlam ifade etmeyen bir uygulamadır.

Harç ve Epoksi Enjeksiyonu

Yığma yapılarda fiziksel, kimyasal ve mekanik hareketler nedeniyle oluşan çatlaklara veya boşluklara bağlayıcılığı yüksek bir harcın uygun bir basınç altında enjekte edilmesi işlemidir. Yapıda bulunan küçük çaplı çatlaklar için epoksi enjeksiyonu daha büyük çatlaklar için harç enjeksiyonu kullanılır. Bu yöntemin temel amacı, uygun malzeme kullanarak yapı birimlerinin orijinal bütünlüğünü korumak ve yeniden birlikte çalışmasını sağlamaktır.

Güçlendirme aşamasında, ilk olarak yığma duvar üzerinde enjeksiyon delikleri açılır, açılan deliklerde bulunan toz malzeme kompresör yardımıyla temizlenir ve iç yüzey ıslatılır. Bu işlemler enjekte edilecek olan harcın, yapı birimleri ile aderansının sağlanması açısından oldukça önemlidir. Açılan deliklere malzeme enjeksiyonu, enjeksiyon basıncını kontrol edebilecek bir cihaz yardımıyla yapılır. Enjeksiyon işlemine duvarın alt bölgelerindeki noktalardan başlanır ve malzeme üst noktaya ulaşınca kadar devam eder (Şekil 45) (TYDRYK, 2017).

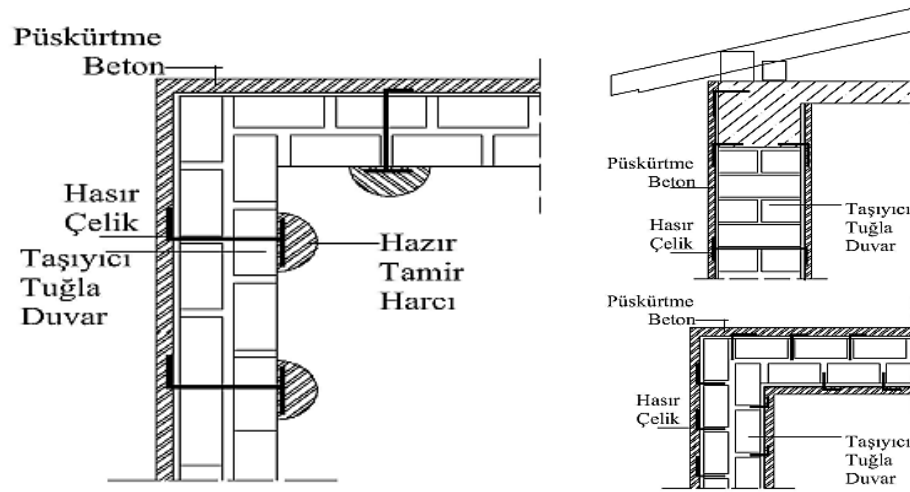
Enjeksiyon yöntemi duvarın iç kısmına yönelik bir müdahale olduğu için nem artışı ve buna bağlı hasarlara yol açabilir. Bu nedenle çimento esaslı harç kullanılmamalıdır. Çatlak ve boşluklar düşük hidratasyon sıcaklığına sahip kireç esaslı enjeksiyon malzemesi ile doldurulmalıdır (TYDRYK, 2017).



Şekil 45. Enjeksiyon uygulamasına ait aşamalar (TYDRYK, 2017, s. 180).

Püskürtme Beton ile Güçlendirme

Bu yöntem yığma yapı duvarlarında geniş çatlak veya ileri düzeyde hasar olması durumunda kullanılır. Basınçlı hava yoluyla uygulanan betondur. İç veya dış duvarın güçlendirilmesinde kullanılır. Tam anlamıyla etkili olabilmesi için duvarın her iki yüzüne de uygulanması tercih edilir (Şekil 46) (TYDRYK, 2017). Fakat üst katlarda kat kesme kuvveti azalacağı için güçlendirme boyları azaltılabilir ve tek yüzeye uygulanması da kabul edilebilir bir yöntemdir (Şekil 46) (Özsaraç, 2009).



Şekil 46. Tek taraflı ve iki taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması (Celep, 1998; Akt., Özşaraç, 2009, s. 21, 22).

Uygulama aşamasında güçlendirilecek duvara epoksi ile ankraj çubukları yerleştirilir ve hasır donatı bu ankraj çubuklarına sabitlenir. Daha sonra püskürtme beton uygulanır (Şekil 47) (Özşaraç, 2009). Her iki yüzeye yapılan uygulamalarda, oluşturulan sıva tabakalarının enine doğrultuda ankraj çubukları ile duvara bağlanması eklenen tabakaların mevcut duvar ile bir çalışması açısından önemlidir (TYDRYK, 2017).

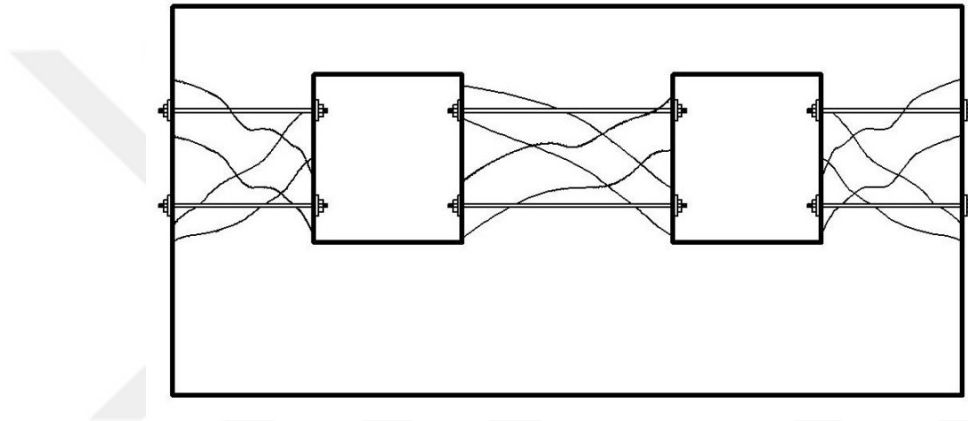
Püskürtme beton ile güçlendirilmiş duvarların rijitliği, taşıma kapasitesi ve kesme dayanımı artmaktadır. Bu nedenle uygulaması kolay ve etkili bir yöntem olduğu için sivil yapılar da sıklıkla kullanılmaktadır. Tarihi yapılarda, bu yöntemin sıva bunmayan yüzeylere uygulanması durumunda yapının orijinal durumunu bozacağından önerilmez (TYDRYK, 2017).



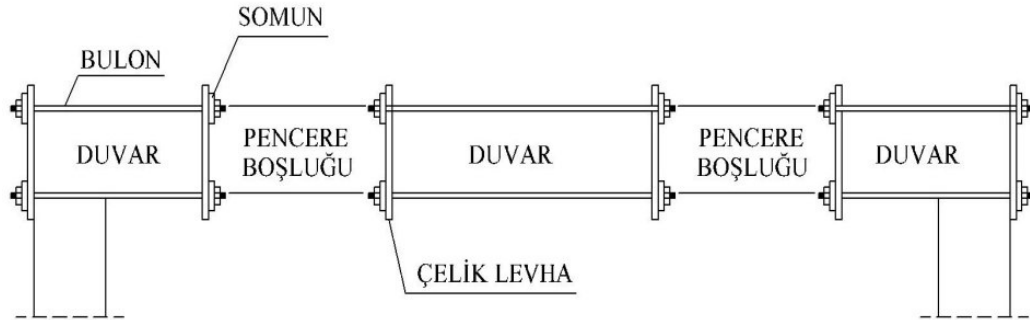
Şekil 47. Yığma duvarların püskürtme beton ile güçlendirilmesi uygulamaları (URL-2).

Taşıyıcı Duvarların Çelik Elemanlar ile Güçlendirilmesi

Bu yöntemde duvarlar kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde döşeme diyaframlarına veya çatıya monte edilerek kullanılan çelik levhalar ile güçlendirilir. Yığma yapı duvarlarında ki çatlak büyümesini önlemek amacıyla çatlakları kesen donatılar yerleştirilir. Depremde pencere boşlukları arasında oluşmuş eğik çatlakları kesen donatılar yerleştirilerek sağlamlaştırma yapılabilir. Burada duvarda açılan deliklerden gergi çubukları geçirilir ve bu gergi çubuklarının uçlarına somonlar geçirilerek duvarlar sıkıştırılır. Bu yöntemle çatlağın büyümesi önlenir (Şekil 48). Duvarlarda delik açma işlemi yapılmaması halinde donatılar duvarın iç ve dış yüzüne yerleştirilir ve uçlarına çelik levhalar konularak bulonlar ile sıkıştırılır (Şekil 49) (Özsaraç, 2009)



Şekil 48. Pencere boşluklarının gergi çubukları ile güçlendirilmesi (Öncü, 2011, s. 78).



Şekil 49. Gergi demirlerinin duvarın dış yüzüne yerleştirilmesi (Öncü, 2011, s. 78).

Ayrıca boşluk arası duvarlarda çelik levha ve köşebentlerle bir çerçeve oluşturularak çatlağın büyümesi engellenebilir. Paslanmaya karşı çelik elemanların tümü sıva ile kapatılmalıdır. Yığma yapı duvarlarının güçlendirilmesinde kullanılan başka bir yöntem duvar üst başlarının donatı ile bağlanmasıdır. Duvarda bir yuva açılarak donatı yerleştirilir ve duvarla kesiştiği yerde duvar delinir. Bu yöntemde kullanılan gergi çubuklarının uçlarındaki bulonlar sıkılarak donatıya gerilme verilmektedir (Özsaraç, 2009).

Lifli Polimer ile Güçlendirme

FTP, fiber (lif) takviyeli polimer anlamına gelmektedir. FTP kompozit malzemeler, lif ve reçine karışımından oluşurlar. Bu kompozit sistemi oluşturan liflerden karbon, cam ve aramid ile reçinelerden polyester, vinylester ve epoksi günümüzde yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Lifler yük taşıyıcı elemanlar olup, reçineler ise lifler arasına yükün dağılmasını sağlarlar. FTP yapımında kullanılan bazı lif türleri Şekil 50’de gösterilmiştir.



Şekil 50. FTP’de kullanılan bazı lif türleri (Başaran, 2019, s. 29).

FTP kompozitler tek ve çift yönlü şeritler (plaka) ve kumaşlar (fabrik), ankrajlar ve çubuklar vb. birçok formda üretilebilirler (Şekil 51) (İşler, 2014). Şerit FTP’ ler 5 ve 10 cm genişliğinde, kumaş FTP’ ler ise tek yönde kuvvetli 50 cm genişliğinde malzemelerdir (Onar, 2007).



Şekil 51. Üretim şekillerine göre bazı FTP çeşitleri (URL-3).

Betonarme ve yığma yapıların güçlendirilmesinde, FTP kompozitlerinin kullanımı son yıllarda hız kazanmıştır. Güçlendirmede FTP’lerin tercih edilmeye başlanmasında, dayanıklı, hafif ve kolay uygulanabilir olması gibi başlıca etkenler yer almaktadır. Bunun dışında FTP çeliğe göre daha yüksek çekme mukavemetine sahiptir. Ayrıca çeliğe göre, ebat ve şekle dayalı daha çok seçenek, hafiflik ve korozyon direnci gibi üstün özellikleri vardır. FTP duvar yüzeyine epoksi esaslı yapıştırıcı ile uygulanır. Epoksi esaslı yapıştırıcı uygulama yapılacak yüzeye sürülmeden önce, astar duvar yüzeyine uygulanır. Bu işlem neticesinde epoksi, FTP ve duvar yüzeyi arasında ki aderans artırılmış olur (Şekil 52, Şekil 53 ve Şekil 54). Yapıda

FTP' lerin uygulanacağı yerler sistemin deprem davranışına göre belirlenebilir. FTP yerleştirilecek yerler, çekme ve eğilme mukavemetlerini alacak şekilde belirlenmelidir (Onar, 2007).



Şekil 52. Reçinenin uygulama yapılacak yüzeye uygulanışı (Çöğürçü, 2007, s.118).



Şekil 53. Reçinenin FTP üzerine uygulanışı (Çöğürçü, 2007, s. 118).



Şekil 54. FTP' nin duvara uygulanışı (Çöğürçü, 2007, s. 119).

Yığma yapılarda taşıyıcılar, duvarlardan oluşur. Taşıyıcı yığma duvarların kesme ve eğilmeye karşı mukavemetleri FTP uygulanarak artırılabilir. Hasar gören duvarlarda, çatlaklar epoksi bazlı yüksek dayanımlı tamir harcı ile doldurulur ve tüm yüzeye FTP kumaş yapıştırılır (Şekil 55). Tarihi yapıların kubbelerinde FTP dıştan uygulanır, tekrar üzerleri kurşun kaplama ile örtülür (Şekil 56). Böylelikle yapılan güçlendirme belli olmaz ve tarihi

doku korunmuş olur. Kemerlerde ise üstten veya alttan FTP uygulaması yapılarak deprem anında birbirlerinden ayrılması engellenir (Şekil 57) (Çöğür, 2007).



Şekil 55. FTP' nin yığma duvara uygulaması (URL-4; Akt., Onar, 2007, s. 27).



Şekil 56. FTP' nin kubbe kasağına uygulaması (Güler vd., 2004; Akt., Aköz, 2008, s. 39).



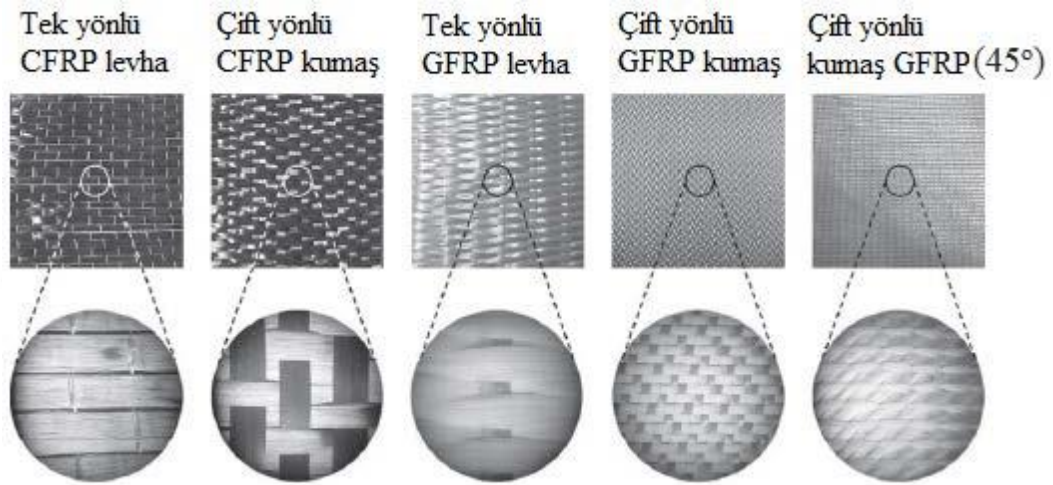
Şekil 57. FTP' nin kemerlere uygulaması (Onar, 2007, s. 28).

FTP türleri.

Kullanılan lif tipine bağlı olarak birden çok FTP kompozit malzeme mevcuttur. Ancak FTP’de yaygın olarak kullanılan lifler karbon, cam ve aramiddir (Fares, 2020).

Karbon fiber takviyeli polimerler (KFTP).

Yüksek sıcaklıklarda üretilen karbonun çeşitli işlem aşamalarından geçirilerek liflerin reçineler ile birleşmesi sonucu elde edilen kompozit bir malzemedir. Karbon lifler gerilmeye karşı çelikten 14 kat daha fazla dayanıma sahip olup, ağırlığı çeliğin beşte biri oranındadır (Aytaç, 2011). KFTP günümüzde yaygın olarak kullanılmakla birlikte özellikle karmaşık yapı elemanların güçlendirilmesinde geniş kullanım alanına sahiptirler. Yığma yapıların çekme dayanımları azdır. Yapının bu yöntem ile güçlendirilmesi deprem yüklerine karşı davranışını olumlu yönde etkileyecektir. Tarihi yığma yapıların güçlendirilmesinde tek ya da çift yönlü KFTP kumaşlar ile şerit KFTP’ler daha çok kullanılmaktadırlar (Şekil 58 ve Şekil 59).



Şekil 58. Tek ve çift yönlü çeşitli FTP sistemleri (Güneş, 2004; Akt., Dalyan, 2019, s. 37).



Şekil 59. Tarihi yapılarda şerit ve kumaş KFTP güçlendirme örnekleri (Koç, 2015, s. 5).

KFTP’nin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Farklı özelliklere sahip birden çok şekil ve ebat seçeneği, çok yüksek elastisite modülü ve mukavemeti, düşük yoğunluk ve

iyi kimyasal direnç gibi birçok avantajları vardır. Basınç dayanımının çekme dayanımından az olması, yüksek maliyet, darbeye karşı dayanıksızlık, elektriksel iletken özellik ve kırılmaya yol açan düşük gerilme vb. dezavantajları bulunmaktadır (Fares, 2020). Çeşitli FTP türlerine ait malzeme özellikleri Şekil 60'da verilmiştir.

Lif (Fiber) Tipi	Elastik Modulus(GPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Çekme Birim Uzaması (%)	
Karbon				
Yüksek Dayanımlı	215-235	3500-4800	0.4-2.0	
Çok Yüksek Dayanımlı	215-235	3500-6000	1.5-2.3	
Yüksek Modulus	350-500	2500-3100	0.5-0.9	
Çok Yüksek Modulus	500-700	2100-2400	0.2-0.4	
Cam	70	1900-3000	3.0-4.5	
E	85-90	3500-4800	4.5-5.5	
S				
Aramid	70-80	3500-4100	4.3-5.0	
Düşük modulus	115-130	3500-4000	2.5-3.5	
Yüksek modulus				
Çelik	200	400	25	

Şekil 60. Çeşitli FTP türlerine ait malzeme özellikleri (İşler, 2014, s. 63).

Cam fiber takviyeli polimerler (CFTP).

Cam fiber takviyeli polimerler (CFTP) düz, çift eksenli vb. farklı şekillerde üretilirler. CFTP kompozitler KFTP kompozitlere göre daha ucuzdurlar. Mekanik özellikleri lif tipi, içeriği ve lif ile matris arasındaki bağ ile farklılık göstermektedir.

Çekme dayanımı yüksek olan CFTP kompozitler, korozyon ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Betonarme ve yığma yapıların güçlendirilmesinde diğer kompozit maddelere oranla düşük maliyeti nedeniyle sıkça tercih edilirler (URL-5).

Aramid fiber takviyeli polimerler (AFTP).

Aramid lif takviye edilerek oluşan bu kompozit malzemeler ısıya dayanıklı olarak bilinirler. Tek yönlü AFTP kompozitler hafif ve yüksek mukavemete sahip oldukları için yer yapıya ekstra yük vermezler. Yoğunlukları düşüktür. Maliyetleri yüksek olduğundan yapısal uygulamalarda tercih edilmezler.

KFTP, CFTP ve AFTP kumaşlara ait görseller Şekil 61'de verilmiştir.



Şekil 61. KFTP, CFTP ve AFTP kumaşlara ait görseller (URL-6).

Bu çalışmada, Tarihi Alaeddin Bey Camisinde hasarlı bölge tek yönlü KFTP tabakası ile güçlendirilmiş ve Sap 2000 programında analizleri yapılmıştır. Güçlendirme yapılmamış ve KFTP ile güçlendirilmiş sistem karşılaştırılmıştır. Model’de kullanılan KFTP malzemenin özellikleri Tablo.2 ve Tablo.3’de verilmiştir (Koç, 2004).

Tablo 2. *Modelde Kullanılan KFTP Tabakanın Geometrik Özellikleri (Koç, 2004)*

Lif Türü	Yüksek dayanımlı karbon
Tabaka örgü şekli	Tek yönlü
Alan yoğunluğu (kg/m^2)	0.3
Birim hacim ağırlığı (kg/m^3)	1820
Etkili tabaka kalınlığı (mm)	0.165
Birim genişlik için etkili enkesit alanı (mm^2/cm)	1.65

Tablo 3. *Modelde Kullanılan KFTP Malzemenin Mekanik Özellikleri (Koç, 2004)*

Karakteristik çekme elastisite modülü (MPa)	230000
Maksimum uzama (%)	1.5
Karakteristik kopma dayanımı (MPa)	3430
20 cm bindirme ile eklenme durumunda kopma dayanımı (MPa)	3430

Literatür araştırmalarında KFTP malzemenin poisson oranı için 0.2 ile 0.4 arasında değerlere rastlanmıştır. Bu çalışmada KFTP malzeme için poisson oranı 0.3 olarak alınmıştır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Alaeddin Bey Cami'sinin Farklı Karakteristik Özelliklere Sahip Deprem Etkileri Altında Davranışının İncelenmesi

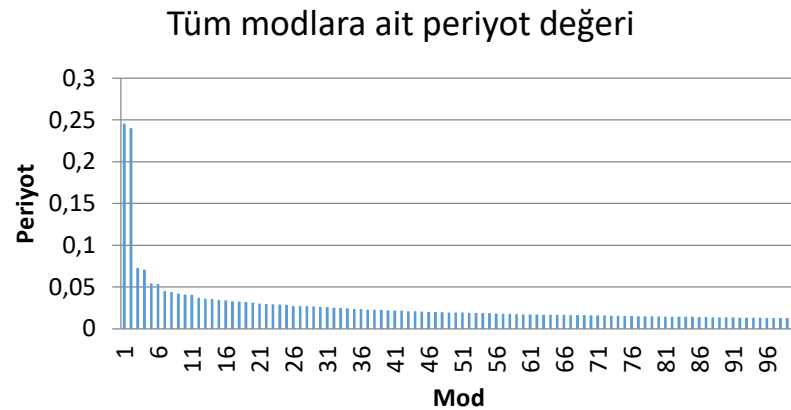
Yapının Modal Analizi

Tarihi Alaeddin Bey Cami'sinin modal analiz sonucunda elde edilen mod şekilleri ve titreşim periyotları belirlenmiştir. Çözümlemeler 100 mod için hesaplanmış ve Tablo.4'de ilk beş moda ait periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir. Şekil 62'de tüm modlara ait periyot değerleri verilmiştir. Şekil 63'de X ve Y yönündeki toplam kütle katılım oranları verilmiştir. Ayrıca Şekil 64-68'de ilk beş moda ait mod şekilleri verilmiştir.

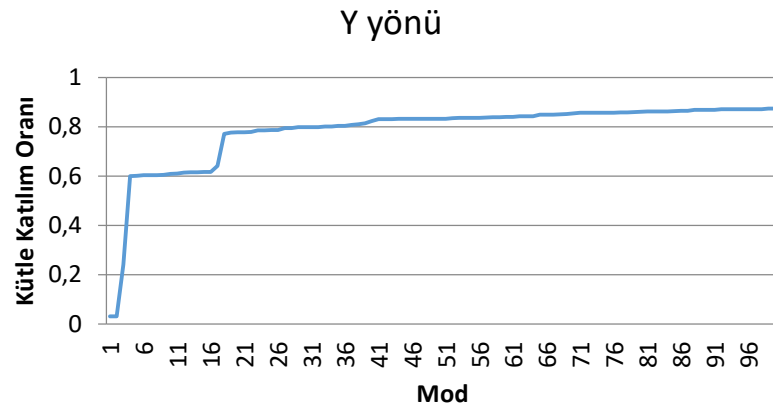
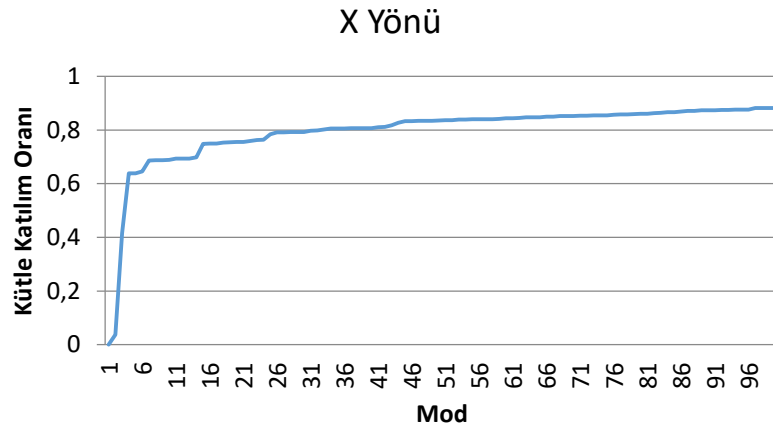
Tablo 4. İlk Beş Moda Ait Periyot Değerleri ve Kütle Katılım Oranları (U: Yer Değiştirme)

Modlar	Periyot (s)	UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY
1 (Y doğrultusunda)	0,245	0,000	0,032	0,000	0,000	0,032
2 (X doğrultusunda)	0,240	0,037	0,000	0,000	0,037	0,032
3 (Burkulma)	0,073	0,377	0,21	0,000	0,415	0,242
4 (Burkulma)	0,071	0,225	0,358	0,000	0,639	0,6
5 (Burulma)	0,054	0,000	0,000	0,000	0,639	0,601

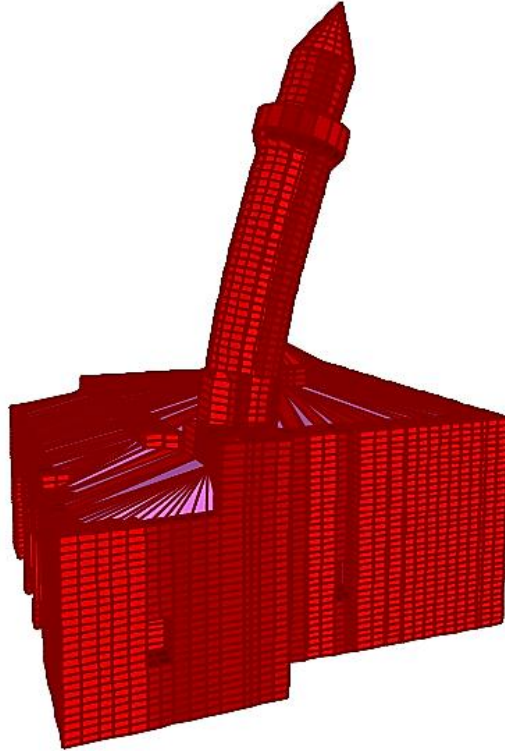
Yapılan modal analiz sonuçlarına göre, ilk 100 modda X yönünde toplam kütle katılım oranı yapı kütlelerinin %88,2'si ve Y yönünde toplam kütle katılım oranı yapı kütlelerinin %87,4'ü olduğu hesaplanmıştır.



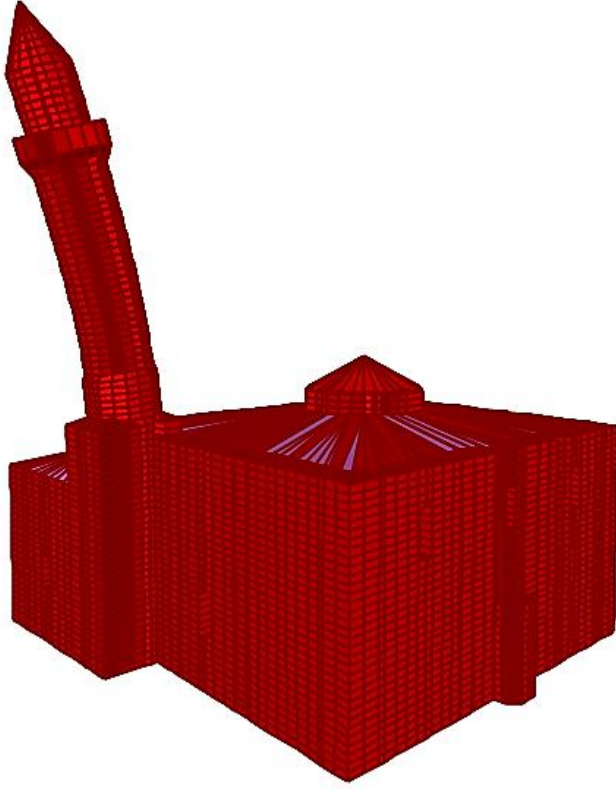
Şekil 62. Tüm modlara ait periyot değerleri.



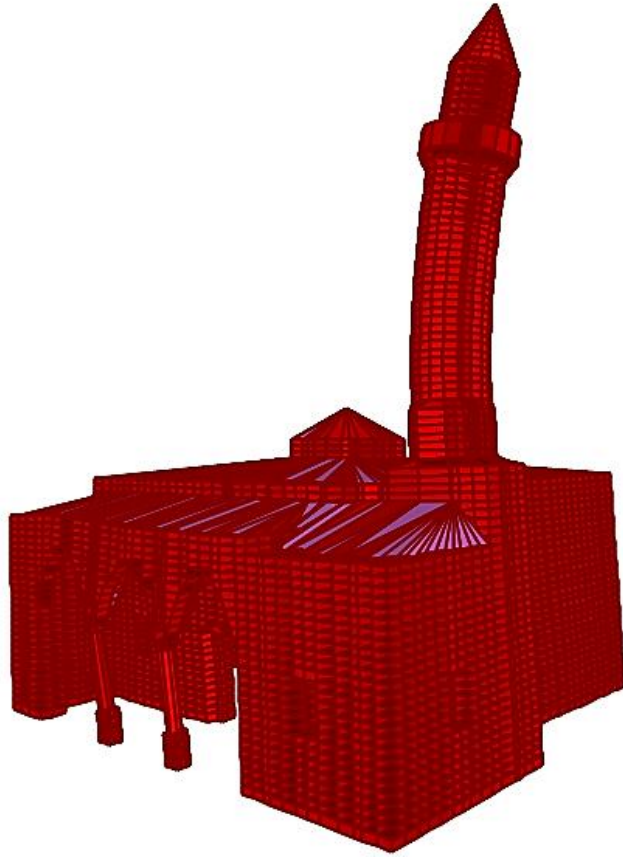
Şekil 63. X ve Y yönündeki toplam kütle katılım oranları.



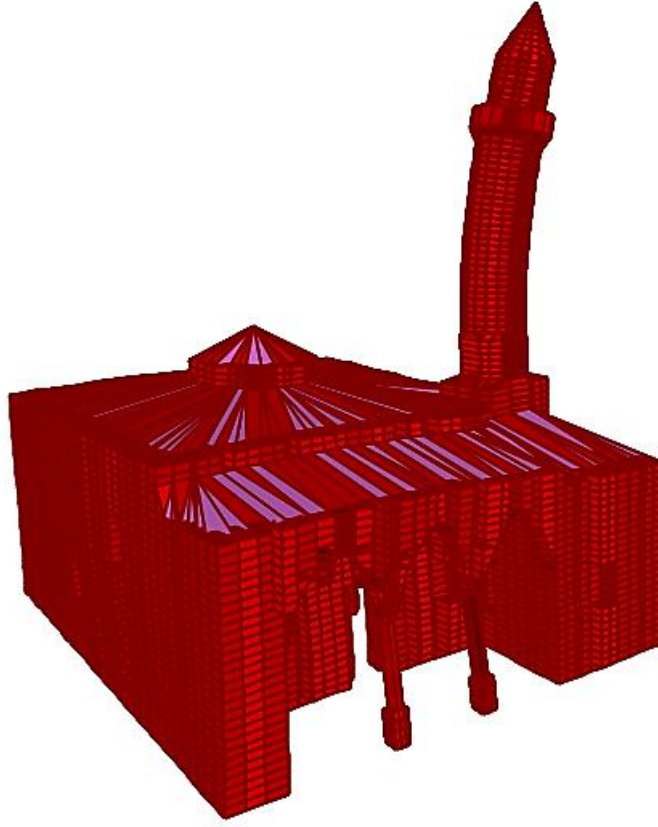
Şekil 64. Birinci mod (Y yönünde öteleme), $T = 0,245s$.



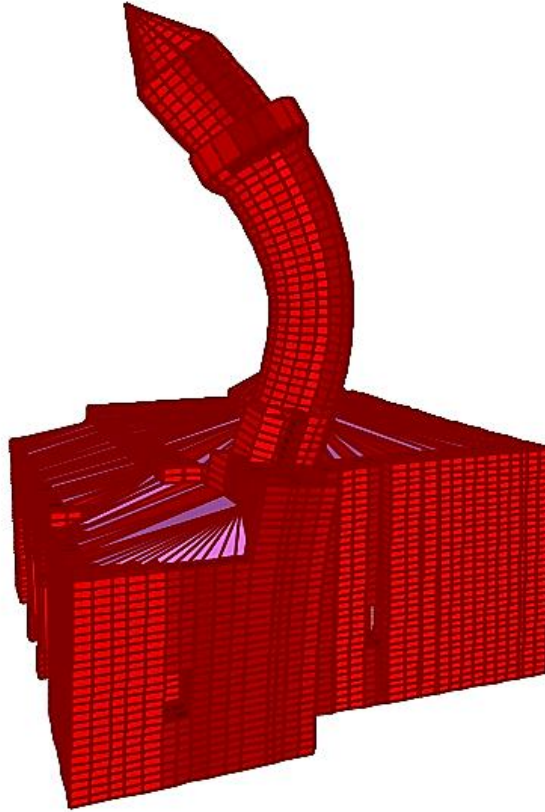
Şekil 65. İkinci mod (X yönünde öteleme), $T= 0,240s$.



Şekil 66. Üçüncü mod (Burkulma), $T= 0,073s$.



Şekil 67. Dördüncü mod (Burkulma), $T = 0,071s$.



Şekil 68. Beşinci mod (Burulma), $T = 0,054s$.

Güçlendirilmemiş Yapının Deprem Analizi

Türkiye Deprem Tehlike Haritası, Muş İl ve İlçelerinin önemli derecede deprem riski altında olduğunu göstermektedir. Bu yüzden dinamik yüklerin, Alaeddin Bey Cami'si üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla yapının dinamik analizleri SAP2000 programı ile yapılmıştır. Bu çalışmada Alaeddin Bey Cami'sine 13 Mart 1992 Erzincan, 23 Ekim 2011 Van-Erciş ve 17 Ağustos 1999 Kocaeli deprem kayıtları uygulanarak, zaman tanım alanında dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda yapıda meydana gelen maksimum çekme ve maksimum basınç normal gerilme değerleri verilmiştir. Tarihi yapının deprem davranışının belirlenmesinde kullanılan depremlere ait bazı veriler Tablo.5'de verilmiştir.

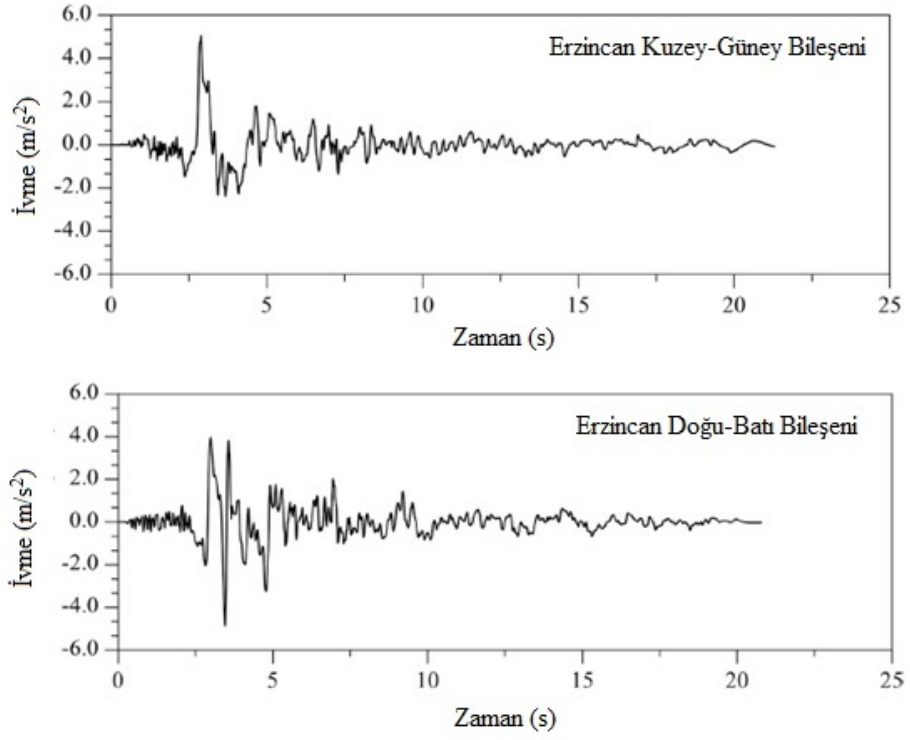
Tablo 5. *Alaeddin Bey Cami'nin Deprem Davranışı Belirlemede Kullanılan Depremler*

Deprem	Tarih	Yer	Derinlik (km)	Büyüklik (M_w)
Erzincan	13 Mart 1992	Otlukbeli (Erzincan)	22.6	6.6
Van-Erciş	23 Ekim 2011	Van (Erciş)	19.02	7.0
Kocaeli	17 Ağustos 1999	Gölcük (İzmit)	17.0	7.6

13 Mart 1992 Erzincan depremi.

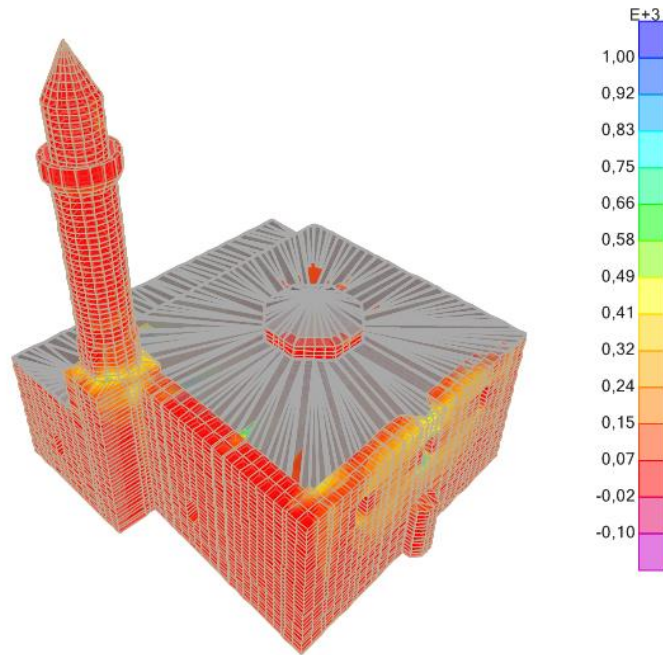
13 Mart 1992 tarihinde Erzincan ilinde yerel saatle 19.18'de 6.6 moment büyüklüğünde (M_w) meydana gelen depremde, 653 kişi yaşamını yitirmiş 6702 bina hasar görmüş veya yıkılmıştır. Bu deprem Erzurum ve Bingöl illerinde ise maddi hasara neden olmuştur. Kamu binalarının da zarar gördüğü depremde yardım çalışmaları aksamaya uğramıştır. 6.6 büyüklüğünde ki bir depreme göre hasarın fazla olmasının nedeni, şehrin alüvyon zemin üzerine kurulu olması ve yapıların bir çocuğunun 1939 Erzincan depreminden sonra 1940 yılında çıkarılan deprem yönetmeliğine göre inşa edilmemeleridir (URL-7).

Çalışmanın bu kısmında Alaeddin Bey Cami'sine 13 Mart 1992 Erzincan depremi ivme kayıtları uygulanmıştır (Şekil 69) (PEER, 2008). Yapılan analizler sonucunda maksimum çekme ve maksimum basınç normal gerilme değerleri incelenmiştir.

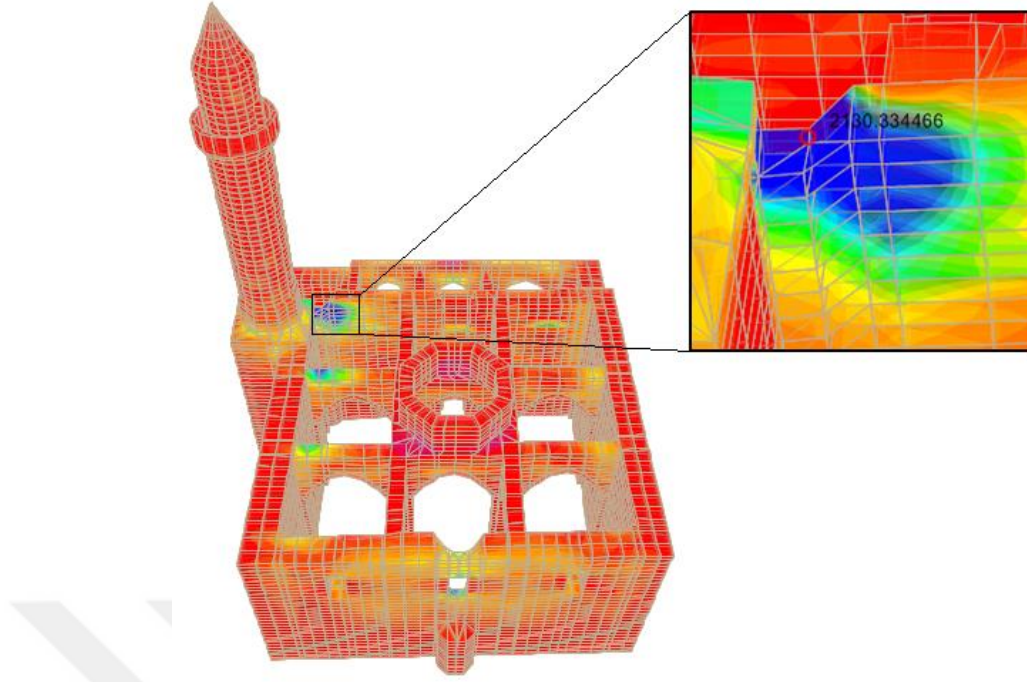


Şekil 69. 13 Mart 1992 Erzincan depremi ivme kayıtlarının iki bileşeni (Yurdakul vd., 2021, s. 271).

Erzincan depremi etkisi altında S_{11} maksimum çekme gerilme değeri $2130,33 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak harim bölümünü son cemaat yerinden ayıran duvarın, minare kare kaidesi ile birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 70).

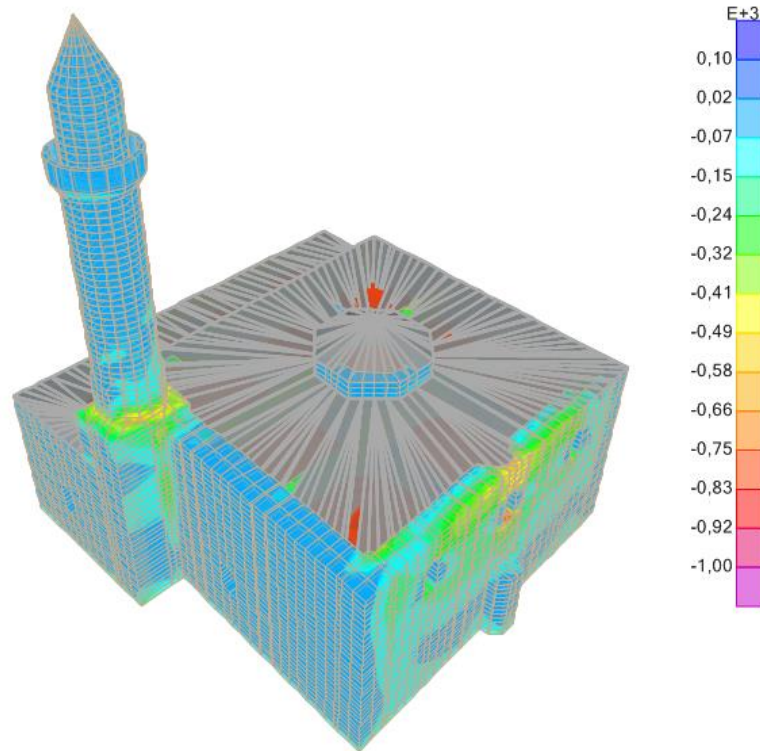


Şekil 70. Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

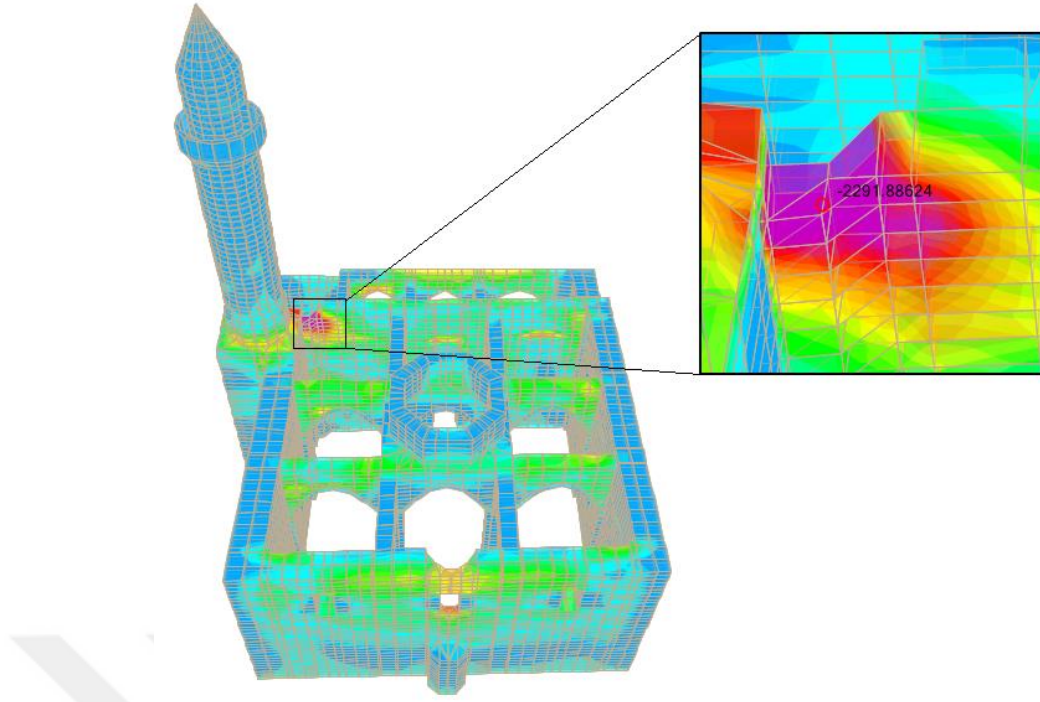


Şekil 70 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

Erzincan depremi etkisi altında S_{11} maksimum basınç gerilme değeri $2291,89 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak harim bölümünü son cemaat yerinden ayıran duvarın, minare kare kaidesi ile birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 71).

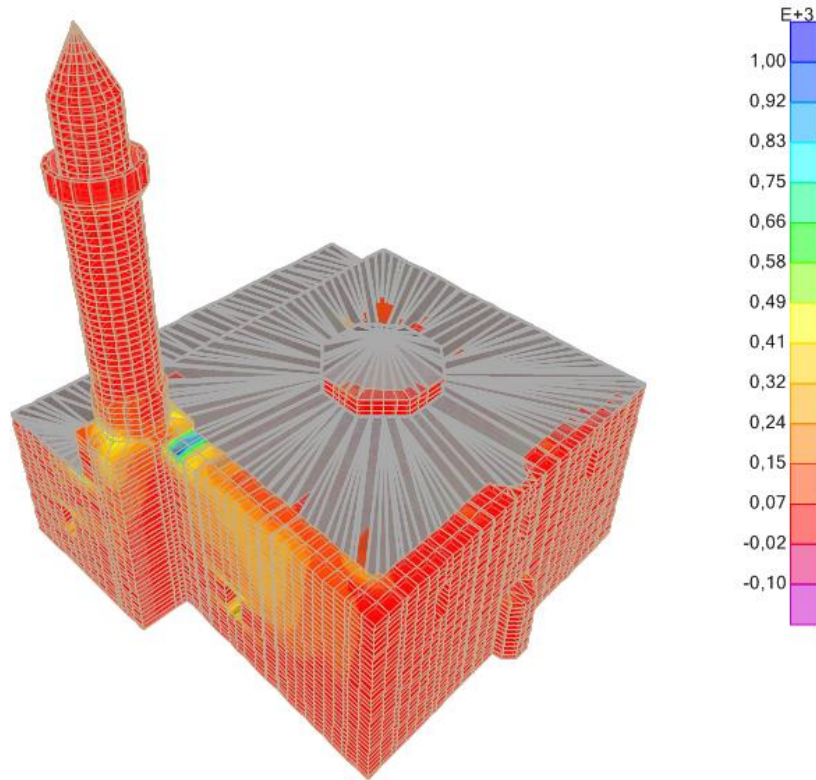


Şekil 71. Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

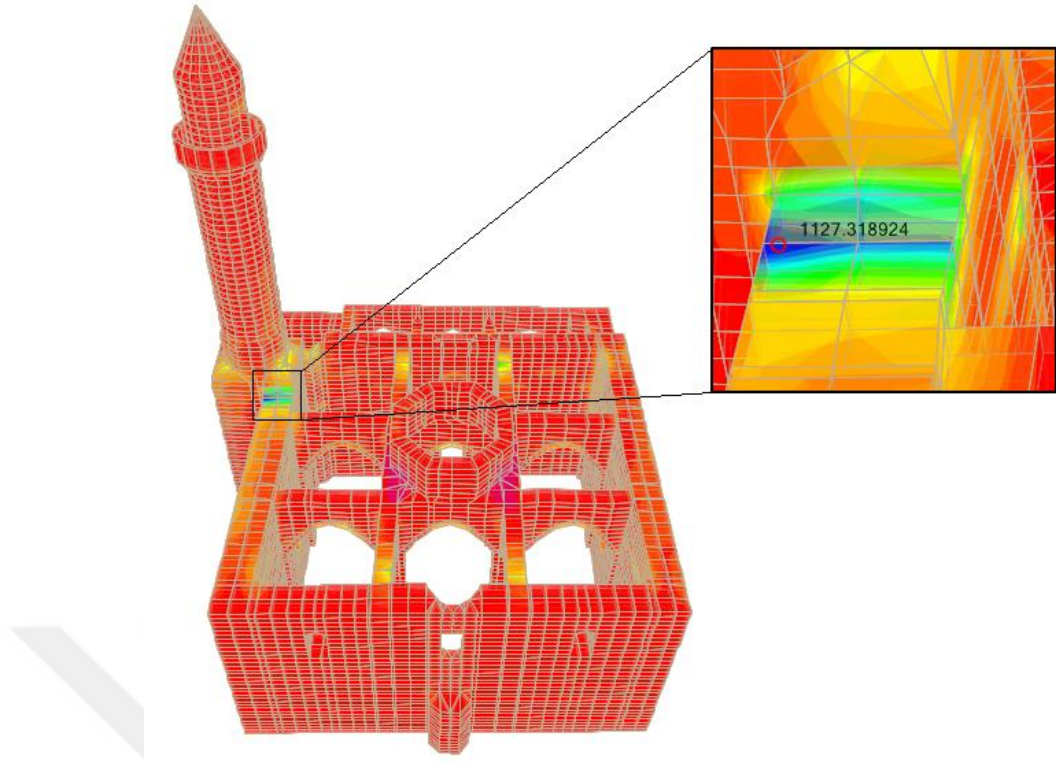


Şekil 71(Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

Erzincan depremi etkisi altında S_{22} maksimum çekme gerilme değeri $1127,32 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak batı cephesi beden duvarı ile minare kare kaidesinin birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 72).

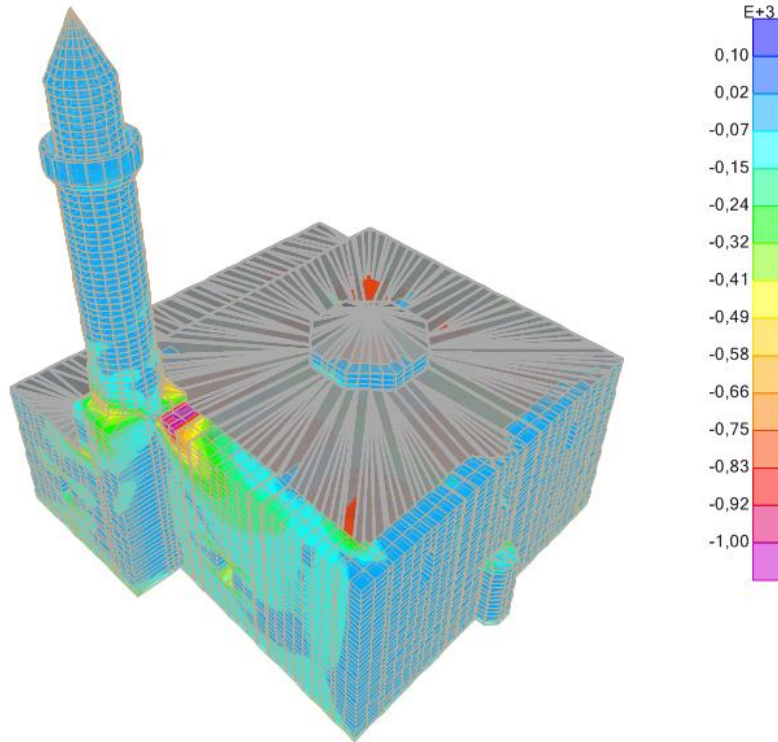


Şekil 72. Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

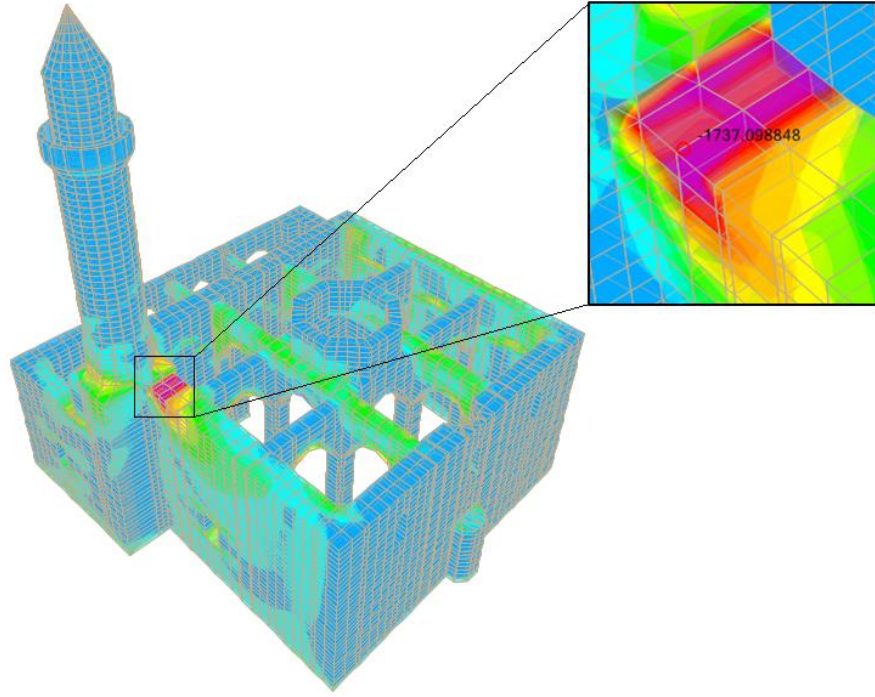


Şekil 72 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

Erzincan depremi etkisi altında S_{22} maksimum basınç gerilme değeri $1737,10 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak batı cephesi beden duvarı ile minare kare kaidesinin birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 73).

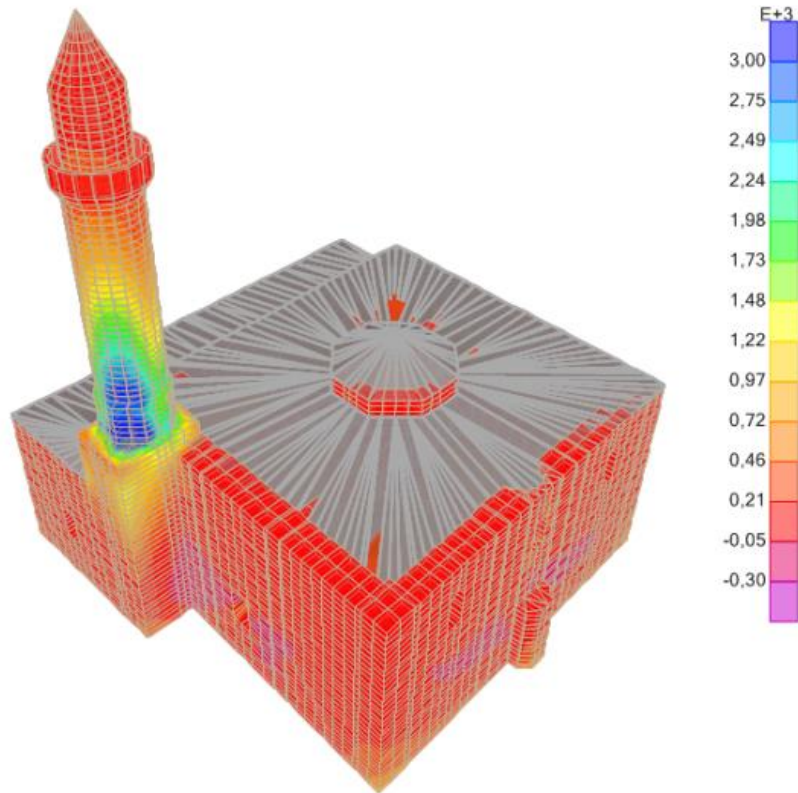


Şekil 73. Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

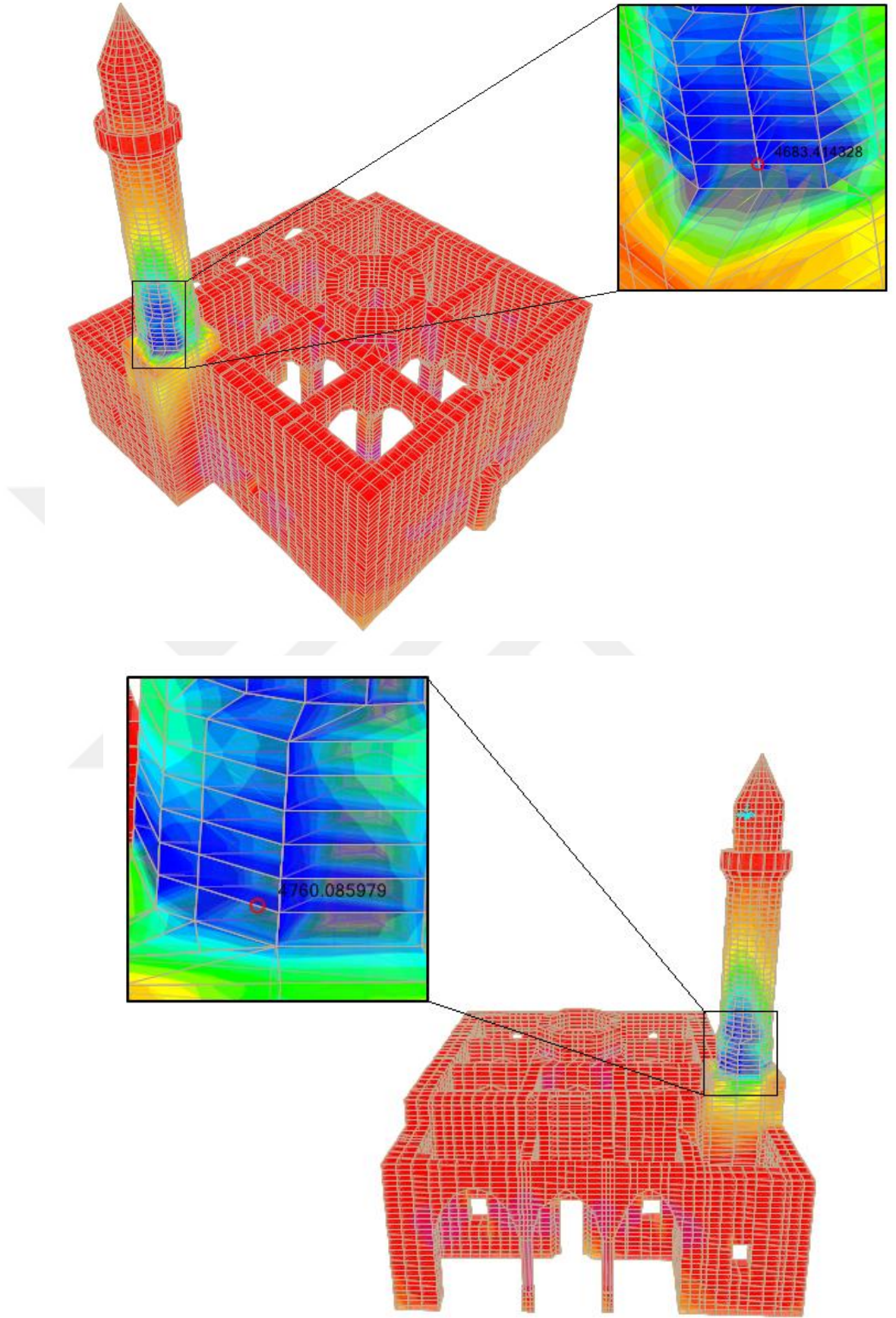


Şekil 73 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

Erzincan depremi etkisi altında S_{33} maksimum çekme gerilme değeri $4760,09 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmış ve bu değer yapının minare çokgen kaidesinde meydana gelmiştir (Şekil 74).

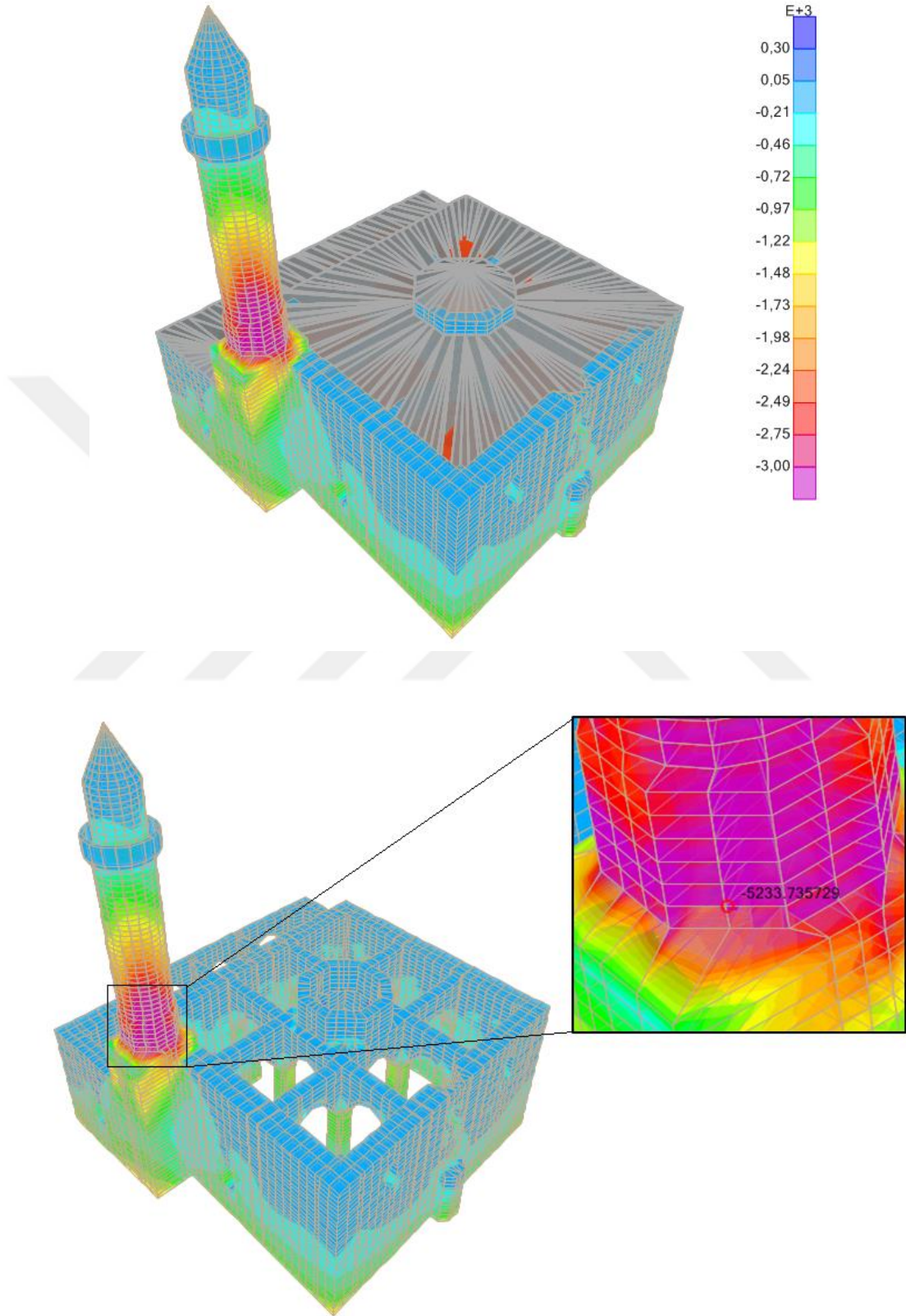


Şekil 74. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).



Şekil 74 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²).

Erzincan depremi etkisi altında S_{33} maksimum basınç gerilme değeri $5233,74 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmış ve bu değer yapının minare çokgen kaidesinde meydana gelmiştir (Şekil 75).

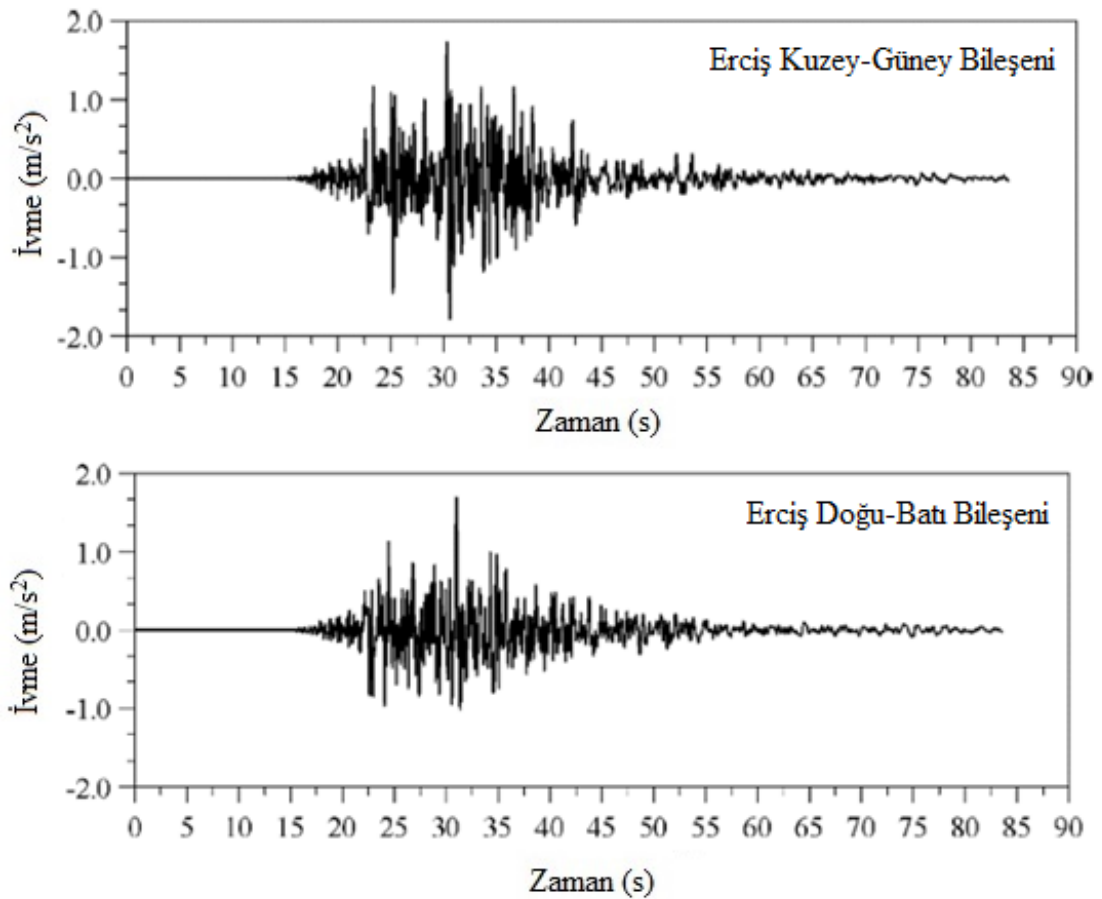


Şekil 75. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi.

23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van-Erciş merkezli deprem Van ili ve ilçelerinde kuvvetli bir şekilde hissedilmiş olup, bölgenin yapı stoku nedeniyle yıkıcı hasarlara neden olmuştur. 23 Ekim 2011 günü Van-Erciş ve 9 Kasım 2011 günü Van-Edremit depremlerinde 644 kişi hayatını kaybetmiş, 1966 kişi yaralanmış, 252 kişi ise enkazdan sağ olarak kurtarılmıştır. AFAD başkanlığı tarafından işletilen Ulusal Sismoloji Gözlem Ağı verilerine göre depremin birinci haftasında büyüklüğü 4.0-4.9 arasında değişen deprem sayısı 187, büyüklüğü 5 ve üzeri olan deprem sayısı ise 13 olmuştur. İlk ay içinde bölgede her gün ortalama 180 artçı deprem meydana gelmiş ve toplamda 11000'den fazla artçı deprem olmuştur (URL-8).

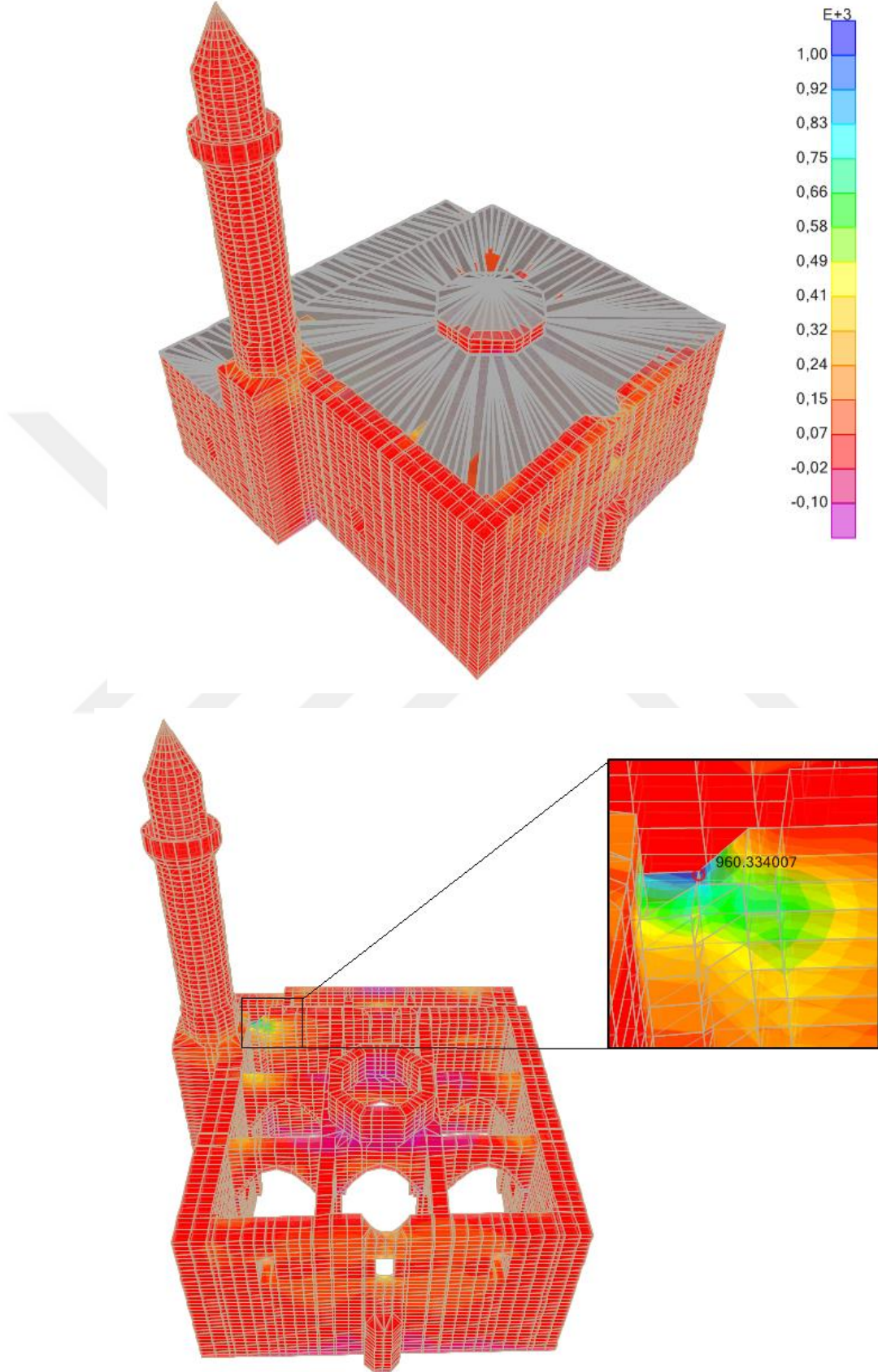
Çalışmanın bu kısmında Alaeddin Bey Cami'sine 23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi ivme kayıtları uygulanmıştır (Şekil 76) (PEER, 2008) Yapılan analizler sonucunda maksimum çekme ve maksimum basınç normal gerilme değerleri incelenmiştir.



Şekil 76. 23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi ivme kayıtlarının iki bileşeni (Yurdakul vd., 2021, s. 271).

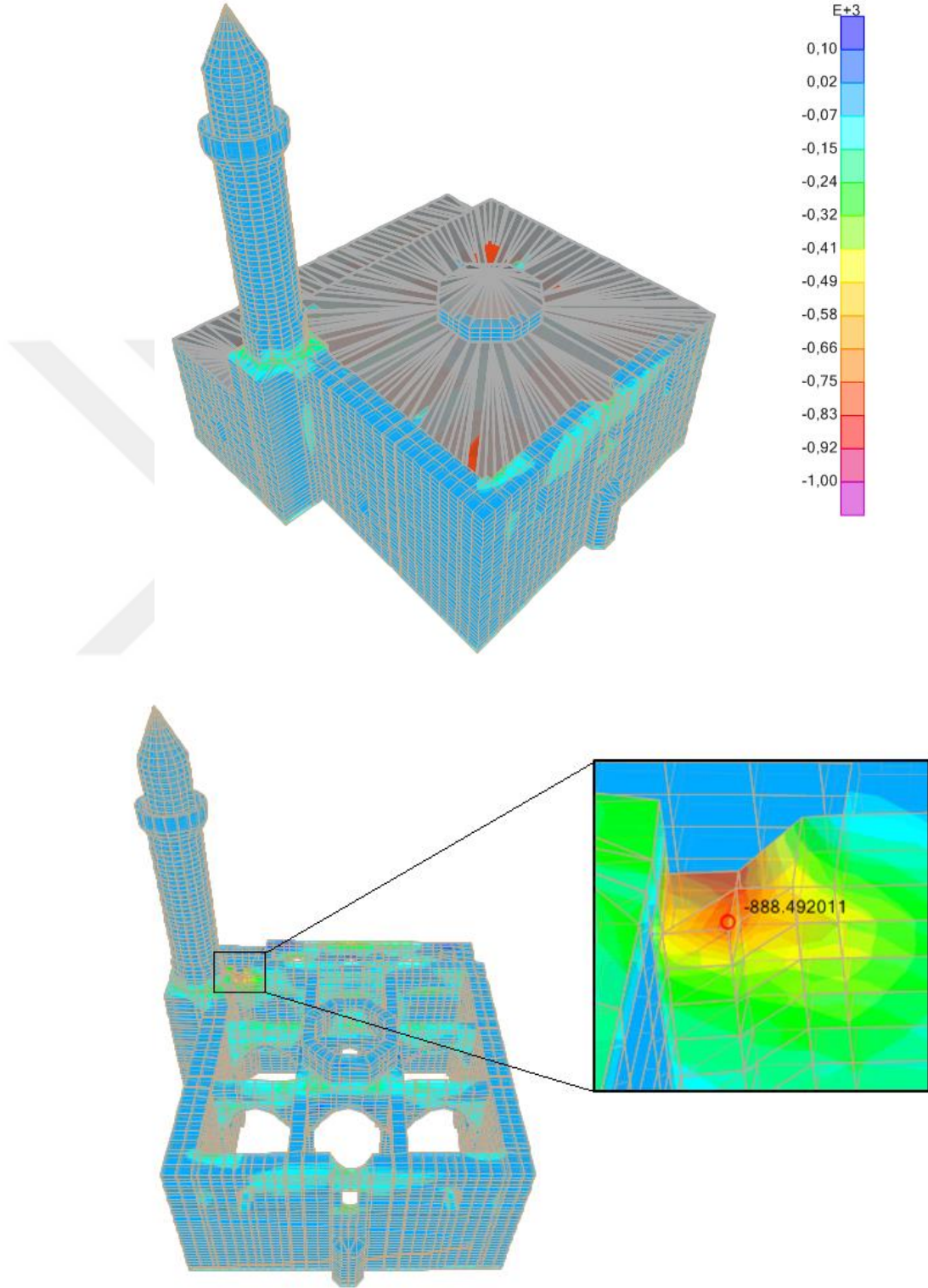
Van-Erciş depremi etkisi altında S_{11} maksimum çekme gerilme değeri $960,33 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak harim bölümünü son cemaat

yerinden ayıran duvarın, minare kare kaidesi ile birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 77).



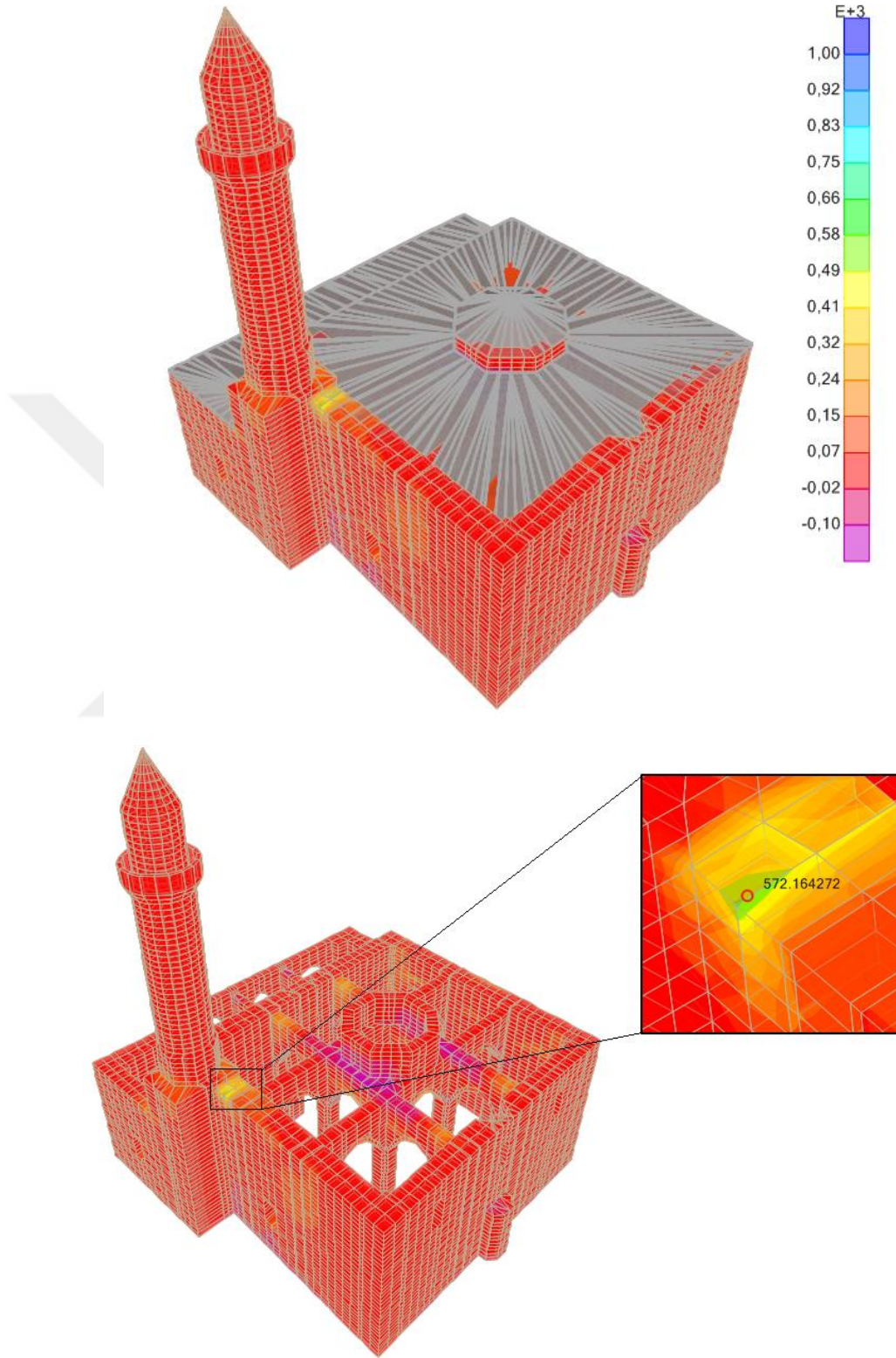
Şekil 77. Van-Erciş depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²).

Van-Erciş depremi etkisi altında S_{11} maksimum basınç gerilme değeri $888,49 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak harim bölümünü son cemaat yerinden ayıran duvarın, minare kare kaidesi ile birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (şekil 78).



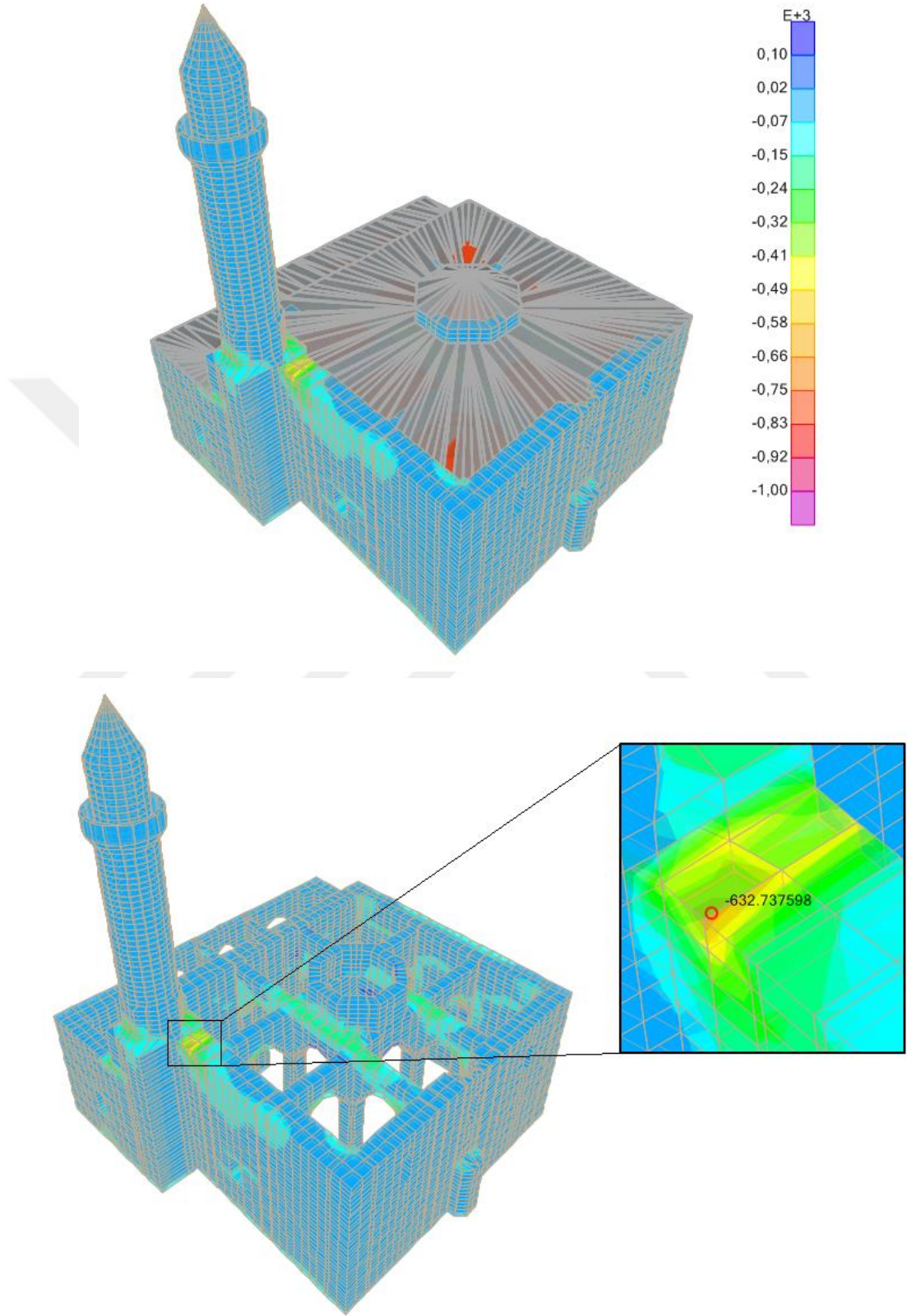
şekil 78. Van-Erciş depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

Van-Erciş depremi etkisi altında S_{22} maksimum çekme gerilme değeri $572,16 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak batı cephesi beden duvarı ile minare kare kaidesinin birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (şekil 79).



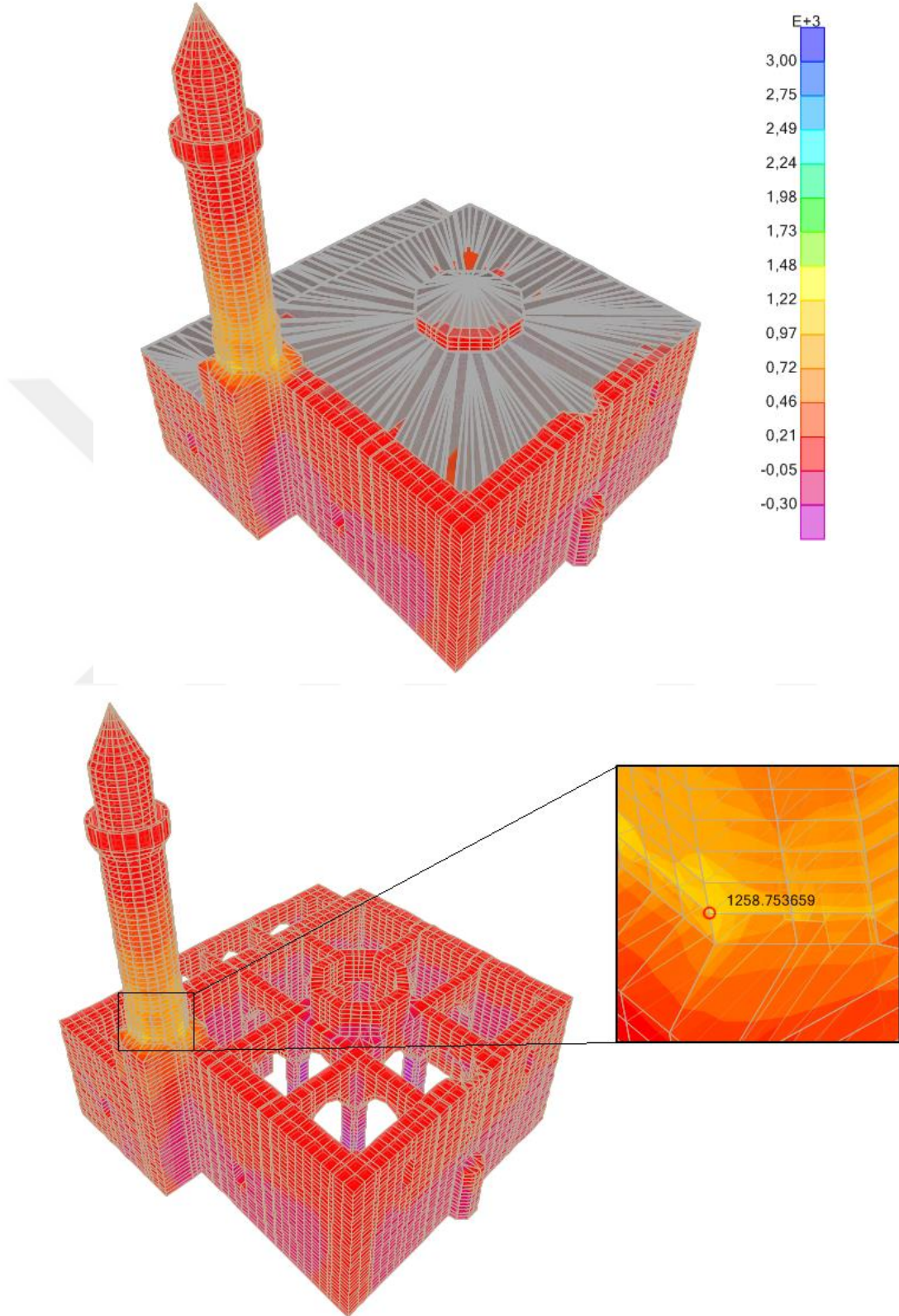
şekil 79. Van-Erciş depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

Van-Erciş depremi etkisi altında S_{22} maksimum basınç gerilme değeri $632,74 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak batı cephesi beden duvarı ile minare kare kaidesinin birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (şekil 80).



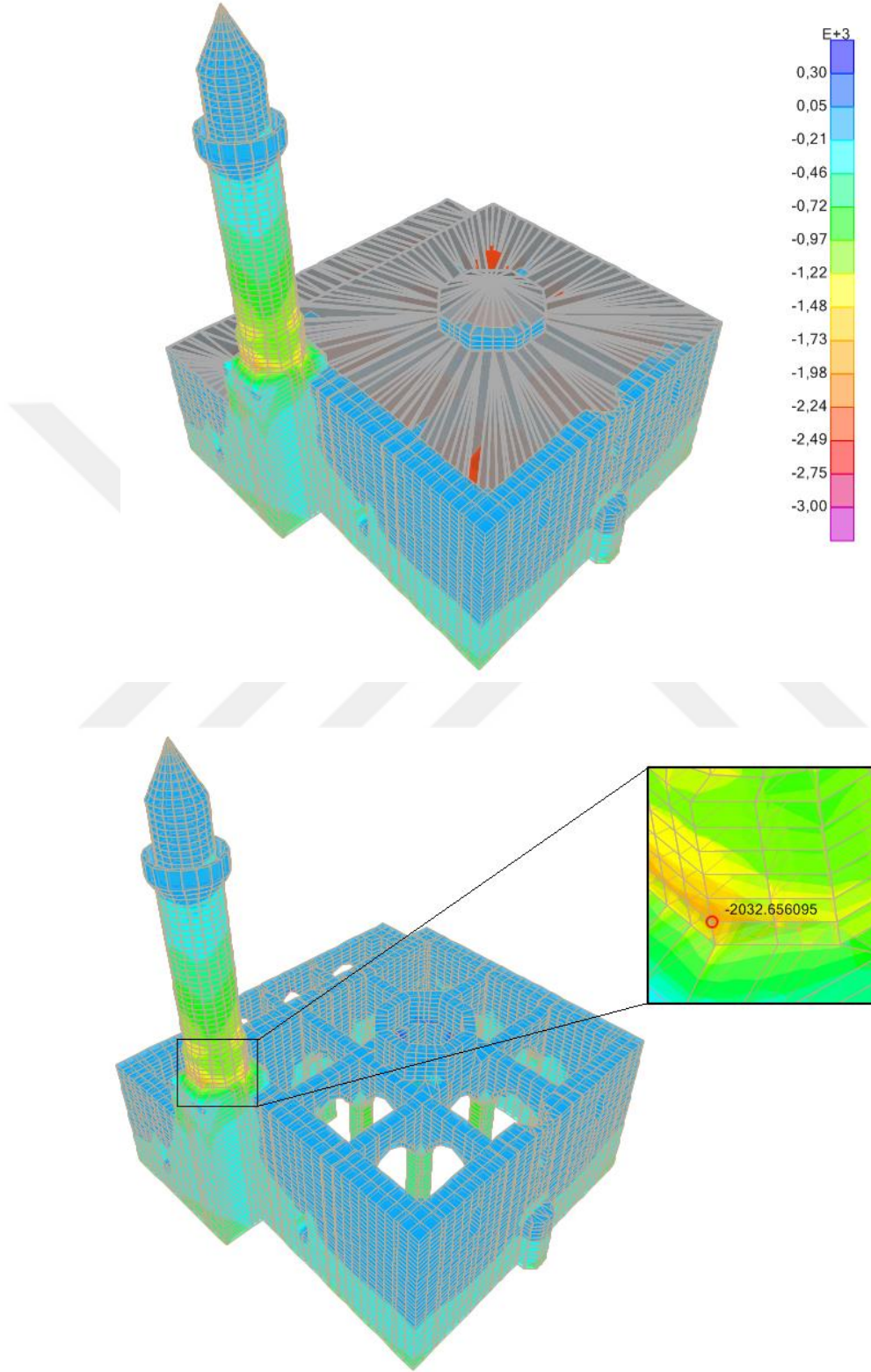
şekil 80. Van-Erciş depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

Van-Erciş depremi etkisi altında S_{33} maksimum çekme gerilme değeri $1258,75 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmış ve bu değeri yapının minare çokgen kaidesinde meydana gelmiştir (Şekil 81).



Şekil 81. Van -Erciş depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

Van-Erciş depremi etkisi altında S_{33} maksimum basınç gerilme değeri $2032,66 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmış ve bu değeri yapının minare çokgen kaidesinde meydana gelmiştir (Şekil 82).

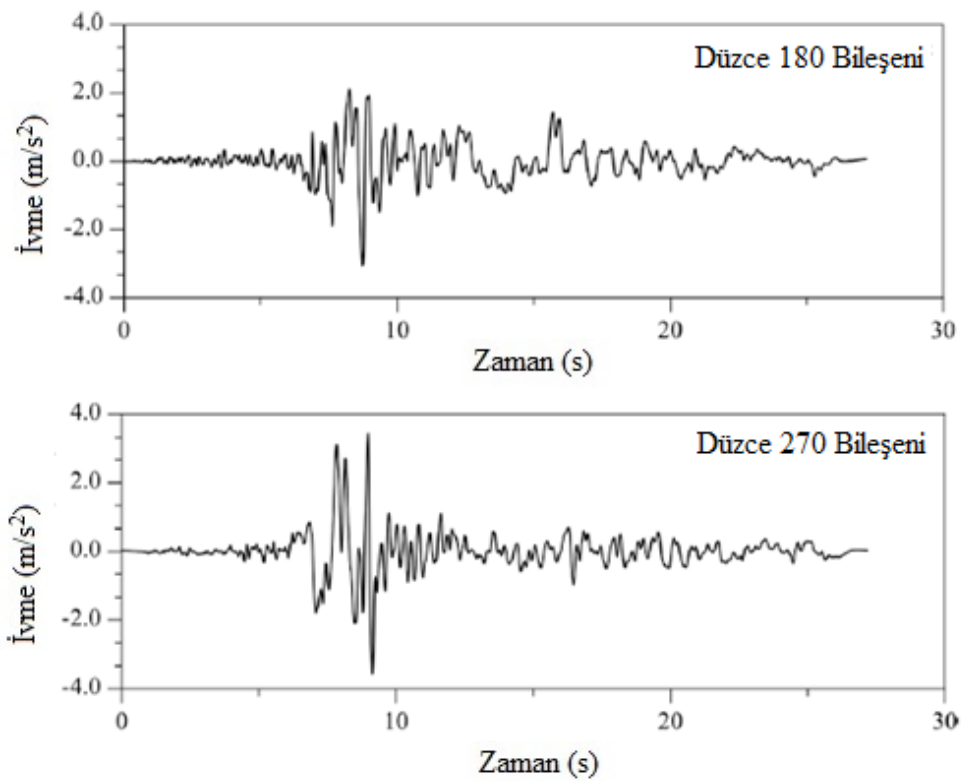


Şekil 82. Van-Erciş depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi.

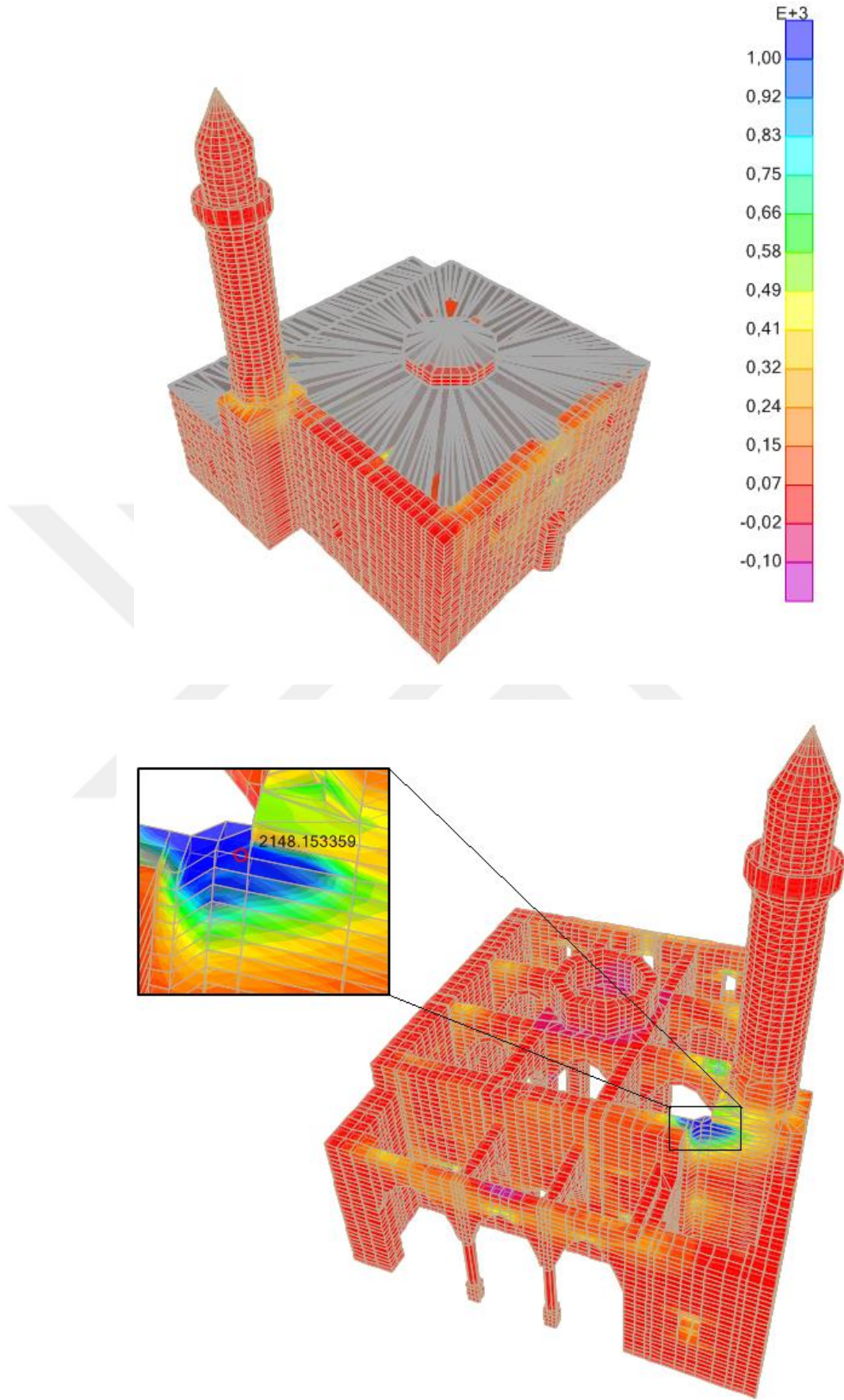
17 Ağustos 1999 tarihinde yerel saatle 03.02’de merkez üssü Gölcük olan 7.6 moment büyüklüğünde (Mw) deprem meydana gelmiş, 45 saniye süren depremde 17480 kişi yaşamını yitirmiş, 23781 kişi yaralanmıştır. 285211 ev ve 42902 işyeri hasar görmüştür. 2010 yılında yayınlanan Meclis Araştırma Raporu’na göre yaşamını yitiren kişi sayısı 18373 olarak güncellenmiştir (URL-9).

Çalışmanın bu kısmında Alaeddin Bey Cami’sine 17 ağustos 1999 Kocaeli depreminin Düzce’de bulunan ivme kayıtları uygulanmıştır (Şekil 83) (PEER, 2008). Yapılan analizler sonucunda maksimum çekme ve maksimum basınç normal gerilme değerleri incelenmiştir.



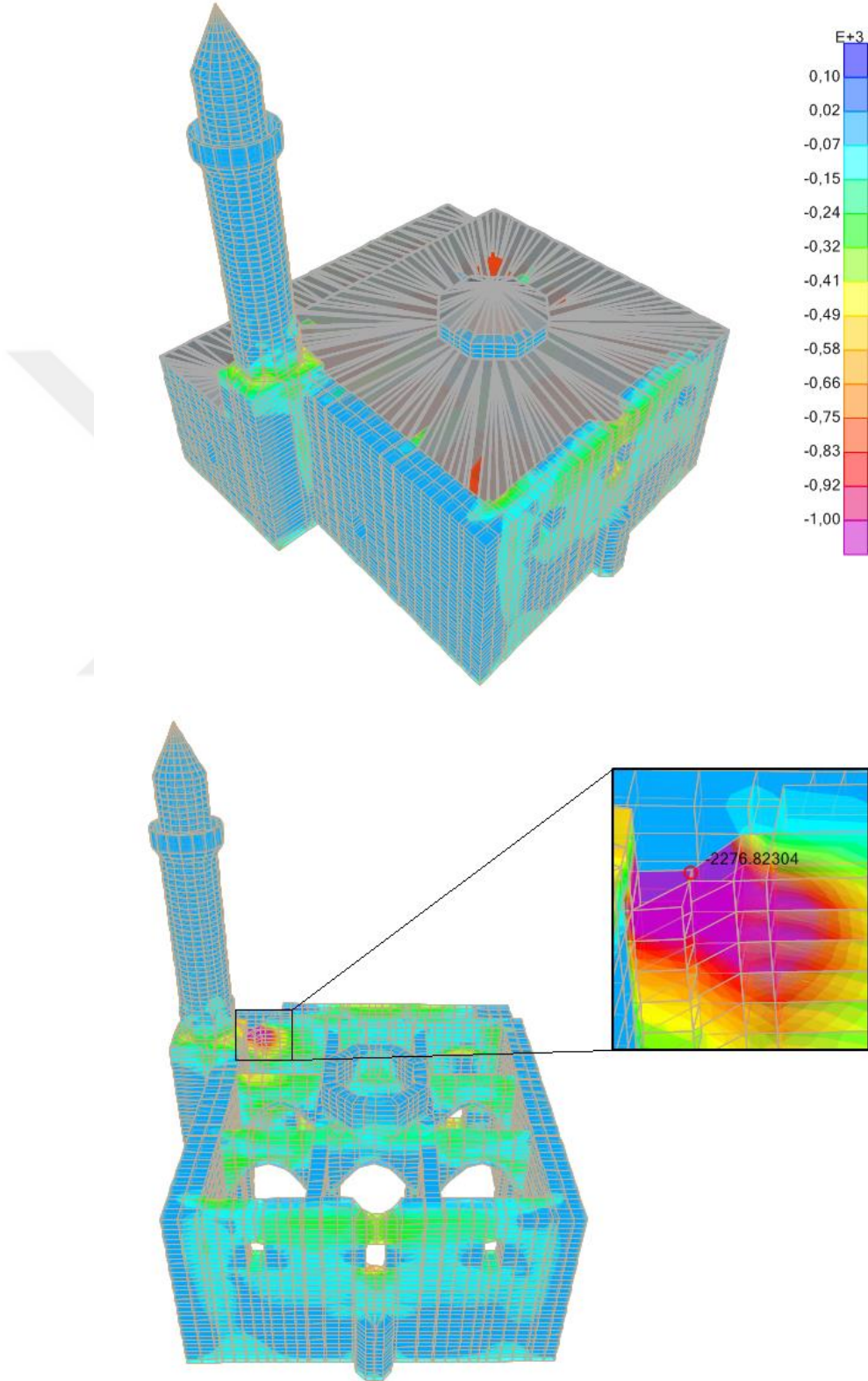
Şekil 83. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi ivme kayıtlarının iki bileşeni (Yurdakul vd., 2021, s. 270).

Kocaeli depremi etkisi altında S_{11} maksimum çekme gerilme değeri $2148,15 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak harim bölümünü son cemaat yerinden ayıran duvarın, minare kare kaidesi ile birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 84).



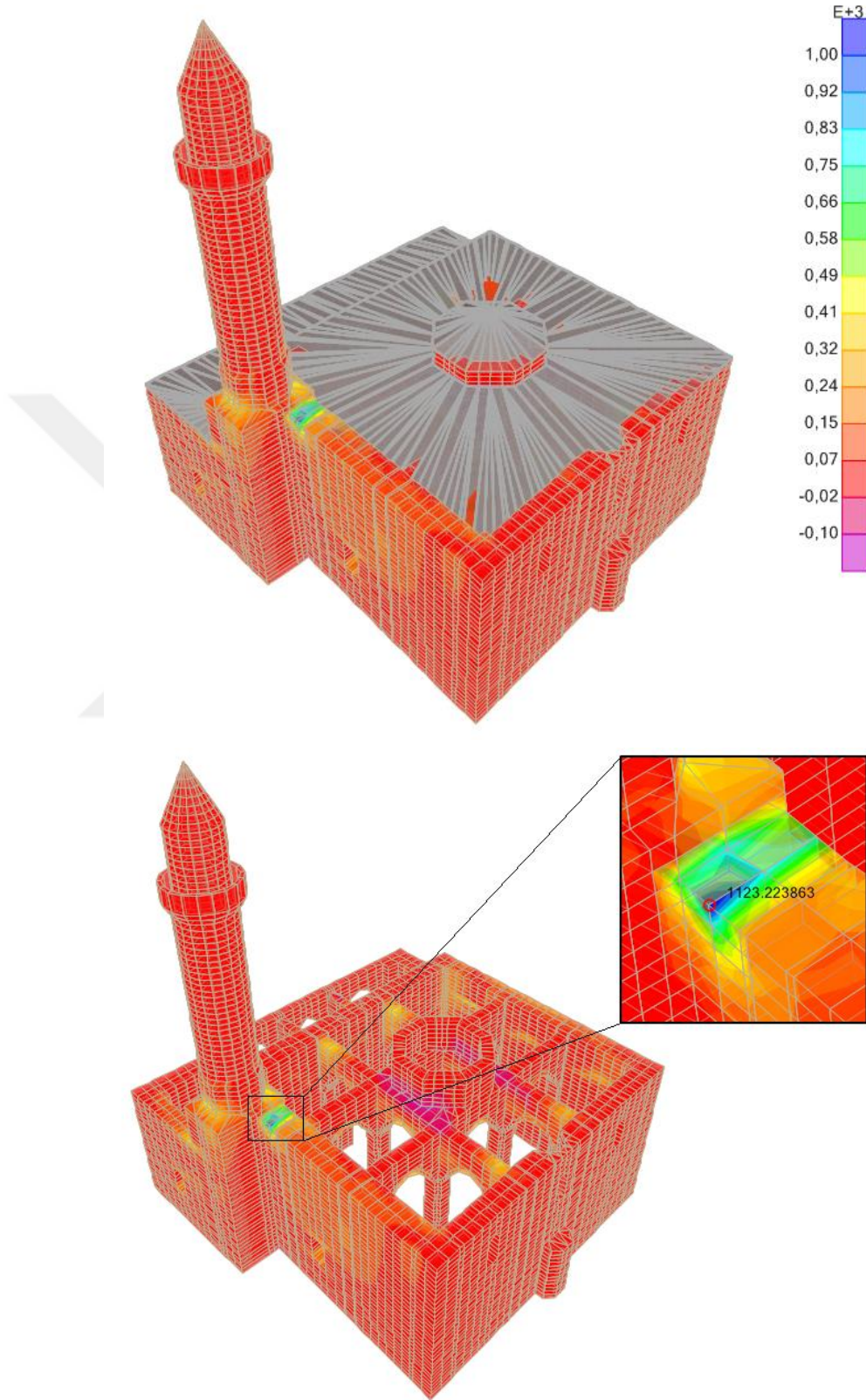
Şekil 84. Kocaeli depremi etkisinde S_{11} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

Kocaeli depremi etkisi altında S_{11} maksimum basınç gerilme değeri $2276,82 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak harim bölümünü son cemaat yerinden ayıran duvarın, minare kare kaidesi ile birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 85).



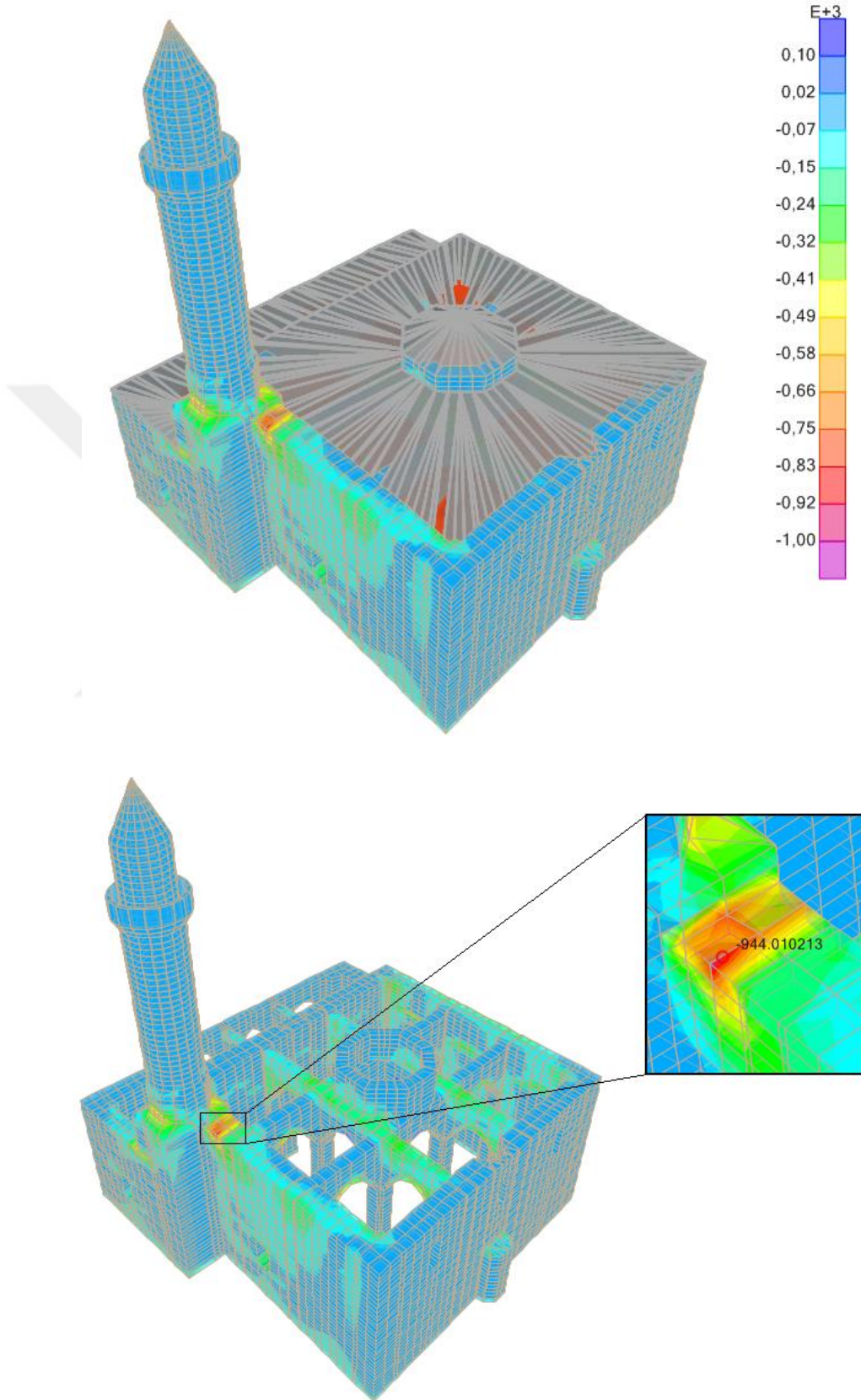
Şekil 85. Kocaeli depremi etkisinde S_{11} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

Kocaeli depremi etkisi altında S_{22} maksimum çekme gerilme değeri $1123,22 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak batı cephesi beden duvarı ile minare kare kaidesinin birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 86).



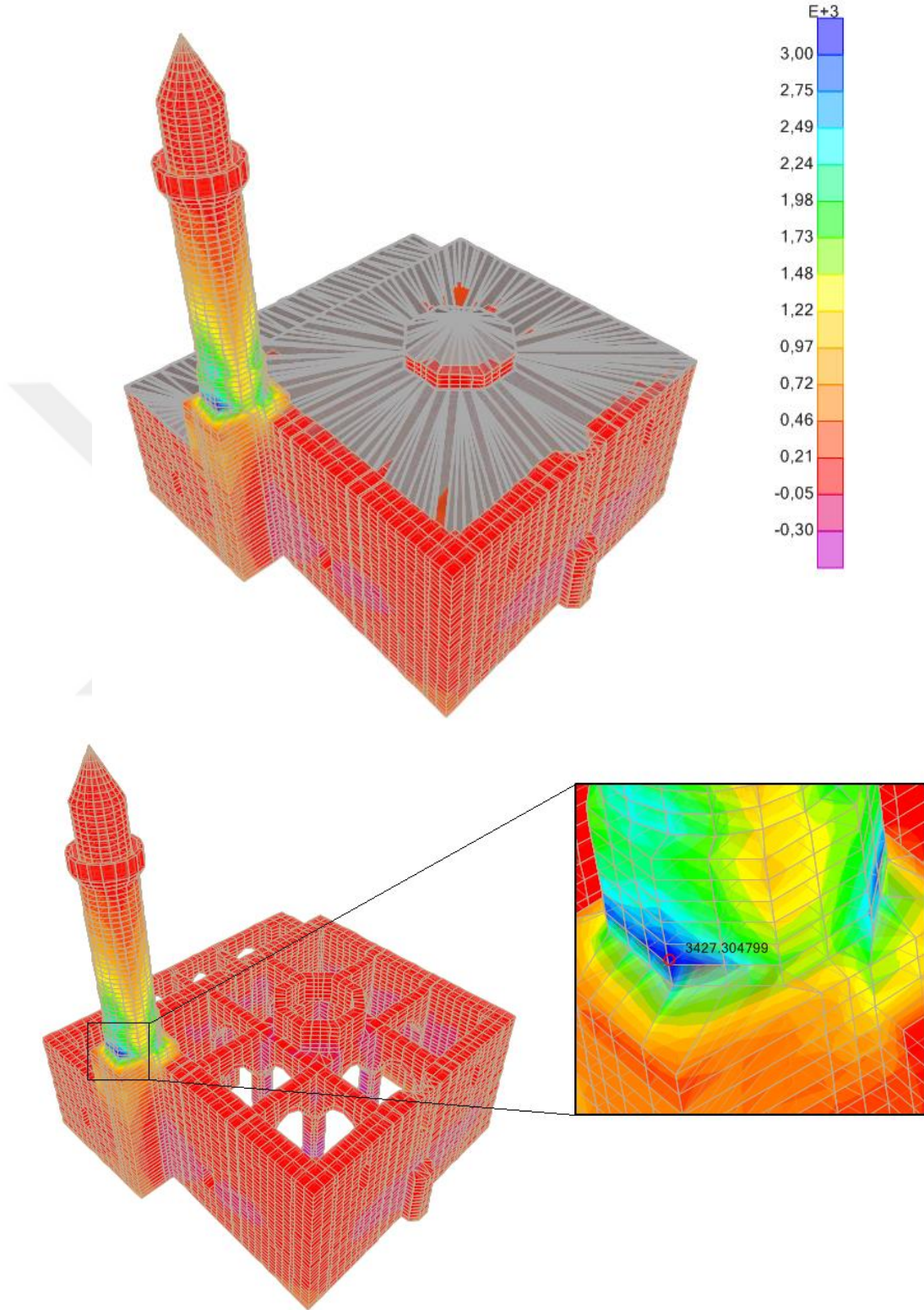
Şekil 86. Kocaeli depremi etkisinde S_{22} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

Kocaeli depremi etkisi altında S_{22} maksimum basınç gerilme değeri $944,01 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu gerilme değeri, yapının yaklaşık olarak batı cephesi beden duvarı ile minare kare kaidesinin birleştiği noktada meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 87).

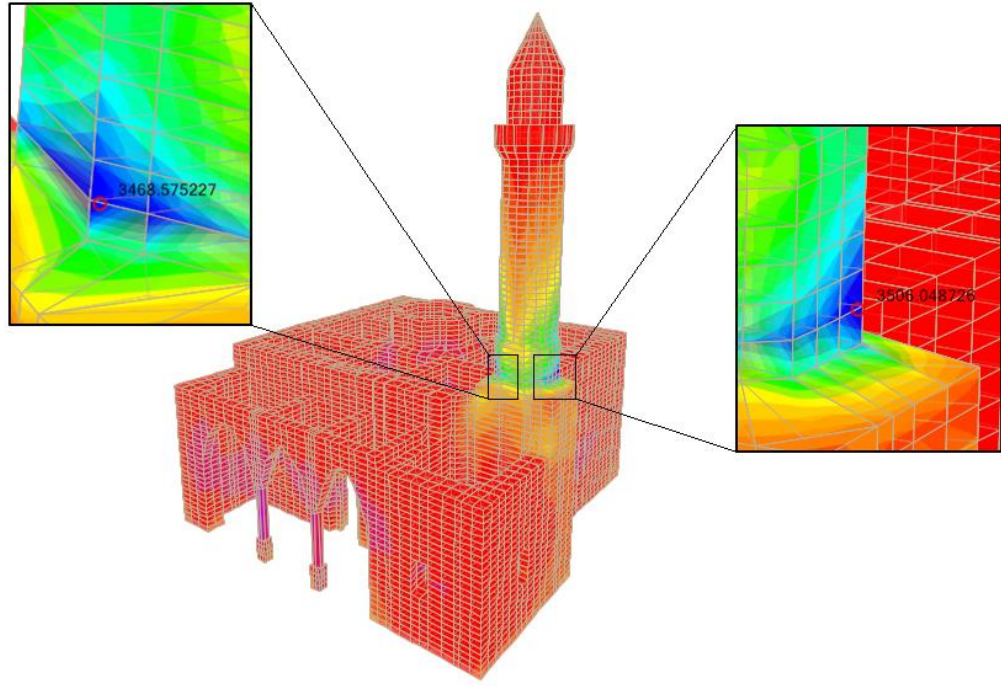


Şekil 87. Kocaeli depremi etkisinde S_{22} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

Kocaeli depremi etkisi altında S_{33} maksimum çekme gerilme değeri $3506,05 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır ve bu değer yapının minare çokgen kaidesinde meydana gelmiştir (Şekil 88).

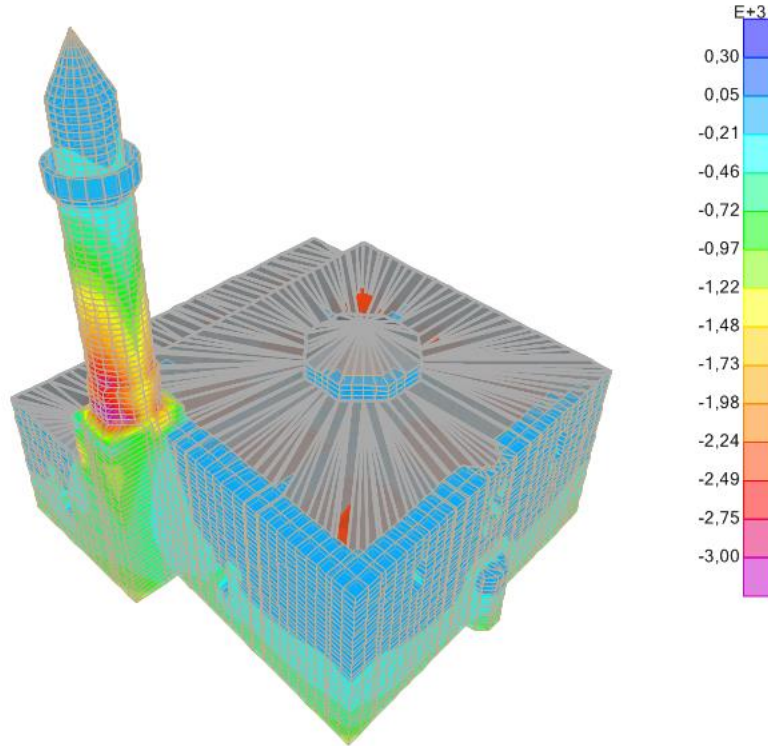


Şekil 88. Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

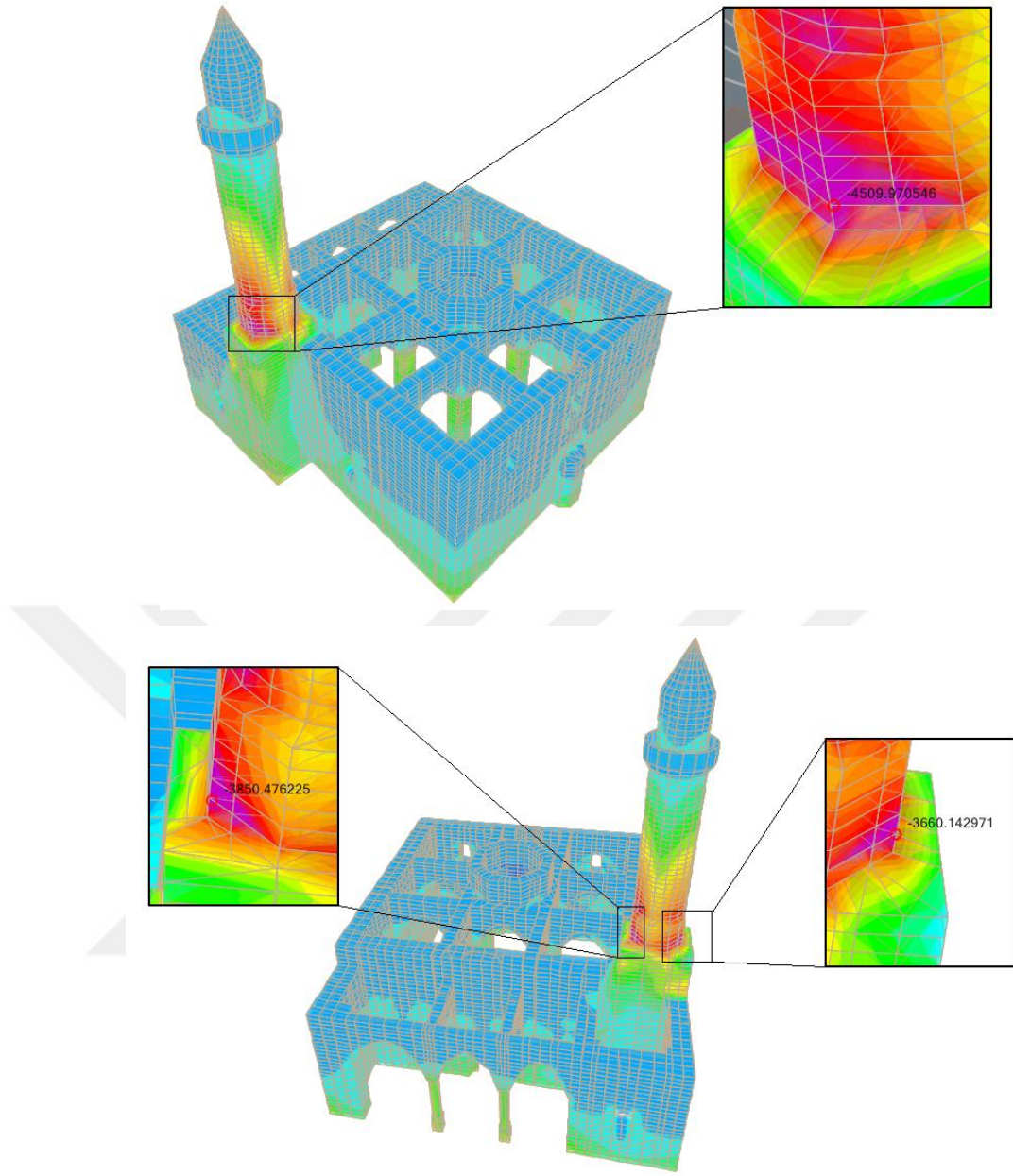


Şekil 88 (Devam). Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

Kocaeli depremi etkisi altında S_{33} maksimum basınç gerilme değeri $4509,97 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmış ve bu değer yapının minare çokgen kaidesinde meydana gelmiştir (Şekil 89).



Şekil 89. Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).



Şekil 89 (Devam). Kocaeli depremi etkisinde S_{33} maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2).

Alaeddin Bey Cami'sine uygulanan depremlerin sonucunda elde edilen maksimum çekme ve maksimum basınç normal gerilme değerleri Tablo.6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. *Alaeddin Bey Cami'sine Uygulanan Depremlerin Sonucunda Elde Edilen Maksimum Çekme ve Maksimum Basınç Normal Gerilme Değerleri*

Uygulanan Depremler	S_{11}		S_{22}		S_{33}	
	Max Çekme (kN/m^2)	Max Basınç (kN/m^2)	Max Çekme (kN/m^2)	Max Basınç (kN/m^2)	Max Çekme (kN/m^2)	Max Basınç (kN/m^2)
Erzincan	2130,33	2291,89	1127,32	1737,10	4760,09	5233,74
Van-Erciş	960,33	888,49	572,16	632,74	1258,75	2032,66
Kocaeli	2148,15	2276,82	1123,22	944,01	3506,05	4509,97

Uygulanan depremlerin etkisi altında analiz sonuçları incelendiğinde, Alaeddin Bey Cami'sinde meydana gelen S_{11} (x yönünde), S_{22} (y yönünde) ve S_{33} (z yönünde) maksimum basınç gerilme değerlerinin, bu çalışmada seçilen taş duvar basınç dayanımının (40 MPa) oldukça altında olduğu Toblo.6'da görülmektedir.

13 Mart 1992 Erzincan depremi etkisi altında S_{11} (x) ve S_{22} (y) maksimum çekme gerilme değerlerinin, bu çalışmada seçilen taş duvar çekme dayanımının (4 MPa) altında olduğu Toblo.6'da görülmektedir. Ancak S_{33} (z) maksimum çekme gerilme değerinin seçilen taş duvar çekme dayanımını (4 MPa) aştığı görülmektedir.

23 Ekim 2011 Van-Erciş ve 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremleri etkisi altında S_{11} (x) S_{22} (y) ve S_{33} (z) maksimum çekme gerilme değerlerinin, bu çalışmada seçilen taş duvar çekme dayanımının (4 MPa) altında olduğu Toblo.6'da görülmektedir. Ancak 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi etkisinde S_{33} (z) maksimum çekme gerilme değerinin seçilen taş duvar çekme dayanımına (4 MPa) yaklaştığı ve %87 kapasiteye ulaştığı görülmüştür.

En tehlikeli gerilme değerinin, 13 Mart 1992 Erzincan depremi etkisinde S_{33} (z) maksimum çekme gerilmesi olduğu anlaşılmıştır. Bu gerilme değeri çalışma kapsamında seçilen taş duvar çekme dayanımını (4 MPa) aşarak %119 kapasite ile çalıştığını göstermiştir. 13 Mart 1992 Erzincan depremi etkisinde maksimum çekme gerilmesi minarenin çokgen kaidesinde meydana gelmiştir. Bu bölgede, gerilme değeri taş kapasitesini aştığından dolayı hasar alabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın analiz sonuçlarına göre, 13 Mart 1992 Erzincan depremi etkisinde minare çokgen kaidesinin deprem açısından riskli bölge olduğu düşünülmektedir. Bu bölgelerin geçmiş depremlerde yıkıma uğradığı ve dikkat edilmesi gereken kısımlar olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 90) (Doğangün, Acar, Sezen ve Livaoğlu). Bu nedenle Alaeddin Bey Camii minaresinde oluşan çekme gerilmelerini, taş kapasitesinin altına düşürmek için güçlendirme alternatifleri irdelenmiştir.



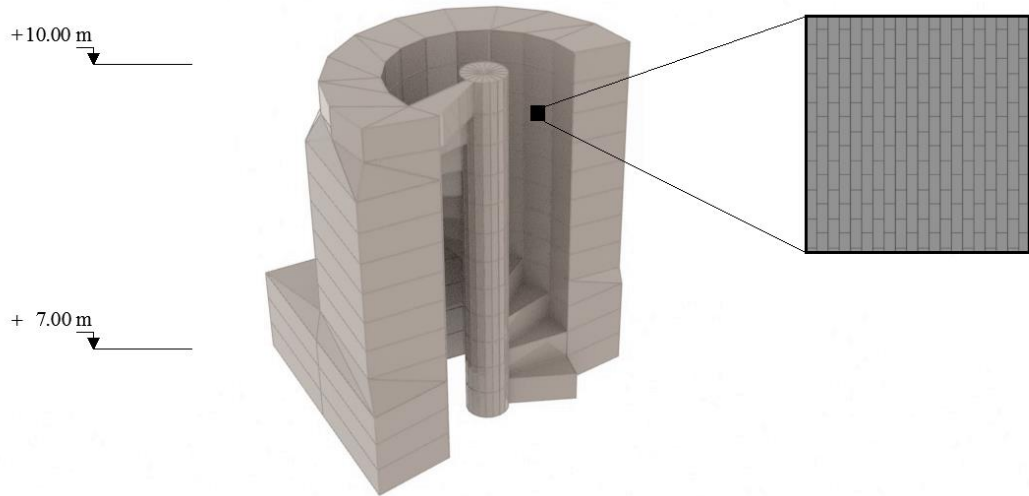
Şekil 90. Minare gövdesinde oluşan hasar örneği (Doğangün vd., 2008, s. 507).

Güçlendirilmiş Yapının Deprem Analizleri

Bu çalışmada Alaeddin Bey Camii minaresi 13 Mart 1992 Erzincan depremi etkisi altında hasar alabileceği belirlenmiştir. Bu sebeple güçlendirme yöntemleri ile hasarın önüne geçilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında minarenin hasar alacağı çokgen kaide kısmı, beş farklı güçlendirme yöntemiyle güçlendirilmiştir. Birinci yöntemde minare çokgen kaidesi ve çokgen kaideden silindirik kısma geçiş bölgesi, zemin seviyesinden 7 m ile 10 m arası içerden beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiştir. İkinci yöntemde minare çokgen kaidesi ve çokgen kaideden silindirik kısma geçiş bölgesi zemin seviyesinden içten 7 m ile 10 m arası, dıştan ise minare çokgen kaidenin olduğu 8 m ile 9,50 m arası beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiştir. Üçüncü yöntemde minare çokgen kaidesi ve çokgen kaideden silindirik kısma geçiş bölgesi zemin seviyesinden, içten 7 m ile 10 m arası 2,5 cm kalınlığında S235 çelik plaka ile sarılarak güçlendirilmiştir. Dördüncü yöntemde minare çokgen kaidesine denk gelen kısım zemin seviyesinden, içten 8 m ile 9,50 m arası 2,5 cm kalınlığında S235 çelik plaka ile sarılarak güçlendirilmiştir. Beşinci yöntemde minare çokgen kaidesine denk gelen kısım zemin seviyesinden, içten 8 m ile 9,50 m arası 2,5 cm kalınlığında S235 çelik plaka ile sarılarak güçlendirilmiştir. Dıştan ise aynı kotlar arası beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

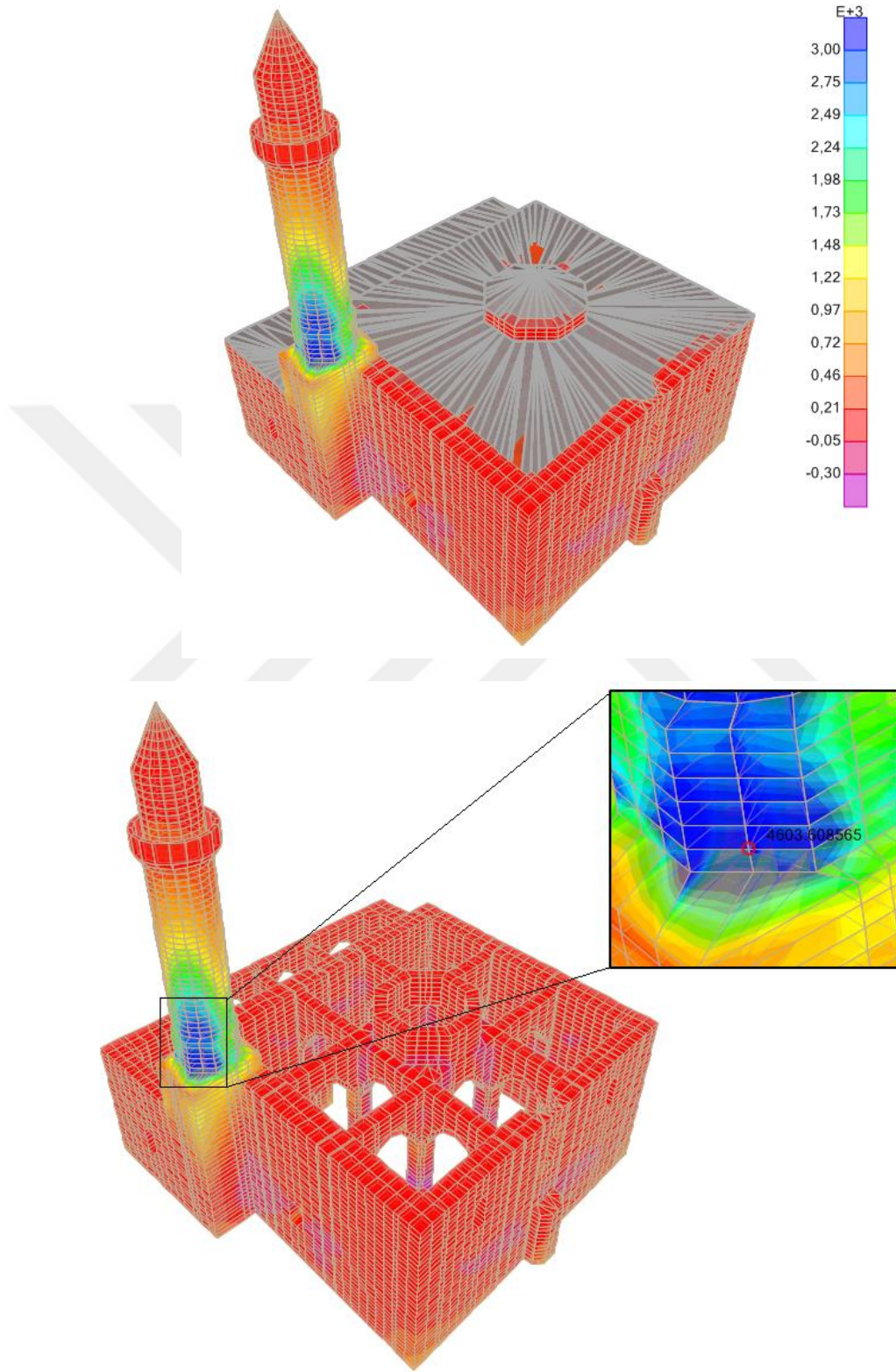
KFTP ile minarenin içten güçlendirilmesi.

Bu yöntemde hasar riski olan bölgenin çekme dayanımını desteklemek amacıyla minarenin çokgen kaidesi ve çokgen kaideden silindirik kısma geçiş bölgesi, zemin seviyesinden içten 7 m ile 10 m arası beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiştir (Şekil 91). Analiz sonuçları Şekil 92’de verilmiştir.

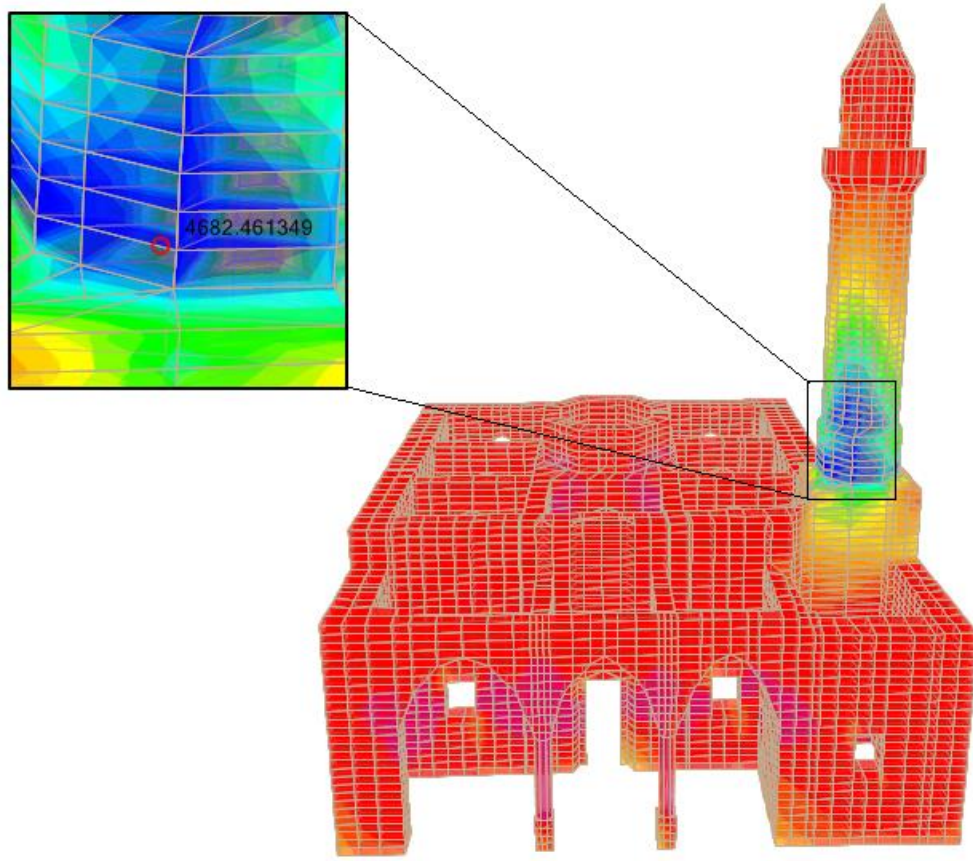


Şekil 91. Birinci güçlendirme yönteminin uygulama metodu.

Güçlendirme yapılmamış modelin Erzincan depremi etkisi altında $4760,09 \text{ kN/m}^2$ hesaplanan S_{33} maksimum çekme gerilme değeri, bu yöntem ile güçlendirildikten sonra gerilme değerinde düşüş olmuş ve $4682,46 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 92).



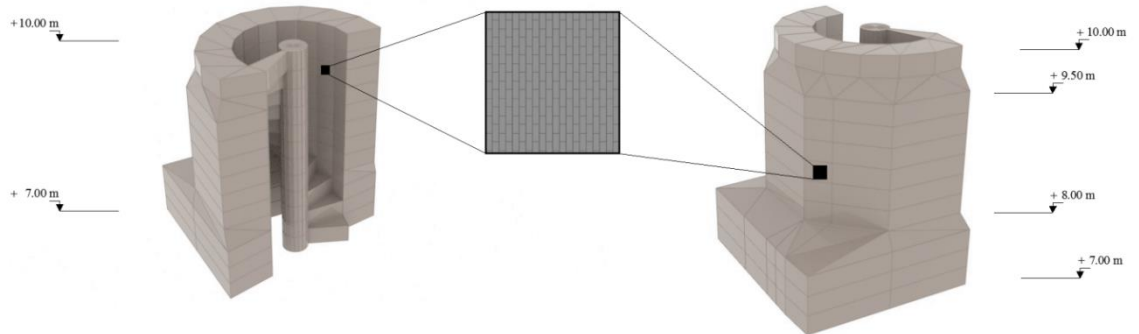
Şekil 92. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).



Şekil 92 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

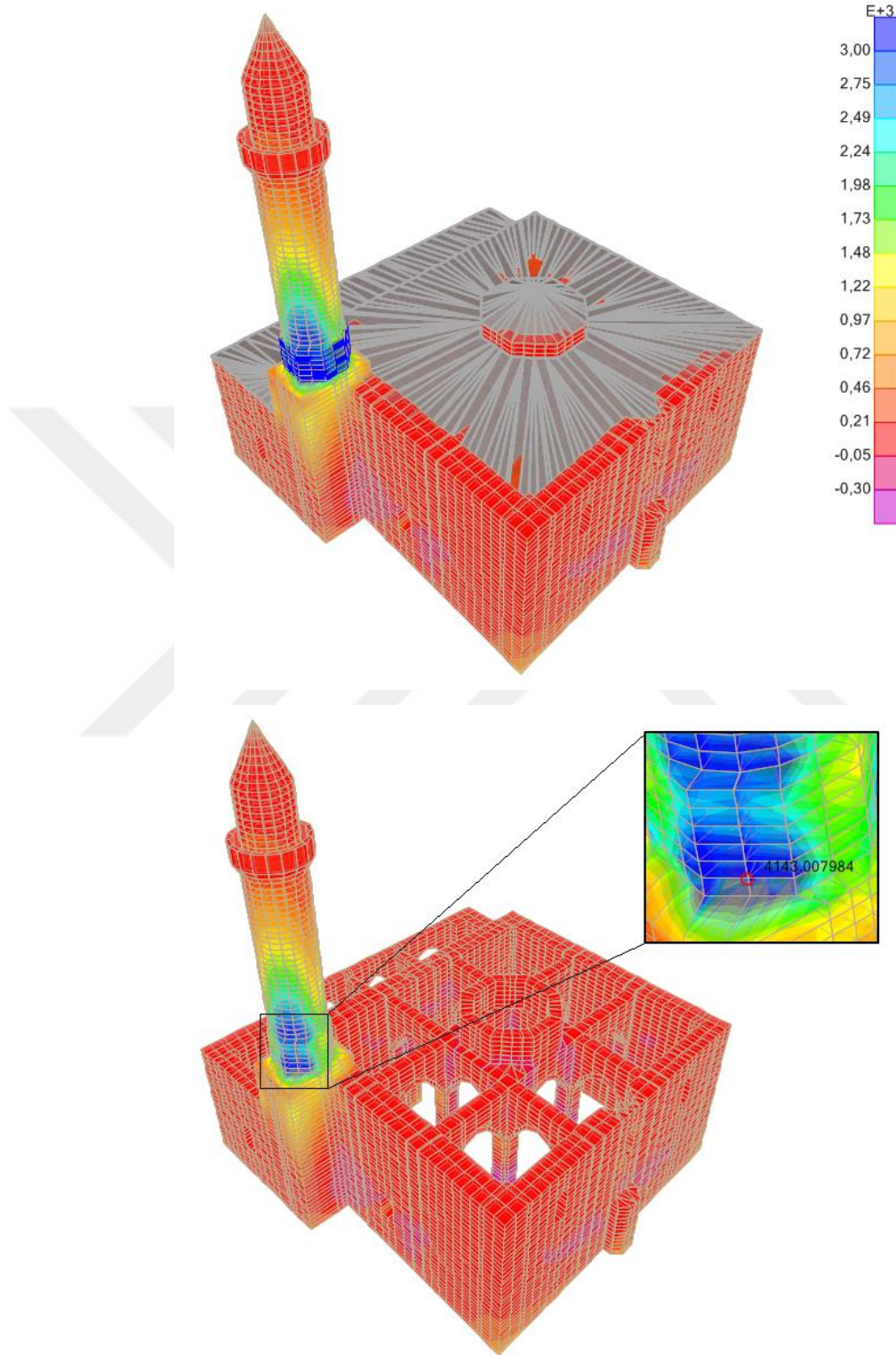
KFTP ile minarenin içten ve dıştan güçlendirilmesi.

Bu yöntemde minare çokgen kaidesi ve çokgen kaideden silindirik kısma geçiş bölgesi, zemin seviyesinden içten 7 m ile 10 m arası, dıştan ise minare çokgen kaidenin olduğu 8 m ile 9,50 m arası beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiştir (Şekil 93). Analiz sonuçları Şekil 94’de verilmiştir.

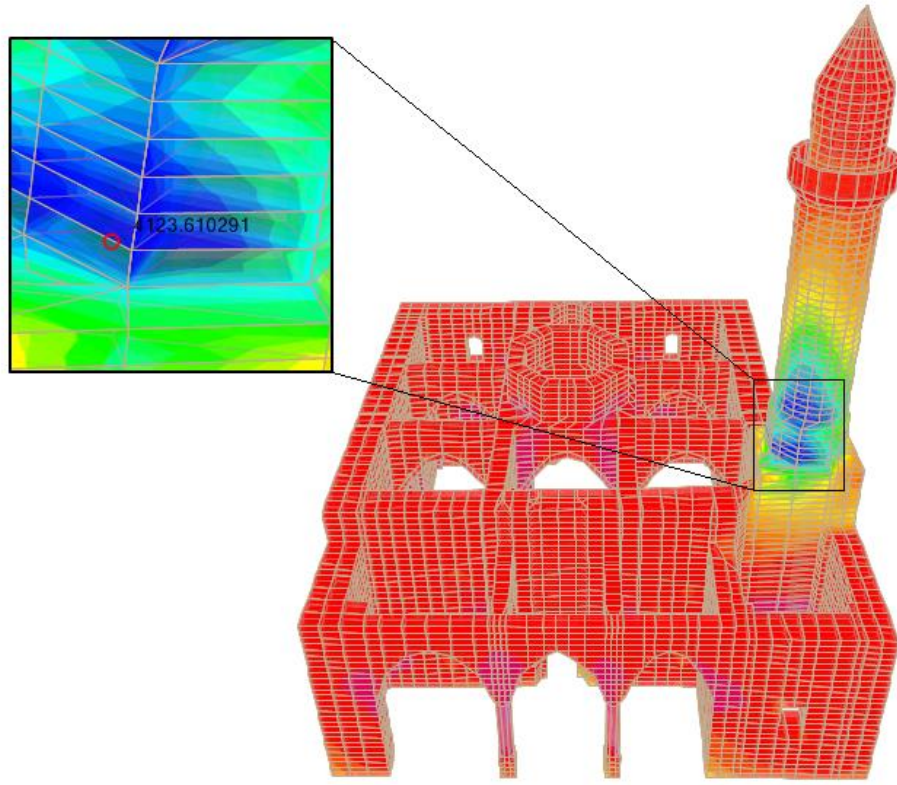


Şekil 93. İkinci güçlendirme yönteminin uygulama metodu.

Güçlendirme yapılmamış modelin Erzincan depremi etkisi altında $4760,09 \text{ kN/m}^2$ hesaplanan S_{33} maksimum çekme gerilme değeri, bu yöntem ile güçlendirildikten sonra gerilme değerinde düşüş olmuş ve $4143,01 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 94).



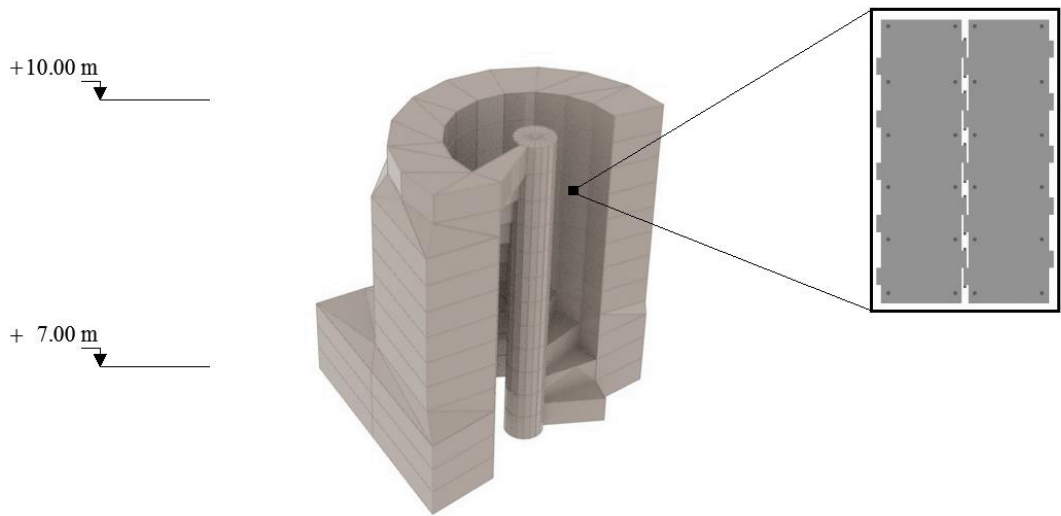
Şekil 94. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).



Şekil 94 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

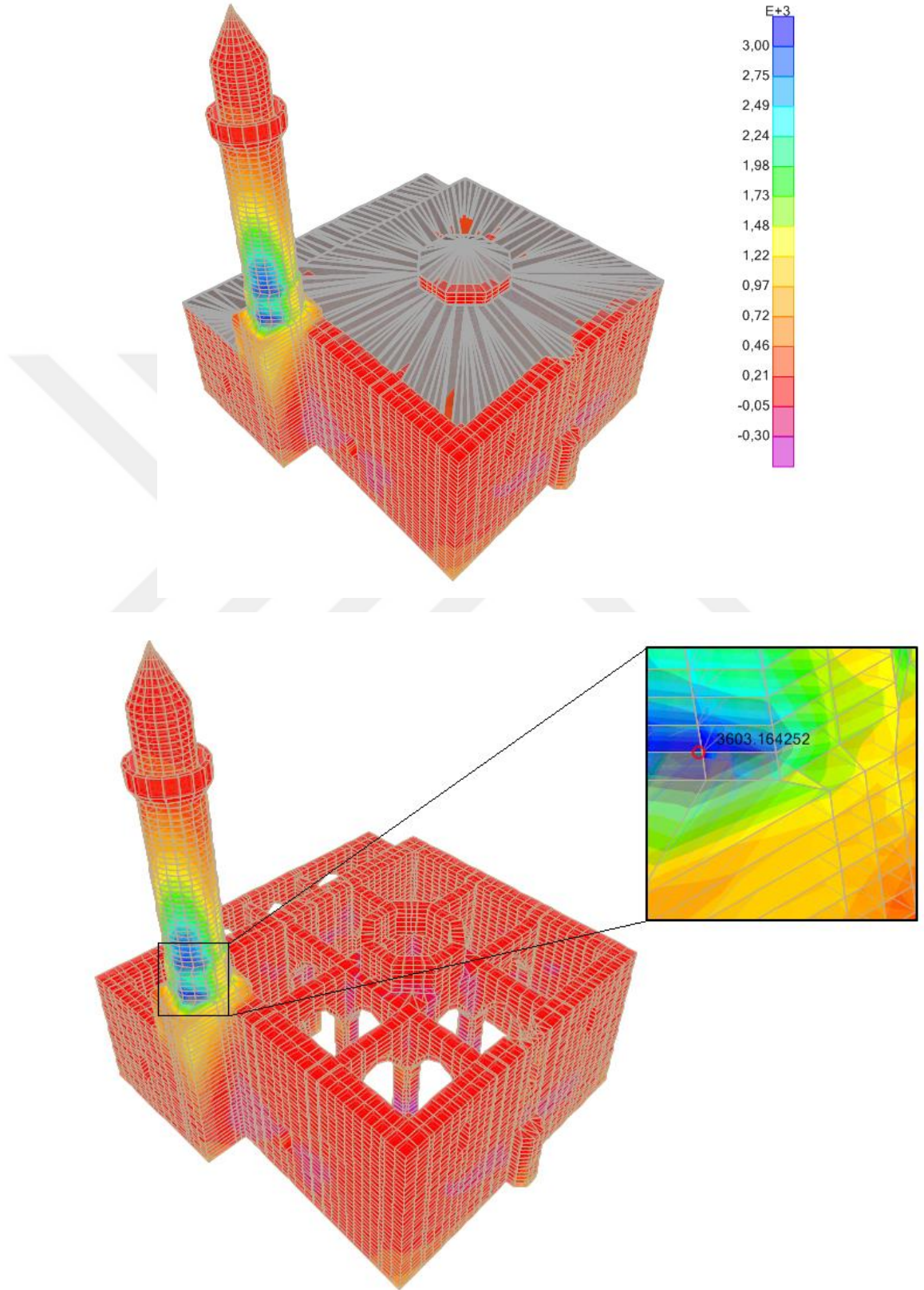
Çelik plaka ile minarenin içten güçlendirilmesi.

Bu yöntemde minare çokgen kaidesi ve çokgen kaideden silindirik kısma geçiş bölgesi zemin seviyesinden, içten 7 m ile 10 m arası 2,5 cm kalınlığında S235 çelik plaka ile sarılarak güçlendirilmiştir (Şekil 95). Analiz sonuçları Şekil 96’da verilmiştir.

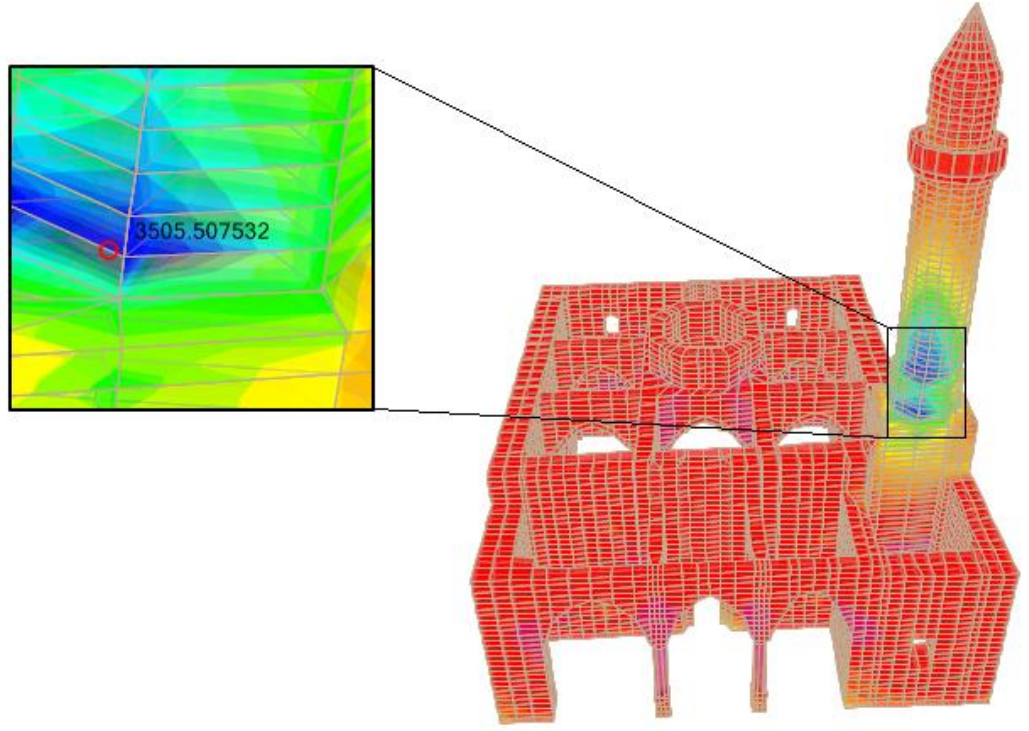


Şekil 95. Üçüncü güçlendirme yönteminin uygulama metodu.

Güçlendirme yapılmamış modelin Erzincan depremi etkisi altında $4760,09 \text{ kN/m}^2$ hesaplanan S_{33} maksimum çekme gerilme değeri, bu yöntem ile güçlendirildikten sonra gerilme değerinde düşüş olmuş ve $3603,16 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 96).



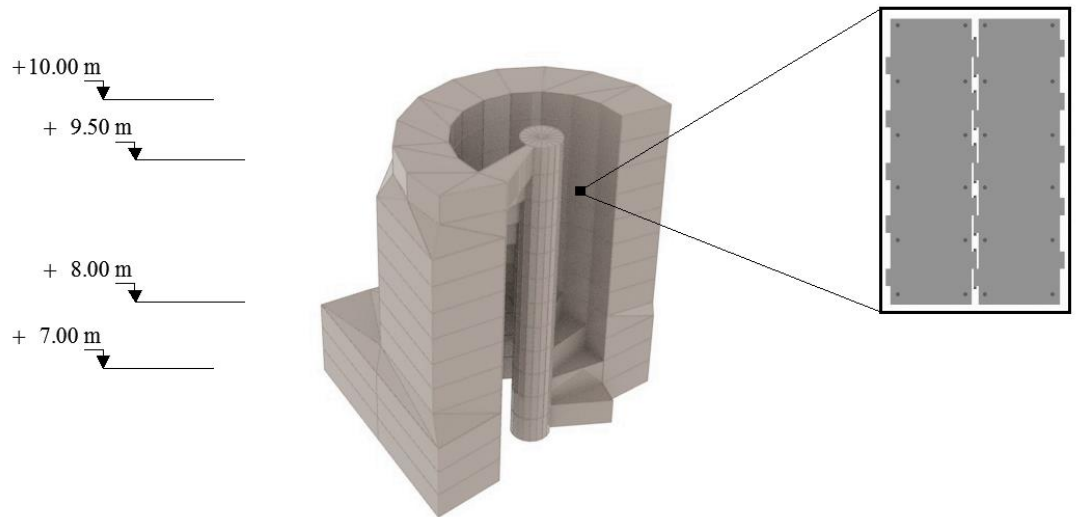
Şekil 96. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).



Şekil 96 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

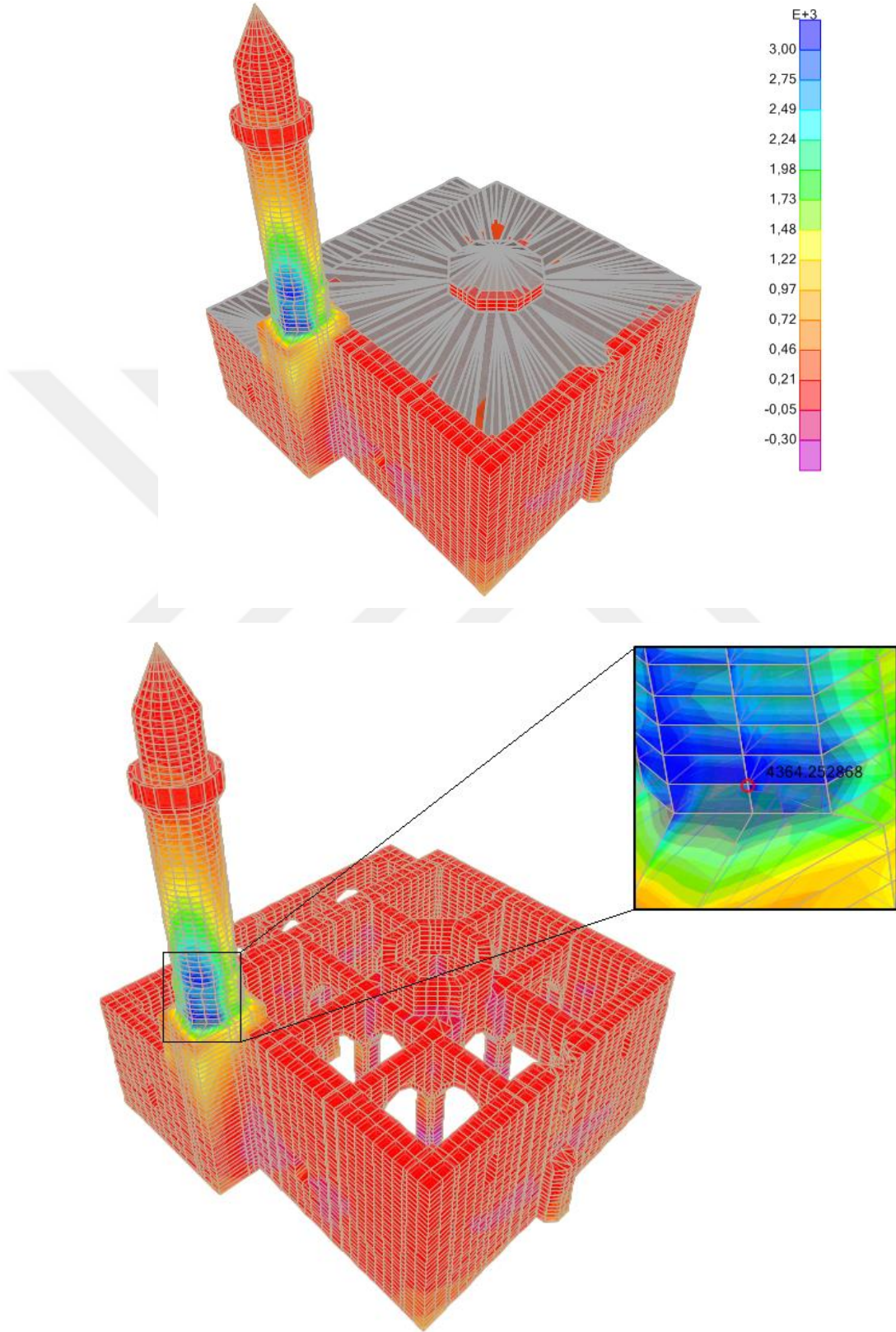
Çelik plaka ile minarenin farklı kotta içten güçlendirilmesi.

Bu yöntemde minare çokgen kaidesine denk gelen kısım zemin seviyesinden, içten 8 m ile 9,50 m arası 2,5 cm kalınlığında S235 çelik plaka ile sarılarak güçlendirilmiştir (Şekil 97). Analiz sonuçları Şekil 98’de verilmiştir.

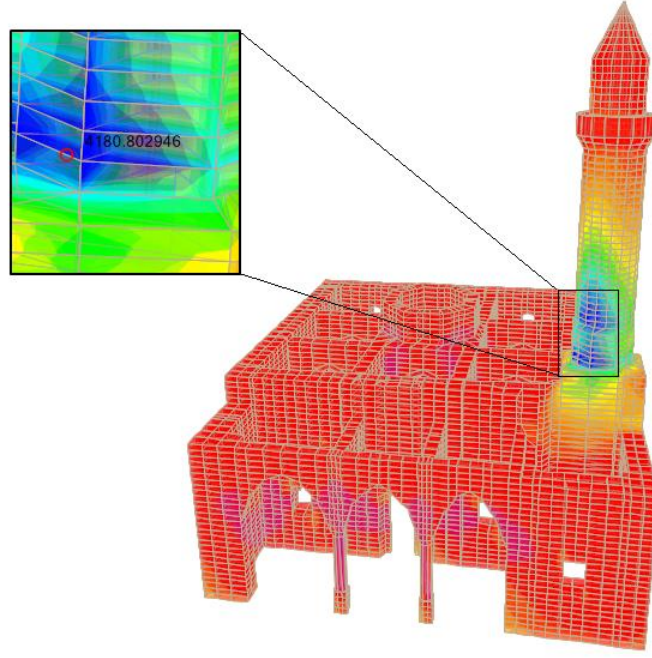


Şekil 97. Dördüncü güçlendirme yönteminin uygulama metodu.

Güçlendirme yapılmamış modelin Erzincan depremi etkisi altında $4760,09 \text{ kN/m}^2$ hesaplanan S_{33} maksimum çekme gerilme değeri, bu yöntem ile güçlendirildikten sonra gerilme değerinde düşüş olmuş ve $4364,25 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 98).



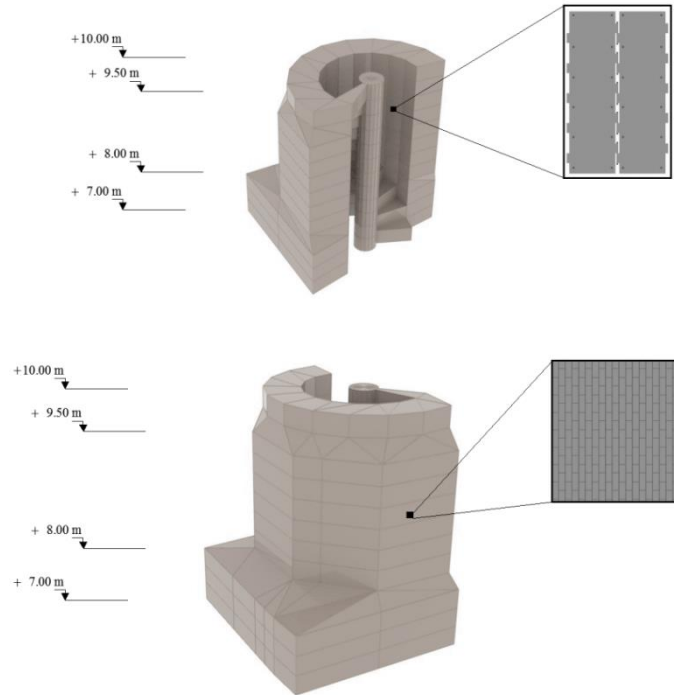
Şekil 98. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).



Şekil 98 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

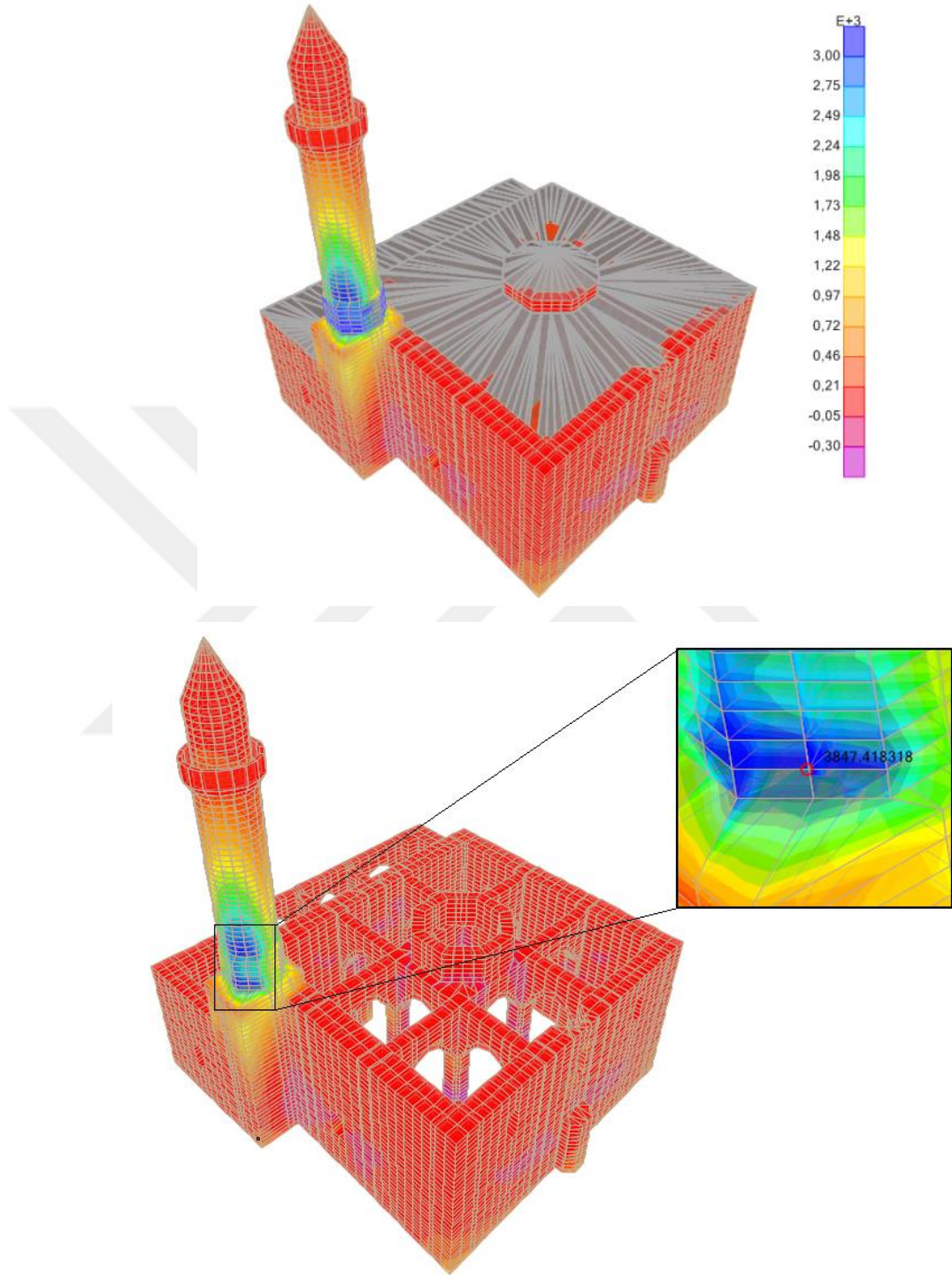
Çelik plaka ile içten, KFTP ile dıştan minarenin güçlendirilmesi.

Bu yöntemde minare çokgen kaidesine denk gelen kısım zemin seviyesinden, içten 8 m ile 9,50 m arası 2,5 cm kalınlığında S235 çelik plaka ile sarılarak güçlendirilmiştir. Dıştan ise aynı kotlar arası beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiştir (Şekil 99). Analiz sonuçları Şekil 100’de verilmiştir.

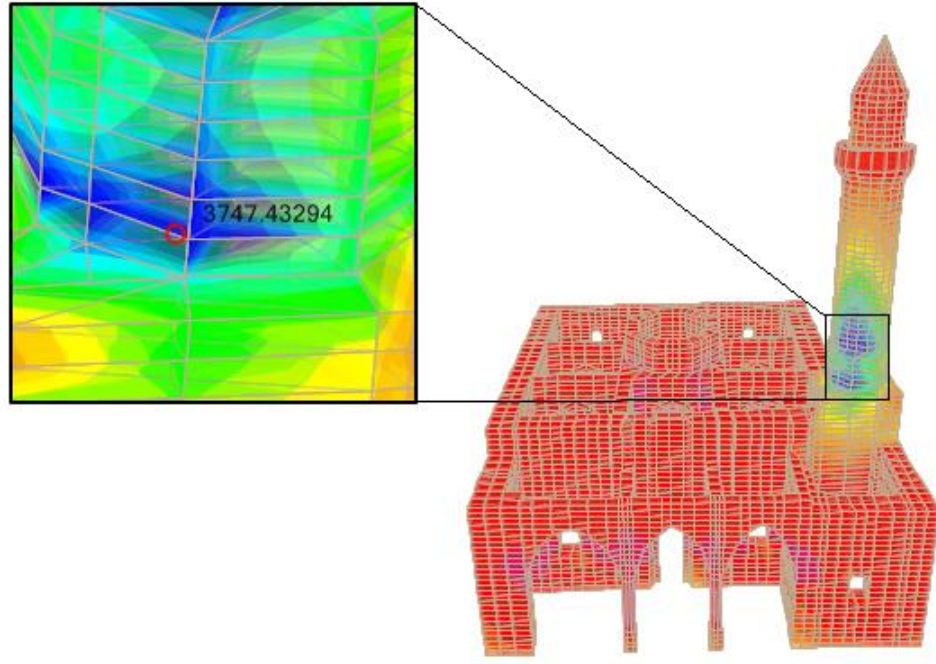


Şekil 99. Beşinci güçlendirme yönteminin uygulama metodu.

Güçlendirme yapılmamış modelin Erzincan depremi etkisi altında $4760,09 \text{ kN/m}^2$ hesaplanan S_{33} maksimum çekme gerilme değeri, bu yöntem ile güçlendirildikten sonra gerilme değerinde düşüş olmuş ve $3847,42 \text{ kN/m}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 100).



Şekil 100. Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).



Şekil 100 (Devam). Erzincan depremi etkisinde S_{33} maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2).

13 Mart 1992 Erzincan depremi etkisi altında, Alaeddin Bey Camii minaresinin çokgen kaidesinde meydana gelen S_{33} maksimum çekme gerilmesi 4,76 MPa değerine ulaşmıştır. Bu bölgede oluşan S_{33} maksimum çekme değeri çalışma için kabul edilen taş duvar çekme dayanımını (4 MPa) geçmektedir. Bu nedenle güçlendirilmiş modellerin Erzincan depremi analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda oluşan S_{33} maksimum çekme değerleri Tablo.7’de verilmiştir.

Tablo 7. 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Etkisinde Alaeddin Bey Cami’sine Uygulanan Güçlendirme Yöntemleri Sonucunda Elde Edilen S_{33} Maksimum Çekme Normal Gerilme Değerleri

Uygulanan Güçlendirme Yöntemi	S_{33} Max Çekme (kN/m^2)
KFTP ile içten güçlendirme	4682,46
KFTP ile içten ve dıştan güçlendirme	4143,01
Çelik plaka ile içten güçlendirme (7m- 10m kotları arası)	3603,16
Çelik plaka ile içten güçlendirme (8m- 9,5m kotları arası)	4364,25
Çelik plaka ile içten, KFTP ile dıştan güçlendirme	3847,42

Birinci güçlendirme yönteminde oluşan S_{33} maksimum çekme gerilmesi (4,68 MPa) taş duvar çekme dayanımını (4 MPa) geçmektedir. İkinci güçlendirme yönteminde oluşan S_{33} maksimum çekme gerilmesi (4,14 MPa) taş duvar çekme dayanımını geçtiği görülmektedir. Üçüncü güçlendirme yönteminde oluşan S_{33} maksimum çekme gerilmesi (3,60 MPa) sınır

değerin altında olduğu, dördüncü güçlendirme yönteminde oluşan S_{33} maksimum çekme gerilmesi (4,36 MPa) emniyetli tarafta kalmadığı görülmektedir. Beşinci güçlendirme yönteminde oluşan S_{33} maksimum çekme gerilmesi (3,85 MPa) sınır değerinin altında olduğu görülmüştür.



ALTINCI BÖLÜM

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu tez çalışmasında tarihi yığma yapılarda uygulanabilecek alternatif güçlendirme yöntemlerinin yapısal performansa etkileri araştırılmıştır.

Bu kapsamda Muş İli Merkez İlçesinde bulunan Tarihi Alaeddin Bey Camii SAP2000 programında sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak makro modelleme tekniğine göre üç boyutlu olarak modellenmiştir. Tarihi yapıya 13 Mart 1992 Erzincan, 23 Ekim 2011 Van-Erciş ve 17 Ağustos 1999 Kocaeli deprem kayıtları uygulanarak, yapılan analizler sonucunda yapıda meydana gelen maksimum çekme ve maksimum basınç normal gerilmeleri incelenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda 13 Mart 1992 Erzincan depremi etkisi altında, Alaeddin Bey Camii minaresinin çokgen kaidesinde meydana gelen S_{33} maksimum çekme gerilmesi 4,76 MPa değerine ulaşarak çalışma için kabul edilen taş duvar çekme dayanımını (4 MPa) geçtiği görülmüştür. Minare çokgen kaidesinde çekme gerilmesinin yüksek çıkması, minare için hasar riski oluşturabileceğinden bu bölgenin güçlendirilmesi gerektiği düşünülmüştür.

Bu neticede güçlendirme tekniği olarak KFTP ve çelik plaka ile çekme gerilmelerinin yüksek olduğu yerlerin sarılması tekniği uygulanmıştır.

Minare çokgen kaidesinde çekme gerilmesinin yüksek olduğu yerler ilk olarak içten beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiştir. İkinci yöntemde içten ve dıştan beş kat KFTP ile sarılarak güçlendirilmiştir. Üçüncü yöntemde sadece çelik plaka ile içten sarılarak güçlendirilmiş, dördüncü yöntemde çelik plaka ile içten farklı kotlar arası sarılarak güçlendirilmiştir. Beşinci yöntemde ise çelik plaka ile içten KFTP ile dıştan sarılarak güçlendirme yapılarak her bir yöntem için gerilme değerleri irdelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Güçlendirme yapılmamış modelde Van-Erciş ve Kocaeli depremleri etkisi altında herhangi bir hasar riski meydana gelmediği görülmüştür. Erzincan depremi etkisi altında ise yapıda S_{33} maksimum çekme gerilme değerinin emniyet sınır değerini geçtiği belirlenmiştir. Minare çokgen kaidesinde meydana gelen bu gerilmeler güçlendirme yöntemleri ile azaltılmaya çalışılmıştır.

- Birinci güçlendirme yöntemi olan içten KFTP güçlendirme alternatifi, hasar riski olan bölgedeki S_{33} maksimum çekme gerilme değerini taş duvar çekme dayanımının altına düşüremediği görülmüştür.
- İkinci güçlendirme yöntemi olan içten ve dıştan KFTP ile güçlendirme alternatifi emniyet sınır değerine oldukça yakın (4,14 MPa) gerilme meydana getirdiği görülmüştür. Bu alternatifte maksimum S_{33} çekme gerilmesinin 4 MPa sınır değerinin altında olabilmesi için ayrıca beş kattan fazla KFTP uygulaması denenebilir.
- Üçüncü güçlendirme yöntemi olan zemin seviyesinden 7m – 10m kotları arası içten çelik plaka ile güçlendirme alternatifinde S_{33} maksimum çekme gerilme değerleri emniyet sınır değerinin altına düştüğü (% 90 kapasiteye) gözlenmiştir.
- Dördüncü güçlendirme yöntemi olan zemin seviyesinden 8m – 9,5m kotları arası içten çelik plaka ile güçlendirme alternatifinde S_{33} maksimum çekme gerilme değerlerinin %109 kapasitesinde olduğu dolayısıyla emniyetsiz tarafta kaldığı belirlenmiştir.
- Beşinci güçlendirme yöntemi olan zemin seviyesinden 8m – 9,5m kotları arası içten çelik plaka ile dıştan beş kat KFTP ile güçlendirme yönteminin, çekme gerilme değerlerinin kapasitesini %119'dan % 96'a düşürdüğü gözlenmiştir.
- Kubbeler ise yapının diğer kısımlarına oranla çok daha küçük gerilmelere maruz kalmış ve herhangi bir hasar riskinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada tehlikeli gerilmelerin Erzincan depremi etkisi altında, minarede zemin seviyesine göre 8m – 9,50 m kotları arasındaki çokgen kaidede meydana geldiği belirlenmiştir. Uygulanan beş farklı güçlendirme yöntemden, üçüncü ve beşinci güçlendirme yöntemlerinin, minarenin bu kısmında meydana gelebilecek hasar riskini ortadan kaldırdığı gözlenmiştir. Bu iki yöntemden hangisinin uygulanabileceği, yapının tarihi dokusu, kullanılacak uygulamanın maliyeti ve diğer kriterlerde dikkate alınarak belirlenebilir. Bunun dışında ayrıca farklı güçlendirme alternatifleri de araştırılabilir.

Kaynakça

- Akaslan, S. A. (2019). *Tarihi Yapıların Deprem Etkileri Altında Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 606434)
- Aköz, A. H. (2008). *Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 251165)
- Aktuna, M. E. (2015). *Kosova Yaşar Paşa Camisi İçin Güçlendirme Önerileri*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Almusallam, T. H., & Al-Salloum, Y. A. (2007). Behavior of frp strengthened infill walls under in-plane seismic loading. *Journal of Composites for Construction*, 11(3), 308-318. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2007\)11:3\(308\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2007)11:3(308))
- Amani, A. (2019). *Yığma Binaların Deprem Hesaplarının Türk Deprem Yönetmelikleri Çerçevesinde İrdelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 595620)
- Arıcan, Y. (2010). *Yığma Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 268713)
- Arslan, F. (2006). *Depremden Zarar Görmüş Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 184623)
- Artar, M. (2006). *Structural identification of the Sehzade Mehmed Mosque through static and dynamic analyses* (Master Thesis). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 181275)
- Aslan, A. (2016). *Süleymaniye Camii'nin Yerel Zemin Koşullarına Bağlı Deprem Performansının Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 432014)
- Atabey, İ. İ., & Kani, R. (2014). Yığma Bir Okul Binasının Deprem Performans Analizi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, Cilt:13(1), 1302-6178. <http://sutod.selcuk.edu.tr/sutod/article/view/144> adresinden edinilmiştir.
- Aydın, A. P., Kul, F. N., Dönmez, C., & Erberik, A. (2015). *Eski Ural Tekel Binası (Arditi Köşkü): Yangın Öncesi Durum ve Yapısal İyileştirme-Güçlendirme Kararları*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Aytaç, E. (2011). *CFRP Güçlendirme Malzemesi ve Güçlendirme Teknikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 306839)
- Aytekin, İ. (2006). *Donatısız ve Sarılmış Yığma Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 181799)
- Baltacı, G. (2020). *Yığma Bir Seyir Kulesinin Dinamik Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 610616)
- Bastianini, F., Corradi, M., Borri, A., & Di Tomasso, A. (2005). Retrofit and monitoring of an historical building using “smart” cfrp with embedded fibre optic brillouin sensors.

- Başaran, B. (2019). *Beton-FRP Donatı Arasındaki Aderansı Etkileyen Faktörler ve Kenetlenme Boyu Bağıntısının Belirlenmesi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 559294)
- Bayraktar, A., Sevim, B., Altunışık, A. C., & Türker, T. (2007). *Tarihi Yığma Minarelerin Deprem Güvenliklerinin Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi*. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-1, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.
- Bayülke, N., Kuran, F., & Bozkurt, O. (2015). *Simav'da 2011 Depreminde Hasarlı Camilerin Onarım ve Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Dinamik Özellikleri*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Bernardeschi, K., Padovani, C., & Pasquinelli, G. (2004). Numerical modelling of the structural behaviour of Buti's Bell Tower. *Journal of Cultural Heritage*, 5(4), 371-378. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2004.01.004>
- Bitlis Vakıflar Bölge Müdürlüğü (2011). *Alaeddin Bey Camii Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projesi*.
- Can, Ö. (2009). *Yığma Yapıların Dıştan Perde Duvar ile Güçlendirilmesinde Perdenin Birleşim Yerleri Performansının Deneysel Olarak Araştırılması* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 269495)
- Celep, Z. (1998). Post-Earthquake Rehabilitation of Moderate Damaged Masonry Structures, Repair and Strengthening of Existing Buildings. *Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering*, İ.T.Ü. 61-72, İstanbul.
- Chamaky, R. Y. (2014). *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Analizi ve Uygun Güçlendirme Teknikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 364183)
- Coşgun, C. (2005). *Silindirik Yığma Yapıların Numerik Modellemesi ve Lif Takviyeli Polimer İle Takviye Edilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 237032)
- Çakıroğlu, M. G. (2014). *Yığma Yapıların Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 353483)
- Çal, G., & Şahin, A. (2015). *Ortaköy Büyük Mecidiye Camii'nin Farklı Deprem Etkileri Altında Sismik Davranışının Değerlendirilmesi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Çalık, İ., Bayraktar, A., Türker, T., & Çakır, E. G. (2015). *Doğu Karadeniz Bölgesi Tarihi Yığma Camilerinin Restorasyonlarının Yapısal Değerlendirilmeleri*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Çarhıoğlu, A. I., Zabin, P., & Korkmaz, K. A. (2014). Kars Kümbet Camisinin Deprem Davranışının İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 189-196. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gujsc/issue/7462/98254> adresinden edinilmiştir.
- Çoban, K. (2018). *Tarihi Bayburt Yakutiye (Yeni) Camisi'nin Dinamik Performansının Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 527948)

- Çöğürçü, M. T. (2007). *Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 199720)
- Dabanlı, Ö. (2008). *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 252472)
- Dalyan, İ. (2019). *Lifli Polimerle Farklı Biçimlerde Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Eğilme Performanslarının Belirlenmesi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 536330)
- Değirmenci, Ö. Ç., & Ekin, Ö. (2014). Deprem Davranışları İncelenecek Olan Yığma Yapıların Durumları Hakkında İlk İzlenimler. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 2148-2330. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bseufbd/issue/22289/239060> adresinden edinilmiştir.
- Demirkan, D. S. (2014). *Yığma Yapılarda Derz Kalınlığı ve Duvar Örme Tekniğinin Yapıya Etkisinin Anizotrop Bir Model Üzerinde İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 384894)
- Di Fabio, F., Gregori, A., & Totani, M. (2015). Experimental and numerical investigations on historical masonry wall specimens tested in shear-compression configuration. *Engineering Structures and Technologies*, 7(4), 177-188. doi:10.3846/2029882X.2016.1145073
- Dinç, E. (2015). *P25 Puanlama Yöntemi ile 6306 Sayılı Kanun Kapsamında Belirlenen Risk Oranlarının Deprem Riski Altındaki Geleneksel Yığma Yapılar için Karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 430037)
- Doğangün, A., Acar, R., Sezen, H., & Livaoğlu, R. (2008). Investigation of dynamic response of masonry minaret structures. *Bull Earthquake Eng*, 6, 505-517. <https://doi.org/10.1007/s10518-008-9066-5>
- Durak, S. (2008). *Ege Bölgesinde Yaygın Olarak Kullanılan Yığma Yapılar ve Bu Yapıların Deprem Güvenliği* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 179477)
- Düzgün, O. A., Hatipoğlu, Y. S., Artar, M., Yurdakul, M., & Öner, E. (2015a). *Ahmet-i Zencani Kümbet'inin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Düzgün, O. A., Hatipoğlu, Y. S., Artar, M., Yurdakul, M., & Öner, E. (2015b). *Zahit Efendi Cami'sinin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- ElGawadi, M. A., Lestuzzi P., & Badoux, M. (2005). In-plane seismic response of urm walls upgraded with frp. *Journal of Composites for Construction*, 9(6), 524-535. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2005\)9:6\(524\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2005)9:6(524))
- Erdoğan, H. A. (2018). *Türk Minarelerinin Sonlu Elemanlar Analizi Yöntemiyle Deprem Performanslarının Karşılaştırılması* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 499522)

- Erkul, B. (2018). *Tarihi Yiğma Yapıların Performans Analizi: Geleneksel Bayburt Evi Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 517910)
- Ersubaşı, F. (2008). *Yiğma Yapıların Deprem Davranışının Sarsma Masasında Dinamik Olarak İncelenmesi ve Farklı Güçlendirme Seçeneklerinin Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 178390)
- Fahjan, Y. (2008). *Sonlu Elemanlar Yöntemi (SAP2000 Uygulaması) 1. Genel Kavramlar*. İnşaat Mühendisleri Odası, Gebze.
- Fares, K. (2020). *Karbon Lif Takviyeli Polimer (CFRP Levhalarla Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Kesme Davranışının Sayısal Olarak İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 648720)
- Fırat, M. Ş. (1970). *Doğu İlleri ve Varto Tarihi*. Ankara: Kamer Yayınları.
- Göker, Ş., & Karaşin, A. (2015). Depremde Hasar Gören Kırsal Yapılar için Bir Yapısal Hasar Değerlendirmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(1), 31-38. <https://atif.sobiad.com/index.jsp?modul=makale-goruntule&id=LjtobXgBu-adCBSEotcw> adresinden edinilmiştir.
- Güneş, O. (2004). *A fracture Based Approach to Understanding Debonding in FRP Bonded Structural Members*, PhD. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge (MA).
- Güler, K., Sağlamer, A., Celep, Z., & Pakdamar, F. (2004). Structural and Earthquake Response Analysis of the Little Hagia Sophia Mosque, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada.
- Güllü, H., & Karabekmez, M. (2016). Gaziantep Kurtuluş Camisinin Deprem Davranışının İncelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 455-470. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dumf/issue/29221/312785> adresinden edinilmiştir.
- İşler, T. (2014). *Karbon Fiber ile Betonarme Elemanların Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 367550)
- İşık, E., Öztürk, G., & Velioğlu, E. (2016). Bitlis İlinde bulunan tarihi bir yiğma yapının deprem güvenliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 59-64. <https://doi.org/10.17798/beufen.10922>
- Jaihoon, E. H. (2019). *TBDY 2018'e Göre Tarihi Yiğma Yapıların Analizi ve Bir Örnek Sille Ak Camii* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 589512)
- Kalkan, N. (2008). *Düzlem Dışı Tersinir Yüklenen Yiğma Yapıların Donatılı Püskürtme Beton İle Güçlendirilmesi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 212912)
- Kanca, A. G. (2004). *Yiğma Yapıların Depreme Karşı Dayanımları Beyoğlu Postane Hizmet Binası ve Beyoğlu Han Binası* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 154481)
- Kara, H. G. (2009). *Tarihi Yiğma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı ve Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 252468)
- Karabörk, T., Çelik, T., & Koçak, Y. (2015). *Tarihi Taş Yiğma Duvarların Kayma Dayanımını Arttırmak Amacıyla Geliştirilen Metal Bağlantı Elemanları*. 5. Tarihi

Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.

- Karataş, İ. K. (2020). *Bir Eğitim Binası Özelinde Mevcut Yığma Binaların Deprem Davranışının Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 616162)
- Kavali, E., Şeker, B. Ş., Çakır, F., & Uysal, H. (2015). *Erzurum Yakutiye Medresesinin Yapısal Performansının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Belirlenmesi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Kaya, F. (2013). *Yığma Yapıların Polipropilen Lifli Kuru Karışım Püskürtme Beton İle Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 353421)
- Kocaman, İ. (2017). *Tarihi Yığma Yapıların Dinamik Davranışlarının Hesabında Gerekli Malzeme Özelliklerinin Tayini* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 468093)
- Koç, D. (2015). *Tarihi Yapı Taş Kemerlerinin FRP ile Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 411471)
- Koç, V. (2004). *Karbon Lif Takviyeli Polimer Malzemeler ile Güçlendirilmiş Düşük ve Normal Dayanımlı Beton Elemanların Davranışı* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 151615)
- 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. <https://doi.org/10.28979/comufbed.307874>
- Koçak, A. (1999). *Tarihi Yapıların Statik ve Dinamik Yükler Altında Lineer ve Non-Lineer Analizi: Küçük Ayasofya Camii Örneği* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 85052)
- Koçak, A., Tugay, Ş., & Kilit, Z. (2007). *Antalya'da Bulunan Tarihi Bir Yapının Restorasyon Çalışması ve Deprem Performansının Artırılması*. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-1, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.
- Kulağuz, B. N. (1996). *Muş ve Çevresindeki Türk Mimari Eserleri* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 51252)
- Kuran, F. (2006). *Yığma Yapıların Çelik Şeritlerle Rehabilitasyonu* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 196649)
- Kuran, F. (2015). *Tarihi Yığma Yapıların Lineer Elastik Analizinde Kullanılan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (Ra) Hakkında Bir İrdeleme*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Kuruşcu, A. O. (2005). *Yığma Yapıların Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 168450)
- Mahrebel, H. A. (2006). *Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 223367)
- Omurtag, M. H. (2010). *Çubuk Sonlu Elemanlar*. Birsan Yayınevi.

- Onar, E. (2007). *Yığma Yapılarda Taşıyıcı Tuğla Duvarların CFRP ile Güçlendirilmesinin Deneyisel Olarak İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 222041)
- Öncü, G. (2011). *Mevcut Betonarme ve Yığma Binaların Depreme Karşı Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri ve İzmir'deki bazı Uygulama Örneklerinin İrdelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 307101)
- Özden, Ş., Ertaş, O., İmren, Ö., & Hacıemiroğlu, M. (2015). *Tarihi Tokat Yazmacılar Han'ın Depreme Karşı Güçlendirilmesi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Özer, S. S. (2006). *Geleneksel Yığma Yapılarda Strüktürel Elemanların Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 185286)
- Özkat, S. (2019). *2007 ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliklerinin Yığma Binalar Özelinde Örnek Bina Üzerinde Karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 597114)
- Özsaraç, S. (2009). *Yığma Yapılarda Taşıyıcı Tuğla Duvarların GFRP ile Güçlendirilmesinin Deneyisel Olarak İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 252443)
- Öztaş, V. (2009). *Yığma Yapıların Güçlendirilmesi ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 252469)
- Öztoprak, M. (2021). *Yalvaç Devlethan Camii Deprem Güvenliğinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 671032)
- PEER, (2008). Pacific Earthquake Engineering Research Centre.
- Pellegrini, D., Girardi, M., Lourenço, P. B., Masciotta, M. G., Mends, N., Padovani, C., & Ramos, L. F. (2018). Modal analysis of historical masonry structures: linear perturbation and software benchmarking. *Elsevier Construction and Building Materials*, 189, 1232-1250. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.034>
- Sallio, N. (2005). *Mevcut Yığma Yapıların Deprem Bakımından İncelenmesi ve Güçlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 196988)
- Sayın, B. (2016). Tarihi Yığma Yapıların Malzeme Özelliklerini Belirlenmesi ve Uygulama Önerileri. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 7(3), 387-398. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dumf/issue/29221/312777> adresinden edinilmiştir.
- Sayın, E. (2009). *Yığma Yapıların Lineer Olmayan Statik ve Dinamik Analizi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 246997)
- Serhatoğlu, C., & Livaoğlu, R. (2015). *Tarihi Molla Arap Cami Minaresinin Dinamik Karakteristikleri ve Deprem Analizi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Sesigür, H., Çelik, C. O., & Çılı, F. (2007). *Ahi Çelebi Camisinin Onarımı ve Güçlendirilmesi*. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-1, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.

- Shrive, N. G. (2006). The use of fibre reinforced polymers to improve seismic resistance of masonry. *Elsevier, Construction and Building Materials*, 20(4), 269-277. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.08.030>
- Sönmez, E. & Mazlum, D. (2015). *Büyükdere Aya Paraskevi Kilisesi için Bir Koruma Önerisi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- Şeker, B. Ş., Çakır, F., & Doğangün, A. (2014). Investigation of a masonry domed mosque by experimental tests and numerical analyses. *Article in Earthquakes and Structures*, 6(4), 335-350. doi:10.12989/eas.2014.6.4.335
- Şeker, B. Ş., Çakır, F., Doğangün, A., & Durmuş, A. (2015). Sonlu elemanlar yöntemiyle Tarihi Erzurum Lala Paşa Cami'nin yapısal davranışının incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(3), 82-87. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/191653> adresinden edinilmiştir.
- Şen, B. (2006). *Modeling and Analysis of the Historical Masonry Structures* (Master Thesis). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 181343)
- Şimşek, E. (2010). *Kabuk Elemanlar Kullanılarak Modellenen Çelik Çerçeve Sistemlerin Dinamik Davranışının İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 276438)
- Şişik, Ö. (2017). *Edirne'de Bulunan 15.YY ve 16. YY'da İnşaa Edilmiş Tarihi Cami ve Türbelerin Taşıyıcı Sistem Analizi ve Çözüm Önerileri* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 467395)
- Tetik, T. (2015). *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansı ve Güçlendirme Teknikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 441720)
- Türker, B. (2010). *Tarihi Yığma Yapıların Yapısal Davranışının Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 282572)
- TYDRYK, (2017). Tarihi Yapılar için Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu. *T.C. Vakıflar Genel Müdürlüğü*, İstanbul.
- Ural, A. (2009). *Yığma Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 233680)
- Uray, A. (2018). *Tarihi Yapıların Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizinin İznik Yeşil Camii Örneğinde İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 523458)
- Ural, A., Kara, M. E., & Uslu, S., (2015). *Kenet ve Zivanaların Yığma Duvarların Kesme (Kayma) Davranışına Etkisi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.
- (URL-1) <https://www.serdarkorkut.com/2017/05/09/sonlu-elemanlar-metodu/>
- (URL-2) <http://www.puskurtmebeton.com/referanslar.htm>
- (URL-3) <https://afzir.com/wp-content/uploads/2017/10/Canada-Design-Manual-for-Reinforcing-Concrete-Structures-with-Fiber-Reinforced-Polymers.pdf>
- (URL-4) <http://www.quakewrap.com/images>

(URL-5) <https://afzir.com/tr/what-is-frp/>

(URL-6) <https://www.kompozitsan.com/>

(URL-7) <https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=75>

(URL-8) <https://www.afad.gov.tr/van-depremi-hakkinda>

(URL-9) <https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=37>

Uslu, S. (2013). *Tarihi Yığma Yapılarda Kullanılan Metal Bağlantı Elemanlarının DeneySEL Metotlarla İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 324769)

Utkan, U., Yıldız, A., & Karalar, R. U. (2015). *Adana Yeni (Abdürrezzak Antaki) Cami ve Mersin Camili Köyü Cami Restorasyonlarında Karşılaşılan Geoteknik Problemler*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.

Uzdil, O. (2020). *Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Sismik Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemi: İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binası* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 632791)

Yang, K. H., Joo, D. B., Sim, J. Il., & Kang, J. H. (2012). In-plane seismic performance of unreinforced masonry walls strengthened with unbonded prestressed wire rope units. *Elsevier, Engineering Structures*, 45, 449-459. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.06.017>

Yazıcı, B. B. (2015). *Sivas Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası Matematik Modellemesi ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.

Yedek, Ç. Y. (2013). *Yığma Yapıların Hasır Çelik Donatılı Kuru Karışım Püskürtme Beton Uygulamasıyla Güçlendirilmesinin DeneySEL Olarak İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 353446)

Yetiş, E. (2015). *Samsun Büyük Camisi Duvar Resimleri: Onarım ve Değişiklikler*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum Şubesi-İzmir Şubesi, Erzurum.

Yıldızoğlu, H. (2019). *Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi: Okul Binası Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 551393)

Yurdakul, M., Yılmaz, F., Artar, M., Can, Ö., Öner, E., & Daloğlu, A. T. (2021). Investigation of time-history response of a historical masonry minaret under seismic loads. *Elsevier, Structures*, 30, 265–276. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.01.008>

Zamankhanı, J. S., & Arun, G. (2011). 2006 İran-Silakhor Depreminde Kerpiç Yığma Duvarların Sismik Davranışı. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezlerinde Üretilmiş Yayınlar*, Sigma 3, 290-299. <https://docplayer.biz.tr/1623724-Arastirma-makalesi-research-article-2006-iran-silakhor-depreminde-kerpic-yigma-duvarlarin-sismik-davranisi.html> adresinden edinilmiştir.

Zhou, D., Lei, Z., & Wang J. (2013). In-plane behavior of seismically damaged masonry walls repaired with external bfrp. *Elsevier, Composite Structures*, 102, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2013.01.031>

Ziada, M. (2019). *GFRP ile Güçlendirilmiş Yığma Yapıların Sonlu Elemanlar Metodu ile Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 535356)



Öz Geçmiş

İdris ŞENTÜRK, yılında’ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini’ta yaptı. yılında Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliğine başlayıp’te buradan mezun oldu. yılında Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. yılında Mimarlık ve Mühendislik firmasında inşaat mühendisi olarak yılına kadar çalıştı. yılında Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğünde göreve başladı ve bu görevinde çalışmaya devam etmektedir. Evli ve bir kız çocuğu babasıdır.

