

**TARİHİ YAPILARIN
DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ
VE GEDİK AHMET PAŞA CAMİİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yunus Ahmet MUMYAKMAZ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK, 2015

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARİHİ YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ
VE GEDİK AHMET PAŞA CAMİİ ÖRNEĞİ

Yunus Ahmet MUMYAKMAZ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK, 2015

TEZ ONAY SAYFASI

Yunus Ahmet MUMYAKMAZ tarafından hazırlanan “Tarihi Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Gedik Ahmet Paşa Camii Örneği” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 16 / 01 / 2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

Başkan : Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İmza

Üye : Doç. Dr. Ali ERGÜN
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

16 / 01 / 2015

İmza

Yunus Ahmet MUMYAKMAZ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**TARİHİ YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ
VE GEDİK AHMET PAŞA CAMİİ ÖRNEĞİ**

Yunus Ahmet MUMYAKMAZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

Bu çalışmada, tarihi ve kültürel yapılar bakımından zengin olan Afyonkarahisar içerisinde bulunan Gedik Ahmet Paşa Camisi'nin deprem güvenliği incelenmiştir. Tez kapsamında; tarihi yapının geçmişi ve mimari özellikleri, Afyonkarahisar ilinin depremselliği ve geçmişte yaşadığı depremler, bölgenin jeolojik durumu, yığma yapıda kullanılan malzemelerin kökeni, mekanik özellikleri ve tarihi yapılarda uygulanan deney yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Gedik Ahmet Paşa Camisi sonlu elemanlar teorisine göre hazırlanmış ve evrensel olarak kabul gören ANSYS WORKBENCH programı ile üç boyutlu olarak modellenmiştir. Eş değer deprem yükü hesap yöntemine göre, yapının global eksen takımı esas alınarak deprem yüklemeleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise, deprem yüklemesi sonrasında yapıda oluşabilecek yer değiştirmeler ve gerilme yığılmalarının maksimum ve minimum olduğu alanlar belirlenmiştir.

2015, ii + 97 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapılar, Gedik Ahmet Paşa Camii, Deprem, ANSYS WORKBENCH

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**DETERMINATION OF SEISMIC SAFETY OF HISTORICAL STRUCTURE AND
CASE STUDY OF GEDIK AHMET PASHA MOSQUE**

Yunus Ahmet MUMYAKMAZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Gökhan KÜRKLÜ

In this study, seismic safety of Gedik Ahmet Pasha Mosque which is in the city of Afyonkarahisar that is rich in terms of historical and cultural structure has been examined. With in the scope of this thesis, history and architectural features of this historical structure, seismicity of the city of Afyonkarahisar and earthquakes occurred in the past, geological status of the region, origin of the materials used in masonry construction, mechanical features and the applied testing method in historical construction have been mentioned.

Gedik Ahmet Pasha Mosque was built according to finite element theory and was modelled as a three-dimensional by universally accepted ANSYS WORKBENCH programme. Seismic loadings have been made based on spherical coordinate system according to equivalent seismic load calculation method. At the end of the study, total displacement that could occur after seismic loading and places where stress concentration is max and minimum have been found.

2015, ii + 97 pages

Key Words: Historical structure, Gedik Ahmet Pasha Mosque, Earthquake, ANSYS WORKBENCH

TEŞEKKÜR

Bu tezin başlangıcından bitişine kadar her aşamasında engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım araştırmamın konusu, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ 'ye teşekkür ederim.

Analiz ve hesaplama kısımlarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Ali ERGÜN'e, mevcut yapının projesi ve deney sonuçlarının temininde yardımcı olan Kütahya Vakıflar Bölge Müdürlüğü'ne ve Mimar Songül GÖK'e her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve kuzenim Samiye HANCIOĞLU'na ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan aileme de teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Yunus Ahmet MUMYAKMAZ
AFYONKARAHİSAR, 2015

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Gedik Ahmet Paşa Camii Tarihi.....	6
2.2 Gedik Ahmet Paşa Camii Mimari Özellikleri	10
2.3 Depremin Tanımı	20
2.3.1 Magnitüd ve Şiddet İlişkisi.....	21
2.3.2 Depremin Ülkemize Etkileri.....	23
2.3.3 Afyonkarahisar'ın Depremselliği.....	25
2.4 Afyonkarahisar İle İlgili Genel Bilgiler.....	28
2.5 Afyonkarahisar'ın Jeolojisi	28
2.6 Tüflerin Tanımı	31
2.6.1 Tüfün Oluşumu.....	33
2.6.2 Tüflerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	34
2.6.3 Tüflerin Yapılarda Kullanımı	35
2.6.4 Ayazini Tüflerinin Genel Özellikleri.....	36
2.6.5 Ayazini Tüflerinin Fiziksel Özellikleri.....	39
2.7 Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	39
2.7.1 Horasan Harcı ve Bileşenleri	40
2.8 1964 Tarihli Venedik Tüzüğü.....	41
2.9 Tarihi Yapılarda Uygulanan Tahribatsız Deneyler	42
2.9.1 Kızıl Ötesi Termografi Testi	43
2.9.2 Ultrases Testi	43
2.9.3 Radyoaktif Yöntemlerle Test	44
2.9.4 X Işını Elektron Mikroskobu Testi.....	45

2.9.5 Yüzey Sertliği Testi	45
2.10 Tarihi Yapılarda Uygulanan Tahribatlı Deneyler.....	46
2.10.1 Basınç Deneyi.....	46
2.10.2 Kayma Deneyi	47
3. MATERYAL VE METOT	48
3.1 ANSYS WORKBENCH Programı Tanıtımı.....	48
3.1.1 ANSYS WORKBENCH Malzeme Tanımlanması	48
3.1.1.1 Ayazini Tüfü Basınç Değerleri.....	49
3.1.1.2 Ayazini Tüfü Özgül Kütle Değerleri	49
3.1.1.3 Ayazini Tüfü Sabit Moment Altında Eğilme Değerleri	50
3.1.1.4 Ayazini Tüfü Don Tesirlerine Day. ve Don Sonrası Basınç Değerleri	50
3.1.2 Gedik Ahmet Paşa Camii Sonlu Elemanlar Çizimi.....	52
3.1.3 ANSYS WORKBENCH Sınır Koşullarının Girilmesi	54
4.BULGULAR	58
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	76
6. KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ.....	85

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

t	Zaman
w/r	Su / Kayaç Oranı
p	Yağış Faktörü
pH	Asitlik – Bazlık Ölçüsü
f_{sk}	Karakteristik Kesme Taş Dayanımı
L	Uzaklık
E	Elastisite Modülü
ν	Poisson Oranı
utv	Son Gerilim Değeri (Ultimate Tensile Value)
MPa	MegaPascal
kN	KiloNewton
°C	Santigrat Derece
N	Newton
V_t	Taban Kesme Kuvveti
W	Yapı Ağırlığı
A_{t1}	Birinci Doğal Titreşim Periyotuna Karşılık Gelen Spektral İvme Katsayısı
R_a	Yapı Davranış Katsayısı
C	Zemin Grubu
Z_3	Zemin Sınıfı
A_0	Etkin Yer İvme Katsayısı
T_A, T_b	Spektrum Karakteristik Periyotları
I	Bina Önem Katsayısı
S_t	Spektrum Katsayısı
N_1	Vuruş Sayısı
kPa	KiloPascal
H1	Zemin Yüksekliği
vb	Ve benzeri
Hz	Hertz

Kısaltmalar

ASFS	Akşehir – Simav Fay Sistemi
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
XRD	X-Ray Diffraction, X Işını
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
ASTM	American Society for Testing and Materials
AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
KAF	Kuzey Anadolu Fay Hattı
DAF	Doğu Anadolu Fay Hattı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Afyonkarahisar Merkezi ve Gedik Ahmet Paşa Camiinin Konumu	10
Şekil 2.2 Ülkemizin Deprem Bölgeleri Haritası	24
Şekil 2.3 Türkiye ve Yakın Çevresinin Yalınlaştırılmış Tektonik Haritası	25
Şekil 2.4 ASFS ve Yakın Çevresinde 2011 Yılında Meydana Gelen Depremler	26
Şekil 2.5 Afyonkarahisar Deprem Bölgeleri Haritası	27
Şekil 2.6 Afyonkarahisar ve Yakınlarında Meydana Gelen 4.0 Büyüklüğünde ve 4.0 dan Daha Büyük Depremler	27
Şekil 2.7 Afyonkarahisar'ın Bölgesel Konumu	28
Şekil 2.8 Afyonkarahisar ve İnceleme Alanının Jeolojik Haritası	29
Şekil 2.9 Güney Batı Anadolu'nun Sismotektonik Haritası	30
Şekil 2.10 Afyonkarahisar Hıdırlık Tepe - Akarçay Arası Farklı Zeminlerde Yüzey Dalgalarının Sarsma Şiddetleri Şeması	31
Şekil 2.11 Tüfün Oluşum Mekanizması	33
Şekil 2.12 Ayazini Kasabasının Bölgesel Konumu	37
Şekil 2.13 Ultrases Ölçümünde Doğrudan ve Dolaylı Ölçüm	44
Şekil 2.14 Basınç Deneyi Aşamaları	46
Şekil 2.15 Mevcut Yığma Duvarda Kayma Testi Uygulama Şeması	47
Şekil 3.1 ANSYS WORKBENCH Programına Malzeme Atanması	48
Şekil 3.2 Normal Şartlar Altında ve Don Etkisine Maruz Durumdaki Ayazini Tüfü Basınç Dayanımı Karşılaştırılması	51

Şekil 3.3 ANSYS WORKBENCH Çizim Ağacı.....	52
Şekil 3.4 Gedik Ahmet Paşa Camii Perspektif Solid Çizimi	53
Şekil 3.5 Gedik Ahmet Paşa Camii Kuzey Cephe Solid Çizimi	53
Şekil 3.6 Gedik Ahmet Paşa Camii Sonlu Elemanlar Çizimi	54
Şekil 3.7 ANSYS WORKBENCH Sınır Koşulları	54
Şekil 4.1 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi.....	58
Şekil 4.2 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).	59
Şekil 4.3 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.	59
Şekil 4.4 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).	60
Şekil 4.5 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.....	60
Şekil 4.6 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).	60
Şekil 4.7 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.....	61
Şekil 4.8 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yüklemesi.....	61
Şekil 4.9 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).	62
Şekil 4.10 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).	62
Şekil 4.11 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeleri (MPa).	63

Şekil 4.12 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemeesi.....	63
Şekil 4.13 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).	64
Şekil 4.14 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.	64
Şekil 4.15 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).	65
Şekil 4.16 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.....	65
Şekil 4.17 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).	65
Şekil 4.18 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.....	66
Şekil 4.19 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).	66
Şekil 4.20 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemeesi.	67
Şekil 4.21 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).	67
Şekil 4.22 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).	68
Şekil 4.23 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemeesi.	68
Şekil 4.24 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).	69
Şekil 4.25 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemeesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).	69

Şekil 4.26 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).	70
Şekil 4.27 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi.	70
Şekil 4.28 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).	71
Şekil 4.29 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).	71
Şekil 4.30 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).	72
Şekil 4.31 Gedik Ahmet Paşa Cami 1.Mod Şekli.	73
Şekil 4.32 Gedik Ahmet Paşa Cami 2. Ve 3. Mod Şekilleri.	73
Şekil 4.33 Gedik Ahmet Paşa Cami 5. ve 10. Mod Şekilleri.	74
Şekil 4.34 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümü 2. Mod Şekli.	74
Şekil 4.35 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümü 6. ve 7. Mod Şekilleri.	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Şiddet – Magnitüd Karşılaştırılması	21
Çizelge 2.2 Yapı Tipleri	22
Çizelge 2.3 A,B ve C Tipi Yapılarda Meydana Gelen Hasar Biçimleri	22
Çizelge 2.4 Yapı Tipi, Deprem Şiddeti ve Hasar Yüzdeleri Arasındaki İlişki	23
Çizelge 2.5 Tüflerin Genel Özellikleri	34
Çizelge 2.6 Tarihi Yapılarda Kullanılan Harç Bileşenleri	40
Çizelge 3.1 Ayazini Tüfü Basınç Değerleri	49
Çizelge 3.2 Ayazini Tüfü Özgül Kütle Değerleri.....	49
Çizelge 3.3 Ayazini Tüfü Sabit Moment Altında Çekme Değerleri	50
Çizelge 3.4 Ayazini Tüfü Don Tes. Day. ve Don Sonrası Basınç Dayanım Değ.....	51
Çizelge 3.5 Zemin Sınıfları	55
Çizelge 3.6 Yerel Zemin Sınıfları	56
Çizelge 3.7 Etkin Yer İvme Katsayıları	56
Çizelge 3.8 Spektrum Karakteristik Periyotları	57
Çizelge 4.1 Modal Analiz Sonucunda Bulunan Frekans Değerleri.....	72

Resim 2.1 Gedik Ahmet Paşa Camii Tamir Kitabesi.....	8
Resim 2.2 Kurtuluş Savaşı Sonrası Afyonkarahisar ve Gedik Ahmet Paşa Camii.....	9
Resim 2.3 Gedik Ahmet Paşa Camii İç Mekân.....	11
Resim 2.4 Gedik Ahmet Paşa Camii Ana Kubbeler, Tali Kubbeler ve Burmalı Minare	11
Resim 2.5 Gedik Ahmet Paşa Camii Burmalı Minare ve Yivli Çini İşlemesi.....	12
Resim 2.6 Gedik Ahmet Paşa Camii Minare Kapısı ve Merdivenler	12
Resim 2.7 Gedik Ahmet Paşa Camii Güney Cephesinden Bir Görünüm.....	13
Resim 2.8 Gedik Ahmet Paşa Camii Doğu Cephesinden Bir Görünüm.....	14
Resim 2.9 Gedik Ahmet Paşa Camii Batı Cephesinden Bir Görünüm.....	14
Resim 2.10 Gedik Ahmet Paşa Camii Doğu ve Batı Cephelerde Kubbelerin Oturduğu Pandatif Kemerler	15
Resim 2.11 Gedik Ahmet Paşa Camii Doğu ve Batı Cephelerdeki Odalarda Bulunan Türk Üçgenleri	15
Resim 2.12 Gedik Ahmet Paşa Camii Mihrap Böl. Yarı Nişli Mimari Süsleme.....	16
Resim 2.13 Gedik Ahmet Paşa Camii Kuzey Cep. Sütun Üzerinde Bul. Pirinç Kelep. 17	
Resim 2.14 Gedik Ahmet Paşa Camii Giriş Bölümündeki Sütunlarda Bulunan Farklı Renkteki Mermerler	17
Resim 2.15 Gedik Ahmet Paşa Camii Giriş Bölümü.....	18
Resim 2.16 Gedik Ahmet Paşa Camii Minber Bölümü	19
Resim 2.17 Gedik Ahmet Paşa Camii İç Mekândaki Ahşap Kanatlı Pencerele.....	19
Resim 2.18 Tüfün Genel Görünümü.....	32
Resim 2.19 Tüflü Yapıdan Oluşan Kayalar	33
Resim 2.20 Ayazini Bölgesi Tüf Taş Ocakları	37
Resim 2.21 Antik Çağda Tüflerden Yapılmış Kilise	38
Resim 2.22 Afyonkarahisar da Ayazini Tüfleri ile Yapılan Tarihi Çeşmeler.....	38

1. GİRİŞ

Asırlardan günümüze ve geleceğe uzanan yolculukta kültürel, tarihsel ve sosyal değişimleri tanımada bizlere yol gösteren tarihi yapılardır. Yüzyıllar öncesinde ustaca tasarlanan, doğal afetlere karşın hala ayakta duran, malzeme seçiminden durabiliteye, zemin emniyet gerilmesine kadar o günün teknolojik imkânları ile yapılan yapılar, bugün bile servis ömrü bir asrı aşmayan yapılarımızı planlamada bizlere yol göstermektedir.

Donatısız yığma yapıların diğer yapı sistemlerine göre, daha ağır olması ve yüksek yapı inşaatında kullanılamamasına karşın bugünün teknolojisinde en çok kullanılan betonarme yapıların oluşturduğu durabilite problemleri ile en az seviyede karşılaşılmaktadır. Servis ömürlerinin azami olmasının en büyük nedeni de bu faktör olarak gösterilebilmektedir.

Betonarme hesapların temel prensibi olarak çekme gerilmelerinin büyük çoğunluğunun donatı tarafından karşılanması çevresel ortamda korozif bir reaksiyon gelişmemesi için önemlidir. Gedik Ahmet Paşa Camii ve benzeri tarihi yapılardaki temel mantık inşasında çekme gerilmelerinin oluşmaması için basınca çalışan kemer türü elemanlar kullanılmasıdır. Bu nedenle korozyon, alkali silika ve benzeri reaksiyonlar o günün yegâne taşıyıcı sistemi olan taş yığma yapılarda gerçekleşmemiş ve kesme taş malzemedan yapılmış yapı uzun yıllar hizmet vermiştir.

Tarihi yapıların korunması, onarım ve güçlendirilmesi için strüktürel davranışının iyi anlaşılması ve doğru analiz edilmesi gerekmektedir. Günümüzde mevcut hesap yöntemleri ve statik analiz programları ile tarihi yapıları ayrıntılı olarak incelemek mümkündür. Pek çok yapıda kullanılmış olan eğrisel geometrik formdaki taş ve tuğla yapı elemanlarının 3 boyutlu yapısal davranışını hesaplamak için en uygun yöntem sonlu elemanlar yöntemidir (Armağan 2012).

Bu çalışmada, sonlu elemanlar metodunu en iyi şekilde temsil eden taş ve ahşap yapıları çözümlemede gerçeğe yakın sonuçlar veren ANSYS WORKBENCH programı kullanılmıştır. Bu program, simülasyon yazılımı olarak yaygın şekilde mühendisliğin her dalında kullanılmaktadır. Sınır koşulları, istenen malzeme türünün sisteme girilebilmesi ve kontak yüzeyler ile elemanların birbirlerine lineer ve non lineer olarak bağlanması yönüyle oluşturulan matematiksel model büyük oranda gerçek yapıya benzetilmiştir. Modal analiz ile deprem yüklemesi sonucunda meydana gelen deformasyonlar ve gerilmelerin azami ve asgari görüntüleri de logaritmik olarak renk skalalarında verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür bilgileri başlığı altında tarihi yapılar ile ilgili yapılan çalışma özetleri, Gedik Ahmet Paşa Cami, Afyonkarahisar'ın depremselliği ve tarihi yapıların incelenmesi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde materyal ve metod başlığı altında ANSYS WORKBENCH programı ile modellemenin gerçekleşmesi için bilgilerin girilmesi ele alınmıştır. Elde edilen veriler bulgular kısmında sunulmuştur. Beşinci bölümde ise, sonuçlar ve tartışmalar ile çalışma sonlandırılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Tarihi yapılar ile ilgili yapılan literatür çalışmalarına göre bu konuda oldukça fazla çalışma yapıldığı anlaşılmaktadır. Tarihi yapıların deprem güvenliği ve malzeme özellikleri üzerine yapılmış olan araştırmalarda SAP 2000 ve ANSYS WORKBENCH türü sonlu elemanlar yöntemini esas alan programlar kullanılmıştır. Bu tür analizlerde ANSYS WORKBENCH diğer programlara göre, daha az kullanılmaktadır. Literatür bilgileri başlığı altındaki bu bölümde tez konusu ile ilgili yapılan çalışmalar özet olarak verilecektir.

Sesigür vd (2007) Tarihi yapılarda taşıyıcı bileşenler, hasar biçimleri, onarım ve güçlendirme başlıklı çalışmalarında tarihi yapılara yapılacak yapısal müdahalenin özenle hazırlanmış bir restorasyon projesi kapsamında olması gerektiğini ve yapısal müdahale gerektiği durumlarda müdahalenin minimum düzeyde tutulmasını belirtmişlerdir. Ayrıca onarım ve güçlendirme yöntemlerinin etkinliğini araştırmışlar, tarihi yapılar için verilen mühendislik hizmeti ile kullanım ömrü daha az olan günümüz yapılarının kıyaslanamayacağını açıklamışlardır.

Bayraktar (2005) yaptığı çalışmada tarihi yığma yapıların sismik güçlendirmesi yapılırken uyulması gereken hesap ve yapım kurallarını detaylı bir şekilde sunmayı hedeflemiştir. Düşey yük taşımada yığma yapılarda herhangi bir problem olmayacağını, yatay yükler etkisi altında çekme gerilmelerini taşıyabilecek elemanların bu tür yapılarda mevcut olmadığı için hasarın kaçınılmaz olacağını açıklamıştır. Yaptığı bildiride değişik türdeki tarihi yapıları güçlendirmiş ve tarihi dokuya minimum hasar vermeyi prensip edinmiştir. Sonuç kısmında ise, yığma binalarda betonarme elemanlar ile yapılan güçlendirmenin uygun olmayacağını güçlendirme için kullanılan çelik profillerin de dezavantajlarının olduğu görüşüne varmıştır.

Bayraktar vd (2010) yaptıkları çalışmalarda tarihi yapıların deprem güvenlikleri belirlenirken tahribatsız deney yöntemlerinin kullanılması gerektiği fikrini savunmuşlardır. Bunun içinde Operasyonel Modal Analiz yöntemini belirlemiştir. Bu yöntemi kullanarak Türkiye de bulunan bir tarihi köprü, bir tarihi minare ve bir tarihi kule seçmişlerdir. Çalışmanın sonucunda sonlu elemanlar modeli ve deneysel

ölçümlerden elde edilen dinamik karakteristikleri karşılaştırmış ve yapıların mevcut durumunu yansıtacak sonlu eleman modelleri iyileştirmişlerdir. İyileştirilmiş sonlu eleman modelleri ile tarihi yapıların deprem güvenliklerini belirlemişlerdir. Tarihi köprünün sonlu eleman modeli üzerinde gerçekleştirilen deprem analizine göre maksimum yer değiştirmenin köprünün orta noktasında olduğunu, İskender Paşa Camisinin deprem analizinde ise, maksimum yer değiştirmenin minare tepesinde olacağı sonucuna varmışlardır.

Bal ve Gülay (2010) tarihi yapılar için gerekli olan deprem yükü hesap yönteminin oldukça karmaşık ve zor olduğunu öne sürüp, yaptıkları çalışmada tarihi yapıların analizi için basit ancak güvenilir doğrusal olmayan iki yöntem sunmuşlar bu yöntemlerden ikincisinin tarihi yığma yapılar için uygun olduğunu açıklamışlardır. Önerdikleri doğrusal olmayan yaklaşımda her adımda elde edilen doğrusal analiz sonuçları birleştirilerek yapının genel davranışına ulaşmışlardır. Bu yöntemi İstanbul'da bulunan Beyazıt ve Atik Paşa Camilerinde uygulamışlardır. Sonuç olarak geliştirdikleri ikinci yaklaşımın malzeme davranışını daha gerçekçi yansıtmaya, ayrıca daha kolay ve hızlı uygulanabilir olması nedeniyle tarihi yığma yapılarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Can ve Ünay (2012)'ye göre tarihi yapılar ve anıtlar zaman içerisinde aşınırlar ve doğal afetler sonucunda ağır hasarlı yapı durumuna dönüşürler. Mimarlık, restorasyon, mimarlık tarihi ve mühendislik disiplinleri bu hasarın önlenmesi için yeterli değildir görüşüne varmışlardır. Sonuç olarak, yapının taşıyıcı sisteminin mevcut durumunun dikkatli bir şekilde gözlenmesini, taşıyıcı sistemin durumunu, çatlakları, malzeme bozulmalarını, aşırı deformasyonları ve mesnet çökmelerinin belirlenmesinin gerekliliğini savunmuşlardır. Sayısal modelleme ve yapısal analiz için de ayrıntılı röleve sağlanmasını ve bu rölevelerin sadece mimari detayları ve dekoratif parçaları değil, aynı zamanda taşıyıcı sistem elemanların kesit boyutlarını ve malzeme niteliklerini de içermesini istemişlerdir. Yapıya etki eden çevresel etkilerin ve yüklerin değerlerinin tam olarak hesaplanması ve analiz sırasında doğru olarak uygulanmayı taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlar arasındaki etkileşim ve elemanların birleşme noktalarındaki yük aktarım mekanizmasının ise dikkatli bir şekilde incelenmesinin gerekli olduğu fikrini

öngörmüşlerdir.

Bayraktar vd (2013) Artvin ili Hopa ilçesi Sundura Mahallesiinde yer alan ve yeni restore edilen tarihi taş cami ile doğal taş malzeme kullanılarak geleneksel yapım teknikleriyle yeniden yapılan minarenin dinamik karakteristiklerini Çevresel Titreşim Testi ile belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, restore edilen caminin doğal frekanslarının yeniden inşa edilen minarenin doğal frekanslarına yakın olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, minarenin sönüm oranlarının caminin sönüm oranlarından daha düşük olduğunu bu durumun minarenin cami kısmından daha narin olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Yılmaz (2006) Tarihi yapılarla ilgili yaptığı tez çalışmasında Rahime Sultan Camisinin 3 boyutlu sonlu eleman modelini oluşturup, yapının kendi ağırlığı altındaki statik analizini yapmış ve yer değiştirmeleri ve gerilmeleri elde etmiştir. Maksimum yer değiştirmeyi kubbe tepe noktasında bulmuştur. Tez çalışmasının sonucunda hesaplanan çekme ve basınç gerilmelerine göre, Rahime Sultan Camisini güvenli olarak bulmuştur.

Özcan (2004) Tarihi Sakarya Köprüsünü incelemiştir. Üç boyutlu olarak yapıyı SAP 2000 programında modellemiş ve 1999 yılında meydana gelen Marmara depremine yapının verdiği cevabı gözlemlemiştir.

Durutürk (2012) Isparta ili Yalvaç ilçesinde bulunan tarihi Hamidiye Camisinin deprem güvenliğini incelemiştir. Yapıyı SAP 2000 programı ile modellemiş ve statik ve dinamik yükler altındaki davranışını belirlemeye çalışmıştır. Yapılan analiz sonucunda yapının güvenli olduğu sonucuna varmıştır.

Armağan (2012) ise, tarihi yapılarda kullanılan yapım teknikleri, yapı elemanlarının özellikleri ve geçen yüzyıldaki mühendislik anlayışını incelemiştir. Tarihi yapı davranışı ve restorasyon konularında da araştırmalar yapmıştır. Bu çalışmaya göre, aynı açıklıktaki basıklığı değişen 5 adet kemerde yapılan karşılaştırmada, basıklık oranı azaldıkça düşey yönlü mesnet reaksiyonunun azaldığını ve yatay yönde mesnet reaksiyonunun arttığını görmüş. Buradan yola çıkarak kemerler için basıklık miktarı

düştükçe, kemerin stabilitesinin bozulmaması ve göçme mekanizması oluşmaması için kemerlerin oturduğu kolonların, duvarların vb. boyutlarının büyümesi, ağırlık kulesi kullanılması veya yanal ötelenmeyi önleyecek önlemler alınmasının gerektiğini öngörmüştür.

2.1 Gedik Ahmet Paşa Camii Tarihi

Afyonkarahisar tarihi yapılar bakımından oldukça zengin bir şehirdir. Kent içerisinde bulunan han, hamam, medrese, cami ve türbe benzeri yapılar asırlardır çeşitli kültür ve medeniyetleri içerisinde barındırmışlardır. Bu tür kültürel mirasların daha uzun yıllar ayakta kalabilmesi, durabilite ve benzeri çevresel etmenlerden meydana gelen etkenleri en aza indirmek ile mümkün olacaktır. Şehirde toplam dört külliye inşa edilmiştir. Doğal afetler sonucunda bu külliyelerden biri yıkılmış şu anda mevcut üç külliye bulunmaktadır. Bunlardan birisi de İmaret Külliyesidir. Afyonkarahisar kent merkezinde bulunan İmaret külliyesi; camii, medrese ve hamam yapılarından meydana gelmektedir. Halk arasında yaygın olarak İmaret Camii olarak adlandırılan Gedik Ahmet Paşa Camii külliyesinin sadece bir kısmını oluşturmaktadır. Külliye yapıldığı yıllarda camii ve imaret olarak inşa edilmiştir. Daha sonraları diğer bölümler yaptırılmıştır. İnşaat sırasında yapılan harcamalar ve müderris – öğrenci giderleri vakfiyeler aracılığı ile karşılanmıştır. Osmanlının erken dönemi eserlerinden olan külliye, dönemin padişahı Fatih Sultan Mehmet'in emriyle Sadrazam Gedik Ahmet Paşa tarafından Mimar Ayaz Ağa'ya yaptırılmıştır. Yapım yılı 1472 olarak kayıtlarda mevcuttur.

Ünlü Seyyah Evliya Çelebi Seyahatname adlı eserinde, camii ile alakalı olarak,“ Nezih bir burmalı minaresi vardır. Boyu 159, eni 80 kademdir. 2 kubbe yan yanadır. Mihrap ve minber eski sanat tarzında yapılmış ve bu minber Sinop şehrindeki minbere benzer, caminin yan sofaları vardır. Haremde şifalı bir hamamı vardır. 70 hücreli medresesi vardır.“ diye bahsetmiştir (Çelebi 1935).

Tarihi yapıların sürekliliği üzerinde en önemli etkenlerden biri olarak depremler nitelendirilebilmektedir. Ülkemiz dünya üzerinde deprem faaliyetleri bakımından etkin bir bölgededir. Resmi kayıtlarda tarihi kesin olmamakla beraber Afyonkarahisar da

yaşanan depremlerde külliyeinin camii kısmındaki kubbelerde kalıcı hasarlar meydana getirmiş ve daha sonraki yıllarda külliyeinde önemli tamiratlar gerçekleştirilmiştir. Tamiratlar esnasında tutulan kayıtlardan külliyeinde mevcut bulunan eserler hakkında bilgiler elde edilmiştir. 1636 ve 1667 yıllarında yapılan tamiratlarda; camii, imaret, medrese, şadırvan, minare, han ve hamamdan söz edilmektedir. Külliyeinde yapılan en önemli restorasyon çalışması 1795 yılında Müftzade Ahmet'in yapmış olduğu restorasyondur. Diğer bir nokta ise, külliyeinin doğal afetler sonucunda yıkılması veya zarar görme durumunda olursa, Gedik Ahmet Paşa'nın vakfiyeinin gelirlerinden tekrar yapının inşa edilmesini, eğer inşa edilemez ise, vakfiyeinin gelirlerinin yoksul ve fakirlere dağıtılmasını emretmiş olmasıdır.

Haziran 1636 tarihinde yapılan çalışmalarla kurşunların ve kubbelerin etrafında belirgin hasarların olduğu belirtilmiş ve onarımları gerçekleştirilmiştir. Külliyeindeki bir diğer tamirat ise, 29 yıl sonra iki kurşun kubbe ve minare ile devam etmiştir. Ayrıca camii içerisinde bulunan el yazması eserlerin büyük bir çoğunluğu 1794 yılında yapılan tamirat ile kesme taştan yapılan yapı elemanlarına eklenmiştir.

Afyonkarahisar'da 1668 yılında meydana gelen depremde külliyeinin camii kısmında hasarlar olmuştur. Bu bilgiye 1670 yılındaki kayıtlara bakarak, yapılan tamiratların iki yıl önceki deprem ile ilişkili olduğu görülebilmektedir. Osmanlı arşivlerinden elde edilen bilgilere göre, en son onarımların 18. yüzyılda yapıldığı anlaşılmaktadır. Resim 2.1' de de görülen tamir kitabesinde yazılanlar şu şekildedir;

*Te'âlallâh ne zîbâ câmi'-i ra'nâ-yı gam-fersâ
Kerâmetle Gedik Paşa-yı merhûm eylemiş ihyâ*

*Mürûr-ı dehr ile vehn irmişidi çâr erkâna
Olup bir şeyh-i fânî rütbesinde tâlib-i Mevlâ*

*Tezelzül ârız oldu nâ-gehân bir gün vücûdına
Kazârâ zelzeyleyle kubbeteyni indi ser-tâpâ*

*Kubâb-ı sâ'ire başdan başa hep münkesir oldı
Anı ta'mîre lâzım oldı bir dânişver ü dânâ*

*Mu'in-i sâhibü'l-hayrât Müftizâde-i zî-şân
Olup kâ'im-makâmı eyledi ta'mîrine îmâ*

*İki mermer direkler söyledi târîhini Fevzî
Îmâret eyledi Ahmed Efendi ma'bed-i hakka 1210 (M. 1795) (Karazeybek vd. 2005).*



Resim 2.1 Gedik Ahmet Paşa Camii Tamir Kitabesi.

Gedik Ahmet Paşa Camii tamir kitabesine göre, taşıyıcı iki ana kubbede büyük ölçüde hasar oluşmuş ve vakfiyenin yöneticisi Müftüoğlu Ahmet Efendi tarafından 1795 yılında tamirata yapılmıştır. Kurtuluş savaşı döneminde, camii Yunanlı birlikler tarafından işgal edilmiş ve savaş sonuna kadar hapishane olarak kullanılmıştır. Savaş sonrası Ağustos 1922'den 1939'a kadar askeri birliklerimiz tarafından mühimmat deposu olarak kullanılmış ve uzun bir süre tamirat görmemiştir (Resim 2.2). 1939-1946 yılları arasında dönemin Vakıflar Genel Müdürü Fahrettin Kiper camiinin tamiratını gerçekleştirmiştir. On beşinci yüzyılda külliye yapılırken, Afyonkarahisar'ın İhsaniye - Döğer yakınlarındaki Ayazini (Döğer) tufü kullanılmıştır. Fahrettin Kiper zamanında yapılan restorede dış kaplama tamamen sökülerek, Ayazini tufünün özelliklerine yakın malzemeyle Taşçı Kazım Usta tarafından kaplanmıştır. Aynı şekilde kubbelerde bulunan kurşunlar kaldırılmış, eritilerek tekrar levha bloklar haline getirilmiş ve takviyelerle güçlendirilmiştir. Ayrıca bu kısımlar ile minare altın yıldızlar ile süslenmiştir. İç mahalde kalem işi örnekler yeniden orijinale yakın olacak şekilde işlenmiş, iç sıvalarda oluşan deprem derzleri kapatılmıştır. Aydınlatma bölümlerinde ise alçılar kaldırılmış ve beton olarak yapılandırılmıştır. Zemin yüzeyinde de içeride ahşap,

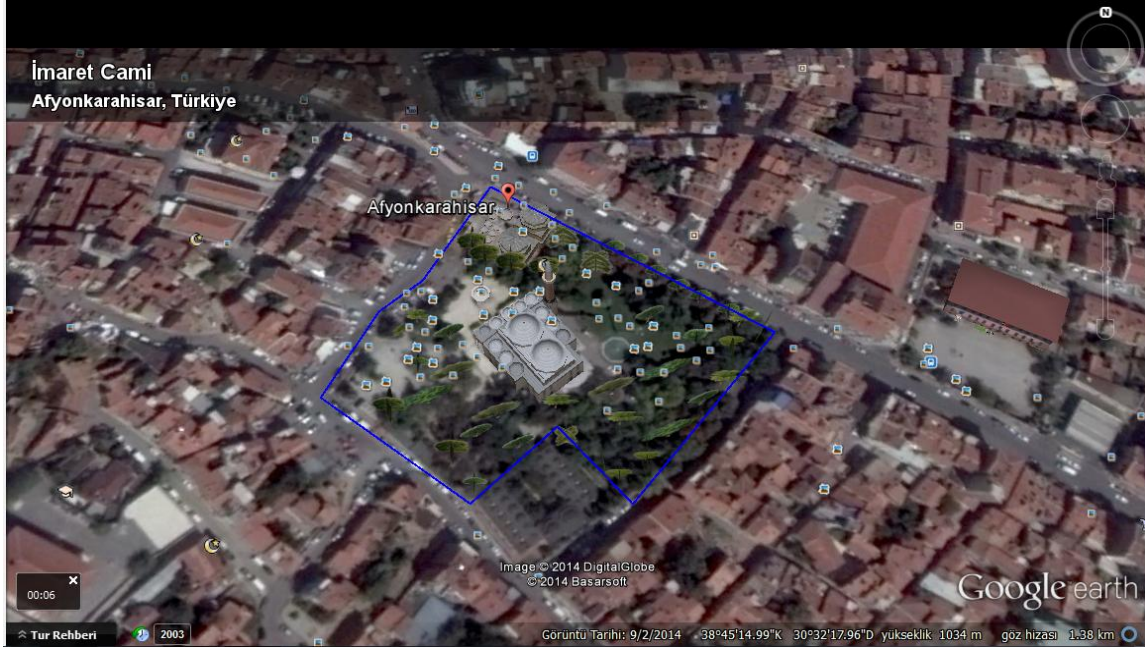
dışarı bölümlerde ise, mermer malzeme kullanılmıştır. Son cemaat yerinde yer alan kubbelerin fazla deforme olması dolayısıyla bütün yapı elemanları sökülmüş, kırık sütunların yerine İscehisar bölgesinden getirilen mermer malzeme ile sütunlar yenilenmiştir. Minarede yer alan yivli çini kısımlarda Kütahya’da yaptırılarak yerine yeniden işlenmiştir. En son olarak da 1966-1969 yıllarında camii tamirat görmüş ve kubbelerde çalışma yapılmıştır.



Resim 2.2 Kurtuluş Savaşı Sonrası Afyonkarahisar ve Gedik Ahmet Paşa Camii (Karazeybek vd. 2005).

İmaret Külliyesi, Afyonkarahisar Merkezi yakınlarında yer alan külliyeler bütünü bir tarihi eserdir. Sadrazam Gedik Ahmet Paşa'nın Anadolu Beylerbeyi iken, Karamanoğulları üzerine düzenlediği seferde ordunun (1472–1477) Afyonda konakladığı sırada Mimar Ayaz Ağa'ya yaptırdığı yapılar grubudur. 1472 de başlamış 1475 de tamamlanmıştır. Cami, hamam, medrese, imaret olarak yapılan yapılardan cami ardına iki büyük kubbeli ve ön yanlarda iki küçük hacimli oluşuyla büyük kubbeli Osmanlı mimarisinin örneklerindedir. Yivli minaresi, ahşap ve mermer işçiliği ile iç süslemesi sanatsal özelliğini korumaktadır. Halen kullanılmakta olan hamam, kadın ve erkekler için ayrı olup çifte hamam özelliğindedir. Cumhuriyete kadar medrese olarak kullanılan medrese kısmı 1928 yılından sonra Türk İslam eserleri müzesi olarak

kullanılmaya başlanmış 1931 yılındaki tamiratla kubbeleri bakırla kaplanmıştır. Afyon Arkeoloji Müzesinin yapılmasıyla müzedeki eserler Arkeoloji Müzesine aktarılmıştır (Anonim (a) 2014).



Şekil 2.1 Afyonkarahisar Merkezi ve Gedik Ahmet Paşa Camiinin Konumu (İnt. Kyn. 1).

2.2 Gedik Ahmet Paşa Camii Mimari Özellikleri

Gedik Ahmet Paşa Camii Afyonkarahisar sınırları dâhilinde İmaret Mahallesi denilen mevkide, bundan yaklaşık bir asır önce kent merkezi olan yerde bulunan külliye bütününde yer almaktadır. Mimari üslup olarak baldaken olarak adlandırılan, Klasik Dönem Osmanlı camilerinin çekirdeğini oluşturan, ana kubbenin, birbirine askı kemeriyle bağlanan ayakların oluşturduğu yapısal bir üslup kullanılmış olup, kubbeli küp esasına göre yapılandırılmıştır (Tuluk 2006). Planda simetrik ve T planlı olarak, yapı merkezinde esas iki ana kubbe ve bu kubbelerin doğu - batı doğrultusunda yer alan bitişik üçer tali kubbeler ile ön tarafta bulunan beş kubbeden meydana gelmektedir. Kesme taş malzeme ve horasan harcı kullanılarak yapılan yapıda, kubbeler arasında kot mesafesi bulunmakta ve kademeli yapı ön plana çıkmaktadır. Ayrıca ana kubbeler çokgen geometrik biçimli mesnetlere oturmaktadır. Mimari etkinliği artırmak amacıyla aydınlatma için iç mekânda kemerli ve ahşap kanatlı pencereler açılmıştır (Resim 2.3). İbadete giriş kısmının solunda camiye bitişik olarak tek şerefeli minare kırk metreye

yakın uzunluğu, helezonik şekli ve Kütahya işi çini yivler ile adeta göz kamaştırmaktadır. Bir nevi burmalı minare diye de tabir edilmektedir (Resim 2.4 ve Resim 2.5). Minarenin kapısı, kaidenin kuzeybatı yönünde dikdörtgen ve sivri kemerli kesme taştan oluşmaktadır (Resim 2.6). Kaplama kısımları ise, değişik renklerden oluşan mermer işçiliği ile kesme taşlara mukavemet kazandırmıştır.



Resim 2.3 Gedik Ahmet Paşa Camii İç Mekân.



Resim 2.4 Gedik Ahmet Paşa Camii Ana Kubbeler, Tali Kubbeler ve Burmalı Minare (Anonim (b) 2014).



Resim 2.5 Gedik Ahmet Paşa Camii Burmalı Minare ve Yivli Çini İşlemesi.



Resim 2.6 Gedik Ahmet Paşa Camii Minare Kapısı ve Merdivenler.

Burmalı minareyi taş panellerle dairesel biçimli bir korkuluktan oluşan şerefe temsil etmektedir. Şerefenin üst kısmında bakırdan yapılan külah ve âlem yer almaktadır. Caminin güney kısmında kör duvarın olduğu yerde içe doğru derinliği az, dikdörtgen

şekilli, kemer hatıllarından oluşan çerçeveler ve nişler bulunmaktadır (Resim 2.7). Bu nişli yapıların hemen üzerinde aydınlatma amacıyla beş adet pencere teşkil edilmiştir. Doğu ve batı cepheleri simetrik olarak oluşturulmuş, yapıda işçilik açısından kolaylık sağlanmıştır. Aynı cephelerde derinliği az, dikdörtgen biçimli ve kemerlerden oluşan nişli pencereler bulunmaktadır. Bu elemanların üzerinde de iki adet geometrisi dikdörtgen ve sivri kemerli, aydınlatmayı sağlaması için pencereli yapılar mevcuttur. Simetrik cephelerde, dışa doğru çıkan ve bir oda biçimini oluşturan bitişik üçer kubbeli tabhane mekânları da bulunmaktadır (Resim 2.8 ve Resim 2.9). İç mekândaki tabhane bölümündeki pencereler; derinliği az, nişli, dikdörtgen şekilli ve kemerli yapıdadırlar. Kesme taştan ve mermer malzemedan yapılmışlardır. Cephelerde zemine yakın olan pencerelerin tamamında lokmalı bronz şebekeler kullanılmıştır. Pencerelerin dışlıkları ise, beton şebekelidir. Cephelerde kademeli olarak üst kotlara doğru dikdörtgen yapılı, nişli ve kemerli boşluklar bulunmaktadır. Güney yönde çatıya doğru birer pencere daha açılmış ve yapının mimarisi tamamlanmıştır.



Resim 2.7 Gedik Ahmet Paşa Camii Güney Cephesinden Bir Görünüm.



Resim 2.8 Gedik Ahmet Paşa Camii Doğu Cephesinden Bir Görünüm.



Resim 2.9 Gedik Ahmet Paşa Camii Batı Cephesinden Bir Görünüm.

Doğu ve batı cephelerde bulunan tabhane denilen mekânlara basık kemerli kapılar ile girilmektedir. Buralarda kubbelerin oturduğu mesnet noktaları pandatifdir (Resim 2.10).

Mekânlar arası geçmeler ise, Türk üçgenleri ile sağlanmıştır (Resim 2.11). Aynı yerde mermerden yapılmış ocak, çatı kısmına doğru altıgen prizmal form yapıda piramidal külahlı bacalar mevcuttur. Dikdörtgen ve lokmalı bronz şebekeli yapıda mermerden pencereler açılarak odalarda aydınlatma sağlanmıştır.



Resim 2.10 Gedik Ahmet Paşa Camii Doğu ve Batı Cephelerde Kubbelerin Oturduğu Pandatif Kemerler.



Resim 2.11 Gedik Ahmet Paşa Camii Doğu ve Batı Cephelerdeki Odalarda Bulunan Türk Üçgenleri.

Kuzey cephede cemaatin giriş yerinde beş adet, yan taraflarda ise altı adet sivri kemerli eleman bulunmaktadır. Kemerlerin taşıyıcı gövdesinde ise, altı adet silindirik mermer sütun vardır. Sütunların üzerini beş adet kurşun kaplı kubbe örtmektedir. Ortadaki kubbenin kot farkı diğerlerine göre fazladır. Kubbelerdeki geçiş mesafesi pandatif tutulmuştur. Ayrıca, sivri kemerlerin oturduğu sütunlarda ve kemerlerden giriş duvarına doğru ahşap gergiler ile bir nevi stabilite yapıda sağlanmıştır. Cami iç mekânında güney yönde orta duvarda derinliği içe doğru yarı - nişli yapıdan oluşan mimari bir süsleme mihrapta mevcuttur (Resim 2.12). Mihrabın iki tarafına güneş ışığından faydalanmak için, kalınlığı az, nişli, dikdörtgen şekilli ve mermer birer pencere açılmıştır. Kuzey cephedeki kemerler dışa doğru çıkmalı ve alınlıkları vardır. Yine son cemaat yerinde bulunan sütunlardaki kelepçelerin başlık ve kaide noktaları oymadan yapılmış ve üzerlerinde eski Türkçe yazılar mevcuttur (Resim 2.13). Bu yazılar henüz çözülememiştir. Camideki onarımın en gerçek kanıtı orta bölümlerdeki sütunlarda bulunan farklı renklere sahip mermer parçalarıdır (Resim 2.14). Aynı hacimde, kubbelere ve pandatiflerdeki desenlerin diğerlerine göre yeni olduğu söylenebilir.



Resim 2.12 Gedik Ahmet Paşa Camii Mihrap Bölümündeki Yarı Nişli Mimari Süsleme.



Resim 2.13 Gedik Ahmet Paşa Camii Kuzey Cephesindeki Sütun Üzerinde Bulunan Pirinç Kelepçe.



Resim 2.14 Gedik Ahmet Paşa Camii Giriş Bölümündeki Sütunlarda Bulunan Farklı Renkteki Mermerler.

Kuzey cephenin orta tarafında içe doğru girintili mermerden yapılmış taç kapı yer almaktadır. Ceviz ağacından yapılmış, taklit künde kari tekniği kullanılmış ve çift kanatlıdır. Taç kapıda kullanılan mermer işleme ise, çift renklidir. Ayrıca kademeli olarak içe doğru kapanmakta ve dikdörtgen formundadır. Taç kapının her iki yanında kum saatine benzer başlık ve kaideleri olan dilimli sütunlar yapıya ayrı bir renk katmıştır. Bunların hemen üzerinde de tamir kitabesi yerini almaktadır (Resim 2.15).

Namazgâh yerine çift kapılı ahşaptan yapılmış bir kapı ile girilir. Harem bölümünde

camiyi iki parçaya ayıran yapının orta yerinde büyük bir sivri kemer bulunmaktadır. İç mekânda güney kısımda doğu-batı yönünde genişlikler ile yapı planı T şekline dönüştürülmüş, bu mekânlarda Bursa kemeri diye tabir edilen yapı elemanları ve bunların mesnet noktalarını birbirine bağlayan kare kesitli kuzey-güney yönlü ikişer ahşap gergi mevcuttur (Resim 2.16).



Resim 2.15 Gedik Ahmet Paşa Cami Giriş Bölümü.

Namazgâh bölümünde güney duvarların bulunduğu yerin orta bölümünde mihrap bulunmaktadır. Farklı renkteki iki mermer taş ile kaplanmıştır. İçte doğru nişli bir yapısı vardır. Mihrabın her iki yanında kum saatini andıran başlıkları ve kaideleri olan silindirik sütunlar mevcuttur. Bu sütunlar kendi etraflarında üç yüz altmış derece dönebilmektedirler. Fakat zaman içinde bu yapılar kendi eksenleri etrafında dönüş kabiliyetini kaybetmişlerdir. Mihrabın hemen yanında yer alan minber kısmı mermerden yapılmış, yan taraflarında çokgenden oluşmuş geometrik desenler ile yapı içinde ayrı bir süsleme oluşturulmuştur. Minberin ön bölümünde ise, burmalı başlıkları ve kaideleri olan kum saati şeklinde sütunlar bulunmaktadır. Üzeri sivri kemerlerden oluşmakta açıklığı ise dikkörtgendir.

Cami iç mekânında, üst kotlara yakın olan yerlerdeki camlar renkli olup, alt taraflardaki pencereler yeterli en ve boyda yapılmış, ibadete uygun olarak inşa edilmiştir (Resim 2.17). Ayrıca pencerelerin kolları kanatlı ve gününün ahşap işçiliğini en iyi şekilde yansıtmaktadır (Anonim (b) 2014).



Resim 2.16 Gedik Ahmet Paşa Camii Minber Bölümü.



Resim 2.17 Gedik Ahmet Paşa Camii İç Mekândaki Ahşap Kanatlı Pencereler.

2.3 Deprem Tanımı

Deprem, ani olarak ortaya çıkan kütleli enerji biçiminde tanımlanacağı gibi, yer kabuğundaki kırıklarda oluşan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak belirli bir alanı etkilemesi olarak da açıklanabilmektedir. Halk arasında zelzele olarak da söylenmektedir. Tanım olarak değişik söylemleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları,

Yer kabuğunun doğal etkenlerin etkisi altında uğradığı kısa süreli sarsıntılara denir (Erinç 2000).

Magmada biriken enerjinin zayıf kuşaklar ve kırık hatlar boyunca çıkması ile oluşma süresi saniyelerle ifade edilen kabuk titremesine denilir (Atalay 1997).

Deprem bilimi ile ilgilenen bölüme Sismoloji bu alanda çalışanlara da Sismolog denilmektedir. Doğal afetler içerisinde en etkili olanlardan birisi de depremler olarak bilinmektedir. Özellikle sismik hareketliliğin fazla olduğu yerlerde tekrarlı periyotlar halinde depremler devam etmektedir. Bu hareketliliğin sonucunda da büyük ölçüde can ve mal kayıpları meydana gelmektedir. Ülkemiz açısından bakıldığında ise, topraklarımızın % 92 sinin deprem kuşakları içinde olduğu halkımızın % 95 inin de deprem tehlikesi altında yaşadığı önemli bir gerçektir. Yaşanan depremlerde, son yarım asırda binlerce vatandaşımız hayatını kaybetmiş, yaşam alanlarımız yıkılmış veya ağır hasarlı yapılar haline dönüşmüştür.

Yer sarsıntılarının olduğu bölgelerde, zeminin enine ve boyuna doğrultularında ciddi deformasyonlar meydana gelmektedir. Boyuna yönde kilometrelerce, enine yönde ise metre mertebesine varan açılmalar oluşmuştur. Depremler sadece tek bir doğa olayı olmayıp, zincirleme afetleri de beraberinde getirebilmektedir. Örnek olarak; heyelanlar, toprak kaymaları ve çığ düşmesi vb. depremin tetiklediği unsurlar olarak göz önüne alınmalıdır. Özellikle ülkemizin Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesinde yükselti ve engebe batıdan doğuya doğru arttığı için Doğu Karadeniz Bölgesinde heyelan, Doğu Anadolu Bölgesinde ise çığ düşmesi sık bir şekilde görülmektedir.

Karstik alanlarda meydana gelen depremler çöküntü depremleri; volkanik kökenli lav püskürmesi ile oluşan depremler volkanik depremleri; günümüzde en yaygın olan iç kuvvetlerin patlaması sonucu oluşan fazlaca hasar oluşturan depremler de tektonik depremleri oluşturmaktadır. Tektonik kökenliler en çok levha sınırlarında meydana gelmektedirler. Ülkemizde tektonik oluşumlu deprem hareketlerine rastlanılmaktadır.

2.3.1 Magnitüd ve Şiddet İlişkisi

Depremler meydana geldikten sonra genellikle iki kavram üzerinde sıkça durulmaktadır. Bu kavramlar, magnitüd ve şiddettir. Magnitüd, deprem esnasında açığa çıkan enerjiyi ifade etmektedir. Büyüklük olarak da anılmaktadır. Çeşitli ölçeklerde logaritmik olarak artan belirli değerleri ifade eder. Günümüzde en yaygın ölçek olarak kullanılan Richter ölçeği ve farklı varyasyonlarıdır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Şiddet – Magnitüd Karşılaştırılması (İnt. Kyn. 2).

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

Şiddet ise, yapılarda hasar miktarına göre değerlendirilen değişken bir kavramı ifade etmektedir. Şiddeti etkileyen faktörler; yeryüzünde oluşan heyelanlar, yarıklar, fay hatları ve doğa olayları olarak sayılabilmektedir. Yapılardaki hasar olarak hesaplanan şiddet değeri coğrafi bölgelerdeki yapı koşulları değişik olduğundan bölge bölge farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, Karadeniz bölgesinde ahşap ağırlıklı iken, İç Anadolu da kerpiç, Güneydoğu Anadolu civarında ise, taş yapımı evler yaygındır ve Çizelge 2.2 de yapı tipleri A,B ve C sınıfı olarak verilmiştir. İklim koşulları, yükselti, bitki örtüsü bu alanlarda farklı olduğu gibi İnşaat Mühendisliği açısından önemli bir faktör olan zemin yapıları da sondaj blokları da farklılık arz edecektir. Depremin şiddetini belirleme çalışmaları matematiksel bir yönteme dayanmadığından ölçümü yapan kişiye göre bile değişiklik gösterebilmektedir.

Çizelge 2.2 Yapı Tipleri (İnt. Kyn. 2 AFAD).

A TİPİ	Kerpiç Yapılar, Kireç ya da Çamur Harçlı Taş Yapılar
B TİPİ	Tuğla Yapılar, Kâgir Yapılar, Kesme Taş Yapılar
C TİPİ	Betonarme Yapılar, Ahşap Yapılar

Richter ölçeğine göre, şiddeti 0 - 4 olan depremler hafif, 4-5.4 arasında olanlar orta, 5.5-6.9 arasındakiler yıkıcı ve 7 den büyük olanlar ise, çok şiddetli depremler olarak kabul edilirler (Kazancı 2003).

Şiddet, magnitüd gibi deprem hakkında kesin bir bilgi vermez. Depremin büyüklüğü ve odak derinliği gibi etkenler şiddeti etkileyen faktörlerdir. Şiddet merteye olarak değerlendirilirken, yaşanan deneyimlerden ve bıraktığı hasarlardan yola çıkılarak yapılan şiddet tablolarından elde edilir. Çizelge 2.3 de hasar seviyelerine bağlı olarak meydana gelen durumlar verilmiştir. Düşeyde şiddet, yatayda ise A,B ve C yapı tipleri arasındaki bağıntı Çizelge 2.4 de açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 2.3 A,B ve C Tipi Yapılarda Meydana Gelen Hasar Biçimleri (İnt. Kyn. 2 AFAD).

Hafif Hasar	Sıvalarda hafif çatlaklar ve dökülmeler oluşur.
Orta Hasar	Duvarlarda çatlama, bacalarda çatlama ve düşme oluşur.
Ağır Hasar	Duvarlarda kalıcı hasarlar ve bacalarda yıkılma vardır. Binaların bir kısmının yıkılması, derzli yapıların birbirinden ayrılması
Yıkıntı	vardır.
Fazla	
Yıkıntı	Yapı sisteminin tümünden göçmesini ifade etmektedir.

Kristalli yapılar (katılaşım kayaları, kristalli şistler, mermerler, yoğun kalker gibi) oluşan zeminler üzerinde deprem daha az zarar yaparken, buna karşılık alüvyal ve kolüviyal depolar, tüfler, kumlar, çimentolaşmamış depolar, gevşek zeminli alanlar depremin şiddetinin daha fazla hissedildiği ve zararın daha fazla olduğu alanlardır (Kazancı 2003).

Çizelge 2.4 Yapı Tipi, Deprem Şiddeti ve Hasar Yüzdeleri Arasındaki İlişki (İnt. Kyn. 2 AFAD).

YAPI TİPİ			
	A	B	C
Şiddet			
V	%5 Hafif hasar	YOK	YOK
VI	% 5 Orta hasar, % 50 Hafif hasar	%5 Hafif hasar	YOK
VII	% 5 Yıkıntı, %50 Ağır hasar	% 5 Orta hasar	%5 Hafif hasar %5 Ağır hasar, %50 Orta hasar
VIII	% 5 Fazla yıkıntı, % 50 yıkıntı	% 5 Yıkıntı, %50 Ağır hasar	% 5 Yıkıntı, %50 Ağır hasar
IX	% 50 Fazla yıkıntı	% 5 Fazla yıkıntı, % 50 yıkıntı	% 5 Fazla yıkıntı, % 50 yıkıntı
X	% 75 Fazla yıkıntı	% 50 Fazla yıkıntı	% 50 Fazla yıkıntı

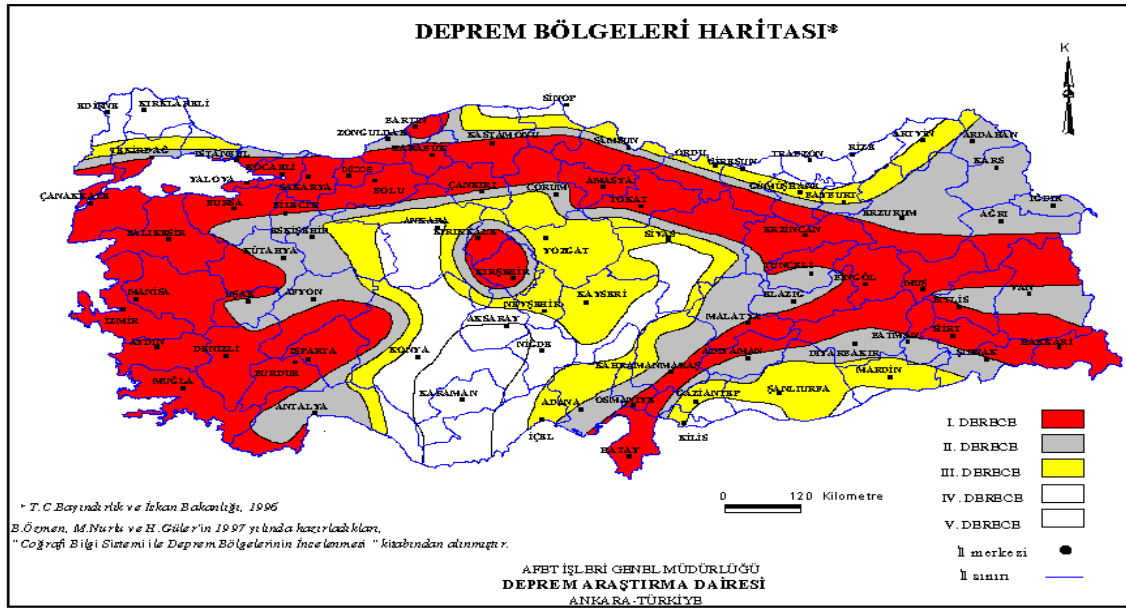
Depremin enerjisini dışa vurduğu nokta alan olarak hiposantr (odak noktası) olarak kabul edilmektedir. Bu noktaya en yakın olan ve etkisinin en fazla hissedildiği yerde episantr (dış merkez) oluşmaktadır. Dış merkezdeki etki alanı, depremin şiddeti doğrultusunda orantılı olarak artar. Dış merkezler alan olarak değerlendirilmektedirler. Ayrıca, depremler derin ve sığ olmaları bakımından (odak derinliği) da bir ölçüt olarak kabul edilirler. Ülkemizde meydana gelen depremler sığ derinliklerde oluşur. Bu yüzden etki alanları fazladır. 0-60 km'lik mesafeyi kapsamaktadırlar. Tektonik depremler sığ ve derin olmaları bakımından değerlendirilmektedirler. Derin depremler alan bakımından büyük yaptığı etki olarak ise küçük depremlerdir.

2.3.2 Depremin Ülkemize Etkileri

Ülkemiz dünya üzerindeki iki deprem kuşağından biri olan Alp - Himalaya deprem kuşağı içinde yer almaktadır. Bu kuşak üzerinde çok sayıda yıkıcı ve şiddetli depremler meydana gelmiştir. Asya ve Avrupa'nın birbirlerine doğru hareketi Alp orojenezini, Asya ile Hindistan'ın karşılıklı hareketi de Himalaya orojenezini oluşturmuştur. Türkiye Asya-Avrupa-Afrika üçlü kıtasının birbirine en çok yaklaştığı alan üzerinde bulunmaktadır. Üçlü kıtaların hareketleri sonucunda meydana gelen kısaltmalar ve kabarmalar ile Kuzey Anadolu Fay hattı ve Doğu Anadolu Fay hattı ülkemiz sınırları içinde kırık fay hatları boyunca yerini almıştır. Türkiye'de depremlerden en çok zarar gören bölgeler Kuzey Anadolu Fay hattı üzerindedir. Kısaca KAF olarak adlandırılan

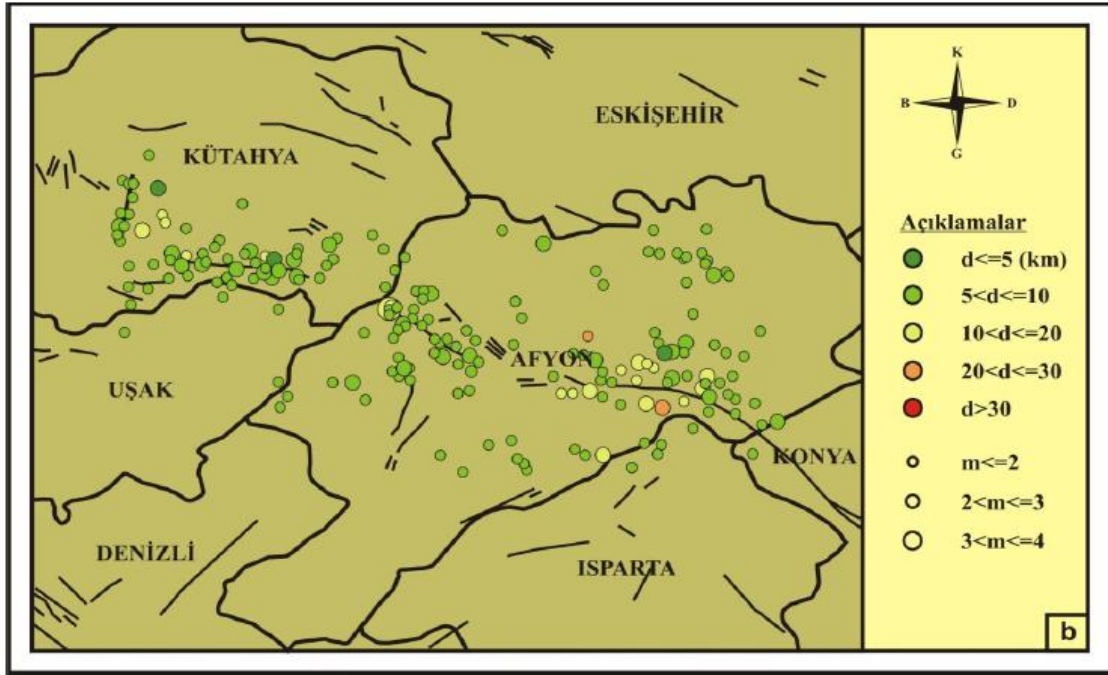
bu kuşak kuzeyde Saros körfezinden başlayarak, İzmit körfezi boyunca devam eder. Yaklaşık uzunluğu 1000 km kadardır.

Doğu Anadolu Fay hattı (DAF), ülkemizin güneyi boyunca uzanarak Erzincan üzerindeki Varto bölgesinde Kuzey Anadolu Fay hattı ile birleşir. Kısaca DAF olarak da bilinen bu kuşak kollar halinde dağılım göstermektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Ülkemizin Deprem Bölgeleri Haritası (İnt. Kyn. 3).

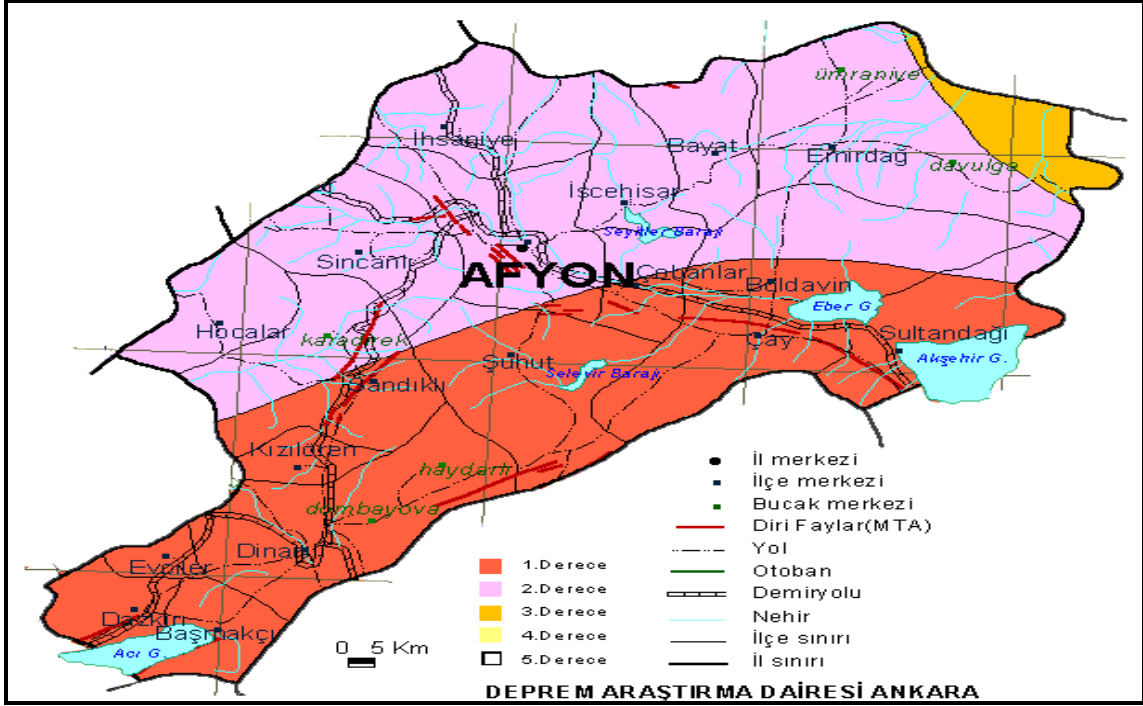
Şekil 2.2'de görülen deprem bölgeleri haritasından da anlaşılacağı gibi, Karadeniz-Ege-Doğu Anadolu Bölgesi birinci derece deprem tehlikesi altında olan alanlardır. Türkiye'nin % 90'a yakın bir kısmı deprem bölgeleri içerisinde yer almaktadır. Bu bölgelerde yaşayan nüfusun % 60'lık bir oranı yüksek potansiyelli deprem tehlikesi olan yerlerde yaşamaktadır. Türkiye de yaşanan en büyük deprem 26 Aralık 1939 tarihindeki Erzincan depremidir. Binlerce kişi bu deprem sonucunda hayatını kaybetmiştir. Kilometrelerce fay kırıkları oluşmuştur. Yakın tarihte ise, meydana gelen en büyük depremler Kocaeli ve Van depremleridir. Bu depremlerde de ağır hasarlı yapılar, yaralanmalar ve ölümler oluşmuş yurdumuzu derinden etkilemiştir.



Şekil 2.4 ASFS ve Yakın Çevresinde 2011 Yılında Meydana Gelen Depremler (İnt. Kyn. 4).

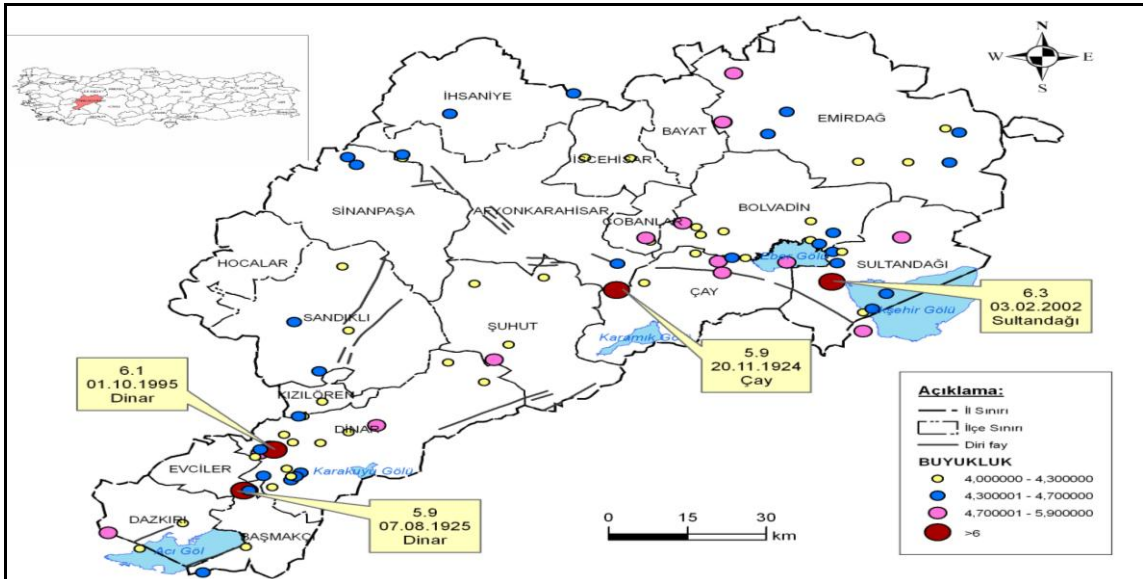
Afyonkarahisar ve çevresini (38.00° - 39.50° K enlemleri ve 29.50° - 32.00° D boylamları) etkileyen tektonik sistemler; Gediz Çöküntü Sistemi, Dinar Fay Sistemi ve Akşehir Fay Sistemidir. Yaklaşık 200 milyon yıl (Jura) öncesinden günümüze kadar değişen yaşlardaki malzemeyle oluşmuş olan bu bölge, Türkiye tektoniğini meydana getiren bileşenlerden olan Batı Anadolu Çöküntü sistemi ile Orta Anadolu Ova rejiminin, karşı karşıya geldiği bir konumdadır. Yani, bir geçiş bölgesi oluşturmaktadır. Akşehir Fay Zonu, bu bölgedeki tektonizmayı yönlendiren önemli mekanizmalardan biridir (Koçyiğit 1984, Koçyiğit *et al.* 2000).

UTKU vd. (2003), Afyon ve Çevresinin Depremselliği başlıklı çalışmalarında; Afyon ve çevresinin 5 ayda bir en az 4.0 büyüklüğünde bir deprem üreten aktif bir tektonik sistemin içinde yer aldığı, bu özelliğiyle 6.0 büyüklüğündeki bir depremi 30 yılda %78, 7.0 büyüklüğündeki bir depremi ise aynı sürede %35 yaşama olasılığının olduğu, 6.0 büyüklüğündeki bir depremin 20 yılda bir tekrarlayabileceği, 7.0 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlanma süresinin ise 72 yıl olduğu, 100 yılda bu bölgede meydana gelebilecek maksimum büyüklüğün 7.3 olacağı sonucuna varmışlardır. Şekil 2.5'e göre, Afyonkarahisar merkezinin ikinci derece, bazı ilçelerinin ise birinci dereceden deprem bölgesi içinde yer aldığı görülmektedir.



Şekil 2.5 Afyonkarahisar Deprem Bölgeleri Haritası (İnt. Kyn. 5).

Afyonkarahisar inceleme alanında ve çevresinde ileride yaşanması olası depremler için zemin faktörünün önemli olduğu sıvılaşma potansiyeli olan alanlarda da gerekli yapısal önlemlerin alınması toplum güvenliği açısından önemlidir. Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından il merkezinde oluşan 4.0 ve daha büyük depremler Şekil 2.6 da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Afyonkarahisar ve Yakınlarında Meydana Gelen 4.0 Büyüklüğünde ve 4.0 dan Daha Büyük Depremler (Anonim (c) 2009).

2.4 Afyonkarahisar İle İlgili Genel Bilgiler

Afyonkarahisar ve merkezi etüt alanı olarak iklimi, Ege Bölgesinin İç Batı Anadolu kısmında yer aldığı için karasal iklim hâkimdir. Yazları sıcak ve kurak olup, ortalama yağış miktarı 466.2 mm dir. Sıcaklığı ise, yaklaşık olarak 11 °C dir. Yağışlar belirgin olarak, kış-ilkbahar-sonbahar üçlüsünde görülmektedir. Yazın ise, yağış miktarı azalmaktadır. Buharlaştırma yağışın azalmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Buna bağlı olarak nispi nem de azalmaktadır. Buharlaştırma il bazında 821.4 mm dir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Afyonkarahisar Bölgesel Konumu (Anonim (c) 2009).

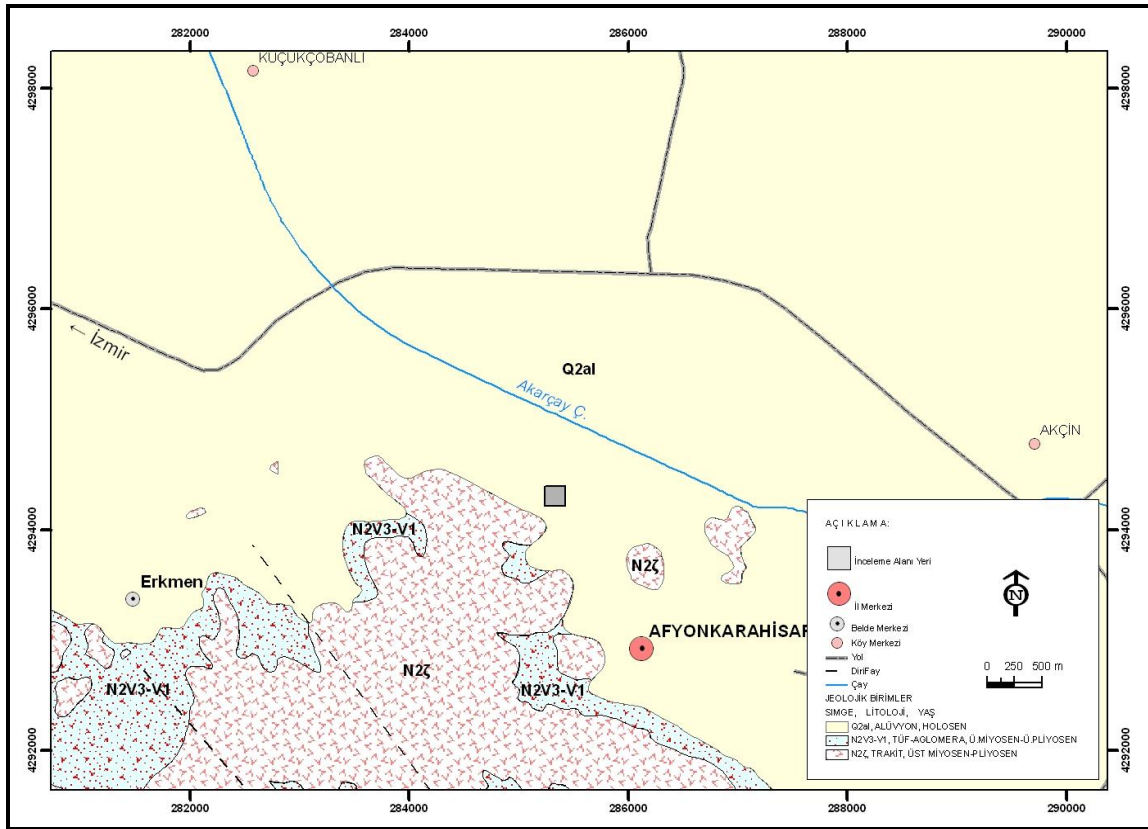
2.5 Afyonkarahisar'ın Jeolojisi

İnceleme alanı ve civarının yer aldığı bölge bugünkü yüzey şeklini Alpin Orajenezini sonucunda kazanmıştır. Alpin Orajenezinin genel karakteristiği olan düşey faylara bölgede sıkça rastlanır. Bu faylar eğim atımlı ve normal faylardır. Yaşlı Formasyonların kenar kısımlarında ve bu formasyonların kıvrımınma istikametlerine paralel olarak fay sistemleri teşekkül etmiştir. Fakat tali fayların istikameti değişik yöndedir.

Gazlıgöl Fayı; Gazlıgöl vadisi deresini kateder. Vadinin iki tarafında da Kuzey-Güney doğrultulu yatay durumda beyaz renkli yumuşak Neojen kireçtaşının durumu, kaplıcanın bulunduğu yerde değişir ve 35 derecelik bir eğimle batıya dalar. Buralarda kireçtaşının rengi de esmerleşir ve yer yer kristalize olmuştur. Maden suyu ve sıcak kaynaklar bu faydan çıkarlar. Vadi güneyindeki Paleozoik yaşlı mika şistler bu kırık

sebebiyle sık kıvrımlara cilalı satırlara ve milonitik dokuya sahiptirler. Gazlıgöl fayı doğusunda yine Kuzey-Güney doğrultulu tali bir fay daha vardır. Afyonkarahisar merkez kırık fay hattı, kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda oluşan fay dizilerinden meydana gelmektedir (Anonim (c) 2009).

İnceleme alanı, neojen dönemine ait olan birimlerin aşınmalarıyla oluşan ve Akarçay havzası içerisinde çökelmiş olan, Holosen yaşlı genç alüvyonlardan oluşmaktadır (Şekil 2.8). Genelde çakıl, kum, silt-kil malzemelerinden oluşan alüvyon birimi etüt alanımız içerisinde daha ince taneli görünüm sergilemekte ve üst seviyelerde açık sarı renkli, yaklaşık 3 m. derinlikten sonraki alt seviyelerde ise orta katı-katı kıvamlı killerden oluşmaktadır. Bu birimin kalınlığının 50 m. nin üzerinde olduğu önceden açılmış sondajlardan bilinmektedir (Anonim (d) 2013).

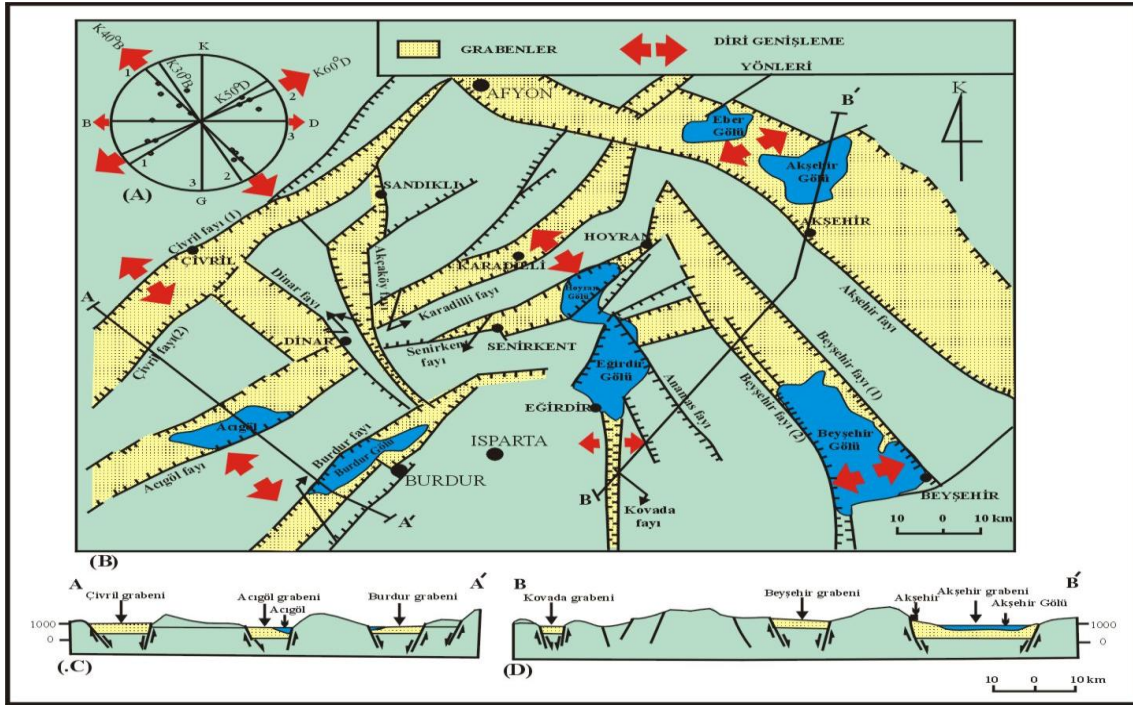


Şekil 2.8 Afyonkarahisar ve İnceleme Alanının Jeolojik Haritası (Anonim (d) 2013).

Afyon'un doğusunda Kuzeybatı- Güneydoğu yönünde aynı hat üzerinde sıralanan 4 adet volkanik tepe aktif bir fay hattını oluşturur (Şekil 2.9).

Bu hatta paralel ikinci bir fay, Çakır köyden başlayarak volkanik serinin eteğinden geçmektedir (Anonim (d) 2013).

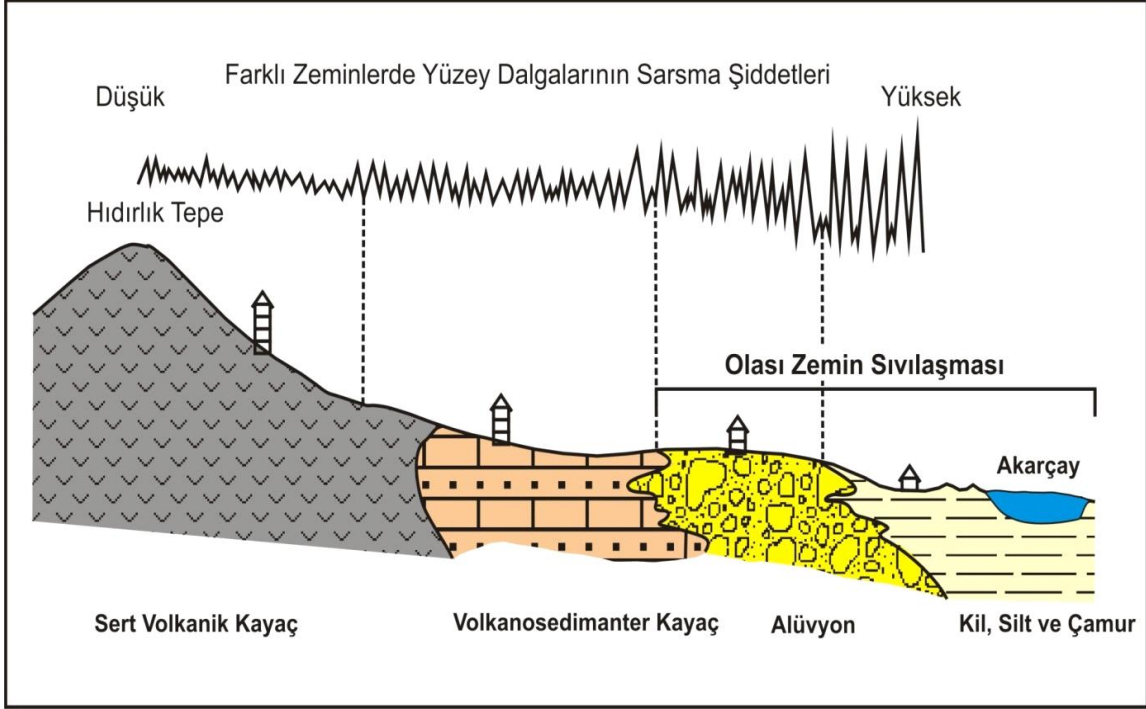
Güneybatı ve Kuzeydoğu yönünde uzanan ve Balmahmut'tan başlayan Araplı vadisi fayı, Araplı vadisini izleyerek Gazlıgöl vadisine kadar uzanır. Sultandağı fayı, Sultandağları'nın kuzeyinde uzanan bir faydır.



Şekil 2.9 Güney Batı Anadolu'nun Sismotektonik Haritası.

A) Faylar için nokta diyagramı, B) Fay haritası, C) ve D) Enine kesitler (Koçyiğit 1984).

İnceleme alanı alüvyal zemin üzerine oturmuş olup (Şekil 2.10), neojen dönemine ait birimsel aşınmalarla oluşmuştur.



Şekil 2.10 Afyonkarahisar Hıdırlık Tepe - Akarçay Arası Farklı Zeminlerde Yüzey Dalgalarının Sarsma Şiddetleri Şeması (Ergün 2013).

Afyonkarahisar'ın jeolojik özelliklerinden bahsedildikten sonra yapıyı oluşturan taşıyıcı sistemde Ayazini (Döğer) tüflerinin kullanıldığı yapılan araştırmalarda belirlenmiştir. Bölüm 2.6 da bu bölgedeki tüflerin genel özellikleri detaylı bir şekilde verilmiştir.

2.6 Tüflerin Tanımı

Tüfler genellikle açık renkli, bileşiminde silisli volkanik camlar bulunduran bir yapı taşıdır. Tüflerin boyutları çap olarak yaklaşık iki-üç mm'den daha büyüktür. Bu çaplardan daha küçük olanlar ise, tüfit ismi ile anılmaktadır. Silisli volkanik camlar ortam şartlarına göre, biçim değiştirerek kil vb yapılara dönüşebilirler. Ortam şartlarının bazik veya asidik olması yapı etkileşimi açısından değişik bileşimdeki maddeleri oluşturabilmektedir. Yağmur, yeraltı suyu ve deniz gibi yerler bu ortamlar içerisinde yer almaktadır. Bozuşmalar sonucu oluşan ürünler meydana gelirken; zaman (t), su/kayaç oranı (w/r), yağış faktörü (p) ve pH değerleri önemli yer tutmaktadır. Ayrıca diğer bir tanıma göre;

Volkanizma sırasında volkan bacalarından çıkan değişik boyuttaki tanelerin volkan bacalarının etrafında (100 km'ye kadar) birikip taşınmasıyla oluşan kayaçlara tuf, tanelerin su ortamında çökmesi ve taşınmasıyla meydana gelen kayaçlara tüfit denir. Tüflerin daha sonraki aşınma - taşınma faaliyetleri ile sedimanter ortamlara taşınması ve çökmesi ile oluşan kayaçlar da epik lastik tüfler olarak adlandırılırlar. Tüfler yüzeyleri çok pürüzlü ve iri gözeneklidir, kırıldıklarında keskin köşeli parçacıklara ayrılırlar (Resim 2.18). Renkleri genellikle koyu gri olmakla beraber daha açık renklerde, beyaz ve pembe renklerine de rastlanır. Özgöl ağırlıkları $1.5-1.9 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişir (Çobanoğlu ve Özpınar 2003).



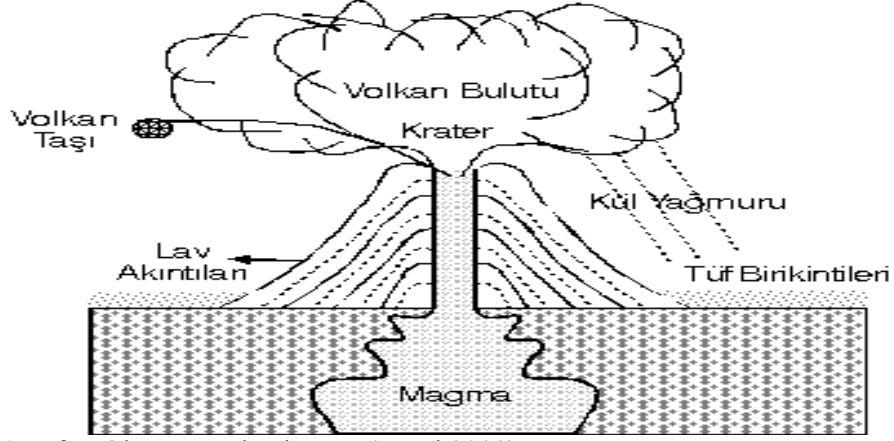
Resim 2.18 Tüfün Genel Görünümü (Ünal vd. 2008).

Tüfün ortalama eriyebilirliği 1343°C dir. 760°C 'nin altında herhangi bir değişikliğe uğramaz. Bu sıcaklıkta dış yüzeydeki lifler buruşur, çekilir. $480-650^\circ \text{C}$ aralığındaki alevlerde yapısal bozulma veya parçalanmaya uğramaz. Doğal nem oranı çok düşüktür. Mohs sertlik skalasına göre sertliği 5.5-6 arasında değişmektedir. Basınç mukavemeti ise $9.5-13 \text{ MPa}$ arasındadır. Camın kendine has yoğunluğu 2.5 gr/cm^3 olmasına rağmen tüfün gözenekli yapısı 1 gr/cm^3 ten daha az yoğunluk vermektedir. Gözenek çeperleri camdan oluşan bir zar ile ayrıldığından tuf düşük bir geçirgenliğe sahiptir (Demir 2001).

Tüflerin ortalama basınç dayanımının $9.5-13 \text{ Mpa}$ arasında olduğu, fakat Ayazini tüflerinin basınç dayanımının 22 MPa civarında olduğu Materyal ve Metot kısmındaki verilerden anlaşılmaktadır.

2.6.1 Tüfün Oluşumu

Tüfler volkanik sahalarda magmadan yukarıya doğru bir patlamanın gerçekleşmesi ile oluşan volkan bulutlarının yer yüzeyinde birikmesi ile meydana gelir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Tüfün Oluşum Mekanizması (Ergül 2009).

Patlamalar sonucunda tüf ve tüfit yapıları birlikte bulunurlar. Tüfler yapı malzemesi olarak rahatlıkla kullanılabilirler. Yüzde elliden fazla tüf içeren kayalar tüflü olarak kabul edilirler. Resim 2.19 da tüflü yapılardan oluşan kayalar görülebilmektedir.



Resim 2.19 Tüflü Yapıdan Oluşan Kayalar (İnt. Kyn. 6).

Tüfler çok sayıda gözenek içerirler. Magma içinde bulunan tüfler çözünmüş gazlar bakımından zengin bir ortamdadır. Bu ortamdan dışarıya patlama sonucu çıkarak düşük

basınç altına girer. Çözünen gazlar tuf üzerinde baloncuklar meydana getirirler. Magma, dışarıdaki sıcaklık ile ani soğumaya başlar ve baloncuklu yüzeylerde gözenekli bir hal oluşur.

Tufün endüstriye girişi 1940'lı yıllara dayanmasına rağmen eski roma mühendisleri tuf ve kireci çok ince öğüterek bağlayıcılık değeri elde etmişlerdir. Kırılmış ve öğütülmüş tuf ve tufit kum yerine akustik sıva ve hafif izolasyon dolgusu olarak filtre malzemesi, karayollarını örten siyah kaplamada (asfalt) kullanılır (Demir 2001, Koçu 2005).

Bu avantajlarının yanı sıra tüfler oldukça sert malzemelerdir. Çimento sanayisinde ve yol malzemesi olarak da kullanılabilirler. Yol malzemesi olarak kullanılması halinde pürüzlü yüzeyi ile araçlar için gerekli olan yeterli durma mesafesini sağlamada önemli bir yer oluşturmaktadırlar. Sıcak ve soğuk ortamlarda ani ısı değişimleri göstermezler ve yalıtım malzemesi görevlerini de üstlenmektedirler (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5 Tüflerin Genel Özellikleri (İnt. Kyn. 7).

Tufün Genel Özellikleri
Ağırlığı azdır.
Doğaya uyumlu, zengin renk çeşitliliğine sahiptir.
Renkleri solmaya karşı dayanıklıdır.
Aşınmazlar.
Topraktaki nemi muhafaza ederler.
Sulama ihtiyacını azaltırlar.
Yangına karşı dayanıklıdır.

2.6.2 Tüflerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tüflerin kimyasal bileşimleri oluşum süreci içinde farklılık göstermektedir. Ana bileşenleri yaklaşık olarak belirlenebilmekte ve maksimum ve minimum değerlere göre ortalama bir değer elde edilebilmektedir. Bunun ana sebepleri ortam şartları ve yöre farklılıkları denilebilmektedir.

Tüflerin fiziksel özellikleri kısaca özetlenirse; 760°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tüflerin dış yüzeylerindeki liflerin buruşması ve çekilmesi sonucunda hacmi

küçülmektedir. 480 - 650°C aralığındaki alevlerde yapısal bozulma veya parçalanmaya uğramaz. Doğal nem oranı poroziteye göre yüksektir.

Camın kendine has yoğunluğu 2.5 gr/cm³ olmasına rağmen tufün gözenekli yapısından dolayı 1 gr/cm³' ten daha küçüktür. Gözenek çeperleri camdan oluşan bir zar ile birbirinden ayrıldığından (bağlantısız boşluklardan) dolayı tuf düşük bir geçirgenliğe sahiptir (Pirsson 1975, Aslaner 1989).

2.6.3 Tüflerin Yapılarda Kullanımı

Tüfler inşaat malzemesi olarak kullanıldığında uygun boyutlarda elde edilip, taş eleman halinde yapılarda rahatlıkla kullanılabilirler. Tarihten günümüze tüfler ile yapılmış çok sayıda yapı bulunmaktadır.

Yapılarda genellikle yüzeyleri düzelterek parlatılmış doğal taş ürünleri kullanılmaktadır (örneğin mermer, granit gibi). Özel işlemlerle yüzeyi pürüzlü hale getirilmiş ve parlatılmadan kullanılan cephe kaplaması ve döşeme uygulamaları da son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Yapıların düşey yüzeylerinde (iç ve dış), taban döşemesinde, merdiven basamaklarında ve dekoratif amaçlı gerçekleştirilen her türlü kaplamalarda kullanılan taşlara da ticari alanda "mermer" denilmektedir. Yol ve kaldırım döşemesi, bordur taşı, duvar ve dayanma yapısı malzemesi, çatı örtüsü, kıyı tahkimatı, dalgakıran ve baraj inşaatı, agrega üretimi gibi geniş bir alanda kullanılan doğal taşlar için de "yapı taşı" terimi kullanılmaktadır (Çelik 2003).

İnşaat sektöründe kaplama, döşeme ve dekorasyon amaçlı kullanılacak tüflerin, renk ve görünümleri, mineralojik ve petrografik özellikleri, kimyasal özellikleri, fiziko - mekanik özelliklerinin belirlenmesi yapıda kullanım yerlerinin saptanmasında büyük önem taşımaktadır (Çelik 2003).

Tüflerin mekanik özellikleri, fiziksel yapıları ve kimyasal bileşimleri ile doğrudan ilgilidir. Dislokasyonlar, kristalize yapı, nem durumu, yüzey pürüzlülüğü gibi faktörler mukavemet değerlerini etkileyen unsurlardır. Ayrıca yapılarda kullanılacak olan tüflerin

deprem yönetmeliğinde yer alan yığma yapı eleman mukavemet değerlerini sağlaması gerekmektedir.

Selçuklu ve Osmanlı Dönemi yapıları ile tarihi dokunun yaşatıldığı ve Anadolu'daki Türk kültürünü yansıtan önemli eserlerin yer aldığı illerden birisi de Afyonkarahisar'dır. Afyonkarahisar'da günümüze kadar gelebilen cami, medrese, köprü ve han gibi genel kullanıma açık tarihi yapıların yanı sıra, çeşme, hamam, bent ve su kemeri gibi su mimarisi yapıları da önemli bir yer tutmaktadır (Çelik ve Sel 2008).

Tez kapsamında incelenen Gedik Ahmet Paşa Camii'nin yapımında da Ayazini civarındaki ocaklardan elde edilen tüfler kullanılmıştır.

2.6.4 Ayazini Tüflerinin Genel Özellikleri

Gedik Ahmet Paşa Camii inşaatında taş malzeme olarak kullanılan tüf malzeme Afyonkarahisar'ın Ayazini bölgesinden temin edilmiştir. Ayazini, Ege bölgesinin İç Batı Anadolu bölümünde Afyonkarahisar'ın 34 km kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 2.12). Ayazini kasabası tarihten günümüze kadar taş ocaklarıyla önemli bir potansiyele sahiptir (Resim 2.20). Ayrıca tüflerin kolay şekillenebilir olması sebebiyle geçmişte çok sayıda dini ve sosyal mekânlar bu malzeme ile yapılmıştır (Resim 2.21). Afyonkarahisar da tüfler ile yapılmış çok sayıda eser mevcuttur.



Şekil 2.12 Ayazini Kasabasının Bölgesel Konumu (Çelik *et al.* 2014).



Resim 2.20 Ayazini Bölgesi Tüfü Taş Ocakları (Çelik *et al.* 2014).



Resim 2.21 Antik Çağda Tüflerden Yapılmış Kilise (Çelik *et al.* 2014).

Fiziko–mekanik testler sonucunda Ayazini tüflerinin betonarme karkas yapılarda duvar dolgu malzemesi ve yığma yapı temellerinde, su basman seviyesinin üst bölümlerinde yapı taşı olarak kullanılabilir özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca güzel renk ve desene sahip taşlar ise, binaların dış cephe kaplamalarında sınırlı olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur (Kuşçu ve Yıldız 2001).

Osmanlı tarihinde ve Afyonkarahisar da Ayazini tüfleri ile yapılmış çeşme, han, hamam ve külliye gibi eserler günümüzde de gerekli bakım ve onarımlarla herhangi bir durabilite problemi yaşamadan işlevlerini sürdürmektedirler (Resim 2.22).



Resim 2.22 Afyonkarahisar da Ayazini Tüfleri ile Yapılan Tarihi Çeşmeler (Çelik *et al.* 2014).

2.6.5 Ayazini Tüflerinin Fiziksel Özellikleri

Kayaç krem, beyaz ve grimsi bir renge sahiptir. Kayaç üzerinde çatlakların sık olduğu alanlarda manganez metaline ait damar ve damarcıkların botroidal yapılı olarak tüflerin çatlak yüzeylerini doldurduğu ve sıvıdığı gözlenmiştir. Bazı bölgelerde birim bandlı bir yapı sunmakta ve bu durum kayaca güzel bir görünüm kazandırmaktadır. Kayaçtaki bu bandlı yapının birim içerisine nüfuz eden demirli eriyikler nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir. Gerek demirli ve gerekse manganezli eriyikler kayacın renginin yersel olarak değişmesine neden olmuştur. Bölgedeki tüflerin içerisinde birimin hızlı soğumasından kaynaklanan soğuma çatlakları mevcuttur. Bu çatlaklar birime sütunsal bir yapı kazandırmıştır. Sütunların genişliği yaklaşık 40 cm olup birim, soğuma çatlakları boyunca sütunlar şeklinde ayrılmaktadır (Kuşçu ve Yıldız 2001).

2.7 Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Tarihi yapılarda temel olarak taş, toprak esaslı malzemeler, harç, sıva, ahşap, metal ve cam gibi malzemeler kullanılmıştır. Bunlardan harç ve sıva, yapı elemanlarını meydana getiren taş, tuğla, ahşap gibi malzemeleri bütünleyici, onları bir arada tutucu, dış etkilere karşı koruyucu ve dekoratif işlevler üstlenmiştir (Özgen 2012).

Durabiliteyi etkileyen etkenler arasında harcı oluşturan malzemeler, bölge koşulları ve yapım tekniği sayılabilmektedir. Ayrıca tarihi yapılarda kullanılan harçlar yapının yapıldığı dönem hakkında da geniş bilgi vermektedir.

Türkiye’de bulunan tarihi yapılarda kullanılan harçlar genellikle kireç harçlarıdır. Kireç harçları da hidrolik ve hidrolik olmayan harçlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Hidrolik olan harçlarda kireç, harca katılan diğer malzemelerle etkileşime girmez ve sadece kirecin havanın etkisiyle sertleşmesi sonucu dayanım kazanırlar. Hidrolik olan harçlar ise ya hidrolik kirecin kullanımıyla ya da kireçle etkileşime giren puzolanların harca katılmasıyla oluşurlar. Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda ise kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum alüminat hidrat vb. ürünleri oluşturur (Lea 1940).

2.7.1 Horasan Harcı ve Bileşenleri

Horasan harcı, kısaca yapay puzolanik malzeme kullanılarak hazırlanan kireç harcı olarak tanımlanabilir. Buradaki yapay puzolan pişmiş kildir. Bu tür harçlara Romalılar ve Bizans döneminde "Roman" harcı, Selçuklu ve Osmanlı mimarisinde de renk ve doku olarak horasan toprağına benzediğı için "Horasan" harcı denilmiştir (Çamlıbel 1983).

Osmanlı döneminde horasan harcı hazırlıklarında kullanılacak tuğlaların yeni ve iyi pişirilmiş olması koşulu şartnamelerde belirtilmiştir. Tuğlaların iyi pişirilmesi koşulu tuğlanın hammaddesi olan killerin tamamının amorf hale dönüşmesinin gerekliliğı ile açıklanabilir. En fazla amorf malzemenin 550-600°C sıcaklıkta elde edildiğı bilinmektedir, çünkü silikat bu sıcaklıkta polimorflarına dönüşür (Saraylı 1987).

Agrega olarak kullanılan tuğlaların yoğunlukları kireç taşı, bazalt vb. agregalardan daha düşüktür. Bu nedenle horasan harçları daha hafiftir ve daha yüksek çekme dayanımına sahiptir. Ayasofya'nın kubbesinden alınan horasan harçları bu durumu örneklemektedir (Moropolou *et al.* 2002).

Horasan harcının dayanım kazanabilmesi için suya ihtiyacı vardır. Bu yönden bakıldığında hidrolik bağlayıcı olarak nitelendirilebilmektedir. Islak mekânlarda özellikle hamam türü yapılarda nem oranı fazladır. Horasan harcı da hidrolik bir bağlayıcı malzeme olduğundan suya karşı dayanımı ve durabilitesi fazladır.

Tarihi yapılarda yapılan çalışmalarda harç özellikleri incelenmiş ve restorasyon için gerekli malzemeler orijinal malzeme özelliklerine yakınsanmaya çalışılmıştır. Çizelge 2.6 da uzmanlar tarafından örnek alınan tarihi bir yapının harç bileşenleri verilmiştir.

Çizelge 2.6 Tarihi Yapılarda Kullanılan Harç Bileşenleri (Özgen 2012).

Tarihi Yapılarda Kullanılan Harç Malzeme Bileşenleri					
1 Ölçü Kireç	2 Ölçü Taş Tozu	Tuğla Tozu	Tuğla Kırığı	Dere Kumu	Kıtlık

Tarihi yapılarda yapılan malzeme analizlerinin amacı, yapım malzemelerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerini belirlemek ve içinde buldukları durumu ve bu duruma gelmesine sebep olan etkenleri açıklayacak bilgileri sağlamaktır. Tarihi yapılarda kullanılan özgün malzemelere uygun yeni harç ve sıva üretebilmek için orijinal harç ve sıvaların üretiminde kullanılan bağlayıcı, dolgu ve katkı malzemeleri hakkında yeterli bilgi edinmek gerekir. Araştırmanın kapsamı uygulayıcılar tarafından istenilen bilgilere, yapılacak işlere ve işlemlere göre genişletilebilir. Bu kapsam doğal olarak eserlerin konumuna ve ilgili laboratuvarların kimyasal ve fiziksel analiz olanaklarına bağlıdır (Güleç 1992).

2.8 1964 Tarihli Venedik Tüzüğü

Tarihi yapılarda koruma ve güçlendirme önceliği varsa, evrensel bir belge olarak yararlanacağımız kaynakların başında 1964 Tarihli Venedik Tüzüğü gelmektedir. İlgili tüzüğün bazı maddelerine aşağıda bakarsak,

- Onarım uzmanlık gerektiren bir iştir ve amacı anıtın estetik ve tarihi değerini ortaya çıkarmak ve korumaktır. Onarımda, özgün malzeme kullanılmalı, güvenilir belgelere saygı duyulmalı ve bu belgelere bağlı kalınmalıdır.
- Restorasyon veya onarım ve güçlendirme öncesinde detaylı bir tarih araştırması yapılmalıdır. Bu araştırmada, yapının inşa edildiği tarih, yapım süreci, geçmiş hasarların boyutu ve şeması, geçmiş onarım ve güçlendirme müdahaleleri, yapı çevresinde yaşanmış değişiklikler tespit edilmelidir.
- Yapılacak onarım ve güçlendirme müdahalelerinde, geleneksel yöntemler yetersiz kalırsa yeterliliği deney ve araştırmalarla ispatlanmış çağdaş yöntemler kullanılabilir. Uygunluğu kesinleşmemiş yöntemler de yapıya zarar vermeden geri dönüştürülebilir ve sökülebilir olmalıdır. Bununla beraber her halükarda özgün malzeme ve yapım tekniği tercih edilmelidir.
- Değişik dönemlerin yapı üzerindeki katkıları da korunmalıdır. Restorasyonun amacı yapının ilk yapıldığı haline çevrilmesi değildir. Eksik parçalar ve bölümler, yapıya, yanlış anlamaya neden olmayacak ve özgün yapıdan farklı olduğu hissedilecek

tarzda birleştirilebilir. Restorasyon işlemi sırasında yapılan tüm işlemler detaylı bir şekilde belgelenmelidir (Dabanlı 2008).

1964 tarihli Venedik Tüzüğünde belirtilen maddelere bağlı kalınarak tarihi yapılara müdahale edilmeli, minimum düzeyde tahribat yapılmalıdır. Ayrıca tarihi yapıların yapısal davranışlarını belirlemek içinde aşağıda sayılan maddelerin göz önünde bulundurulması şarttır.

- Tarihi yığma yapıların sahip olduğu yapı sistemleri deprem ve diğer olumsuz şartlara dayanıklı bir yapı sistemidir. Yığma yapım tekniği, yetersiz, yanlış bir teknik olarak kabul edilmemelidir.
- Her yapının koruma derecesi, maruz kaldığı yıkıcı etkilerin ve riskin boyutuna göre belirlenmelidir.
- Orta ve hafif şiddetli depremlerde, bu yapılarda en düşük seviyede hasarın meydana geldiği, yapısal hasarın meydana gelmediği, ancak eleman bazında yerel bazı hasarların meydana geldiği kabul edilir.
- Büyük yer hareketlerinde ise yapının genel olarak dengesinin bozulmayacağı veya tamir edilebilir hasarların meydana geleceği kabul edilir (Koçak 1999).

2.9 Tarihi Yapılarda Uygulanan Tahribatsız Deneyler

Günümüzde tıpta, diş hekimliğinde ve mühendisliğin hemen hemen tüm alanlarında ultrasonik, radyografik, elektromanyetik vb. yöntemlerden yararlanılarak geliştirilen tahribatsız deney yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu deneyler ile tıpta ve diş hekimliğinde hastalığın teşhisi yapılır, endüstride üretimin belirli aşamalarındaki hatalar tespit edilir, kusurlu üretim engellenir, üretime süreklilik kazandırılır; işçilik ve malzeme kaybı önlenir, dolayısı ile maliyet azaltılır. Süreklilik, üretimin hızını kusurlu ürün miktarının en aza indirilmesi, üretimin kalitesini arttırır (Aköz 2001).

Yığma yapılarda yapının mevcut durumunun tespiti malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve hasarlarının izlenmesi için tahribatsız deney yöntemlerinden yararlanır. Güvenilir sonuç elde edilmesi için; ölçümlerde alet doğru kullanılmalı yeterli ölçüm yapılmalı,

ölçüm ve deney sonuçları uzman kişiler tarafından değerlendirilmelidir. Bu ölçüm yöntemlerinden herhangi birinin tek başına uygulanması doğru sonuç almak için yeterli değildir (Aköz 2005).

Tahribatsız deney yöntemlerinden alınan sonuçlar istatistiksel bağıntılarla gerçek sonuçlara yakınsanmalıdır. Yapıda tahribatlı deney yöntemlerini yerinde yapma imkânı varsa, her iki yöntem yapılarak karşılaştırılmalıdır.

2.9.1 Kızıl Ötesi Termografi Testi

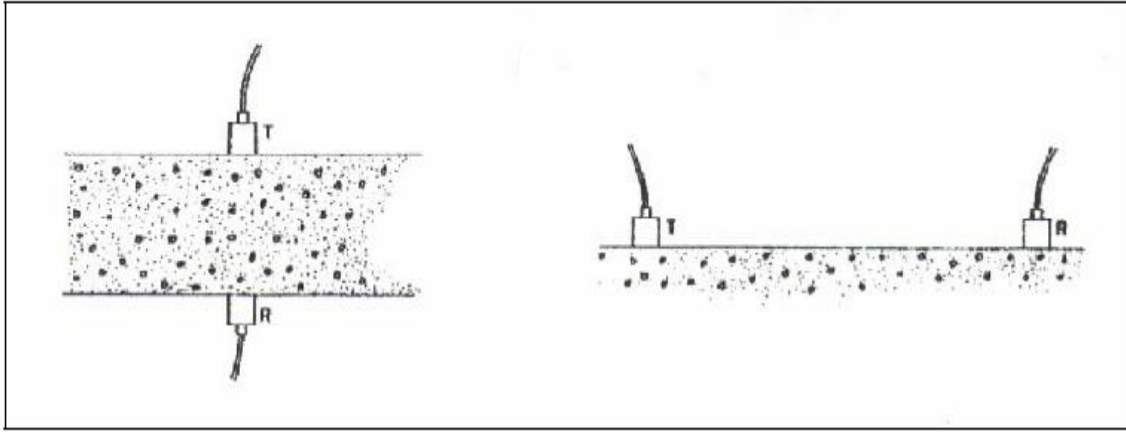
Kızıl ötesi termografi testinin oluşmasında etkili olan faktörler temas yüzeyindeki sıcaklık ve yüzeyin yaymış olduğu radyasyon yoğunluğudur. Hedef yüzeylerdeki sıcaklık farklılıkları ve malzeme değişkenliği termografi adı verilen cihazda farklı renkler ile gösterilmektedir. Bir nevi sıcaklık değişiminin resme dökülmüş hali olarak da kabul edilebilmektedir. İnşaat Mühendisliği açısından önemli olan nem-porozite ilişkisi ve malzemenin hangi noktalarının daha durabil kaldığı ileride yapılabilecek güçlendirme ve yeniden tasarım noktalarında karakteristik dayanım bakımından önemlidir. Özellikle tarihi yapılardaki malzemelerin çevresel etmenlerden dolayı bozunmaya başladığı ilk nokta termografi yardımı ile gözlemlenebilmektedir. Diğer tahribatsız deney yöntemlerine göre, büyük mesafe farklılıklarının olduğu, ulaşılması güç yerlerde de rahatlıkla kullanılabilir. Tüm bu olumlu yanlarının yanında test sonuçları ancak alanında uzman kişilerce yorumlanabilmektedir.

2.9.2 Ultrases Testi

Frekansı 16.000 Hz'nin üzerinde olan ve insan kulağı tarafından işitilemeyen ultrases dalgaları; katı, sıvı ve gaz içinde belirli bir hız ile yayılır. Ultrases dalgaları da ışık dalgaları gibi yayılır, yansır, kırılır ve difraksiyona uğrar. Ultrases deney tekniğinde, ses dalgaları, cisme, boşluk bırakmaksızın temas ettirilen piezoelektrik transduser ile gönderilir ve aynı özellikteki transduser yardımı ile alınır. Alıcı ve verici problar arasındaki ses dalgalarının iletim süresi ve hızı zaman ölçer devre ile ölçülür.

Cismin yoğunluğu düşük ise ve/veya bünyesinde çatlaklar var ise ses dalgalarının yayılımı ve dolayısı ile ses geçiş hızı düşük olur (Postacıoğlu 1981).

Ultrases deney tekniğinde ölçüm yapılırken, temas yüzeyindeki doğrultu boyunca alıcı ve verici probler yerleştirilerek geçiş süresi tayin edilir. Ya da temas yüzündeki proba paralel olacak şekilde diğer prob bağlanır ve bu şekilde ölçüm yapılabilmektedir (Şekil 2.13). Geçiş süresine bağlı olarak geçiş hızları da bulunabilmektedir. Dayanımının fazla olabilmesi için, geçiş süresinin kısa olması gerekmektedir. Geçiş süresinin uzun olması malzemede boşluk oranının fazla ve dayanımın düşük olduğunun bir göstergesidir.



Şekil 2.13 Ultrases Ölçümünde Doğrudan ve Dolaylı Ölçüm (Aköz 2005).

Bu yöntemle bulunan elastik sabitler, tek eksenli basınç deneyi ile elastisite modülü tayinine göre genelde daha büyük değerler verir (Ulusay vd. 2001).

Hızlı sonuç vermesi, tekrar kullanılabilmesi ve malzemenin içyapısı hakkında bilgi vermesi bakımından diğer deney yöntemlerine göre üstün yanları vardır. Ancak, pürüzlü olan yüzeylerde ve katı olmayan iki boyutlu ince elemanlarda kullanışlı değildir.

2.9.3 Radyoaktif Yöntemlerle Test

Taşıyıcı sistemleri oluşturan malzemelerin içyapısını araştırmak için, 1940'lı yılların sonunda radyografik yöntemler kullanılmıştır. Başlangıçta, X ışınları kullanılmasına odaklanılmış, ancak daha sonra dikkatler gama ışınlarına yönelmiştir.

İki ışının radyasyon yayma özelliğindeki temel fark, radyasyonun üretim kaynağı ve yayınım özelliğidir. X ışınları, yüksek voltajlı elektronik aletler ile üretilir, gama ışınları ise, radyoaktif izotopların bölünmesi sonucu açığa çıkan yan ürünlerdir. Işınlardan kullanılması ile 1950'lerde radyoaktif deney metodu geliştirilmiştir. Bu teknikte kullanılan cihazlar, elektromanyetik radyasyon üreten, yayan bir kaynak ile radyasyonun eleman içinden geçmesi için geçen zaman aralığını ölçen bir sensörden oluşmaktadır. Bu teknik radyografi ve radyometri olarak iki şekilde kullanılır. Radyografide, X ve gama ışınlarının gönderdiği sensör, özel fotoğraf filmi formundadır. Radyometride ise gelen radyasyonu, sensör, elektrik dalgalarına çevirir. Bu metot ile yapıların içindeki boşluklar, çatlaklar ve malzeme farklılıkları belirlenebilir (Carino 1991).

2.9.4 X Işını Elektron Mikroskobu Testi

Tarihi yapıları oluşturan yapı malzemelerinin kimyasal özelliklerini ve mikro yapılarını incelemek için, X ışını elektron mikroskobu testi kullanılmaktadır. X ışını (X-Ray Diffraction), kısaca XRD olarak da isimlendirilmektedir. Işın tarafınca meydana gelen yayınmada, malzemelerin mikroskobik boyutlardaki yapılarını incelemeye yaygın şekilde kullanılmaktadır. İyapıda meydana gelen dislokasyonlar, çatlaklar ve gerilim gibi faktörler bu cihaz sayesinde gözlemlenebilmektedir.

Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarla toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir. Günümüz Taramalı Elektron Mikroskoplarında algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir. Yüksek çözünürlüklü görüntü tekniğine SEM ile malzemenin yüzey biçimsel ve yapısal özellikleri belirlenir (Ercan 2010).

2.9.5 Yüzey Sertliği Testi

Yüzey sertliği testinin çalışma prensibi temel fizik kanunu olan etki-tepki ifadesine

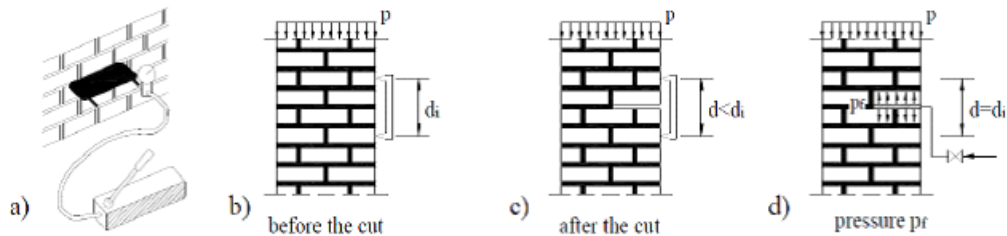
dayanmaktadır. Temas yüzeyi sertliği ile schmidt çekicinin geri tepkimesi arasında bir bağıntı mevcuttur. Yüzey sertliği ile malzemenin karakteristik basınç dayanımı (fsk) doğrusal kabul edilmektedir. Deneyin yapılması kolay, zaman kısa ve maliyeti ucuzdur. Tek bir nokta üzerinde ölçüm yapılmaz çoklu sayıda ölçüm yapılır. Bu değerlerin ortalaması ve standart sapmasına bağlı olarak yaklaşık dayanım değerleri bulunur. Mevcut yapının sünekliliği hakkında bilgi vermemesinin yanında vuruş yapılan yüzeyde sıva kalınlığı vb. olmamalı, donatılı kısımlar üzerinde schmidt çekici kullanılmamalıdır.

2.10 Tarihi Yapılarda Uygulanan Tahribatlı Deneyler

Tahribatlı deney yöntemleri, belirli ebatlara sahip mekanik deney aletleri ile belirlenen yüzeyde tahribat oluşturarak gerekli parametreleri elde etme işlemidir. Tarihi yapılarda uygulanan tahribatlı deneyler, basınç ve kayma deneyi olarak sayılabilmektedir. Burada önemli olan nokta hasar oluşturulan bölgelerde yapı mukavemetinde bir azalma olmaması için gerekli güçlendirmelerin yapılmasıdır.

2.10.1 Basınç Deneyi

Yığma yapıda deney yapılacak olan temas yüzeyinde iki adet nokta belirlenir. Seçilen iki noktanın (L) mesafesi ölçülür. Bu noktalara dik olacak biçimde istenen şekilde kesi yapılır. Deneyde kullanılacak aparat yardımı ile içeriye doğru basınç yüklemesi yapılır. Basınç ile oluşan uzaklık değerine göre, gerilimler hesaplanır (Şekil 2.14).



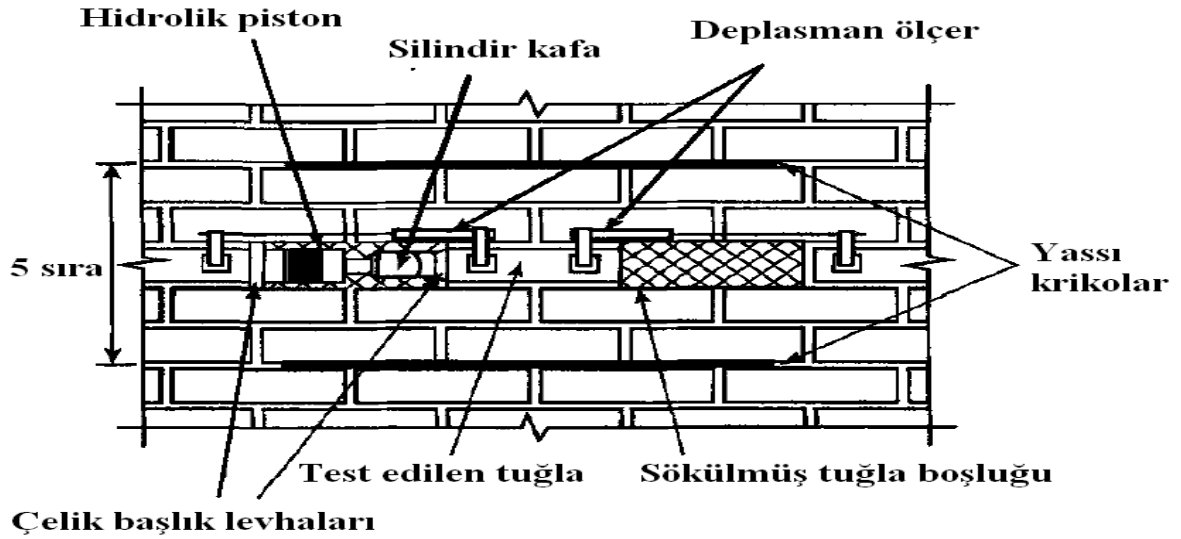
Şekil 2.14 Basınç Deneyi Aşamaları (Dabanlı 2008).

Ayrıca ASTM C-1196 (1997)'e göre, Yassı kriko (flatjack) testi ile yığma yapının duvarlarındaki mevcut gerilme değeri, duvarın taşıyabileceği son gerilme değeri (utv) ve yığmanın elastisite modülü (E) elde edilebilir.

2.10.2 Kayma Deneyi

Yerinde kayma testi yığma sistemin kayma dayanımını belirlemeye yarar. Deney setinde, kuvvet uygulayan kompresör, deplasman ölçer ve kuvvetölçer (yük hücresi) bulunur (ASTM C-1531 2003).

Şekil 2.15'de görüldüğü gibi yığma duvarda testin yapılacağı bölgenin her iki tarafı açılır ve bir taraftan yatay kuvvet uygulanır, diğer tarafa yerleştirilen deplasman ölçer ise şekil değiştirmeleri kaydeder. Deplasman başladığı andaki kuvvet değeri yığma duvarın o bölgedeki kayma dayanımını verir (Ercan 2010).



Şekil 2.15 Mevcut Yığma Duvarda Kayma Testi Uygulama Şeması (Ercan 2010).

3. MATERYAL VE METOT

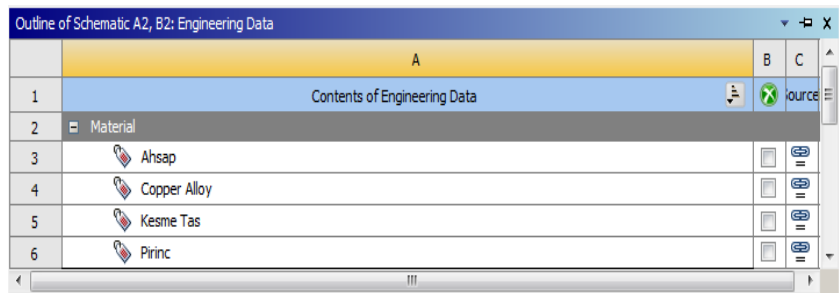
3.1 ANSYS WORKBENCH Programı Tanıtımı

Sonlu elemanlar yöntemi teorik olarak bütünden parçaya hassas bir şekilde analiz yapmak için en uygun yöntemdir. Düğüm noktaları yardımı ile istenilen geometrik şekle sahip modelleri meshli yapılar oluşturularak çözümlene yapabilmektedir. Mühendislik problemlerinin çözümünde en uygun yöntemdir. Günümüz teknolojisinde yazılım programları içinde bu teoriyi kullanan SAP 2000, ANSYS WORKBENCH, ANSYS KLASİK ve benzeri algoritmali birçok sistem mevcuttur. Tez kapsamında kullanılan ANSYS WORKBENCH programı statik, dinamik ve elektromanyetikden akışkanlar mekaniğine kadar disiplinler arası çalışarak gerçeğe en yakın sonuçları vermektedir.

3.1.1 ANSYS WORKBENCH Malzeme Tanımlanması

Gedik Ahmet Paşa Camii' nin ana taşıyıcı malzemesi Ayazini bölgesinden alınan tüflü kayalardır. Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği laboratuvarlarında daha önceden Ayazini tüflerinin mekanik özellikleri incelenmiş olup tez kapsamında bu bilgilerden faydalanılmış ve sonuçlar çizelgeler vasıtası ile verilmiştir.

ANSYS WORKBENCH programına malzeme değerleri Engineering Data bölümünden girilmiş olup kesme taş malzemenin yanında kuzey cephedeki sütunlarda var olan pirinç kelepçeler, son cemaat yeri ile iç mekânda bulunan ahşap gergiler ve minare külahında kullanılan bakır malzeme programda tanımlanmıştır (Şekil 3.1). Kesme taş malzemenin elastisite modülü 1000 MPa ve poisson oranı da 0.15 olarak sisteme girilmiştir.



Şekil 3.1 ANSYS WORKBENCH Programına Malzeme Atanması.

3.1.1.1 Ayazini Tüfü Basınç Değerleri

Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği laboratuvarlarınınca daha önceden Ayazini tüflerinin mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Numune boyutları mm bazında değişmektedir (Çizelge 3.1). Ortalama olarak boyutlar 70.5x70.7 mm dir. Kırılma yükü kN olarak 111.5 kN değerine yakınsamaktadır. MPa cinsinden 22.3 lik bir basınç dayanımı ANSYS WORKBENCH programında kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Ayazini Tüfü Basınç Değerleri (Anonim (e) 2012).

Basınç Dayanımı Tayini		Test No				
Test No	1	2	3	4	5	6
Numune Boyutu (mm)	70.6x70.5	70.7x70.8	70.6x71.4	70.6x70.3	70.7x70.8	70.2x70.4
Kırılma Yüğü (kN)	128.1	100.1	104.5	98.2	119.9	118.2
Sonuç (MPa)	25.7	19.9	20.6	19.7	23.9	23.8
Ortalama Değer (MPa)	22.3					
Standart Sapma	2.5					
Çevre Şartları	Sıcaklık (°C)		20.4	Rutubet (%)	41	

3.1.1.2 Ayazini Tüfü Özgöl Kütle Değerleri

Ayazini tüfleri üzerinde yapılmış olan beş adet ölçüm sonucunda ortalama yoğunluk 2.4 gr/cm³ ve ortalama numunelerin hacmi 23.5 gr/cm³ olarak raporlardan alınmıştır (Çizelge 3.2). Özgöl kütle deney sonuçları doğrusal olarak $y = -0.0011x + 2.4551$ denklemi ile hesaplanabilmektedir.

Çizelge 3.2 Ayazini Tüfü Özgöl Kütle Değerleri (Anonim (e) 2012).

Özgöl Kütle Deneyi					
Test No	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Ölçüm 5
Yoğunluk (gr/cm ³)	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Numune Hacmi (gr/cm ³)	21.3	21.3	21.3	32.3	21.3
Ortalama Yoğunluk (kg/m ³)	2.4				
Standart Sapma	0.00211				

3.1.1.3 Ayazini Tüfü Sabit Moment Altında Eğilme Değeri

Beş adet numune üzerinde eğilme değerleri Kütahya Vakıflar Bölge Müdürlüğünden temin edilmiş olup, numune boyutları ortalaması genişlik 60.6 mm, kalınlık 61.2 mm ve numunelerin boyu da 360 mm olarak sonuçlardan okunmuştur. Kırılma Yüğü yine ortalama olarak, 2.218 kN dir. Ortalama eğilme değeri MPa cinsinden 3.7 olarak alınmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Ayazini Tüfü Sabit Moment Altında Çekme Değeri (Anonim (e) 2012).

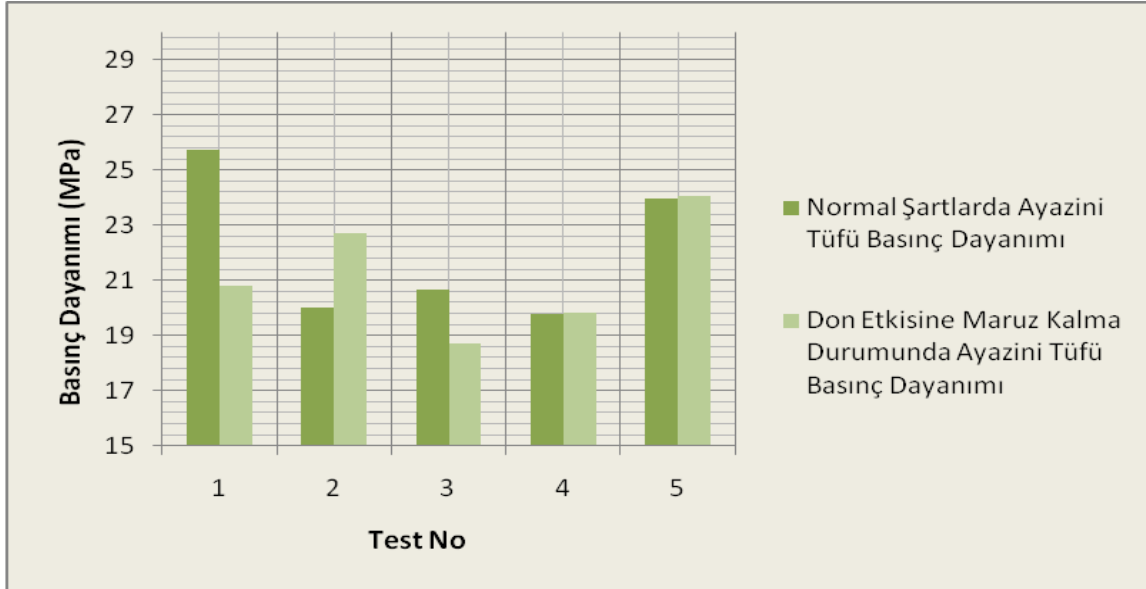
Sabit Moment Altında Çekme Dayanımının Tayini					
Test No	1	2	3	4	5
Genişlik (mm)	61	58	61	62	61
Kalınlık (mm)	61	61	62	61	61
Numunenin Boyu (mm)	360	360	360	360	360
Mesnetler Arasındaki Mesafe (mm)	300	300	300	300	300
Diklikten Sapma	0.6	0.3	0.2	0.6	0.2
Kırılma Yüğü (kN)	2.3	1.8	2.6	2.0	2.2
Eğilmede Çekme Sonuç (MPa)	4.7	3.7	4.9	1.0	4.4
Ortalama Değer (MPa)			3.7		
Standart Sapma			1.6		
Çevre Şartları	Sıcaklık (°C)	19.2	Rutubet (%)		40

3.1.1.4 Ayazini Tüfü Don Tesirlerine Dayanıklılık ve Don Sonrası Basınç Dayanım Değeri

Beş adet numune üzerinde yapılmış deney sonuçlarına göre, ortalama numune boyları 70.6x70.5 mm olarak raporlardan elde edilmiştir. Kırılma yüğü ise; 105.6 kN değerine yakınsamaktadır. Basınç dayanım değeri 21.2 MPa dır. Numunelerde sıcaklık değişimi sonrası kütle kaybının yaşanmamış olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3.4). Normal şartlardaki Ayazini tüfü basınç dayanım değerleri ile don etkisine maruz durumdaki basınç dayanım değerleri kıyaslanmış olup donma - çözünme ile ortalama 1.1 MPa lık düşüş gözlenmiştir (Şekil 3.2).

Çizelge 3.4 Ayazini Tüfü Don Tesirlerine Dayanıklılık ve Don Sonrası Basınç Dayanım Değerleri (Anonim (e) 2012).

Don Tesirlerine Dayanıklılık ve Don Sonrası Basınç Dayanım Deneyi (25 döngü)					
Test No	1	2	3	4	5
Numunenin Boyu (mm)	70.1x70.2	70.1x71.4	70.4x70.1	71.4x70.7	70.8x70.0
Kırılma Yüğü (N)	102.4	113.8	92.3	100.2	119.3
Sonuç (MPa)	20.7	22.7	18.6	19.8	24.0
Ortalama Değer (MPa)			21.2		
Standart Sapma			2.1		
Kütle Kaybı (%)	0	0	0	0	0
Kütle Kaybı Ortalama Değer (%)	0	0	0	0	0
Çevre Şartları	Sıcaklık (°C)	21.1	Rutubet (%)	40	



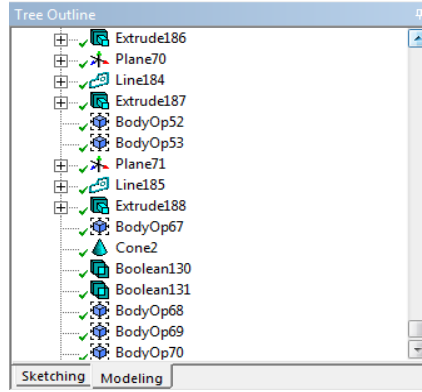
Şekil 3.2 Normal Şartlar Altında ve Don Etkisine Maruz Durumdaki Ayazini Tüfü Basınç Dayanımı Karşılaştırılması (Anonim (e) 2012).

Ayazini tüfünün yukarıdaki Şekil 3.2 den de anlaşılacağı gibi normal şartlarda 20.4 °C sıcaklık ve % 41 ortalama rutubetteki dayanım değerlerinin don etkisine maruz durumdaki kırım değerlerine göre, yakın çıktığı gözlemlenmektedir. İki adet numunede, Normal şartlar altındaki betonların basınç değerlerinin daha düşük olduğu bir adet numunede de eşit değerde dayanım elde edildiği mukayese açısından önemlidir.

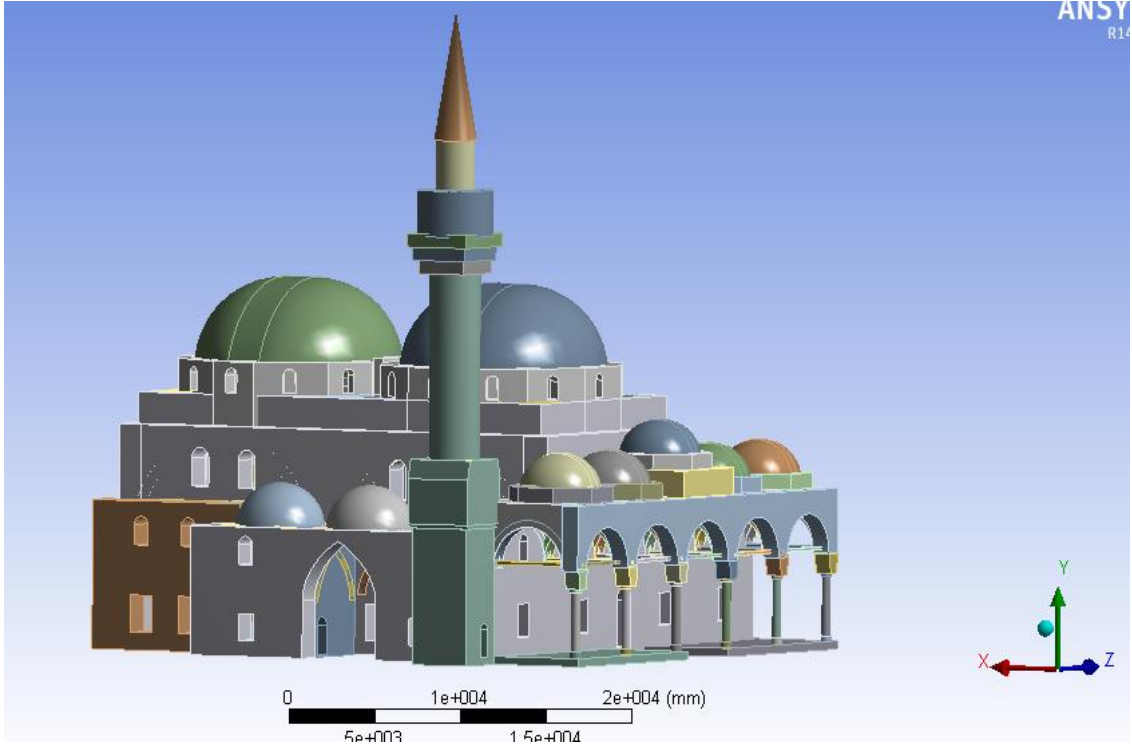
Soğuk hava şartlarına maruz kalan betonun dayanım ve dayanıklılık değerlerinin düşük çıkmasının en önemli sebebi numune içerisindeki suyun donarak hacim değişikliğine uğraması ve donma – çözünme döngüsüne girmesi olarak gösterilebilmektedir.

3.1.2 Gedik Ahmet Paşa Camii Sonlu Elemanlar Çizimi

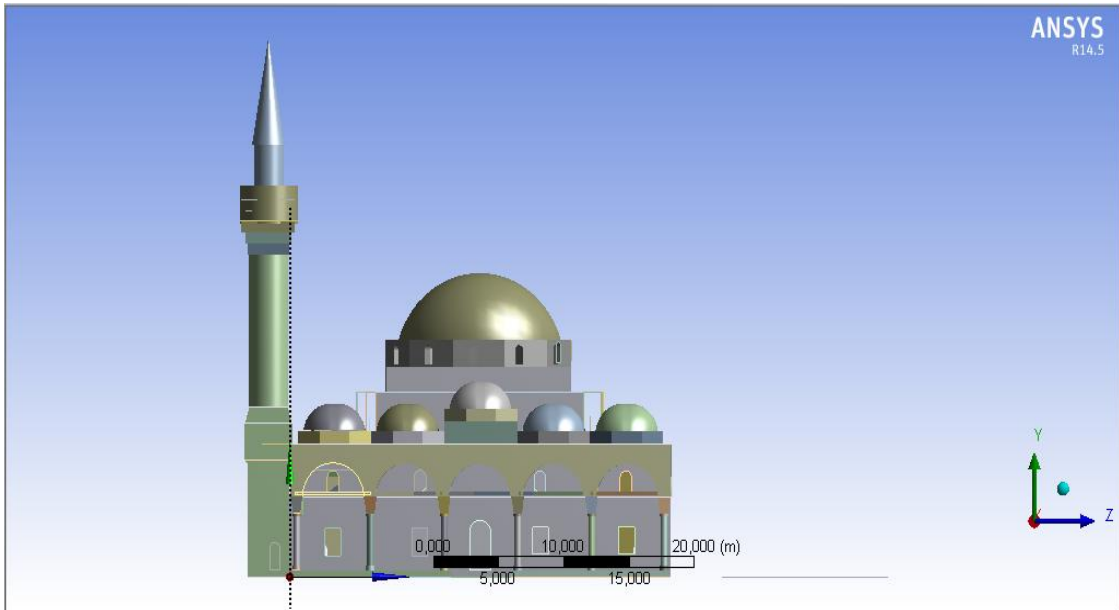
Gedik Ahmet Paşa Camii mevcut rölöve yardımı ile ANSYS programında sketch (taslak) komutlarla ölçekli olarak çizilmiştir (Şekil 3.3). Çizim aşamasında yetmişten fazla global ve lokal koordinat sistemi değiştirilmiştir. Başlangıçta line body komutu ile ön proje tamamlanmış daha sonra solid elemanlarla yapı sonlandırılmıştır. ANSYS programına ait linear kontaklar ile birleşim noktaları kenetlenmiştir (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5). Kontaklı yapılarda programda beş adet seçenek bulunup bunlardan üç tanesi non linear, iki tanesi de lineerdir. Lineer olan seçenek ile Gedik Ahmet Paşa Camisi için dört yüzden fazla kontak kullanılmıştır. Yapı mesh aşamasına geldiğinde ise, kritik bölgelerde mesh sıklaştırılması yapılmış olup meshleme işlemi için en uygun geometrik şekil seçilmiştir (Şekil 3.6). 384153 adet düğüm noktası ve 137767 tane eleman ile meshli yapı oluşturulmuştur.



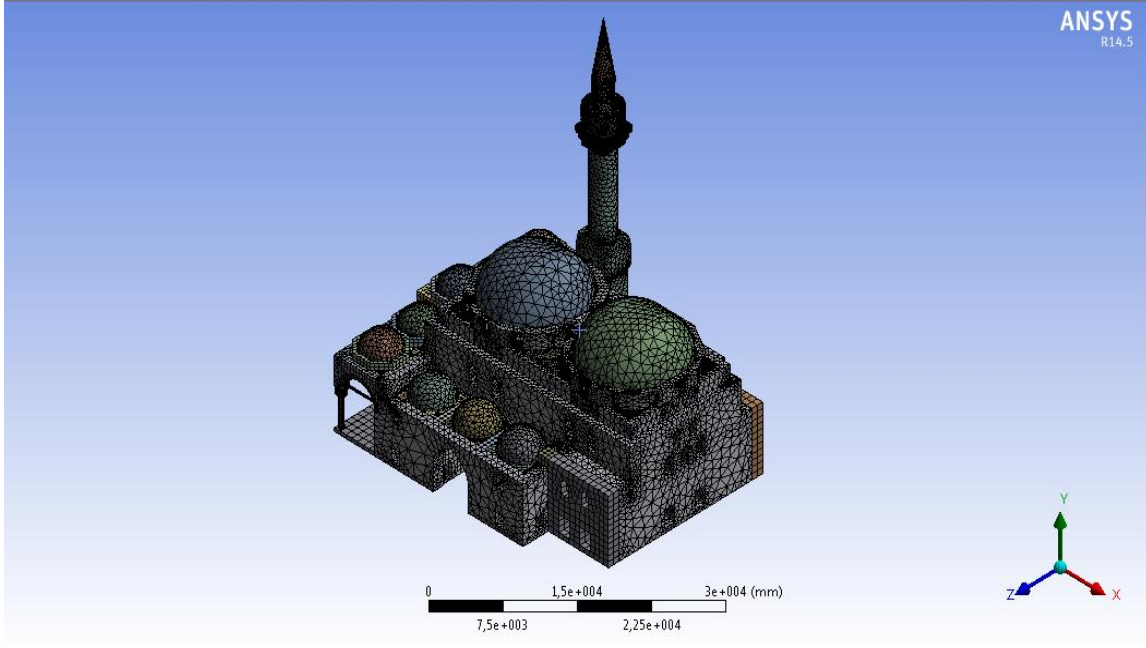
Şekil 3.3 ANSYS WORKBENCH Çizim Ağacı.



Şekil 3.4 Gedik Ahmet Paşa Camii Perspektif Solid Çizimi.



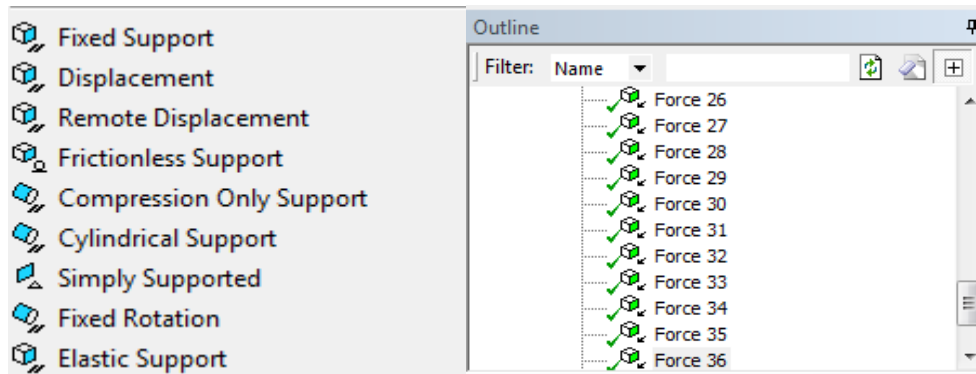
Şekil 3.5 Gedik Ahmet Paşa Camii Kuzey Cephe Solid Çizimi.



Şekil 3.6 Gedik Ahmet Paşa Camii Sonlu Eleman Çizimi.

3.1.3 ANSYS WORKBENCH Sınır Koşullarının Girilmesi

ANSYS WORKBENCH de malzeme özellikleri ve geometri kısmı tamamlandıktan sonra diğer bir aşama olarak sisteme sınır koşulları girilmelidir. Sınır koşulları, mesnet tipleri ve yükleme biçimleri gibi unsurlardan oluşmaktadır. Mesnet tipi olarak ankastre (Fixed Support), yükleme biçimi de kuvvet (Force) olacak şekilde sınır koşullarımız tanımlanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 ANSYS WORKBENCH Sınır Koşulları.

Gedik Ahmet Paşa Camii deprem güvenliğini belirlemek için Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Bunun için, aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır.

$$V_t = W A(T_1) / R_d \quad (3.1)$$

Buradaki bağıntı için gerekli olan parametreler, deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmelikten (DBYBHY) alınmış ve çizelgeler ile verilmiştir.

Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmeliğe göre yapı temelleri için, zemin grubunun C, yerel zemin sınıfının Z3, etkin yer ivme katsayısının (A_0) 0.30 ve Spektrum Karakteristik Periyotları da $T_A = 0.15$ sn, $T_B = 0.60$ sn olarak alınmalıdır. Gedik Ahmet Paşa Camii kumlu ve alüvyal zemine oturduğu için Çizelge 3.5 den zemin özelliği C sınıfı olarak seçilebilmektedir.

Çizelge 3.5 Zemin Sınıfları (DBYBHY 2007).

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...	---	---	>1000	>1000
	2.Çok sıkı kum, çakıl...	>50	85-100	---	>700
	3.Sert kil ve siltli kil...	>32	---	>400	>700
(B)	1.Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar...	---	---	500-1000	700-1000
	2.Sıkı kum, çakıl...	30-50	65-85	---	400-700
	3.Çok katı kil ve siltli kil...	16-32	---	200-400	300-700

(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar...	---	---	<500	400-700
	2.Orta sıkı kum, çakıl...	10-30	36-65	---	200-400
	3.Katı kil ve siltli kil...	8-16	---	100-200	200-300
	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları...	---	---	---	<200
(D)	2.Gevşek kum...	<10	<35	---	<200
	3.Yumuşak kil, siltli kil...	< 8	---	<100	<200

İmaret camiiinin yakınlarında yapılan sondajlarda zemin sınıfını Çizelge 3.6 dan Z3 olarak bulunduğu ve yapının bulunduğu alanın ikinci dereceden deprem bölgesinde yer aldığı için, Çizelge 3.7 den (A_0) sayısını 0.30 olarak hesaplarımızda kullanmış bulunmaktayız.

Çizelge 3.6 Yerel Zemin Sınıfları (DBYBHY 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	Çizelge 3.5' e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (H1)
Z1	(A) grubu zeminler
Z2	(B) $H1 < 15$ m olan (B) grubu zeminler $H1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z3	$H1 < 15$ m olan (C) grubu zeminler $15 \text{ m} < H1 < 50 \text{ m}$ olan (C) grubu zeminler $H1 < 15$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$H1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $H1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler $H1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Çizelge 3.7 Etkin Yer İvme Katsayıları (DBYBHY 2007).

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10
5	< 0.10

Z3 yerel zemin sınıfı için Çizelge 3.8 den T_A ve T_B spektrum karakteristik periyotları saniye olarak 0.15 ve 0.60 olarak bulunabilmektedir.

Çizelge 3.8 Spektrum Karakteristik Periyotları (DBYBHY 2007).

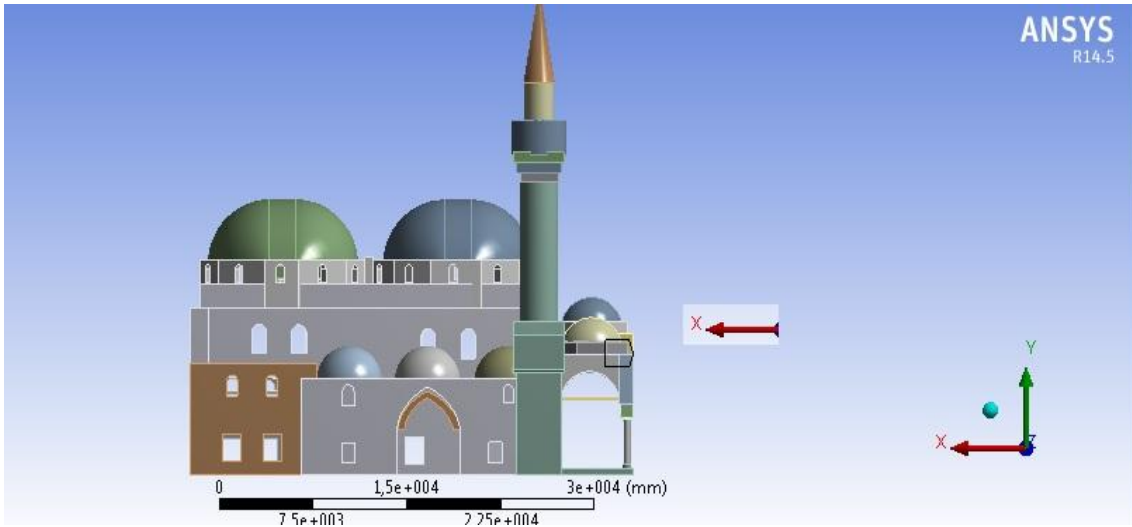
Yerel Zemin Sınıfı	T_A (Saniye)	T_B (Saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Deprem hesabı yapılırken, $A(T_1)=A_0 \cdot I \cdot S(T_1)$ bağıntısı ile $A(T_1)$ değeri hesaplanmıştır. Bina önem katsayısı (I), cami için 1.20 ve minare için ise 1.0 alınmıştır. $S(T_1)$ değeri de en yüksek değer olan 2.50 alınarak deprem yükleri sisteme girilmiştir. Gedik Ahmet Paşa Camii donatısız yığma yapı olduğu için de yapı davranış katsayısı $R_a = 2$ alınmıştır.

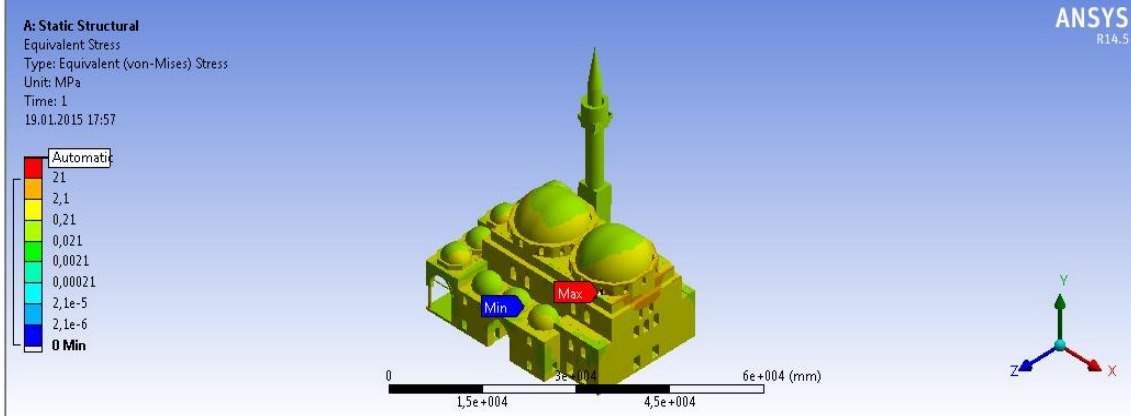
4. BULGULAR

Materyal ve metot bölümünde Gedik Ahmet Paşa Camisinin geometrisi, malzeme özellikleri ve sınır koşulları girildikten sonra, deprem yükleri hesaplanmış daha sonra da global eksen takımına göre yapı sistemi çözülmüştür. Çözümleme işlemi iki kısımda yapılmış olup cami ve minare kısımları ayrı ayrı çözümlenmiştir. İki yapı kütle için ayrı deprem yükleri hesaplanmıştır. Modal analizleri camii ve minare de yine ayrı olarak yapılmıştır.

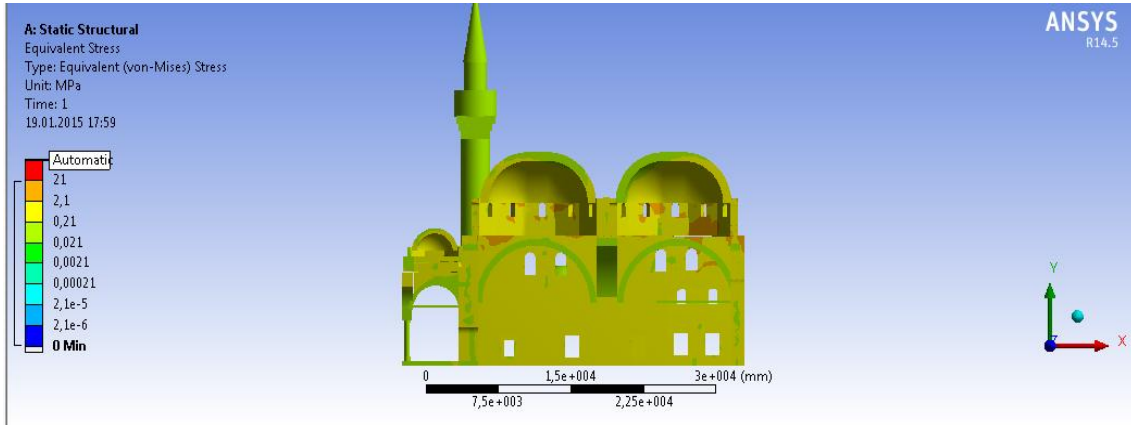
Global eksen takımına göre, X (Güney Yön) yönündeki deprem yüklemesi sonucunda ana kubbelerden Z (Batı Yön) yönlü kubbe altında maksimum eşdeğer gerilme oluşmuştur. Bu gerilme değeri 21 MPa değerinin üzerinde ve skalalarda kırmızı renkle gösterilmiştir. Minimum eşdeğer gerilme ise, yine Z yönlü tali kubbe altlarında meydana gelmiştir. Gerilme değerleri renk skalalarında logaritmik olarak gösterilmiştir (Şekil 4.1- 4.2 ve 4.3).



Şekil 4.1 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yükleme.

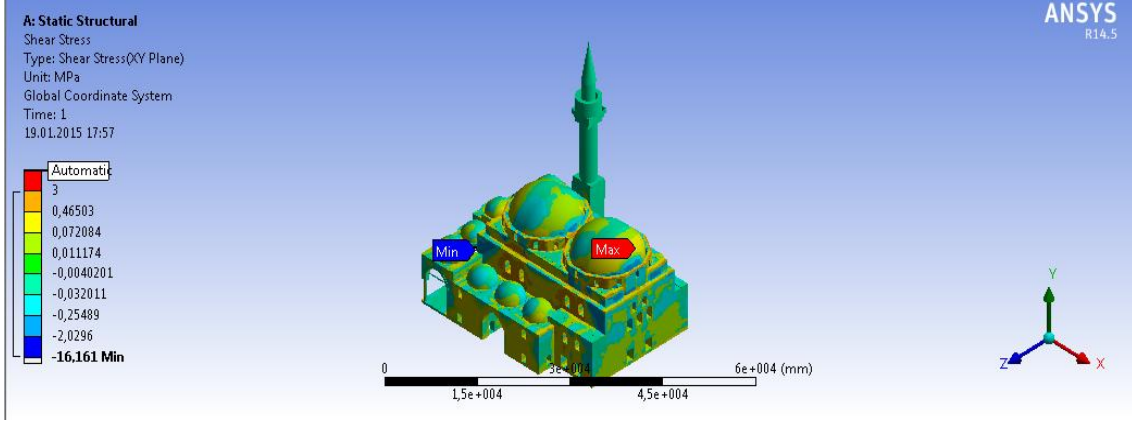


Şekil 4.2 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).

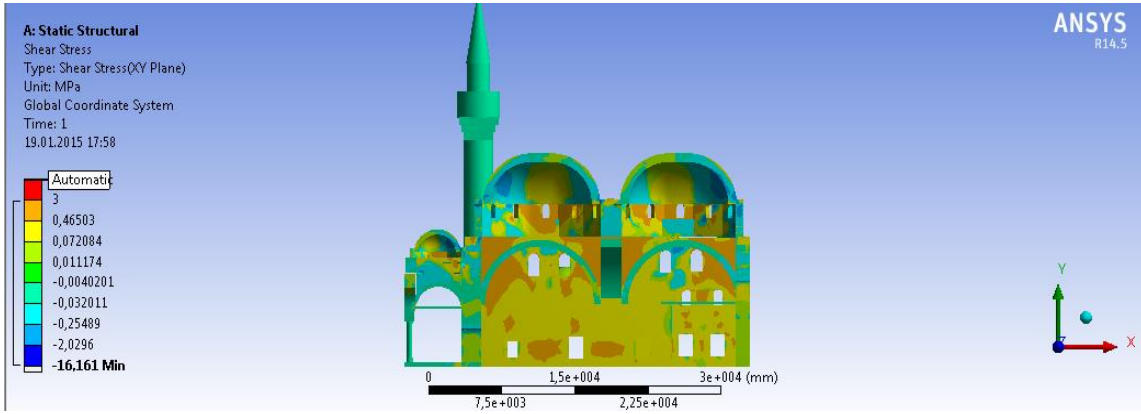


Şekil 4.3 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.

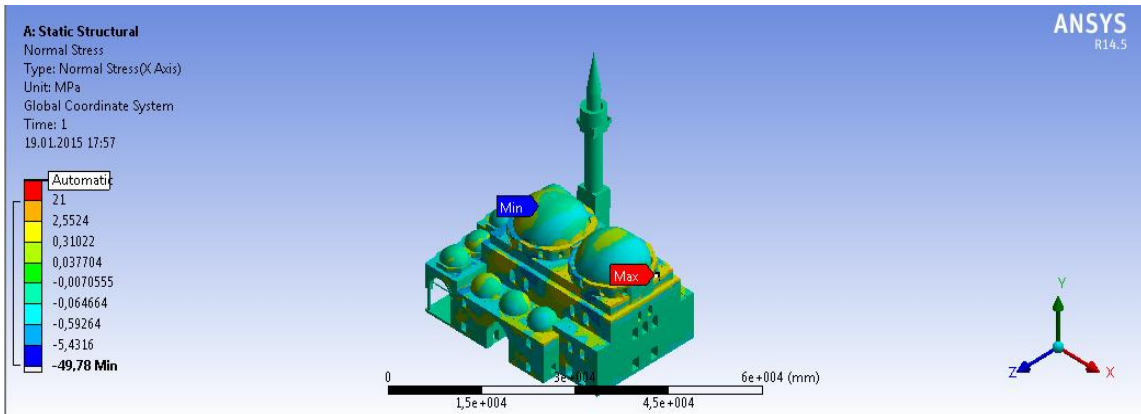
X yönündeki deprem yüklemesini esas alarak, normal ve kesme gerilmelerinin sonuçlarına bakılırsa, kesme gerilmelerinin en fazla olduğu yer X yönündeki 2. ana kubbe üzerinde oluşmuştur. Minimum kesme gerilmesi de $-X$ (Kuzey Yön) yönündeki tali kubbe altında meydana gelmiştir. Bu gerilme değeri renk skalalarında malzemenin emniyetli gerilmesinin üzerinde olan kırmızı bölgelerde varlığını göstermiştir (Şekil 4.4 ve 4.5). Normal gerilme değerleri ise, maksimum yine X doğrultusundaki 2. ana kubbe üzerinde, minimum normal gerilme değeri de $-X$ yönündeki 2. ana kubbeye meydana gelmiştir. (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7).



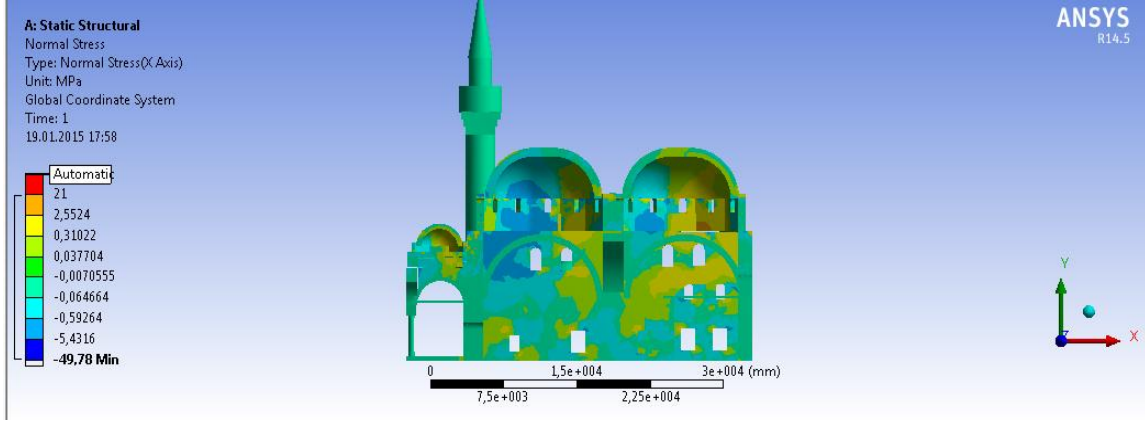
Şekil 4.4 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).



Şekil 4.5 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.

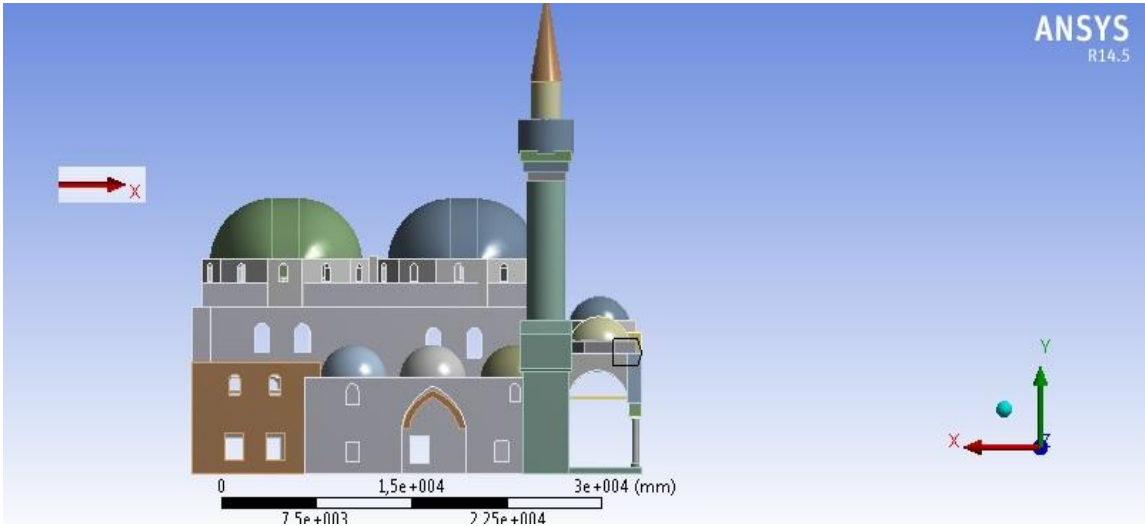


Şekil 4.6 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).

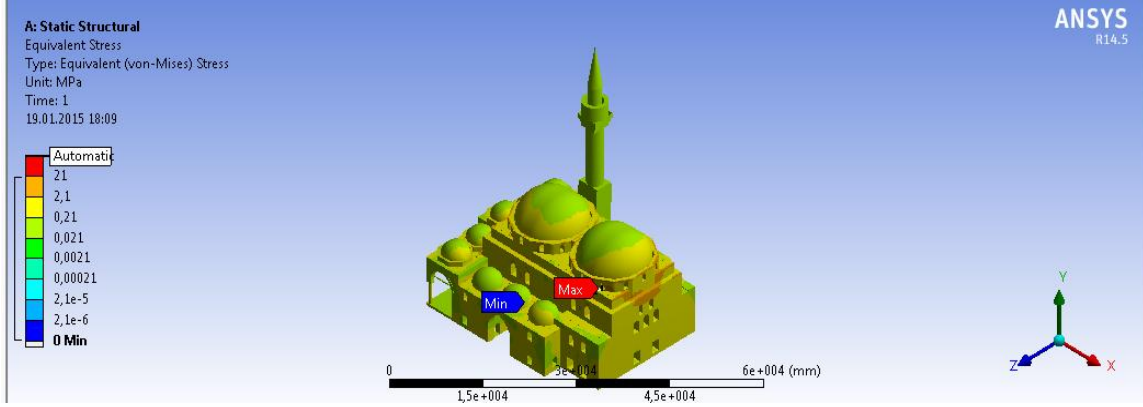


Şekil 4.7 Gedik Ahmet Paşa Camii X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.

Global eksen takımına göre, -X yönündeki deprem yüklemesi sonucunda ana kubbelerden Z yönlü kubbe altında maksimum eşdeğer gerilme oluşmuştur. Bu gerilme değeri 21 MPa değerinin üzerinde ve skalalarda kırmızı renkle gösterilmiştir. Minimum eşdeğer gerilme ise, yine Z yönlü tali kubbe altlarında meydana gelmiştir (Şekil 4.8 ve 4.9).

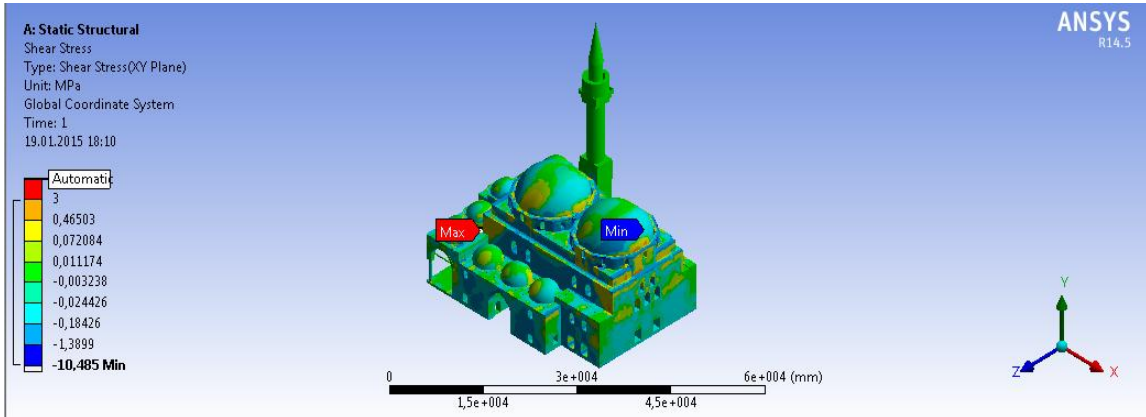


Şekil 4.8 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yüklemesi.

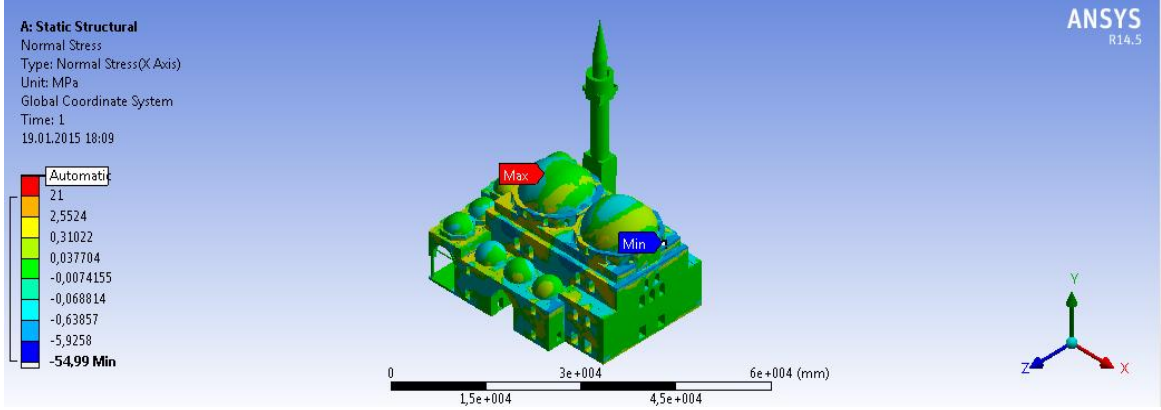


Şekil 4.9 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).

-X yönündeki deprem yüklemesini esas alarak, normal ve kesme gerilmelerinin sonuçlarına bakılırsa, kesme gerilmelerinin en fazla olduğu yer -X yönündeki tali kubbe üzerinde oluşmuştur. Minimum kesme gerilmesi de X yönündeki 2. ana kubbe üzerinde meydana gelmiştir. Bu gerilme değeri renk skalalarında malzemenin emniyetli gerilmesinin üzerinde olan kırmızı bölgelerde varlığını göstermiştir (Şekil 4.10). Normal gerilme değerleri ise, maksimum yine -X doğrultusundaki 2. ana kubbe üzerinde, minimum normal gerilme değeri de X yönündeki 2. ana kubbe altlarında meydana gelmiştir (Şekil 4.11).

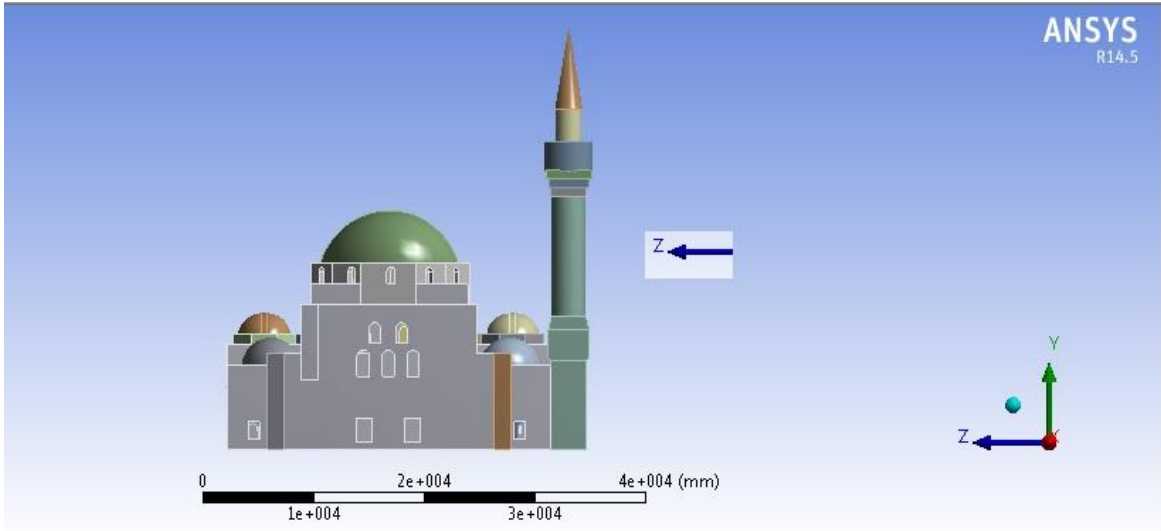


Şekil 4.10 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).

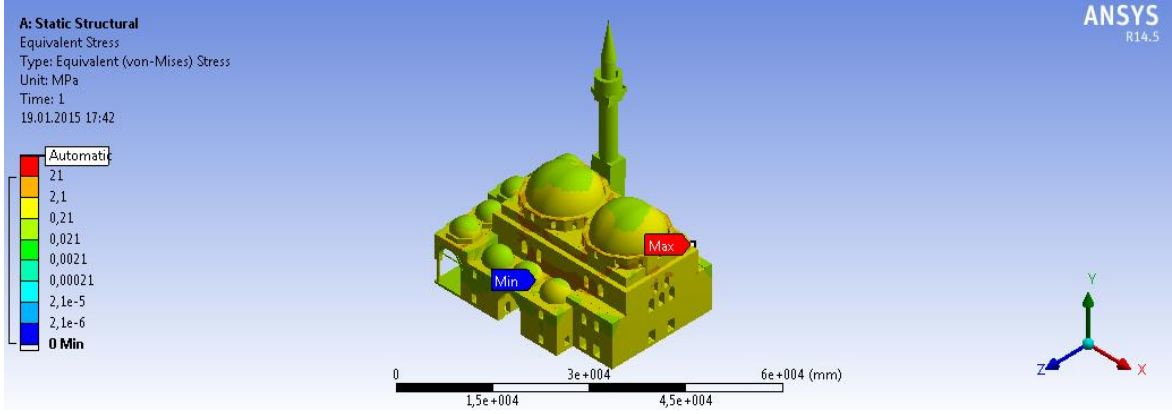


Şekil 4.11 Gedik Ahmet Paşa Camii -X Yönlü Deprem Yükleme Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeleri (MPa).

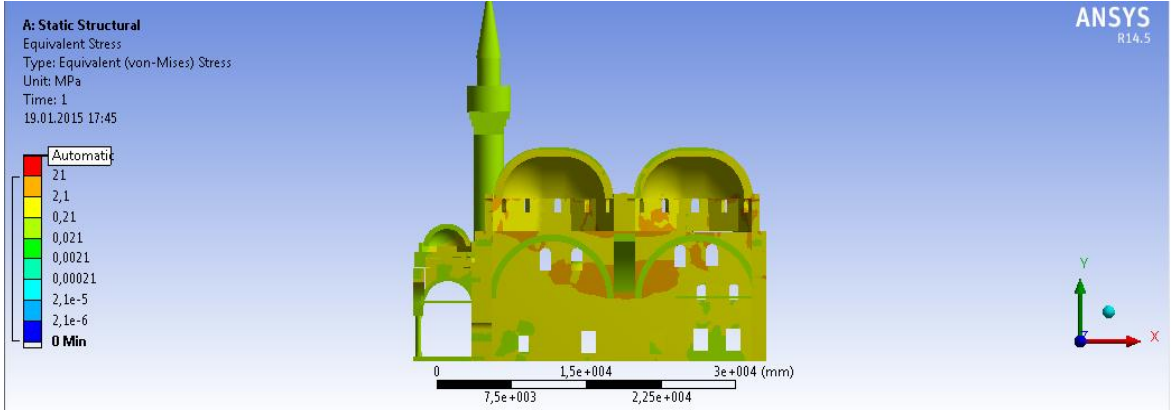
Gedik Ahmet Paşa Camii deprem yüklemelerine göre, Z yönlü analiz yapıldığında yapı üzerinde oluşan eşdeğer gerilmelerin maksimum olduğu alan Z ve -X doğrultularının birleştiği bölgedir. Minimum olduğu yerler ise, global eksen takımına göre, Z yönündeki tali kubbe alt kısımlarıdır (Şekil 12 - Şekil 13 ve Şekil 14).



Şekil 4.12 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yükleme.

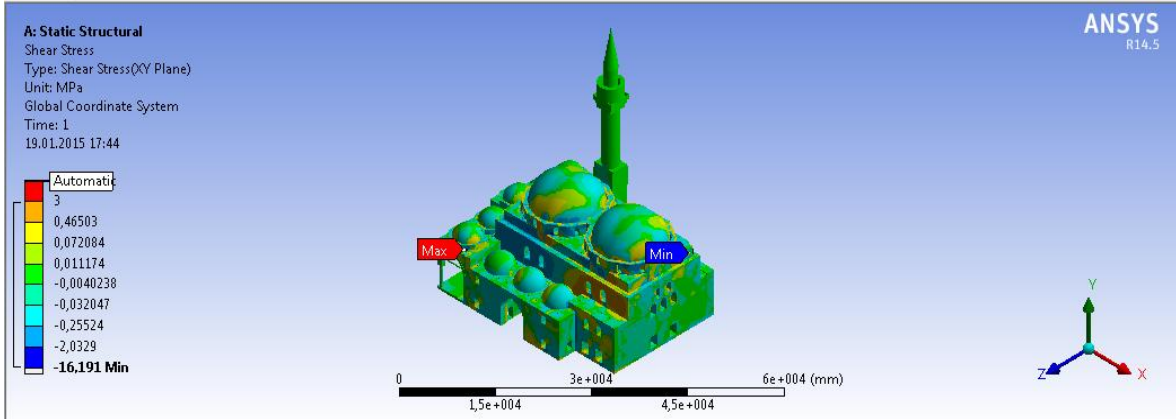


Şekil 4.13 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).

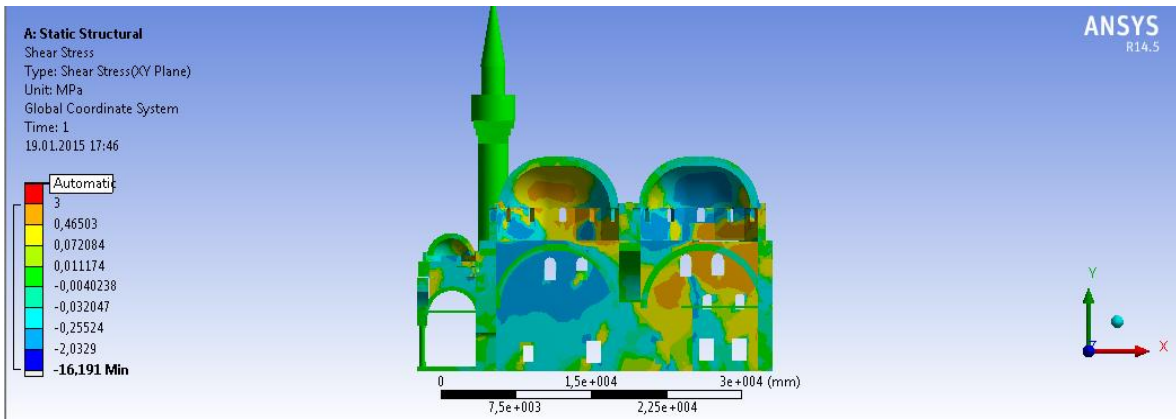


Şekil 4.14 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.

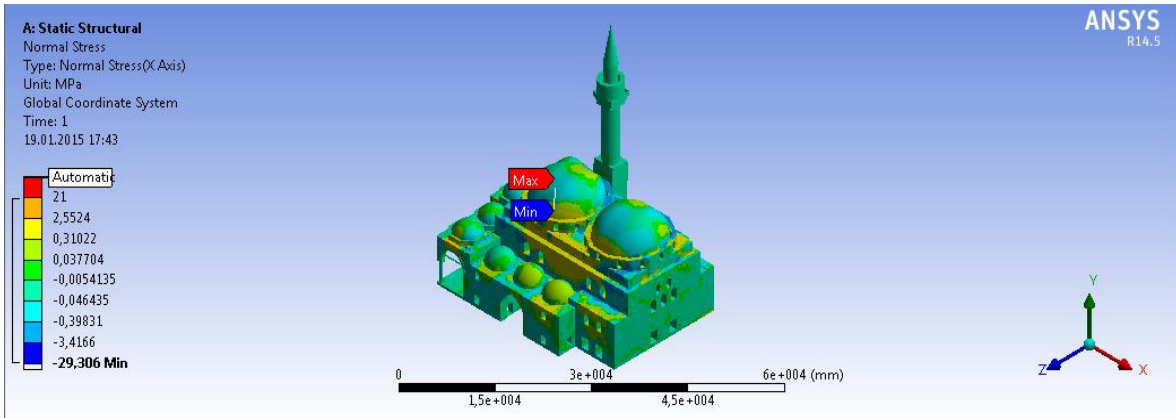
Gedik Ahmet Paşa Camii Z yönündeki deprem yüklemesini esas alarak, normal kesme gerilmelerinin sonuçlarına bakılırsa, kesme gerilmelerinin en fazla olduğu yer -X yönündeki tali kubbe altlarında oluşmuştur. Minimum kesme gerilmesi de X yönündeki 2. ana kubbe altında meydana gelmiştir. Bu gerilme değerleri renk skalalarında kesme taş malzemenin emniyetli gerilmesinin üzerinde olan kırmızı bölgelerde varlığını göstermiştir (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16). Normal gerilme değerleri ise, yine -X doğrultusundaki 2. ana kubbe üzerinde, minimum normal gerilme değeri de yine -X yönündeki 2. ana kubbe üstlerinde meydana gelmiştir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18).



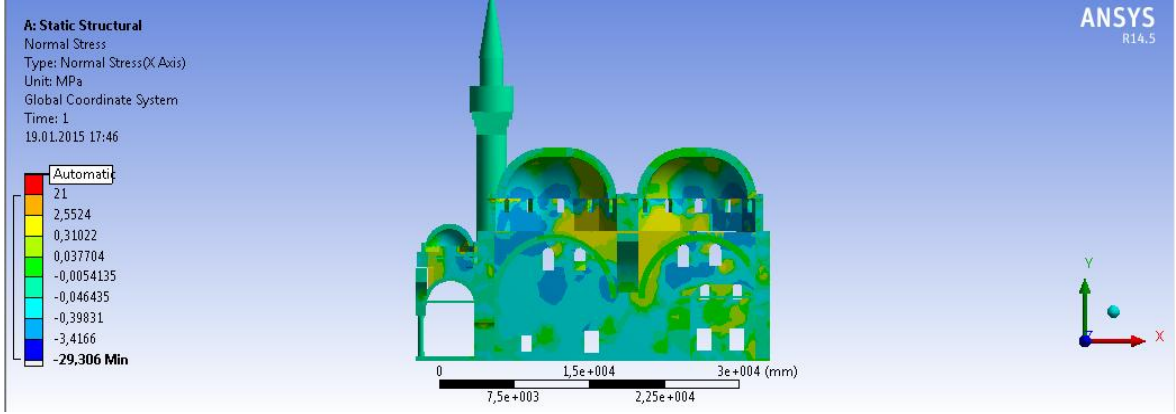
Şekil 4.15 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).



Şekil 4.16 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.

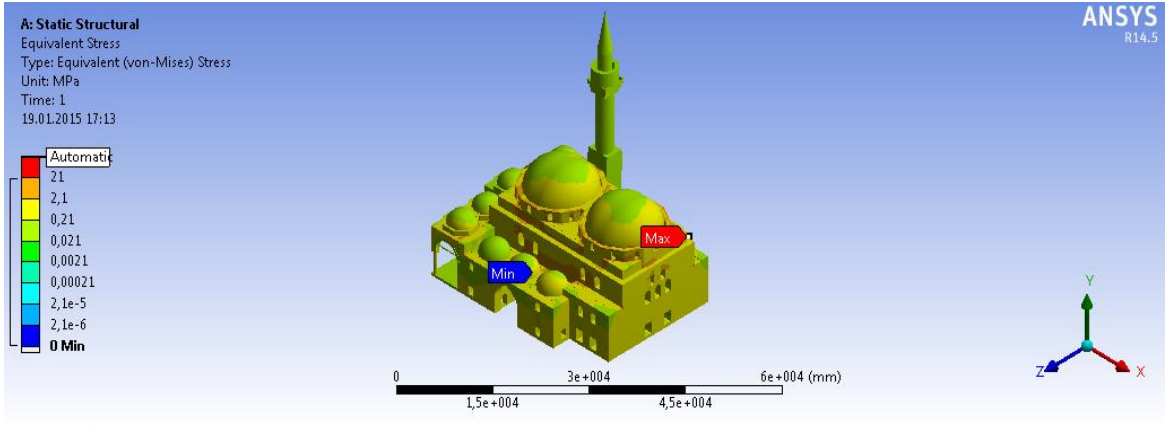


Şekil 4.17 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).

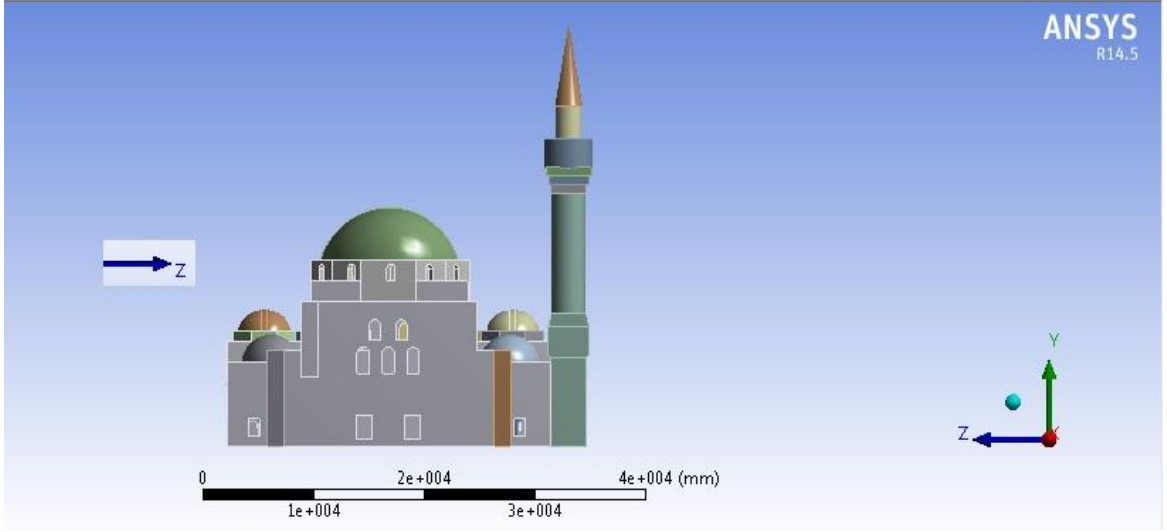


Şekil 4.18 Gedik Ahmet Paşa Camii Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmelerin (MPa) Kesit Görüntüsü.

Değişik yönlerde yapılan deprem yüklemeleri sonucunda basınç ve çekme gerilmeleri kırmızı ve mavi renkler ile ifade edilmiştir. -Z (Doğu Yön) yönünde yapılan analizlerde eşdeğer gerilmelerin en fazla yapının Z ve -X doğrultusunun birleşim yerlerinde minimum eşdeğer gerilmelerin de Z yönündeki tali kubbelerde olduğu Şekil 4.19'dan anlaşılabilir. Yükleme yönü ise, Şekil 4.20'de açıkça görülebilmektedir.

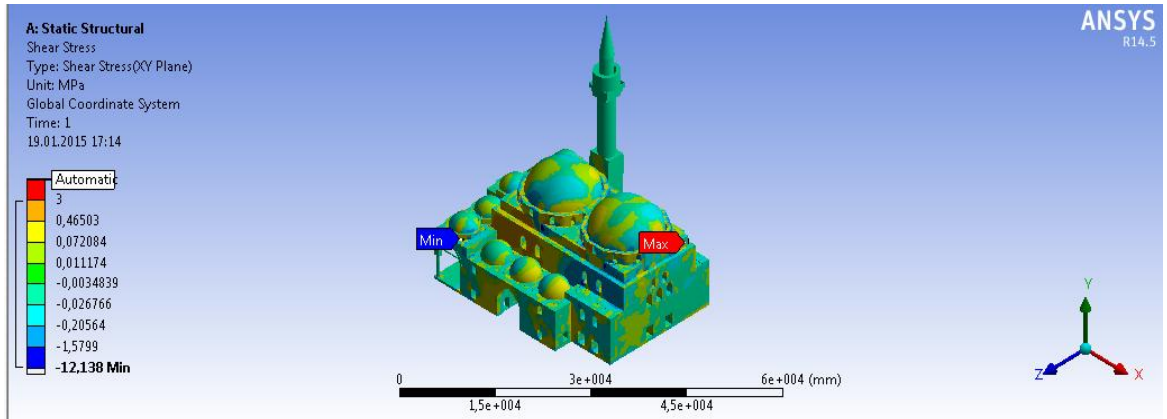


Şekil 4.19 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).

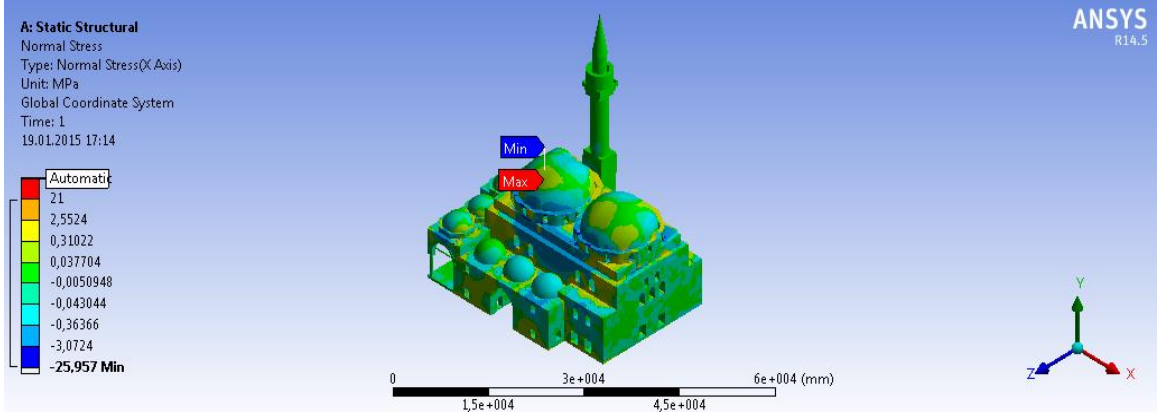


Şekil 4.20 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemesi.

-Z yönündeki yapılan deprem analizinde normal ve kesme gerilmelerinin tarihi yapı üzerinde meydana geldiği yerler renk skalalarında kesme taş malzemenin normal gerilme emniyet değeri olan 21 MPa ve kesme gerilmesi emniyet değeri olarak alınan 3.7 MPa değerleri esas alınarak yapı üzerindeki kritik alanlar belirlenmiştir (Şekil 4.21 ve Şekil 4.22).

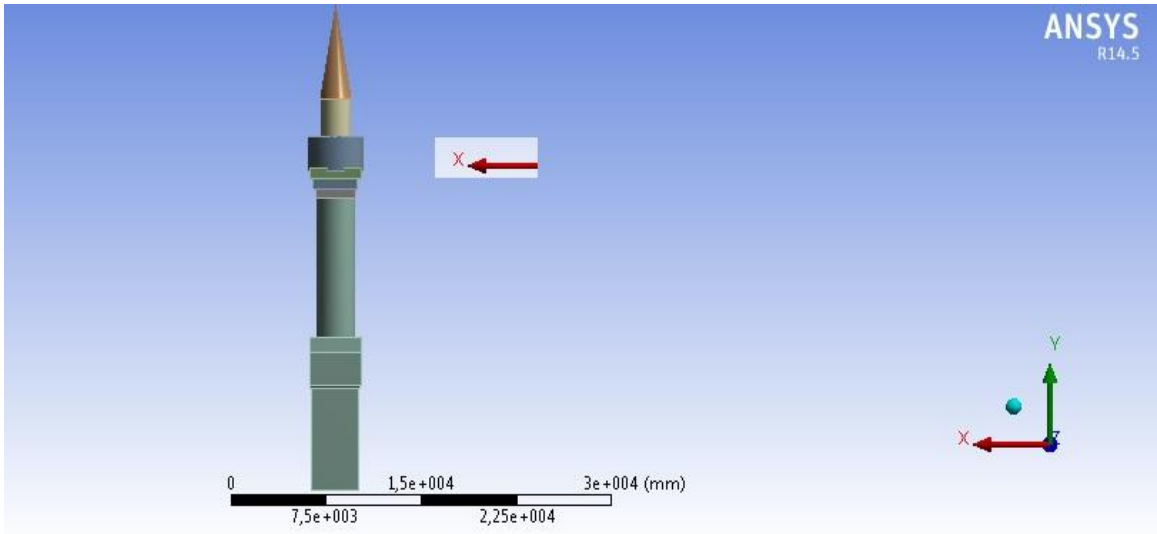


Şekil 4.21 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).

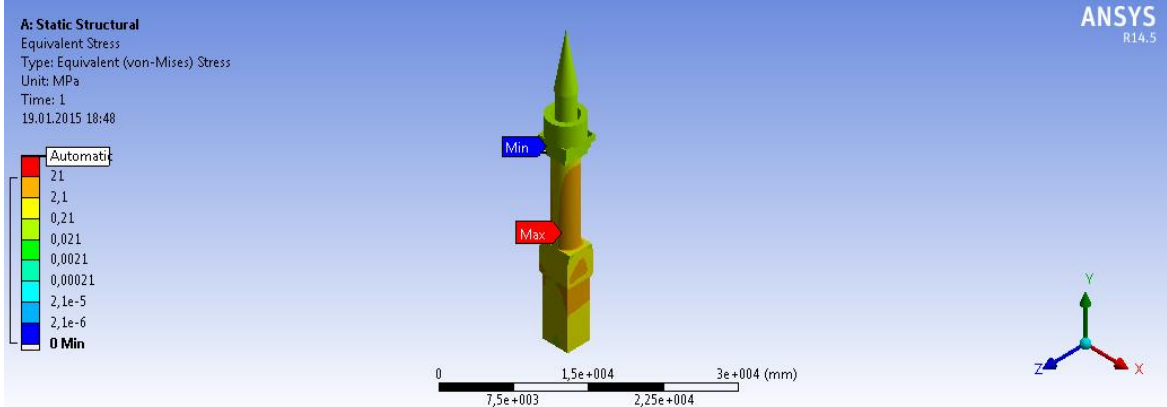


Şekil 4.22 Gedik Ahmet Paşa Camii -Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).

Gedik Ahmet Paşa Camisi tek minareli olarak inşa edilmiş olup, minare kısmı âlem, külah, petek, şerefe, gövde ve kaide yapılarından meydana gelmektedir. X yönünde yapılan deprem yüklemesinde eşdeğer gerilmeler en fazla minare gövdesinde oluşmuş ve minimum eşdeğer gerilmeleri de şerefe altlarında meydana gelmiştir (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24).

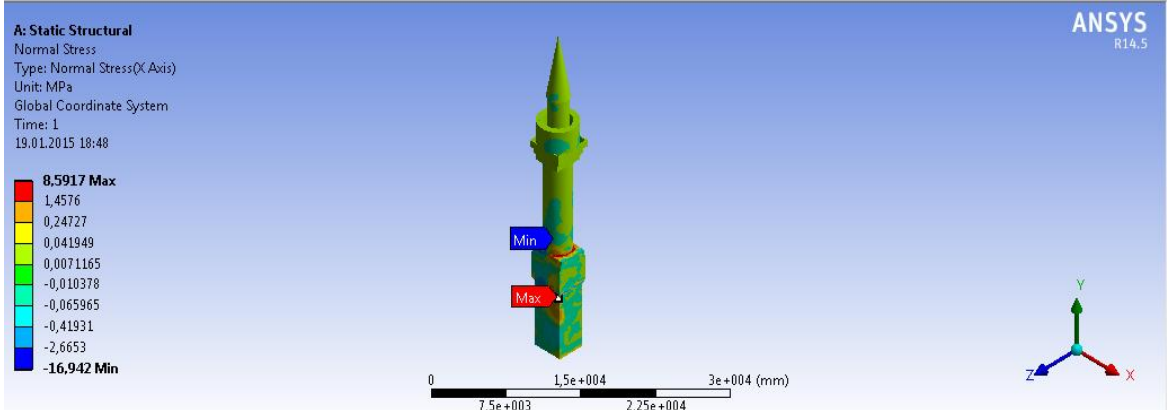


Şekil 4.23 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemesi.

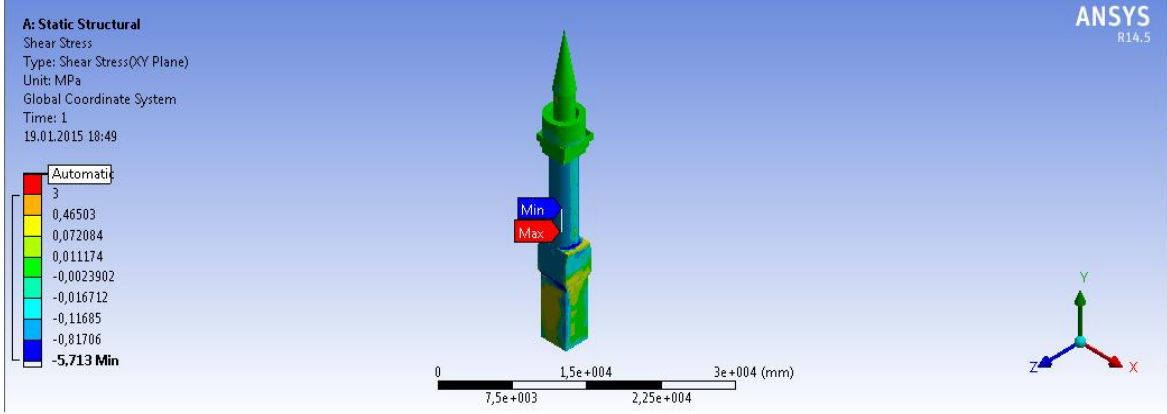


Şekil 4.24 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).

Minare bölümünün X yönlü deprem analizi sonucuna göre, Normal gerilme değerleri en fazla kaide kısmının altında yoğunlaşmış, minimum gerilmeler ise, çekme olarak gövde bölgesinde meydana gelmiştir (Şekil 4.25). Ayazini tüfü taş malzemenin kesme gerilmesi değerleri 3.7 MPa civarında olup, renk skalalarında kırmızı renk bu emniyet gerilmesinin aşıldığı kritik alanları göstermektedir. Kesme Gerilmesi için belirlenen Minimum ve maksimum gerilmeler minare gövdesinde yoğunlaşmıştır (Şekil 4.26).

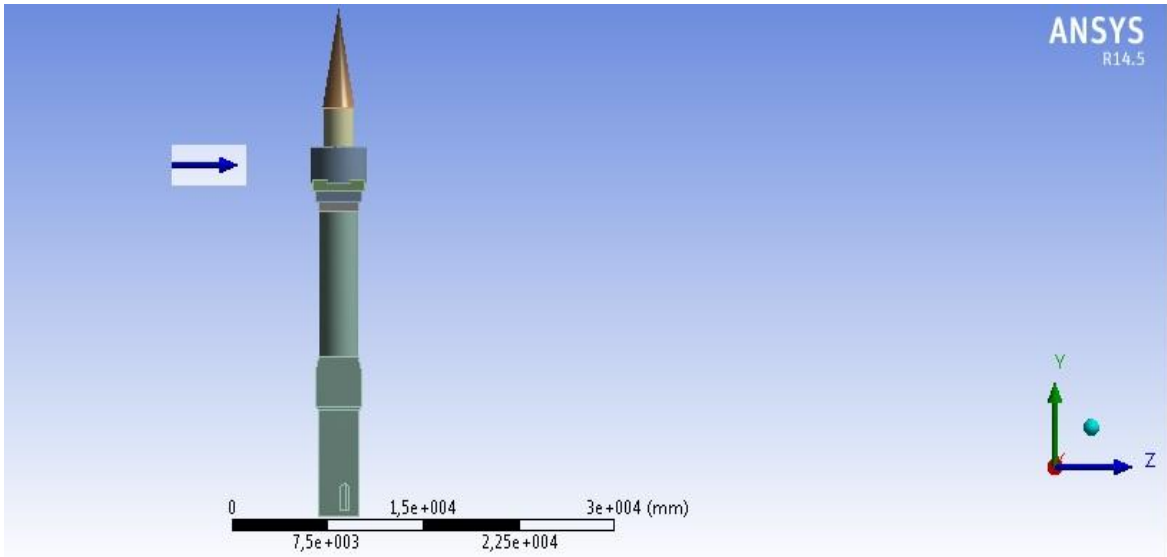


Şekil 4.25 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).

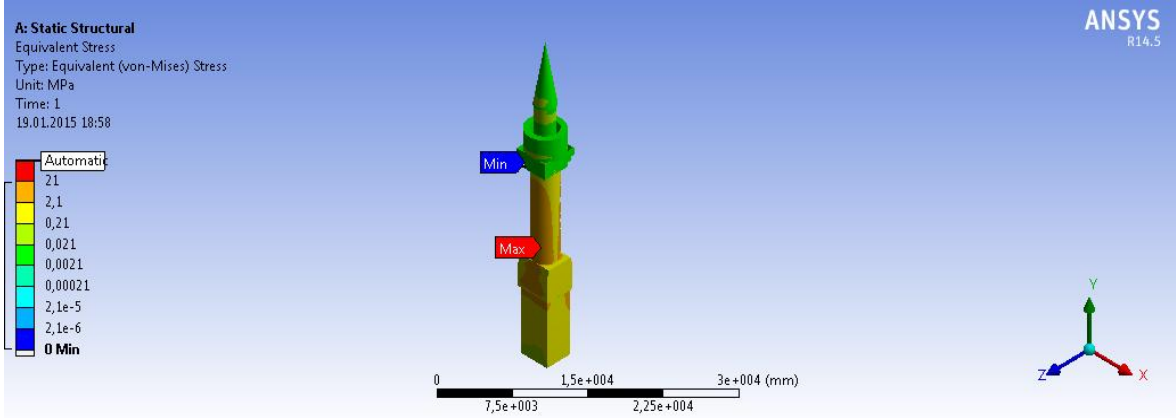


Şekil 4.26 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün X Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).

Gedik Ahmet Paşa Camisi tek minareli yapı kütesinin Z yönlü deprem yüklemesinde eşdeğer gerilmelerin en fazla minare gövdesinde, minimum eşdeğer gerilmelerinde şerefe altında meydana geldiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.27 ve Şekil 4.28).

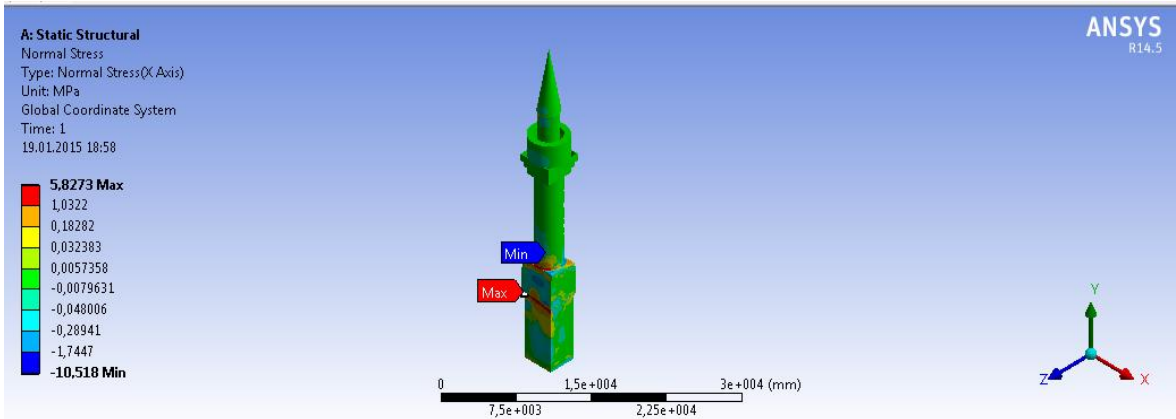


Şekil 4.27 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi.

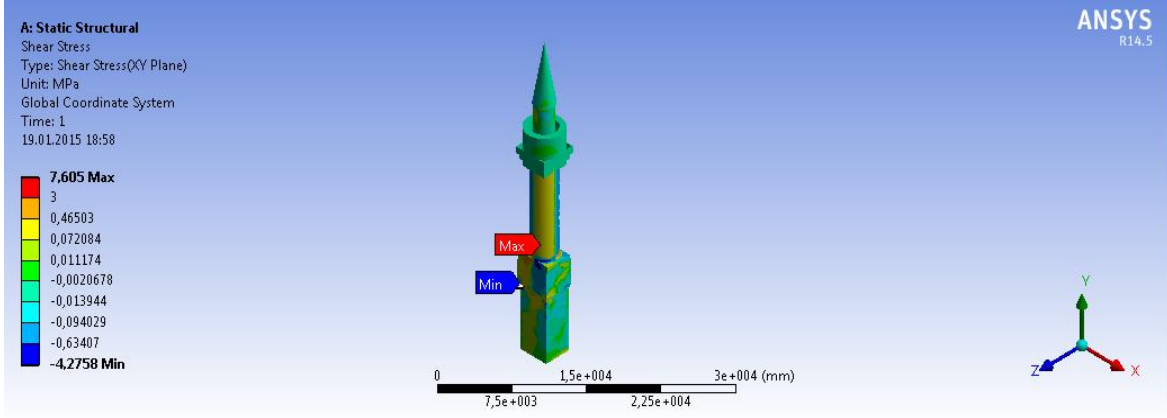


Şekil 4.28 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Eşdeğer Gerilmeler (MPa).

X ve Z doğrultusunda yapılan analizlerde minare gövdesi, kaide bölümü ve şerefe alt bölgesinde yer yer çekme ve basınç gerilmelerinin yoğunlaştığı anlaşılmıştır. Normal gerilmeler yine Z yönlü yüklemeye göre, en fazla minare kaidesinin altında en az minare gövdesinde, kesme gerilmeleri de zıt olarak en fazla gövde de en az ise minare kaidesinde oluşmuştur (Şekil 4.29 ve Şekil 4.30).



Şekil 4.29 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Normal Gerilmeler (MPa).

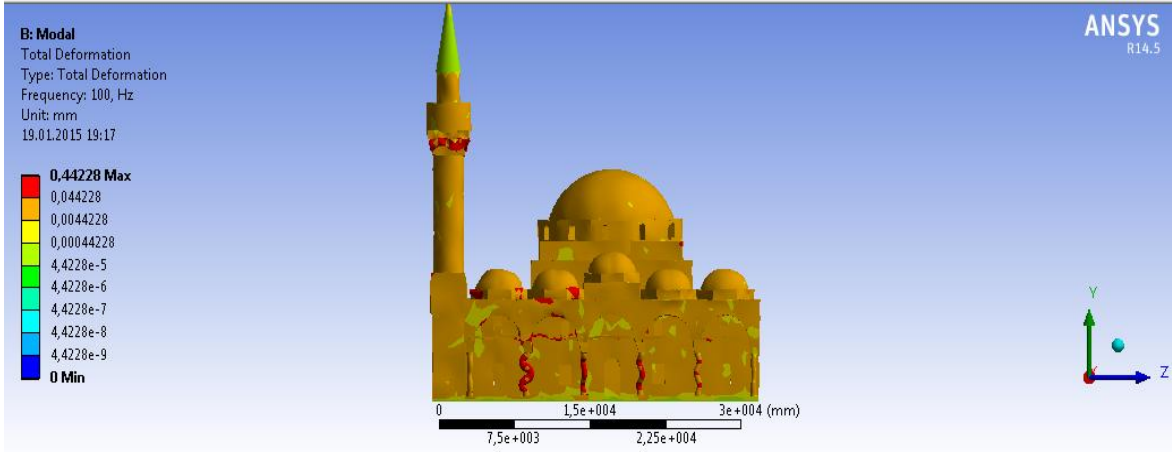


Şekil 4.30 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümünün Z Yönlü Deprem Yüklemesi Sonucunda Oluşan Kesme Gerilmeleri (MPa).

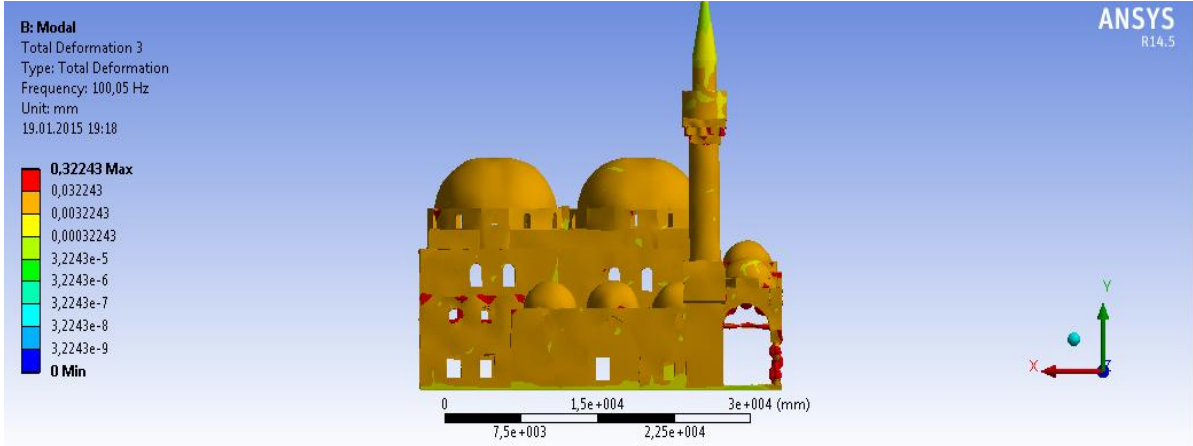
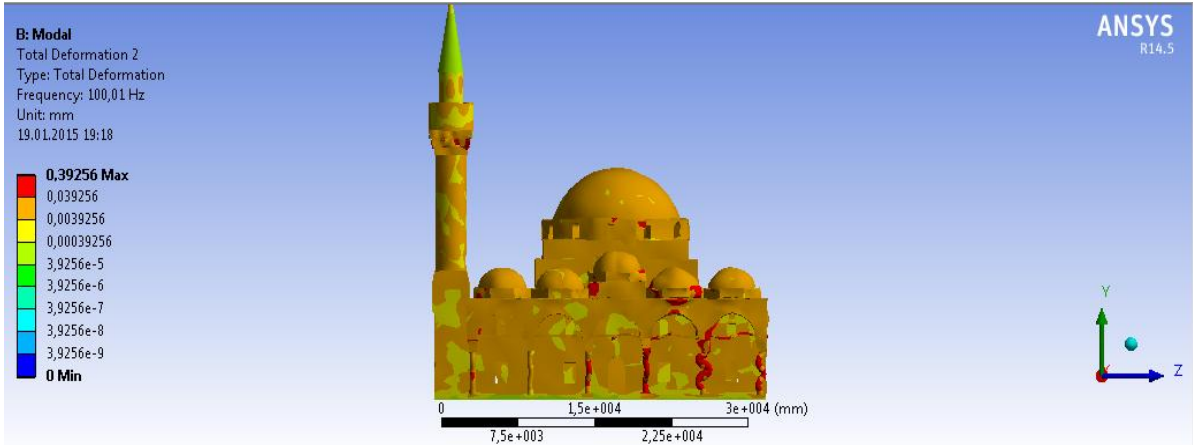
ANSYS WORKBENCH programında statik çözümlene yapıldıktan sonra Modal analiz bölümünde 100 Hz ve üzeri frekans değerlerine göre, deplasman oluşabilecek noktalar belirlenmiş bu bölgeler deprem yüklemesinde bulunan maksimum ve minimum alanlar ile örtüşmüş 17. yüzyılda il bazında meydana gelen depremlerde oluşan hasar bölgeleri yine program aracılığı ile teyit edilmiştir. İlk on mod için frekans değerleri bulunmuş (Çizelge 4.1). ve şekil değiştirmelerin en iyi ifade edildiği 1-2-3-5 ve 10. modlar tez kapsamında verilmiştir (Şekil 4.31- Şekil 4.32 ve Şekil 4.33).

Çizelge 4.1 Modal Analiz Sonucunda Bulunan Frekans Değerleri.

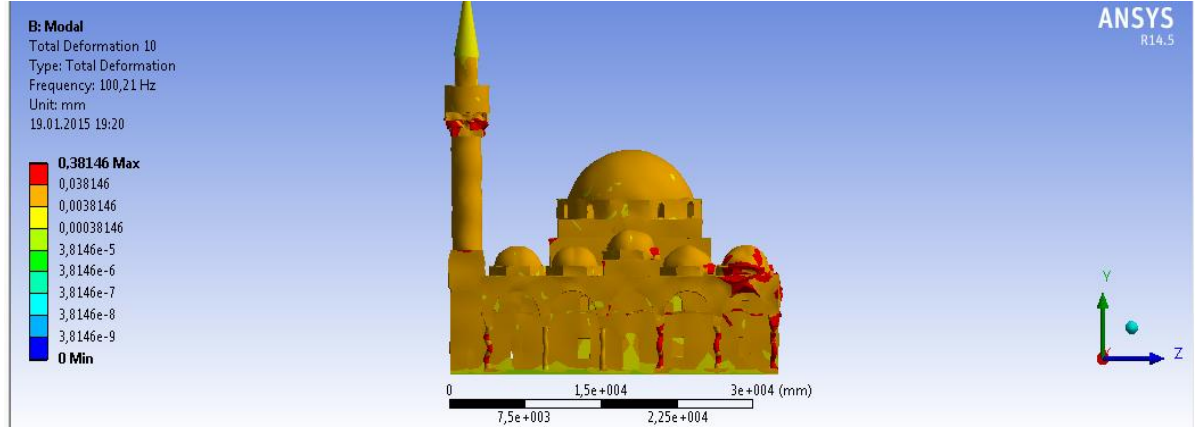
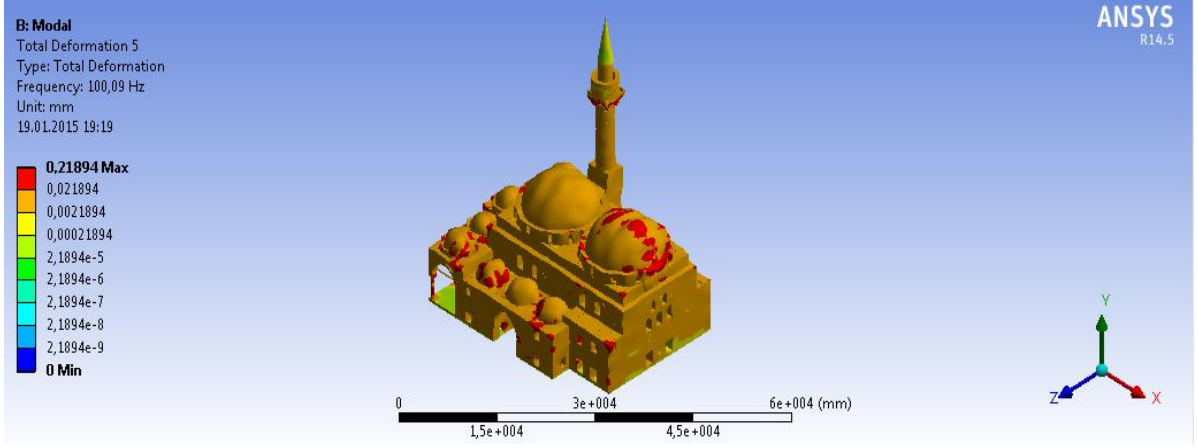
Mod Sayıları	Frekans Değerleri (Hz)
1	100
2	100.01
3	100.05
4	100.07
5	100.09
6	100.11
7	100.12
8	100.17
9	100.21
10	100.21



Şekil 4.31 Gedik Ahmet Paşa Cami 1.Mod Şekli.

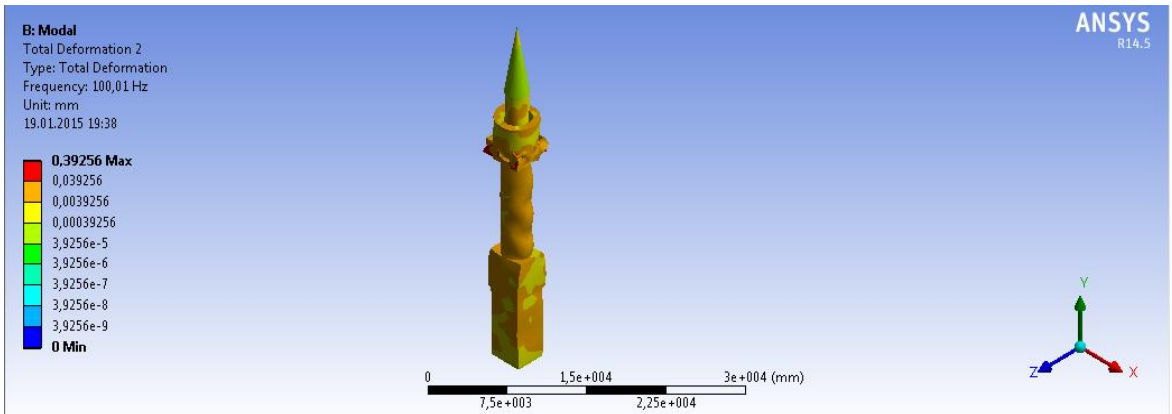


Şekil 4.32 Gedik Ahmet Paşa Cami 2. ve 3. Mod Şekilleri.

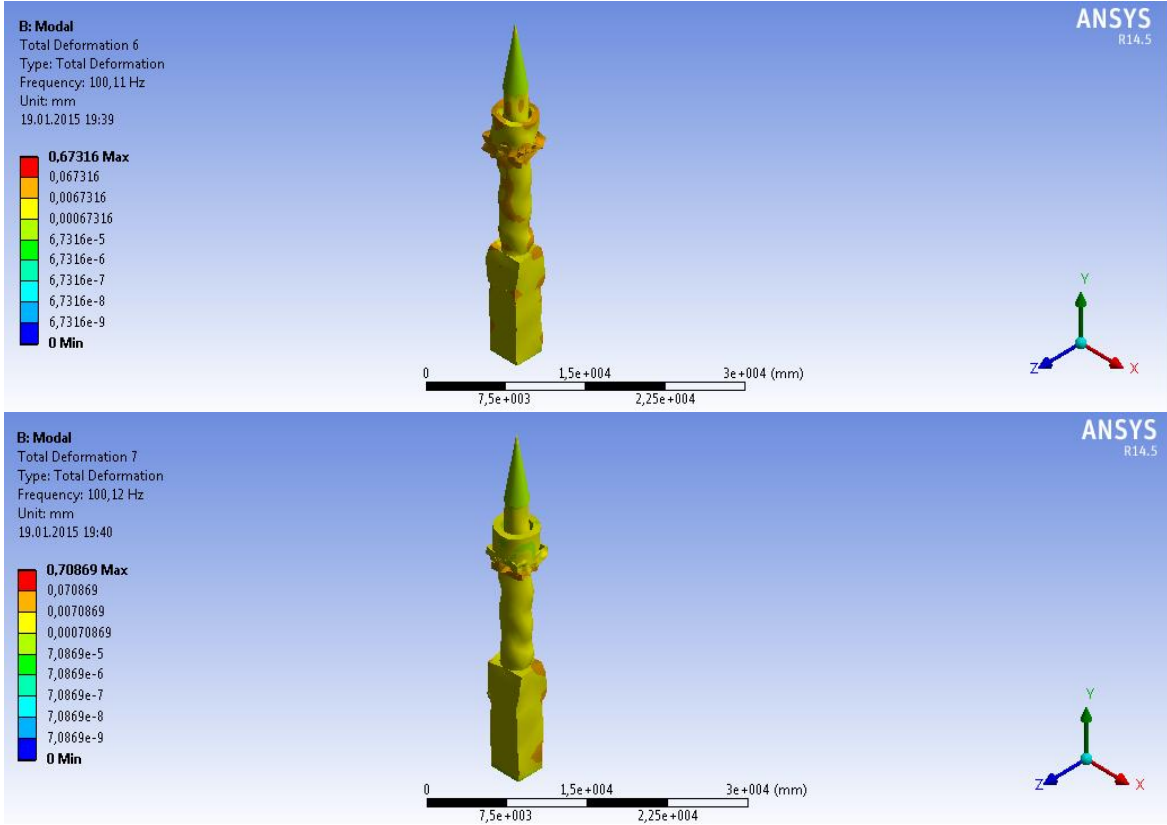


Şekil 4.33 Gedik Ahmet Paşa Camii 5. ve 10. Mod Şekilleri.

İmaret Camii yapısal analizler kısmında minare ve cami olarak çözümlendiği gibi modal analiz bölümünde de ayrı olarak ele alınmıştır. Yine 100 Hz ile 5000 Hz arasındaki 0.01 sn değeri için minarenin 2-6 ve 7. mod şekilleri bu sayfada verilmiştir (Şekil 4.34 ve Şekil 4.35).



Şekil 4.34 Gedik Ahmet Paşa Camii Minare Bölümü 2. Mod Şekli.



Şekil 4.35 Gedik Ahmet Paşa Cami Minare Bölümü 6. ve 7. Mod Şekilleri.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez kapsamında, Gedik Ahmet Paşa Camisinin deprem güvenliği ile ilgili çalışılmış olup yapının mevcut projesi bulunmadığı için Kütahya Vakıflar Bölge Müdürlüğünden röleve projesi temin edilerek modelleme ve çözümlenmeler yapılmıştır. Merkezi ikinci derece deprem bölgesi olan Afyonkarahisar'da oluşabilecek olası bir deprem için, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik hükümlerine bağlı olarak Gedik Ahmet Paşa Camisinin deprem güvenliği ANSYS WORKBENCH programı ile belirlenmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalara göre yığma yapıım tekniğinin yetersiz olmadığı, tarihi yapılarının deprem etkisi ile stabilitesini koruyacağı ve hasarların oluşması durumunda bunların belirli bir çerçeve içinde kalacağı yine tez kapsamı içerisinde göz önünde tutulmuştur.

Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımında DBYBHY 2007 esasları kullanılmaktadır. Mevcut yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi ise, bu yönetmeliğin 7. Bölümünden faydalanılmaktadır. Fakat bu yönetmelikteki madde 7.1.4'e göre tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bu yönetmelik kapsamı dışındadır. Bu durum tezin önemini bir kat daha arttırmaktadır. Kültürel miraslarımızı gelecek nesillere güvenli bir şekilde aktarabilmek için, buraya ayrı bir yönetmelik dahilinde tarihi yapılar ve anıtlarda deprem güvenliği için yapılması gereken çalışmalar ve sınırlılıklarının ortaya konması dahil edilmesi istenen bir durumdur.

Tarihi yapıların deprem güvenliğinin incelenmesinde mevcut yapının performansa dayalı durumu göz önüne alınarak yapısal analizlerin yapılması ve belirli bir yöntem dahilinde olması gerekmektedir. Performans seviyelerinin değişik yapı tiplerine uygun olarak dizayn edilmesi yorumlama açısından önemlidir. Günümüzde yeni kullanılmakta olan yapısal sistemlerin performans esaslı analizi yanında tarihi yapıların incelenmesinde benzer yaklaşımların kullanılması uygulamada oldukça pratiklik sağlayacaktır.

Tarihi yapıların incelenmesinde analitik ve deneysel yöntemler kullanılmaktadır. Operasyonel Modal Analiz tarzında yapıların dinamik karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılan deneysel çalışmalar için teknik bir alt yapının varlığı gerekmektedir. Deneysel yöntemleri gerçekleştirme için bu imkân elimizde olmadığından analitik yöntem kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi ile sistem titreşim analizi ele alınarak yapının mod şekilleri Bulgular kısmında detaylıca gösterilmiştir. Sonlu elemanlarda modelleme de makro ve mikro modelleme yapılabilmektedir. Mikro modellemede tuğla, taş ve harç katmanları ayrı ayrı modellenmektedir. Ancak bu teknik küçük yapılar için uygundur. Makro modelleme ise, taş ve harcın beraber aynı anda modellendiği büyük yapılarda kullanılabilir. Yapının kütleli davranışını belirleyebilmek için, makro modelleme daha uygundur. Gedik Ahmet Paşa Camisinde de makro model ile sonlu elemanlar çözümü yapılmıştır. Çözümleme sonucunda; son cemaat yeri olan Kuzey cephedeki yapı elemanlarında, esas iki ana kubbede, minare gövdesinde, Batı cephedeki tali kubbelerde ve Güney cephe bölümünde daha önce Afyonkarahisar da meydana gelen depremlerin yaptığı etkilere paralel olarak hasar oluşması beklenmekte ve toptan göçme durumu beklenmemektedir.

6. KAYNAKLAR

- Armağan, K. (2012). Tarihi Yapılarda Kullanılan Fonksiyonelliğin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Sesigür, H., Çelik, O.C. ve Çılı, F. (2007). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler, Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirme. İstanbul Bülten, 89.
- Bayraktar, A. (2005). Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi. YDGA, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 17 Şubat.
- Bayraktar, A., Altunışık, A.C., Sevim, B., Türker, T., Birinci, B. (2010). Tarihi Yapıların Deprem Güvenliklerinin Tahribatsız Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi. İstanbul Bülten, 107.
- Bal, İ. E. ve Gülay, F. G. (2010). Tarihi Yapıların Deprem Güvenliğinin Saptanması İçin Geliştirilen Doğrusal Olmayan İki Yöntem ve Uygulama Örnekleri. İstanbul Bülten, 106.
- Can, H. ve Ünay, A. İ. (2012). Tarihi Yapıların Deprem Davranışını Belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27: 1.
- Bayraktar, A., Çalık, İ. ve Türker, T. (2013). Restorasyon Sonrası Tarihi Sundura Camisi ve Minaresinin Çevresel Titreşim Testi Yöntemiyle Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 6.
- Yılmaz, P. (2006). Tarihi Yapıların Modellenmesi ve Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Özcan, Z. (2004). Tarihi Sangarius (Sakarya Köprüsü Üzerine Bir Çalışma. Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering, Bogazici University.
- Durutürk, G. (2012). Yalvaç Hamidiye Cami Deprem Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Çelebi, E. (1935). Evliya Çelebi Seyahatnamesi. Anadolu, Suriye, Hicaz (1671-1672), 9.Cilt, İstanbul, 32.
- Karazeybek, M., Polat, Z. ve İlgar, Y. (2005). Afyonkarahisar Vakıf Eserleri 1 .Cilt, AKÜ., Afyonkarahisar, 16-18.
- Tuluk, Ö. İ. (2006). Osmanlı Camilerinde Mekân Kurgusu Açısından Kare Tabanlı Baldaken Varyasyonları (15.-17. YY.). *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **275**: 275-284.
- Anonim (a) (2014). Kütahya Vakıflar Bölge Müdürlüğü.
- Erinç, S.(2000). Jeomorfoloji. IDER Yayınevi, 223-235.
- Atalay, İ. (1997). Türkiye Fiziki Coğrafyası. Ege Üniversitesi Basımevi, 14-17.
- Kazancı, E.B. (2003). Dinar Depreminin Sosyo - Ekonomik Faaliyetler Üzerindeki Etkisi ve Deprem Bilincinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Koçyiğit, A. ve Deveci, Ş. (2007). Çukurören – Çobanlar (Afyon) Arasındaki Deprem Kaynaklarının (Aktif Fayların) Belirlenmesi. TÜBİTAK 106Y209 nolu Proje, Ankara.

Koçyiğit, A. (1984). Güney Batı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 1-27.

Koçyiğit, A., Ünay, A. ve Saraç, G. (2000). Episodik graben formation and extensional regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir Afyon Graben, Turkey, *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society, London, Special Publications. 1. Konya Kent Sempozyumu, 173.

Kürklü, G. (2013). Mevcut Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi Ders Notları, Yüksek Lisans Dersi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Utku, M., Danışman, M.A., Akyol, N.ve Akçığ, Z. (2003). Afyon ve Çevresinin Depremselliği 03 Şubat 2002 Çay Depremi Eş şiddet Haritası ve Deprem Riski. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir,18.

Anonim (b) (2014). Kütahya Vakıflar Bölge Müdürlüğü, Afyon Gedik Ahmet Paşa Camii Röleve Notları, 13.

Anonim (c) (2009). Özdeğirmenci Mühendislik ve Sondajcılık Firması, Korupark Kon. Yapı Koop. Başkanlığı Zemin Etüt Raporu, Afyonkarahisar, 2-31.

Anonim (d) (2013). Özdeğirmenci Mühendislik ve Sondajcılık Firması, Dumlupınar Mah. Levent Altınbaş Ferhun Zemin Etüt Raporu, Afyonkarahisar, 4.

Ergün, A. (2013). Zemin ve Zemin İyileştirme Yöntemleri Semineri, Afyonkarahisar.

Çobanoğlu, İ. ve Özpınar, Y. (2003). Sandıklı (Afyon) Tüflerinin Mühendislik Özellikleri ve Beton Agregası Olarak Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. *Yer Bilimleri Dergisi*, **42**: 205-222.

- Ünal, O., Ergün, A., Uygunoğlu, T. ve Kürklü, G. (2008). Hafif Agregalı Blok Elemanların Fiziko - Mekanik Özelliklerinin Araştırılması ve Modellenmesi. TÜBİTAK 104M391 nolu Proje, Afyonkarahisar.
- Demir, İ. (2001). Afyon Bölgesi Tüflerinin Tuğla Üretiminde Kullanılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ergül, A. (2009). Afyonkarahisar da Yapıtışı Olarak Kullanılan Tüflerdeki Poroziteye Bağlı Su İçeriğinin Fiziko- Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Koçu, N. (2005). İnşaat Sektöründe Puzolanik Aktiviteye Sahip Tüflerin Kullanılması ve Özelliklerinin Araştırılması. Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi, Isparta, 15 – 17 Eylül.
- Pirsson, L.V. (1975). The Microscopical charecters of volcanic tufss. Sedimentary rocks: Consepts and History, Ed. By A. V. Carozzi Wiley, Pennsylvania, 199 – 214.
- Aslaner, M. (1989). Kor ve Kor Kırıntılı Kayaçlar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 60-113.
- Çelik, M.Y. (2003). Dekoratif Doğal Yapı Taşlarının Kullanım Alanları ve Çeşitleri. *Madencilik Dergisi*, **42 (1)** : 3 – 15.
- Çelik, M. Y. ve Sel, H. (2008). Afyondaki Tarihi Çeşmelerde Doğal Taş Kullanımı ve Restorasyonu. Türkiye 6. Mermer Sempozyumu, Afyonkarahisar, 39 – 58.
- Çelik, M.Y., Akbulut, H. ve Ergül, A. (2014). Water absorption process effect on strength of Ayazini tuff, such as the uniaxial compressive strength (UCS), flexural strength and freeze and thaw effect. *Environ Earth Sci*, **71**: 4247 – 4259.

- Kuşçu, M. ve Yıldız, A. (2001). Afyon Ayazini (Afyon) Tüflerinin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Türkiye 3. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 3 – 5 Mayıs, 85 – 98.
- Özgen, Ö. (2012). T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü Horasan Harcı Üzerine Deneysel Çalışmalar. İstanbul, 9 – 14.
- Lea, F.M. (1940). Investigations on Pozzolanas. Building Research, *Technical Paper*, **27**: 1-63.
- Çamlıbel, N. (1983). Geleneksel Yapılarda Stabilitenin İyileştirilmesi. Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Saraylı, A. (1987). Yapı Malzemeleri Bilimi. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Bölümü, İstanbul.
- Moropolou, A., Polikreti, K., Bakolas, A. ve Michailidis, P. (2002). Correlation Of Physicochemical And Mechanical Properties Of Historical Mortars And Classification By Multivaritive Statistics, www.elsevier/locate/cementandconcretecomposities.
- Güleç, A. (1992). Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvalarının İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dabanlı, Ö. (2008). Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- 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, İstanbul.

- Aköz, F. (2001). Tahribatsız Deney Yöntemleri ve Yapılarda Uygulanması. TMMOB Yapı Malzemesi Semineri.
- Aköz, F. (2005). Yığma Kâgir Yapılarda Hasar Tespiti. YDGA, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 17 Şubat, **7**.
- Postacıoğlu, B. (1981). Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri - İç Yapı ve Mekanik Özellikler. Cilt 1, İTÜ Matbaası.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A. (2001). Kaya Mekaniği Labarotuvuar Deneylei. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, Ankara, **58**.
- Carino, N.J. (1991). Nondestructive Testing of Concrete: History and Challenges. ,Concrete Technology Past Present and Future Proceedings of V. Mohan Malhotra Symposium, 628 – 638.
- Ercan, E. (2010). Tarihi Yığma Yapıların Güvenliklerinin Analitik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, **68**.
- Astm C 1196. (1997). Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements.
- Astm C 1531. (2003). Standard Test Methods for In Situ Measurement of Masonry Mortar Joint Shear Strength Index.
- Anonim (e) (2012). Ayazini Tüfü Deney Sonuçları. Kütahya Vakıflar Bölge Müdürlüğü.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. (2007). Ankara.
- ANSYS Simulation Driven Product Development. (1970). ABD.

İnternet Kaynakları

1. <https://www.google.com/earth/>, Erişim Tarihi: Aralık 2014.
2. <http://deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Default.aspx>, AFAD, Erişim Tarihi: Kasım 2014.
3. <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/DepremHaritalari.aspx>, Erişim Tarihi: Aralık 2014.
4. www.deprem.gov.tr, Erişim Yılı: 2011.
5. http://www.afyonhaber.com/wp-content/uploads/2011/08/AFYON-DEPREM_HAR%C4%B0TASI.jpg, Erişim Tarihi: Aralık 2014.
6. http://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCf#mediaviewer/File:Bandelier_Pockmarked_Cliff.jpg, Erişim Tarihi: Aralık 2014.
7. http://tr.wikipedia.org/wiki/Volkanik_t%C3%BCf_kayalar, Erişim Tarihi: Aralık 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yunus Ahmet MUMYAKMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar / 1986
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : yunusmumyakmaz@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyon Lisesi / 2000-2003
Lisans : Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği / 2006-2010
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği / Yapı
Anabilim Dalı / 2013-2015

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Yeşilay Yapı Denetim Ltd Şti / Kontrol
Mühendisi / 2011-2013

Yayımları (SCI ve diğer) : Reaktif Pudra Betonunun Teknik Özellikleri Üzerine Bir
İnceleme, El- Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:1,
No:1, 29-46, 2014 (Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T., ile birlikte)

Diğer konular