

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI

**TARİHİ YIĞMA YAPILARIN PERFORMANS
ANALİZİ:
OKUL BİNASI ÖRNEĞİ**

Halime YILDIZOĞLU

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği
Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Ömer CAN**

2019

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TARİHİ YIĞMA YAPILARIN PERFORMANS ANALİZİ: OKUL BİNASI
ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halime YILDIZOĞLU

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer CAN

Eş Danışman: Doç Dr. Musa ARTAR

Bayburt

Mayıs– 2019

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Dr. Öğr. Üyesi Ömer CAN' ın danışmanlığında, 142004003 numaralı Halime YILDIZOĞLU tarafından hazırlanan “ Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi: Okul Binası Örneği ” konulu bu çalışma 14/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mustafa ÇULLU

İmza:



Jüri Üyesi :Dr. Öğr. Üyesi Ömer CAN

İmza:



Jüri Üyesi : Doç Dr. Musa ARTAR

İmza:



Jüri Üyesi :Dr. Öğr. Üyesi Muhammet YURDAKUL

İmza:



Jüri Üyesi :Dr. Öğr. Üyesi Muhittin TURAN

İmza:



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

/ /

(İmza)

Prof. Dr. Metin UÇURUM

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Halime YILDIZĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TARİHİ YIĞMA YAPILARIN PERFORMANS ANALİZİ: OKUL BİNASI ÖRNEĞİ

Halime YILDIZOĞLU

Bayburt Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ömer CAN
Eş Danışman: Doç. Dr. Musa ARTAR

Türkiye’de tarihi ve kültürel değeri olan birçok yapı bulunmaktadır. Bu yapılar farklı zaman ve kültürlerin birikim ve tekniklerini yansıtmaları bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Günümüz teknolojisi ile inşa edilen betonarme ve çelik yapıların performansının gelişmiş sayısal metotlarla ayrıntılı olarak ortaya koymak mümkündür. Lakin yığma yapıların içerdiği süreksizlikler ve değişen malzeme özelliklerinden dolayı yapısal performansının belirlenmesinde ve yorumlanmasında zorluklarla karşılaşılabilir.

Çalışmada; yığma yapılarda kullanılan malzemeler ve taşıyıcı sistemler hakkında bilgi verilmiştir. Yığma yapıların modellenme teknikleri ve analiz yöntemleri açıklanmıştır. Bayburt ili merkezinde bulunan, 1944-1947 yılları arasında inşa edilen, Bayburt Lisesi’nin yapım tekniği, malzeme özellikleri ve konum özellikleri hakkında bilgiler derlenmiştir. Yapının rölöveleri alınarak, yapıda gözlemlenen mevcut problemler belirlenmiştir. SAP2000 programı kullanılarak yapının üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulup, dinamik performansını belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapıda gerçek deprem kayıtları kullanılarak yapısal davranışının belirlenmesi hedeflenmiştir. Sonuçta yapının olası bir depremde hasar alabileceği sonucuna varılmıştır. Bunu önlemek için güçlendirme yapılmasının gerekebileceği elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Performans Analizi,SAP2000,Sonlu Eleman Analizi, Yığma Yapı

ABSTRACT

Master's Thesis

**PERFORMANCE ANALYSIS OF HISTORICAL STATION STRUCTURES:
EXAMPLE OF SCHOOL BUILDING**

Halime YILDIZOĞLU

Bayburt University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil EngineeringDepartment of
Supervisor: Asst. Prof. Ömer CAN
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Musa ARTAR

Turkey has many buildings of historical and cultural value. These structures are of great importance in terms of reflecting the accumulation and techniques of different times and cultures. It is possible to reveal the performance of reinforced concrete and steel structures constructed with modern technology in detail by using advanced numerical methods. However, due to the discontinuities in the masonry structures and the changing material properties, difficulties may be encountered in determining and interpreting the structural performance.

In this study; information about the materials used in the masonry structures and the carrier systems. Modeling techniques of masonry structures and analysis methods are explained. Information about the construction technique, material properties and location characteristics of Bayburt High School, which was built between 1944 and 1947 in the center of Bayburt, was collected. The current problems observed in the structure were determined by taking the measurements of the building. By using SAP2000 program, it is aimed to determine the three dimensional finite element model of the structure and determine its dynamic performance. It is aimed to determine the structural behavior of the building by using the actual earthquake records. As a result, it was concluded that the structure could be damaged in a possible earthquake. It has been found that strengthening may be required to prevent this.

Keywords: Performance Analysis, SAP2000, Finite Element Analysis, Masonry Structure

TEŞEKKÜR

Çalışmamda değerli görüş ve bilgisini esirgemeyen, her şartta kıymetli vaktini tezime ayıran, hocam ve tez danışmanım Dr. Öğr. Görevlisi Ömer CAN' a, üç boyutlu modelleme konusunda tecrübesi ve bilgi birikimiyle bana yön veren, eş danışmanım Doç. Dr. Musa ARTAR' a,

Yorumları ile yol gösteren Dr. Öğr. Görevlisi Muhammet YURDAKUL'ave Arş. Gör. Mustafa ERGÜN 'e

Bu süreçte yanımda olan, adını sayamadığım tüm arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında yanımda olan, sevgilerinden güç bularak yol aldığım, benim bu günlere gelmemde en büyükpay sahibi olan, babam Şevket YILDIZOĞLU' na ve annem Sakine YILDIZOĞLU'nakardeşlerime sonsuz şükran ve teşekkürü borç bilirim.

Halime YILDIZOĞLU

Mayıs / 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	2
2.1 Kaynak Özetleri	2
2.2 Yığma Yapılar ve Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri	16
2.2.1 Tuğla	17
2.2.2 Doğal yapı taşları	20
2.2.2.1 Bayburt taşı	21
2.2.3 Kerpiç	24
2.2.4 Harç	26
2.2.4.1 Horasan harcı	27
2.2.4.2 Kireç harcı	27
2.3 Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistemler	28
2.3.1 Taşıyıcı duvarlar	28
2.3.2 Tonozlar	28
2.3.3 Kemerler	29
2.3.4 Kubbeler	30
3. MATERYAL METOT	31
3.1 Yığma Yapıların Modellenmesi	31

3.1.1 Detaylı mikro modelleme tekniği.....	31
3.1.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme	32
3.1.3 Makro modelleme	33
3.1.4 Sonlu elemanlar yöntemi	33
3.2.Yığma Yapıların Analizi	39
3.2.1 Düşey yükler altında statik analiz	40
3.2.2 Dinamik analiz	40
3.2.2.1 Modal analiz.....	40
3.2.2.2 Davranış spektrumu analizi.....	40
3.2.2.3 Zaman tanım alanında analiz	41
3.3 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	41
3.4 rnek Yapının Modellenmesi.....	42
4. ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA.....	54
4.1. Modal Analiz.....	54
4.2 Davranış Spektrum Analizi	61
4.3 Zaman Tanım Aralığı Analizi	70
4.3.1 27 Aralık 1939 Erzincan depremi analizi.....	70
4.3.2 23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi analizi	77
4.3.3 12 Kasım 2011 Düzce depremi analizi	85
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR	97
EK-1.....	107
ZGEMİş	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dolu, delikli ve boşluklu tuğla elemanlar.....	18
Şekil 2.2 Beyaz Bayburt taşı.....	22
Şekil 2.3 Sarı Bayburt taşı	23
Şekil 2.4 Yeşil Bayburt taşı	24
Şekil 2.5 Yaygın kullanılan kerpiç blokların boyutları.....	25
Şekil 2.6 Kerpiç üretimi	26
Şekil 2.7 Tonoz türleri	29
Şekil 2.8 Kemer	30
Şekil 2.9 Kubbede çekme ve basınç bölgeleri	30
Şekil 3.1 Detaylı mikro modelleme	32
Şekil 3.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme.....	32
Şekil 3.3 Makro modelleme tekniği.....	33
Şekil 3.4 FEM - Temel kavramlar: a) Genel bir $P(x,y)$ değişkeni b) Üçgen sonlu eleman c) Üçgen sonlu eleman ağı.....	34
Şekil 3.5. Amorf bir şeklin sonlu eleman ağı a) 41 kare sonlu eleman b) Eleman boyutlarını değiştirerek hassasiyetin artırılması.....	35
Şekil 3.6 Ortasında boşluk bulunan bir dikdörtgen alanın sonlu eleman ağı	36
Şekil 3.7 Çeşitli sonlu eleman modelleri a) Model alanı b) Üçgen c) Dörtgen d) Dörtgen ve yamuk elemanlar	37
Şekil 3.8 Bayburt Lisesi'ne ait kroki	42
Şekil 3.9 Bayburt Lisesi'ne ait fotoğraflar.....	43
Şekil 3.10 Bayburt Lisesi'ne ait rölöve (Zemin Kat).....	43
Şekil 3.11 Bayburt Lisesi'ne ait rölöve (1. Kat).....	44
Şekil 3.12 Plan Görünüşü	46
Şekil 3.13 Model ön görünüş	46
Şekil 3.14 Model arka görünüş	47
Şekil 3.15 Model sağ yan görünüş	47
Şekil 3.16 Model sol yan görünüş.....	48
Şekil 3.17 Hekzahedral, Pentahedral elemanlar	49

Şekil 3.18 3D Sonlu eleman modelleme aşamaları	50
Şekil 3.19 Sonlu eleman modelinden kesitler	51
Şekil 3.20 Sonlu eleman modelinden kesitler	51
Şekil 3.21 Sonlu eleman modelinden kesitler	52
Şekil 3.22 Sonlu eleman modelinden kesitler	52
Şekil 3.23 Solid elemanda oluşan gerilmeler	53
Şekil 4.1 Mod 1, $T = 0,07213$ s – döşemenin ve hatlın hareketi	56
Şekil 4.2 Mod 2, $T = 0,06451$ s – döşemenin ve hatlın hareketi	56
Şekil 4.3 Mod 3, $T = 0,06038$ s – döşemenin hareketi	56
Şekil 4.4 Mod 4, $T = 0,05517$ s – döşemenin hareketi	57
Şekil 4.5 Mod 5, $T = 0,05444$ s – döşemenin hareketi	57
Şekil 4.6 Mod 6, $T = 0,05297$ s – döşemenin hareketi	57
Şekil 4.7 Mod 7, $T = 0,05192$ s – döşemenin hareketi	58
Şekil 4.8 Mod 8, $T = 0,05139$ s – döşemenin hareketi (y doğrultusunda hareket) ...	58
Şekil 4.9 Mod 9, $T = 0,04863$ s – döşemenin hareketi	58
Şekil 4.10 Mod 10, $T = 0,04473$ s – döşemenin hareketi	59
Şekil 4.11 Mod 13, $T = 0,04173$ s – x doğrultusunda yanal hareket	59
Şekil 4.12 Mod 18, $T = 0,03847$ s – Döşeme hareketi (x doğrultusunda hareket) ...	59
Şekil 4.13 Mod 148, $T = 0,01714$ s	60
Şekil 4.14 Mod 149, $T = 0,01707$ s	60
Şekil 4.15 Mod 150, $T = 0,01703$ s	60
Şekil 4.16 2007 Türk Afet Yönetmeliğinde verilen elastik ivme spektrumu	61
Şekil 4.17 X yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m^2)	62
Şekil 4.18 X yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m^2)	62
Şekil 4.19 X yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m^2)	62
Şekil 4.20 X yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m^2)	63
Şekil 4.21 X yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m^2)	63
Şekil 4.22 X yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m^2)	63
Şekil 4.23 X yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m^2)	64
Şekil 4.24 X yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m^2)	64

Şekil 4.25 X yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m ²)	64
Şekil 4.26 Y yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m ²)	65
Şekil 4.27 Y yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m ²)	65
Şekil 4.28 Y yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m ²)	65
Şekil 4.29 Y yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m ²)	66
Şekil 4.30 Y yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m ²)	66
Şekil 4.31 Y yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m ²)	66
Şekil 4.32 Y yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m ²)	67
Şekil 4.33 Y yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m ²)	67
Şekil 4.34 Y yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m ²)	67
Şekil 4.35 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi hasarı	70
Şekil 4.36 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi ivme kaydı (X yönü bileşiği).....	71
Şekil 4.37 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi ivme kaydı (Y yönü bileşiği).....	71
Şekil 4.38 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	72
Şekil 4.39 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	72
Şekil 4.40 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	72
Şekil 4.41 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	73
Şekil 4.42 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	73
Şekil 4.43 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	73
Şekil 4.44 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	74
Şekil 4.45 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	74
Şekil 4.46 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	74
Şekil 4.47 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	75

Şekil 4.48 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	75
Şekil 4.49 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	75
Şekil 4.50 23 Ekim 2011 Erciş Depremi hasarı	78
Şekil 4.51 23 Ekim 2011 Erciş Depremi ivme kaydı (X yönü).....	78
Şekil 4.52 23 Ekim 2011 Erciş Depremi ivme kaydı (Y yönü).....	79
Şekil 4.53 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²)	79
Şekil 4.54 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²)	80
Şekil 4.55 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²)	80
Şekil 4.56 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²)	80
Şekil 4.57 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²)	81
Şekil 4.58 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²)	81
Şekil 4.59 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²)	81
Şekil 4.60 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²)	82
Şekil 4.61 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²)	82
Şekil 4.62 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²)	82
Şekil 4.63 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²)	83
Şekil 4.64 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²)	83
Şekil 4.65 12 Kasım 1999 Düzce Depremi hasarı	85
Şekil 4.66 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ivme kaydı (X yönü)	86
Şekil 4.67 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ivme kaydı (Y yönü)	86
Şekil 4.68 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	87

Şekil 4.69 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	87
Şekil 4.70 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	87
Şekil 4.71 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	88
Şekil 4.72 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	88
Şekil 4.73 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m ²).....	88
Şekil 4.74 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	89
Şekil 4.75 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	89
Şekil 4.76 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	89
Şekil 4.77 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	90
Şekil 4.78 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	90
Şekil 4.79 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m ²).....	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Fabrika tuğlalarının birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımlar	19
Çizelge 2.2 Biçim ve basınç dayanımlarına göre harman tuğla sınıfları	20
Çizelge 2.3 Yapılarda kullanılan yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri.....	21
Çizelge 2.4 Beyaz Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri	22
Çizelge 2.5 Sarı Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri	23
Çizelge 2.6 Yeşil Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri	24
Çizelge 3.1 Bayburt Lisesi'nin analiz programına aktarılabilmesi için gerekli değerler	44
Çizelge 3.2 Taşıyıcı sistem katsayıları.....	45
Çizelge 3.3 Modellemede kullanılan malzeme özellikleri.....	45
Çizelge 3.4 Modelde kullanılan eleman sayısı	46
Çizelge 4.1 Serbest titreşim periyotları ve kütle katılım oranları (U:Yer değiştirme)	55
Çizelge 4.2 Davranış Spektrum analizi sonucunda elde edilen gerilme değerleri.....	68
Çizelge 4.3 Davranış Spektrum analizi sonucunda elde edilen gerilme değerleri kapasite hesabı	68
Çizelge 4.4 27 Aralık 1939 Erzincan depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri.....	76
Çizelge 4.5 27 Aralık 1939 Erzincan depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı kapasite (%) değerleri	76
Çizelge 4.6 23 Ekim 2011 Erciş depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri	83
Çizelge 4.7 23 Ekim 2011 Erciş depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı kapasite (%) değerleri	84

Çizelge 4.8 12 Kasım 1999 Düzce depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri	91
Çizelge 4.9 12 Kasım 1999 Düzce depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı kapasite (%) değerleri	91
Çizelge 4.10 Analizler sonunda elde edilen gerilme değerleri	92
Çizelge 4.11 Analizler sonunda elde edilen kapasite değerleri	92



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**Simgeler**

E	Elastisite Modülü
g	Yer Çekimi İvmesi
G	Sabit Yük
kN/m ³	Kilonewton metreküp
kgf/cm ²	Kilogram kuvvet santimetre kare
MPa	Megapascal

Kısaltmalar

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DEHT	Delikli Harman Tuğlası
DOHT	Dolu Harman Tuğlası
Ex	x Yönündeki Deprem Kuvveti
Ey	y Yönündeki Deprem Kuvveti
FEM	Finite Element Method
MTA	Maden Tetkik ve Arama
SAP	Structural Analysis Program
SBT	Sarı Bayburt Taşı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
Ux	x Yönündeki Yer Değiştirme
Uy	y Yönündeki Yer Değiştirme
Uz	z Yönündeki Yer Değiştirme

1. GİRİŞ

Tüm insanlığın ortak mirası olan tarihi yapıların korunması, geleceğe güvenli bir şekilde aktarılması insanlığın sorumluluğundadır. Ülkemizin büyük bir bölümünün aktif fay hattı üzerindedir. Deprem olasılığının fazla olduğu yerlerde, her bir tarihi yapının ayrı ayrı incelenip, yapısal davranış ve deprem performansının belirlenmesi gerekmektedir. Yığma yapıların içerdiği süreksizlikler, malzeme cins ve kalitesinin değişiklik göstermesinden dolayı yapının performansının belirlenmesinde zorluklarla karşılaşılabilir. Yığma yapıların performansının belirlenmesinde sistematik çalışılması, verilerin titizlikle toplanması, doğru bir şekilde uygulamaya aktarılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Bayburt ilinde bulunan 1944-1947 yılları arasında inşa edilen Bayburt Lisesi'nin SAP 2000 programı yardımı ile üç boyutlu sonlu eleman modelinin oluşturulması, dinamik performansının belirlenmesi, gerçek deprem kayıtları uygulanarak taşıyıcı sistem davranışının belirlenmesidir. Yapının kendi ağırlığı ve deprem yükleri etkisi altında hasar alabilecek bölgeleri tespit edilmiş, olması muhtemel bir depremden önce alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Çalışmada ilk olarak, yığma yapıların değerlendirilmesi ile ilgili daha önce yapılmış çalışmaların özeti verilmiştir. Daha sonra, yığma yapıların tanımı, yığma yapılarda kullanılan malzeme özelliklerine, yığma yapı elemanlarına ve yığma yapıların modellenmesinde kullanılan teknikler hakkında bilgi verilmiştir. Analiz bölümünde, yığma bir okul binasının SAP2000 programında üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak dinamik analizleri yapılmıştır. Sonuç kısmında yapılan analizler değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Kaynak Özetleri

Yığma yapıların performans analizleri üzerine ülkemizde ve dünyada teorik ve deneysel birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Koçak (1999) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesi, mevcut durumlarının değerlendirilmesi için yapılan modellemeler konuları ele alınmıştır. Özellikle tarihi yapıların yapısal formunu bozmadan uygulanabilecek onarım teknikleri belirlenmiştir. Yapıda kullanılan malzemenin ne şekilde modelleneceği, nasıl tanımlanacağı ele alınmış, harç, tuğla, taştan oluşan yığma duvar elemanlarının deneylerle mekanik karakteristikleri elde edilmiştir. Yapının sonlu eleman modeli oluşturularak dinamik karakteristikler analizlerle tekrar elde edilmiştir. Deneysel sonuçlar ve analitik sonuçlar karşılaştırılmıştır. Örnek çalışmada Küçük Ayasofya Camii modellenmiştir.

Saraç (2003) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yığma binaların mevcut güvenlik seviyesinin yapının bulunduğu zeminle birlikte incelenerek belirlenmesi için kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Kullanılan yöntemlerle belirlenen mevcut güvenlik seviyesinin yeterli olmadığı durumlarda nasıl bir güçlendirme yöntemi kullanılacağı araştırılmıştır. Birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde bulunan üç tarihi yığma yapının mevcut güvenlik düzeyi ve güçlendirmeyöntemleri belirlenmiştir.

Akgündüz (2004) tarafından yapılan çalışmada, depremlerin oluşumu ve zeminlerin deprem kuvvetleri altındaki davranışı hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmada ayrıca yığma yapı çeşitleri, yığma yapılarda kullanılan malzemeler ve yığma yapıların deprem kuvvetleri altındaki davranışı anlatılmıştır. Deprem kuvvetleri etkisi altında yığma yapılarda oluşan hasarlardan, hasarların önlenmesinden, oluşan hasarların hangi yöntemle onarılacağından söz edilmiştir. Örnek bir yığma yapı ele alınarak, yönetmelikte verilen hesap kurallarına göre kayma gerilmeleri yönünden değerlendirilmiştir.

Altın (2005) tarafından yapılan çalışmada, laboratuvar ortamında üç boyutlu yığma yapı imal edilmiştir. Yapı sarsma tablasında test edilerek yapının hasar alması sağlanmıştır. Hasarlı yapı dört farklı şekilde çelik şeritlerle güçlendirilerek tekrar teste tabi tutulmuştur. Deney sonunda iyileştirme yönteminin başarılı olduğu görülmüştür.

Sallio (2005) tarafından yapılan çalışmada, yapıların deprem güvenliğinde söz edilmiş, yeni yapılacak yapıların ve var olan yapıların güvenlik tedbirleri anlatılmıştır. Yığma yapılarda oluşabilecek hasarların türleri ve hasar dereceleri açıklanmıştır. Geçmiş depremlerde hasar gören binalar hakkında araştırma yapılmış ve hasar nedenleri belirtilmiştir. 1950 yılında Denizli de inşa edilmiş bir yığma yapı olan hastane binası olarak kullanılan yapının, yerinde incelemeleri yapılmıştır. Çizimler ve rölöve projeleri bilgisayar ortamına aktarılarak SAP2000 programında analizler yapılmıştır. Riskli bulunan yapının maksimum kuvvetlere maruz kalan bölgeleri tespit edilerek, püskürtme beton uygulaması ile güçlendirmesi yapılmıştır. Binanın mevcut durumu ile güçlendirilmiş durumunun analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Artar (2006) tarafından yapılan çalışmada, Şehzade Mehmet Paşa Camisi'nin yapısal özellikleri araştırılmıştır. Statik ve dinamik koşullarda yapının lineer davranışının tespiti için SAP2000 programında üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Model üzerinde modal analiz ve olası bir deprem senaryosunun analizi yapılmıştır.

Mahrebel (2006) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapı türleri, yığma yapılardaki kullanılan malzemeler, yığma yapıların taşıyıcı sistemlerinin özellikleri, deprem güvenliğinin incelenmesi, oluşan hasarlar ve türleri ile onarım ve güçlendirme yöntemleri konuları ele alınmıştır. Tarihi binalar üzerinde incelemeler yapılmış, bu yapıların mevcut durum analizleri ve uygulanabilecek güçlendirme metodu analizleri yapılmıştır.

Özen (2006) tarafından yapılan çalışmada, Hasankeyf'te yer alan yığma bir yapı sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiştir. Lineer ve lineer olmayan analizler yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her iki analizde de yapıda oluşan hasarların hemen hemen aynı bölgede olduğu, lineer olmayan analizin çok zaman aldığı, bu nedenle sadece lineer analizin yeterli olabileceği çıkarımı yapılmıştır.

Yılmaz (2006) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapıların deprem davranışının belirlenmesinde modelleme ve analiz yöntemlerini irdelemiştir. Tarihi yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi yöntemlerinden bahsedilmiştir. Rahime Sultan Cami'nin mevcut durumu tespit edilerek sonlu elemanlar modeli oluşturulup sayısal analizi yapılmıştır.

Kanıt (2007) tarafından yapılan çalışmada, düzlem dışı yüklenen yığma duvarların, deprem yüklerine maruz kaldığındaki davranışı, analitik ve deneysel olarak araştırılmıştır. Deneye tabi tutulan duvarın en büyük düzlem dışı yüklemeye aldığı hasar gözlemlenerek yorumlanmıştır. Düzlem dışı ivmelere maruz kalan yığma duvarların kırılma şekli itibariyle, yığma yapıların deprem etkisi ile hasara ve çökmeye çok açık olduğu sonucuna varılmıştır.

Aköz (2008) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapıların onarımı ve güçlendirme yöntemleri ele alınmıştır. Tarihi yapılarda oluşan hasar biçimleri, zemin ve malzeme özelliklerini belirleme yöntemleri anlatılmıştır. Tarihi yapıların onarımında ve güçlendirilmesinde uygulanacak yöntemleri belirlemek için dikkat edilmesi gereken hususlar anlatılmıştır. Örnek olarak İstanbul'da bulunan tarihi Murat Paşa Camii'nin üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuş, sayısal analizlerin sonucu değerlendirilmiştir.

Dabanlı (2008) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapıların koruma kavramına ve tarihi mirasın korunması konusuna değinilmiş, koruma ilkeleri ve hedefler anlatılmıştır. Yığma yapıların modellenmesi üzerinde durulmuş, idealleştirmeler, kabuller, modelleme teknikleri ve yığma yapı elemanlarının modellenmesi hakkında bilgiler verilmiştir. Yığma yapı davranışı ve analiz yöntemleri üzerinde durulmuştur. Örnek yapı olarak seçilen Hırka-i Şerif Camii detaylı olarak incelenmiştir. Camii hakkında yapılan araştırmalara yer verilmiştir. Daha sonra yapının üç boyutlu sonlu eleman modeli kurularak statik ve dinamik analizler vasıtasıyla yapısal güvenliği ve deprem performansı değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirilmiş ve güçlendirme önerileri üzerinde durulmuştur.

Doğangün vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, ülkemizde 1992 ve 2004 yılları arasında meydana gelen depremlerde yığma yapılarda meydana gelen hasarları sebeplerine göre sınıflandırılmıştır. Bu hasarlar deprem yönetmeliğindeki kurallar ile

karşılaştırılarak bu yapıların deprem dayanımları ile ilgili bazı önerilerde bulunulmuştur.

Gedik (2008) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapıların malzeme özellikleri, elemanları, bu yapılarda oluşan hasarlar ve bu hasarların onarım ve güçlendirilmesi özetlenmiştir. Çalışmada İstanbul'da bulunan tarihi Mehmet Ağa Camii incelenmiştir. Yapıdaki mevcut hasarlar belirlenmiştir. Yapının son 50 yılda olma olasılığı %2 ve %10 olan depremler için yükleme yapılmıştır. Hem kendi ağırlığı hem de bu deprem yükleri altındaki davranışı incelenmiştir. Gelecekte olası depremlerden kaynaklanabilecek hasarların önlenmesi için onarım ve güçlendirme önerileri yapılmıştır.

Can (2009) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda oluşan hasarları önlemek amacıyla prekast paneller halinde üretilip birbirine eklenerek oluşturulacak perde duvarların, binaya dıştan monte edilmesi planlanmıştır. Perdelerin binaya bu şekilde monte edilmesinin binaya olası bir deprem durumunda gelecek olan yükleri karşılayarak hasarı önlemesi amaçlanmıştır. Modellenen perdeler laboratuvar ortamında modellenmiş ve deneye tabi tutularak taşıma kapasiteleri elde edilmiştir. Bu yöntem daha önce modellenmiş bir yığma yapıda yöntem uygulanarak, performansı değerlendirilmiş ve yığma yapıların güçlendirilmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kara (2009) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda kullanılan malzemelere uygulanan yığma yapı tekniklerine, yığma yapıların yatay ve düşey yükler altındaki davranışına değinilmiştir. Yığma yapılarda oluşan hasar türleri ve oluşum nedenleri irdelendikten sonra hasar tespitini belirlemede yararlanılan deneysel metotlar anlatılmıştır. Belirlenen hasar türlerine göre onarım ve güçlendirme teknikleri açıklanmıştır. Uygulama olarak beş adet yığma kâgir binanın mevcut durumları incelenmiş ve 2007 deprem yönetmeliğine göre güçlendirme ihtiyacı olup olmadığı tespit edilmiştir. Güçlendirme yapılması durumundaki hesapları yapılarak mevcut durum ile güçlendirme sonrası durum karşılaştırması 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılmıştır.

Özgan (2009) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda meydana gelebilecek hasarlar ve bu hasarların nedenleri hakkında bilgi verilmiştir. Yığma yapılarda

güçlendirme konusu ve 2007 deprem yönetmeliğinde belirtilen maksimum gerilme hesapları açıklanmıştır. Daha sonra 2007 deprem yönetmeliğinde belirtilen yığma yapı standartlarını göz önüne alınarak değerlendirme yapan program tanıtılmıştır. Bu program yardımıyla başka bir teze konu olmuş bir yığma yapının analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları ile kaynak alınan çalışma sonuçları karşılaştırılmıştır.

Öztaş (2009) tarafından yapılan çalışmada, birinci aşamada mevcut bir yığma yapının analizi yapılarak yapının hâlihazırdaki dayanım durumu verileri elde edilmiştir. İkinci aşamada yapıya betonarme perde duvarlar eklenerek yeniden analiz yapılmıştır. Aynı yapı daha sonra cam lifli polimerlerle güçlendirilerek analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonunda elde edilen yer değiştirme ve moment değerleri karşılaştırılmıştır. Her iki güçlendirme tekniğinin de yapıda yer değiştirmeler üzerinde olumlu etki yaptığı sonucuna varılmıştır.

Sayın (2009) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda kullanılan malzemeler ve yığma yapı çeşitleri açıklanmıştır. Yığma yapı tasarım kurallarına yer verilmiştir. Sayısal uygulamada, pencere boşluğuna sahip bir duvarın lineer olmayan statik analizi ile lineer ve lineer olmayan dinamik analizleri yapılmıştır. Dinamik analiz için farklı iki depremin ivme kayıtları kullanılmıştır. Bu depremlerin duvar davranışına etkisi incelenmiştir. Lineer olmayan statik analizde, malzeme özelliklerinin, hatılların ve boşluk boyutunun duvar davranışına etkisi incelenmiştir.

Ulukaya (2009) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapıların güvenliği ve korunması konuları ele alınmıştır. İncelenen yığma yapının yapım tekniği, malzeme özellikleri belirlenmiştir. Yapıda oluşmuş hasarlar incelenerek rölövesi ve restitüsyon önerisi hazırlanmıştır. Yapıda oluşan hasarların nedenlerini bulmak ve deprem performansını belirlemek amacıyla üç boyutlu model oluşturulmuş ve analitik yöntemle statik analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda yapının zayıf noktaları tespit edilerek güçlendirme önerileri sunulmuştur.

Arıcan (2010) tarafından yapılan çalışmada, tarihi değeri olan yığma yapıların deprem etkileri altındaki davranışını belirlemek amacıyla Isparta ilinde bulunan birbirinden yapıca farklı yedi yığma yapı ele alınmıştır. Ele alınan yapıların üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak SAP2000 programında dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ercan (2010) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapıların tarihsel gelişimi ve mevcut tarihi yapılar üzerinde yapılmış çalışmalar anlatılmıştır. Yığma yapıyı oluşturan malzemeler; taş, tuğla ve harcın tarihsel süreç içerisinde gelişimi anlatılmıştır. Yığma yapıların nümerik modellemesi için genel stratejiler, yapılara gelen yükler, yığma sistemin malzeme özellikleri ve modelleme teknikleri sunulmuştur. Tarihi yapıların incelenmesinde uygulanan yöntemler kapsamlı bir şekilde sunulmuştur. Seçilen iki yığma yapı üzerinde Operasyonel Modal Analiz uygulaması yapılmıştır. Uygulanan deneysel yöntem ve analitik yöntemlerle elde edilen dinamik veriler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla yapıların statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilerek yapıların güvenliği araştırılmıştır.

Kaya (2010) tarafından yapılan çalışmada, donatısız yığma duvarların, doğrusal olmayan analizleri yapılarak modelleme teknikleri araştırılmıştır. Donatısız yığma duvarlar için farklı sonlu eleman tipleri makro ve mikro modelleme teknikleri kullanılarak çözümlenmiştir. Analiz sonuçları ve deneysel veriler karşılaştırılmıştır.

Akdeniz (2011) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda taşıyıcı sistem elemanları ve kullanılan malzemeler hakkında bilgi verilmiştir. Bu yapılarda oluşan hasarlar, hasarların onarılması ve güçlendirilmesi konusuna değinilmiştir. Sonrasında yığma yapıları modelleme tekniklerine yer verilmiştir. Örnek olarak, Malatya Ulu Camii'nin lineer ve lineer olmayan analizleri deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ANSYS programı yardımıyla çözümlenerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Atabey (2011) tarafından yılında yapılan çalışmada, yığma yapılar ve yığma yapılarda kullanılan malzemeler açıklanmıştır. Ülkemizde bulunan yığma yapılar ele alınmış ve yığma yapıların deprem davranışı hakkında bilgi verilmiştir. Sivas'ta bulunan yığma bir okul binasının hem analitik hem de StaciCAD- Yığma paket programı ile analizleri yapılmıştır. Analitik yöntem ile paket programın sonuçları karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Bayülke (2011) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda kullanılan malzemelerin özellikleri anlatılmıştır. Yığma yapıların deprem davranışı hakkında

bilgi verilerek, var olan yapıların deprem sonrasındaki hasar durumu incelenmiş ve deprem yönetmeliğine göre yorumlanmıştır.

Çırak (2011) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda oluşan hasarların nedenleri araştırılmıştır. Genel olarak kırsalda tercih edilen yığma yapıların hasar görmesinin başlıca nedeni, mühendislik hizmeti almadan inşa edilmeleridir. Bunun yanı sıra yığma yapıların inşasında kullanılan taş ve tuğla gibi malzemelerin dayanım özelliklerinin ve sünekliğinin betonarmeye kıyasla düşük olması da gösterilmiştir. Oluşabilecek hasarları önlemek için kırsalda yapılacak yapılara da mühendislik hizmetinin sunulması olduğu vurgulanmıştır.

Ay vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, ülkemizde yaygın olarak inşa edilen yığma yapı türleri incelenmiştir. Örnek bir yığma yapı ele alınmış, yapının sonlu eleman modeli SAP2000 programında oluşturulmuştur. Dinamik analizler yapılarak, yığma yapıların deprem davranışı hakkında bilgi elde edilmiştir.

Durutürk (2012) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda kullanılan malzeme özellikleri ve taşıyıcı elemanları hakkında bilgi verilmiştir. Yığma yapıların modellenmesinde kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Isparta ilinin Yalvaç ilçesinde bulunan Hamidiye Camii'nin rölövesi esas alınarak SAP2000 programı ile statik ve dinamik analizleri yapılmıştır. Taşıyıcı sistem davranışı belirlenerek yorumlanmıştır.

Çalık vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, Rize Merkez Gülbahar Mahallesi Büyük Cami'nin restorasyon öncesi dinamik karakteristikleri çevresel titreşim yöntemiyle belirlenmiştir. Restorasyon uygulaması ve projesine göre yeni durum göz önüne alınarak çevresel titreşim testi tekrarlanmıştır. Her iki testin sonuçları karşılaştırılarak restorasyonun yığma yapıların dinamik karakteristikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Kılıç vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, Hatay Hükümet Konağı'nın tasarımı yapılmıştır. Yapısal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçek malzeme özellikleri tanımlanmış, FEDRA yazılımı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile yapısal çözümleme yapılmıştır. Elde edilen veriler ile binanın deprem başta olmak üzere diğer yükler altında daha uzun yıllar ayakta kalabilmesi için yapılması gerekenlerin bilgileri verilmiştir.

Şeker vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yığma camilerin zamanla statik ve dinamik yükler etkisiyle hasar aldığı, bu yapıların korunması ve yapının yükler altındaki davranışının tespitinin yapılması gerektiği söylenmiştir. Merzifon Kara Mustafa Paşa Cami'si ANSYS programında modellenerek, statik dinamik analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda caminin performansı değerlendirilmiştir.

Chamaky (2014) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılarda hasar türlerinden ve hasara sebep olan etkenlerden bahsedilmiştir. Değişik tiplerdeki yığma yapıların her biri için kendisine uygun güçlendirme prensipleri ele alınmıştır. Çalışmada deprem ve güçlendirme ile alakalı açıklamalar yapılmış, güçlendirme teknikleri hakkında bilgi verilmiştir. Güçlendirme projesinin hazırlanacağı SAP2000 Programının çalışma prensipleri anlatılmıştır. Daha sonra üç örnek çalışma üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Güçlendirmede karbon elyaf esaslı lifler kullanılmıştır.

Çakıroğlu (2014) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapıların güçlendirilmesinde poliprofilen lifli ve çelik hasır donatılı püskürtme beton kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çeşitli boyutlarda numuneler hazırlanmıştır. Bu numuneler yalnız numune olarak, çelik hasır üzerine poliprofilen lif katkı ve püskürtme elyafı ilaveli püskürtme beton uygulanarak deneye tabi tutulmuştur. Deneyler neticesinde, hasır çelik üzerine poliprofilen lif katkı kuru karışım püskürtme beton uygulamasının mevcut yığma yapıların güçlendirilmesinde taşıma gücü ve enerji yutma kapasitesi bakımından verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Çarhoğlu vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, Kars Kümbet Camii'nin farklı deprem ivmeleri altında davranışı incelenmiştir. Yapının SAP2000 programında sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Yapı üzerinde 20 gerçek deprem verisi ile dinamik analizler yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen çekme ve basınç değerleri yorumlanmıştır.

Çobanoğlu (2014) tarafından yapılan çalışmada, ülkemizdeki yığma yapıların malzeme özellikleri incelenip bu özelliklerin risk değerlendirme metodları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 10 farklı bina seçilerek saha çalışmaları yapılmıştır. RBTEIE'de belirtilen yöntemle ön değerlendirme yapılmıştır. Binalardan alınan numuneler için, basınç, çekme, kayma deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları DBYBHY'de belirtilen dayanım değerleriyle karşılaştırılmıştır. Seçilen binalar için farklı malzeme

özellikleri ve farklı deprem bölgeleri için DBYBHY ve RBTEIE' de belirtilen yöntemle değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda DBYBHY'de verilen malzeme özellikleri kullanıldığında hatalı güvenli olmayan sonuçların ortaya çıkabileceği sonucuna varılmıştır.

Korkmaz vd. (2014a) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapıların mevcut yüklere ve ileride oluşabilecek depremlere karşı yapısal davranışının belirlenmesi, korunması, güçlendirilmesi ve mühendislik açısından önemi belirtilmiştir. Rize'de bulunan Kurşunlu Camii modellenmiş, geçmiş deprem verileri kullanılarak yapının dinamik analizleri yapılmıştır. Söz konusu tarihi yapıda meydana gelen yer değiştirmeler ve gerilme değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirmesi yapılmıştır.

Aktuna (2015) tarafından yapılan çalışmada, Kosova'nın Priştine şehrinde bulunan Yaşar Paşa Camisi'nin yapım tekniği, malzeme özellikleri belirlenerek SAP2000 de modeli oluşturulmuştur. Yapının mevcut durumunun analizi yapılarak, çeşitli güçlendirme önerileri sunulmuştur.

Atashafrazeh vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapılara etkiyen yanal yüklerin etkisini azaltmak amacıyla duvarların düşey donatılarla güçlendirilmesinin etkisi araştırılmıştır. ABAQUS yazılımı kullanılarak sonlu eleman modeli oluşturulan duvarlarda yapılan analizler sonucunda, yapının düşey donatılarla güçlendirilmesinin yanal yüklere karşı dayanımını artırdığı sonucu elde edilmiştir.

Bayülke vd. (2015), çalışmasında 2011 Simav Depremi 'nde hasar gören camilerde deprem sonrası hasarlı durumda ve onarım ve güçlendirme uygulamaları tamamlandıktan sonra ki dinamik karakteristikleri çevresel titreşim testi ile ölçmüştür. Uygulanan çatlakların doldurularak kapatılması ve dikilmesi gibi onarım ve güçlendirme yöntemlerinin rijitliğin ve dayanımın artmasına katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Çalık vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon Araklı Bereketli Mahallesi Mesele Camisi'nin ahşap minaresinin restorasyon öncesi ve sonrası dinamik karakteristikleri, mod şekilleri, sönüm oranları, doğal frekansları, çevresel titreşim

yöntemiyle belirlenmiştir. Elde edilen veriler karşılaştırılarak, restorasyonun yapısal davranışa etkisi yorumlanmıştır.

Çal ve Şahin (2015) tarafından yapılan çalışmada, Tarihi yapıların mevcut yükler altında ve ileride olması muhtemel depremlerde oluşabilecek hasarlara karşı yapısal davranışın önceden belirlenmesinin önemi vurgulanmıştır. İstanbul' un Beşiktaş ilçesinde yaptırılmış olan Ortaköy Büyük Mecidiye Camii'nin üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak, yapısal davranışının belirlenmesi amacıyla, farklı deprem yükleri altında analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda yapının genel davranışı elde edilmiş, yapının davranışı genel olarak yorumlanmıştır ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Dabanlı vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, 18. Yüzyıl da inşa edilmiş Nur-u Osmaniye Camii'nin deprem yükleri altında davranışını belirlemek maksadıyla Operasyonel modal analiz deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen dinamik karakteristikler yorumlanmıştır.

Düzgün vd. (2015a) tarafından yapılan çalışmada, tarihi Zahit Efendi Camisi'nin deprem yükleri altında statik ve dinamik analizleri yapılmıştır. Yapının statik ve dinamik yükler altındaki davranışını belirlemek amaçlanmıştır. Analizler Sap 2000 programı ile yapılmıştır. Yapının çeşitli deprem yükleri altında davranış analizleri sonucu, yapıda meydana gelen yer değiştirme ve gerilme değerlerinin literatürde alınan emniyet değerlerinin altında olduğu söylenmiştir.

Düzgün vd. (2015b) tarafından yapılan çalışmada, Bayburt ilinde 14. yüzyılda inşa edilmiş Ahmet-i Zencani Kümbeti'nin üç boyutlu sonlu eleman modeli SAP2000 programı ile oluşturulmuştur. Yapının taşıyıcı sisteminin yapısal davranışını tespit edebilmek için çeşitli deprem yükleri altında statik ve dinamik analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen yer değiştirme ve gerilme değerlerinin literatürde alınan emniyet gerilmesinin altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Ekinci (2015) tarafından yapılan çalışmada, I. Mimarlık dönemine ait beş farklı yığma binanın, malzeme özellikleri deneylerle belirlenmiş, taşıyıcı sistemi incelenmiştir. Elde edilen malzeme bilgileri kullanılarak SAP2000 programı yardımı ile modal analiz, eşdeğer deprem yükü analizi, burulma analizi yapılmıştır.

DBYBHY’de yer alan yeni yapılacak yığma yapıların sağlaması gereken kuralları söz konusu beş yapının da sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir.

Hökelekli (2015) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapıların dinamik davranışı, tarihi yapılarda koruma kavramı, yığma yapılarda kullanılan malzemeler, yığma yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerinin tespiti anlatılmıştır. Yığma yapıların modellenmesi, yapıda dinamik parametrelerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Örnek olarak Manisa Hafsa Sultan Cami’nin malzeme özellikleri ve yapısal özellikleri tespit edilmiş ardından yapının sonlu eleman modeli oluşturularak hem deneysel hem de teorik olarak dinamik karakteristikleri belirlenmiştir. Sonlu eleman modeli üzerinde iyileştirme yapılarak tekrar analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Kavali vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Erzurum Yakutiye Medresesi’nin yapısal performansı, SAP2000 programı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Medresenin sayısal modeli oluşturulup, statik ve dinamik analizler yapılarak, yapısal performansının belirlenmesi amaçlanmıştır. Analizler yapının mevcut durumu göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda yapıda hali hazırda hasar görülen bölgelerde gerilmelerin daha fazla olduğu görülmüştür. Yapıda ileride tehdit oluşturabilecek bölgelerde gerilmelerin üst düzeye çıktığı tespit edilmiştir. Yapıda gözlemlenen sorunların ortadan kaldırılması için gerekli önlemlerin alınarak, koruyucu müdahalelerin yapılmasının gerektiği belirtilmiştir.

Mumyakhmaz (2015) tarafından yapılan çalışmada, Afyonkarahisar’ da bulunan Gedik Ahmet Paşa Cami’nin mimari özellikleri, bulunduğu şehrin depremselliği, geçmişte şehirde yaşanan depremler, yapıda kullanılan malzemelerin özellikleri, tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin özelliklerinin tespiti için kullanılan deney yöntemleri açıklanmıştır. Yapının ANSYS programında üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak, eş değer deprem yükü analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda yapıda oluşan gerilme değerleri yorumlanmıştır.

Özden vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Tokat ilinde bulunan Tarihi Yazmacılar Hanı’nın yapısal durumu incelenerek, SAP2000 de sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Yapıda meydana gelebilecek hasarlar tespit edilerek, en uygun

güçlendirme metotları ile güçlendirme önerileri yapılmıştır. Güçlendirme sonrası yapıda elde edilecek kazanımlar sunulmuştur.

Tetik (2015) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapılar ve tarihi yapıların korunması konusunda yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Yığma yapı tanımı yapılarak, yığma yapılarda kullanılan malzemeler ve taşıyıcı elemanlar açıklanmıştır. Yığma yapılarda oluşan hasarlar ve nedenlerine yer verilmiş ardından güçlendirme yöntemleri açıklanmıştır. Yığma yapılarda performans kavramı açıklandıktan sonra modelleme teknikleri ve analiz yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Uygulama çalışmasında İstanbul'da bulunan Şeyh Süleyman Mescidi'nin üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak, SAP2000 programında analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Yazıcı (2015) tarafından yapılan çalışmada, Sivas Divriği Ulu Cami ve Darüşşifasının üç boyutlu matematiksel modeli oluşturularak, statik ve dinamik analizleri yapılmıştır. Yapıda oluşan hasarlar incelenmiştir.

Anadut (2016) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapılarda kullanılan malzemeler ve taşıyıcı sistem elemanları anlatılmıştır. Yığma yapılarda kullanılan modelleme teknikleri ve analiz yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Yozgat ilinde bulunan iki farklı tarihi yapının SAP2000 programı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modelleri oluşturulmuştur. Geçmişte olmuş bir depremin ivme kayıtları kullanılarak analiz yapılmıştır. Böylece bu iki tarihi yapının deprem davranışı belirlenmiştir.

Aslan (2016) tarafından yapılan çalışmada, Süleymaniye Cami'nin SAP2000 programı kullanılarak üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Yapının geçmişte yaşanan farklı depremlerin etkisi altındaki davranışı incelenmiştir. Uygulanan depremlerin sonucunda yapıda oluşan gerilmeler, hasarlar tespit edilerek, yapı hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalık vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yapılara sonrada yapılan müdahalelerin yapıların dinamik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Örnek olarak Akçabat'ta bulunan Dürbinar Mahallesi Camisi'nde yapılan değişikliklerin caminin taş duvarlarına etkisini tespit etmek amacıyla restorasyon öncesinde çevresel titreşim testi yapılmıştır. Daha sonra restorasyonla orijinal haline getirilen yapı yeniden

çevresel titreşim testine tabi tutulmuştur. Her iki test sonuçlarında elde edilen mod şekilleri, modal sönüm oranları karşılaştırılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Dabanlı (2016) tarafından yapılan çalışmada, Nur-u Osmaniye Camii'nin mimarisi tasarımı ve yapım süreci hakkında bilgi verilmiştir. Yapıda kullanılan malzemelerin özellikleri anlatılmıştır. Yapının taşıyıcı sistem elemanları ve yapım teknikleri ele alınmıştır. Yapının tarihi süreçte geçirdiği depremler ve onarım işlemleri araştırılmıştır. Yapının hazırlanan sonlu eleman modeli üzerinde üç boyutlu statik ve dinamik analizler yapılarak, yapının düşey ve yatay yükler etkisindeki davranışı belirlenmiştir. Yapının deprem performansı değerlendirilmiştir. Söz konusu yapının korunması ve gelecek nesillere güvenle aktarılabilmesi için koruma önerileri sunulmuştur.

Uğuz (2016) tarafından yapılan çalışmada, yığma yapıların tanımı yapılmış, sınıflandırılması yapılmış, yığma yapılarda taşıyıcı sistem elemanları, kullanılan malzemeler açıklanmıştır. DBYBHY' de verilen yığma yapıların tasarımı hakkındaki bilgilere değinilmiştir. Yığma yapılarda oluşan hasarlar ve güçlendirme yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Tarihi Konya Gazi Lisesi 2007 DBYBHY' de belirtilen tasarım ve malzeme şartlarına göre incelenmiştir. İncelemelerin ardından sonlu elemanlar metodu kullanılarak ETABS programı ile yapısal analizleri yapılarak, analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Yavuzer (2016) tarafından, yapılan çalışmada, Osmanlı dönemi klasik camilerinin yapım teknikleri, elemanları, yapımında kullanılan malzemeler hakkında bilgi verilmiştir. Tarihi yapıların modellenmesinde kullanılan yöntemler ve analiz yöntemleri açıklanmıştır. İstanbul'da bulunan Zal Mahmut Paşa Camii'nin mimari ve geometrik özellikleri verilmiştir. Yapının şuan ki durumu incelenmiştir. Yapıya önceden yapılmış müdahaleler tespit edilmiştir. Operasyonel modal analiz metodu kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Yapının sonlu eleman modeli oluşturularak statik ve dinamik analizleri yapılmıştır.

Bikçe (2017), tarafından yapılan çalışmada, 23 Ekim 2011 Van Depreminde ağır hasar alan bir yapının güçlendirme öncesinde ve sonrasında analitik hesapları yapılarak dinamik özellikleri belirlenmiştir. Binanın depremden önce, sonra ve güçlendirme sonrası elde edilen modal analiz verileri karşılaştırılmıştır.

Güneş ve Anıl (2017) tarafından yapılan çalışmada, yığma bir binanın dinamik karakteristiklerini belirlemek amacıyla SAP2000 programında yapının sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Aynı zamanda sahada Operasyonel Modal Analiz yapılmıştır. Her iki yöntemle elde edilen değerler karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Ulukaya ve Yüzer (2017) tarafından yapılan çalışmada, altı farklı kireç harcı ve ek tip harman tuğlası kullanılarak, yığma duvar parçaları ve model duvarlar üretilmiştir. Duvar parçaları iki farklı deneye tabi tutularak Elastisite modülü tayini yapılmıştır. Malzeme parametreleri kullanılarak matematiksel modeller deneysel sonuçlar karşılaştırılarak deney yöntemlerinin güvenilirliği yorumlanmıştır.

Çoban (2018) tarafından yapılan çalışmada, Bayburt Yakutiye Camisi'nin SAP2000 programında üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak, yapının dinamik performansı belirlenmiş, gerçek deprem kayıtları uygulanarak taşıyıcı sistem davranışı tespit edilmiştir. Yapının iyileştirilmiş modeli hazırlanarak analizler tekrarlanmıştır. Analiz sonuçları karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Erkul (2018) tarafından yapılan çalışmada, Bayburt İli, Aydıntepe İlçesi, Sorkunlu Köyü'nde bulunan geleneksel yığma bir evin malzeme ve yapısal özellikleri tespit edilmiştir. Daha sonra yapının StaciCAD- Yığma programında modeli oluşturularak 2007 DBYBHY ve 2013 Riskli Bina Tespit Yönetmeliğine göre performans analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Günaydın (2018) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon İskender Paşa Camisi'nin minaresinin onarımının yapının dinamik karakteristiklerine etkisi test edilmiştir. Deneysel Modal Analiz yöntemiyle elde edilen dinamik karakteristikler, onarım öncesinde elde edilen değerlerle karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

Güner (2018) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yığma yapıların dış yükler etkisi altındaki davranışının tespiti için laboratuvar ortamında harman tuğlası ile hazırlanmış yığma yapı sistemine tekrarlı yatay yüklemeler uygulanarak yük şekil değiştirme davranışı incelenmiştir. Aynı yapının üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak yatay yükler altındaki davranışı elde edilmiştir. Yapılan deney ve analiz sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Pellegrini, vd (2018) tarafından yapılan çalışmada, yığma bir yapının davranışının tespiti için modal analiz yöntemi ile sayısal bir yaklaşım yapılmıştır. Öncelikle yığma bir kemer modellenerek artan yüklere maruz bırakılarak analiz yapılmıştır. Yaklaşımın doğrulanmasının ardından yığma bir yapının da modeli yapılarak analiz edilmiştir.

Lupășteanu vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, Romanya'da bulunan St. Nicolae Areneau Ortodoks Kilisesi incelenmiştir. Yapı 400 yıl boyunca hem depreme hem de çevrenin olumsuz etkisine maruz kalmıştır. Bunlar dikkate alınarak yapının sismik etkilerden korunması maksadı ile yapı sismik izolatörler ile güçlendirilmiştir. Sistem iki yatay betonarme taşıyıcı arasına 48 sürtünmeli sarkaçlı kayar izolatörler konularak oluşturulmuştur. Bu yöntem yapıda yer değiştirmenin ve kayma kuvvetlerinin azalmasına katkı sağlamıştır.

Rinaldin vd. (2019), tarafından yapılan çalışmada, sismik bir olayın dikey bileşeninin yığma duvarlara etkisi incelenmiştir. Bir yığma duvarın doğrusal olmayan analizi yapılarak oluşan gerilmeler elde edilmiştir. Tipik bir duvar bir dizi deprem ivme kaydına maruz bırakılmıştır. Sonuçta elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Wong vd. (2019), tarafından yapılan çalışmada 6 katlı yığma bir bina ele alınmıştır. Binanın sismik etkilere karşı güçlendirilmesi için uygulanabilecek güçlendirme yöntemleri incelenmiştir. Yapıda taşıyıcı elemanlar betonarme ile kuşatılarak sonuçlar elde edilmiştir.

2.2 Yığma Yapılar ve Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Yığma yapıların, yapım teknolojisi, tasarımı ve yapıda kullanılan malzemeler tarihi belge niteliğindedir. Belgesel anlamda çok değerli olan bu kültür varlıklarının incelenmesine yönelik çalışmalar, yapıların inşa edildikleri dönemlerin yapım teknolojisi hakkında çok önemli bilgilere ulaşılmasına olanak sağlar.

Yapı malzemesi konuları ve teknolojileri, yapıların tasarımı ve uygulamasında çalışan mühendis ve mimarların öncelikli ve temel sorunlarıdır. İnsanlığın bugünkü çağdaş uygarlık düzeyinde ileri ve çeşitli niteliklere sahip yapı malzemelerini üretmesi kolay olmamıştır. İnsan yaşamının başlangıcından günümüze kadar uzanan

teknik ve bilimsel çabalar, yüzyıllarca süren denemeler, günümüzdeki yapı malzemelerinin nitelik ve nicelik zenginliğini sağlamıştır. İnsan topluluğunun değerleri, teknolojik olanakları, bilimsel birikimleri ve sanatsal yapıtları onun uygarlık düzeyinin kanıtlarıdır. Yapı malzemelerinin gelişim sürecini incelemek deinsanlık tarihinin gelişim sürecini incelemekle eşdeğerdir (Ercan, 2010).

Yığma yapılarda, kerpiç, doğal taş, tuğla gibi çeşitli türlerde malzeme kullanılmaktadır. En çok kullanılan malzemeler doğal taş ve tuğladır. Bilinen en eski çağlardan bu yana, doğada bulunan taşta çeşitli şekiller verilmiş, bir araya getirilip örülerek yapılar elde edilmiştir. Yapıda kullanılan elemanların seçiminde malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirleyici olmaktadır. Yığma yapı elemanları özellikle basınca dayanıklı çekme dayanımı düşük malzemelerden oluşmaktadır. Bu durumda büyük basınç kuvvetlerine maruz kalabilen bu elemanlar eğilme ve kayma etkisine karşı dayanıksızdır. Bu elemanların bir araya getirilmesi, bir bağlayıcı (harç ve benzeri) malzeme kullanılarak birleştirilmesi sonucu oluşan yapıda, birim elemanların özellikleri, bağlayıcı malzemenin (harcın) özellikleri ve birim elemanların bağlayıcı (harç) ile birlikte davranışı incelenmeli, yığma yapının davranışı bu özelliklere bağlı olarak yorumlanmalıdır (Kara, 2009).

2.2.1 Tuğla

Tuğlanın yapı malzemesi olarak kullanılması; jeolojik, ekonomik ve ideolojik koşullara göre gelişmiştir. Taşın ve ahşabın az bulunduğu ve pahalı olduğu toplumlarda, kilden tuğlalar yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. İlk yerleşim yerlerinin ve kültürlerinin, tuğla yapımına uygun olan alüvyonlu toprakların yer aldığı geniş nehir havzalarında kurulduğu bilinmektedir. Bu bölgeler, Mezopotamya'da yer alan Nil, Fırat ve Dicle nehirlerinin aşağı bölgeleridir (Ercan, 2010).

Tarihi yapılarda, pişirilmiş kilden üretilen tuğlayı oluşturan malzemeler genellikle dere yataklarının yüzey kısımlarında biriken kum taşlarının kalıntılarında elde edilmiştir. Pişmiş kilden üretilen tuğlalar, görünüşleri ve işlevlerine göre birçok kıstasa göre sınıflandırılabilir. Tarihi yapılarda kullanılan tuğlalar saf kaolin ve kil karışımının fırınlarda yüksek ısıda pişirilmesiyle elde edilir. Fırın teknolojisinin

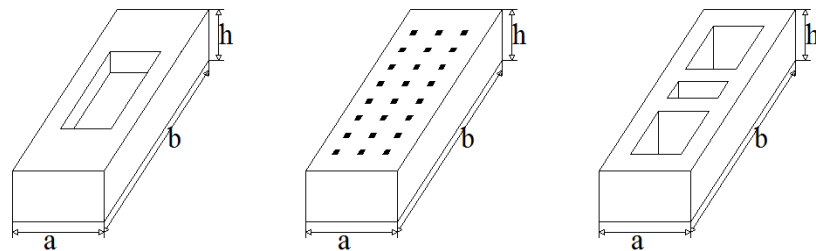
bulunmadığı yerlerde, bazı tarihi yapılarda kullanılan tuğlaların doğrudan güneş ısısı altında üretildiğine de rastlanmaktadır (Ünay, 2002).

Tuğla her yerde kolay bulunup üretilmesi ve ucuz olması sayesinde birçok yerdeki yapının ana malzemesi olma niteliğini kazanmıştır. Tuğlanın taş gibi yalnız basınca dayanıklı bir malzeme olması nedeniyle yapı taşıyıcı sistemi basınç alacak şekilde biçimlenmiştir. Böylece, masif bir yapı biçimi doğmuştur. Geleneksel büyük örtü sistemlerinin esas elemanlarını oluşturan kemer, tonoz ve kubbe, kerpiç ve tuğlanın ana yapı malzemesi olduğu bölgelerde ortaya çıkmıştır (Kaya, 2010).

Fabrika Tuğlası: kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı ya da harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri ile karıştırılarak makinelerle şekillendirilmesinin ardından ve kurutulup, fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir.

Tuğla ile örülmüş bir duvarın dayanımı, kullanılan tuğlanın kalitesi, uygulanan harç ve duvarın örülme şekli ile doğrudan etkilenir. Tuğlaların basınç dayanımları 10 MPa ile 30 MPa arasında değişiklik gösterir. Tuğlanın basınç dayanımında, yapımında kullanılan malzeme, kurutma işleminin nasıl yapıldığı, fırın ısısı, gözenek yapısı etkilidir (Kaya, 2010; Özen,2006).

Şekil 2.1’de çeşitli tuğla elemanlar görülmektedir.Bazı tuğla türlerinin ortalama fiziksel özellikleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir



Şekil2.1Dolu, delikli ve boşluklu tuğla elemanlar

Çizelge2.1 Fabrika tuğlalarının birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımları (Sayın, 2009).

Tuğla Sınıfı	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Delik oranı	Tuğla sembolleri	Ortalama basınç dayanımı (MPa)
Dolu Tuğla	2	%15	2/240	23,54
			2/180	17,65
			2/120	11,77
	1,8	%15	1,8/220	21,57
			1,8/150	14,71
			1,8/100	9,81
Seyrek Delikli Tuğla	1,6	%20	1,6/220	21,57
			1,6/150	14,71
			1,6/100	9,81
	1,4	%25	1,4/200	19,61
			1,4/120	11,71
			1,4/80	7,5
Az Delikli Tuğla	1,2	%35	1,2/150	14,71
			1,2/100	9,81
			1,2/60	5,88

Harman Tuğlası: Harman tuğlası kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya birlikte yoğrulup gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla, kiremit tozu ve benzerleri ile karıştırılıp, şekillendirilmesinin ardından, kurutulup genellikle harman yerinde ocaklarda pişirilmesi yolu ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir.

Harman tuğlaları biçimlerine ve dayanımlarına göre sınıflandırılırlar. Biçimlerine göre; dolu harman tuğlası (DOHT) ve delikli harman tuğlası (DEHT) olarak, basınç dayanımlarına göre ise; orta dayanımlı ve az dayanımlı olarak sınıflandırılırlar. Harman tuğlalarının basınç dayanımları ve biçimleri Çizelge 2.2' de verilmiştir (Sayın, 2009).

Çizelge 2.2 Biçim ve basınç dayanımlarına göre harman tuğla sınıfları (TSE, 2014)

Sınıfı		Boyutları (axbxh)	Ort. Birim Hacim Ağırlığı (maks.) kg/m ³	Ort. Basınç Dayanımı (min.) (MPa)	Basınç Dayanımı (min.) (MPa)
Dolu Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	190x90x50	-	4,90	3,92
	Az Dayanımlı	190x90x50	-	2,94	2,45
Delikli Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	190x90x50	1400	4,90	3,92
	Az Dayanımlı	190x90x50	1400	2,94	2,45

Ortalama basınç dayanımı 2,94 MPa olan harman tuğlaları bodrumlu veya bodrumsuz sadece zemin katı bulunan yapılar ile zemin katı üzerinde bir katı bulunan yapılarda kullanılabilir. Daha çok katlı yapılardaki taşıyıcı duvarların yapımında ortalama basınç dayanımı 4,90 MPa'dan küçük olmayan harman tuğlaları kullanılabilir (TSE, 1997).

2.2.2 Doğal yapı taşları

Doğal yapı taşları, doğada mevcut taş ocaklarından çıkarılan, homojen atmosfer etkilerine dayanıklı ve yapısal özellikleri bakımından yapı işlerinde kullanılmaya elverişli taştır (Sayın, 2009).

Doğal taş, bilinen en eski yapı malzemesidir. Hemen hemen her yerde, her arazi koşulunda elde edilebilir olması, tarihi yapıların inşasında taşın yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bunun yanında sahip olduğu yüksek dayanıklılık özellikleri sayesinde kalıcı olması istenen yapıların inşasında tercih edilmiştir.

Doğal taşların mekanik ve fiziksel özellikleri incelenebilir. Doğal taşların basınç dayanımı oldukça yüksektir. Buna karşın çekme dayanımları düşüktür. Doğal taşlar yüksek basınç dayanımı gösterdikleri için yapıların inşasında basınç alan yapı elemanlarında tercih edilmişlerdir.

Ana malzeme biriminin doğal taş olduğu yığma yapı elemanlarının dayanım, dayanıklılık ve diğer özellikleri, taş ve harcın özelliği, taşın işleniş biçimi ve birleşim dokusuna bağlıdır. Yığma yapılarda genellikle kullanılan yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri Çizelge 2.3’de verilmiştir (Ünay, 2002).

Çizelge 2.3Yapılarda kullanılan yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri(Ünay,2002)

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (MPa)	Kayma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
Granit	30-70	14-33	4-7	30000-55000
Mermer	25-65	9-45	1-15	25000-70000
Kireç Taşı	18-35	6-20	2-6	10000-55000
Kumtaşı	5-30	2-10	2-4	13000-50000
Kuvars	10-30	3-10	3-4	15000-55000
Serpatin	7-30	2-10	6-11	23000-45000

2.2.2.1 Bayburt taşı

Doğu Karadeniz Bölgesi’nde “Bayburt taşı” olarak bilinen Bayburt ili civarındaki tüfler yörede yaygın olarak kullanılan endüstriyel hammadde kaynaklarından biridir. Hafif ve kolay işlenebilir olmalarından dolayı yapı taşı olarak özellikle camii yapımında ve tarihi eserlerin onarımında yüzyıllar boyu yaygın olarak kullanılmıştır (Arslan vd., 2005).Bayburt taşı yapılarda üç türü bulunmaktadır. Bu türler aşağıda açıklanmıştır.

Beyaz Bayburt taşı:Kayaç içinde; volkanik malzemedен oluşan bir matrix ve matrix içinde kuvars-plajyoklaz-biyotit veya kaya parçaları bulunmaktadır. Taşın yapısında mineral oluşumları görülmektedir. Beyaz Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.4’de ve beyaz Bayburt taşı Şekil 2.2’ de görülmektedir.

Çizelge 2.4 Beyaz Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri (MTA,2005)

Beyaz Bayburt Taşının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	
Özgül Ağırlık (kg/m ³)	2370
Sertlik (Mohs)	4-5
Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	1,70
Atmosfer Basıncında Su Emme (Hacimce %)	20,6
Atmosfer Basıncında Su Emme (Ağırlıkça %)	12,2
Kaynar Suda Su Emme (Hacimce %)	21,0
Kaynar Suda Su Emme (Ağırlıkça %)	12,3
Görünür Porozite (%)	20,6
Basınç Direnci (MPa)	44,1
Darbe Direnci (MPa)	8,0
Eğilme Direnci (MPa)	12,3
Doluluk Oranı (%)	71,6
Gözeneklilik Derecesi (%)	28,4
Ortalama Aşınma Direnci (cm ³ /50cm ²)	25,0

**Şekil2.2** Beyaz Bayburt taşı

Sarı Bayburt taşı: Kayaç içinde değişime uğramış volkanik malzemeden oluşmuştur. Bir matris ve matris içinde kavrars –feldispat ve kaya parçalarından oluşmaktadır. Sarı Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.5’ de ve sarı Bayburt taşı Şekil 2.3’ te görülmektedir.

Çizelge 2.5Sarı Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri (MTA,2005)

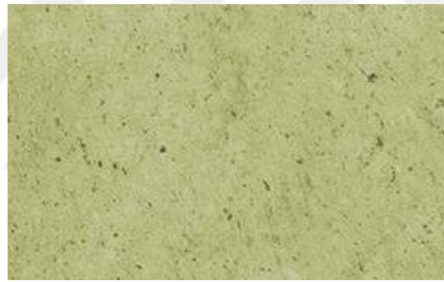
Sarı Bayburt Taşının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	
Özgül Ağırlık (kg/m ³)	2710
Sertlik (Mohs)	2-3
Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	1,84
Atmosfer Basıncında Su Emme (Hacimce %)	24,0
Atmosfer Basıncında Su Emme (Ağırlıkça %)	13,0
Kaynar Suda Su Emme (Hacimce %)	24,3
Kaynar Suda Su Emme (Ağırlıkça %)	13,1
Görünür Porozite (%)	24,0
Basınç Direnci (MPa)	27,7
Darbe Direnci (MPa)	0,4
Eğilme Direnci (MPa)	5,9
Doluluk Oranı (%)	67,8
Gözeneklilik Derecesi (%)	28,4
Ortalama Aşınma Direnci (cm ³ /50cm ²)	25,0

**Şekil 2.3**Sarı Bayburt taşı

Yeşil Bayburttaşı:Kayaç içinde; volkanik malzemeden oluşan bir matris ve matris içinde kuvars - plajiyoklaz ve kloritleşmiş biyotit mineralleri bulunmaktadır. Matris ise; volkanik malzemelerden oluşmaktadır. Darbe direnci yüksek olduğu için darbeli ortamlarda rahatlıkla kullanılabilirler "TS EN 1467" uygunluk taşıması soğuk bölgelerde de dış kaplamada kullanılabileceğini göstermektedir. Doğrudan sulu ortamlarda kullanılamaz. Taşın ses ve ısı yalıtımı yüksektir (MTA, 2005). Yeşil Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.6' da ve yeşil Bayburt taşı Şekil 2.4'de görülmektedir.

Çizelge 2.6 Yeşil Bayburt taşının fiziksel ve mekanik özellikleri (MTA,2005)

Yeşil Bayburt Taşının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	
Özgül Ağırlık (kg/m ³)	2740
Sertlik (Mohs)	3-4
Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	2,26
Atmosfer Basıncında Su Emme (Hacimce %)	13,3
Atmosfer Basıncında Su Emme (Ağırlıkça %)	5,9
Kaynar Suda Su Emme (Hacimce %)	13,0
Kaynar Suda Su Emme (Ağırlıkça %)	5,8
Görünür Porozite (%)	13,3
Basınç Direnci (MPa)	60,8
Darbe Direnci (MPa)	3,7
Eğilme Direnci (MPa)	22,9
Doluluk Oranı (%)	82,7
Gözeneklilik Derecesi (%)	17,3
Ortalama Aşınma Direnci (cm ³ /50cm ²)	26,4

**Şekil 2.4** Yeşil Bayburt taşı

2.2.3 Kerpiç

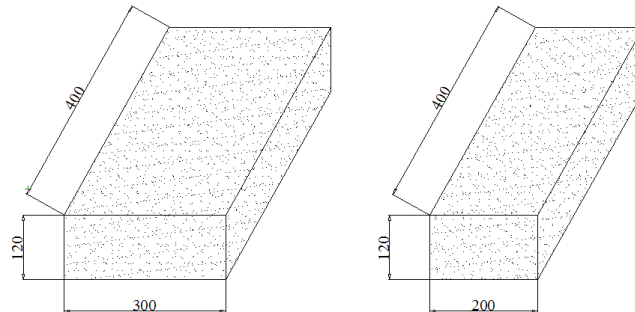
Kerpiçin ana malzemesi killi topraktır. İçerisine saz ve kamış katılarak bloklar halinde güneşte kurutularak elde edilirler. Elde edilen bu malzeme duvar yapımında kullanılır.

Nil ve Mezopotamya vadilerinde kerpiç, binlerce yıl yapı malzemesi olmuştur. Harcın içindeki kum ve çakılın birleşmesi için çimento ve kirece ihtiyaç vardır. Kerpiçte ise bu yapıştırıcı, kendi bünyesinde bulunan kildir. Malzeme dayanımını artırmak için kerpiç harcına bazı katkı maddeleri eklenmiştir. Bunlar;

- Lifli malzemeler: Ot, saman, kamış artığı, bitki sapı,
- Ağaç cinsinden malzemeler: Çam iğneleri, ağaç dalları, ahşap elyaf, talaş,
- Mineral ve taş cinsinden malzemeler: Kum, çakıl, taş ya da kaya kırıntıları, cüruf, tuğla kırıntısıdır.

Bitkisel katkılar, malzemedeki nemin dışarı atılarak çatlakların önlenmesi için kullanılmıştır. Ancak, günümüzde bitkilerin çürüyerek yapıda bozulmalara neden olduğu bilinmektedir. Bu sebeple, yapıda stabiliteyi artırmak için mineral ve taş cinsinden malzemeleri killi toprağa katmak uygundur (Kaya, 2010).

Kerpiç üniteler, %30-%40 oranında kil ve %60-%70 oranında toprağın su ile birlikte karıştırılması ile üretilmektedirler. Genellikle 300/400/120 mm boyutlarında ana kerpiçler, 200 / 400 / 120 mm boyutlarında kuzu kerpiçler üretilmektedir. Yaygın olarak kullanılan kerpiç bloklar Şekil 2.5' de, kerpiç üretimi Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.5 Yaygın kullanılan kerpiç blokların boyutları



Şekil2.6 Kerpiç üretimi (Özen, 2006)

İnsanlık tarihi ile hemen hemen aynı yaşta olan yapı malzemesi kerpiçin uzun ömrünün sebepleri iyi sorgulanmalıdır. Kerpiç açık hava şartlarında, yapısındaki çekme kuvvetlerini karşılayan elemanları ile oluşan dokusu, bloklarının dağılmaya karşı direncini oluşturmuştur. Dağılmaya karşı dirençli oluşu yapılarıdaki uzun ömrünün sebebidir. İnsan eli ile üretilen hiçbir yapı malzemesi kerpiç kadar uzun ömürlü olamamıştır (Bayraktar, 2011).

2.2.4 Harç

Bağlayıcı malzeme, dolgu malzemesi ve suyun belirli oranlarda karışımı ile elde edilen, katılaşma özelliğindeki hamurlara “harç” denir. Yapıda harç kullanımının temel amacı, yapı elemanlarını meydana getiren yapı birimlerinin birbirleriyle bağlantısını sağlayarak bir bütünlük teşkil etmektir. Ayrıca harç, yapı bileşenlerinin üzerine gelen yüklerin dağıtılmasına yardımcı olmakla birlikte bileşenin esnemesine, hareket etmesine de yardımcı olur. Bunun yanında harçların, dış hava şartlarının bozucu etkilerinden yapıyı korumaya yardımcı olduğu da bilinen bir gerçektir. Harçlar içinde bulunan bağlayıcıların niteliğine göre isimlendirilirler (Özen, 2006).

Harcın mukavemeti ve bağlanma özellikleri, taş ya da kullanılan yığma birime kıyasla çok daha az olmasına rağmen, taş yığma binanın performansını önemli ölçüde etkiler. Harcın, çekme ve bağlanma mukavemeti, duvarın mukavemetini belirler. Harcın mukavemeti, harcı oluşturan maddelerin özelliklerine ve karışım oranına bağlıdır (Özen, 2006).

2.2.4.1 Horasan harcı

Horasan harcı; pişirildikten sonra öğütülmüş kildir. Tarihi yapılarda kullanılmış olan horasan harcı, horasan ve kireçle yapılan bağlayıcı harçtır ve bu harç aynı amaçlı kullanılan farklı karışımlarla oluşturulmuştur. Horasan harçları içerine karıştırılan organik ve inorganik maddelere göre sınıflandırılırlar.

Horasan harçları, geleneksel, kum, lökün ve sıva horasan harçları olarak sınıflandırılırlar. Sınıflandırma harçta kullanılan malzemelere göre yapılmaktadır. Horasan harçlarına, yumurta akı, horasan pirinci, kireç kaymağı, kum, meşe külü, pamuk, zeytinyağı, keten elyafı, koyunyünü, tuz karıştırılarak farklı özellikte harçlar elde edilir.

2.2.4.2 Kireç harcı

Kireç kullanılarak elde edilen sıva ve harçlar; bağlayıcı madde olarak kireç, dolgu malzemesi olarak da agregaların karıştırılmasıyla elde edilirler.

Kireç harçlarının hazırlanmasında, kirecin veya harcın özelliklerini iyileştirmek amacıyla kireç harcına organik ve inorganik maddelerin katıldığı da bilinmektedir.

Kirecin hammaddesi, kalsiyum karbonat (CaCO_3) minerallerinden oluşan kireç taşlarıdır. Bu taşlar ısı ile kalsine olup karbondioksit gazının (CO_2) yapıdan ayrılması sonucunda kalsiyum okside (CaO) dönüşürler. Elde edilen bu ürüne sönmemiş kireç adı verilir. Kalsinasyon sonucunda elde edilen sönmemiş kireç (CaO), su veya havada bulunan nem ile reaksiyona girerek kalsiyum hidroksite (Ca(OH)_2) dönüşmektedir. Bu ürün, sönmüş kireç olarak adlandırılmaktadır. Kirecin sönmesi için havada %15 oranında bağıl nemin olması yeterlidir.

Kirecin kalitesini etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Kireç taşlarının büyüklüğü, gözenek oranı, kalsiyum karbonat kristallerinin büyüklüğü sönmemiş kirecin tepkimeye girmesine etki eden en temel etkenlerdir. Bu etkenlerin yanı sıra, su/kireç oranları, sönmemiş kirecin saflığı, parçacık büyüklüğü, karıştırma, söndürmede kullanılan suyun saflığı da kirecin özelliğini etkilemektedir (Mahrebel, 2006).

2.3 Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistemler

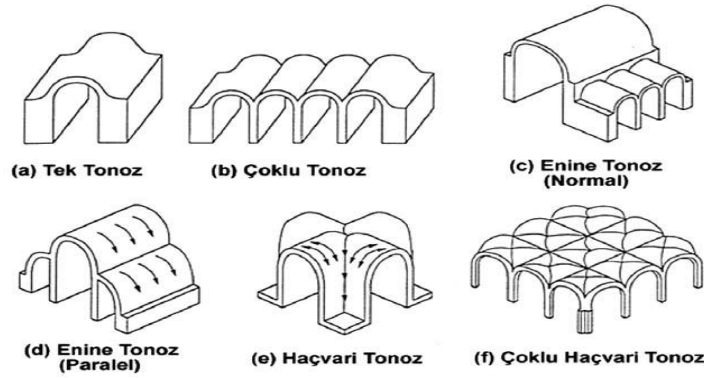
2.3.1 Taşıyıcı duvarlar

Taşıyıcı duvarlar yapı yükünün temele aktarılmasını sağlayan, yapının dış hatlarını ve yapının ara bölme kısımlarını oluşturan duvar elemanlardır. Yığma yapılarda duvarlar gevrek olduklarından çekme gerilmelerini taşıyamadığı kabul edilen, düşey yük etkisinde kalan taşıyıcı basınç elemanlarıdır (Bayraktar, 2011).

Yığma yapılarda taşıyıcı duvarlar, kesme taş, kaba yonu taş, moloz taş, tuğla ya da almaşık malzeme (taş+tuğla) ile inşa edilen ve yapıdan gelen yükleri temele aktaran sürekli elemanlardır. Duvarların genişliği, üzerine gelen eğik yüklerle, deprem yüklerinin dikkate alınmasıyla belirlenir. Düzlem dışı yükler duvarların öz ağırlığı ile karşılandığından, tarihi yığma kargir yapılarda duvar kalınlıkları olabildiğince büyük seçilmiştir. Duvarların düşey ve yatay yükleri karşılayabilmesi için, bir bütün gibi davranması gerekir. Yapı genelinde duvarların yatay kesitlerinde oluşan gerilmeler birbirine eşit ya da yakın ve kesit içinde düzgün dağılım göstermesi gerekir. Tarihi yığma kargir yapılarda duvarların bütünlüğünün sağlanması için taş ve tuğlalar birbirine harç, kenet ve değişik düzeylerde oluşturulan ahşap/dövme demir hatıllarla bağlanmıştır. Bazı durumlarda duvarlar, çatıdan gelen eğik yüklerin karşılanabilmesi amacıyla payandalarla desteklenmiştir (Sesigür, 2007).

2.3.2 Tonozlar

Tonoz, bir kemerin kendi düzlemine dik doğrultuda ötelenmesi sonucu meydana gelen yüzeysel bir yapı elemanıdır. Tarihi yapılarda dikdörtgen alanların kapalı bir hacim haline getirilmesinde kullanılmıştır. Tonozlar; ilkel tonoz, beşik tonoz, çapraz tonoz ve manastır tonozu olmak üzere dört çeşittir. Beşik tonozun ve ilkel tonozun mesnetlerinin sürekli bir taşıyıcı eleman olma zorunluluğu bulunmaktadır. Çapraz ve haçvari tonoz, sütun ve ayaklar tarafından taşınabilmekte ve çok birimli bir mekanın örtülmesinde kullanılmaktadır (Sesigür, 2007). Tonozlar Şekil 2.7' de görülmektedir.

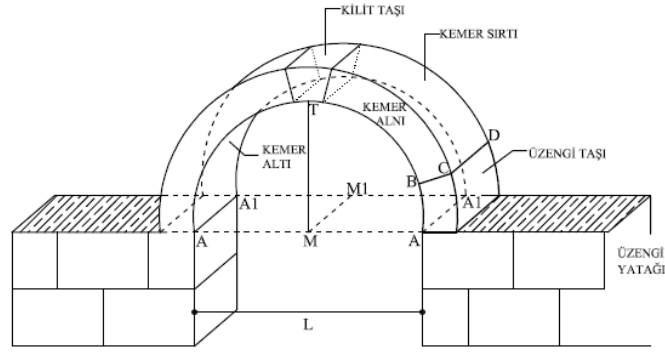


Şekil 2.7 Tonoz türleri(Sesigür, 2007)

2.3.3 Kemerler

İki sütün veya iki ayak arasındaki bir açıklığın üzerini örtmek için, uçları bu sütün veya ayaklara oturtulan yay şeklinde yapılan, düşey yükleri belirli bölgelere yönlendiren, taşıyıcı yapı elemanına kemer denir. Mesnetleri gergili ve gergisiz olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. Gergisiz olarak yapılan mesnetlerin güçlü duvarlara oturmuş olması veya ayak kısımlarında kemer ayağında oluşan yatay kuvvetleri düşeye yönlendiren ağırlık kulelerinin bulunması gerekmektedir. Bir kemerin taşıyabileceği maksimum yükü ve dayanımını taşıyabileceği basınç ve çekme gerilmeleri belirlemektedir.(Bayraktar, 2011).

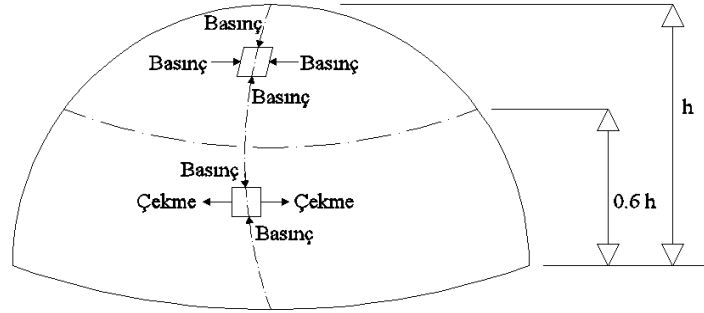
Kemerlerin deprem yüklerine dayanıklı olduğu söylenememektedir. Yükü hassas dengelerle taşıdığından, özellikle yatay yüklerin etkisinin detaylı incelenmesi gerekmektedir. Taşıyıcı duvarların alt kısımlarına boşluk bırakılması ve büyük boşlukların kolonlarla geçilmesi istendiğinde kolonların üstünde bulunan taşıyıcı duvarlarda gizli kemerler uygulanabilir. Şekil 2.8' de kemer görülmektedir.



Şekil 2.8 Kemer

2.3.4 Kubbeler

Kubbe bir kemerin düşey simetri eksenini etrafında dönmesiyle elde edilir. Genellikle tuğla, daha az sıklıkla taş ve ahşap malzeme ile yapılmış örnekleri vardır. Genel olarak kemerin taşıyıcılık özelliklerine sahiptir. Kubbe, mesnetlerinde sürekli bir taşıyıcı yüzey elemana gereksinim duyar. Bu nedenle kubbenin, dairesel bir mesnede oturması gereklidir. Şekil 2.9 'da kubbede ki çekme ve basınç bölgeleri görülmektedir.



Şekil 2.9 Kubbede çekme ve basınç bölgeleri

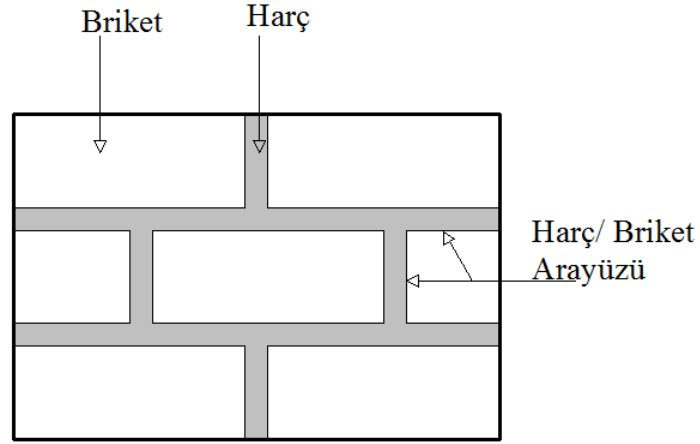
3. MATERYAL METOT

3.1 Yığma Yapıların Modellenmesi

Türkiye’de tarihi ve kültürel değeri olan birçok yapı bulunmaktadır. Bu yapılar farklı zaman ve kültürlerin birikim ve tekniklerini yansıtmaları bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Günümüz teknolojisi ile inşa edilen betonarme ve çelik yapıların performansının gelişmiş sayısal metotlarla ayrıntılı olarak ortaya koymak mümkündür. Lakin yığma yapıların içerdiği süreksizlikler ve değişen malzeme özelliklerinden dolayı yapısal performansının belirlenmesinde ve yorumlanmasında zorluklarla karşılaşılabilir. Yapılan çalışmalarda yığma yapıların modellenmesinde üç farklı modelleme tekniğinin kullanıldığı görülmüştür.

3.1.1 Detaylı mikro modelleme tekniği

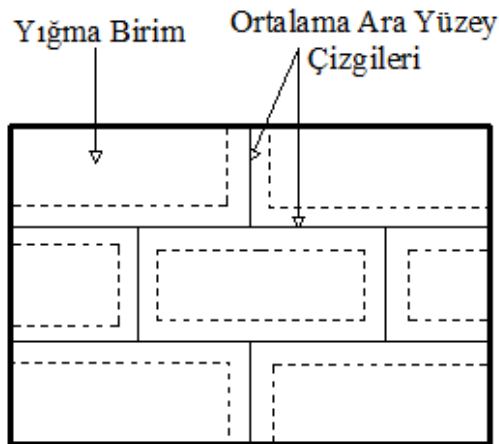
Bu teknikte, yığma duvarları meydana getiren yapı bileşenlerinin (taş, tuğla, harç), ayrı ayrı her birinin mekanik özellikleri dikkate alınarak modelleme yapılır. Yığma bir duvarda oluşacak hasarın yığma birim (taş, tuğla) ile harç arasındaki ara yüzeyde oluşacağı kabulü yapılır. Bu teknikte yığma bileşen (taş, tuğla) ile harcın mekanik özelliklerinin detaylı olarak bilinmesi gerekir. Bunun yanı sıra detaylı mikro modelleme tekniği kullanıldığında büyük bir hesap yükü olacağından, büyük çaplı yapılarda tercih edilmez. Daha çok yığma yapının bir bölümünün analizi yapılırken tercih edilen bir yöntemdir.



Şekil 3.1 Detaylı mikro modelleme

3.1.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme

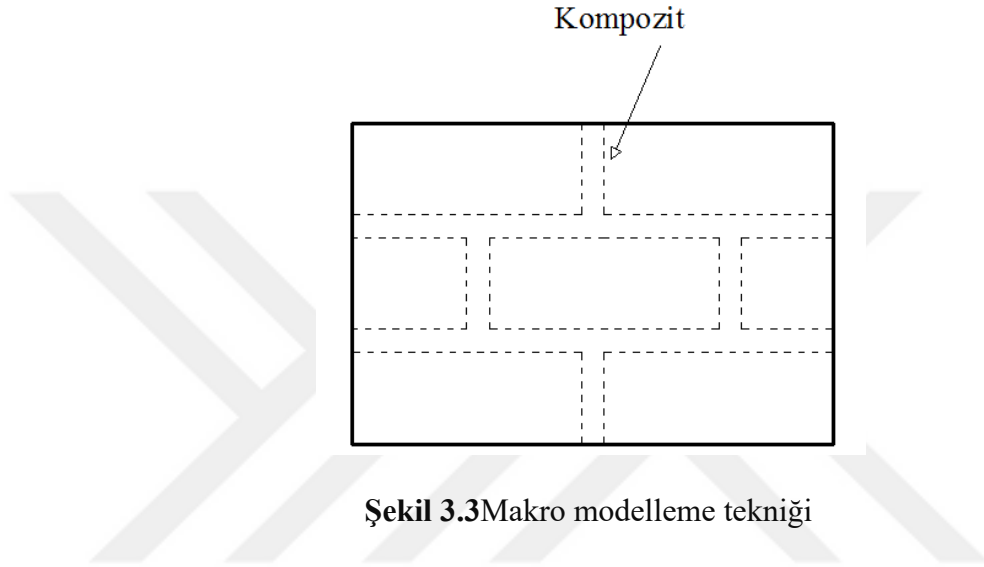
Bu modelleme tekniğinde, yığma birimlerinin (taş, tuğla) boyutları harç tabakasının yarısı kadar artırılarak harç tabakası ihmal edilmektedir. Yığma birimlerin arasında ortalama ara yüzeyler kabulü yapılmaktadır. Yığma duvarda meydana gelebilecek çekme ve kayma gerilmelerinde kaynaklanan çatlakların bu ortalama ara yüzeylerde oluşacağı kabulü yapılır. Harcın mekanik özellikleri göz ardı edilerek yalnızca yığma birimin mekanik özellikleri ile hesap yapılır. Bu yönüyle detaylı mikro modelleme tekniğinden farklıdır.



Şekil 3.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme

3.1.3 Makro modelleme

Bu modelleme tekniğinde yığma birim ile harç arasındaki etkileşim göz ardı edilir. Yığma duvar bir kompozit malzeme gibi kabul edilir. Karmaşık ve büyük yapılarda, yığma binanın bütünüünün analiz edileceği durumlarda tercih edilir. En çok tercih edilen modelleme tekniğidir.

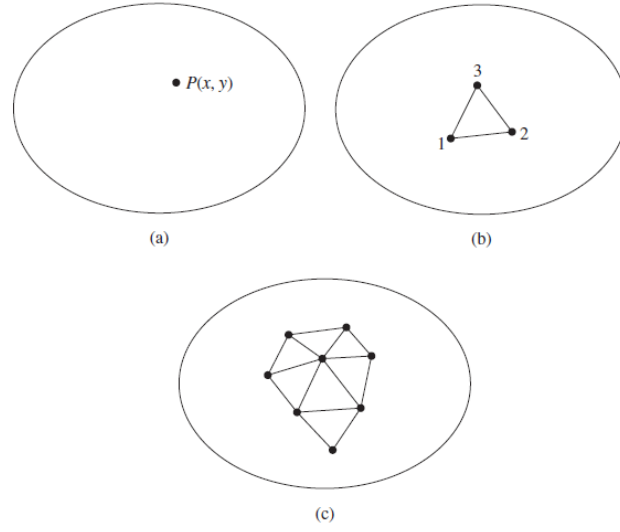


Şekil 3.3 Makro modelleme tekniği

3.1.4 Sonlu elemanlar yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi, genel olarak mühendislikteki sınır değer problemleri için gerçeğe yakın sonuçlar elde etmek için kullanılan bir sayısal hesaplama yöntemidir. Yapı mühendisliğinde ise sonlu elemanlar yöntemi, yapıların 3boyutlu statik ve dinamik analizlerinin, doğrusal ve doğrusal olmayan çözümlerinin yapılabilirdiği, sonuçların sayısal veya grafik olarak görüntülenebildiği bir analiz metodudur.

Yapıların statik ve dinamik yükler altındaki davranışının belirlenmesi ve yapı elemanlarının gerilme tespitinde çoğunlukla kullanılan metot sonlu elemanlar metodudur. Gerek zaman gerek ekonomi açısından tercih edilen bu yöntemde çeşitli yapı eleman modellerini bir arada kullanmak da (çubuk, kabuk, plak ve prizma (solid)) mümkün olmaktadır.

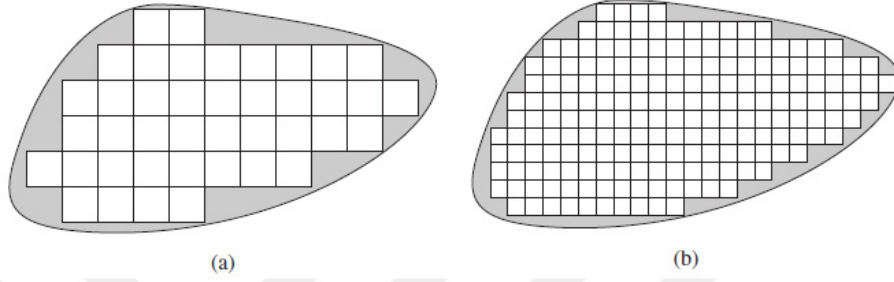


Şekil 3.4FEM - Temel kavramlar: a) Genel bir $P(x,y)$ değişkeni b) Üçgen sonlu eleman c) Üçgen sonlu eleman ağı (Hutton,2004)

Sonlu elemanlar yönteminde, çözümü aranan sistem bir ağ ile idealleştirilerek ifade edilir. Sonlu eleman ağı olarak tanımlanan bu ağ, çeşitli şekillerdeki sonlu elemanlar oluşturur. Sonlu eleman ağındaki çizgilerin eleman kesim noktalarına düğüm noktaları denir. Sonlu elemanlar, ağı belirleyen çizgilerin arasında kalan iki boyutlu ya da üç boyutlu elemanlardan oluşur. Sonlu elemanlar düğüm noktaları ile birbirlerine bağlanırlar (Dabanlı,2008).

Her bir sonlu eleman için gerekli olan denklemler elde edildikten sonra tüm denklemler problemin tanım bölgesini ifade edecek şekilde birleştirilir. Böylece problem tamamına ait sistemin denklemleri elde edilir. Burada, temel değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri, bu düğüm noktaları ile tanımlı bölge içinde sürekli bir değişime dönüştüren şekil fonksiyonlarından yararlanır. Böylece, sonsuz sayıdaki küçük elemanların bir bütünü olarak düşünülebilen sürekli ortam, sonlu sayıda vebüyükükte sonlu elemanlardan oluşan yarı sürekli bir ortama dönüşür. Sonlu elemanlarabölünmüş problemin tanım bölgesini artık sonlu eleman ağı oluşturmaktadır. Sonlu elemanların birbiriyle ilişkisi temel alınarak birleştirilmiş bumodele matematik model adı verilir. Bir matematik modelin doğruluğu vegerçeğe yakınlığı, seçilen eleman tipine, eleman sayısına ve elemanların davranışına dair yapılan kabullere bağlıdır. Eleman sayısının artması, bilinmeyen sayısını daarttırır ancak sonuçların doğruluğunu da artırır. Şekil 3.5' te sonlu eleman ağının farklı

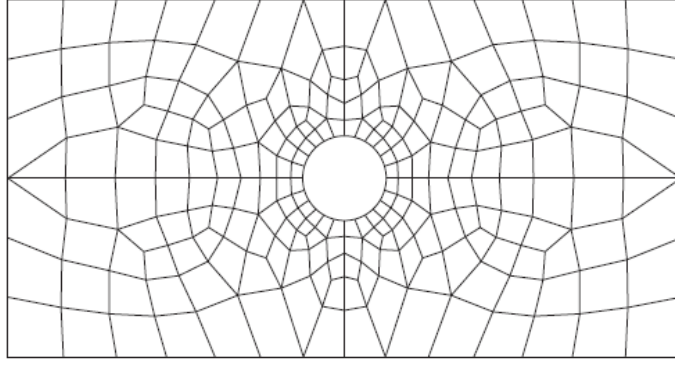
sayıda sonlu elemana ayrıldığı görülebilmektedir. Bilinmeyen olarak yer değiştirmeler, gerilmeler ya da her ikisi birden seçilerek hesap yapılabilir. Daha sonra aranan diğer bilinmeyenler, çözümden elde edilir. Mesela yer değiştirmeler bilinmeyen seçilirse türevlerinden gerilmelere ulaşılır (Koçak, 1999; Dabanlı, 2008).



Şekil 3.5. Amorf bir şeklin sonlu eleman ağı a) 41 kare sonlu eleman b) Eleman boyutlarını değiştirerek hassasiyetin artırılması (Hutton, 2004)

Sonlu elemanlar metodu ile çalışmanın getirdiği kolaylıklar şöyle sıralanabilir:

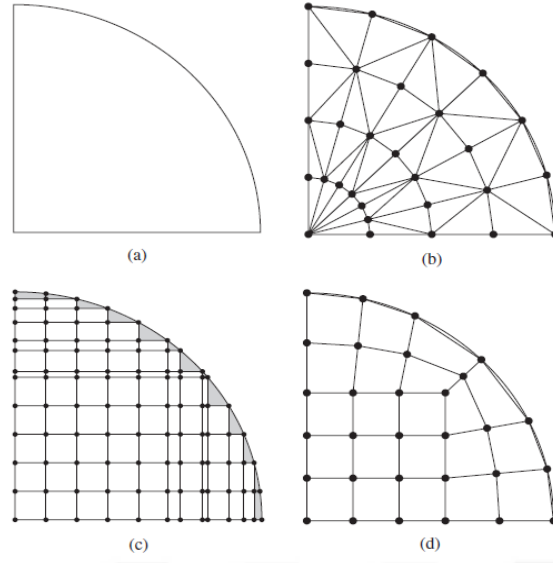
- Eğriliği bulunan, düzgün olmayan geometrilere sahip elemanlar ve karmaşık yapı elemanları rahatlıkla modellenebilir.
- Elemanlar istenilen büyüklükte parçalara ayrılarak istenen hassasiyette sonuçlar elde edilebilir.
- Aynı yapı elemanı içerisinde uygun bir sonlu eleman ağı kullanılarak, farklı malzeme özellikleri tanımlamayı mümkün kılar. Şekil 3.6'da örnek bir sonlu eleman ağı görülebilmektedir.



Şekil 3.6 Ortasında boşluk bulunan bir dikdörtgen alanın sonlu eleman ağı (Hutton,2004)

- Farklı özelliklere sahip malzemelerden oluşan yapı elemanlarının birleştirilmesine imkân tanır.
- Sınır şartlarını tanımlamak ve kontrol etmek oldukça kolaydır.
- Özellikle yığma yapılar gibi birçok elemanın birbirine bağlanmasıyla oluşturulan yapı sistemlerinin, gerçek yapım tekniğine uygun bir modelleme yöntemidir.
- Eleman boyutları kullanıcı tarafından değiştirilebilir. Böylece önemli değişiklikler beklenen bölgelerde daha küçük elemanlar kullanılarak, işlem hassasiyeti artırılırken, aynı parçanın diğer bölgeleri büyük elemanlara bölünerek işlem hızı artırılabilir.
- Sonlu eleman metodunun çok yönlülük ve esnek oluşu karmaşık yapılarda, sürekli ortam, alan ve diğer problemlerde sebep sonuç ilişkilerini hesaplamak için etkin bir şekilde kullanılabilir (Dabanlı,2008).

Çeşitli sonlu eleman modelleri Şekil 3.7' de görülmektedir.



Şekil 3.7 Çeşitli sonlu eleman modelleri a) Model alanı b) Üçgen c) Dörtgen d) Dörtgen ve yamuk elemanlar (Hutton, 2004)

3.1.4.1 Doğrusal sistemlerde sonlu elemanlar yöntemi

Bilgisayarda çözüm yapmak açısından daha az bilinmeyene sahip ve diğerlerine nazaran band genişliği daha küçük olan denklemler üretmesi sayesinde yer değiştirme yöntemi doğrusal sistem uygulamalarında tercih edilmektedir. Bu yöntemin uygulaması aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

- Sistem ya da sürekli ortam sonlu elemanlara ayrılarak düğüm noktalarından birleştirilir.
- Sonra sonlu eleman yüzeyinin şekil değiştirmesi düğüm noktalarının yer değiştirme parametrelerine bağlı olarak ifade edilir.
- Yer değiştirme parametrelerini, dik doğrultulardaki yer değiştirmeler ile dönme ve burulma eğriliği gibi vektörler oluşmaktadır. Bu sayede eleman yer değiştirmeleri, seçilen şekil fonksiyonu aracılığıyla düğüm noktaları yer değiştirmelerine bağlı olarak ifade edilmiş olur.
- Seçilen şekil fonksiyonları sistemi en doğru şekilde tarif edebilmelidir. Bu konuda son yıllarda farklı fonksiyonlar kullanılarak sonuçların yakınsaklığı iyileştirilmiştir.

Eğilme hesaplarında düğüm noktalarının yer değiştirme parametrelerinin bilinmesi, sistemin yer değiştirme yüzeyinin ve her bir düğüm noktasının kesit tesirlerinin belirlenmesi açısından yeterli olmaktadır. Yer değiştirme parametreleri ve şekil fonksiyonları ışığında, sistemin malzeme özelliklerine göre rijitlik matrisi, sistemin yükleme durumuna göre de yük matrisi hesaplanır. Elemanların rijitlik ve yük matrislerinden yola çıkılarak sistemin rijitlik ve yük matrisleri bulunur. Sonra sınır şartları göz önünde alınarak, düğüm noktası bilinmeyenleri hesaplanabilmektedir (Hutton, 2004; Dabanlı, 2008).

Şekil fonksiyonlarının eleman koordinatları ile gösterilmesi, sonlu eleman yönteminin sistematik olarak formülle ifade edilmesini kolaylaştırmakla kalmaz, boyutsuz parametrelerle işlem yapma özgürlüğünü de sağlar. Eğer sınır şartlarını sağlayacak biçimde seçilen şekil fonksiyonları, sonlu elemanın tipine göre (çubuk, dörtgen, hegzahedral vb.) tayin edilirse, bunlar yer değiştirme fonksiyonu olarak kullanılmasının yanı sıra sistemin geometrisini tanımladığı için bu yaklaşıma izoparametrik eleman yaklaşımı denilmiştir. İzoparametrik yaklaşım hesapları kolaylaştırıp, işlem yükünü azaltmaktadır (Hutton, 2004; Dabanlı, 2008).

3.1.4.2 Doğrusal Olmayan Sistemlerde Sonlu Elemanlar Yöntemi

Doğrusal olmayan sistemlerde, elastik ötesi davranış, malzemenin bünye denklemlerinin doğrusal olmaması ve geometrideki değişimler sebebiyle denge denklemlerinin doğrusal olmaması biçiminde ortaya çıkar. Malzemenin ve geometriden kaynaklanan doğrusal olmayan davranış, sonlu elemanlar yönteminde dikkate alınabilmektedir. Bir yüzeyin ya da ortamın elasto-plastik davranışını sonlu elemanlar yöntemiyle modelleyebilmek için üç fonksiyona gereksinim duyulur:

- Akma fonksiyonu: Malzemenin akmaya başlayıp başlamadığını ifade eder.
- Pekleşme fonksiyonu: Plastik şekil değiştirmeler sebebiyle akma fonksiyonundaki değişiklikleri ifade eder.
- Akma kuralı: Plastik şekli değiştirmelerin yönünü belirler.

Sonlu elemanlar yönteminde doğrusal olmayan problemler için sayısal hesap yöntemine de ihtiyaç duyulur. Bu yöntemler sayesinde yük artımlarına denk gelen şekil değiştirmeler hesaplanır. Sayısal yöntemler, artımsal yöntem, ardışık yaklaşım

yöntemi ve bunların karışımı şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Hutton,2004; Dabanlı,2008).

3.2.Yığma Yapıların Analizi

Yığma yapılar, malzeme açısından basınç gerilmelerine dayanıklı, ağır kütleli ve rijit, uzun yıllar boyunca çeşitli gerilme ve yüklere maruz kalarak yorulmuş yapılardır. Yığma yapılar analiz edilerek, farklı yükler altında, taşıyıcı elemanlarda oluşan gerilmeler, göçme durumu ve yapıda yer değiştirmelerin tespit edilmesi hedeflenir. Bu hedeflere ulaşabilmek için sayısal analize tabi tutulan yapının modelinin geliştirilmesine ek olarak, göçme kriterleri malzeme ve yapının süneklik faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yığma yapılar analiz edilirken dört temel unsur ön plana çıkmaktadır.

- Sismik Faktör: deprem esnasında oluşan yer hareketidir. Deprem merkezinin yapıya olan uzaklığı, büyüklüğü ve sıklığı gibi parametreler bu faktör içinde değerlendirilir.
- Zemin Faktörü: Yapı-zemin ilişkisini dikkate alabilmek için bilinmesi gereken zemin özellikleri bu faktör içinde yer alır.
- Davranış Faktörü: Yapı malzemelerinin ve yapı elemanlarının gerilme-şekil değiştirme ilişkileri, şekil değiştirme kapasiteleri yapı davranışını belirler. İlâveten, süneklik seviyesi de bu faktör içinde değerlendirilir.
- Dinamik Faktör: Yapının dinamik özellikleri olan periyot, mod şekilleri,sönüm oranları da yapının analizinde ve değerlendirilmesinde dinamik faktör içinde değerlendirilir (Koçak, 1999).

Yığma yapıların deprem performansının belirlenmesinden önce yapının rölövesinin çıkarılması gerekmektedir. Yapının geometrik olarak tanımlanabilmesi ve kütlelerinin belirlenebilmesi için yapının eleman boyutları gereklidir. Yapının geometrisinin belirlenmesi esnasında bir takım idealleştirmeler yapılabilmektedir. Bu analiz sonuçlarının yorumlanabilmesi ve analizin doğru sonuçlar verebilmesi için kaçınılmazdır. Yapıda kullanılmış olan malzemenin mühendislik özelliklerinin tespiti için uygun test yöntemleri kullanılabilir ya da var olan farklı çalışmalarda kullanılmış malzeme özelliklerinden faydalanılabilir. Yapıda hasar görmüş eleman ya da

elemanlar varsa bunların tespiti yapılması ve nedeninin ne olabileceği araştırılmalıdır. Bu veriler toplandıktan sonra yapının analiz yöntemi belirlenip eldeki veriler ışığında analizler yapılmalıdır.

3.2.1 Düşey yükler altında statik analiz

Bir yapının incelenmesi ve analizi söz konusu olduğunda gerçekleştirilen bir analiz olan düşey yükler altında statik analiz, düşey yükleme (ölü yükler, hareketli yükler ve kar yükü) durumlarında yapıda oluşan yer değiştirme ve gerilme durumunu görmek amacıyla gerçekleştirilen analizdir.

3.2.2 Dinamik analiz

3.2.2.1 Modal analiz

Modal analiz yönteminde, yapının serbest titreşim periyotları, mod şekilleri ve kütle katılım oranları belirlenir. Yapı sisteminin davranışına, yapıya ait her bir serbest titreşim modunun katkısının bulunduğu, bu katkıların ayrı ayrı belirlenip, her bir moda ait katkının birleştirilmesi yoluyla yapının dinamik davranışın belirlenmesi esasına dayanan davranış spektrumu analizi, mod birleştirme esasına dayanır. Bu yöntemde yapı kütlelerinin, belirli seviyelerde toplandığı kabulüyle, iki ötelenme ve bir dönme hareketine bağlı olarak yapının davranışı ifade edilir. Matematik olarak sağlam bir temele dayanmasına rağmen, gerçek taşıyıcı sistem davranışını temsil etmek ve açıklamadaki eksiklikleri nedeniyle dikkatli kullanılması önerilen bir yöntemdir. Çoğu zaman modal analiz sonuçlarının, lineer statik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılması önerilir (Dabanlı,2008).

3.2.2.2 Davranış spektrumu analizi

Zaman alanında sayısal çözümleme, yer değiştirme veya kesit etkisi gibi bir sistem parametresini zamana bağlı olan değişimini verir. Ancak, taşıyıcı sistemin güvenilirliğinin belirlenmesinde genel olarak bu parametrenin en büyük değeri etkili olur. Bu nedenle, uzun ve yorucu olan sayısal çözümlemeye ihtiyaç kalmadan, deprem hareketinin spektrumu kullanılarak, en elverişsiz değerlerin elde edilmesi önemli ölçüde kolaylık sağlar. Spektral eğriler sadece en büyük değeri verecek

şekilde hazırlandıkları ve belirli bir anda çeşitli modların katkılarının bulunmasında yeterli olmadığı için, matematiksel bir yaklaşımın yapılması gerekli olur. Matematik yaklaşımlardan biri olan Mutlak Değerlerin Toplamı (ABS) yönteminde, bütün modların en büyük katkılarının aynı zamanda olduğu kabul edilerek, incelenen parametrenin meydana gelebilecek en büyük değerlerinin üst sınırını elde edilir, ancak bu değer abartılı biçimde büyük çıktığı için genellikle kullanılmaz. Bunun yerine Karelerinin Toplamının Karekökü (SRSS) yöntemiyle elde edilen değer, serbest titreşim frekansları ayırık olan sistemlerde, zaman tanım alanında çözümleme ile elde edilen sonuçlara oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu kuralın sınırlamasını kaldıran Tam Karesel Birleştirme (CQC) ise çok daha kapsamlı olup, serbest titreşim frekansları yakın olan sistemler için de kullanılabilir. Modların karşılıklı etkileşimi ihmal edilirse Tam Karesel Birleştirme ile Karelerin Toplamının Karekökü Kuralı üst üste düşer (Dabanlı,2008).

Matematik birleştirme yöntemlerinin kullanılmasıyla, sistemin zaman alanında dinamik bir çözümünün yapılmasına ihtiyaç kalmaz. Ancak Modal Spektral Çözümleme Yöntemi'nde de sistemin periyot, sönüm ve mod şekilleri gibi sistemin dinamik özellikleri yanında, depremin dinamik özelliklerini içeren spektrum eğrileri kullanıldığı için, bu yöntem de dinamik bir yöntemdir. Daha önceki deprem kayıtları değerlendirilerek spektrum eğrilerinin hazırlanması ile Modal Spektral Çözümleme Yöntemi'nin başlangıcını teşkil etmek ve böylece zaman tanım alanında adım adım sayısal çözüme göre büyük bir kolaylık sağlamaktadır (Dabanlı,2008).

3.2.2.3 Zaman tanım alanında analiz

Zaman tanım alanında analiz, yaşanmış bir depremin kaydı esas alınarak yapılır. Bu analizde yapıya, eldeki yer hareketi, hareketin gerçekleştiği sürede uygulanır. Zaman tanım alanında analiz yöntemi, ayrıntılı araştırma yapmak, eldeki deprem verilerine vereceği tepkiyi ölçmek amacıyla uygulanır.

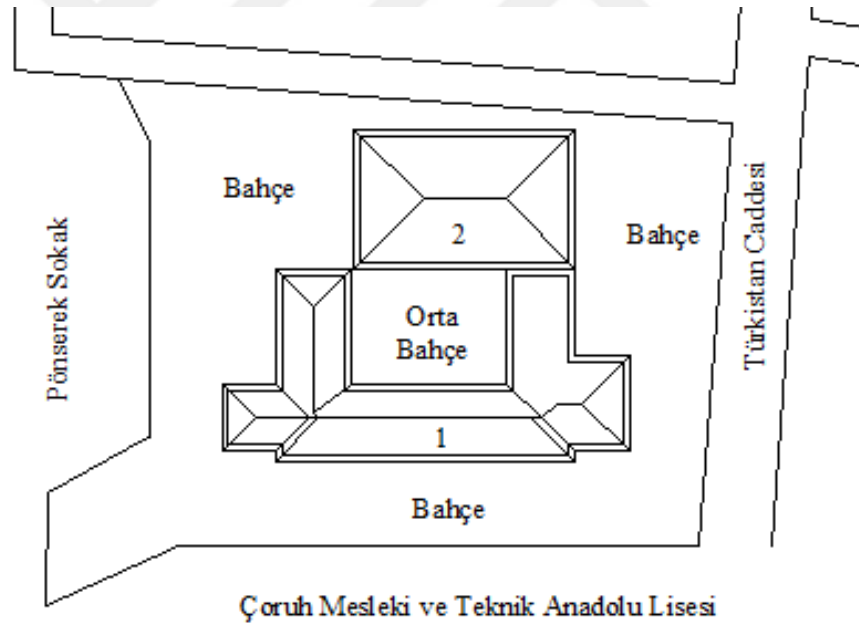
3.3 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan analizler sonucunda, yapının güvenli olup olmadığı değerlendirilir. Sağlaması gereken performans seviyesine uymadığı takdirde güçlendirme önerileri,

çeşitli önlemler sunulur. Yapılan analizler sonucunda elde edilen duruma karşı alınacak önlemler ve öneriler, yapılan analizlerin birbirini destekleyecek nitelikte sonuçlar vermesiyle yapılır.

3.4 Örnek Yapının Modellenmesi

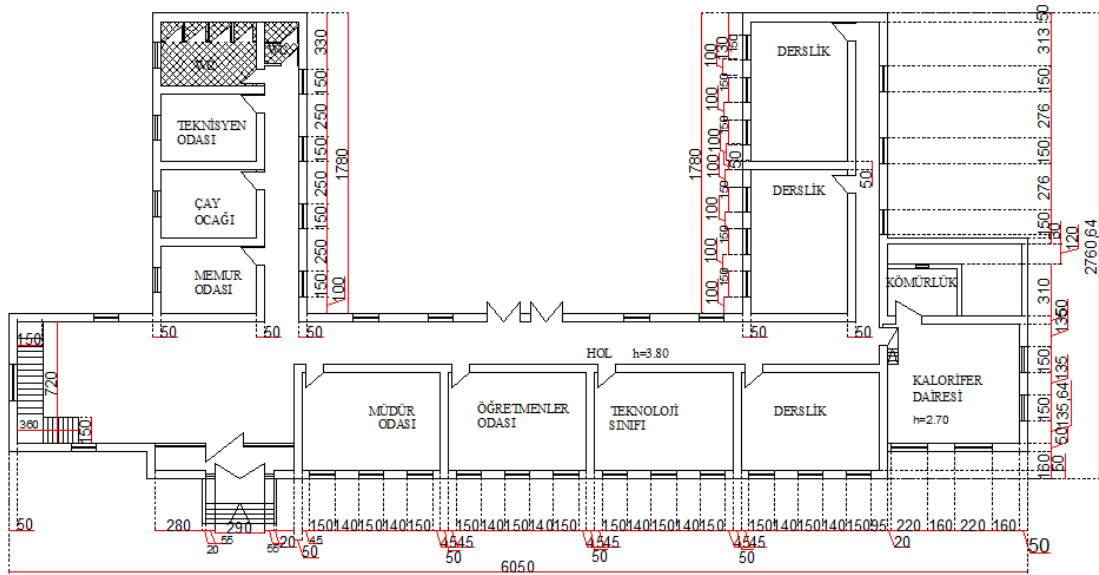
Bu çalışmada, Bayburt ilinde bulunan Bayburt Lisesi seçilmiştir. Bayburt Lisesi'nin mevcut durum projelerinin yetersiz olması sebebiyle, öncelikle rölöve çalışması yapılmıştır. Yapılan rölöve çalışması sonucunda; binanın doğu giriş cephesi 60.50 m, kuzey cephesi 27.60 m'dir. Yapı ön cepheden bakıldığında dikdörtgen bir geometriye sahiptir. Kuzey ve güney cephede, kuzeyde kömürlük ve kalorifer dairesi, güneyde merdiven dairesi mevcuttur. Yapıya ait kroki ve görünüşler Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da, rölöveler Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.8 Bayburt Lisesi'ne ait kroki



Şekil 3.9 Bayburt Lisesi'ne ait fotoğraflar



Şekil 3.10 Bayburt Lisesi'ne ait rölöve (Zemin Kat)

Çizelge 3.2Taşıyıcı sistem katsayıları (DBYBHY,2007)

Bina Önem Katsayısı	1.4
R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı)	2
ST (Spektrum Katsayısı)	2.5

Rölöveler dikkate alınarak, Bayburt Lisesi'nin sonlu eleman modeli SAP2000 programında gerçekleştirilmiştir. Binanın toplam alanı 1780 m²' dir. Dış duvar kalınlıkları 50 cm, bazı bölme duvarlar 30 cm'dir. 50 cm kalınlığındaki duvarlar sarı Bayburt taşı ile 30 cm kalınlığındaki duvarlar tuğla ile modellenmiştir.

Yapının boyutlandırılmasında kullanılan malzemelerin literatürde yer alan değerleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Zemin ve bir normal kattan oluşan yapının döşemesi betonarme olarak tanımlanmıştır. Düşey ve yatay hatıllar gerçek boyutlarına uygun ve yine betonarme olarak tanımlanmışlardır. Duvarlar tuğla ve sarı Bayburt taşı ile modellenmiştir.

Binanın modellenmesinde kullanılan malzemelerin özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3Modellemede kullanılan malzeme özellikleri

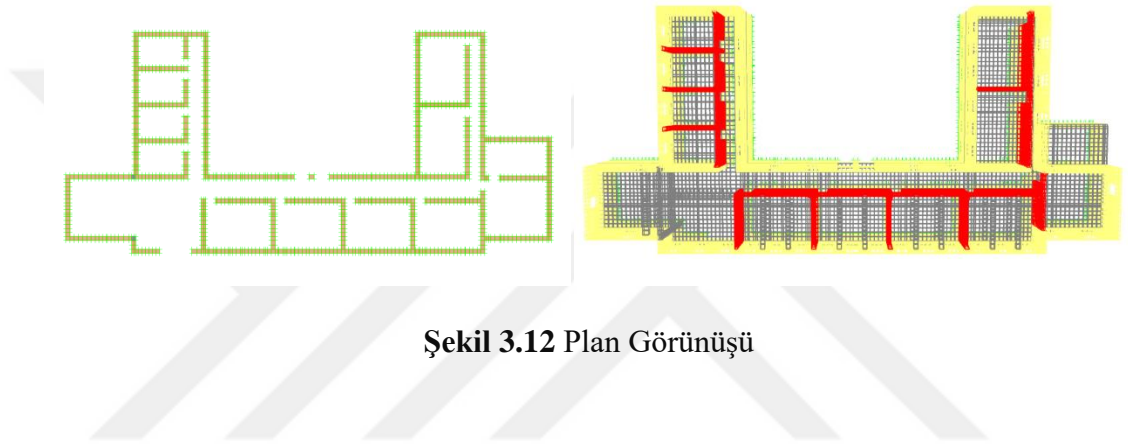
Yapı Elemanı	Yapı Birimi	Eleman Tipi	Elastisite Modülü (MPa)	Öz Kütle (kg/m ³)
Duvarlar	SBT	Katı (Solid)	16649	1855,88
	Tuğla	Katı (Solid)	3000	2039,43
Döşemler ve Hatıllar	Beton	Katı (Solid)	27000	2500,00

Çizelge 3,4'te verilen eleman ve düğüm noktaları sayısına bakıldığında detaylı bir model hazırlandığı görülebilmektedir

Çizelge 3.4 Modelde kullanılan eleman sayısı

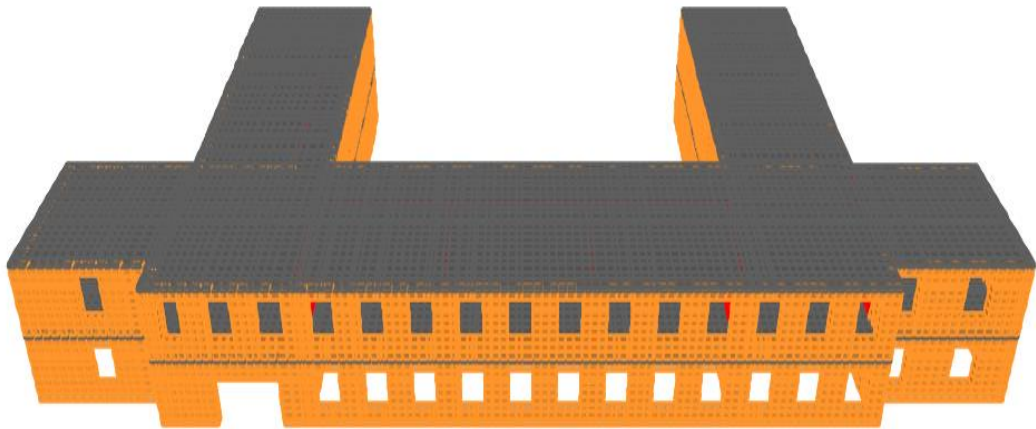
Modelde Kullanılan Elemanlar	Kullanılan Eleman Sayısı
Solid(Katı) Eleman Sayısı	25 577
Düğüm Noktası Sayısı	50 336

Modelin tamamında solid (katı) elemanlar kullanılmıştır. Modelin plan görünüşü aşağıdaki Şekil 3.14' de verilmiştir.

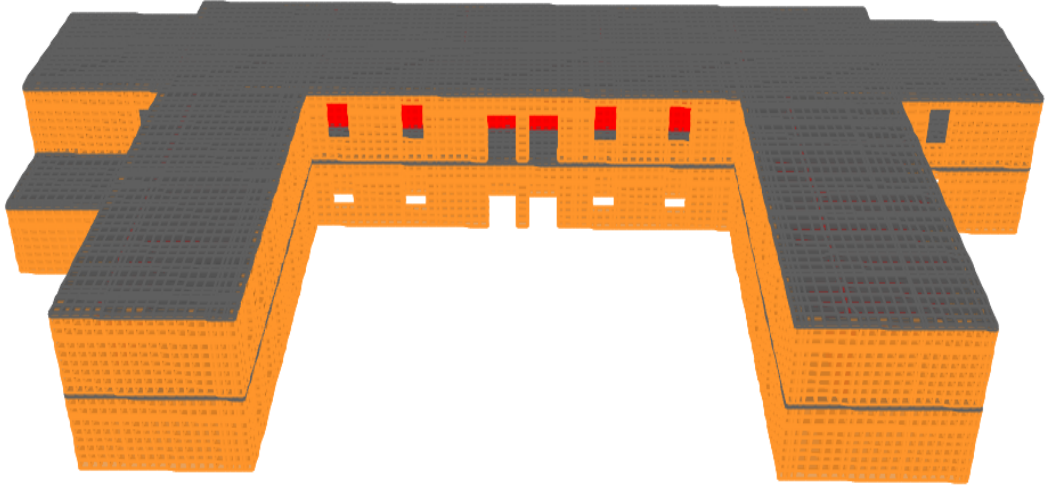


Şekil 3.12 Plan Görünüşü

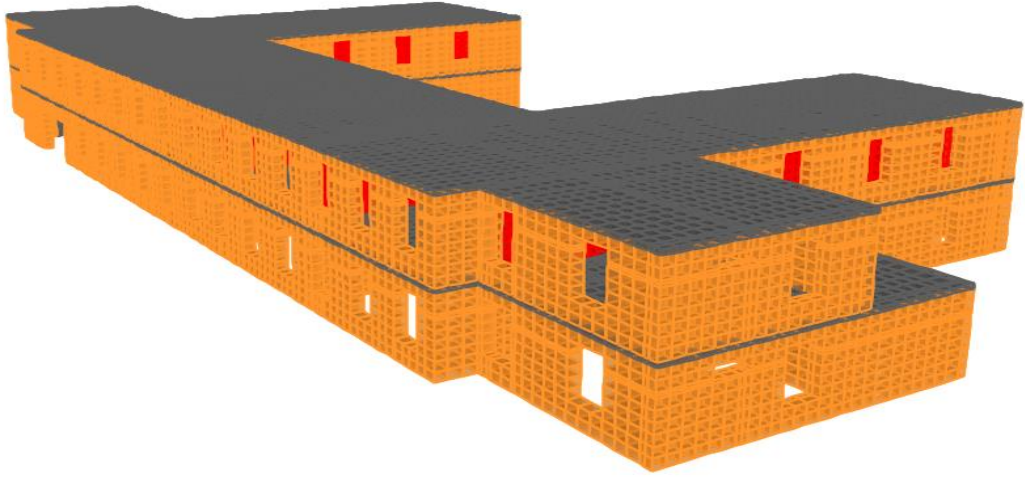
Döşemenin duvarların üzerine oturabilmek için modellenme aşaması titizlikle yapılmış, bağlantı noktalarında herhangi bir kayma olamaması için özen gösterilmiştir. Modelin görünüşleri Şekil 3.13-3.16 de verilmiştir.



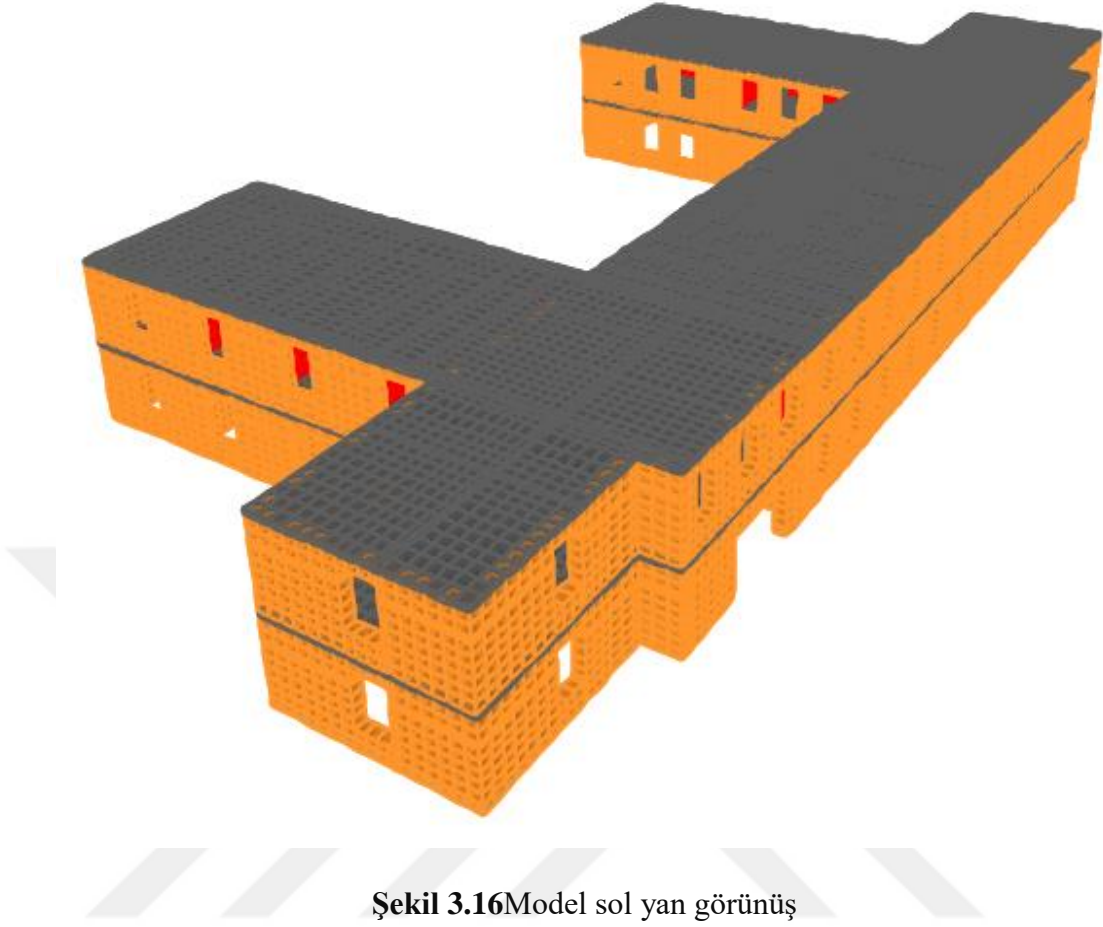
Şekil 3.13 Model ön görünüş



Şekil 3.14 Model arka görünüş

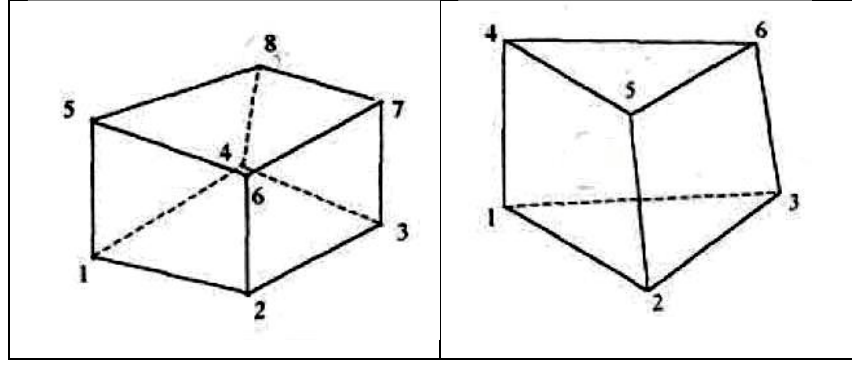


Şekil 3.15 Model sağ yan görünüş



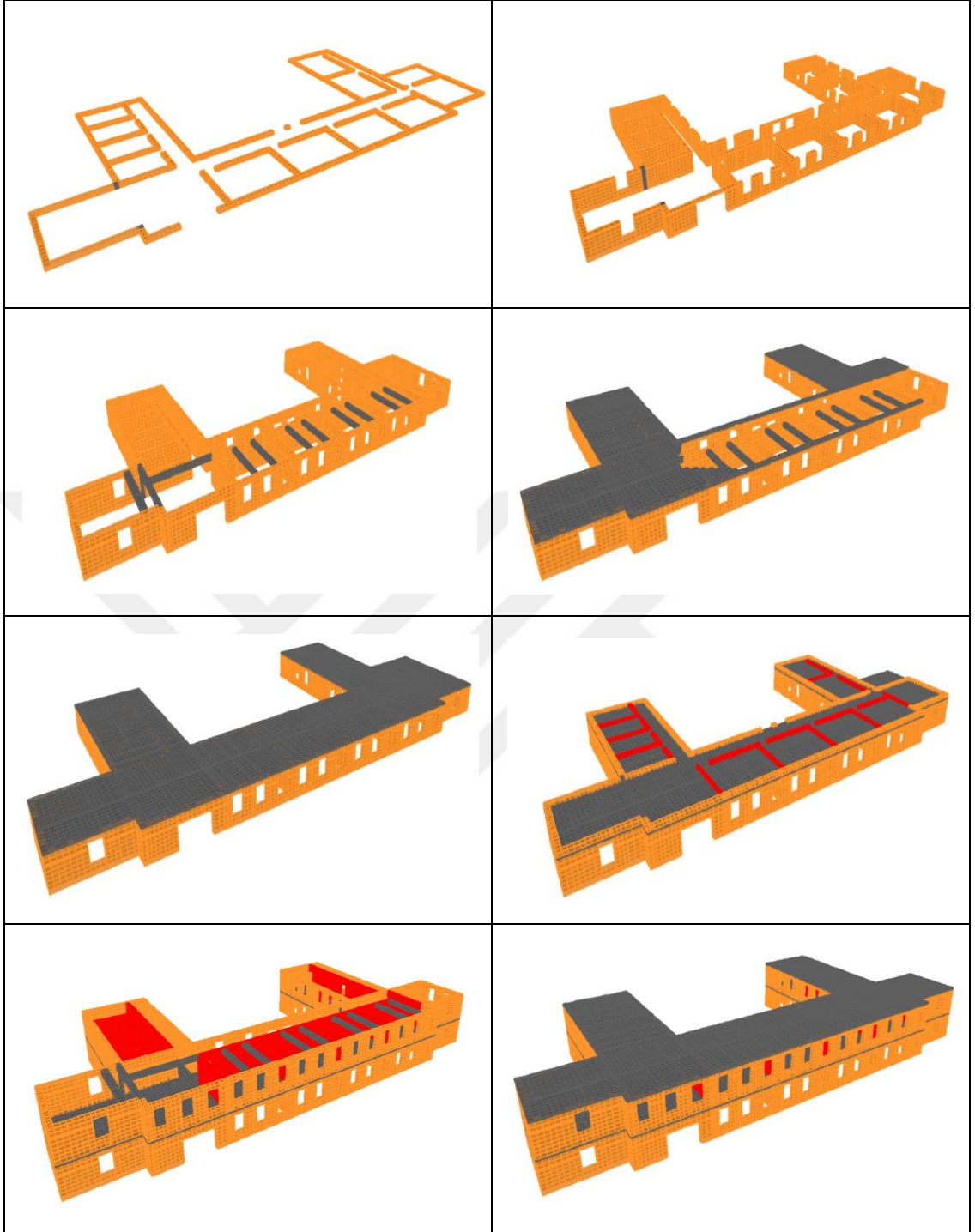
Şekil 3.16 Model sol yan görünüş

Analiz sonunda elde edilen maksimum ve minimum gerilmeler elemanlarda oluşan en büyük çekme ve basınç gerilmelerini göstermektedir. Yığma yapı elemanlarının basınç dayanımı çekmeye göre daha yüksek olması nedeniyle analiz sonuçlarında yapının daha az dayanım göstereceği çekme gerilmeleri dikkatle izlenmelidir. Sonlu eleman modelinde kullanılan solid (katı) elemanlar düğüm noktası sayılarına göre sınıflandırılmaktadır. Modelin genelinde sekiz düğüm noktalı hegzahedral solid (katı) eleman kullanılmıştır. Yapı geometrisinin gerektirdiği yerde altı düğüm noktalı pentahedral solid (katı) elemanlar kullanılmıştır. Modelde kullanılan elemanlar Şekil 3.17' de verilmiştir.

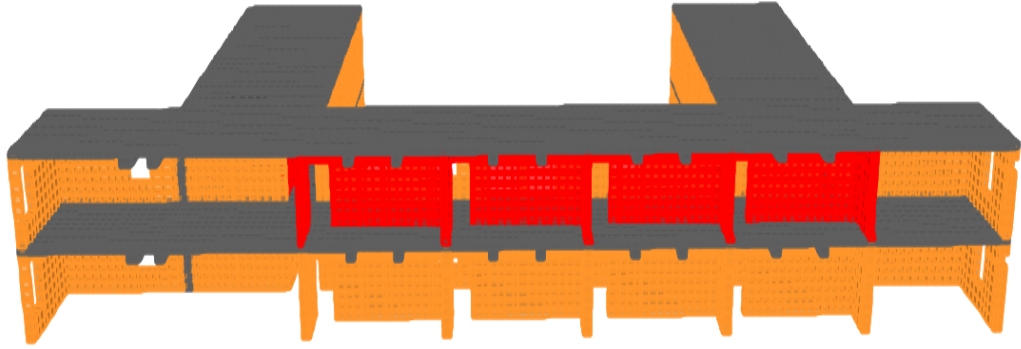


Şekil 3.17 Hekzahedral, Pentahedral elemanlar (Dabanlı,2008)

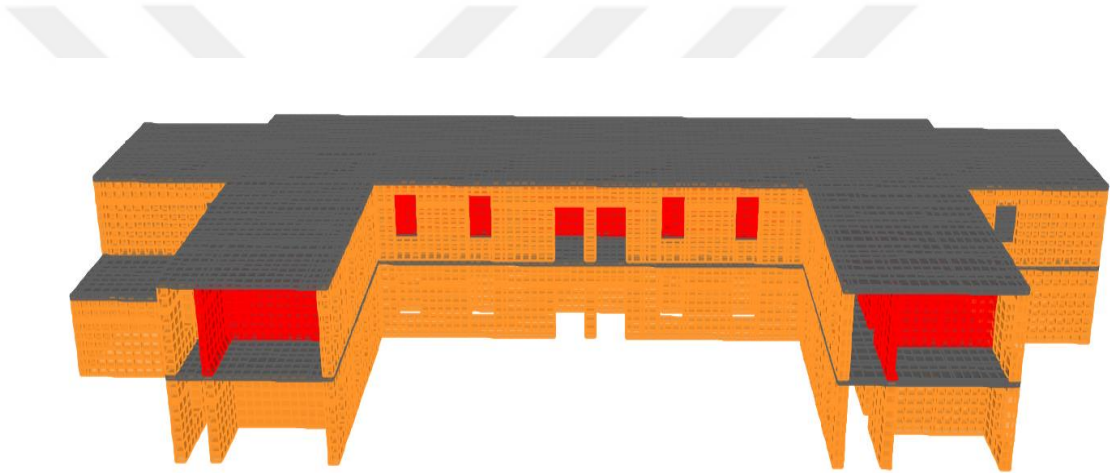
Sonlu eleman büyüklüğü olarak 50 cm ve 30 cm genişliğe 40 cm yüksekliğinde elemanlar kullanılmış, modelin genelinde eşit büyüklükte elemanlar kullanılmaya çalışılmıştır. Sonlu eleman modelleme aşamaları Şekil 3.18’de ve modelait kesit görüntüleri Şekil 3.19-3.22’de görülebilmektedir.



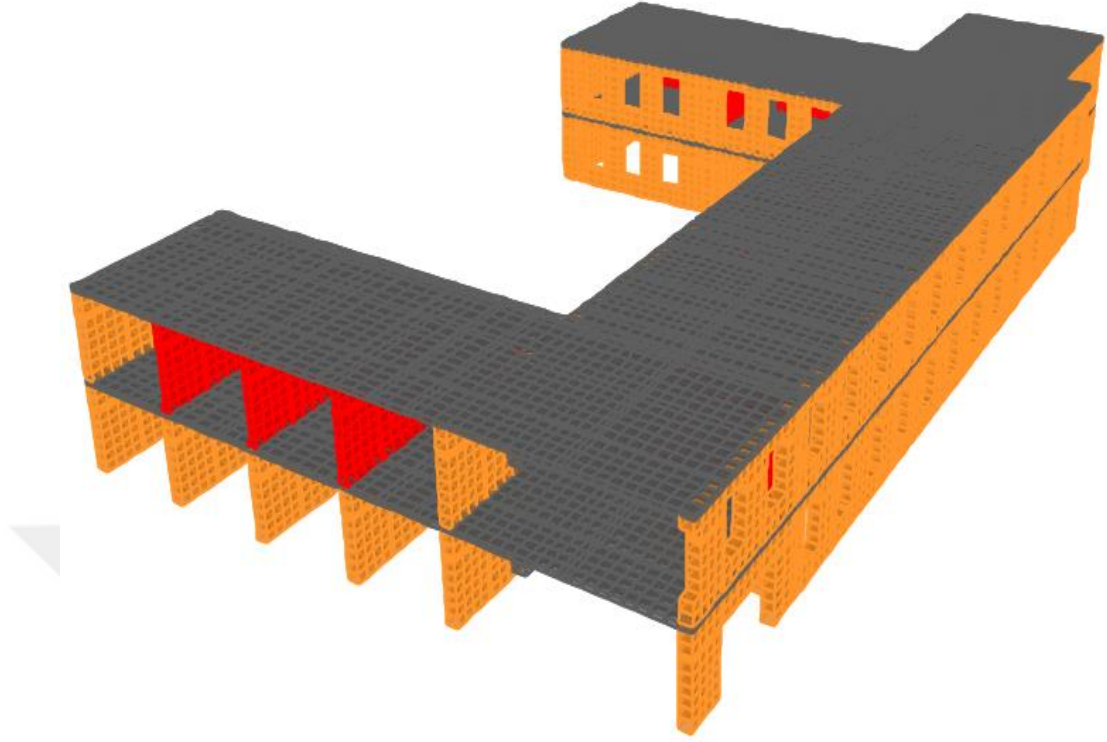
Şekil 3.183D Sonlu eleman modelleme aşamaları



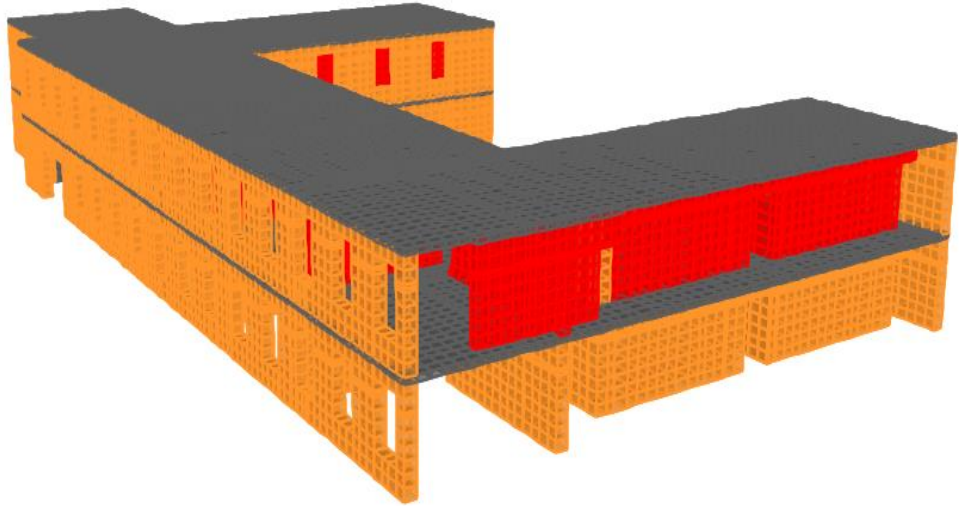
Şekil 3.19 Sonlu eleman modelinden kesitler



Şekil 3.20 Sonlu eleman modelinden kesitler



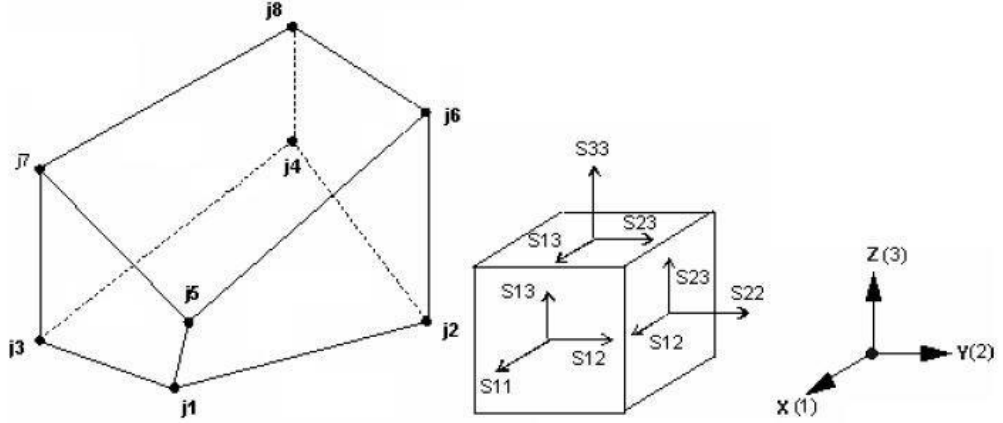
Şekil 3.21 Sonlu eleman modelinden kesitler



Şekil 3.22 Sonlu eleman modelinden kesitler

Yapının sonlu eleman modelinde kullanılan solid (katı) elemanların gerilmelerine ait yön kabulleri ve işaret uyumu ile gerilme isimleri aşağıda gösterilmiştir. Katı

elemana ait S_{11} , S_{22} ve S_{33} gerilmeleri sırasıyla x , y , z eksenlerindeki normal gerilmelerdir. Bir sonlu elemanda oluşangerilmeler ve yönleri Şekil 3.23'te görülmektedir.



Şekil 3.23 Solid elemanda oluşan gerilmeler (Korkmaz, vd., 2014b)

Katı elemana ait S_{11} , S_{22} ve S_{33} gerilmeleri sırasıyla x , y , z eksenlerindeki normal gerilmelerdir. S_{12} gerilmesi x eksenine doğrultusunda uzanan, yz düzleminin y doğrultusundaki gerilme bileşenini ifade eder ve S_{21} ile aynı değerde olup kayma gerilmesine karşılık gelir. Modelde z eksenini düşey eksen kabul edildiği için deprem kuvvetlerinden oluşan kayma gerilmeleri, deprem yükünün yönüne uygun olmak koşuluyla S_{13} ve S_{23} gerilmeleri şeklindedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Modal Analiz

Modal analiz, öz değer analizi olarak bilinen, yapının serbest titreşim periyotları ve mod şekillerini belirlemek amacıyla kullanılan bir araçtır. Yapı sisteminin kütle ve rijitlik matrisleri kullanılması yoluyla serbest titreşim periyotları ve modları belirlenebilmektedir.

Bayburt Lisesi'ne ait sonlu elemanlar modeli SAP2000 programı ile modal analize tabi tutulmuştur. Hesaba 150 adet mod dâhil edilmiştir. Bu modların sayısı çok fazla görülse de kütle katılım oranına bakılarak karar verilmiştir.

Bir serbest titreşim periyoduna ait mod şeklindeki titreşimin, yapının toplam kütlelerinin ne kadarını harekete geçirip salınım hareketine dâhil ettiği kütle katılım oranı ile ifade edilir.

Deprem yönetmeliğinde etkin kütle olarak tanımlanan modal kütlelerin toplamı için bir alt sınır verilmiştir. Hesaba katılan titreşim modlarının sayısı, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının ikisinde de her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman binanın toplam kütlelerinin %90'ından az olmaması kuralına göre belirleneceği ifade edilmektedir. %90'lık bu oran çelik ve betonarme yapılar için verilmiştir. Bu orana ulaşmak yığma yapılarda çok fazla modun incelenmesiyle ancak mümkün olmaktadır. Hatta bazı durumlarda çok fazla modun incelenmesine rağmen bu oran sağlanamamaktadır.

Bayburt Lisesi'nin modal analizinde ilk 150 modun kütle katılım oranları incelenmiştir. X doğrultusunda yaklaşık ilk 12 modda değişim görülmemiştir. 13. modda %1'lik değişim olmuştur. 148. Moddan 150. moda kadar değişmemiş ve %72 olarak kaydedilmiştir. y doğrultusunda ise; 6. modda sonra %2'lik artış olmuştur. 137. modan 150. moda kadar sabit devam etmiş ve %78 olarak kaydedilmiştir. Bağımsız kütle oranları x yönünde 148. Modda itibaren %1' in altına inmiştir. y yönünde ise 117. Moddan itibaren %1' in altına inmiştir. Çizelge 4.1'te modal

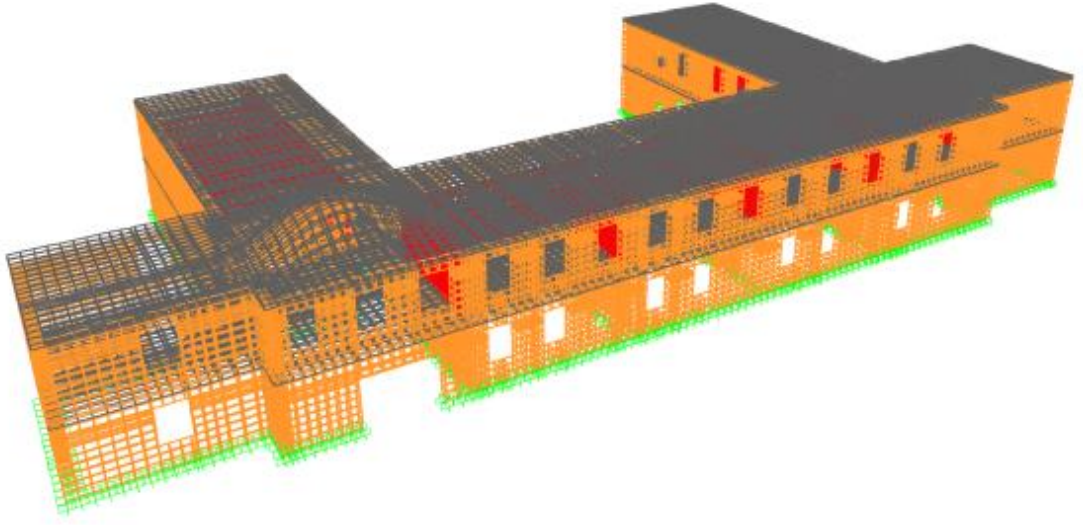
analizden sonra elde edilen değerlerin tablosu verilmiştir. 150 modun tamamının incelenebileceği tablo Ek-1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Serbest titreşim periyotları ve kütle katılım oranları (U:Yer değiştirme)

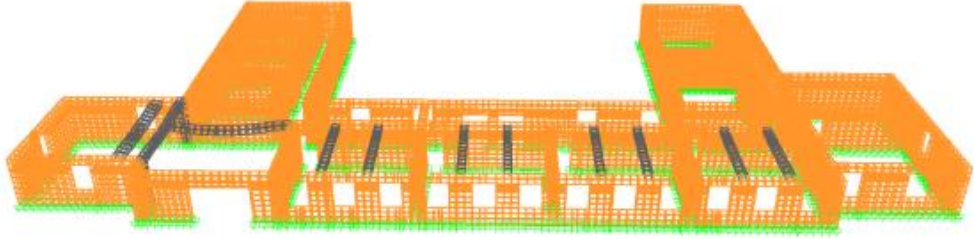
Modlar	Periyot(UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY	ΣUZ
Mod 1	0,07213	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Mod 2	0,06451	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Mod 3	0,06038	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
Mod 4	0,05517	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Mod 5	0,05444	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
Mod 6	0,05297	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,05
Mod 7	0,05192	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05
Mod 8	0,05139	0,00	0,36	0,00	0,00	0,37	0,05
Mod 9	0,04863	0,00	0,00	0,01	0,00	0,37	0,06
Mod10	0,04474	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,06
Mod 11	0,04418	0,00	0,00	0,01	0,00	0,37	0,07
Mod 12	0,04297	0,00	0,03	0,00	0,00	0,40	0,07
Mod 13	0,04173	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,07
Mod 14	0,04127	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,08
Mod 15	0,04080	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,08
Mod 16	0,04026	0,00	0,03	0,00	0,01	0,43	0,08
Mod 17	0,03955	0,05	0,00	0,03	0,05	0,43	0,10
Mod 18	0,03847	0,17	0,00	0,00	0,22	0,44	0,10
...
Mod148	0,01714	0,01	0,00	0,00	0,72	0,78	0,28
Mod 149	0,01707	0,00	0,00	0,00	0,72	0,78	0,29
Mod 150	0,01703	0,00	0,00	0,00	0,72	0,78	0,29

Yapının x doğrultusunda yanal yer değiştirme hareketini gösteren 18. modun kütle katılım oranı %17, y doğrultusunda yanal yer değiştirme hareketini gösteren 8. modun kütle katılım oranı %36 olarak hesaplanmıştır. İki yön arasındaki kütle katılım oranındaki bu farkın yapının geometrisinden kaynaklandığı söylenebilir.

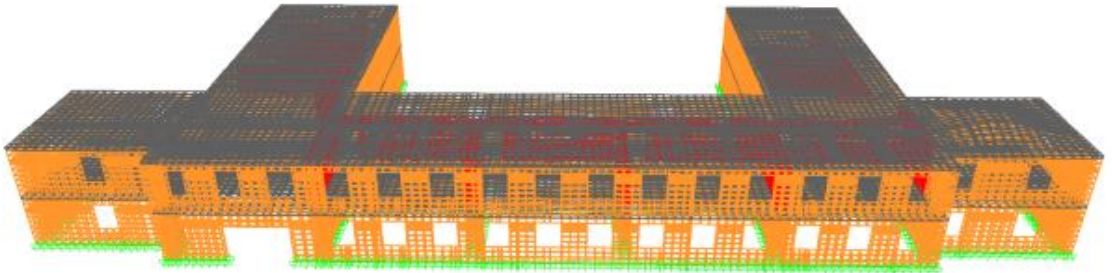
Modal analiz sonucunda elde edilen yapı serbest titreşim periyotlarına ait görüntüler aşağıda Şekil 4.1 –Şekil 4.15’de verilmiştir.



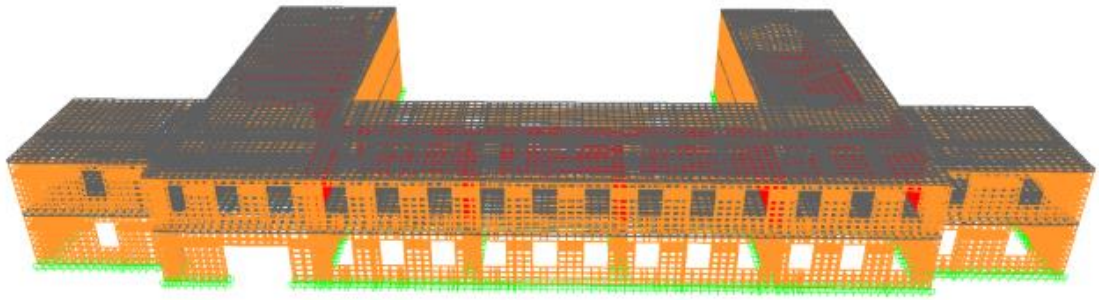
Şekil4.1 Mod 1, $T = 0,07213$ s – döşemenin ve hatılın hareketi



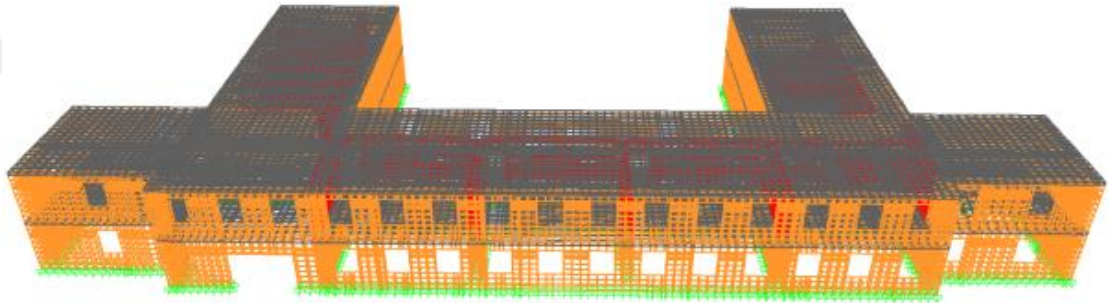
Şekil4.2 Mod 2, $T = 0,06451$ s – döşemenin ve hatılın hareketi



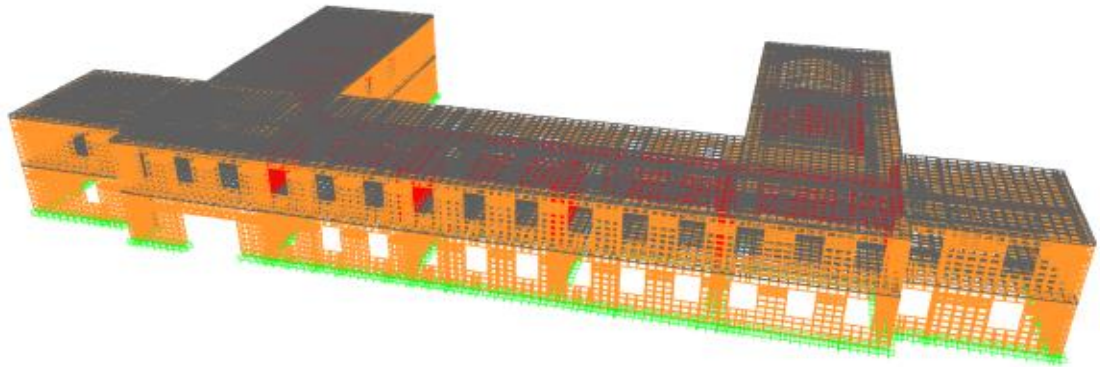
Şekil4.3 Mod 3, $T = 0,06038$ s – döşemenin hareketi



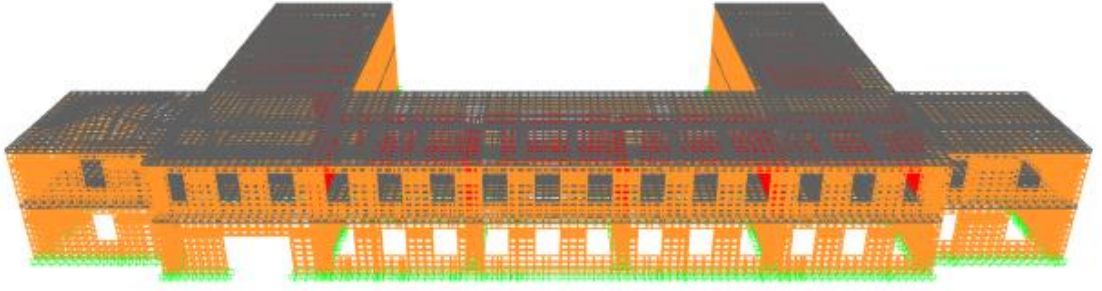
Şekil4.4Mod 4, $T = 0,05517$ s – döşemenin hareketi



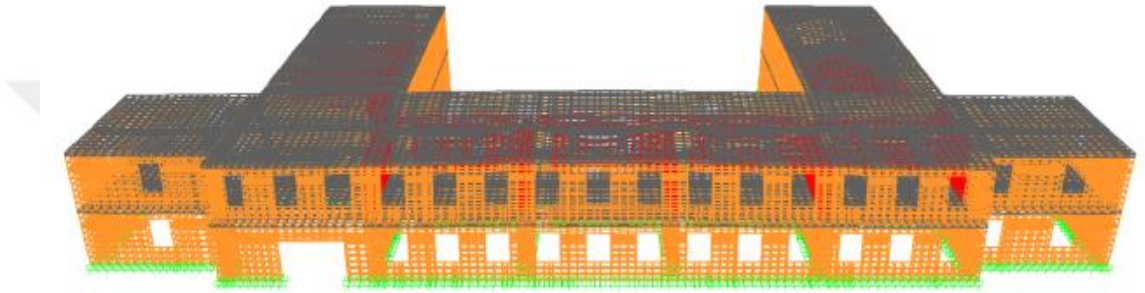
Şekil4.5Mod 5, $T = 0,05444$ s – döşemenin hareketi



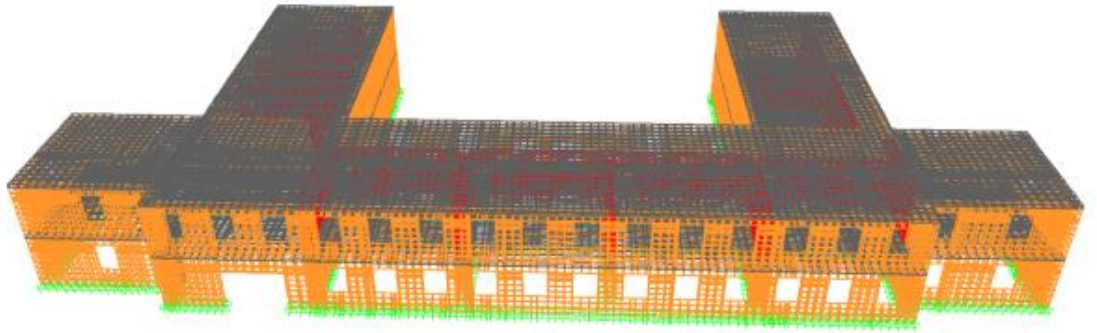
Şekil4.6Mod 6, $T = 0,05297$ s – döşemenin hareketi



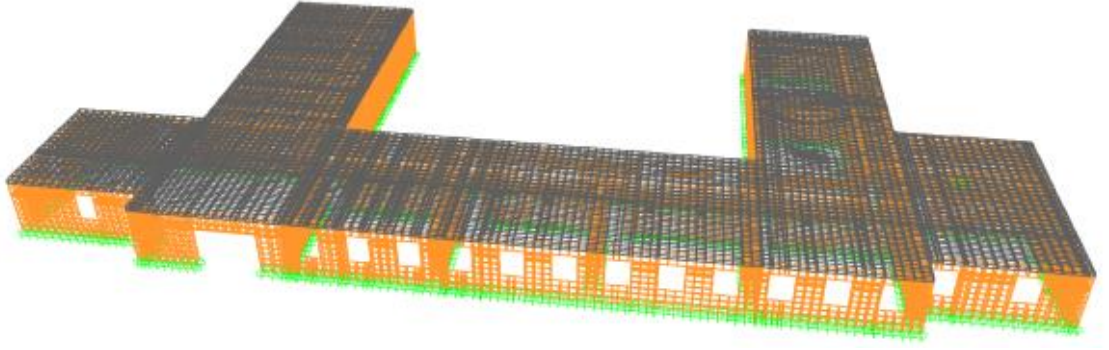
Şekil4.7Mod 7, $T = 0,05192$ s – döşemenin hareketi



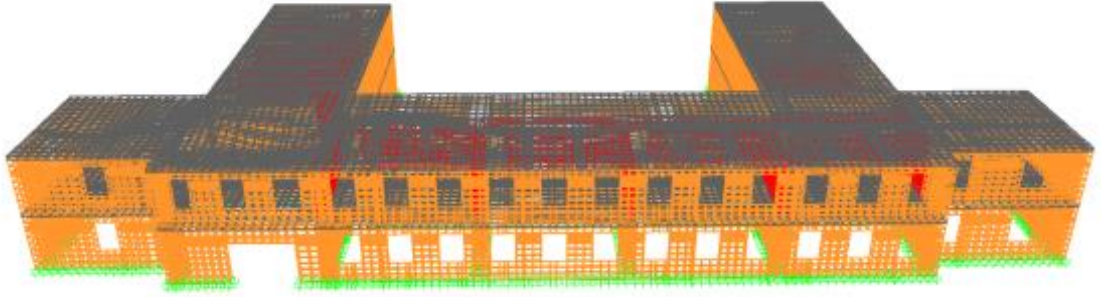
Şekil 4.8Mod 8, $T = 0,05139$ s – döşemenin hareketi (y doğrultusunda hareket)



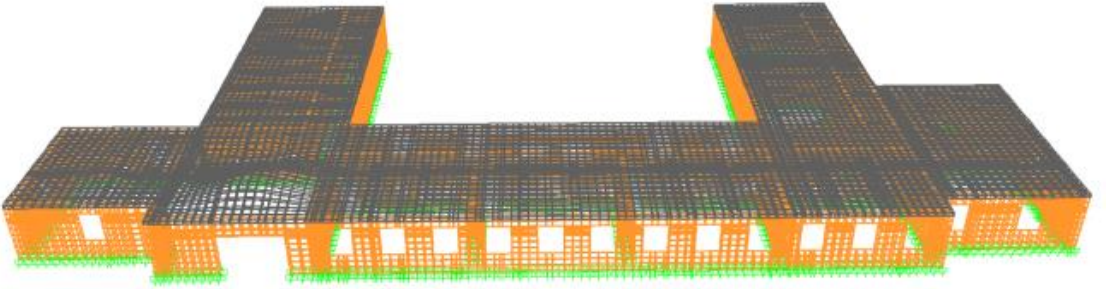
Şekil4.9Mod 9, $T = 0,04863$ s – döşemenin hareketi



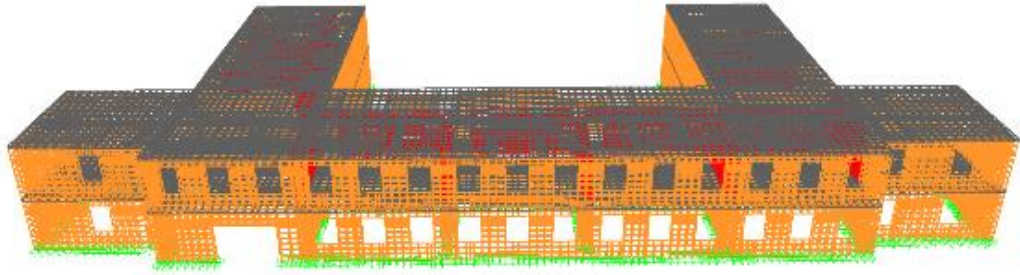
Şekil 4.10 Mod 10, $T = 0,04473$ s – döşemenin hareketi



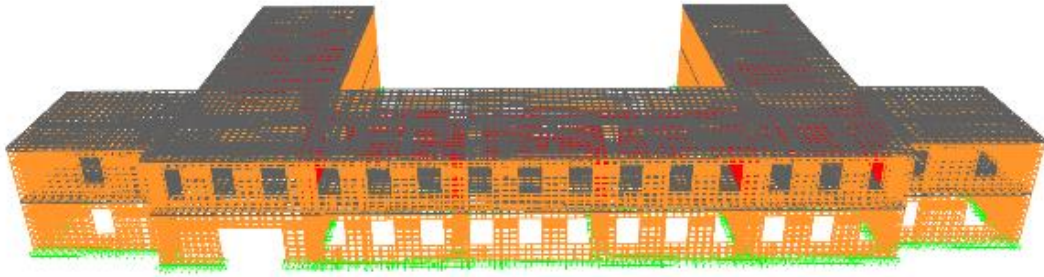
Şekil 4.11 Mod 13, $T = 0,04173$ s – x doğrultusunda yanıl hareket



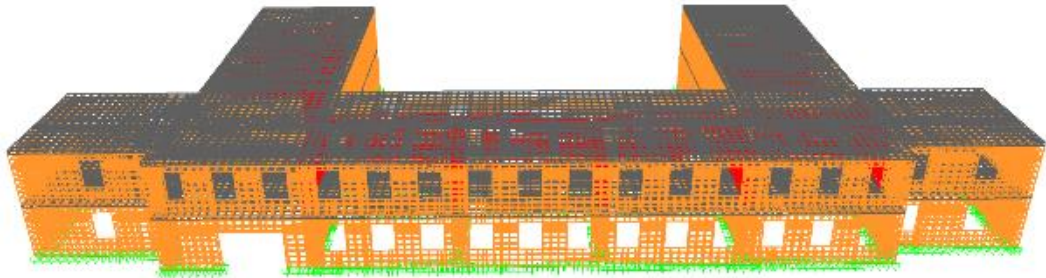
Şekil 4.12 Mod 18, $T = 0,03847$ s – Döşeme hareketi (x doğrultusunda hareket)



Şekil 4.13 Mod 148, $T = 0,01714$ s



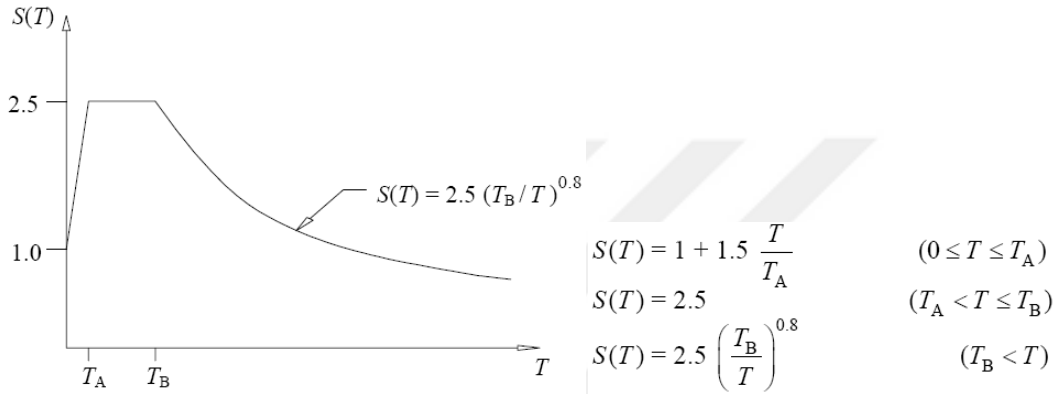
Şekil 4.14 Mod 149, $T = 0,01707$ s



Şekil 4.15 Mod 150, $T = 0,01703$ s

4.2 Davranış Spektrum Analizi

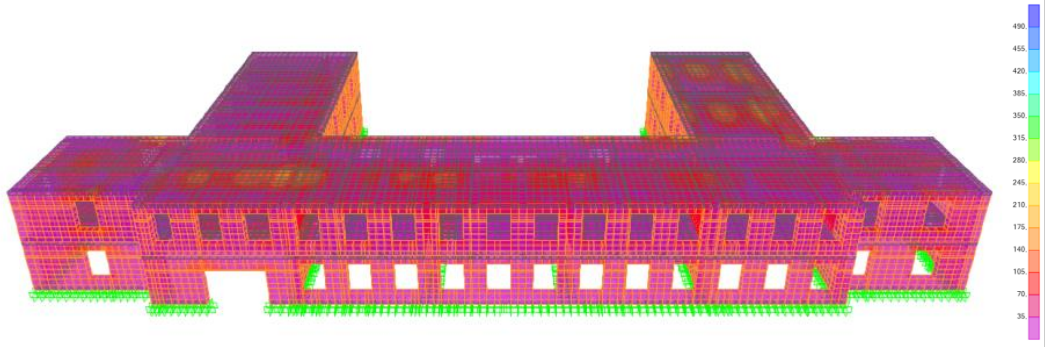
2007 Deprem Yönetmeliği'nde, deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T) = A_0 \times I \times S(T)$ şeklinde ifade edilmiştir. %5sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan ve $S(T)A(T) \times g$ ifadesiyle gösterilen Elastik Spektral İvme, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.



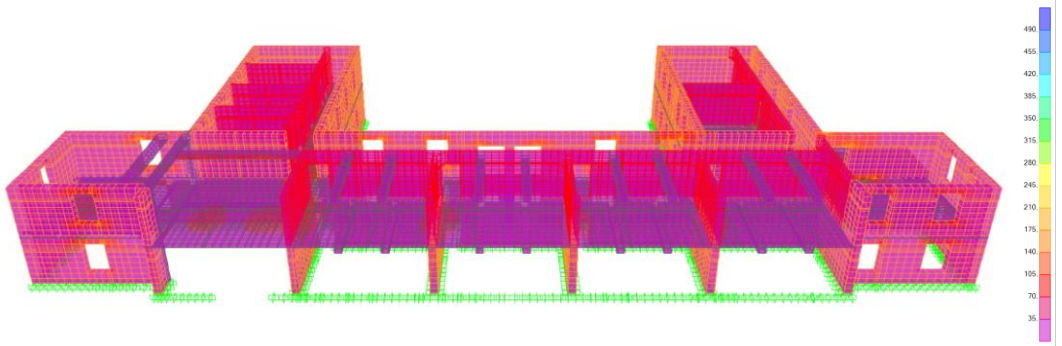
Şekil 4.16 2007 Türk Afet Yönetmeliğinde verilen elastik ivme spektrumu

2007 Deprem Yönetmeliğinin yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kurallarının anlatıldığı beşinci bölümünde yığma yapılarda hesap yapılırken spektrum katsayısının $S(T)=2.5$ ve deprem yükü azaltma katsayısının da $R(T)=2.0$ alınarak hesap yapılacağı söylenmiştir.

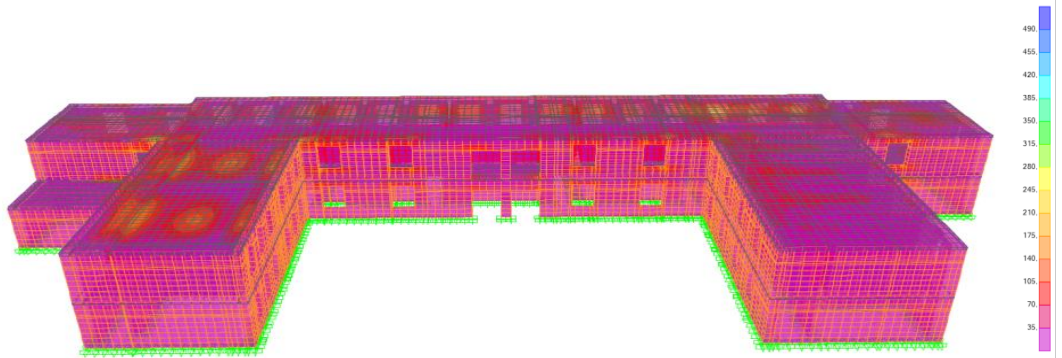
Ölü yükler ve X doğrultusunda etki eden, deprem yükü azaltma katsayısı ($R=2$) ile azaltılmış deprem yükleri altındadavranış spektrum analizi sonucu yapıda oluşaşekildeğiştirmeler Şekil 4.17– Şekil 4 34.'te verilmiştir.



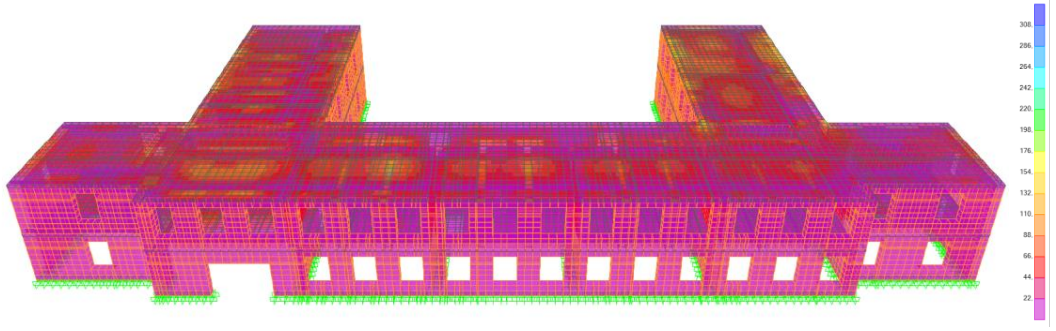
Şekil 4.17 X yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m^2)



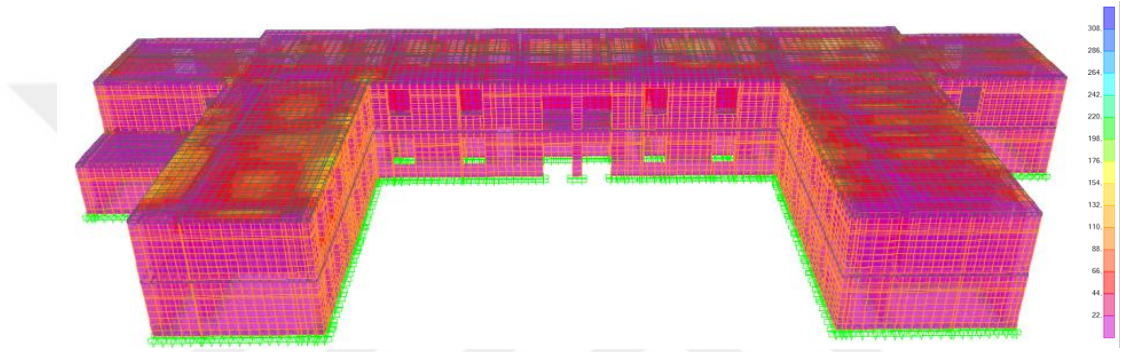
Şekil 4.18 X yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m^2)



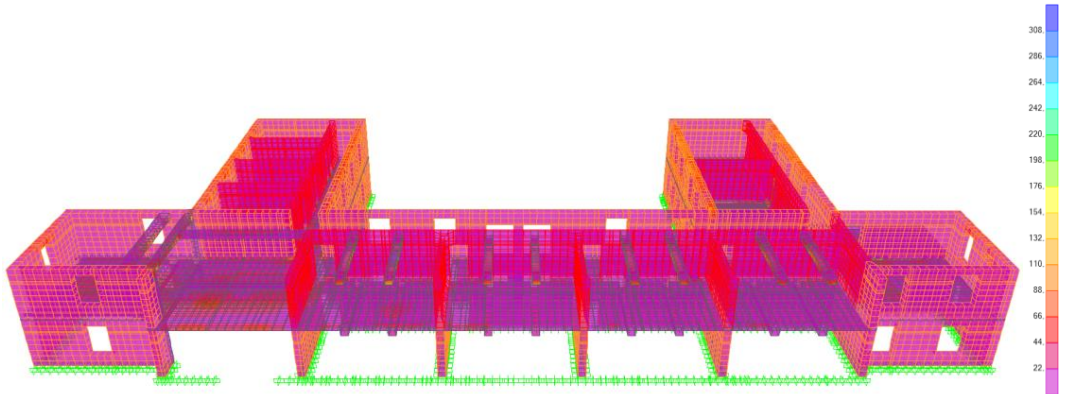
Şekil 4.19 X yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m^2)



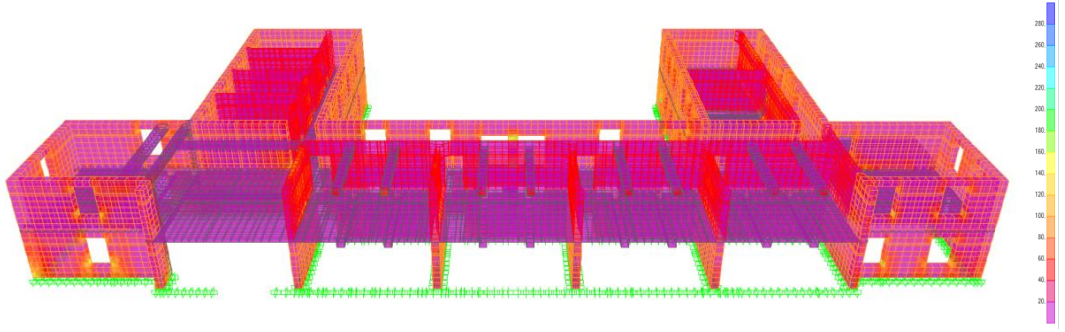
Şekil 4.20 X yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m²)



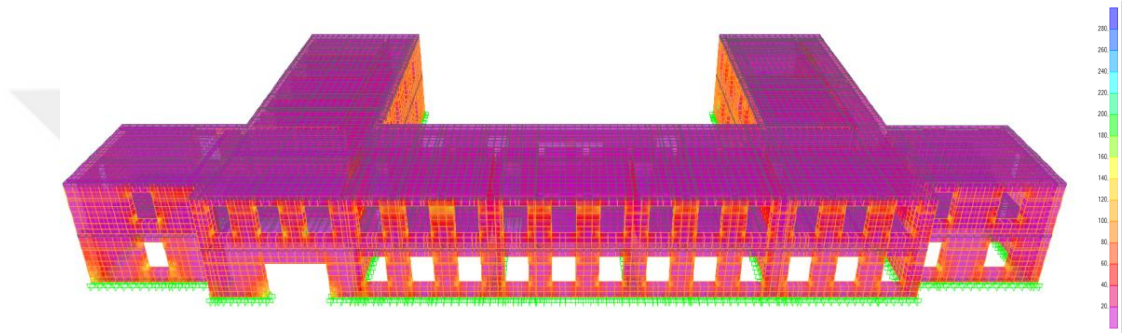
Şekil4.21 X yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m²)



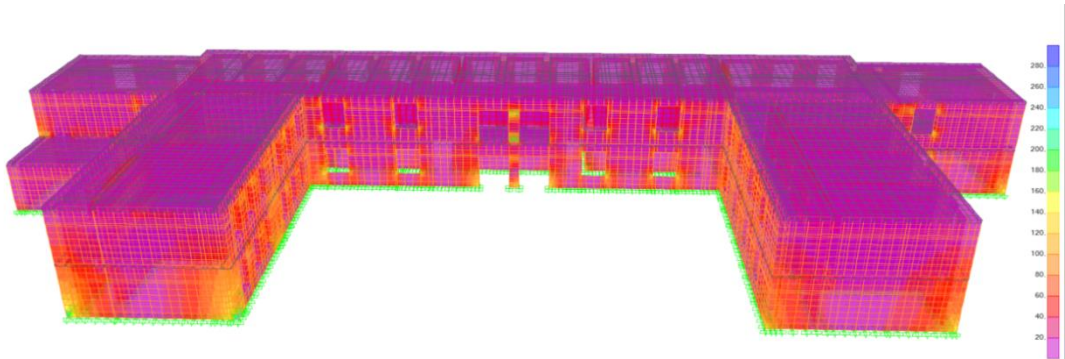
Şekil 4.22 X yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m²)



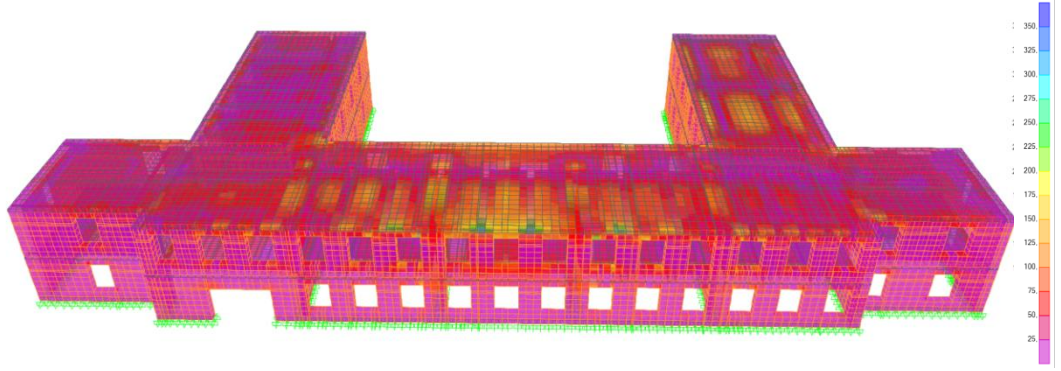
Şekil 4.23X yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m²)



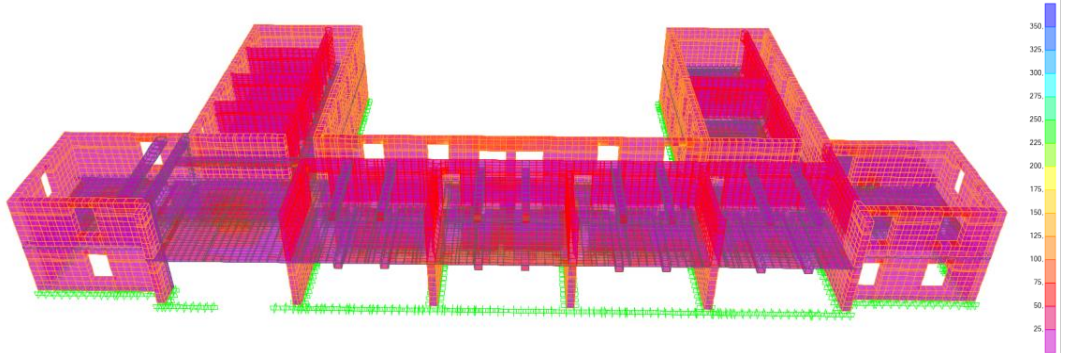
Şekil 4.24X yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m²)



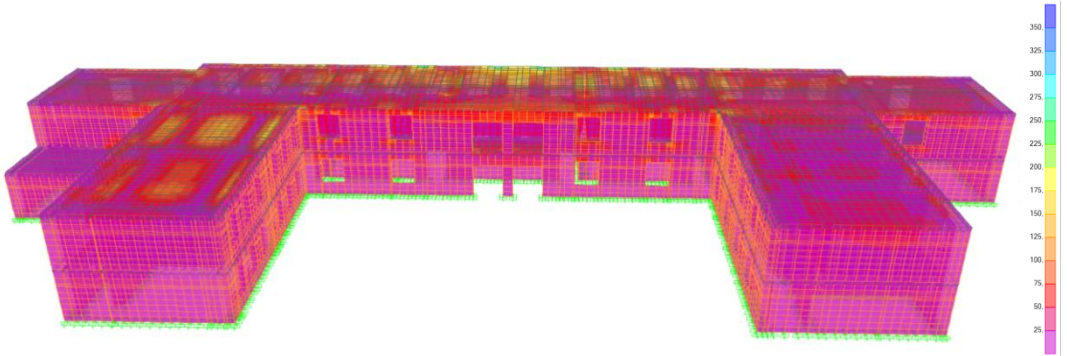
Şekil 4.25X yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m²)



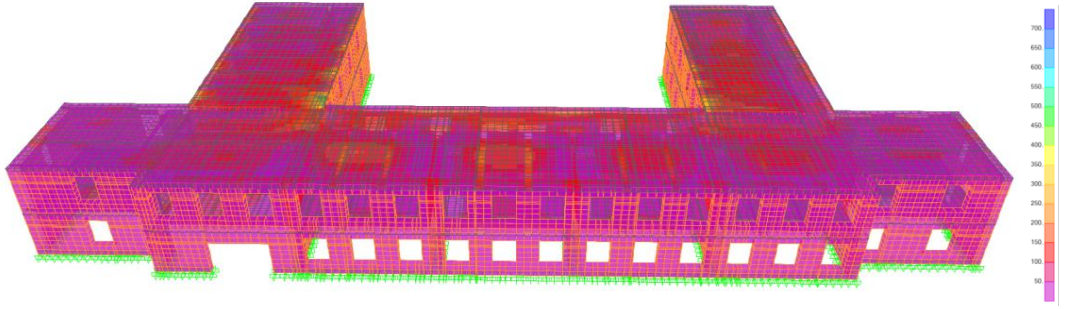
Şekil 4.26 Y yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m²)



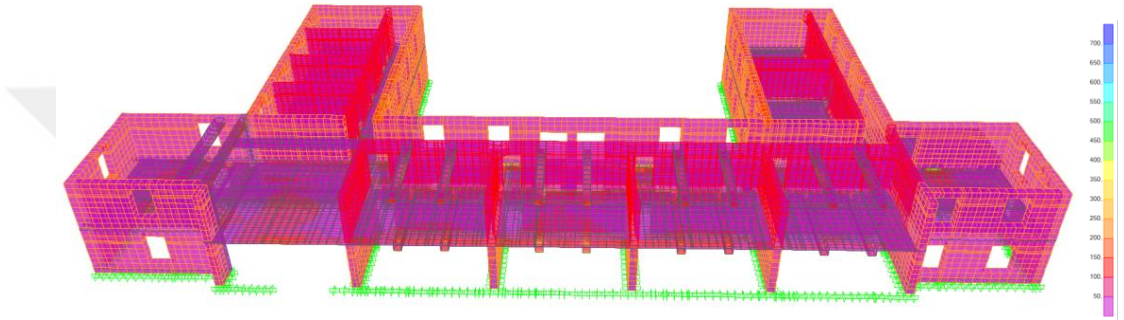
Şekil 4.27 Y yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m²)



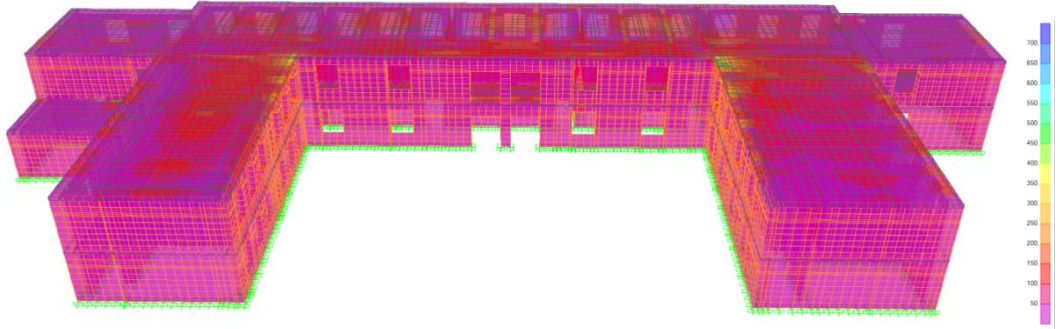
Şekil 4.28 Y yönünde uygulanan depremde S11 gerilme dağılımı (kN/m²)



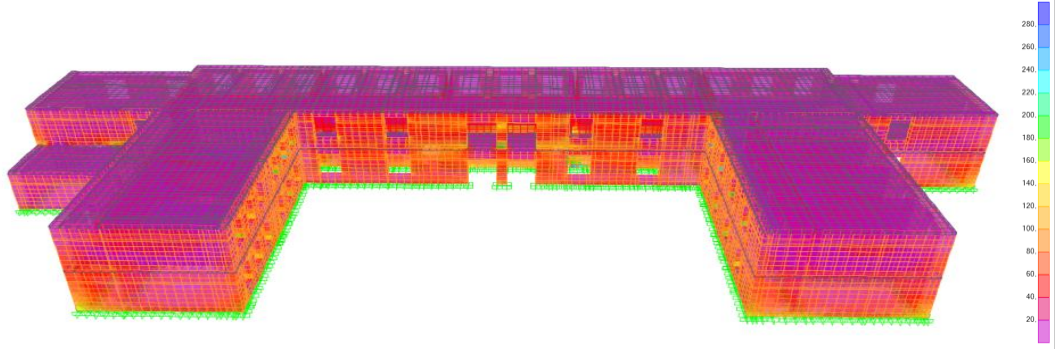
Şekil 4.29 Y yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m²)



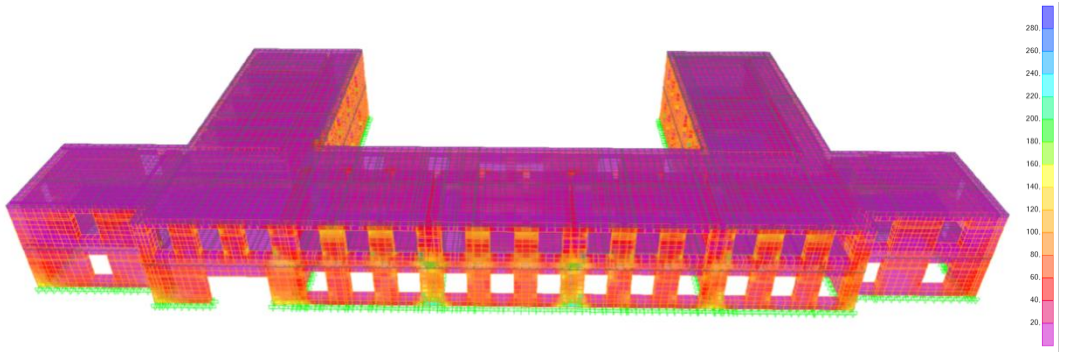
Şekil 4.30 Y yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m²)



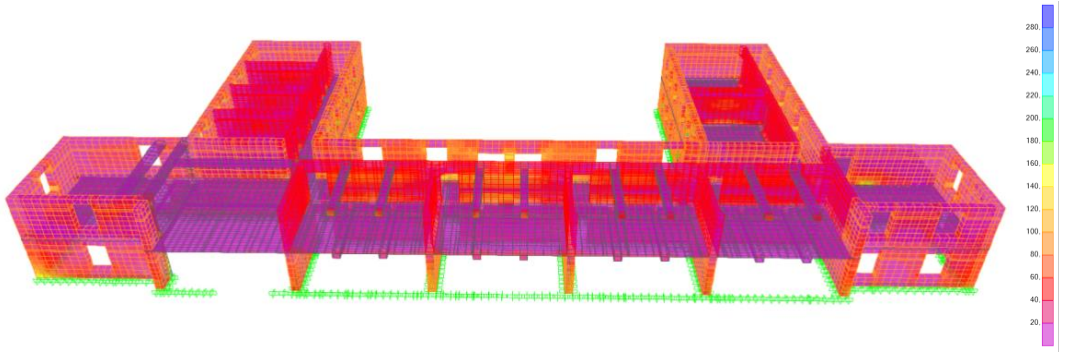
Şekil 4.31 Y yönünde uygulanan depremde S22 gerilme dağılımı (kN/m²)



Şekil 4.32 Y yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m^2)



Şekil4.33 Y yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m^2)



Şekil 4.34 Y yönünde uygulanan depremde S33 gerilme dağılımı (kN/m^2)

Davranış Spektrum analiz sonucunda elde edilen en yüksek gerilme değerleri Çizelge 4.2' de verilmiştir.Davranış Spektrum analizi sonucunda elde edilen gerilme değerleri kapasite hesabı sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.3' te verilmiştir.

Çizelge 4.2 Davranış Spektrum analizi sonucunda elde edilen gerilme değerleri

Malzeme	Davranış Spektrum Analiz Verileri		
	Gerilmeler	X Yönü (MPa)	Y Yönü (MPa)
Beton	S11	0,454089	0,373047
Beton	S22	0,307226	0,689173
SBT	S33	0,291488	0,298472

Çizelge 4.3 Davranış Spektrum analizi sonucunda oluşan gerilme değerlerinin kapasite hesabı

Malzeme	Davranış Spektrum Analiz Verileri		
	Gerilmeler	X Yönü	Y Yönü
Beton	S11	%32,44	%26,65
Beton	S22	%21,94	%49,23
SBT	S33	%11,22	%11,49

G+ EX yüklemesindeki gerilme seviyelerine göre;

- S11 gerilmelerinde, binanın sağ tarafında binanın orta gövdesiyle birleşim kısmında gerilme yığılması olduğu görülmektedir. Gerilme yığılmasının olduğu bölge betonarme olup C16 beton kabulü ile tasarlanmıştır. C16 betonunun çekme dayanımı 1,4 MPa olup, çekme gerilmelerinin yığılma oluşturduğu bölgedeki en yüksek değer olan 0,454089 MPa değeri bu değer çok altında olup emniyet sınırını aşmamaktadır. Bu gerilme değeri malzeme kapasitesinin %32,44' üne ulaşmıştır.
- S22 gerilmelerinde, maksimum gerilme değerlerinin binanın 7,2 kotundaki döşemede meydana geldiği görülmektedir. Gerilme yığılmasının olduğu bölge betonarme olup C16 beton kabulü ile tasarlanmıştır. C16 betonunun çekme dayanımı 1,4 MPa olup, çekme gerilmelerinin yığılma oluşturduğu bölgedeki en yüksek değer olan 0,307226 MPa değeri, bu değer çok altında olup emniyet sınırını aşmamaktadır. Bu gerilme değeri malzeme kapasitesinin %21,94' üne ulaşmıştır.
- S33 gerilmelerinde, maksimum gerilmeler binanın zemine yakın bölgelerinde pencere ve kapı açıklıklarının kenarlarında görülmektedir. Gerilme yığılmasının

oluştugu bölgeler sarı Bayburt taşı ile inşa edilmiş kısımlardır. Sarı Bayburt taşının taşıyabileceği maksimum çekme gerilmesi değeri 2,765 MPa olup, çekme gerilmelerinin yığılma oluşturduğu bölgedeki en yüksek değer olan 0,291488 MPa değerinin altında olup emniyet sınırını aşmamaktadır. Bu gerilme değeri malzeme kapasitesinin %11,22' sine ulaşmıştır.

G+ EY yüklemesindeki gerilme seviyelerine göre;

- S11 gerilmelerinde, binanın 7,2 m kotundaki döşemede ve pencere boşluklarının kenarlarında gerilme yığılmaları görülmektedir. Maksimum gerilme yığılmasının olduğu bölge ön cephede pencere üzerine gelen döşemelerdir. Döşemeler betonarme olup C16 beton kabulü ile tasarlanmıştır. C16 betonunun çekme dayanımı 1,4 MPa olup, çekme gerilmelerinin yığılma oluşturduğu bölgedeki en yüksek değer olan 0,373047 MPa değeri, bu değer çok altında olup emniyet sınırını aşmamaktadır. Bu gerilme değeri malzeme kapasitesinin %26,65'ine ulaşmıştır.
- S22 gerilmelerinde, maksimum gerilme değerlerinin binanın 7,2 kotundaki döşemede meydana geldiği görülmektedir. Gerilme yığılmasının olduğu bölge betonarme olup C16 beton kabulü ile tasarlanmıştır. C16 betonunun çekme dayanımı 1,4 MPa olup, çekme gerilmelerinin yığılma oluşturduğu bölgedeki en yüksek değer olan 0,689173 MPa değeri, bu değer çok altında olup emniyet sınırını aşmamaktadır. Bu gerilme değeri malzeme kapasitesinin %49,23'üne ulaşmıştır.
- S33 gerilmelerinde, maksimum gerilmeler binanın zemine yakın bölgelerinde pencere ve kapı açıklıklarının kenarlarında görülmektedir. Gerilme yığılmasının olduğu bölgeler sarı Bayburt taşı ile inşa edilmiş kısımlardır. Sarı Bayburt taşının taşıyabileceği maksimum çekme gerilmesi değeri 2,765 MPa olup, çekme gerilmelerinin yığılma oluşturduğu bölgedeki en yüksek değer olan 0,298472 MPa değerinin altında olup emniyet sınırını aşmamaktadır. Bu gerilme değeri malzeme kapasitesinin %11,49' una ulaşmıştır.

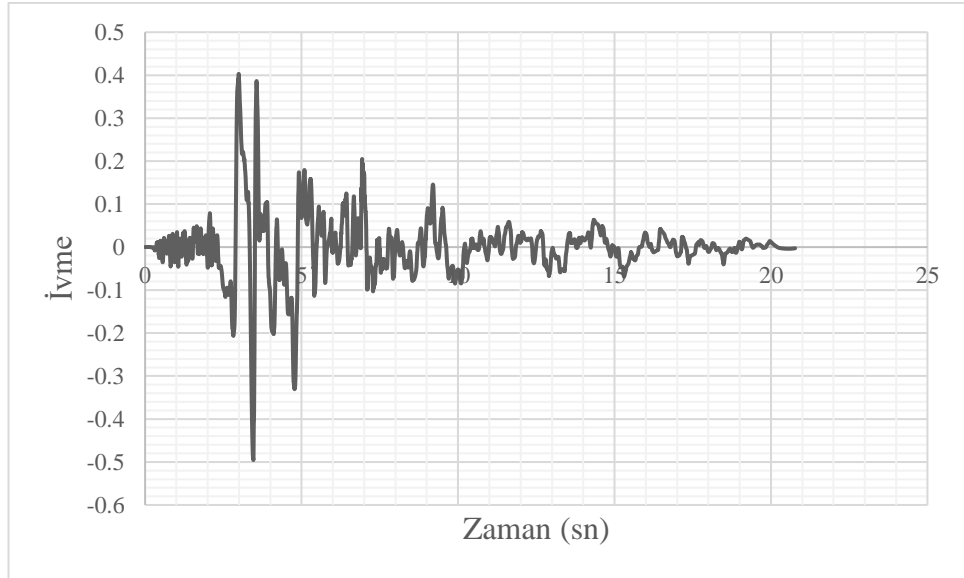
4.3 Zaman Tanım Aralığı Analizi

4.3.1 27 Aralık 1939 Erzincan depremi analizi

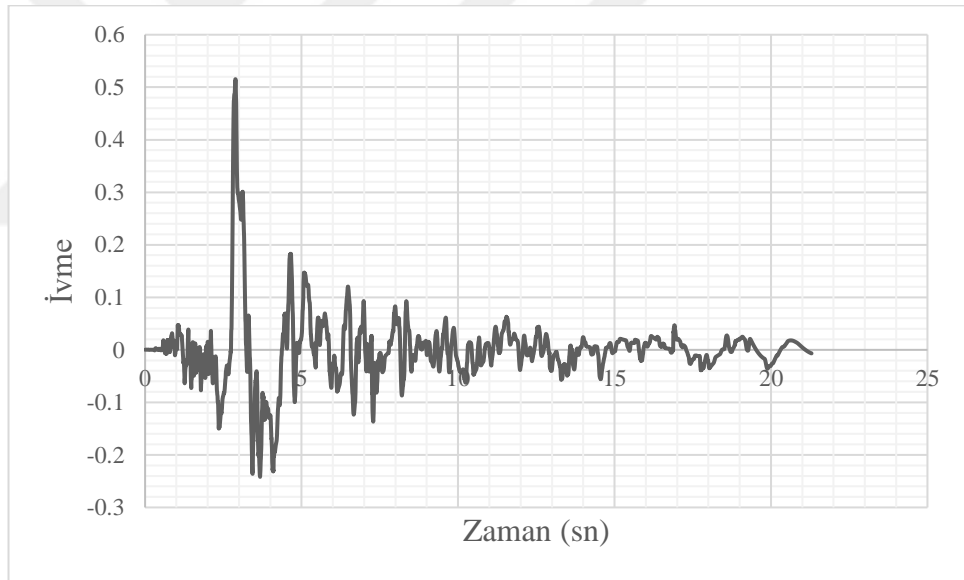
Anadolu coğrafyasında meydana gelen büyük depremler arasında yer alan 27 Aralık 1939 Erzincan Depreminin şiddeti 8,0'dır. Depremde 32.962 kişi ölmüş, yaklaşık 116.720 bina yıkılmıştır. Konumu 39 80 kuzey enlemi ve 39 51 doğu boylamı, odak derinliği 20 km olan depremin etkilediği alan doğuda Erzincan ovasından, batıda Kelkit Vadisine kadar uzanır. Depremde hasara uğramış bölgelerin uzunluğu 400 km, genişliği ise 200 km'dir. Bu depremde Erzincan'dan Kelkit Vadisini izleyerek Niksar'a kadar uzanan yaklaşık 350 km'lik kırık sistemi oluşmuştur. Kırıklarda 1 m'lik düşey ve 4 m'lik yatay hareketler görülmüştür. Bu deprem Dünya tarihinde depremlerde yaşanan can kayıpları sıralamasında 27. sıradadır. 20. Yüzyılda yaşanan depremler ele alındığında ise, 8. sırada yer almaktadır (AFAD, 2019). 27 Aralık 1939 Erzincan depreminin sebep olduğu hasara ait bir görüntü Şekil 4.35'de, 27 Aralık 1939 Erzincan depreminin ivme kaydı Şekil 4.36 ve Şekil 4.37' de verilmiştir.



Şekil 4.35 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi hasarı (AFAD,2019)

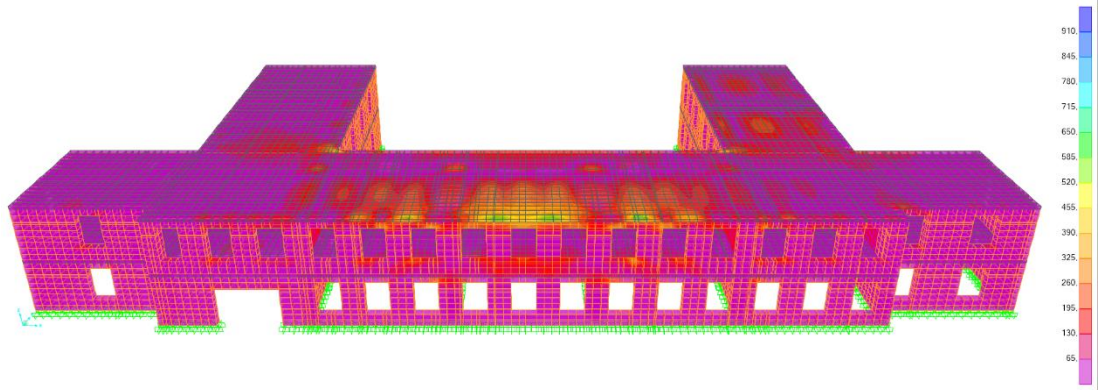


Şekil 4.36 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi ivme kaydı (X yönü bileşimi)

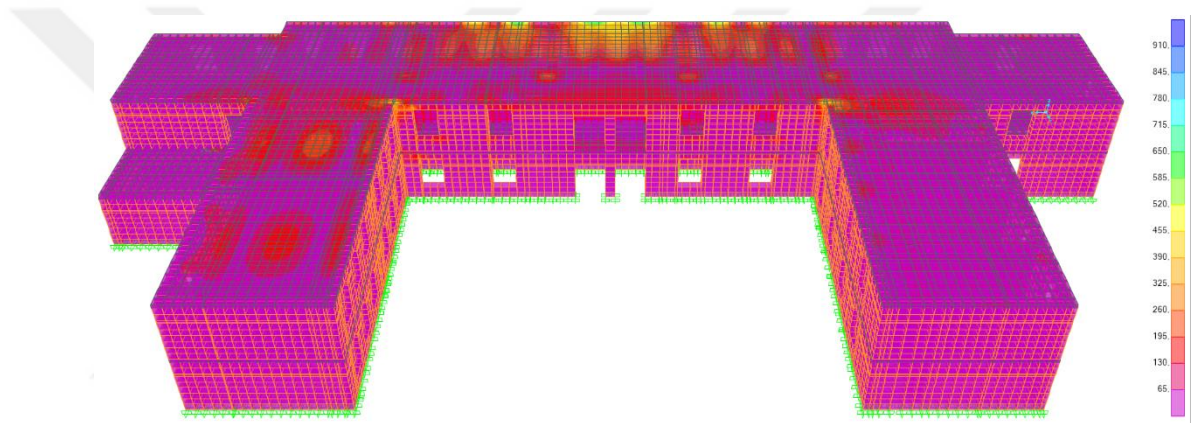


Şekil 4.37 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi ivme kaydı (Y yönü bileşimi)

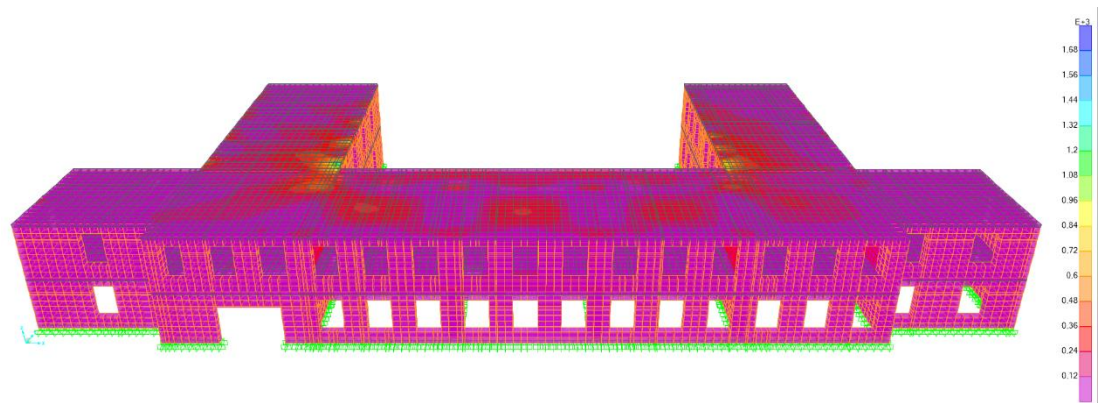
Bayburt Lisesi'ne 27 Aralık 1939 Erzincan depremi ivme kayıtlarının x bileşeni x yönünde, y bileşeni y yönünde yüklenmiştir. Yapılan zaman tanım aralığı analizleri sonucunda elde edilen en büyük çekme ve basınç gerilmeleri değerlerine ait görüntüler aşağıdaki Şekil 4.38- Şekil 4.49'da verilmiştir.



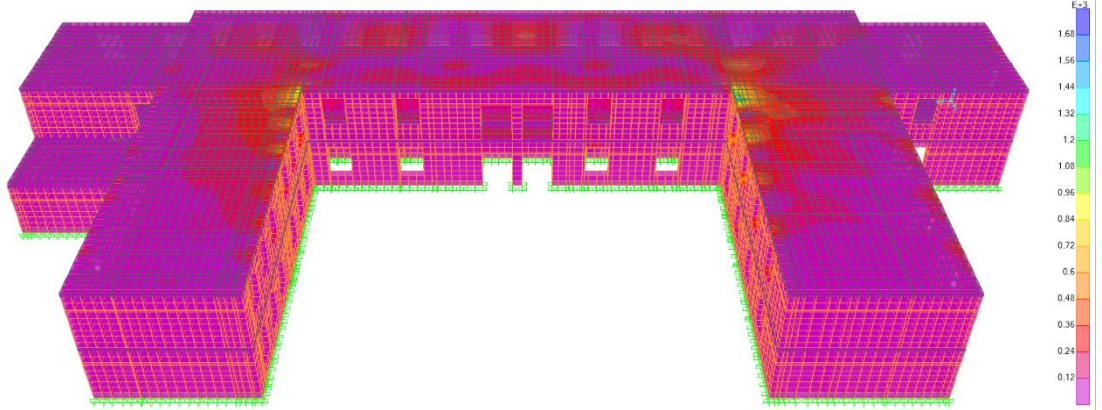
Şekil 4.3827 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²)



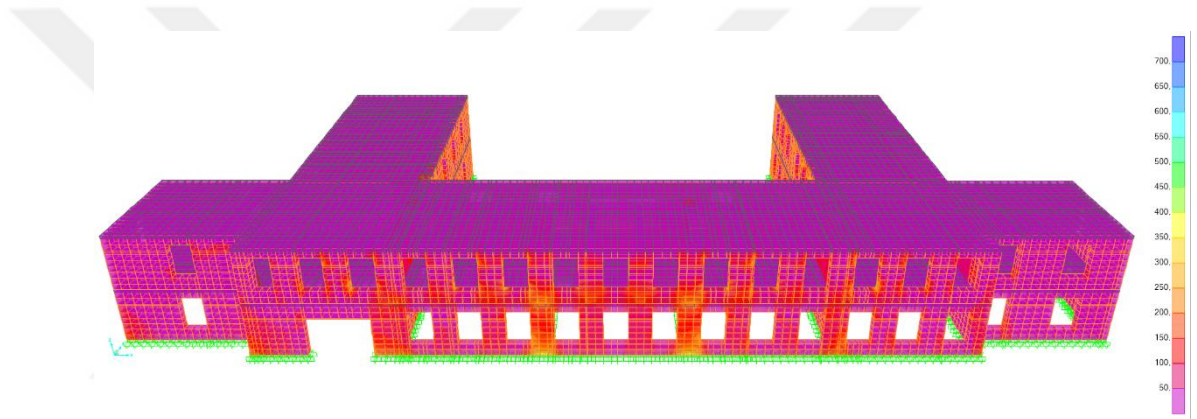
Şekil 4.3927 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²)



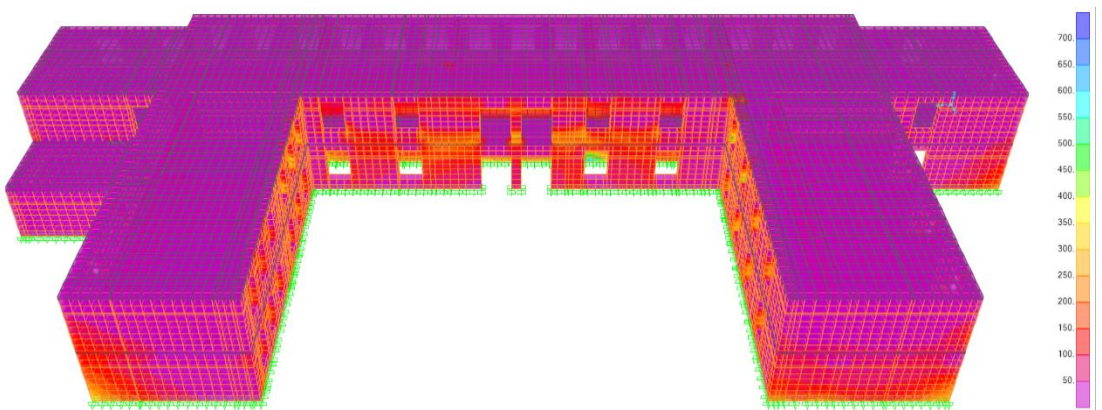
Şekil 4.4027 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²)



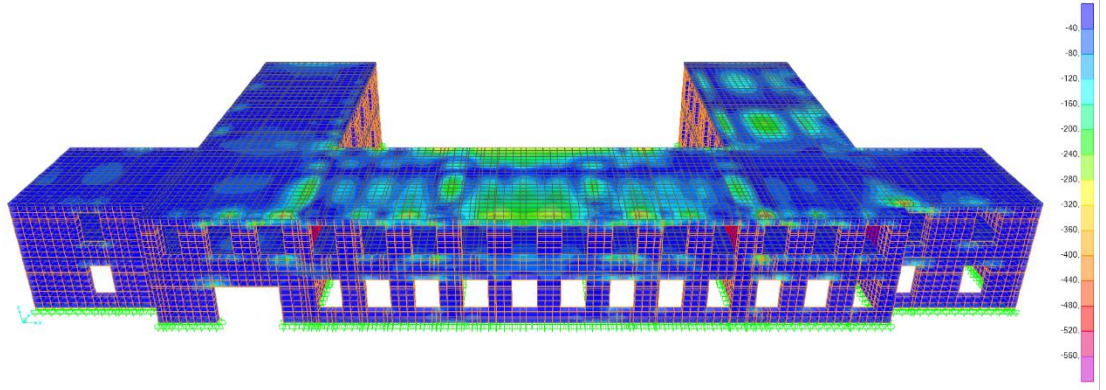
Şekil 4.4127 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



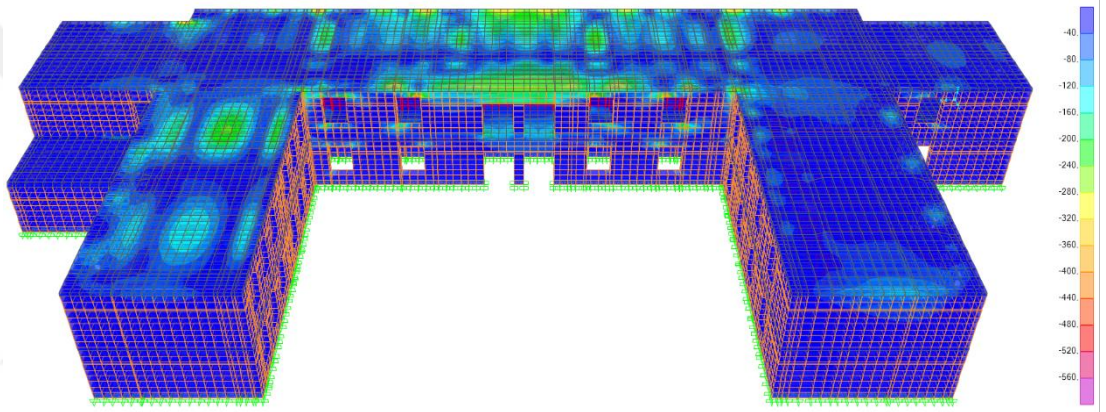
Şekil 4.4227 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



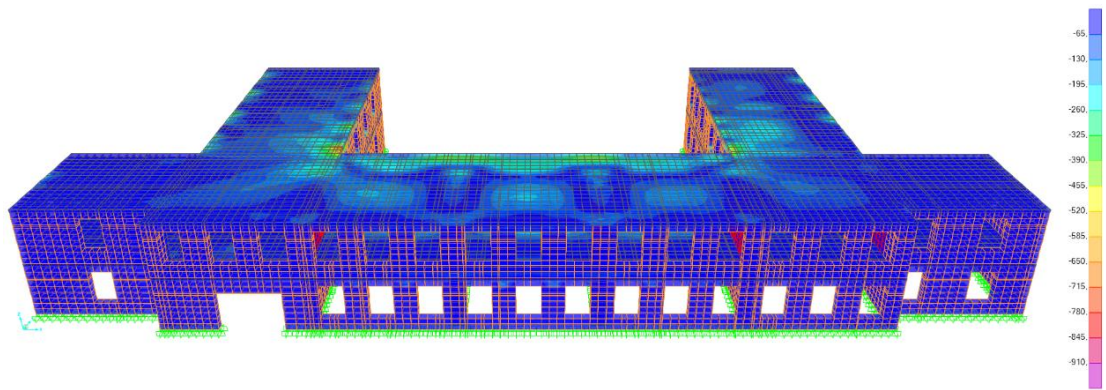
Şekil 4.4327 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



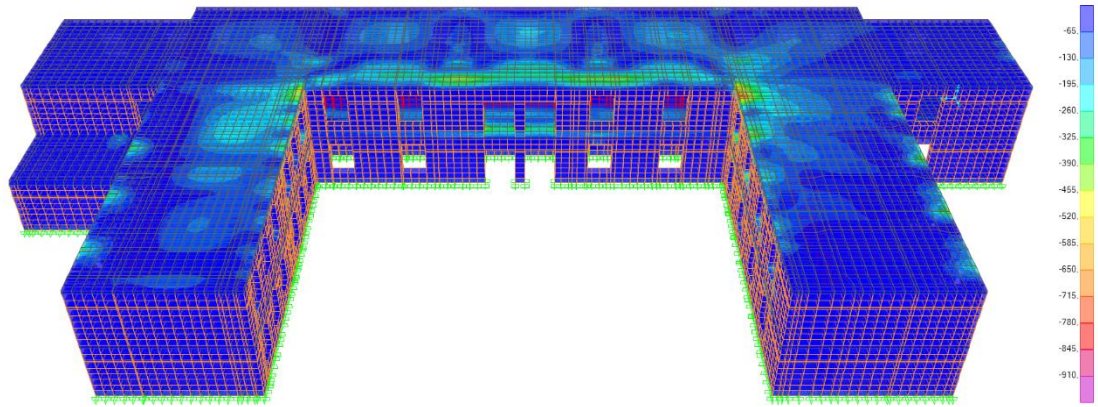
Şekil 4.4427 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



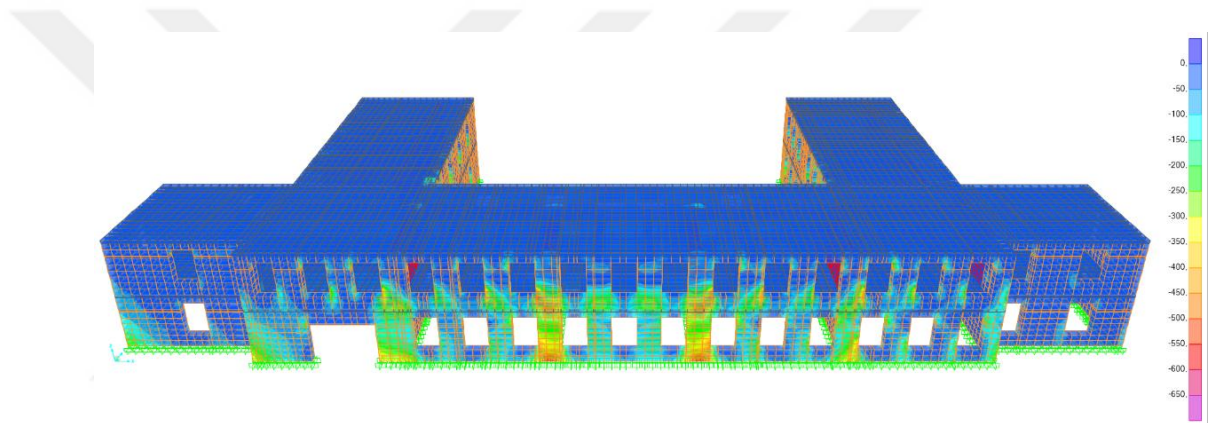
Şekil 4.4527 Aralık 1939 Erzincan depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



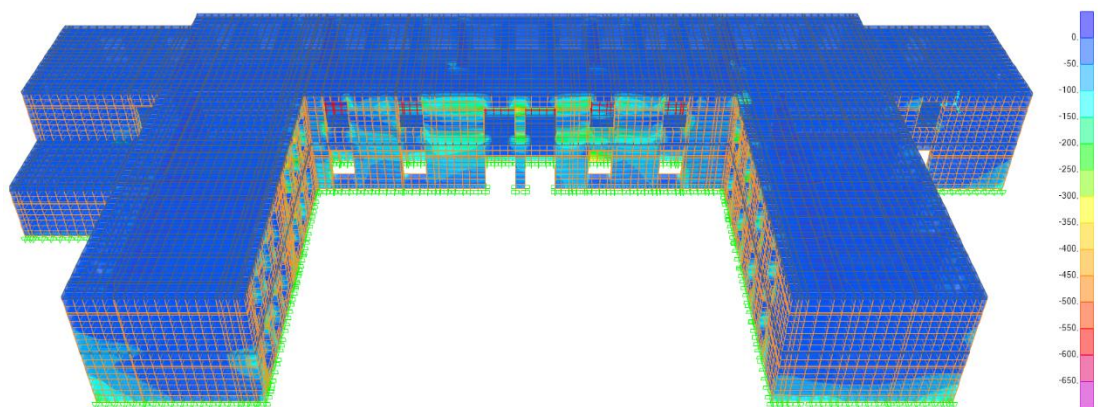
Şekil 4.4627 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil 4.47 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil 4.48 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil 4.49 27 Aralık 1939 Erzincan depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)

27 Aralık 1939 Erzincan depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri Çizelge 4.4'te, 27 Aralık 1939 Erzincan depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı malzemenin taşıma kapasitesinin yüzde (%) olarak değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 27 Aralık 1939 Erzincan depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri

Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)
SBT	0,554396	-0,403172	0,751453	-0,388073	0,667165	-0,590883
Tuğla	0,168501	-0,111852	0,141342	-0,136067	0,379894	-0,238687
Beton	0,757110	-0,510995	1,435907	-0,783969	0,306870	-0,270754

Çizelge 4.5 27 Aralık 1939 Erzincan depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı kapasite (%) değerleri

Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)
SBT	%20,05	%1,46	%27,18	%1,40	%24,13	%2,13
Tuğla	%33,70	%1,12	%28,27	-%1,36	%75,98	%2,39
Beton	%54,08	%3,19	%102,49	%4,90	%21,92	%1,69

4.3.2 23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi analizi

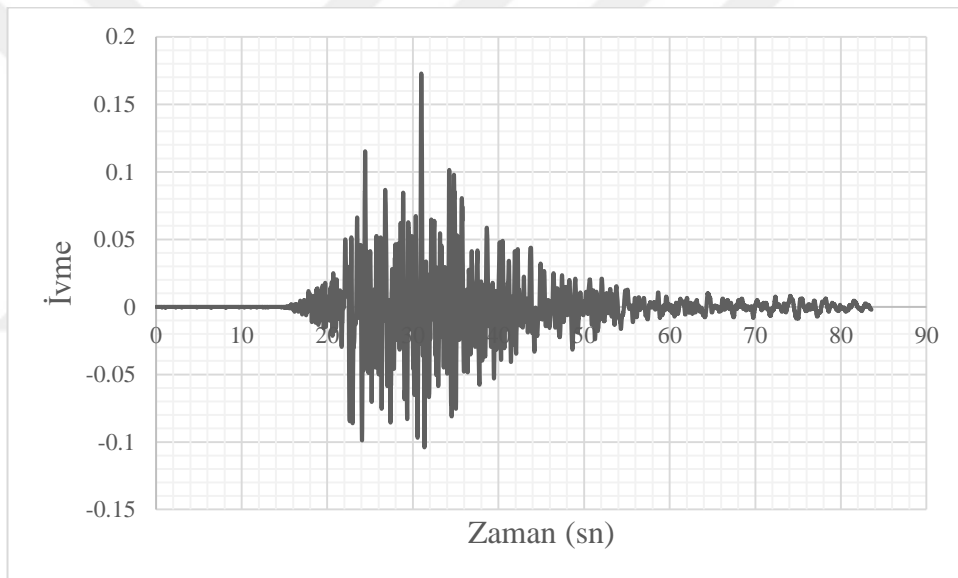
23 Ekim 2011 tarihinde Van Őehir merkezinin yaklaşık 20 km. kuzeyinde Erĕek gölünün batısında Kasımoğlu köyü civarlarında kuvvetli bir deprem meydana gelmiştir. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen Ulusal Sismoloji Gözlem Ağı'nın verilerine göre; yerel saatle 13.41'de meydana gelen bu depremin koordinatları 38.68 K – 43.47D, derinliği 19.07 km. ve 7,0 Őiddetindeki bu depremin ardından yapılan arazi ĕalıřmalarından elde edilen morfolojik belirtiler, depremin neden olduğu etkiler ve gözlenen kütle hareketleri ile mevcut fay haritaları depremin yaklaşık Doğu-Batı doğrultulu Everek fayı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Arazi ĕalıřmalarında ĕalıřma alanının birĕok bölümünde deprem sonrası oluşan heyelan, kaya düşmesi, sıvılaşma ve yanal yayılma gibi ikincil olaylara da rastlanılmıştır (AFAD,2019).

23 Ekim 2011 Van-Erciş depremi her yönüyle ilginĕ bir depremdir. Ülkemizde hiçbir depremde ĕok kısa bir zaman aralığında artĕı deprem değerleri bu kadar büyük ve ĕok sayıda olmamıştır. Depremin birinci haftasında bölgede büyüklüğu 4.0-4.9 arasında değişen deprem sayısı 114, magnitüdü 5.0'dan büyük olan deprem sayısı ise 7'dir. İlk ay içinde, bölgede her gün ortalama olarak 180 adet artĕı deprem meydana gelmiştir. 9 Aralık 2011 tarihi itibariyle bölgedeki toplam artĕı deprem sayısı 6.284 adede ulaşmıştır (AFAD,2019).

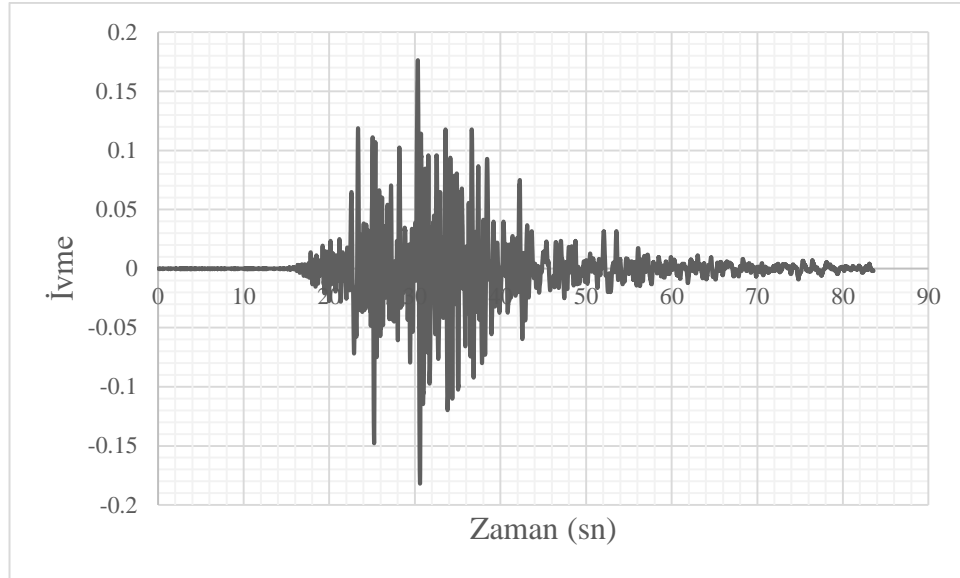
23 Ekim 2011 Van-Erciş depreminde 48.666 yapı yıkılmış ya da ağır hasar almış, 604 kişi hayatını kaybetmiş ve 1301 kişi yaralanmıştır (AFAD,2019). 23 Ekim 2011 Van-Erciş depreminin ardından oluşan hasara ait bir görüntü Şekil 4.50'de. 23 Ekim 2011 Van-Erciş depreminin ivme kayıtları Şekil 4.51 ve Şekil 4.52 'de verilmiştir.



Şekil 4.50 23 Ekim 2011 Erciș Depremi hasarı (AFAD,2019)

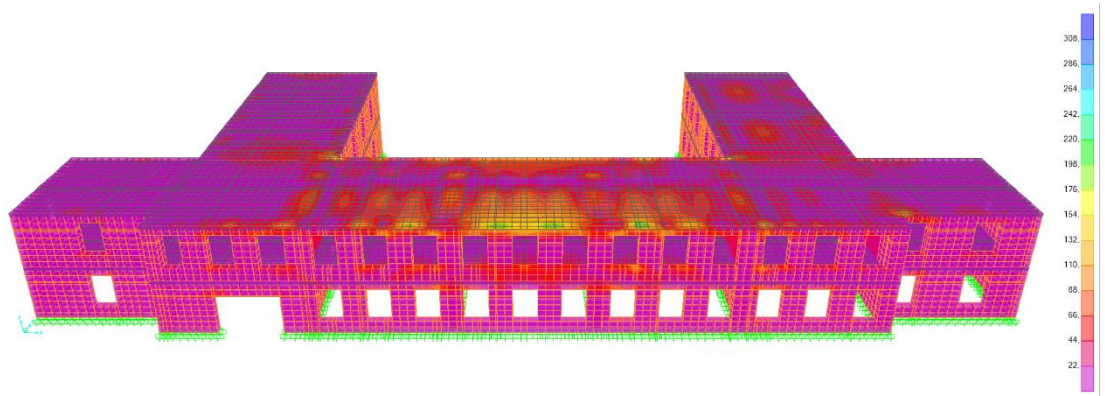


Şekil4.51 23 Ekim 2011 Erciș Depremi ivme kaydı (X yönü)

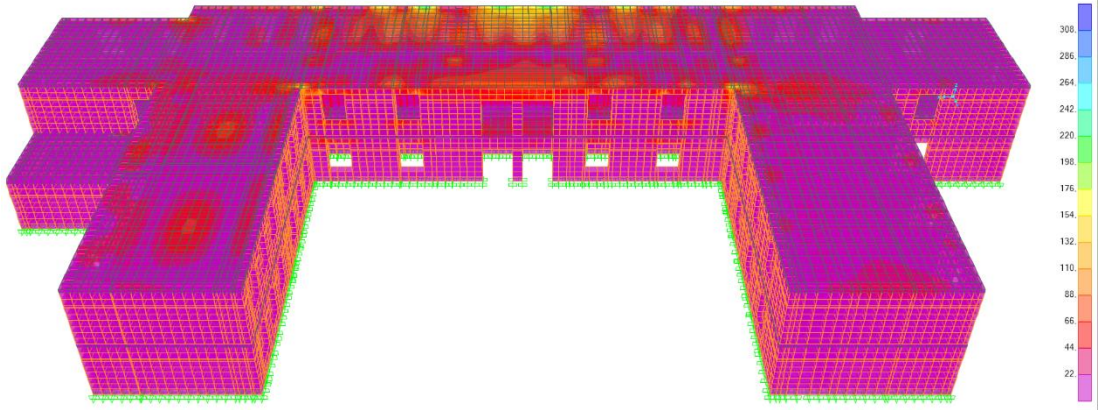


Şekil4.52 23 Ekim 2011 Erciş Depremi ivme kaydı (Y yönü)

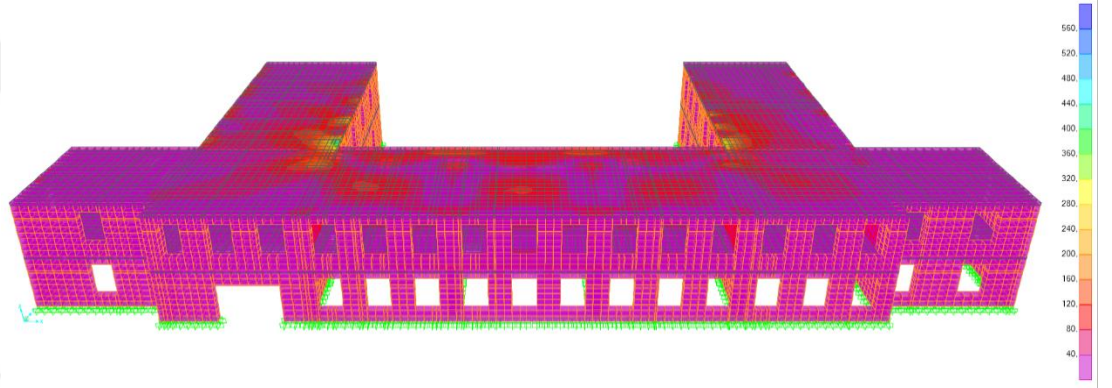
Bayburt Lisesi'ne 23 Ekim 2011 Erciş depremi ivme kayıtlarının x bileşeni x yönünde, y bileşeni y yönünde yüklenmiştir. Yapılan zaman tanım aralığı analizleri sonucunda elde edilen en büyük çekme ve basınç gerilmeleri değerlerine ait görüntüler aşağıdaki Şekil 4.53- Şekil 4.64'te verilmiştir.



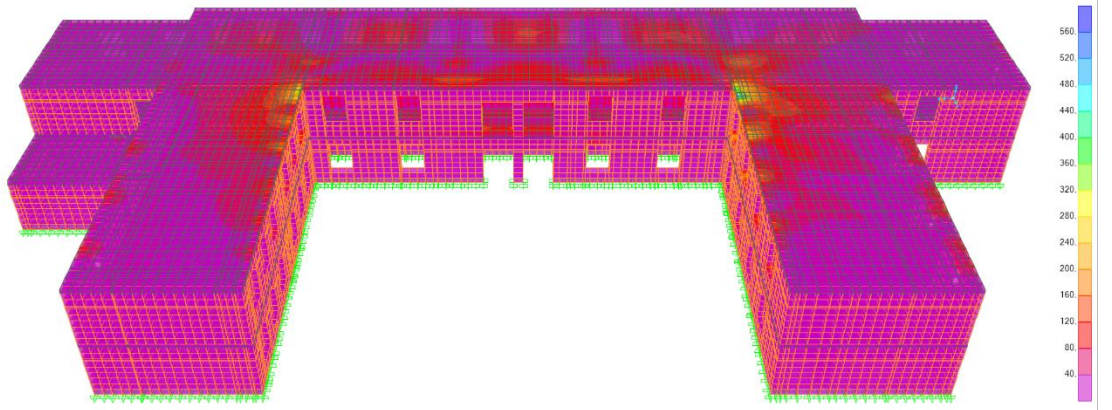
Şekil 4.5323 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²)



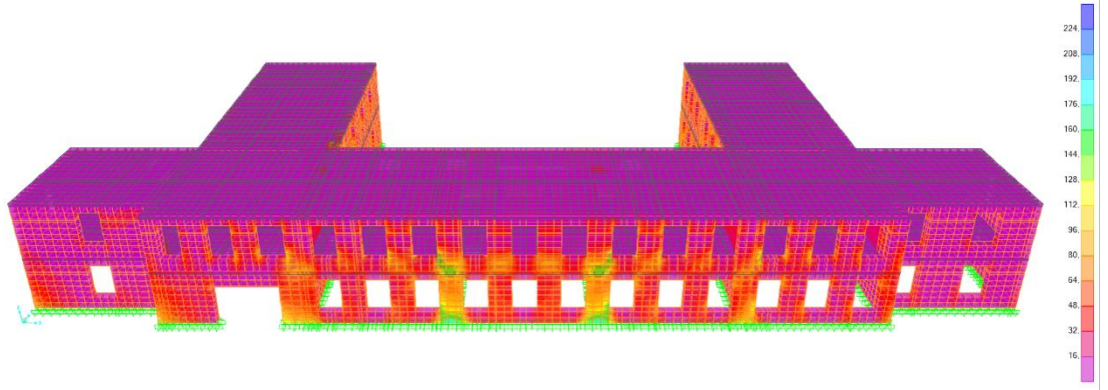
Şekil 4.5423 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



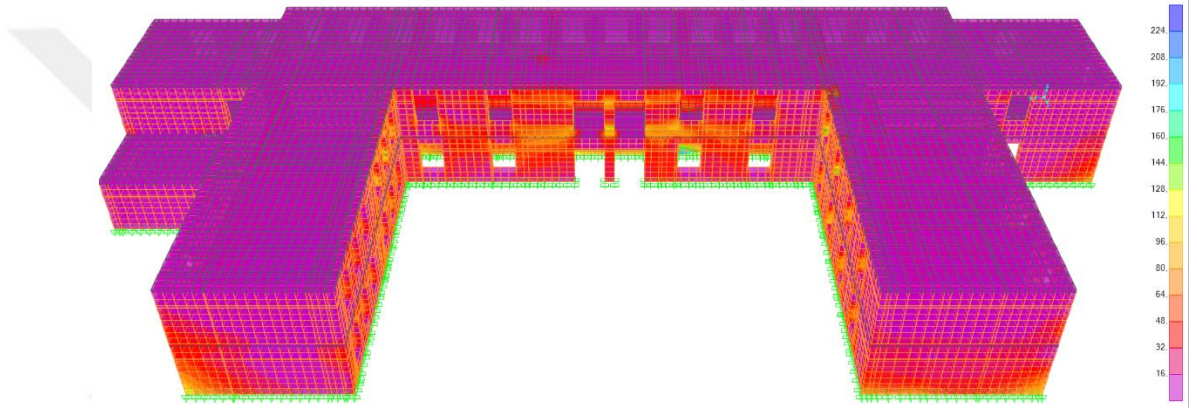
Şekil 4.5523 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



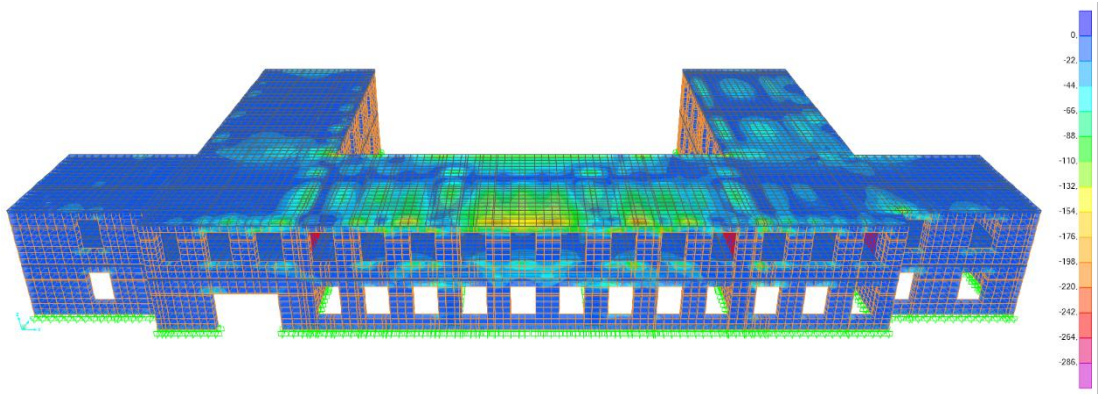
Şekil 4.5623 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



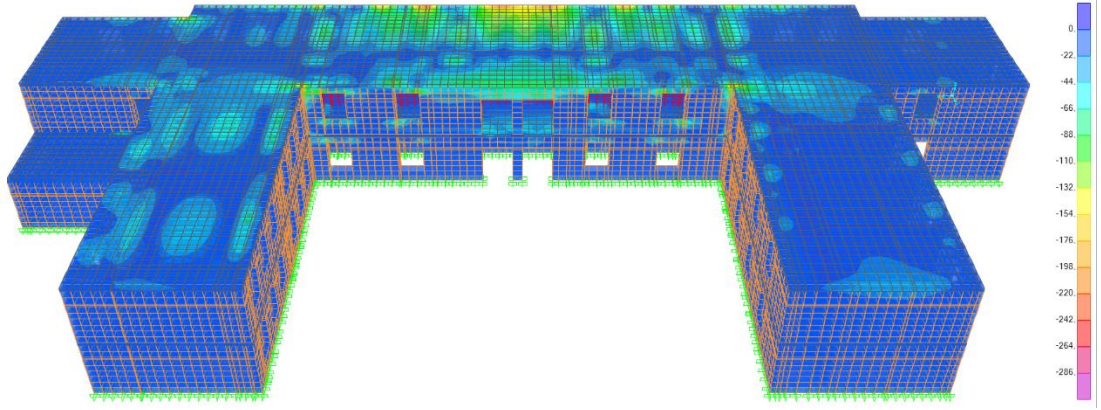
Şekil 4.57 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



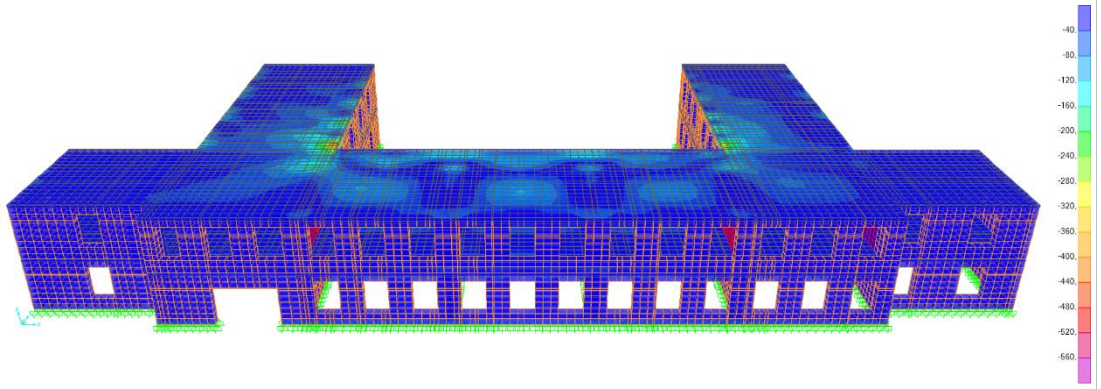
Şekil 4.58 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



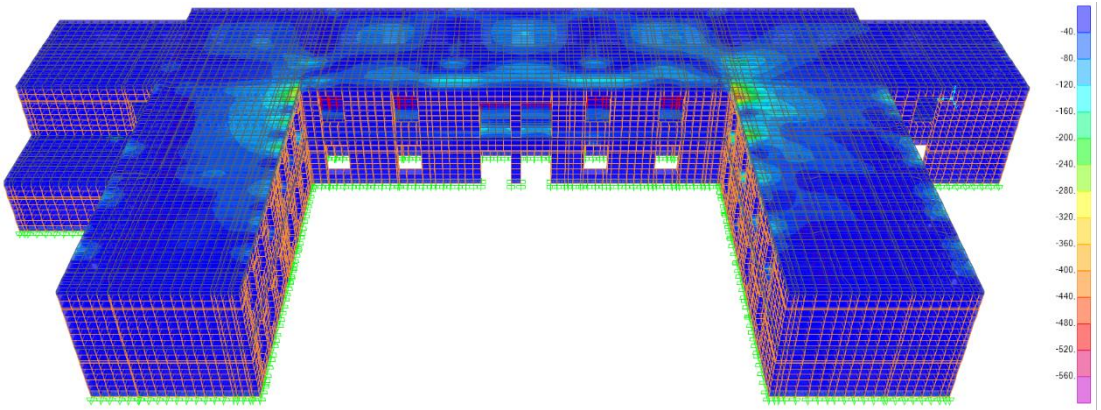
Şekil 4.59 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



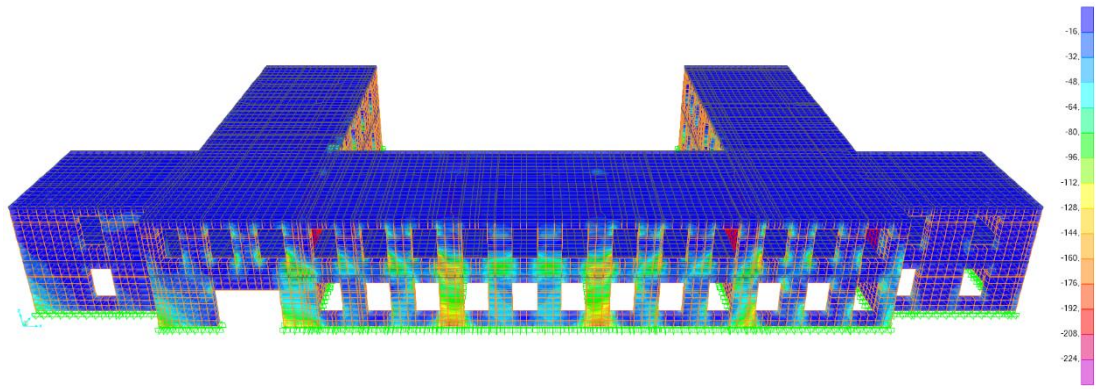
Şekil 4.6023 Ekim 2011 Erciş Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



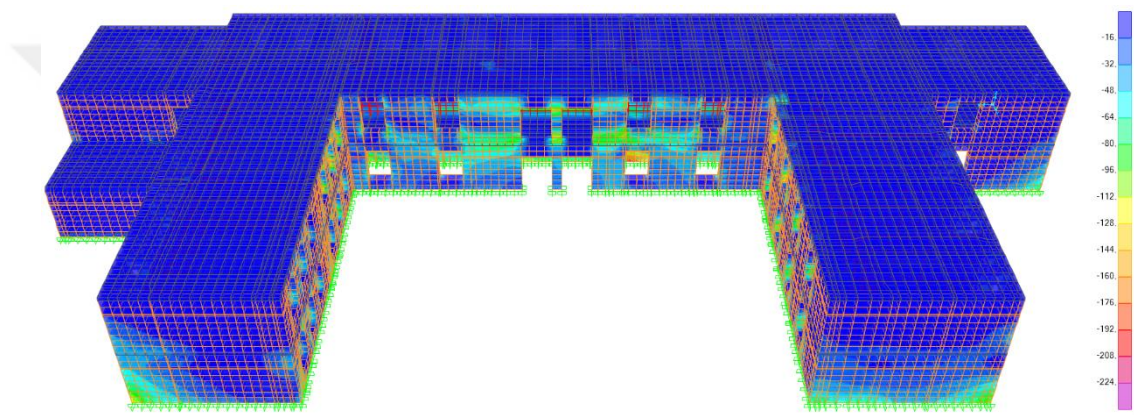
Şekil 4.6123 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil 4.6223 Ekim 2011 Erciş Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil 4.63 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil 4.64 23 Ekim 2011 Erciş Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)

23 Ekim 2011 Erciş depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri Çizelge 4.6' da, 23 Ekim 2011 Erciş depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı malzemenin taşıma kapasitesinin yüzde (%) olarak değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6 23 Ekim 2011 Erciş depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri

Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)
SBT	0,176514	-0,214577	0,254767	-0,254191	0,224422	-0,228579
Tuğla	0,071400	-0,072878	0,036434	-0,045994	0,103813	-0,125187
Beton	0,254299	-0,255773	0,482800	-0,470086	0,153222	-0,157903

Çizelge 4.723 Ekim 2011 Erciş depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı kapasite (%) değerleri

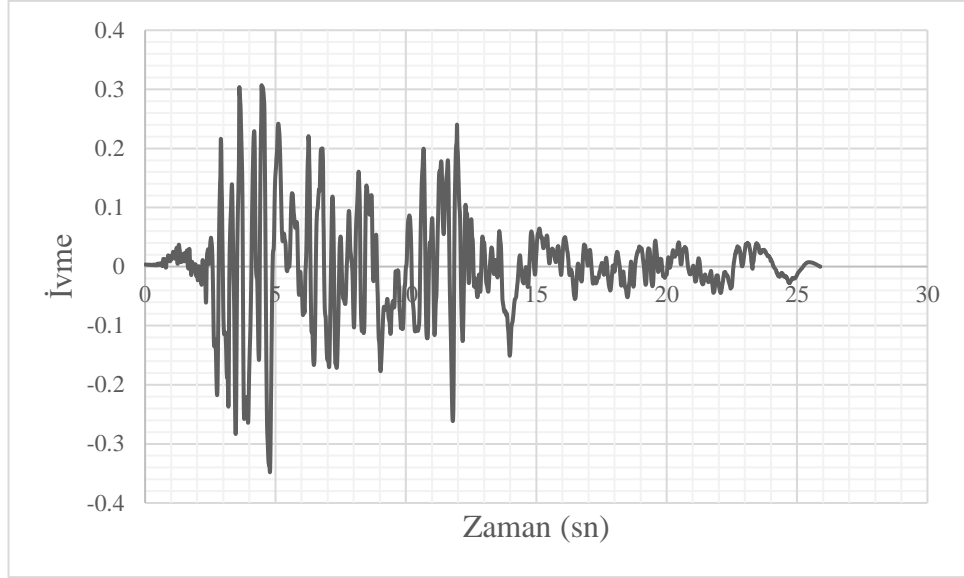
Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)
SBT	%6,38	%0,78	%9,21	%0,92	%8,12	%0,83
Tuğla	%14,28	%0,73	%7,29	%0,46	%20,76	%1,25
Beton	%18,16	%1,60	%34,49	%2,94	%10,94	%0,99

4.3.3 12 Kasım 2011 Düzce depremi analizi

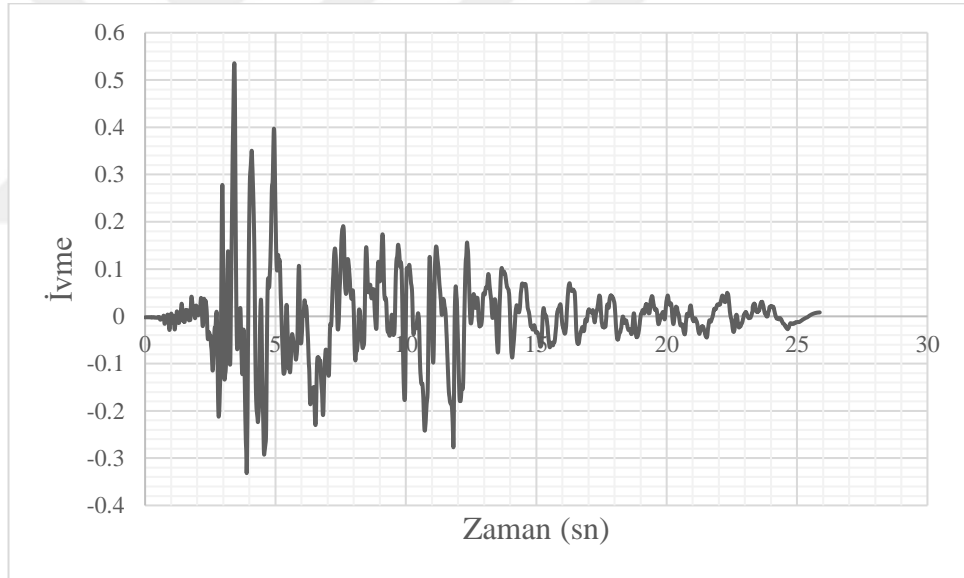
12 Kasım 1999 Cuma Günü Saat 18.57'de Düzce'de 30 saniye süren 7.1 büyüklüğündeki depremde, 710 kişi yaşamını yitirmiş, 2679 kişi yaralanmış, binlerce kişi evsiz kalmıştır. 73 km uzunluğunda olan bu fayın 30 km'lik batı bölümü 17 Ağustos 1999 depreminde kırılmış bulunuyordu. 12 Kasım 1999 depremi ise fayın 43 km uzunluğundaki doğu bölümünün kırılması sonucunda yaşanmıştır. 12 Kasım 1999 depremi kendisinden 87 gün önceki 17 Ağustos 1999 depremindeki kırılmaların Düzce fayının doğu bölümünü tetiklemesi sonucu gelişmiştir (AFAD, 2019). Depremi ardından oluşan hasar görüntüsü Şekil 4.65'te depremin ivme kaydı Şekil 4.66 ve Şekil 4.67'de verilmiştir.



Şekil4.6512 Kasım 1999 Düzce Depremi hasarı (AFAD,2019)

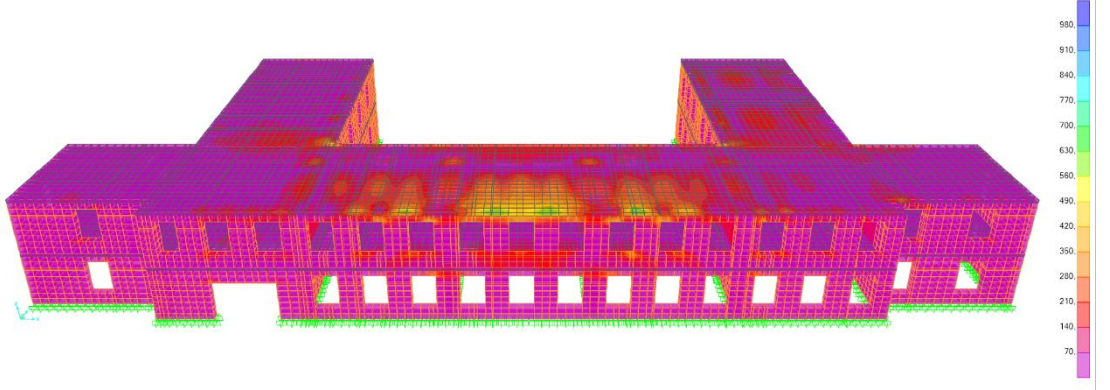


Şekil 4.66 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ivme kaydı (X yönü)

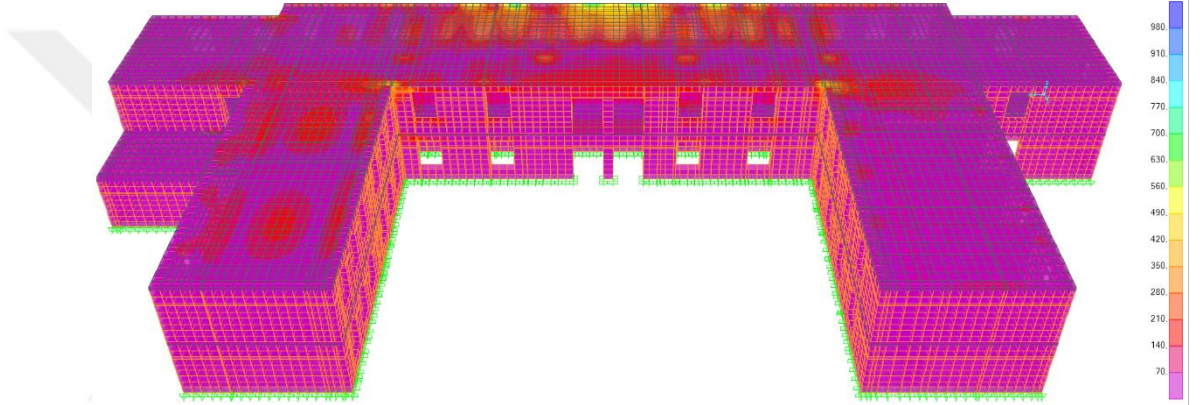


Şekil 4.67 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ivme kaydı (Y yönü)

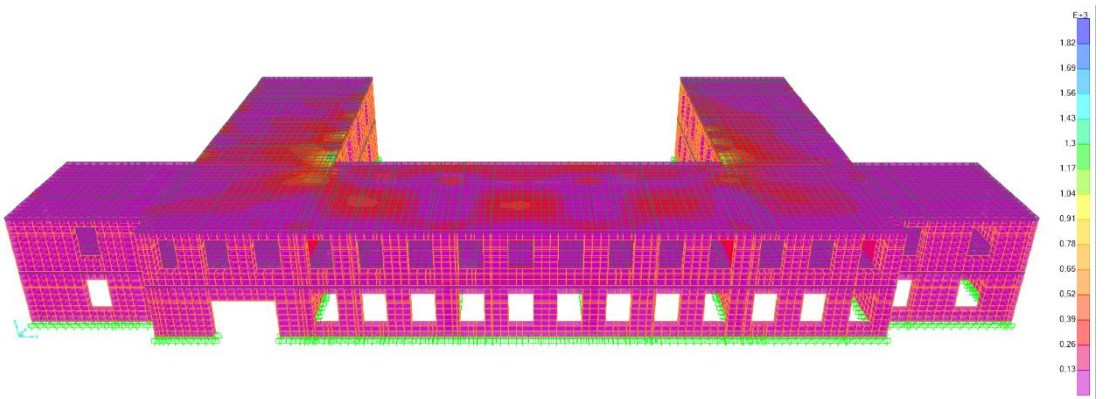
Bayburt Lisesi'ne 12 Kasım 1999 Düzce depremi ivme kayıtlarının x bileşeni x yönünde, y bileşeni y yönünde yüklenmiştir. Yapılan zaman tanım aralığı analizleri sonucunda elde edilen en büyük çekme ve basınç gerilmeleri değerlerine ait görüntüler aşağıdaki Şekil 4.68- Şekil 4.79'da verilmiştir.



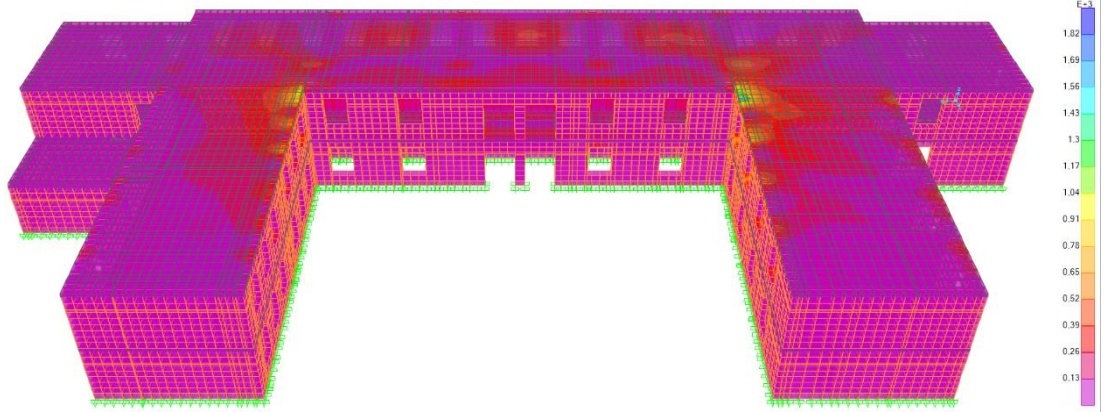
Şekil4.6812 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



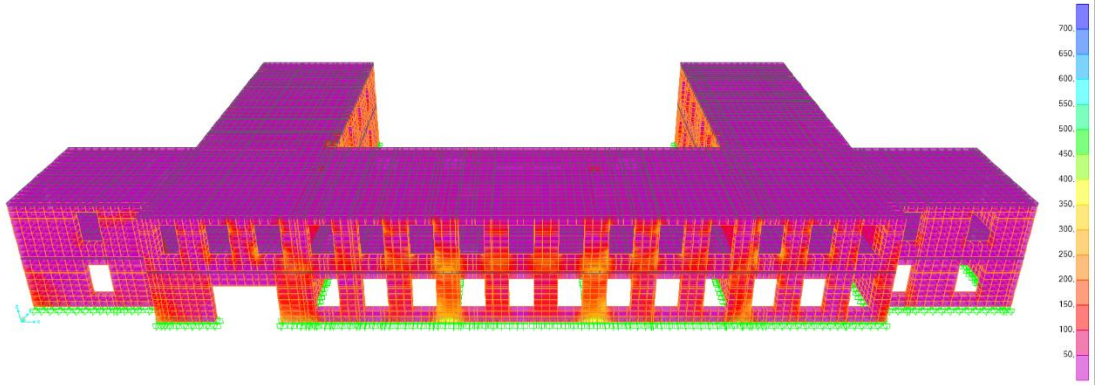
Şekil 4.6912 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



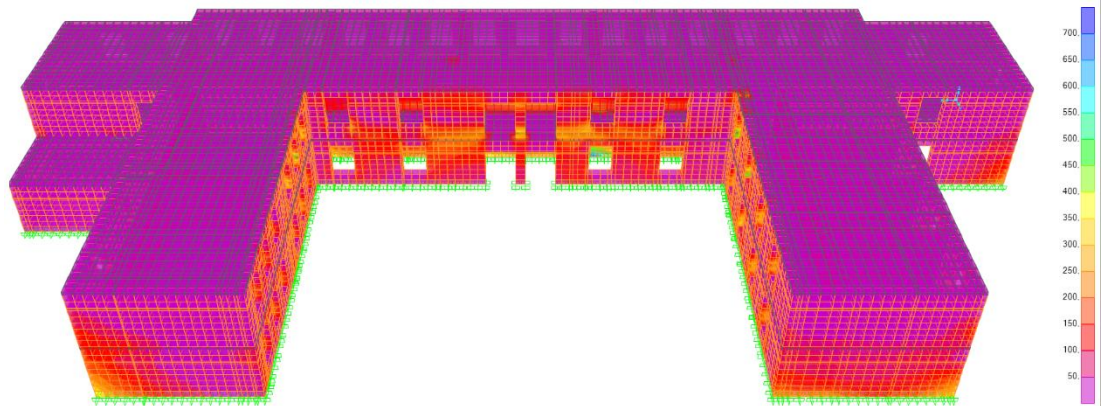
Şekil 4.7012 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m^2)



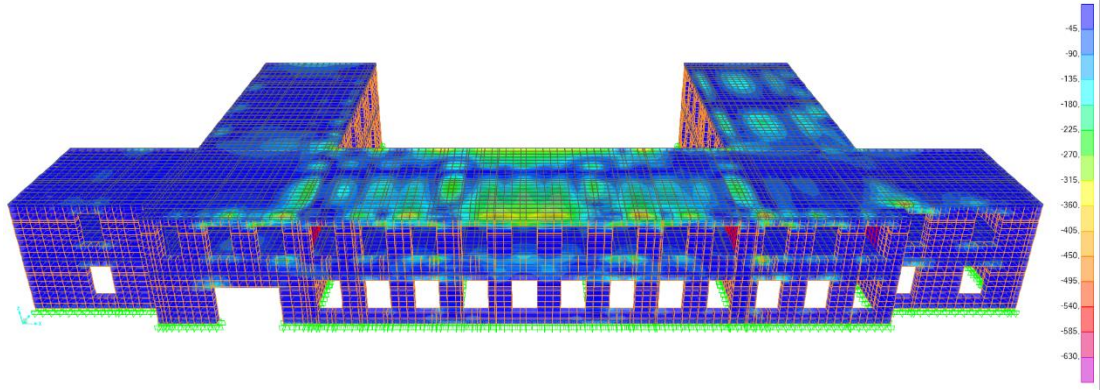
Şekil4.7112 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²)



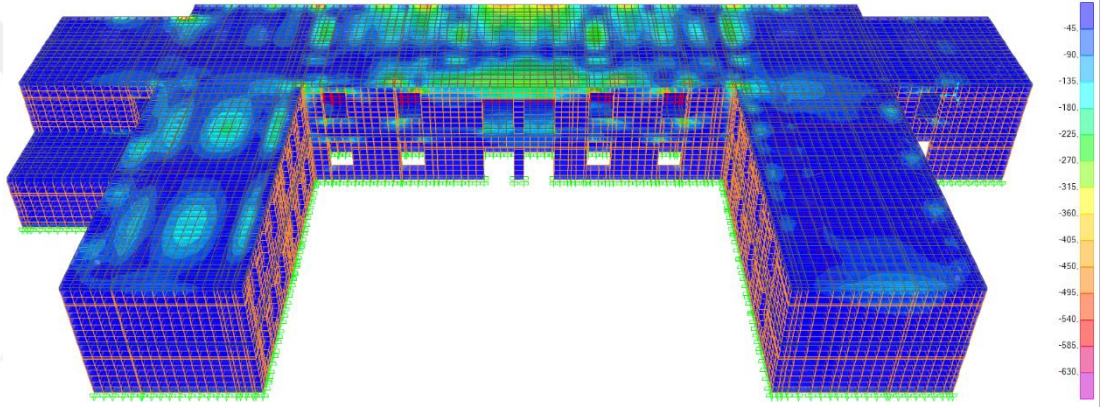
Şekil4.7212 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²)



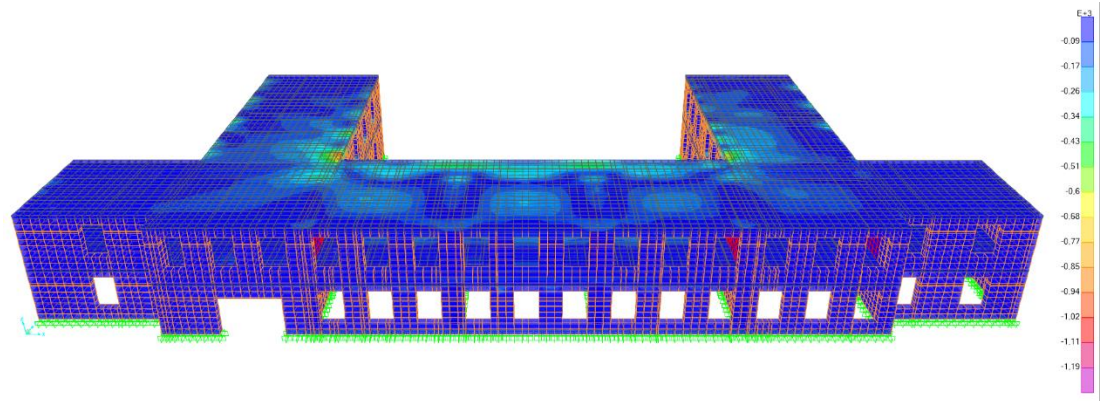
Şekil4.7312 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum çekme gerilmeleri (kN/m²)



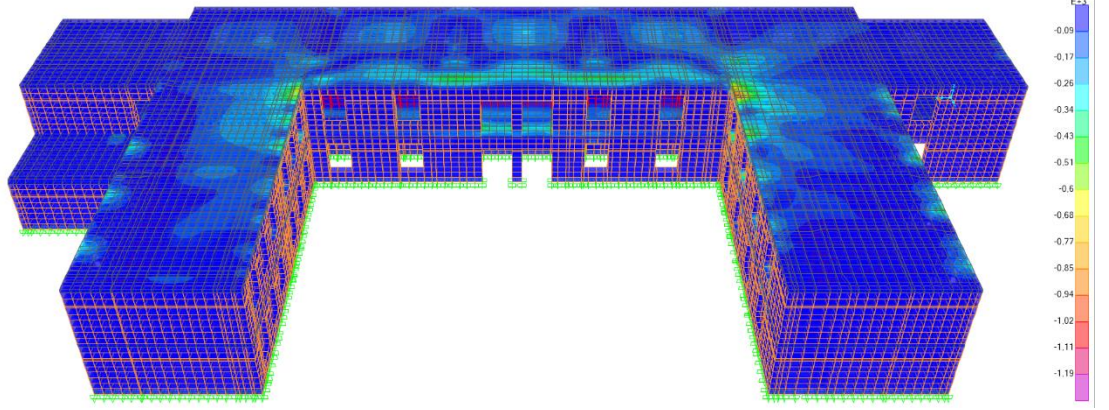
Şekil4.74 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m²)



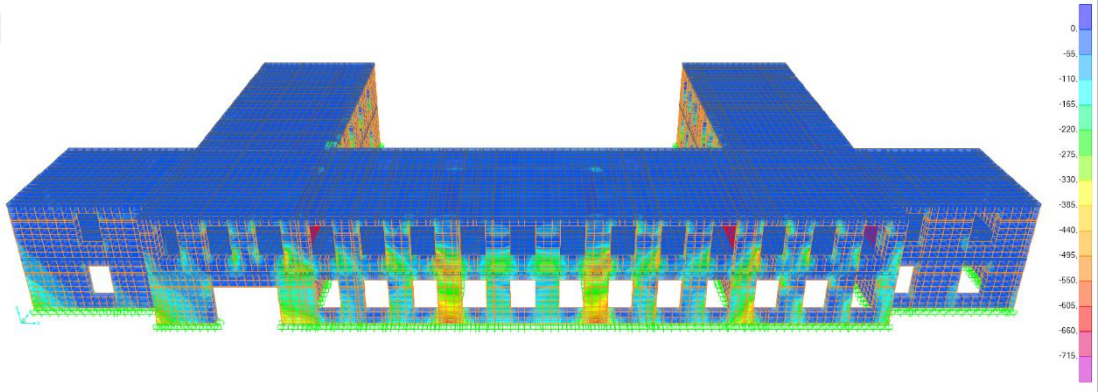
Şekil4.75 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S11 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m²)



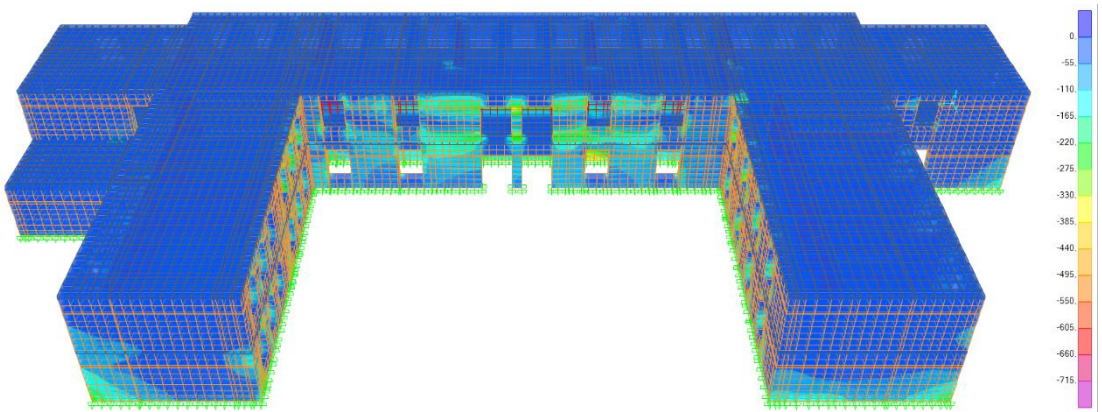
Şekil4.76 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m²)



Şekil4.77 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S22 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil4.78 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)



Şekil4.79 12 Kasım 1999 Düzce Depremi: S33 maksimum basınç gerilmeleri (kN/m^2)

12 Kasım 1999 Düzce depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri Çizelge 4.8’ de, 12 Kasım 1999 Düzce depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı malzemenin taşıma kapasitesinin yüzde (%) olarak değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8 12 Kasım 1999 Düzce depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerleri

Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)
SBT	0,669178	-0,444027	0,845151	-0,540520	0,732971	-0,744651
Tuğla	0,182513	-0,240039	0,569416	-0,123963	0,422057	-0,283525
Beton	0,861270	-0,527577	1,580149	-1,105313	0,337403	-0,211470

Çizelge 4.9 12 Kasım 1999 Düzce depremi kaydı uygulandığında oluşan maksimum gerilme değerlerinin ulaştığı kapasite (%) değerleri

Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)
SBT	%24,20	%1,61	%30,57	%1,95	%26,51	%2,69
Tuğla	%36,50	%2,40	%113,88	%1,24	%84,41	%2,84
Beton	%61,52	%3,30	%112,87	%6,91	%24,10	%1,32

Bayburt Lisesi binasına, 27 Aralık 1939 Erzincan depremi, 23 Ekim 2011 Erciş depremi, 12 Kasım 1999 Düzce depremi ivme kayıtları x ve y yönlerinde uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen gerilme değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Koyu renk ile gösterilen değerler elde edilen maksimum gerilme değerleridir. Malzemenin taşıyabileceği maksimum gerilmelere göre hesaplanan kapasiteler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Koyu renk ile gösterilen değerler malzemenin taşıma kapasitesinin aşıldığı değerlerdir..

Çizelge 4.10 Analizler sonunda elde edilen gerilme değerleri

Depremler	Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
		Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)	Maks Çekme (MPa)	Maks Basınç (MPa)
Erzincan Depremi	SBT	0,554396	-0,403172	0,751453	-0,388073	0,667165	-0,590883
	Tuğla	0,168501	-0,111852	0,141342	-0,136067	0,379894	-0,238687
	Beton	0,757110	-0,510995	1,435907	-0,783969	0,306870	-0,270754
Erciş Depremi	SBT	0,176514	-0,214577	0,254767	-0,254191	0,224422	-0,228579
	Tuğla	0,071400	-0,072878	0,036434	-0,045994	0,103813	-0,125187
	Beton	0,254299	-0,255773	0,482800	-0,470086	0,153222	-0,157903
Düzce Depremi	SBT	0,669178	-0,444027	0,845151	-0,540520	0,732971	-0,744651
	Tuğla	0,182513	-0,240039	0,569416	-0,123963	0,422057	-0,283525
	Beton	0,861270	-0,527577	1,580149	-1,105313	0,337403	-0,211470

Çizelge 4.11 Analizler sonunda elde edilen kapasite değerleri

Depremler	Malzeme	S11 Gerilmeleri		S22 Gerilmeleri		S33 Gerilmeleri	
		Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)	Kapasite (Çekme)	Kapasite (Basınç)
Erzincan Depremi	SBT	%20,05	%1,46	%27,18	%1,40	%24,13	%2,13
	Tuğla	%33,70	%1,12	%28,27	-%1,36	%75,98	%2,39
	Beton	%54,08	%3,19	%102,49	%4,90	%21,92	%1,69
Erciş Depremi	SBT	%6,38	%0,77	%9,21	%0,92	%8,12	%0,83
	Tuğla	%14,28	%0,73	%7,29	%0,46	%20,76	%1,25
	Beton	%18,16	%1,60	%34,49	%2,94	%10,94	%0,99
Düzce Depremi	SBT	%24,20	%1,61	%30,57	%1,95	%26,51	%2,69
	Tuğla	%36,50	%2,40	%113,88	%1,24	%84,41	%2,84
	Beton	%61,52	%3,30	%112,87	%6,91	%24,10	%1,32

- 27 Aralık 1939 Erzincan depreminde oluşan maksimum gerilme S22 yönünde oluşan maksimum çekme gerilmesi değeridir. Bu değer 1,435907 MPa'dır ve betonun çekme gerilmesi değeri olan 1,4 MPa değerinden büyüktür. Gerilme değeri malzeme kapasitesinin %102,49'una ulaşmıştır.
- 23 Ekim 2011 Erciş depreminde oluşan maksimum gerilme S22 yönünde oluşan maksimum basınç değeridir. Bu değer -0,482800MPa'dır ve betonun çekme gerilmesi değeri olan 1,4 MPa değerinden düşüktür. Gerilme değeri malzeme kapasitesinin %34,49'una ulaşmıştır.
- 11 Kasım 1999 Düzce depreminde oluşan maksimum gerilme S22 yönündeki maksimum çekme değeridir. Malzemenin tuğla olarak tanımlandığı alanda oluşan 0,569416 MPa değeri tuğlanın çekme dayanımı değeri olarak kabul

edilen 0,5 MPa değerinin üstündedir. Malzeme kapasitesinin %113,88' ine ulaşmıştır. Malzemenin beton olarak tanımlandığı bölgede oluşan gerilme değeri 1,580149 MPa ve betonun çekme değeri olan 1,4 MPa değerinin üstündedir. Gerilme değeri malzeme kapasitesinin %112,87'sine ulaşmıştır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada; yığma yapıların özellikleri veya yığma yapılarda kullanılan malzemelerin özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Yığma yapıların modellenme ve analiz yöntemleri anlatılmıştır. Yığma bir bina olan Bayburt Lisesi'nin SAP2000 programında modellenmesi yapılarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla modal analiz, davranış spektrum analizi, zaman tanım aralığı analizi yapılmıştır. Zaman tanım aralığı analizinde üç farklı gerçek deprem kaydı modele uygulanarak depremlerde oluşan maksimum çekme ve basınç gerilmeleri elde edilmiştir.

Modal analiz sonucunda;

- Yapının 1. Periyodu olan 0,07213 sn değeri göz önüne alındığında binanın oldukça rijit davrandığı görülmektedir. Bu rijitliğin de kat yüksekliğinin düşük olması ve döşemelerin varlığı nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir.
- X yönünde 18. Modun kütle katılım oranı %17 iken, y yönünde 8. modda kütle katılım oranı %36'dır. Bu iki yönün kütle katılım oranları arasındaki fark iki yöndeki farklı rijitliğe işaret etmektedir. Bu durumda y yönündeki rijitlik x yönündekinden daha fazladır diyebiliriz.
- Yapının 150 modda ulaşabildiği kütle katılım oranı x yönünde %72 iken y yönünde %78 olduğu görülmektedir. Yönetmelikte verilen %90 kütle katılım oranının yığma yapılarda ulaşılması zor ve bazı yapılar için ulaşılamaz olduğu düşünülmektedir.

Davranış spektrumanalizi sonucunda;

- Analiz sonucunda elde edilen gerilme değerlerinde en büyük gerilme y yönündeki S22 gerilmesidir. 0,689173 MPa değerindeki bu gerilme yapının ön ana kısmının y yönünde uzanan iki ek kısmının birleşim bölgesindeki döşemede oluştuğu görülmektedir. Ancak oluşan bu gerilme betonun emniyet gerilmesi (16

MPa) değerini aşmamış malzeme kapasitesinin %49,23'üne ulaşmıştır. Hasara neden olmayacağı kabul edilmiştir.

- 2007 DBYBHY'egöre değerlendirecek olursak yapı olası bir depremde hasar görmeyeceği düşünülmektedir.

Zaman tanım aralığı analizi sonucunda;

- Yapıda özellikle S22 yani y yönündeki gerilmelerin en yüksek değerler olduğu sonucuna varılmıştır. 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi ivme kayıtları kullanılarak yapılan analizde maksimum gerilmenin S22 maksimum çekme gerilmesi olduğu görülmüştür. Bu değer 1,435907 MPa' dır ve betonun çekme gerilmesi değeri olan 1,4 MPa değerinden büyüktür. Gerilme değeri malzeme kapasitesinin %102,49'una ulaşmıştır. Analizde elde edilen maksimum gerilme değerinin gerilme değerinin malzemenin kapasitesini aştığı görülmektedir.
-
- 23 Ekim 2011 Erciş depreminde oluşan maksimum gerilme S22 yönünde oluşan maksimum basınç değeridir. Bu değer -0,482800 MPa'dır ve betonun çekme gerilmesi değeri olan 1,4 MPa değerinden düşüktür. Gerilme değeri malzeme kapasitesinin %34,49' una ulaşmıştır. Analizde elde edilen bu maksimum gerilme değerinin malzemenin kapasitesini aşmadığı görülmektedir.
- 11 Kasım 1999 Düzce depreminde oluşan maksimum gerilme S22 yönündeki maksimum çekme değeridir. Malzemenin tuğla olarak tanımlandığı alanda oluşan 0,569416 MPa değeri tuğlanın çekme dayanımı değeri olarak kabul edilen 0,5 MPa değerinin üstündedir. Malzeme kapasitesinin %113,88' ine ulaşmıştır. Malzemenin beton olarak tanımlandığı bölgede oluşan gerilme değeri 1,580149 MPa ve betonun çekme değeri olan 1,4 MPa değerinin üstündedir. Gerilme değeri malzeme kapasitesinin %112,87'sine ulaşmıştır. Analizde elde edilen maksimum gerilme değerlerinin her iki malzemenin de kapasitesini aştığı görülmektedir.

SAP2000 programı ile yapılan analizler sonucunda yapının oldukça rijit davrandığını 2007deprem yönetmeliğine göre, yapıda olası bir deprem durumunda hasar olmayacağı verileri elde edilmiştir. Ancak zaman tanım aralığı analizi sonucunda 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremi analizleri

sonucunda elde edilen gerilme değerleri yorumlandığında yapının bu iki deprem benzeri bir depremde hasar alabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın devamı olarak yapıda dinamik karakteristiklerin belirlenmesi için deneysel bir yöntem olan Operasyonel Modal Analiz tekniği aynı binada uygulanabilir. İki yöntem verileri karşılaştırılabilir. Çalışmada elde edilen verilerin ışığında, yapının hasar alacağı ön görülen yerlerinde uygunbir güçlendirme tekniği kullanılarak yapının güçlendirilmiş durum analizleri yapılabilir. Yapılan analizlerin vereceği sonuçlar ışığında güçlendirme tekniği yapıda uygulanabilir.

Benzer bir çalışmanın yapılması durumunda özellikle, bir yapının rölövesinin alınması esnasında işlem tekrarının yapılmaması için oldukça titiz davranılmalıdır. Malzeme özelliklerinin belirlenmesinde çalışılacak yapı iyi incelenmeli malzeme tanımı doğru yapılmalıdır. Aksi halde modelleme ve analiz esnasında problemle karşılaşılacak ve zaman kaybı yaşanacaktır.

KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2019),<https://www.afad.gov.tr/>,
<https://www.afad.gov.tr/tr/2363/Afet-Raporlari>, 10.03.2019.
- Akdeniz, Ö. (2011).*Tarihi Yapıların Lineer Olmayan Dinamik Analizi*.**Yüksek Lisans Tezi**, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akgündüz, N. (2004). *Deprem Bölgelerinde Yığma Yapı Tasarımının Yönetmeliğe Göre İncelenmesi*, **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aköz, F. ve Yüzer, N. (2009). *Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler*. **İMO- 1.İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu**, Antalya.
- Aköz, H. (2008). *Deprem Etkisi Altındaki Yığma yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi*, **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aktuna, M., E. (2015). *Kosova Yaşar Paşa Camisi için Güçlendirme Önerileri*.**5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.
- Altın, S., Kuran, F., Kara, M.,E. ve Anıl, Ö. (2005). *Yığma Yapıların Rehabilitasyonu için Bir Yöntem*. **Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı**, Ankara.
- Anadut, H., O. (2016). *Tarihi Yapıların Dinamik Davranışlarının İncelenmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arıcan, Y. (2010). *Yığma Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı*. **Yüksek Lisans Tezi**, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arslan, M., Aslan, Z. ve Dokuz, A. (2005). *Bayburt Tüflerinin Petrografik, Petrokimyasal ve Petrolojik Özellikleri: Doğu Pontid Güney Zonu'nda*

Eosen Kalkalkalen Felsik Volkanizması. Selçuk Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20(1), 50-68.

Artar, M. (2006). *Structural Identification of The Sehzade Mehmed Mosque Through Static and Dynamic Analyses.* **Master of Science Thesis**, Istanbul Bogaziçi University.

Aslan, A. (2016). *Süleymaniye Camii'nin Yerel Zemin Koşullarına Bağlı Deprem Performansının Değerlendirilmesi.* **Yüksek Lisans Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aslan, A. ve Şahin, A. (2016). *Süleymaniye Camii'nin Farklı Deprem Kayıtları Altında Davranışının İncelenmesi.* **Uluslar arası Doğal Afet Yönetimi Sempozyumu**, Karabük.

Atabey, İ., İ. (2011). *Yığma Binaların Performans Analizi Sivas Suşehri Aşağısarıca İlköğretim Okulu Örneği.* **Yüksek Lisans Tezi**, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Atashafrazeh, M., Bingöl, A., F. ve Caf, M. (2015). *Tarihi Eserlerde Yığma Duvarların Geometrik Etkisine Göre Taşıma Kapasitesinin Araştırılması ve Düşey Donatılar Kullanılarak Güçlendirilmesi.* **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.

Ay, Z., Çarhoğlu, I., Korkmaz, K., A., Nuhoğlu, A. ve Orhon A., V. (2012). *Yığma Yapıların Yapısal Davranışının İncelenmesi.* **Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 2(2), 41-53.

Bayburt Belediye Arşivi (2016), *Zemin Etüt Raporu*. Bayburt.

Bayraktar, A. (2006). **Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metotları**. İstanbul: Beta Yayınları, 145.

Bayraktar, A. (2011). **Yığma Yapı Mühendisliğinin Gelişim Tarihi, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımları**. İstanbul: Beta Yayınları.

- Bayülke, N. (2011). *Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği*. **1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, Ankara.
- Bayülke, N., Kuran F. ve 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**, Erzurum.
- Bikçe, M., (2017). *23 Ekim 2011 Van Depreminde Ağır Hasar Alan Yapının Güçlendirme Önce ve Sonrasında Analitik İncelenmesi*. **Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 29(1), 341-374.
- Can, Ö. (2009). *Yığma Yapıların Dıştan Perde Duvar ile Güçlendirilmesinde Perdenin Birleşim Yerleri Performansının Deneysel Araştırılması*. **Doktora Tezi**, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chamaky, R., Y. (2014). *Yığma yapıların Deprem Analizi ve Uygun Güçlendirme Teknikleri*. **Yüksek Lisans Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çakıroğlu, M., G. (2014). *Yığma Yapıların Güçlendirilmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çal, G. ve Şahin, A. (2015). *Ortaköy Büyük Mecidiye Camii'nin Farklı Deprem Etkileri Altında Sismik Davranışının Değerlendirilmesi*. **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.
- Çalık, İ., Bayraktar, A. ve Türker, T. (2013). *Yığma yapıların Dinamik Karakteristiklerine Restorasyon Etkisinin Çevresel Titreşim Yöntemiyle Belirlenmesi: Rize Merkez Büyük Gülbahar Camisi Örneği*. **2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, Hatay.
- Çalık, İ., Bayraktar, A., Türker, T. ve Tuluk İ. (2015). *Ahşap Camilerin Dinamik Davranışına Restorasyon Etkisinin Çevresel Titreşim Yöntemiyle*

İncelenmesi. **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.

Çalık, İ., Bayraktar, A. ve Türker, T. (2016). *Betonarme Kubbelerin Taş Yığma Duvarlı Camilerin Dinamik Davranışına Etkisinin Çevresel Titreşim Yöntemiyle İncelenmesi*. **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 31(3), 621-630.

Çarhoğlu, A., I., Zabin, P. Ve Korkmaz, K., A. (2014). *Kars Kümbet Camisinin Deprem Davranışının İncelenmesi*. **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 2(1), 189-196.

Çırak, İ., F. (2011). *Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler*. **SDU International Technologic Science**, 3(2), 55-60.

Çoban, K., (2018) *Tarihi Bayburt Yakutiye (Yeni) Camisi'nin Dinamik Performansının Belirlenmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çobanoğlu, A., B. (2014). *Türkiye'deki Yığma Binaların Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Dabanlı, Ö. (2008). *Yığma yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dabanlı, Ö., Çılı, F. ve Kahya, Y. (2015). *Yığma yapılarda Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle Dinamik Parametrelerin Belirlenmesi: Nur-u Osmaniye Camii Örneği*. **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.

Dabanlı, Ö., (2016). *Nur-u Osmaniye Camii'nin Deprem Performansının Belirlenmesi Ve Koruma Önerileri*. **Doktora Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

DBYYHY, (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*. Bayındırlıkve İskân Bakanlığı, Ankara.

- Doğangün, A., Ural, A. ve Livaoglu, R. (2008). *Seismic Performance of Masonry Buildings During Recent Earthquakes in Turkey*. **The 14th World Conference on Earthquake Engineering**, Beijing.
- Durutürk, G. (2012). *Yalvaç Hamidiye Cami Deprem Analizi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Düzgün, O., A., Hatipoğlu, Y., S., Artar, M., Yurdakul, M. ve Öner, E. (2015a). *Zahit Efendi Camisi'nin Sonlu Elemanlar Analizi İle Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi*. **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.
- Düzgün, O., A., Hatipoğlu, Y., S., Artar, M., Yurdakul, M. ve Öner, E. (2015b). *Ahmed-i Zencani Kumbeti'nin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi*. **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.
- Ekinci, S. (2015). *1. Ulusal Mimarlık Dönemine Ait Yapıların Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü.
- Topyay Taş Maden Ltd. Şti. (2018). Bayburt Taşı. www.bayburttasi.com
- Ercan, E. (2010). *Yığma yapıların Güvenliklerinin Analitik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi*. **Doktora Tezi**, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erkul, B., (2018). *Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi: Geleneksel Bayburt Evi Örneği*. **Yüksek Lisans Tezi**, Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gedik, Y., H. (2008). *Yığma yapıların modellenmesi, Analizi ve Güçlendirilmesi: Mehmet Ağa Camii Örneği*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Günaydın, M., (2018). *Tarihi Bir Yığma Minarenin Onarım Sonrasındaki Dinamik Karakteristiklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi*. **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, (2),381-395.
- Güner, Y., (2018). *Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi*, **Yüksek Lisans Tezi**, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güneş, S., Anıl, Ö., (2017). *Operasyonel Modal Analiz Tekniği İle Yığma Yapıların Dinamik Davranışının Belirlenmesi*. **4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, Eskişehir.
- Hutton, D.V., (2004). *Fundamentals of The Finite Element Analysis*. The Mc-Graw Hill Companies, London.
- Hökelekli, E. (2015). *Manisa Hafsa Sultan Camii Deprem Davranışının Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle İncelenmesi*. **Doktora Tezi**, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kara, H., G. (2009). *Yığma yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı ve Güçlendirmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kanıt, R. (2007). *Düzlem Dışı Yüklere Maruz Yığma Duvarların Deprem Davranışlarının Analitik Ve Deneysel Değerlendirilmesi*. **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 22(2), 441-449.
- Kavali, E., Şeker, B., Ş., Çakır, F. ve Uysal, H. (2015). *Erzurum Yakutiye Medresesinin Yapısal Performansının Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Belirlenmesi*. **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.
- Kaya, Ç. (2010). *Yığma Duvarların Elastik-Plastik Hesabı*. **Yüksek Lisans Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kılıç, İ., Coşkun, H. ve Uslu, H. (2013). *Hatay Hükümet Konağının Deprem Yükleri Etkisinde Davranışının İncelenmesi*. **2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, Hatay.

- Koçak, A., (1999).*Tarihi Yığma Yapıların Statik Ve Dinamik Yükler Altında Lineer Ve Non-Lineer Analizi: Küçük Ayasofya Camii Örneği. Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Korkmaz, K., A., Zabin, P., Çarhoğlu, A., I. Ve Nuhoğlu, A. (2014a). *Rize Merkez Kurşunlu Camisi'nin Deprem Davranışının İncelenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(3), 149-156, Sakarya.
- Korkmaz, K., A., Çarhoğlu, A., I. Orhon, A., V., Nuhoğlu, A.,(2014b). *Farklı Yapısal Malzeme Özelliklerinin Yığma Yapı Davranışına Etkisi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), 69-78.
- Lourenço, P.B.,(1996).*Computational Strategies for Masonry Structures. Doktora Tezi*, Delft University of Technology, Delft, Netherlands.
- Lupășteanu, V., Soveja, L., Lupășteanu, R., Chingălată, C.(2019). Installation Of A Base İsolation System Made Of Friction Pendulum Slidingİsolators İn A Historic Masonry Orthodox Church. **Engineering Structures 188 (2019) 369–381.**
- Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA). <http://www.mta.gov.tr/v3.0/>
- Mahrebel, H., A. (2006). *Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri. Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mumyakmaz, Y., A., (2015). *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Gedik Ahmet Paşa Camii Örneği. Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özden Ş., Ertaş, O., İmren, Ö., Hacıemiroğlu, M. (2015). *Tarihi L'union Han'ın Depreme Karşı Güçlendirilmesi. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, Erzurum.

- Özen, G., Ö. (2006). *Yığma yapıların Düşük Yük Seviyelerinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Davranışlarının Karşılaştırılması*. **Yüksek Lisans Tezi**, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özgan, Ş. (2009). *YığmaYapı Tasarımı ve Analizi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztaş, V. (2009). *Yığma yapıların Güçlendirilmesi ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sallio, N. (2005). *Mevcut Yığma Yapıların Deprem Bakımından İncelenmesi ve Güçlendirilmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saraç, M., M., (2003). *Tarihi Yığma Kâgir Yapıların Güçlendirilmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sayın, E. (2009). *Yığma Yapıların Lineer Olmayan Statik ve Dinamik Analizi*. **Doktora Tezi**, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sesigür, H., Çelik, O., C. ve Çılı F. (2007). *Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler, Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirme*. **İMO- Yapı Dergisi**, 303, 10-21.
- Şeker, B., Ş., Doğançün, A. ve Çakır, F. (2013). *Merzifonlu Kara Mustafa Paşa Cami Taşıyıcı Sistemi Üzerine İrdeleme*. **SDU International Journal of Technologic Sciences**, 5(1), 112-120.
- Tetik, T. (2015) . *Yığma yapıların Deprem Performansı ve Güçlendirme Teknikleri*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü.
- TS 2510, (1997). *Kâgir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları*. TSE, Ankara.
- TS EN 1467, (2014). *Doğal Taşlar-Ham Bloklar- Özellikler*. TSE, Ankara.
- TS EN 771-1: 2011 A1 (2005). *Kâgir Birimler- Özellikler- Bölüm1 Kil Kâgir* TSE, Ankara.

- Uğuz, S. (2016). *Tarihi Yığma Bir Binanın Deprem Güvenlik Analizi: Tarihi Konya-Gazi Lisesi (Darü'l Muallim) Örneği*. **Yüksek Lisans Tezi**, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ulukaya, B. (2009). *Süleymaniye 569 Ada, 9-19 Parsellerde Yer Alan Kargir Yapının Strüktürel İncelenmesi ve Restorasyon Projesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ulukaya, S., Yüzer, N., (2017). *Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Tuğla Duvarın Elastisite Modülünün Deneysel ve Matematiksel Model ile Belirlenmesi*. **6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu**, Trabzon.
- Ünay, A., İ. (2002). *Tarihi Yapıların Deprem Dayanımı*, Ankara: Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları.
- Pellegrini, D., Girardi, M., Lourenço, P., B., Giovanna, M., Mendes, N., Padovani, C., Ramos, L., F. (2018). *Modal Analysis Of Historical Masonry Structures: Linear Perturbation And Software Benchmarking*. **Construction and Building Materials 189 (2018) 1232–1250**
- Rinaldin, G., Fasan, M., Noe, S., Amadio, C. (2019). *The Influence Of Earthquake Vertical Component On The Seismic Response Of Masonry Structures*. **Engineering Structures 185 (2019) 184–193**.
- Wang, H., Wang, F., Liu, H. (2019). *Performance Evaluation And Retrofit Of Existing Masonry Structures*. **3rd. International Forum an Environment, Materials and Energy (IFEME)**.
- Yavuzer, M., N. (2016). *Zal Mahmut Paşa Camii Yapısal Davranışı ve Geçmiş Hasarların İncelenmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yazıcı, B., B. (2015). *Sivas Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası Matematik Modellemesi ve Sonuçların Değerlendirilmesi*. **5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu**, Erzurum.

Yılmaz, P., (2006). *Tarihi Yapıların Modellenmesi ve Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.



EK-1

Modal Analiz Mod Tablosu

Modlar	Periyot	UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY	ΣUZ
Mod 1	0,07213	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Mod 2	0,06451	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Mod 3	0,06038	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
Mod 4	0,05517	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Mod 5	0,05444	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
Mod 6	0,05297	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,05
Mod 7	0,05192	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05
Mod 8	0,05139	0,00	0,36	0,00	0,00	0,37	0,05
Mod 9	0,04863	0,00	0,00	0,01	0,00	0,37	0,06
Mod10	0,04474	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,06
Mod 11	0,04418	0,00	0,00	0,01	0,00	0,37	0,07
Mod 12	0,04297	0,00	0,03	0,00	0,00	0,40	0,07
Mod 13	0,04173	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,07
Mod 14	0,04127	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,08
Mod 15	0,04080	0,00	0,00	0,00	0,01	0,40	0,08
Mod 16	0,04026	0,00	0,03	0,00	0,01	0,43	0,08
Mod 17	0,03955	0,05	0,00	0,03	0,05	0,43	0,10
Mod 18	0,03847	0,17	0,00	0,00	0,22	0,44	0,10
Mod 19	0,03832	0,13	0,00	0,00	0,35	0,44	0,11
Mod 20	0,03686	0,01	0,00	0,00	0,36	0,44	0,11
Mod 21	0,03654	0,04	0,08	0,00	0,40	0,52	0,11
Mod 22	0,03564	0,13	0,03	0,00	0,53	0,55	0,11
Mod 23	0,03554	0,01	0,00	0,00	0,54	0,55	0,11
Mod 24	0,03464	0,02	0,01	0,00	0,55	0,56	0,11
Mod 25	0,03335	0,00	0,03	0,00	0,56	0,59	0,11
Mod 26	0,03296	0,01	0,00	0,00	0,56	0,59	0,11
Mod 27	0,03284	0,00	0,00	0,00	0,56	0,60	0,11

Modlar	Periyot	UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY	ΣUZ
Mod 28	0,03261	0,01	0,00	0,00	0,57	0,60	0,11
Mod 29	0,03249	0,01	0,00	0,00	0,58	0,60	0,11
Mod 30	0,03170	0,00	0,00	0,00	0,58	0,60	0,11
Mod 31	0,03135	0,02	0,01	0,00	0,60	0,61	0,11
Mod 32	0,03102	0,00	0,00	0,00	0,60	0,61	0,11
Mod 33	0,03085	0,00	0,00	0,00	0,60	0,61	0,11
Mod 34	0,03014	0,01	0,00	0,00	0,62	0,61	0,11
Mod 35	0,02994	0,00	0,00	0,00	0,62	0,61	0,11
Mod 36	0,02967	0,00	0,00	0,00	0,62	0,61	0,11
Mod 37	0,02932	0,00	0,00	0,00	0,62	0,61	0,11
Mod 38	0,02923	0,00	0,00	0,02	0,62	0,62	0,13
Mod 39	0,02917	0,00	0,00	0,00	0,62	0,62	0,13
Mod 40	0,02913	0,00	0,00	0,00	0,62	0,62	0,14
Mod 41	0,02901	0,00	0,00	0,00	0,62	0,62	0,14
Mod 42	0,02899	0,00	0,00	0,01	0,62	0,62	0,15
Mod 43	0,02888	0,00	0,00	0,00	0,62	0,62	0,15
Mod 44	0,02879	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 45	0,02873	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 46	0,02834	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 47	0,02804	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 48	0,02787	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 49	0,02772	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 50	0,02763	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 51	0,02760	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 52	0,02755	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,15
Mod 53	0,02751	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,16
Mod 54	0,02725	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,16
Mod 55	0,02689	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,16
Mod 56	0,02671	0,00	0,00	0,00	0,63	0,62	0,16
Mod 57	0,02657	0,00	0,00	0,00	0,64	0,62	0,16

Modlar	Periyot	UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY	ΣUZ
Mod 58	0,02640	0,00	0,00	0,00	0,64	0,62	0,16
Mod 59	0,02625	0,00	0,00	0,01	0,64	0,62	0,17
Mod 60	0,02613	0,00	0,00	0,00	0,64	0,62	0,17
Mod 61	0,02601	0,00	0,00	0,00	0,64	0,63	0,17
Mod 62	0,02570	0,00	0,00	0,00	0,64	0,63	0,17
Mod 63	0,02562	0,00	0,00	0,00	0,64	0,63	0,17
Mod 64	0,02555	0,00	0,00	0,00	0,64	0,63	0,17
Mod 65	0,02549	0,00	0,00	0,00	0,64	0,63	0,17
Mod 66	0,02543	0,00	0,01	0,00	0,64	0,64	0,17
Mod 67	0,02538	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,17
Mod 68	0,02531	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,17
Mod 69	0,0249	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,17
Mod 70	0,02485	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,17
Mod 71	0,02440	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,18
Mod 72	0,02430	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,18
Mod 73	0,02423	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,18
Mod 74	0,02400	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,18
Mod 75	0,02383	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	0,18
Mod 76	0,02367	0,00	0,01	0,00	0,64	0,65	0,18
Mod 77	0,02360	0,00	0,00	0,00	0,64	0,65	0,18
Mod 78	0,02343	0,00	0,00	0,00	0,64	0,65	0,18
Mod 79	0,02330	0,00	0,00	0,00	0,64	0,65	0,18
Mod 80	0,02320	0,00	0,00	0,00	0,64	0,65	0,18
Mod 81	0,02304	0,00	0,00	0,00	0,64	0,65	0,18
Mod 82	0,02287	0,00	0,00	0,00	0,65	0,65	0,18
Mod 83	0,02274	0,00	0,00	0,00	0,65	0,66	0,18
Mod 84	0,02268	0,00	0,06	0,00	0,65	0,72	0,18
Mod 85	0,02237	0,00	0,00	0,01	0,65	0,72	0,19
Mod 86	0,02232	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 87	0,02219	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19

Modlar	Periyot	UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY	ΣUZ
Mod 88	0,02215	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 89	0,02203	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 90	0,02196	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 91	0,02192	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 92	0,02188	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 93	0,02185	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 94	0,02181	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,19
Mod 95	0,02157	0,00	0,00	0,01	0,65	0,72	0,20
Mod 96	0,02138	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,20
Mod 97	0,02116	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,20
Mod 98	0,02104	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,20
Mod 99	0,02095	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,20
Mod 100	0,02090	0,00	0,00	0,00	0,65	0,72	0,20
Mod 101	0,02085	0,00	0,00	0,00	0,66	0,72	0,20
Mod 102	0,02084	0,00	0,00	0,00	0,66	0,72	0,20
Mod 103	0,02081	0,00	0,00	0,00	0,66	0,72	0,21
Mod 104	0,02063	0,00	0,00	0,00	0,66	0,72	0,21
Mod 105	0,02053	0,00	0,00	0,00	0,66	0,72	0,21
Mod 106	0,02041	0,00	0,00	0,00	0,66	0,73	0,21
Mod 107	0,02027	0,00	0,00	0,00	0,66	0,73	0,21
Mod 108	0,02022	0,00	0,00	0,00	0,67	0,73	0,21
Mod 109	0,02013	0,00	0,00	0,00	0,67	0,73	0,21
Mod 110	0,02004	0,00	0,00	0,00	0,67	0,73	0,21
Mod 111	0,02003	0,00	0,00	0,00	0,67	0,73	0,21
Mod 112	0,01990	0,00	0,00	0,00	0,67	0,73	0,21
Mod 113	0,01978	0,00	0,01	0,00	0,67	0,73	0,22
Mod 114	0,01975	0,00	0,00	0,00	0,67	0,74	0,22
Mod 115	0,01968	0,00	0,00	0,00	0,67	0,74	0,22
Mod 116	0,01964	0,00	0,00	0,00	0,68	0,74	0,22
Mod 117	0,01956	0,00	0,00	0,00	0,68	0,74	0,22

Modlar	Periyot	UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY	ΣUZ
Mod 118	0,01942	0,00	0,01	0,02	0,68	0,75	0,24
Mod 119	0,01937	0,00	0,00	0,00	0,68	0,75	0,24
Mod 120	0,01922	0,00	0,00	0,00	0,68	0,76	0,24
Mod 121	0,01914	0,01	0,00	0,00	0,68	0,76	0,25
Mod122	0,01911	0,00	0,00	0,00	0,68	0,76	0,25
Mod 123	0,01901	0,00	0,00	0,00	0,68	0,76	0,25
Mod 124	0,01896	0,00	0,00	0,01	0,69	0,76	0,25
Mod125	0,01892	0,00	0,00	0,00	0,69	0,76	0,26
Mod 126	0,01889	0,00	0,00	0,01	0,69	0,76	0,27
Mod 127	0,01879	0,02	0,00	0,00	0,71	0,76	0,27
Mod 128	0,01871	0,00	0,00	0,00	0,71	0,76	0,27
Mod 129	0,01859	0,00	0,00	0,00	0,71	0,76	0,27
Mod 130	0,01856	0,00	0,00	0,00	0,71	0,77	0,27
Mod 131	0,01846	0,00	0,00	0,00	0,71	0,77	0,27
Mod 132	0,01836	0,00	0,00	0,00	0,71	0,77	0,27
Mod 133	0,01836	0,00	0,00	0,00	0,71	0,77	0,27
Mod 134	0,01833	0,00	0,00	0,00	0,71	0,77	0,27
Mod 135	0,01828	0,00	0,00	0,00	0,71	0,77	0,27
Mod 136	0,01816	0,00	0,00	0,00	0,71	0,77	0,27
Mod 137	0,0179	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,27
Mod 138	0,01795	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,27
Mod 139	0,01791	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 140	0,01783	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 141	0,01777	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 142	0,01759	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 143	0,01754	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 144	0,01735	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 145	0,01726	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 146	0,01721	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28
Mod 147	0,01718	0,00	0,00	0,00	0,71	0,78	0,28

Mod 148	0,01714	0,01	0,00	0,00	0,72	0,78	0,28
Mod 149	0,01707	0,00	0,00	0,00	0,72	0,78	0,29
Mod 150	0,01703	0,00	0,00	0,00	0,72	0,78	0,29



ÖZGEÇMİŞ

Halime YILDIZOĞLU

1991 yılında Bayburt'ta doğdu. İlk ve Ortaokulu Bayburt'ta okudu. 2009 yılında Bayburt Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2014 yılında mezun oldu. 2015 yılında Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. Yüksek lisans eğitimi sırasında özel bir yapı denetim firmasında kontrol mühendisliği yaptı.