



**TARİHİ CACABEY MEDRESESİ’NİN YAPISAL DAVRANIŞININ
İNCELENMESİ**

Merve BAŞGÜL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2020

Merve BAŞGÜL tarafından hazırlanan “TARİHİ CACABEY MEDRESESİ’NİN YAPISAL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Halis GÜNEL

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

İkinci Danışman: Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Mehmet Zeki İBRAHİMGİL

Sanat Tarihi Ana Bilim Dalı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Tekin GÜLTOP

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 13/05/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Merve BAŞGÜL

13/05/2020

TARİHİ CACABEY MEDRESESİ’NİN YAPISAL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Merve BAŞGÜL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2020

ÖZET

Tarihi ve kültürel mirasımızı temsil eden yığma yapıların korunması ve gelecek yıllara ulaştırılması önemli bir çalışma alanıdır. Bu yapıları özenle incelemek, sorunlarını tespit edip çözüm önerileri geliştirmek ve gelecek nesiller için dayanımlarını artırmak, ortaya konulacak etkili bir koruma anlayışı ile mümkün olabilir. Bu nedenle tarihi yığma yapıların korunması için dış etkiler karşısında yapısal performanslarının belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması kaçınılmazdır. Kırşehir Cacabey Medresesi ile ilgili yapılan bu çalışmada öncelikle yapının tarihçesi, mimari özellikleri, taşıyıcı sistemi, malzeme karakteristikleri, zemin durumu ve geçirdiği onarımlar hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra yapıya ait rölöve çizimleri üç boyutlu hale getirilmiş ve çeşitli analizlerin yapılabilmesi için sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır. SAP2000 programı kullanılarak elde edilen model üzerinde statik ve dinamik olmak üzere iki ayrı analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin ilki düşeyde etki eden yükleri, ikincisi ise yatayda etki eden yükleri kapsamaktadır. Analiz değerlerinin yorumlarında, geniş bir alana yayılan plan tipine ve düzensiz kütle dağılımına sahip tarihi yapıların incelenmesinin önemine dikkat çekilmiştir. Sonuç olarak Cacabey Medresesi’nin düşey yükler altında emniyet gerilmesi sınırını aşmadığı, yatay yükler altında ise yapının farklı form ve yüksekliklerde yapı elemanları içermesinden ve kütle düzensizliğinden kaynaklı olarak emniyet gerilmesi sınırına yaklaştığı fakat risk teşkil etmediği gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçları, Kırşehir ili için sembol haline gelen ve literatürde sayısal modellemesine ait veri bulunmayan Cacabey Medresesi’nin mevcut durumunun belirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca güçlendirme ve koruma yöntemleri oluşturulmadan önce yapıya dair sayısal verilerin elde edilmesi yapılacak restorasyon çalışmalarının daha verimli olmasını sağlayacaktır.

Bilim Kodu : 80115
Anahtar Kelimeler : Tarihi Yığma Yapılar, Sonlu Elemanlar Modeli, Yapısal Analiz, Cacabey Medresesi
Sayfa Adedi : 101
Danışman : Doç. Dr. Mehmet Halis GÜNEL
İkinci Danışman : Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA

INVESTIGATION OF STRUCTURAL BEHAVIOR OF HISTORICAL CACABEY

MADRASAH

(M. Sc. Thesis)

Merve BAŞGÜL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2020

ABSTRACT

Protecting the masonry structures representing our historical and cultural heritage and reaching them to future years is an important field of study. It is possible to examine these structures with care, identify their problems and develop solutions and increase their strength for future generations with an effective understanding of protection. For this reason, it is inevitable to determine the structural performances and take necessary precautions against external influences for the protection of historical masonry structures. In this study about Kırşehir Cacabey Madrasah, firstly information about the history of the building, its architectural features, structural system, material characteristics, ground condition and repairs was given. Then, the drawings of the building were made in 3D and a finite element model was prepared for various analyzes. Two separate analyzes, static and dynamic, were carried out on the model obtained using the SAP2000 program. The first of these analyzes includes the loads acting on the vertical, and the second includes the loads acting on the horizontal. In the interpretation of the analysis values, attention was drawn to the importance of examining the historical structures with a wide range of plan type and irregular mass distribution. As a result, it has been observed that Cacabey Madrasah does not exceed the safety stress limit under vertical loads, while under horizontal loads, the structure approaches the safety stress limit due to the fact that it contains structural elements of different forms and heights and does not pose a risk. The results of the study have an important place in determining the current status of Cacabey Madrasah, which has become a symbol for Kırşehir province and does not have data on numerical modeling in the literature. In addition, obtaining numerical data about the structure before the reinforcement and conservation methods are created will make the restoration work to be made more efficient.

Science Code : 80115

Key Words : Historical Masonry Structures, Finite Element Model, Structural Analysis, Cacabey Madrasah

Page Number : 101

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mehmet Halis GÜNEL

Co-Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA

TEŞEKKÜR

Öncelikle araştırma süresince değerli bilgi ve tecrübeleri ile çalışmamın planlanması ve yürütülmesinde beni yönlendiren saygıdeğer hocalarım Sn. Doç. Dr. Mehmet Halis GÜNEL ve Sn. Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA'ya, değerli tavsiye ve eleştirileriyle tezin gelişmesine katkı sağlayan ve zorlandığım her anımda yardımcı olan Sn. Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY'a teşekkürü bir borç bilirim. Tez süresi boyunca hem SAP2000 programının kullanım imkanını sağlayan hem de bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım İnşaat Mühendisi Sn. Orhan Mete IŞIKOĞLU'na çok teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca her türlü destekleri ile yanımda olan annem Nurten BAŞGÜL, babam Kenan Murat BAŞGÜL ve değerli kardeşim Emre Çağrı BAŞGÜL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
3. TARİHİ YIĞMA YAPI VE YAPISAL ELEMANLARI.....	9
3.1. Sütun ve Ayaklar.....	9
3.2. Duvar	10
3.3. Döşeme	12
3.4. Kemer	12
3.5. Tonoza	13
3.6. Kubbe.....	14
4. TARİHİ YIĞMA YAPILARIN YAPISAL ANALİZİ; SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ	17
4.1. Yön Kabulleri ve İşaretler	19
5. ALAN ÇALIŞMASI: CACABEY MEDRESESİ	21
5.1. Cacabey Medresesi Mimari Özellikleri	23

	Sayfa
5.2. Cacabey Medresesi Taşıyıcı Sistem ve Malzeme Özellikleri.....	35
5.3. Cacabey Medresesi Geçirdiği Onarım ve Tadilatlar	38
6. CACABEY MEDRESESİ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ	43
6.1. Model Özellikleri.....	43
6.2. 2018 Deprem Yönetmeliğinde Tarihi Yığma Yapılar	48
6.3. Hesap Parametreleri	50
6.4. Malzeme Parametreleri.....	51
6.5. Yükler ve Yük Kombinasyonları.....	52
6.6. Bölgenin Deprem Durumu ve Zemin Özellikleri	53
7. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER.....	55
7.1. Statik Analiz.....	55
7.2. Dinamik Analiz.....	62
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	95
EK-1. 21 Aralık 1948 yılında Kırşehir Valiliği’nden gönderilen dilekçe	96
EK-2. 2 Nisan 1948 yılında Kırşehir Valiliği’nden gönderilen dilekçe	97
EK-3. 1948 yılına ait imalat ve inşaat beyanı	98
EK-3. (devam) 1948 yılına ait imalat ve inşaat beyanı.....	99
EK-4. 1960 yılında Kırşehir Valiliği’nden gönderilen dilekçe.....	100
ÖZGEÇMİŞ	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. Medrese elemanlarına ait kalınlık-renk tablosu	48
Çizelge 6.2. Yığma duvarların karakteristik basınç dayanımı	49
Çizelge 6.3. Modelde kullanılan malzemelere ait değerler.....	52
Çizelge 7.1. Kütle katılım oranları Mod 1-50.....	64
Çizelge 7.1. (devam)Kütle katılım oranları Mod 50-100.....	65
Çizelge 7.2. Yerel zemin sınıfları TBDY 2018	70
Çizelge 7.3. Bina kullanım sınıfları TBDY 2018	73
Çizelge 7.4. Deprem hesabı verileri	74

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Ayak ve sütun	9
Şekil 3.2. Duvar çeşitleri; a) Moloz taş duvar, b) Kaba yonu taş duvar	10
Şekil 3.3. Yığma duvarlarda meydana gelen normal gerilmeler ve kayma gerilmeleri .	11
Şekil 3.4. Kemer tipleri; a) Düz kemer, b) Basık kemer, c) Üst çizgisi olan kemer, d) Sivri kemer, e) Dar açılı taş kullanılmadan yapılan kemer	12
Şekil 3.5. Kemerin çeşitli bölümlerinin isimleri.....	13
Şekil 3.6. Kagir tonoz modelleri ve yük aktarımı; a) Tek tonoz, b) Çoklu tonoz, c) Enine tonoz (normal), d) Enine tonoz (paralel), e) Haçvari tonoz, f) Çoklu haçvari tonoz	14
Şekil 3.7. Kubbede basınç ve çekme bölgeleri	15
Şekil 3.8. Kubbe etrafında konumlanmış payandalar	15
Şekil 4.1. Koordinat düzleminde yön kabulleri	19
Şekil 4.2. Katı (Solid) elemanda koordinat ve gerilmeler	19
Şekil 4.3. Kabuk (Shell) eleman işaret ve yönleri	20
Şekil 5.1. Cacabey Medresesi planı	24
Şekil 5.2. Cacabey Medresesi kesiti	24
Şekil 5.3. Cacabey Medresesi plan şeması	25
Şekil 6.1. Cacabey Medresesi rölöve çalışması	44
Şekil 6.2. Cacabey Medresesi 3 boyutlu modeli.....	45
Şekil 6.3. Cacabey Medresesi sonlu elemanlar modeli aşamaları	46
Şekil 6.4. Cacabey Medresesi sonlu elemanlar modeli.....	47
Şekil 6.5. Orta Anadolu Bölgesi'nin ana yapısal unsurlarını gösteren harita	54
Şekil 7.1. Yapının düşey yükler altında deformasyon şekli.....	56
Şekil 7.2. Düşey yükler altında kemer ve kubbe elemanı deformasyon şekli; a) Kemer elemanı, b) Kubbe elemanı	57

Şekil	Sayfa
Şekil 7.3. Düşey yükler altında minare elemanı deformasyon şekli.....	58
Şekil 7.4. Düşey yükler altında S11 gerilme diyagramı (G+Q+S); a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş d) Yan görünüş	59
Şekil 7.5. Düşey yükler altında S22 gerilme diyagramı (G+Q+S); a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş d) Yan görünüş	60
Şekil 7.6. Düşey yükler altında gerilmelerin en fazla olduğu yerler (G+Q+S); a) Kemer elemanı, b) Tonoz elemanı	61
Şekil 7.7. Düşey yükler altında minare gerilme diyagramı (G+Q+S); a) S11 gerilmeleri, b) S22 gerilmeleri.....	62
Şekil 7.8. Mod 6, Y yönünde en fazla katılım olan mod $T=0,18622$, $f=5,37011$	66
Şekil 7.9. Mod 7, X yönünde en fazla katılım olan mod $T=0,14926$, $f=6,69987$	66
Şekil 7.10. Mod 1: Minarenin Y doğrultusunda yanal hareketi, $T=1,47177$; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş	67
Şekil 7.11. Mod 2: Minarenin X doğrultusunda yanal hareketi, $T=1,45585$; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş	67
Şekil 7.12. Mod 6: Ana yapının Y doğrultusunda yanal hareketi, $T=0,18622$; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş	68
Şekil 7.13. Mod 7: Ana yapının X doğrultusunda yanal hareketi, $T=0,14926$; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş	68
Şekil 7.14. Mod 9: Ana yapının X doğrultusunda yanal hareketi, $T=0,13188$; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş	68
Şekil 7.15. Mod 12: Ana yapının Y doğrultusunda yanal hareketi, $T=0,27488$; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş	69
Şekil 7.16. Yatay yükler altında X aksı deformasyon davranışı.....	76
Şekil 7.17. Yatay yükler altında Y aksı deformasyon davranışı.....	76
Şekil 7.18. Yatay yükler altında minare deformasyon davranışı	77
Şekil 7.19. (0,9G+1,0Ex+0,3Ey) S11 gerilmeleri Mpa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş d) Yan görünüş	78
Şekil 7.20. (0,9G+1,0Ex+0,3Ey) S22 gerilmeleri Mpa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş d) Yan görünüş	80

Şekil	Sayfa
Şekil 7.21. (0,9G+1,0Ey+0,3Ex) S11 gerilmeleri Mpa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş d) Yan görünüş	82
Şekil 7.22. (0,9G+1,0Ey+0,3Ex) S22 gerilmeleri Mpa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş d) Yan görünüş	84



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiş Küçük Mustafa Paşa Hamamı; a) Perspektif, b) Üst görünüş.....	17
Resim 5.1. Cacabey Medresesi kuşbakışı.....	21
Resim 5.2. Cacabey Medresesi	22
Resim 5.3. Cacabey Medresesi taç kapısı	22
Resim 5.4. Cacabey Medresesi ışıklık	25
Resim 5.5. Medrese avlusunda bulunan kuyu.....	26
Resim 5.6. Kümbetin orta bölümüne çıkan merdiven	26
Resim 5.7. Kümbetin mezar mahzeni bölümü	27
Resim 5.8. Medrese bitişiğinde bulunan kümbet birimi	28
Resim 5.9. a) Z07 hücresi, b) Z07 hücresine ait demir kapı	29
Resim 5.10. a) Medrese ana eyvanı, b) Medrese ana eyvanında bulunan mihrap elemanı.....	29
Resim 5.11. Medrese Z14 eyvanı.....	30
Resim 5.12. Z15 hücre giriş kapısı	30
Resim 5.13. Mahfil katına çıkan merdiven	31
Resim 5.14. a) Mahfil katı iç görünüş, b) Avludan görülen mahfil katı balkonu	31
Resim 5.15. Cacabey Medresesi kuzey cephesi.....	32
Resim 5.16. Cacabey Medresesi batı cephesi	33
Resim 5.17. Cacabey Medresesi doğu cephesi	33
Resim 5.18. Cacabey Medresesi güney cephesi	34
Resim 5.19. a) Cacabey Medresesi minaresi, b) Minare kaidesi	35
Resim 5.20. a) Medresenin kesme taştan oluşturulmuş batı duvarı, b) Medresenin moloz taştan oluşturulmuş doğu duvarı	36
Resim 5.21. Medrese içerisinde yer alan kemer elemanları.....	36

Resim	Sayfa
Resim 5.22. Medrese ana kubbesi	37
Resim 5.23. Medrese üstten görünüş	37
Resim 5.24. a) Kubbeye geçişi sağlayan pandantif elemanları, b) Kare plandan piramidal külaha geçişi sağlayan üçgen elemanlar	38
Resim 5.25. Kuyuyu tespit etmek için yapılan çalışma	40
Resim 5.26. 1940’larda Cacabey Medresesi	40
Resim 5.27. 1950’lerde geçirdiği büyük onarım sonrası Cacabey Medresesi.....	41
Resim 5.28. 1950’lerde geçirdiği büyük onarım sonrası Cacabey Medresesi	41
Resim 5.29. 2020 yılına ait Cacabey Medresesi mevcut hali	42
Resim 7.1. Yapının bulunduğu zemine ait AFAD verileri	71
Resim 7.2. Cacabey Medresesi, Kırşehir ili deprem bilgisi	72
Resim 7.3. Tepki spektrumu fonksiyon tanımı	75

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 5.1. Cacabey Medresesi konumu	21
Harita 6.1. Türkiye deprem haritası	53



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem hareketi
DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem hareketi
DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem hareketi
DD-4	50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem hareketi
E_{duv}	Duvar elastisite modülü
E_m	Minare elastisite modülü
f_b	Standartlaştırılmış ortalama basınç dayanımı
$f_{b,min}$	Dik doğrultuda minimum basınç dayanımı
$f_{bh,min}$	Paralel doğrultuda minimum basınç dayanımı
f_d	Yığma duvar tasarım basınç dayanımı
f_k	Yığma duvar karakteristik tasarım basınç dayanımı
f_m	Harcın ortalama basınç dayanımı
f_{vd}	Duvar tasarım kesme dayanımı
f_{vk}	Duvar karakteristik kesme dayanımı
G	Sabit yük etkisi
G_{duv}	Duvar kayma modülü
g	Yerçekimi ivmesi
PGA	En büyük yer ivmesi
PGV	En büyük yer hızı
Q	Etkin hareketli yük
S	Etkin kar yükü
S_s	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S₁	1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı

Kısaltmalar**Açıklamalar****AASHTO**American Association of State Highway and
Transportation Officials**AFAD**

Afet ve Acil Durum Yönetimi

AF

Akpınar Fayı

CAD

Bilgisayar Destekli Tasarım

CAFZ

Orta Anadolu Fay Zonu

SAP

Structural Analysis Program

SF

Salanda Fayı

TBDY

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

TFZ

Tuz Gölü Fay Zonu

YFZ

Yıldızeli Fay Zonu

1. GİRİŞ

Kültür mirasımızın en önemli parçası olan tarihi yapıların korunması ve geleceğe güvenle devredilmesi 21. yüzyılın önemli mimarlık, mühendislik, araştırma ve uygulama konularının başında gelmektedir. Türkiye tarihi yapılar bakımından zengin bir ülkedir. Şimdiye kadar ayakta kalabilmiş ve günümüze ulaşabilmiş bu eserler, kültürümüzü yansıtan, bize geçmişimizi kanıtlayan birer belge niteliğindedir. Değerleri her geçen gün daha iyi anlaşılan ve korunması gerektiği konusunda ortak bir kanaata ulaşılan tarihi yapılar birçok çalışma alanında kendine yer bulmuş ve araştırılmıştır. Özellikle restorasyon ana bilim dalında büyük yer edinmiş ve görevli mimarlar/mühendisler aracılığıyla tasarım, uygulama, malzeme, restorasyon, restitüsyon, onarım gibi temel başlıklarda incelenmiştir.

Tarihi yapıların birçoğu dayanıklı malzeme nitelikleri ile olduğu kadar geometrik düzeni sayesinde de günümüze kadar ayakta kalabilmeyi başarmışlardır. Pena ve Parshall'a göre mimari tasarım; işlevsellik, taşıyıcılık ve estetik değişkenlerini içinde barındıran bir deneme-yanılma sürecidir. Tarih boyunca bu süreç, her dönemde farklı şekilde ilerlemiştir. Fakat ortak nokta olarak mimari tasarım; yapılacak olan yapının çeşitli özelliklerinin kararlaştırıldığı ve binanın yapısal davranışını etkileyen bina özelliklerine dair tercihlerin yapıldığı aşamadır [1]. Tarihi yapılar ölçeğine bakıldığında çoğu tarihi yapının karmaşık ve düzensiz bir geometriye sahip olduğu söylenebilir. Bu durum ise yapıların gelecek nesillere aktarılmasında meslek adamlarının yapacakları çalışmalarda daha detaylı olmasını gerektirmektedir.

Mimarlık alanında, günümüzde inşa edilen yapılar için en fazla 70-80 yıl yapı ömrü ön görülürken asırlar boyunca ayakta kalmayı başarmış tarihi yapıların araştırılması büyük önem teşkil etmektedir. Bu noktada yapıların karmaşık geometrileri disiplinler arası bir çalışma ile ele alınmalıdır. Mimarların yapılar üstünde alacakları kararların en başında yapının mevcut durum ve mevcut yapısal performansı hakkında fikir yürütebilmesi gerekmektedir.

Tarihi yapılar birçok farklı dış etkiye maruz kalmakta ve gün geçtikçe yıpranmaktadır. Bu durum tarihi yapılar için büyük risk teşkil etmekte ve tarihi yapıları korumak için alınacak önlemleri artırmaya yönelik olarak dikkat çekmektedir. Alınacak önlemler için öncesinde

yapıya dair bir analiz yapılması gerekmektedir. Yapılacak bu analizler neticesinde gerekli onarım ve güçlendirmeler yapılmalı, yapı orijinali bozulmadan taşıyıcı sistemi yenilenmelidir.

Gelişen teknoloji ve bilgisayar yazılımları sayesinde yapıların strüktürel analizini yapmak, farklı yük koşulları altında meydana gelebilecek davranış değişikliklerini tespit etmek ve yapı elemanlarında oluşan deformasyonları belirlemek mümkündür. Özellikle bilgisayar analizlerinden elde edilen grafikler, yapının yapısal performansı hakkında yorum yapma olanağı sağlamakta ve yapının davranışının doğru bir şekilde anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır.

Yapılan bu çalışmada Kırşehir ili Merkez ilçesinde bulunan Cacabey Medresesi incelenmiştir. 1272 yılında yapımı tamamlanan medrese yaklaşık olarak 750 yıldır hizmet vermektedir. Anadolu Selçuklu dönemi yapısı olan medresede o yıllarda matematik, fen ve astronomi ilimleri öğretilmektedir. Ayrıca Cacabey Medresesi'nin Anadolu'nun ilk rasathanesi olduğu düşünülmektedir. Günümüzde cami işlevi ile kullanımına devam edilen medrese aynı zamanda Kırşehir Belediyesi'nin ve şehrin sembolü haline gelmiştir. Dolayısıyla şehir için büyük bir öneme sahip olan bu medresenin korunması ve gelecek nesillere aktarılması için yapılacak her türlü çalışma ayrı bir önem kazanmaktadır.

Tez çalışması kapsamında;

Birinci bölümde tarihi yapıların öneminden ve maruz kaldıkları tehlikelerden bahsedilmiştir. Çalışmanın amacı ve önemi vurgulanmış, kapsamı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde çalışmaya ışık tutacak ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Faydalı görülen çalışmalara değinilmiştir.

Üçüncü bölümde tarihi yığma yapılara ait yapısal elemanların tanımı yapılmış, teknik özelliklerinden bahsedilmiş ve yapısal davranış prensipleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde çalışma kapsamında kullanılan sayısal modelleme yöntemi olan sonlu elemanlar yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Yöntemi kullanırken izlenen yoldan ve yöntemin sağladığı kolaylıklardan bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde alan çalışması hakkında bilgi verilmiştir. Çalışılan yapının tarihçesi, mimari özellikleri, taşıyıcı sistem ve malzeme bilgileri ve geçirdiği onarımlardan bahsedilmiştir.

Altıncı bölümde analizi yapılacak yapının modelleme aşaması ve model özellikleri anlatılmıştır. 2018 deprem yönetmeliği üzerinde durulmuş, analizde kullanılan malzemelerin ve analizin hesap parametreleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca yapının bulunduğu bölgenin deprem özellikleri ve zemin durumu incelenmiş ve gerekli bilgiler aktarılmıştır.

Yedinci bölümde hazırlanan sonlu elemanlar modeli üzerinde gerçekleştirilen statik ve dinamik analizler ile yapının düşey ve yatay yükler altındaki davranışı incelenmiştir.

Son bölümde ise önceki bölümlerde elde edilen veriler ve analizler değerlendirilmiş ve yapının dış yükler karşısında sergilediği performans irdelenmiştir.

Cacabey Medresesi bugüne kadar birçok kez restore işlemi görmüştür. Fakat literatürde herhangi bir sayısal modellemesine ulaşılammıştır. Bu çalışma ile yapının sayısal modellemesi literatüre kazandırılmıştır. Ayrıca bu çalışma, restore edilecek yapılar hakkında koruma ve güçlendirme yöntemleri belirlenmeden önce gerekli analizlerin yapılmasının ve elde edilen sonuçlar ışığında hareket edilmesinin önemine dikkat çekmektedir. Böylece tarihi yapılar üzerinde yapılan onarım çalışmalarından daha kalıcı sonuçlar alınması sağlanacaktır.

Cacabey Medresesi inşa edildiği tarihten bu yana irili ufaklı birçok deprem atlatmıştır. Bu depremler içerisinde en büyüğü 1938 yılında meydana gelen Akpınar köyü merkezli Kırşehir depremidir. 6,6 büyüklüğündeki deprem birçok binanın yıkılmasına sebebiyet verirken Cacabey Medresesinde de hasar meydana getirmiştir. Bina, 750 yıllık kullanım süresince gerçekleşen depremleri yıkılmadan atlatmış olmasına rağmen yapılan çalışma ile binanın gelecekte olabilecek depremlere karşı performansının incelenmesi hem kamu

yararı hem de tarihi binaların deprem performansının incelenmesi konusunda ilgili akademik araştırmalara katkı sağlayacağı düşünölmüştür.

Bu alışmada, Tarihi Cacabey Medresesinin mevcut durumuna göre güvenli olup olmadığı incelenecektir. Yaklaşık 750 yıldır hizmet veren bu yapıda herhangi bir deprem etkisiyle meydana gelebilecek gerilmeler, hasarlar hakkında bilgi edinilecek ve böylece elimizde bulunan tarihi değerleri kaybetmeme ve gelecek nesillere ulaştırılması açısından çözüm önerileri sunacak bir çalışma olacaktır.

Bu alışma genel olarak bir tarihi yapının nasıl incelenmesi ve yapısal olarak nasıl analiz edilmesi gerektiğine dair ışık tutmaktadır. Benzer özellikte olan tarihi yapılara da örnek olması amacıyla tarihi bir yapının koruma ve güçlendirme önerileri belirlenmeden önce yapılması gereken analiz safhasını ele almaktadır. Ayrıca bu çalışmada mimarlık disiplini için düzensiz geometriye sahip tarihi bir yapı üzerinden yapısal davranış analizi yapmak ve farklı çalışma prensiplerine sahip elemanlardan oluşan tarihi yapıların yapısal performansının yorumlanabilmesinin mimarlar tarafından kolaylıkla kavranabilmesini sağlamak amaçlanmıştır. Bu ve bunun gibi çalışmalar her yapı için özel olarak yapılmalı ve sonuçları en hassas şekilde yapıya yansıtılmalıdır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Tarihi yapıların yapısal davranışı konusu çoğunlukla mühendisler yönünden ele alınmış olsa da yapısal performans bir restorasyon projesinin temelini oluşturmaktadır. Bu sebeple kaynak araştırmasında tarihi yapıların sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan statik ve dinamik analiz çalışmaları özellikle mimarlık disiplinine ışık tutması amaçlanarak incelenmiş, ara kesitteki bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Timur 2001 yılında yaptığı çalışmasında yığma yapılarda meydana gelen hasar türleri ve nedenleri üzerinde durmuş onarım ve güçlendirme yöntemlerinden bahsetmiştir. Güçlendirme yöntemlerinden biri olan sismik yalıtım tekniğini ayrıntılı olarak incelemiştir. SAP2000 programı kullanarak modellediği Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii'nin 1999 Marmara depremine ait iki ivme kaydı kullanarak titreşim analizini yapmış ve sonuçlar neticesinde önerilerde bulunmuştur [2].

Akan ve Özen, 2005 yılında yaptıkları çalışmalarında Bursa'da bulunan Yeşil Türbe tarihi yapısını incelemişlerdir. SAP2000 bilgisayar programı kullanarak hazırladıkları sonlu elemanlar modeli üzerine tepki spektrumu aracılığıyla deprem yükü uygulamışlar ve çıkan sonuçları; grafikler üzerinden yorumlamışlardır. Elde ettikleri sonuçların Yeşil Türbe'nin dayanımının artırılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir [3].

Yılmaz, 2006 yılında Sakarya ili Sapanca ilçesinde yer alan Rahime Sultan Camii'ye ait deprem davranışını incelemek ve gerekli onarım tedbirlerini belirlemek amacıyla tez çalışmasını oluşturmuştur. Çalışmada camiye ait mevcut durum ortaya konularak sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır. Meydana gelen model üzerinden sayısal çözümlemeler yapılmış ve yapıda meydana gelen basınç ve çekme gerilmelerinin risk teşkil etmediği gözlemlenmiştir [4].

Dabanlı, 2008 yılında yaptığı çalışmasında tarihi yığma yapıların malzeme özellikleri, yapı elemanları ve malzeme üzerine yapılan testleri hakkında bilgiler vermiş, alan çalışması olarak belirlediği Hırka-i Şerif Camii'nin üç boyutlu modelini oluşturarak SAP2000 programı üzerinden statik ve dinamik analizlerini gerçekleştirmiştir. Analiz çalışmalarının sonuçları neticesinde güçlendirme önerilerinde bulunmuştur [5].

Bağbancı, 2009 yılında tarihi yığma yapıların sonlu elemanlar yöntemi ile analiz çalışmasını Bursa Ördekli Hamamı örneği üzerinden incelemiş, hamam yapısının üç boyutlu modelini oluşturarak yaptığı dinamik ve statik analizler sonucunda yapının performansını değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yapının doğu-batı yönünde etki edecek bir deprem hareketi ile yıkılma tehlikesi içerdiği tespit edilmiştir [6].

Ertek 2010 yılında yapmış olduğu çalışmasında Osmanlı dönemi minarelerinin malzeme özelliklerini ve inşa edildikleri dönemin yapı teknolojisini araştırmıştır. Sonlu elemanlar tekniği kullanarak modellediği birçok farklı minare örneğini karşılaştırmış ve minarelerin sahip oldukları farklı malzemelerin ve mesnet tiplerinin minare dayanımına etkisini değerlendirmiştir [7].

Şeker, 2011 yılında hazırladığı çalışmasını 3 bölümde tamamlamıştır. Birinci bölümde Mimar Sinan'a ait mimari yapımların tekniklerinden, kullanılan malzemelerden ve bunların özelliklerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde Mimar Sinan'a ait 28 caminin üç boyutlu modelleri hazırlanarak statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Üçüncü bölümde ise yapılan analizler üzerinden sonuç ve önerilerde bulunulmuştur [8].

Dabanlı, 2016 yılında yaptığı doktora çalışmasında Nur-u Osmaniye Camii'ni konu edinmiştir. Öncelikle yapının mimari özellikleri ve taşıyıcı sistemi hakkında bilgi vermiş ardından yapının yaşadığı depremlerden ve geçirdiği onarımlardan bahsetmiştir. Sonrasında yapıdan aldığı numuneler neticesinde yapı malzemesinin fiziki, kimyevi ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Elde ettiği sonuçlar ile hazırladığı sonlu elemanlar modeli üzerinde yapının düşey ve yatay yükler altında davranışını incelemiştir. Sonuç olarak çalışma verileri ışığında yapının korunabilmesi ve gelecek yıllara özgün bir şekilde aktarılabilmesi için önerilerde bulunmuştur [9].

Durutürk 2012 yılında yaptığı çalışmasında Isparta ili Yalvaç ilçesinde bulunan tarihi Hamidiye Camii'nin üç boyutlu modelini oluşturarak SAP2000 programı ile statik ve dinamik analizini hesaplamıştır. Yapıya ait taşıyıcı sistemin yapısal olarak davranışını tespit etmiştir. Hamidiye Camii'nin bugüne kadar ayakta kalabilmiş olmasının ardındaki sebepler olarak yapının rijit taş duvarları, kat yüksekliğinin az olması ve üst örtüsünün ahşaptan yapılmış olması kanısına varılmıştır [10].

Can, Kubin ve Ünay, 2012 yılında hazırladıkları çalışmada düzensiz geometrik şekle sahip olan tarihi yığma yapıların dış yükler altında davranışını, İstanbul ili Fatih ilçesinde bulunan Küçük Mustafa Paşa Hamamı üzerinden incelemiştir. Yapıya iki ayrı yükleme durumu uygulanmıştır. Bunlardan ilki sabit yükler ikincisi deprem yükleridir. Yapılan analizler sonucunda yapının deprem altındaki performansı değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda Küçük Mustafa Paşa Hamamı'nın taşıyıcı elemanlarında basınç ve kayma gerilmesi değerlerinin aşılmadığı gözlemlenmiştir. Çekme gerilmesi değerlerinin ise sadece boşluk köşelerinde ve duvar alt köşe bölgelerindeki küçük alanlarda aşıldığı tespit edilmiştir [11].

Baran 2015 yılında yaptığı çalışmasında taşıyıcı sistem elemanlarından biri olan tonoz elemanının farklı geometrik şekillere sahip olması neticesinde yapısal dayanıma etkileri üzerinde durmuştur. Bu amaç kapsamında belirlediği örnek çalışma olan Diyarbakır İç Kale Camii'nin SAP2000 yöntemi ile üç boyutlu modelini hazırlamış ve çeşitli yükler altında yapının performansını değerlendirmiştir. Bu değerlendirmeler neticesinde tonoz elemanların yapısal davranışı belirlenirken tonozları taşıyan yapısal elemanların da dikkate alınması gerektiğine değinmiştir [12].

Aslan, 2016 yılında yaptığı çalışmasında Mimar Sinan'ın en önemli eserlerinden biri olan Süleymaniye Camii'nin üç boyutlu modelini sonlu elemanlar yöntemini kullanarak hazırlamış ve farklı karakterdeki depremler ile zemine bağlı olarak elde edilen deprem kayıtlarının tesiri altında yapının davranışını incelemiştir. Analizler sonucunda yapının deprem yüklerine karşı sergileyeceği davranış tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Süleymaniye Camii'nin düşey ve yatay yükler karşısında sergilediği performans iyi düzeydedir ve risk teşkil etmemektedir [13].

Antep 2018 yılında yaptığı çalışmasında Ahlat ilçesinde bulunan tarihi eserlerin analizinden önce bölgenin jeolojisi ve depremselliği hakkında bilgi vermiş, Ahlat taşının genel özellikleri bildirilmiş ve eserler hakkında bilgiler verilmiştir. Seçilen farklı türdeki eserler, sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmiş ve bu yapıların deprem analizleri gerçekleştirilmiştir. Sismik davranışları belirlenerek gerekli önerilerde bulunulmuştur [14]. Aşık 2018 yılında Konya ilinde bulunan 13.yy. Selçuklu yapısı olan Zenburi Mescidi'ni yapısal olarak incelemiştir. Yapıya ait taşıyıcı sistem, kullanılan malzemelerin durumu, yapının geçirdiği hasar ve onarımlar, güncel durum tespiti ve uygun onarım güçlendirme

önerileri tartışılmıştır. Çalışma sonuçları neticesinde yapının düşey ve kesme gerilmelerine karşı dayanımında bir sorun bulunmadığı yatay gerilmeler karşısında ise güvenlik sınırına yaklaştığı gözlemlenmiştir [15].

Özdemir, 2018 yılında yaptığı çalışmasında genel olarak tarihi yapıların özellikleri üzerinde durmuş, yapısal modelleme tekniklerinden bahsetmiş ve muhtemel bir deprem etkisi altında yapıda meydana gelebilecek hasar türleri hakkında bilgi vermiştir. Ardından örnek çalışması olan ve Patara bölgesinde yer alan Antik Kent Tiyatro'sunun bilgisayar ortamında yapısal modellemesini gerçekleştirmiş ve bu model üzerinden analiz çalışmalarını tamamlamıştır. Elde ettiği analiz sonuçları neticesinde yapının zayıf yönlerini ve olası hasar bölgelerini tespit etmiştir. Böylece yapının ileride geçireceği olası restorasyon çalışmalarına yardımcı olunmak istenmiştir [16].

Uray 2018 yılında yaptığı çalışmasında Bursa ili, İznik ilçesinde yer alan İznik Yeşil Camii'nin statik ve dinamik analizler ışığında yapısal davranışını tespit etmeye çalışmıştır. Yapıya ait malzeme özelliklerini tespit edebilmek amacıyla tahribatsız ve laboratuvar ortamında yapılan test çalışmaları yapmıştır. Elde ettiği veriler ile hazırladığı sonlu elemanlar modeli üzerinde yapının yatay ve düşey yükler altında davranışını gözlemlemiştir. Yapılan analizler neticesinde yapının olası hasar bölgelerini tespit etmeye çalışmıştır [17].

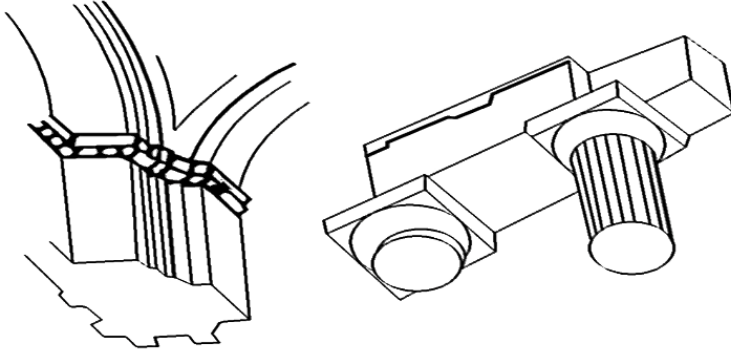
Yazgan ve Ünay 2019 yılında, Bursa Yenişehir'de yer alan 16. yüzyılın ikinci yarısına tarihlenen Sinan Paşa Külliyesi'ne ait imaret bölümünün yapısal davranışını incelemiştir. İnsan kaynaklı müdahale ve eklentilerin yapısal performansta meydana getirdiği değişiklikler yapının sayısal modeli üzerinden analiz edilmiştir. İncelenen yapının dışarıdan bir müdahaleye maruz kalmadığı takdirde deprem etkisi ve diğer yükler karşısında dayanıklı olacağı görülürken alacağı bir hasar veya müdahale durumunda göçme riski yaşayabileceği gözlemlenmiştir [18].

3. TARİHİ YIĞMA YAPI VE YAPISAL ELEMANLARI

Tarihi yapıların anlaşılabilmesi için yapıyı oluşturan elemanların doğru bir şekilde kavranması oldukça önemlidir. Çoğunlukla taş ve tuğla malzemenin kullanılmasıyla inşa edilen ve basınç karşısında dayanıklı olan tarihi yığma yapıların taşıyıcı sisteminin asıl görevi, üzerlerine etki eden yükleri zemine aktarabilmektir. Bu noktada düşeyde sütun ve duvarlar yatayda ise kubbe, tonoz, kemer ve döşeme elemanları en temel yapı elemanlarıdır. Bahsi geçen elemanların tanımları, temel özellikleri ve kuvvetler karşısındaki davranışlarının ele alındığı bu bölüm, çalışma kapsamında incelenen yapının daha iyi anlaşılabilmesi için önemlidir. Burada incelenen bileşenler çalışma kapsamında ele alınan medrese yapısının formunu oluşturmaktadır.

3.1. Sütun ve Ayaklar

Örtü elemanına gelen yükleri tekil bir biçimde zemine ileten yapı elemanlarıdır. Biçimlerine göre sütun veya ayak olarak adlandırılırlar (Şekil 3.1). Ayaklar; yatay kesit olarak sütunlara göre daha geniş olan taşıyıcı elemanlardır [19].



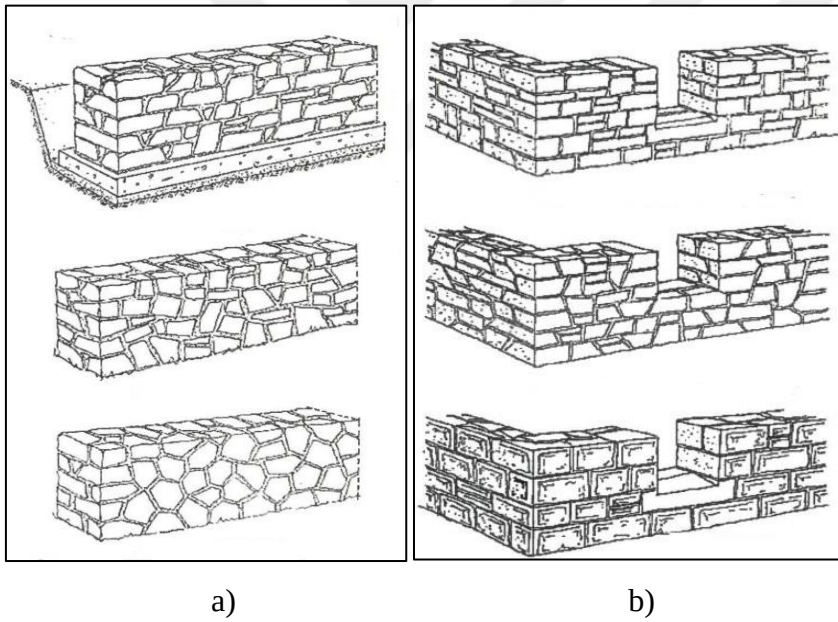
Şekil 3.1. Ayak ve sütun [20]

Sütunlar genellikle kare, çokgen veya daire kesitlidir. Tek parça şeklinde veya birden fazla taş bloktan oluşan düşey eksen yapı elemanlarındandır. Ayaklar ise enine kesitinin sütunlarınkinden geniş olmasıyla birlikte; duvara benzer şekilde örülmüş olan düşey taşıyıcılardandır. Mekân örtüsünden iletilen yüklerin iletilme biçimine göre karmaşık bir formda biçimlenirler.

Sütun ve ayaklar basınca çalışan yapı elemanlarıdır. Yekpare bir şekilde oluşturulabilen bu elemanlar; birkaç blok mermer, taş ya da granit malzemenin merkezi pimlerle bağlanması sonucu da oluşturulabilirler [21].

3.2. Duvar

Duvarlar mimari mekânı tanımlayan, mekân örtüsünden, deprem ve rüzgâr gibi dış etkilere gelen yükleri zemine ileten düşey elemanlardır [22]. Tarihi yığma yapılarda duvar elemanları; moloz taş, kesme taş, kaba yonul taş, tuğla veya taş ve tuğlanın alması olarak dizilmesi ile elde edilmektedir. Yatay ve düşey yüklere karşı bir bütün halinde çalışması amaçlanan duvar elemanı birbirlerine harç, kenet ve hatıllarla bağlanmaktadır. Şekil 3.2’de farklı tekniklerle örülmüş yığma taş duvar çeşitleri örneklenmiştir.



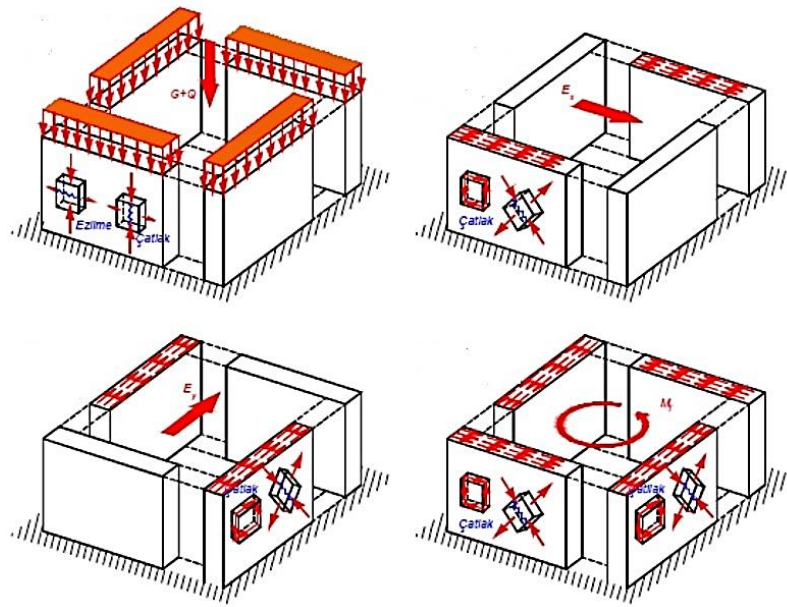
Şekil 3.2. Duvar çeşitleri; a) Moloz taş duvar, b) Kaba yonul taş duvar [23]

Üst örtüden gelen eğik yükler ile yatay deprem yükleri, duvar elemanlarının kalınlıklarının geniş bir şekilde inşa edilmelerine neden olmaktadır. Duvar boyutlarının bu denli kalın olmasındaki amaç çekme gerilmelerini en aza indirgeyerek basınç gerilmelerini artırmaktır. Açılan pencere boşlukları ile zayıflayan duvar elemanı, payandalar veya ağırlık kuleleri ile güçlendirilmektedir [24].

Yığma yapılarda bulunan duvar elemanları, taşıyıcı ve bölücü olarak adlandırılmaktadır. Bölücü duvarların yük taşımadığı kabul edilse de her iki duvar da kesişim noktalarında taşıyıcı eleman olarak değerlendirilmektedir [25].

Doğal taş veya tuğlaların kullanılması ile elde edilen bloklar, yatayda düzgün bir biçimde dizilirken malzemeler arası kot farkının olmamasına ve derzlerin şaşırtılmasına dikkat edilmelidir [26]. Aksi takdirde bütünlük bozulacak ve yapı gerekli basınç dayanımını sergileyemeyecektir.

Duvar elemanları; basınç altında çalışan ve çekme gerilmelerine karşı dayanıksız yapı elemanlarıdır. Duvar elemanlarının en kesitlerinde oluşan gerilmeler, birbirlerine eşit veya yakın değerlerde olmalıdır. Bir bütün halinde davranabilmeleri için bağlantı elemanları ile birleşimleri sağlanmalıdır [27].



Şekil 3.3. Yığma duvarlarda meydana gelen normal gerilmeler ve kayma gerilmeleri [28]

Şekil 3.3. de düşey ve yatay yüklerin duvar elemanına nasıl bir şekilde etki ettiği ve bu yükler altında duvar elemanın sergileyeceği davranışlar ve olası hasar durumları gösterilmiştir.

3.3. Döşeme

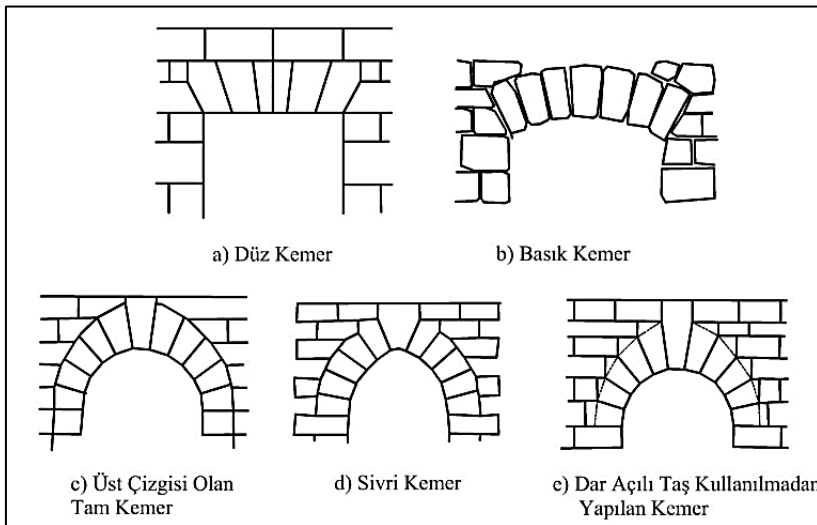
Döşeme elemanı, yapının oturduğu zemini kapalı alandan, iki katı birbirinden ya da yapının en üst katını dış alandan ayıran yapı elemanıdır. İnşa edildiği yapı malzemesinin cinsine göre adlandırılır [10].

Döşemeler, çerçeve yapı sistemlerindeki yüzeysel elemanlardır. Tarihi yapılarda kubbe, tonoz, pendentif elemanları olarak karşımıza çıkan bu yüzeysel elemanlar yapının formunu belirlemektedirler [29].

Döşeme elemanı düşey yükler altında yapı davranışında pek etkili olmaz fakat deprem gibi yatay etkiler sırasında diyafram özelliği göstererek yük aktarımını sağlamaktadır. Zira döşemenin olmadığı ya da döşeme içerisinde boşluk açıldığı takdirde planda düzensizlikler meydana gelir ve yük aktarımında yapının davranışını olumsuz etkiler [29].

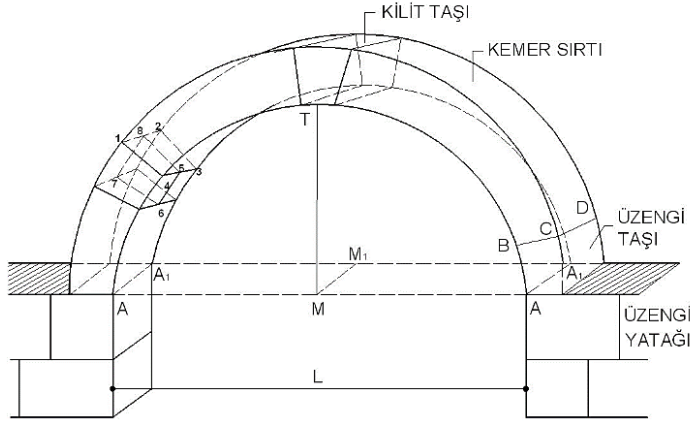
3.4. Kemer

Kemer elemanı, açıklık geçmek için kullanılan eğrisel forma sahip yapı elemanıdır. Bu açıklık iki duvar arası, iki sütun arası ve bir duvar bir sütun arası olmak üzere 3 farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Açıklık geçtiği yerlerde Şekil 3.4'te gösterildiği gibi farklı formlarda meydana gelirken aynı prensiple yüklerini duvar ve sütunlara aktarmaktadırlar.



Şekil 3.4. Kemer tipleri; a)Düz kemer, b)Basık kemer, c)Üst çizgisi olan kemer, d)Sivri kemer, e) Dar açılı taş kullanılmadan yapılan kemer [30]

Kemer elemanı; kilit taşı, üzenği taşı ve kemer taşları olmak üzere üç birimden oluşmaktadır. Üzenği taşı, kemerin başlangıç taşıdır. Kilit taşı, üzenği taşı ile arasında bulunan kemer taşlarını kilitleyen taşıdır. Kemerin düşey ekseninde bulunur. Kemer taşları ise yatayda üzenği taşı ile düşeyde kilit taşı arasında bulunan taşlardır (Şekil 3.5) [30].



Şekil 3.5. Kemerin çeşitli bölümlerinin isimleri [30]

Kemer elemanın esas görevi, üzerine gelen yükleri duvarlara ya da sütunlara aktarabilmektir [21]. Kemerler, üzerlerine gelen yükleri kilit taşından başlayarak kemer sırtına oradan mesnetlere iletmektedirler (Şekil 3.5). Mesnete taşınan yük, yatay ve düşey yüklerin bileşkesi olarak eğik bir şekilde gelmektedir [27].

Geniş açıklıkların kolonsuz ve sütunsuz geçilmesine olanak sağlayan kemerler; kerpiç, tuğla veya taş malzemeden inşa edilebilmektedir [27]. Kemerlerde kullanılan taş ve tuğla malzemenin basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük malzemeler olmalarından kaynaklı olarak kemer sistemi basınca çalışacak şekilde tasarlanmaktadır [10].

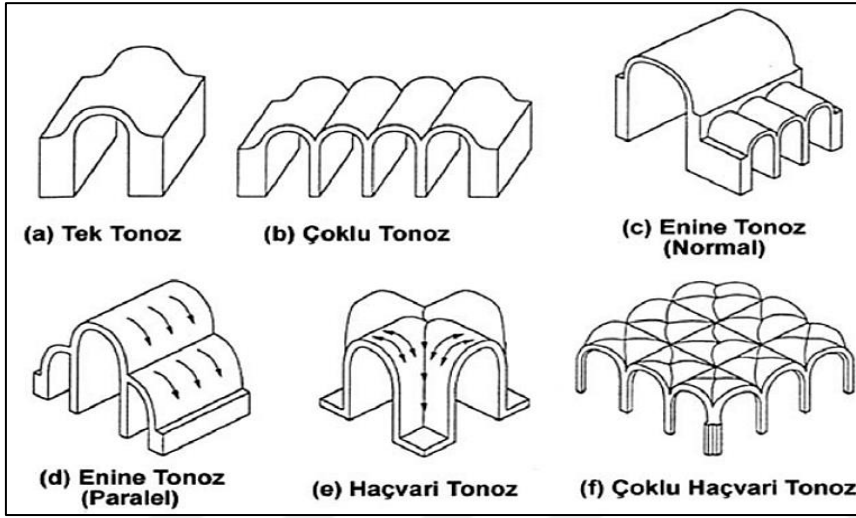
3.5. Tonoz

Tonoz, kemer elemanının kendi düzlemine dik doğrultuda ötelenmesi ile oluşan bir kabuk elemanıdır. Yük taşıma prensibi kemer elemanı ile benzerdir [29].

Tek ya da iki yönde eğime sahip olabilen tonoz elemanı genellikle dikdörtgen plan şemasına sahip mekanların örtülmesinde kullanılmaktadır. İlk olarak Mısır ve

Mezopotamya’da görülmüştür. Birbirinden bağımsız kemer elemanlarının art arda yerleştirilmesi ile meydana getirilmiştir [31].

Kendi ağırlığı ve kaplama yüklerine maruz kalan tonoz elemanının en kesitinde basınç gerilmeleri oluşmaktadır ve bu basınç tonoz malzemesi tarafından karşılanmaktadır. Tonoz mesnetlerinde meydana gelen bu yükler düşeyde duvarlar, yatayda ise kemerlerde olduğu gibi gergi ve payandalar ile taşınmaktadır [27].



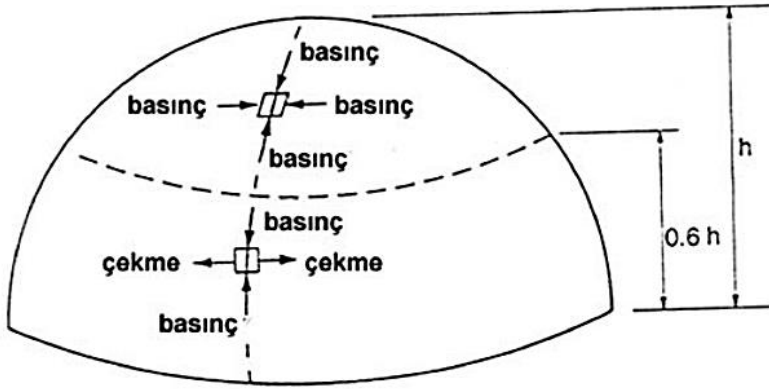
Şekil 3.6. Kagir tonoz modelleri ve yük aktarımı; a) Tek tonoz, b) Çoklu tonoz, c) Enine tonoz, d) Enine tonoz (paralel), e) Haçvari tonoz, f) Çoklu haçvari tonoz [21]

Şekil 3.6’da tonoz elemanın mekanları kapalı hale getirirken birçok farklı formda kullanılabildikleri ve düşeyde maruz kaldıkları yükleri zemine aktarma yönleri ifade edilmektedir.

3.6. Kubbe

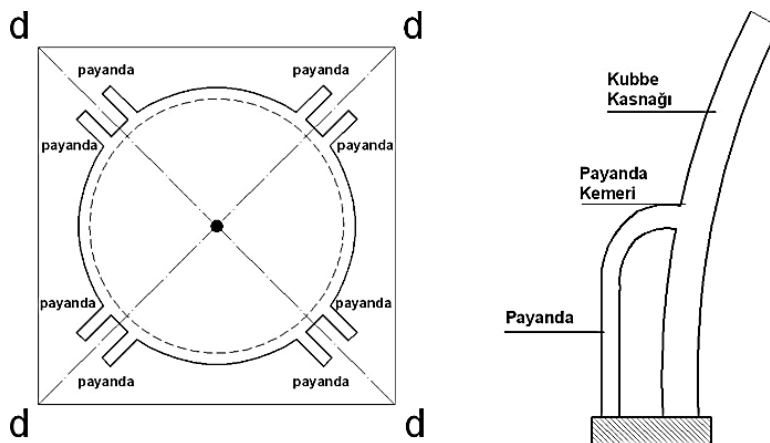
Kubbeler geniş açıklıkları örtmekte kullanılan yapı elemanlarıdır. Vatan’ın 2005 yılında yaptığı çalışmada kubbe tanımına yönelik detaylı açıklaması şu şekildedir; “Kubbeler yarım daire, elips, parabol gibi bir eğrinin bir eksen etrafında döndürülmesi ya da tonozların kesiştirilmesi ile oluşturulan eğrisel örtü elemanlarıdır. Dönel yüzeyle oluşturulan kubbe tabanları daire biçimindedir. Kare ya da dikdörtgen mekân üzerine düzenlenen daire tabanlı kubbelerde tonoz, pendentif, yarım kubbe, tromp, Türk üçgeni, konsollar gibi geçiş elemanları kullanılmıştır” [25].

Kubbenin oturduğu kısma kasnak adı verilir. Kubbe elemanı sürekli olarak basınç altında kalacağı varsayılarak inşa edilmektedir. Kasnak elemanı da bu basıncı devamlı kılan önemli bir öğedir. Kasnak elemanında yatay ekseninde dışa doğru bir kayma gözlenirken düşey doğrultuda çekme mevcuttur (Şekil 3.7) [26].



Şekil 3.7. Kubbede basınç ve çekme bölgeleri [21]

Yük aktarımı kubbenin en tepesinde bulunan kilit elemanından başlamaktadır. Devamında taş veya tuğla elemana aktarılarak çember kubbe tabanına iletilmektedir. Bu çember taban bazen silindirik bir kasnak ile son bulmaktadır. Kubbenin taban kısmına gelen yük yatay ve dikey bileşenler ile aktarılmaya devam etmektedir. Düşeyde kemer ve duvar gibi elemanlar ile yük zemine aktarılırken yatayda kubbe gergi elemanı ve payandalar ile desteklenmektedir (Şekil 3.8) [32].

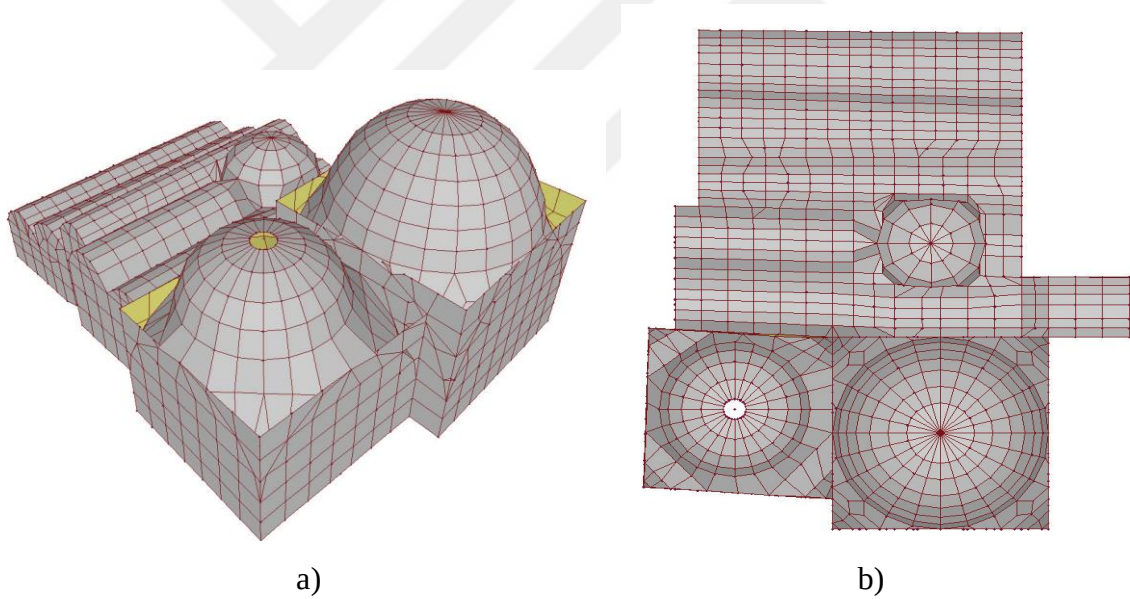


Şekil 3.8. Kubbe etrafında konumlanmış payandalar [26]



4. TARİHİ YIĞMA YAPILARIN YAPISAL ANALİZİ; SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

Sonlu elemanlar yöntemi bütün bir yapıyı sonlu sayıda parçalara bölerek statik ve dinamik yükler etkisindeki davranışını analiz etmemize yardımcı olan bir yöntemdir. Son yıllarda bilgisayar teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler daha kaliteli ve kapsamlı analiz programlarının yazılablmesini sağlamıştır. Özellikle karmaşık geometriye sahip yapılarda yardımcı olan bu programlar, yapıların belli yük ve etkiler karşısında sergileyeceği davranışları gerçeğe yakın bir şekilde sonuçlandırmaktadır. Tarihi yığma yapılar da karmaşık geometriye sahip yapılar arasında yer almaktadır. Bu yöntem tarihi yapıların analizinde tercih edilen bir yöntemdir. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmış bir tarihi yığma yapı örneği olarak Resim 4.1’de Küçük Mustafa Paşa Hamamı’na ait sonlu elemanlar modeli gösterilmektedir.



Resim 4.1. Sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiş Küçük Mustafa Paşa Hamamı; a) Perspektif, b) Üst görünüş [11]

Sonlu elemanlar metodu ile yapılan analizler birçok yük ve çevresel etki türlerine karşı yapıda meydana gelen yer değiştirmeleri, burulma ve eğilme momentlerini ve kesme kuvvetlerini hesaplayabilmektedir. Burada önemli olan hazırlanan matematiksel modelin hassasiyetidir. Zira analiz sonuçlarının doğruluğu buna bağlıdır [33].

Sonlu elemanlar yönteminde kullanılan bilgisayar programları, bünyesinde tanımlı olan malzemeler ve uluslararası yönetmelikler sayesinde sisteme etki eden kuvvetleri ve sistem boyutlandırmalarını kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Ayrıca programda tanımlı olmayan malzeme ve boyutlar da programa sonradan tanıtılarak gerçekçi çözümler elde edilebilmektedir.

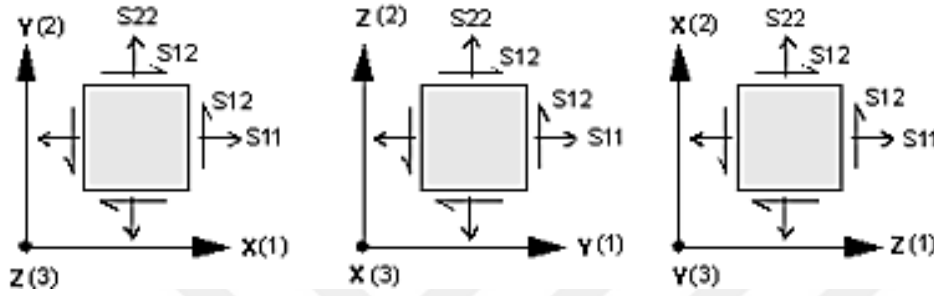
Sonlu elemanlar yöntemi ile hesap yapabilen programlara SAP2000, STAAD.Pro, Ansys vb. örnek gösterilebilir. Bu çalışmada SAP2000 programı tercih edilmiştir. Tuna'nın 2011 yılında yaptığı çalışmada yer alan tanımına göre "SAP2000, her türlü yapının sonlu elemanlar yöntemiyle lineer ve nonlineer, üç boyutlu statik ve dinamik çözümünü yapan ve boyutlandırmasına yardımcı olan analiz ve tasarım yazılım sistemidir." Bu program özellikle inşaat ve deprem mühendislerine yönelik hazırlanmış olsa da mimarların çalışmalarına da katkı sağlamakta ve yapı elemanlarının statik ve dinamik analizinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır [34]. SAP2000 programını kullanırken takip edilen yol şu şekildedir:

1. Yapının geometrisi, çubuk, kabuk veya katı elemanlar kullanılarak modellenir.
2. Yapıda kullanılan malzeme değerleri tanımlanır ve modele atanır.
3. Yapının mesnet özellikleri tarif edilir.
4. Yapının bulunduğu zeminin türü belirlenir ve programa tanıtılır.
5. Yapıya etki eden statik ve dinamik yükler ile bu yüklerin uluslararası yönetmeliklerde belirtilen katsayılarla çarpılarak yük kombinasyonları elde edilir ve programda tanımlanır.
6. Yapının belirlenen statik ve dinamik yükler altındaki davranışı analiz edilir ve yapıya etki eden kuvvet ve momentler belirtilir.
7. Belirlenen kuvvet ve momentler üzerinden yapının davranışı tespit edilir.

Karmaşık geometriye sahip düzgün olmayan yapıları kolaylıkla modelleyebilmesi, yapı elemanlarını istenilen sayıda ve şekilde parçalara bölerek hassas bir çalışma sağlayabilmesi ve farklı malzemeye sahip elemanların aynı sistem içerisinde kullanılmasına elverişli olması sonlu elemanlar yönteminin sağladığı kolaylıklar arasında gösterilmektedir. Ayrıca bu yöntem, program bünyesinde olmayan değerlerin yapıya sonradan tanıtılmasına ve kısa sürede kompleks yapıların analiz edilmesine de yardımcı olmaktadır.

4.1. Yön kabulleri ve İşaretler

Yapının modelinde kullanılan elemanlara ait gerilmelerin yönleri ve koordinatlar Şekil 4.1'de yer almaktadır. SAP2000 uygulamasının kabul ettiği değerler doğrultusunda katı ve kabuk elemanların yön kabulleri gösterilmektedir. Alınan bu değerler SAP2000 programından elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Koordinat düzleminde yön kabulleri [35]

S11: X yönünde gerilme

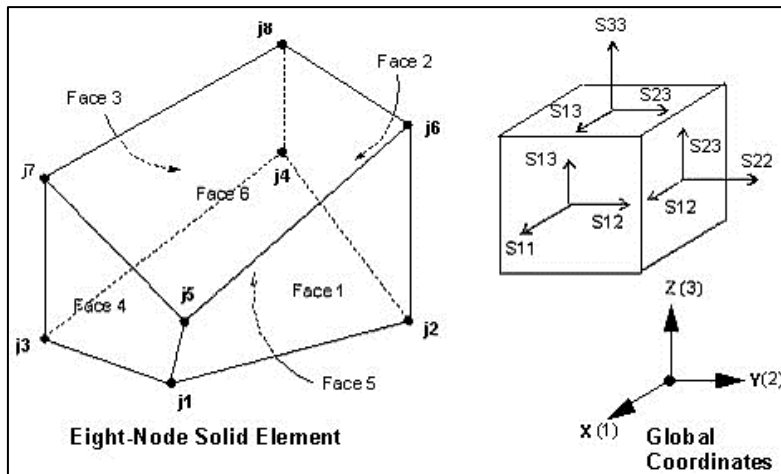
S22: Y yönünde gerilme

S33: Z yönünde gerilme

S12: X-Y düzleminde kayma gerilmesi

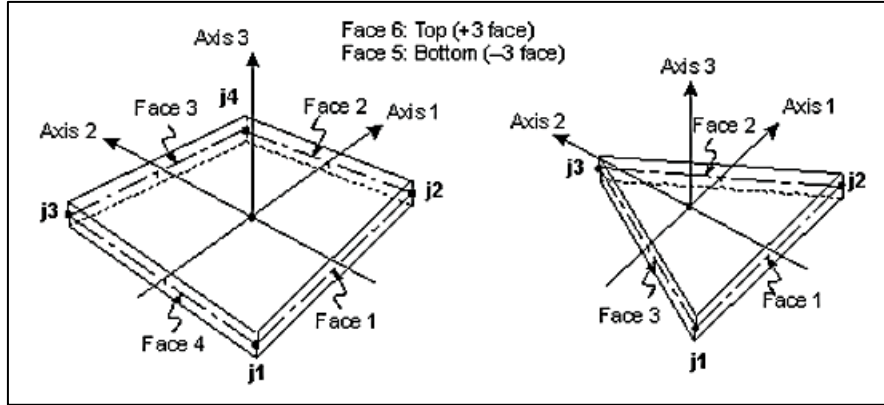
S13: X-Z düzleminde kayma gerilmesi

S23: Y-Z düzleminde kayma gerilmesi [13]



Şekil 4.2. Katı (Solid) elemanda koordinat ve gerilmeler [35]

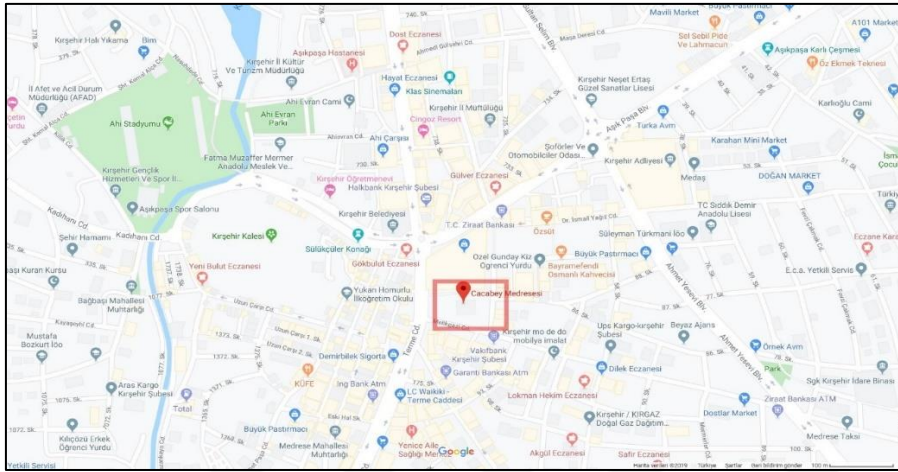
X, Y ve Z koordinatlarındaki gerilmelere sırası ile S_{11} , S_{22} ve S_{33} gerilmeleri denk gelmektedir. XY düzlemindeki kayma gerilmesi S_{12} gerilmesine tekabül ederken S_{23} gerilmesi YZ düzleminde kayma gerilmesine, S_{13} gerilmesi ise XZ düzleminde kayma gerilmesine denk düşmektedir. Şekil 4.2’de katı elemana ait, Şekil 4.3’te ise kabuk elemana ait yön kabulleri ve koordinat düzlemindeki aksları gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Kabuk (Shell) eleman işaret ve yönleri [35]

5. ALAN ÇALIŞMASI: CACABEY MEDRESESİ

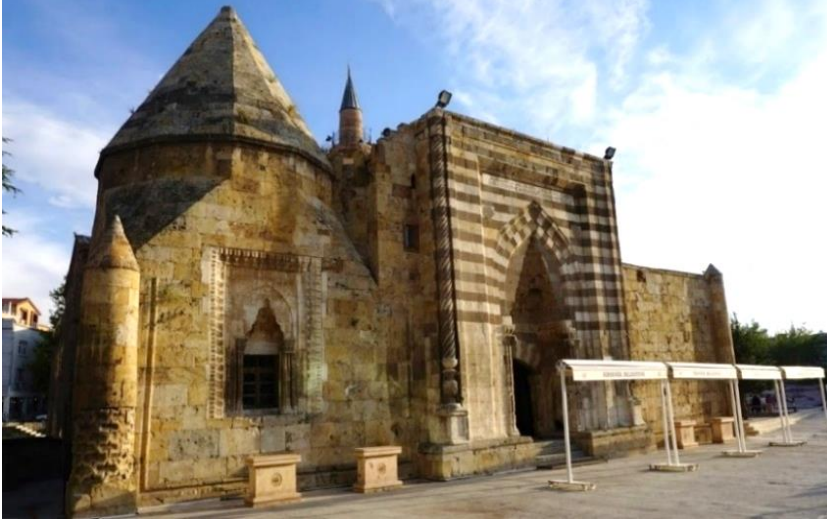
Cacabey Medresesi Türkiye'nin Kırşehir ili, Merkez ilçesi, Medrese mahallesinde yer almaktadır. Harita üzerinde 39°08'42.5"N 34°09'41.1"E koordinatlarına denk gelmektedir. Günümüzde bulunduğu konum itibarıyla şehrin meydan olgusunu bütünleyen önemli bir yere sahiptir. Medresenin şehir içerisindeki konumu Harita 5.1 ve Resim 5.1 üzerinden gösterilmektedir.



Harita 5.1. Cacabey Medresesi konumu



Resim 5.1. Cacabey Medresesi kuşbakışı



Resim 5.2. Cacabey Medresesi

Kırşehir ili içerisinde bulunan önemli tarihi eserlerin başında gelen Cacabey Medresesi 1272-1273 yıllarında Anadolu Selçuklu hükümdarı 3. Gıyaseddin Keyhüsrev döneminde vali olan Nureddin Cibril bin Caca tarafından eğitim amaçlı olarak yaptırılmıştır (Resim 5.2). Mimarı belli değildir. Kim tarafından ve hangi hükümdar zamanında yaptırıldığı taç kapısı üzerinde yer alan kitabesinden anlaşılmaktadır (Resim 5.3) [36].



Resim 5.3. Cacabey Medresesi taç kapısı

Cacabey Medresesinin, bugün olduğu gibi ayakta kalan yalnız bir yapı değil, büyük bir külliye'den oluştuğu bilinmektedir. Bu külliye'den geriye sadece, medrese yapısı ve ona ek olarak yapılan kümbet ayakta kalabilmiştir [37]. Yapının mimari elemanlarından ve bezemelerinden yola çıkılarak bu yapının zamanında gök bilimi üzerine eğitim veren bir

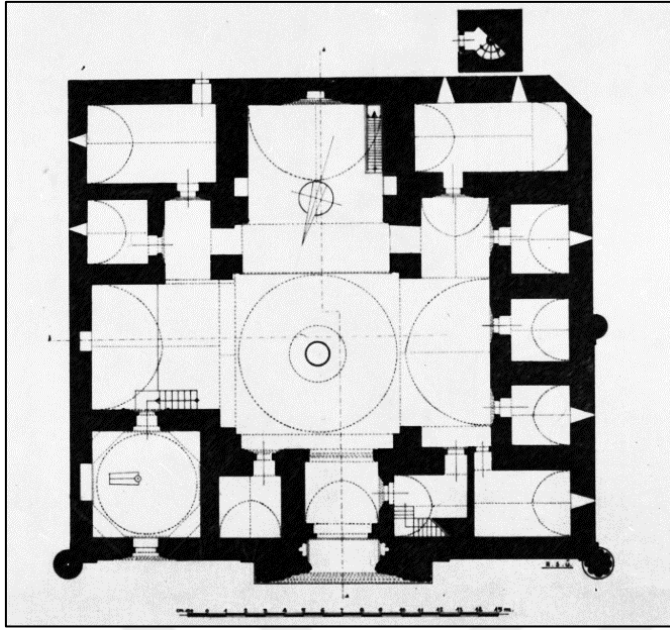
medrese olduğu söylenmektedir [38]. Ne var ki medresenin rasathane olduğuna dair herhangi bir yazılı belgeye ulaşılamamıştır. Üstelik Ruben ve Aydın'ın 1947 yılında yayımlanan Belleten isimli dergide belirttiğine göre medrese içerisinde bulunan kuyunun derinliği ve çapı rasathane olması için yeterli değildir [39]. Halen günümüzde hangi amaç ile kullanıldığı tam olarak bilinemese de döneminin mimari özelliklerini çok iyi yansıtan ve uzun yıllar dayanabilen bir eser olmuştur. Kuban 2008 yılında yaptığı çalışmada Cacabey Medresesi'nden bahsederken “Kapalı medreseler içinde karmaşık işlevli, iki katlı ve plan tasarımı açısından orta çağın en gelişmiş mimari tasarım örneklerinden biri” ifadesini kullanmaktadır [40]. Simetrik plan formunun üçüncü boyuta geçerken farklı form ve yüksekliklere dönüşmesi, yapıyı mimari açıdan farklı kılmaktadır.

Artan nüfus oranı, gelişen teknoloji ve değişen toplum değerleri sonucunda yapı eski işlevini kaybetmeye başlamıştır. Yapının kullanıma devam edebilmesi ve yeni oluşumlara cevap verebilmesi amacıyla yapıya yeni bir işlev tanımlanmıştır. 1900'lü yılların başından itibaren işlev değişikliğine gidildiği düşünölen medrese günümüzde cami olarak kullanılmakta ve topluma hizmet etmeye devam etmektedir. Uzun yıllar cami işlevinde kullanılan yapı bu sayede tahrip edilmekten ve atıl hale gelmekten korunmuştur.

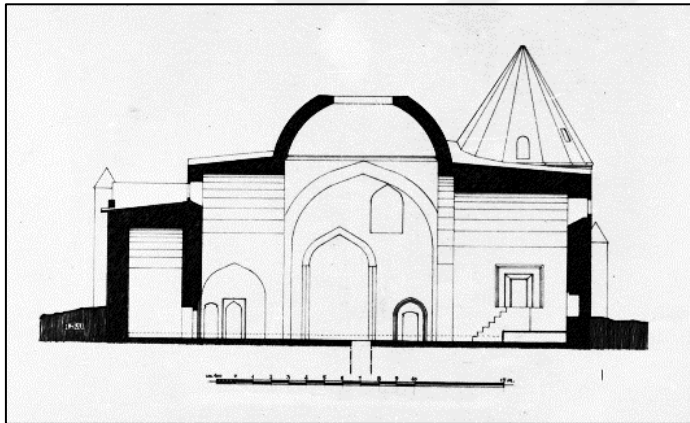
Dünya üzerinde yer alan birçok tarihi yapı UNESCO tarafından miras listesine alınmakta ve korunması büyük önem teşkil etmektedir. Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nden elde edilen bilgilere göre Cacabey Medresesi de bu tarihi yapılardan birisidir. Medrese 2014 yılında UNESCO tarafından Dünya Miras Geçici listesine dahil edilmiştir.

5.1. Cacabey Medresesi Mimari Özellikleri

Cacabey Medresesi plan şeması bakımından kapalı avlulu plan tipine güzel bir örnektir. Güneybatı köşesinde yapıdan bağımsız bir minaresi ve kuzeydoğu köşesinde ise yapıya bitişik kümbet elemanı bulunan yapı, kareye yakın dikdörtgen plana sahiptir (Şekil 5.1, Şekil 5.2).

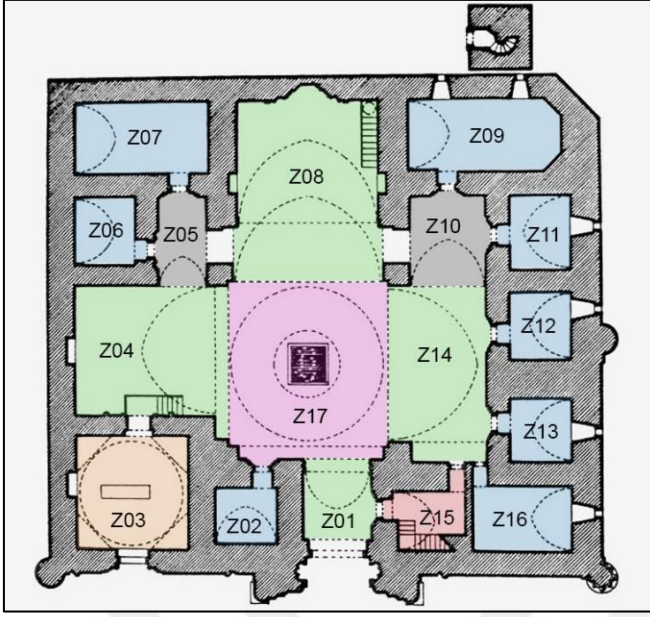


Şekil 5.1. Cacabey Medresesi planı [41]



Şekil 5.2. Cacabey Medresesi kesiti [41]

Yapıya ait mimari birimler, plan üzerinden mahal isimleri verilip renklendirilerek Şekil 5.3 ile daha detaylı olarak anlatılmaktadır.



Şekil 5.3. Cacabey Medresesi plan şeması

Yapıya giriş kuzey cephesinde bulunan taş kapıdan yapılmaktadır. Bina kütesine oranla daha yüksek ve görkemli olan bu giriş, 2 renkli taş diziliminden oluşmaktadır. Medreseye girildiğinde ilk olarak dar bir girişe (Z01) geçilmektedir. Beşik tonoz ile örtülü olan bu giriş bölümü, orta mekânın ekseni üzerinde olmayıp hafif yana kaydırılmış durumdadır [42]. Eyvan birimlerine oranla alçak kottadır. Girişten kenarları yaklaşık 8 metre uzunluğundaki orta avluya geçilir. Orta avlu, büyük bir kubbe ile örtülmektedir. Kubbenin tepesinde bir açıklık bulunmaktadır (Resim 5.4). Açıklığın hemen altında avluyu ortalayacak şekilde bir kuyu bulunmaktadır (Resim 5.5). Gözlem amaçlı kullanıldığı iddia edilen bu kuyu, Kuran'a göre tepeden gelen yağmur sularını toplamak için yapılmıştır [43].



Resim 5.4. Cacabey Medresesi ışıklık



Resim 5.5. Medrese avlusunda bulunan kuyu

Orta avlunun etrafında dizili halde eyvan birimleri (Z04-Z08-Z14) yer almaktadır. Avludan bu eyvan birimlerine geçişler 4 büyük kemer ile sağlanmaktadır. Giriş bölümünde olduğu gibi bu eyvanların üzeri de beşik tonozlar ile örtülüdür.

Medrese girişinin sol tarafında avludan geçilen, manastır tonoz ile örtülü bir hücre (Z02) ve en köşede Z04 eyvanından geçilen bir kümbet bulunmaktadır. Kümbet içten kubbe ile dıştan 12 köşeli bir külâh ile örtülüdür. Kümbet; en alt kısmı mezar mahzeni, orta kısmı sandukanın olduğu bölüm ve üst kısmı çatıdan girilen külâh bölümü olmak üzere 3 katlıdır.



Resim 5.6. Kümbetin orta bölümüne çıkan merdiven



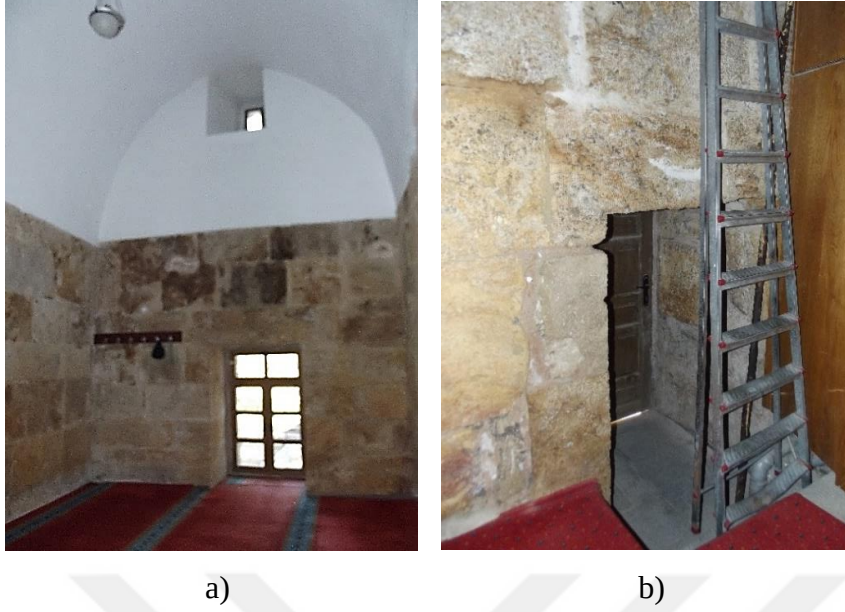
Resim 5.7. Kümbetin mezar mahzeni bölümü

Z04 eyvanının döşeme kotundan yaklaşık 1 metre aşağıda yer alan mezar odasına bir merdiven yardımı ile inilir. Mezar odası dikdörtgen planlı üzeri beşik tonoz ile örtülü bir mekandır (Resim 5.7). Dışarıya açılan bir penceresi yoktur. İçerisinde taştan yapılmış bir mezar vardır. Kümbetin orta bölümüne yine Z04 eyvanında bulunan 7 basamaklı merdiven ile çıkılır (Resim 5.6). Bu bölüm bir kenarı yaklaşık 5,50 metre olan kare planlı bir alandır. Bu bölümün üzeri ise kubbe ile örtülüdür. Kare plandan kubbeye geçiş köşelerdeki pendentif öğeler ile sağlanır. Kümbetin orta bölümünün kuzey ve doğu cephelerine bakan 2 penceresi bulunmaktadır. Kuzey cephesine bakan penceresi, yapının en gösterişli ve bezemeli penceresidir (Resim 5.8). Kümbetin en üst bölümü olan külâh bölümüne giriş ise çatıdan sağlanmaktadır. Kare plana sahip kümbet elemanı duvarları, onikigen külâha geçiş yaparken önce üçgen elemanlar ile daha sonra onikigen bir kasnak ile yumuşatılmıştır (Resim 5.8).



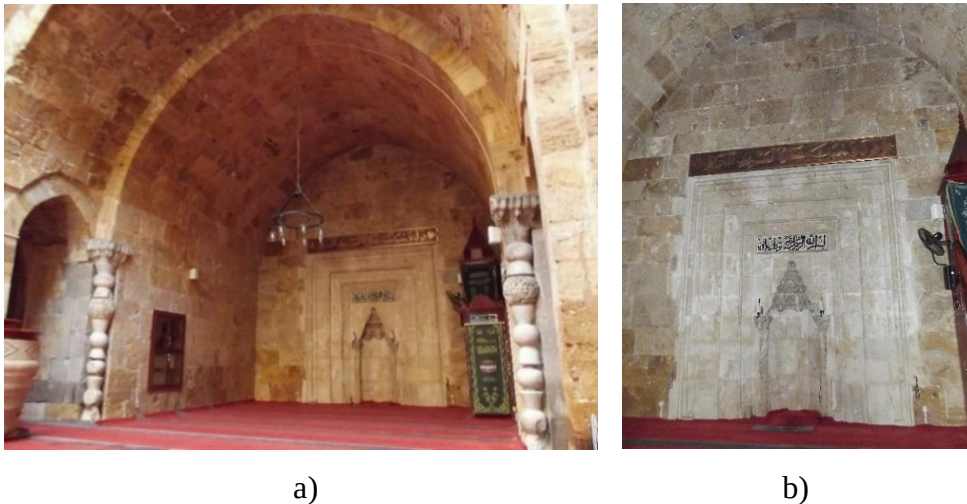
Resim 5.8. Medrese bitişişinde bulunan kümbet birimi,

Yapının doğu cephesinde bulunan Z04 eyvanı; 7,60 metre eni ile geniş bir hacme sahiptir. Bu eyvanın 2 adet penceresi bulunmaktadır. Eyvanın güney cepheye bakan tarafında dar bir koridor yer almaktadır. Koridor ile eyvanlar arası geçiş, kemer elemanlar ile sağlanmaktadır. Z05 koridorundan 2 ayrı hücre birimine geçiş vardır. Koridorun doğu cephesinde; kareye yakın küçük bir hücre (Z06), güney cephesinde ise daha büyük hacimli dikdörtgen planlı doğu batı yönlü uzanmış Z07 hücresi bulunmaktadır. Her iki hücrede beşik tonoz ile örtülüdür. Doğu cephesinde bulunan ve Z07 hücresine oranla daha küçük olan Z06 hücresinin bir penceresi bulunurken güney cephesinde bulunan Z07 hücresinin doğu cephesinde 2, güney cephesinde 1 olmak üzere 3 adet penceresi bulunmaktadır. Ayrıca bu hücre, dışarıya açılan demir bir kapıya sahiptir (Resim 5.9). Hücre döşeme kotundan çıkış kapısı kotuna 2 basamaklık bir yükseklik ile inilirken yine demir kapıdan dış mekân zemin kotuna 2 basamak ile inilir. Ana eyvanın sağ tarafında bu plan şemasının simetriği vardır. Farklı olarak sağ tarafta bulunan Z10 koridoru daha geniştir.



Resim 5.9. a) Z07 hücresi, b) Z07 hücresine ait demir kapı

Avlunun güney tarafında bulunan ana eyvan, medresede eğitim verilen derslane hücresidir. Bu eyvan girişin tam karşısında bulunur ve avludan 2 basamak merdiven ile çıkılır. Eyvanın güney cephesinde bulunan mihrap elemanından bu bölümün mescit işlevli kullanıldığı da anlaşılmaktadır (Resim 5.10). Ana eyvanın sol tarafında bulunan Z05-Z06-Z07 hücre düzeni sağ tarafında da kendini tekrar etmektedir. Z14 eyvanının güney tarafında bulunan açıklık, genişçe bir koridora açılır. Bu koridor (Z10) batı ve güney cephesinde olmak üzere 2 ayrı hücreye giriş sağlamaktadır. Ana eyvan ile koridorlar arasında kot farkı bulunmaktadır. Bu sebeple Z10 ve Z05 koridorlarına geçişler sırasıyla Z14 ve Z04 eyvanları ile sağlanmaktadır.



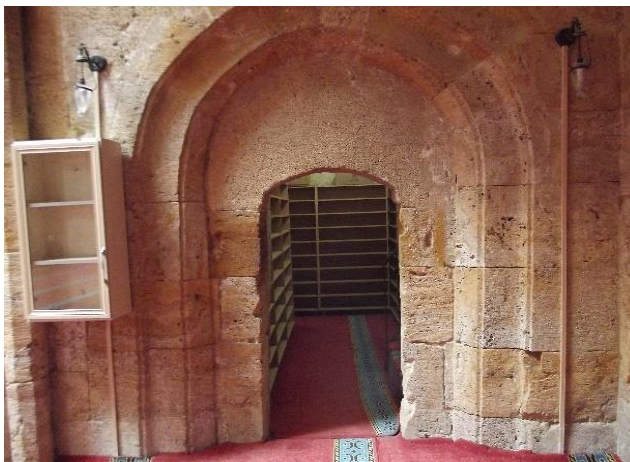
Resim 5.10. a) Medrese ana eyvanı, b) Medrese ana eyvanında bulunan mihrap elemanı

Yapının batı cephesinde bulunan Z14 eyvanında, doğuda bulunan Z04 eyvanının aksine daha dar bir hacim bulunmaktadır. Bu eyvan kuzey güney yönlü dikdörtgen bir plana sahiptir (Resim 5.11). Eyvanın batı ve kuzey duvarının ikinci kat hizasında 2 adet dışarı açılan penceresi bulunmaktadır. Yine eyvanın batı cephesi tarafında Z12 ve Z13 hücreleri yer almaktadır. Bu hücrelerin her ikisinin de dışarıya açılan küçük pencereleri vardır. Her iki hücrede beşik tonoz ile örtülüdür ve her ikisinin de plan şeması kareye yakındır. Z14 eyvanının kuzey tarafında, yapının kuzeybatı köşesine denk gelen kısmında kareye yakın planlı Z16 hücresi bulunmaktadır. Beşik tonoz ile örtülü bu hücrenin batı cephesinde dışarıya açılan küçük bir penceresi vardır. Kuzey cephesi sağırdır.



Resim 5.11. Medrese Z14 eyvanı

Girişin sağ cephesinde, üst kata çıkan merdivenin bulunduğu hücreye (Z15) açılan kemerli bir geçiş mevcuttur (Resim 5.12). Buradan Z15 hücresine geçilir.



Resim 5.12. Z15 hücre giriş kapısı

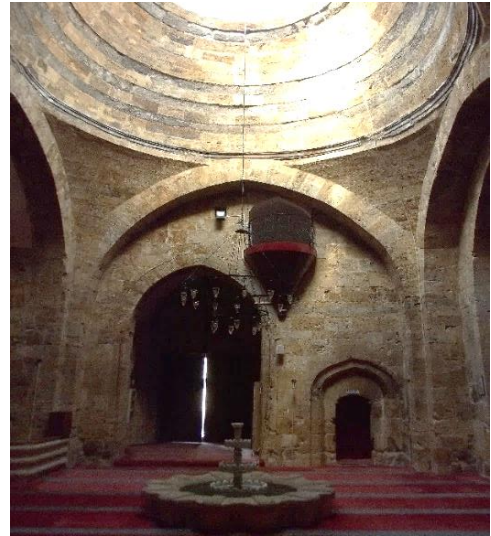


Resim 5.13. Mahfil katına çıkan merdiven

Yapının üst katına Z15 hücresinde bulunan bir merdiven ile çıkılmaktadır (Resim 5.13). Ulaşılan sahanlıkta bir kapı bulunmaktadır. Bu kapıdan geçildiğinde bir başka merdiven daha karşımıza çıkmaktadır. Bu merdivenden çıkıldığında 2 ayrı hücre birimine açılan bir koridor ve çatıya açılan bir kapı karşımıza çıkmaktadır. Taç kapının hemen arkasında bulunan bu hücrelerden ilk sıradaki küçük, kareye yakın planlı ve batı cephesine açılan bir pencereye sahip bir hücredir. Diğer hücre daha geniş bir hacme sahip ve kare planlıdır. Kuzey cephesine açılan 1 küçük ve 1 büyük 2 penceresi bulunmaktadır. Hücresinin ayrıca avluya açılan bir balkonu vardır (Resim 5.14).



a)



b)

Resim 5.14. a) Mahfil katı iç görünüş [42], b) Avludan görülen mahfil katı balkonu

Yapının en hareketli ve gösterişli cephesi portalin bulunduğu kuzey cephesidir (Resim 5.15). Cephenin sağ ve sol köşeleri rokete benzer ağırlık kuleleri ile tamamlanmaktadır. Cephe uzunluğu yaklaşık olarak 31 metredir. Kuzeydoğu köşesinde onikigen külah ile örtülü kümbet bölümü vardır. Ayrıca bu bölümde kümbetin orta bölümüne ait bir pencere bulunmaktadır. Orta kısımda yapının geri kalanına göre aşırı bezemeli ve almalı dizilime sahip giriş kapısı bulunmaktadır. Diğer cephelere oranla yüksekliği fazladır. Giriş kapısının sağ tarafında ise sağır bir cephe bulunmaktadır. Bu cephe iç tarafta Z15 ve Z16 hücrelerine denk gelmektedir.



Resim 5.15. Cacabey Medresesi kuzey cephesi

Medresenin batı cephesinin uzunluğu 24 metre, yüksekliği ise yaklaşık olarak 7 metredir. Cephe, kuzey cephesinin sağ köşesinde bulunan ağırlık kulesi ile başlayıp cephenin ortasında farklı bezemeye sahip başka bir ağırlık kulesi devam etmekte ve bitiminde pahlı bir cephe düzenlemesiyle tamamlanmaktadır (Resim 5.16). Cephe üzerinde yer alan dikdörtgen biçimindeki pencereler, arka planda yer alan hücrelere aittir. Cephe üst kısmının bitiminde bulunan dendanlar 1960 onarımında eklenmiş olup yapının özgün elemanı değildir [42].



Resim 5.16. Cacabey Medresesi batı cephesi

Yapının doğu cephesi, 24,40 metre uzunluğundadır. Cephede; arka planda bulunan Z06 hücreesine ait bir küçük pencere, orta bölümüne denk gelen Z04 eyvanına ait bir büyük ve yine aynı hizada üst kısımda bir küçük pencere ve kümbet kısmında bulunan bir büyük pencere bulunmaktadır. Cephe kümbet elemanı ile tamamlanmaktadır ve cephe bitiminde yine roketi andıran ağırlık kulesi yer almaktadır (Resim 5.17).



Resim 5.17. Cacabey Medresesi doğu cephesi

Güney cephesi, yapının güneybatı köşesinde bulunan pahlı cephe yüzeyi ile başlamaktadır. Cephenin uzunluğu 24,40 metredir. Cephenin yüzeyinde Z09 hücrelerine ait 2 küçük, Z07 hücrelerine ait 1 küçük pencere yer almaktadır. Ayrıca Z07 hücrelerine açılan bir de demir kapı bulunmaktadır. Cephenin orta bölümünün üst bitiminde ana eyvana ait olan kırma çatı ve iki yanında dendanlar bulunmaktadır. Ayrıca cephenin güneybatı köşesine yakın kısımda yapıdan bağımsız olarak konumlandırılan minare elemanı yer almaktadır (Resim 5.18).



Resim 5.18. Cacabey Medresesi güney cephesi

Medresenin güneybatı köşesinde yaklaşık 30 metre uzunluğunda alt kaidesi taş malzemeden, gövdesi ise tuğladan inşa edilmiş minare yer almaktadır (Resim 5.19). Minare, yapı ile arasında 20-25 cm olacak şekilde konumlandırılmıştır. Medreseden girişi bulunmamaktadır. Minareye giriş doğu cephesinde yer alan ve 8 basamak çıkılarak ulaşılan demir bir kapıdan yapılmaktadır.



a)



b)

Resim 5.19. a) Cacabey Medresesi minaresi, b) Minare kaidesi

Minarenin alt kısmı kare tabanlı bir plandan oluşmaktadır. Kare planlı kaideden minarenin dairesel gövdesine geçiş pahlarla 8 köşeli bir forma dönüştürülerek yapılmaktadır. Sekizgen geçiş elemanı üzerinde yükselen tuğla gövdenin çapı yaklaşık olarak 3 metredir. Tuğla malzemenin aralarında kullanılan mavi renkli çiniler sayesinde yapı, sonradan kazandığı cami işlevi ile halk arasında “Cıncıklı Camii” olarak da bilinmektedir.

5.2. Cacabey Medresesi Taşıyıcı Sistem ve Malzeme Özellikleri

Medrese, moloz taş, kesme taş ve minare gövdesinde tuğla malzemenin kullanılarak oluşturulduğu yığma bir sisteme sahiptir. Konsol çalıştırılarak oluşturulan minarenin petek kısmı tuğla malzemedir, külah kısmı ise ahşap karkastan yapılmıştır. Yapının strüktürel sistemi; duvarlar, kemerler, geçiş elemanları, üst örtü ve döşemelerden oluşmaktadır. Sırasıyla bu sistemi oluşturan yapı öğeleri şu şekildedir:

Medrese duvarları genel olarak kesme taştan inşa edilmiştir. Yapının sadece doğu cephesinde moloz taş kullanımı görülürken diğer ceplerinde kesme taş kullanılmıştır (Resim 5.20). Medrese yapısında duvar kalınlıkları 40 ile 140 cm arasında değişim göstermektedir. Taç kapının olduğu bölümün duvar kalınlığı ise 250 cm'ye kadar çıkmaktadır.



a)



b)

Resim 5.20. a) Medresenin kesme taştan oluşturulmuş batı duvarı, b) Medresenin molo taştan oluşturulmuş doğu duvarı

Cacabey Medresesi'nin orta avlusunu çevreleyen ve kubbenin yükünü temele aktaran 4 büyük kemer elemanı vardır. Bu kemerler kubbenin oluşturduğu düşey yükü ayaklar sayesinde zemine aktarır. Ayrıca duvar-duvar arası ya da duvar-ayak arası yerlerde kapı açıklığını geçmek için yine kemer elemanı kullanılmaktadır (Resim 5.21).



Resim 5.21. Medresede içerisinde yer alan kemer elemanları

Birçok farklı formdan oluşan üst örtü, derzsiz olarak kesme taşlardan meydana gelmektedir. Medresede yer alan hücrelerin üzerlerinin tonoz elemanı kullanılarak örtüldüğü görülürken eyvan birimleri, içten tonoz dıştan kırma çatı ile örtülmüştür. Sadece ana girişin sol tarafında bulunan hücre, manastır tonozu ile tamamlanmıştır. Orta avlu kesme taş pandantifler üzerinde yükselen bir kubbe ile örtülüdür (Resim 5.22). Ana

kubbenin iç çapı 8,40 metre, yüksekliği ise 4,70 metredir. Kubbenin ortasında bulunan ışıklık çelik doğrama elemanlar ile geçilmektedir. Kümbetin bulunduğu kısım ise onikigen külâh elemanı kullanılarak örtülmüştür (Resim 5.23).



Resim 5.22. Medrese ana kubbesi



Resim 5.23. Medrese üstten görünüş

Cacabey medresesinin ana kubbesinde ve yapıya bitişik halde bulunan kümbet yapısında kullanılan örtü elemanları, geçiş elemanları ile desteklenmektedir. Ana kubbeyi taşıyan ayak elemanlardan üst örtüye geçiş pendentif elemanlar ile sağlanırken, kümbetin üzerini örten onikigen külâha geçiş ise dıştan üçgen elemanlar, içten pendentifler ile sağlanmıştır (Resim 5.24).



a)



b)

Resim 5.24. a) Kubbeye geçişi sağlayan pandantif elemanları, b) Kare plandan piramidal kûlaha geçişi sağlayan üçgen elemanlar

5.3. Cacabey Medresesi Geçirdiği Onarım ve Tadilatlar

Cacabey Medresesi yapıldığı ilk yıllardan itibaren birçok onarıma ve tadilata maruz kalmıştır. Sadece yapısal olarak değil işlevsel olarak da değişikliğe uğramış ve yıllar boyunca birtakım değişiklikler geçirmiştir. En eski verilerden en güncel verilere kadar elde edilenler ışığında yapının yaşadığı gelişmeler incelenmeye çalışılmıştır.

Osmanlı Devlet Arşivleri'nden edinilen 1695, 1757 ve 1767 yıllarına ait belgelerde medreseye yapılan müderris tayinlerinden bahsedilmektedir. Buradan yapının o yıllarda özgün işlevinde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu belgeler ekler bölümünde sunulmuştur.

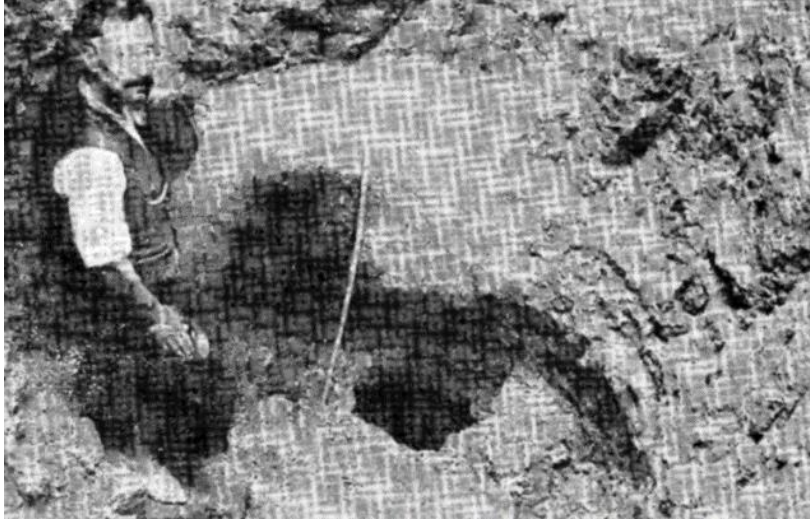
Bakkal, 2011 yılında yaptığı İslam Tarihinde Rasathaneler ve Cacabey Medresesi adlı çalışmasında 1858 yılında Kırşehir'den geçen A. D. Mordtmann isimli gezginin günlüklerinde medresenin mühimmat ambarı olarak kullanıldığını ve harap bir halde olduğunu ifade ettiğini belirtmektedir. Ayrıca Mordtmann yapının yanında bir cami bulunduğunu ve minarenin bu camiye ait olduğunu söylemektedir. Fakat günümüzde camiye ait herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Yapının özgün işlevini yerine getiremez bir halde olduğu da bu yazılarda görülmektedir [44]. Zira bu yıllardan itibaren arşivlerde de

müdürris tayinleri ile ilgili bir belge bulunmamaktadır. Bulunan tek belge 1868 yılına ait olan “Caca Bey Medresesi Vakfı Müdürris Cihetinin Ferağ ve Tevcihi” isimli belgedir. Bu belge ekler bölümünde yer almaktadır.

Osmanlı Devlet Arşivleri’nde bulunan 1899 yılına ait “Kırşehir’de Caca Cami-i Şerifi’nin Tamiri” isimli resmî belge ile yapının onarımı istenmektedir. Belge içeriğinde belirtildiği üzere artık yapının cami işlevinde kullanıldığı ve bu onarım ile değişikliğin başladığı düşünülmektedir. Hatta işlev değişikliğinden kaynaklı olarak yapıya eklenen müezzin mahfili, vaaz kürsüsü ve minber elemanının bu dönemde eklendiği varsayılmaktadır.

1938 yılında merkez üssü, Kırşehir’e bağlı Akpınar ilçesinde 6.7 büyüklüğünde bir deprem yaşanmıştır. Bu deprem birçok can kaybına neden olurken çoğu binanın da hasar görmesine hatta yıkılmasına sebebiyet vermiştir. Cacabey Medresesi de hasar gören yapılar içerisinde yer almaktadır. 1940 yılına ait “Kırşehir’de Türk Eserleri” isimli çalışmada Ülgen, yapının harap halde olduğunu çalışmada kullandığı fotoğraflar ile gözler önüne sermektedir. Ocak, 2016 yılında yaptığı çalışmada 1945 yılında yapıya acil müdahale edilmesi gerektiğinin Genel Sekreterlik aracılığıyla Vakıflar Genel Müdürlüğüne iletildiğini fakat olumsuz bir cevap aldıklarını belirtmiştir [45].

1947 yılına gelindiğinde Aydın Sayılı ve Walter Ruben, yapıda bulunduğu fakat toprak ile kapalı olduğu söylenen bir rasat kuyusunun izine ulaşmak için çalışma başlatmışlardır (Resim 5.25). Bu çalışmalarını Türk Tarih Kurumu’na ait Belleten dergisinde yayımlamışlardır. Çalışma sadece kuyunun tespitine yönelik yapıldığından yapıda herhangi bir onarıma ya da değişikliğe gidilmemiştir. Hatta kuyunun var olduğu keşfedildikten sonra kuyu tekrar kapatılarak eski haline getirilmiştir [39].



Resim.5.25. Kuyuyu tespit etmek için yapılan çalışma [39]

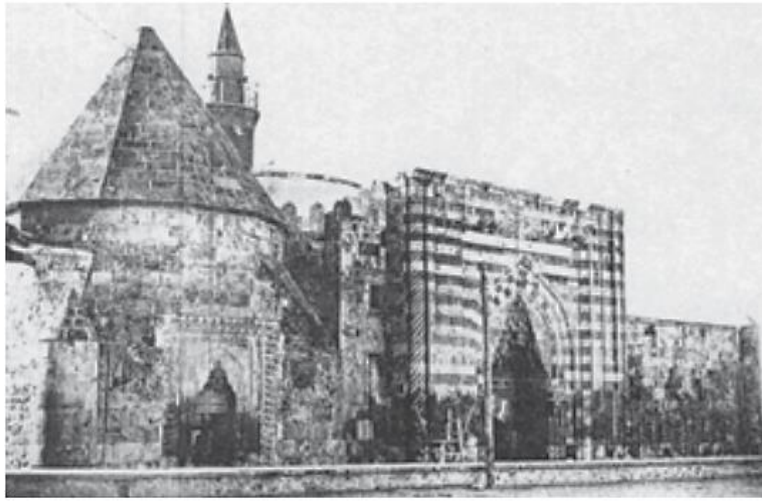
Başbakanlık Cumhuriyet arşivlerinden edinilen 1948 yılına ait bir rapor, yapının restorasyonu için girişimlerde bulunulduğunu ve bu konuda detaylı bir çalışma yapıldığını söylemektedir. Valilik'ten Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne gönderilen yazıda, yıllardır onarım görmeyen yapının harap halde olduğu, kubbesinde bulunan açıklıklardan kaynaklı içeriye su sızdığı ve kubbenin her an göçebilecek derecede tehlike arz ettiği belirtilmektedir. Ayrıca caminin kubbesine yönelik bir takım onarım çalışmalarından bahsetmekte fakat bu çalışmaların yeterli olmadığını esaslı bir tamir görmesi gerektiğinin altını çizmektedir.



Resim 5.26. 1940'larda Cacabey Medresesi [42]

Ocak, 2016 yılında yaptığı çalışmasında belirttiği üzere Valiliğin bu isteği 1951 yılında karşılık bulmuştur. Gönderilen şartnamede belirtildiği üzere yapıda bulunan aydınlık feneri

yıkılacak ve yerine yeni bir fener yapılacaktır. Yapının güneydoğu köşesinde bulunan minare elemanına alem ve petek yapılacak ve yapının deforme olan kısımları taş kaplanacaktır. Hazırlanan bu şartname, Ali Saim Ülgen öncülüğünde bir ekiple 1959 yılında uygulamaya geçirilmiştir. Şartnamede yer alan maddelerin çoğu gerçekleştirilirken, kubbe üzerinde bulunan aydınlık feneri yıkılmış fakat yerine yenisi yapılmayarak kubbenin açık kalan tepesi bir camekan ile örtülmüştür. Yapının birçok yerinde çimento harç kullanılmıştır. Yapılan onarımlar ile ilgili Başbakanlık Cumhuriyet arşivinde 1960 yılına ait bir kararname de yer almaktadır. Yapılan çalışmaların kapsamlı olmasından kaynaklı olarak yapı uzun bir süre onarıma ihtiyaç duymamıştır [45].



Resim 5.27. 1950’lerde geçirdiği büyük onarım sonrası Cacabey Medresesi [37]



Resim 5.28. 1950’lerde geçirdiği büyük onarım sonrası Cacabey Medresesi [37]

1947 yılında varlığı tespit edilen ancak üzeri tekrar kapatılan kuyu 1996 yılına gelindiğinde Balibeyoğlu'nun 1998 yılında yaptığı çalışmasından anlaşılacağı üzere Kırşehir Belediyesi tarafından gerçekleştirilen çalışma neticesinde tekrar açtırılmıştır. Bunun haricinde yapıda başka bir değişiklik yapılmamıştır [46].

Yapıda meydana gelen drenaj problemleri 2005 yılında restorasyon görmesine zemin hazırlamıştır. Kayseri Vakıflar Genel Müdürlüğü'nden edinilen bilgilere göre yapıdaki drenaj problemi 2006 yılında uygulamaya geçen restorasyon çalışmaları ile büyük oranda halledilmiştir. Ayrıca kubbesi üzerinde bulunan piramidal örtü değiştirilmiş ve açıklık, küre parçası biçiminde bir camekan ile kapatılmıştır.

Havalandırma sorunlarının yaşanması sebebiyle yapıda meydana gelen nem problemi yeni bir çalışma yapılması yönünde Kayseri Vakıflar Genel Müdürlüğü'nü harekete geçirmiştir. Fakat sunulan önerilerin hiçbiri kesin bir çözüm sağlamadığından bu çalışma sonuçsuz kalmıştır.

İlerleyen yıllarda rutubet probleminin daha fazla sorun teşkil etmeye başlaması ve üst örtüsünün su sızdırması, 2019 yılında yeni bir restorasyon çalışmasının başlamasına neden olmuştur (Resim 5.29). Çalışma henüz keşif aşamasındadır. Elde edilen bilgilere göre yapının ışıklığına ait camekan yenilenecek ve eski su yalıtım malzemesi yeni yalıtım elemanları ile değiştirilecektir.



Resim 5.29. 2020 yılına ait Cacabey Medresesi mevcut hali

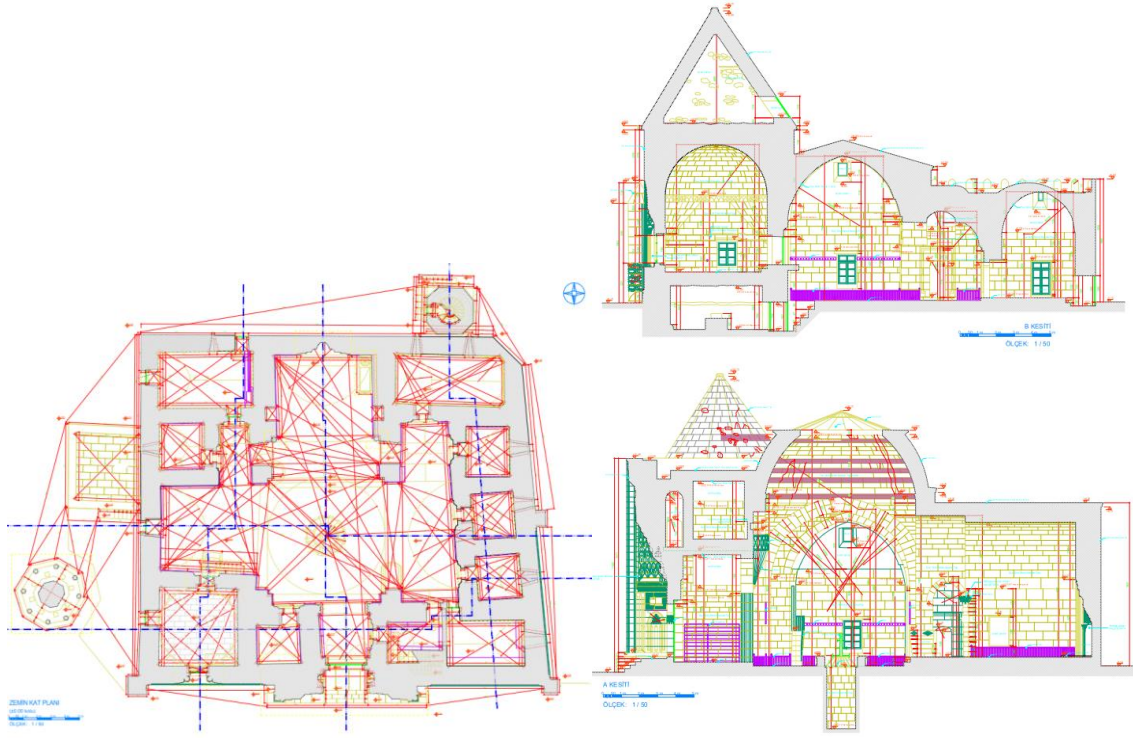
6. CACABEY MEDRESESİ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Cacabey Medresesi'nin sayısal olarak analizi yapının gerçek davranışını ortaya koyacağı için önemli bir konumdadır. Yapı, dış yükler ve etkiler karşısında sergileyeceği davranışı model üzerinde gösterecektir. Böylece yapılan analiz, yapının korunması için gerekli çalışmaların yapılmasını sağlayacaktır. Ayrıca medresenin analizinde ortaya konulacak yorumlar, mimarlara tarihi yapı analizi konularında ışık tutacaktır.

6.1. Model Özellikleri

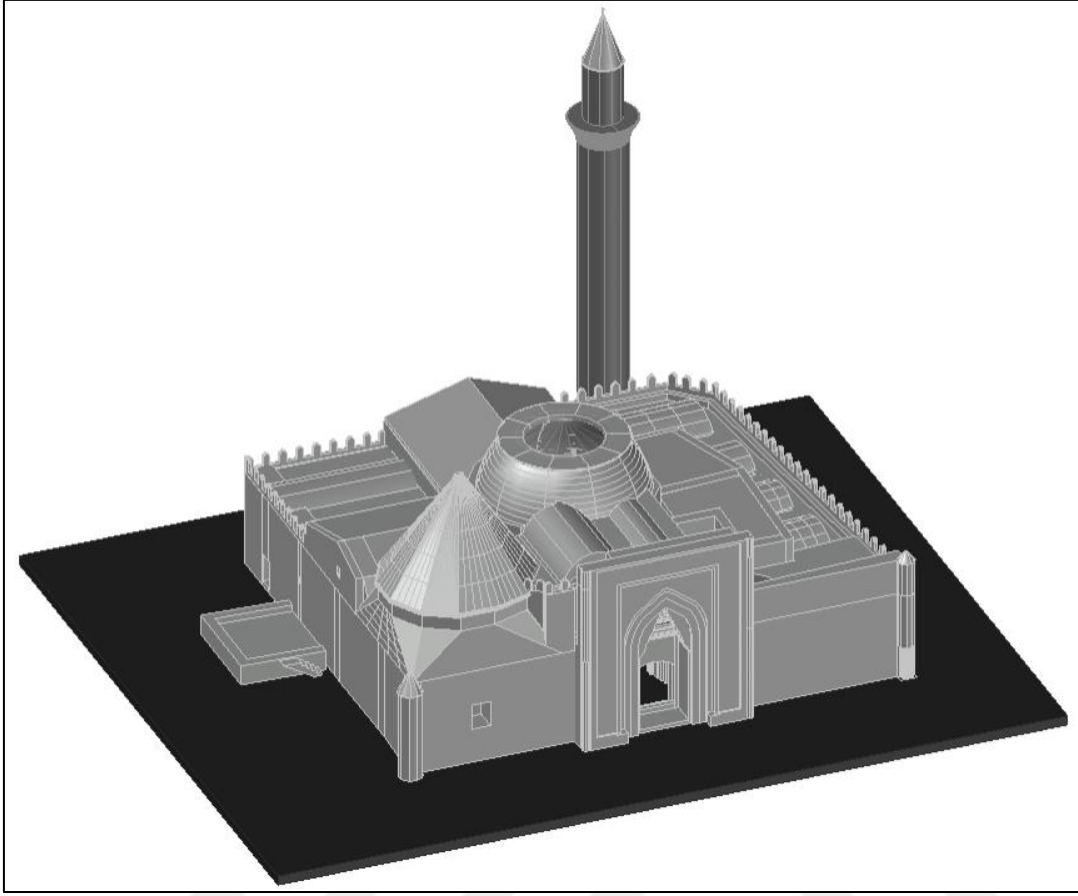
Cacabey Medresesi düzgün olmayan geometriye sahip bir yapıdır. Birçok farklı formu bünyesinde barındırmakta ve farklı kalınlıkta yapı elemanları içermektedir. Bu ve benzeri durumlarda yapıların gerçeğe en yakın şekilde modellenmesi, yapı elemanlarının iyi bir şekilde incelenmesine bağlıdır. Ayrıca kullanılan modelleme programlarının da düzgün olmayan geometrilere sahip yapıları modellemeye elverişli olması gerekmektedir.

Bu çalışmada yapının geleceğe aktarılmasında en önemli kriter olan strüktürel dayanımı sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Mevcut haline yakın sonuçlar elde etmek için öncelikle yapının rölöve çalışmaları, Kayseri Vakıflar Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Şekil 6.1). Ayrıca yerinde incelemeler yapılarak yapı hakkında mümkün olduğunca gerekli tüm bilgiler toplanmıştır. Elde edilen veriler ışığında Cacabey Medresesi projesinin sonlu elemanlar modeli, SAP2000 programı kullanılarak hazırlanmıştır. Doğru ve eksiksiz bir model olması burada önemli bir noktadır.



Şekil 6.1. Cacabey Medresesi rölöve çalışması

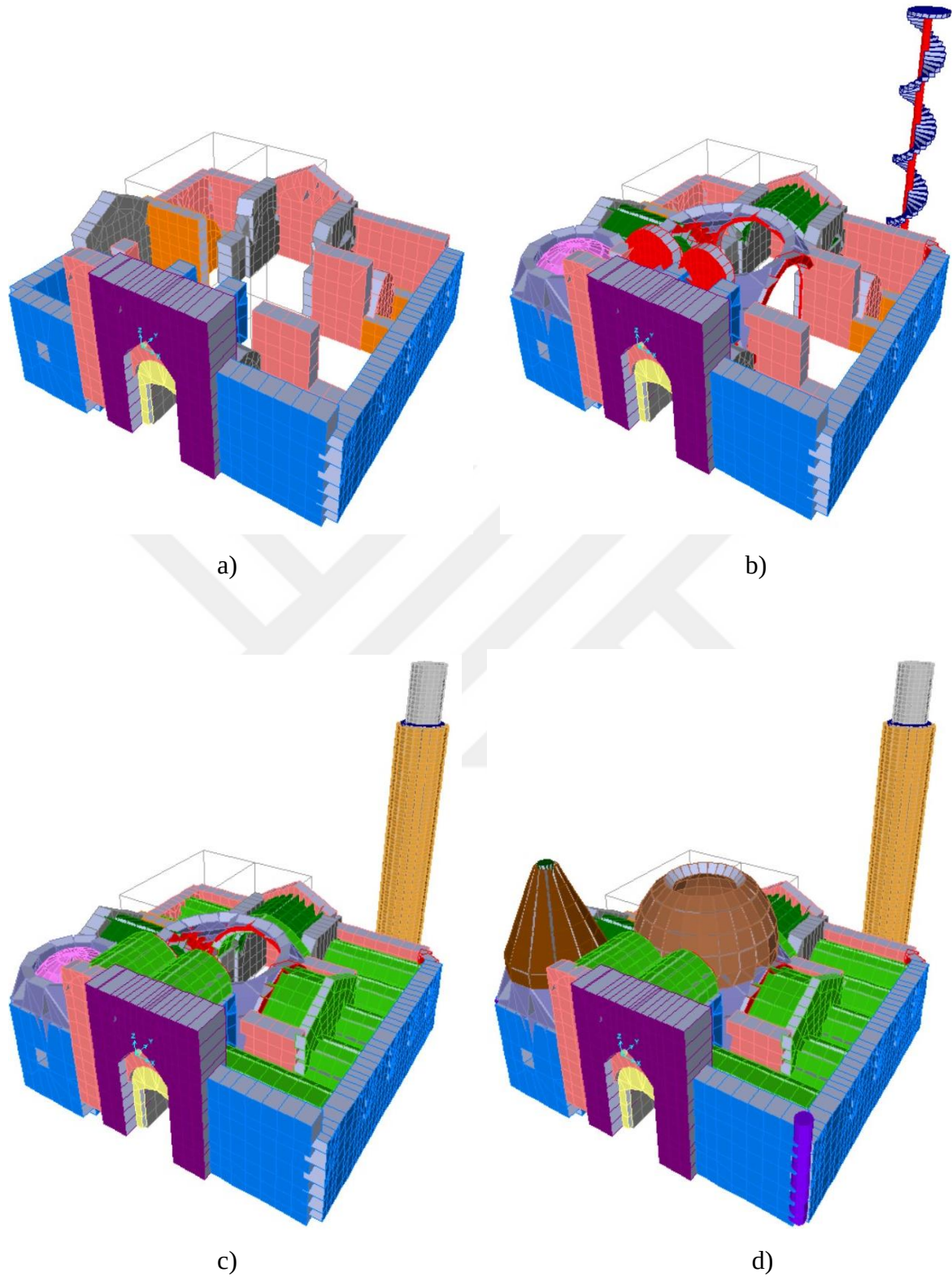
Modelleme aşamasında noktaların ve elemanların doğru kodlanması amacıyla ilk olarak rölöve projesi üzerinden REVIT programı kullanılarak 3 boyutlu modelleme yapılmıştır (Şekil 6.2). Gerçek kalınlıklar verilerek yapılan mimari modelleme esnasında, yapı bileşenlerinin sonlu elemanlar modelinde hangi elemanların kullanılacağı yönünde kararlar alınmıştır. REVIT programı üzerinde mimari modellemesi yapılarak iyi bir şekilde kavranan yapı, bir sonraki aşamada SAP2000 programı ile modellenmiştir.



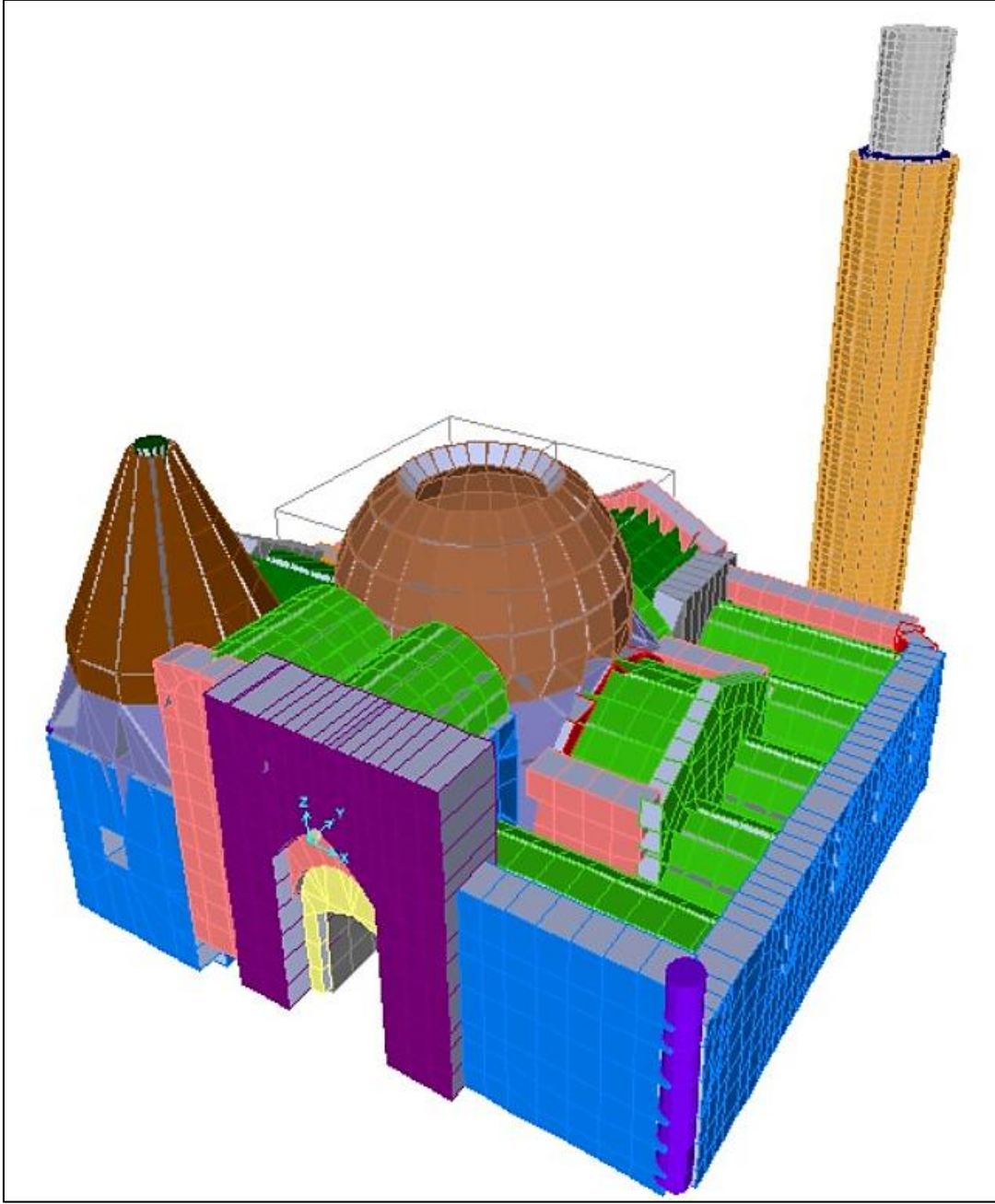
Şekil 6.2. Cacabey Medresesi 3 boyutlu modeli

Yapının SAP2000 programı kullanılarak modelinin hazırlanma aşamaları şu şekildedir:

İlk önce duvar elemanları modellenmiş, sonrasında duvarlar arası açıklığı geçen kemer elemanları eklenmiş ve minarenin merdiven elemanı tanımlanmıştır. Yapının düşey taşıyıcıları ve çerçevesi oluşturulduktan sonra kümbete ait iç örtü elemanı olan kubbe elemanı eklenmiş, hücreleri örten tonoz elemanlar yerleştirilmiş ve ana kubbeye ait pandantif elemanlar modellenmiştir. Ayrıca minare elemanın gövdesi ve petek elemanı da oluşturulmuştur. Son olarak ana kubbe tamamlanmış, tepesindeki ışıklık açık bırakılmış ve cephelerde bulunan ağırlık kuleleri modele eklenmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Cacabey Medresesi sonlu elemanlar modeli aşamaları



Şekil 6.4. Cacabey Medresesi sonlu elemanlar modeli

Medresede düzenli bir şekilde ilerleyen duvar ve örtü kalınlığı bulunmamaktadır. Şekil 6.4'teki modelde yapılan renklendirmelerin her biri farklı ölçüde ya da formda elemanı simgelemektedir. Her birimde farklı bir kalınlık görülebilmektedir. Bu nedenle yapıya ait farklı kalınlıktaki elemanlar gerçek boyutlarına ulaşması amacıyla ayrı ayrı modellenmiştir. Çizelge 6.1'de görüldüğü üzere farklı kalınlığa sahip olan her bir eleman farklı bir renk ile ifade edilmiştir. Renkler ile ifade edilen kalınlıklar şu şekildedir:

Çizelge 6.1. Medrese elemanlarına ait kalınlık-renk tablosu

	Kalınlık	Renk
Yığma duvar	40 cm	Sarı
Yığma duvar	85 cm	Kırmızı
Yığma duvar	110 cm	Turuncu
Yığma duvar	120 cm	Pembe
Yığma duvar	130 cm	Mavi
Yığma duvar	140 cm	Gri
Sütun ve ana kemerler	85 cm	Kırmızı
Taç kapı (mukarnaslı)	40 cm-250 cm	Mor
Medreseye ait ana kubbe	85 cm	Açık Kahverengi
Medreseye ait tonoz	70 cm	Açık yeşil
Medreseye ait tonoz	100 cm	Koyu yeşil
Kümbete ait kubbe	75 cm	Pembe
Kümbete ait külah	70 cm	Koyu kahverengi
Minare petek	20 cm	Gri
Minare gövde	70 cm	Turuncu
Pendantif	85 cm	Açık Mor

Cacabey Medresesine ait duvarlar 6 farklı kalınlıktaki duvar tipi üzerinden modellenmiştir. Mukarnaslı olan taç kapısı en fazla 250 cm, içeriye doğru sırasıyla 120 cm ve 20 cm olacak şekilde kademelendirilmiştir. Ana kubbe kalınlığı 85 cm alınmıştır. Tonozlarda farklı kalınlıkta taş kullanılmasından kaynaklı 70 cm ve 100 cm kalınlığında 2 tip tonoz modeli kullanılmıştır. Minarede ise tuğla elemandan meydana gelen gövdesi ve petek kısmı sırasıyla 70 ve 20 cm kalınlığındadır. Yapının toplam ağırlığının 50 000 kN civarında olduğu program kullanılarak tespit edilmiştir.

6.2. 2018 Deprem Yönetmeliğinde Tarihi Yığma Yapılar

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığından 2018 yılında yayımlanan giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin yığma yapılar bölümünde, deprem etkisi ve düşey yükler altında oluşacak kayma ve basınç gerilmelerinin, yığma duvar inşasında kullanılan duvar cinsine göre izin verilen kayma ve basınç gerilme sınırlarını aşmadığının belirtilmesi istenmiştir.

Yapı duvarlarında oluşan düşey gerilmelerin hesaplanması ve basınç gerilmelerinin yığma duvar cinsi sınır gerilmeleri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Yapı duvarlarında tespit edilen gerilmeler, yığma duvarın cinsine göre izin verilen gerilmeleri geçmeyecek seviyede olmalıdır.

Kargir birimlerin TS EN 772-1'e göre belirlenecek olan standartlaştırılmış en küçük basınç dayanımları, yatay derzlere dik doğrultuda $f_{b,min} = 5,0$ MPa değerinden, yatay derzlere paralel doğrultuda $f_{bh,min} = 2,0$ MPa değerinden daha küçük olmaması gerekmektedir.

Duvarda kullanılan kâgir birimin basınç mukavemeti belli değilse veya duvar mukavemeti deneyi yapılmamış ise duvarda kullanılan kâgir birim basınç emniyet gerilmesinin tablodan alınacağı belirtilmiştir. Bu tabloya göre tarihi yığma yapılarıdaki kullanıma benzeyen duvar tiplerinin basınç emniyet gerilmesi için aşağıdaki değerler verilmiştir:

Çizelge 6.2. Yığma duvarların karakteristik basınç dayanımı (MPa)

Birim- Birim sınıfı	Harç sınıfı	Harç basınç dayanımı, f_m (Mpa)	Kargir birim basınç dayanımı f_b (Mpa)					
			5	10	15	20	25	30
Grup 1	Genel amaçlı harç	M10-M20	3,4-4,2	5,5-6,8	7,3-9,0	8,9-11,0	10,4-12,9	11,9-14,6
		M2,5-M9	2,2-3,3	3,6-5,3	4,8-7,1	5,9-8,7	6,9-10,1	7,8-11,5
		M1-M2	1,7-2,1	2,8-3,4	3,7-4,5	4,5-5,5	5,2-6,4	5,9-7,3
Grup 2 ve Kesme taş		M10-M20	2,8-3,4	4,5-5,5	6,0-7,4	7,3-9,0	8,5-10,5	9,7-12,0
		M2,5-M9	1,8-2,7	3,0-4,4	3,9-5,8	4,8-7,1	5,6-8,3	6,4-9,4
		M1-M2	1,4-1,7	2,3-2,8	3,0-3,7	3,7-4,5	4,3-5,3	4,9-6,0
Tuğla (Grup 1)	İnce tabakalı harç		2,9	5,3	7,5	9,6	11,6	13,5
Tuğla (Grup 2)			2,2	3,5	4,7	5,7	6,7	7,6
Beton (Grup 1), Gazbeton			3,1	5,7	8	10,2	12,3	14,4
Beton (Grup 2)			2,6	4,6	6,5	8,3	10	11,7

Taşıyıcı duvarların elastisite modülü, E_{duv} , TS EN 1052-1'e göre yapılacak deneyler yolu ile belirlenebilir. Bu deneylerin yapılmadığı durumlarda E_{duv} değeri yapısal çözümleme için $750 f_k$ değerine eşit alınacaktır.

6.3. Hesap Parametreleri

Tarihi yığma yapıların analiz sonuçları yapılacak modelin gerçeğe en yakın şekilde ifade edilmesine bağlıdır. Aşağıda maddeler halinde modele ait parametreler özetlenmiştir:

- Yapı sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiştir. Yapının dış duvarları, kubbesi, tonozları ve minare duvarları kabuk (SHELL) eleman olarak ağırlık kuleleri ve merdiven direği ise çubuk (FRAME) eleman olarak tanımlanmıştır.
- Analiz için hazırlanan modelde 19164 adet düğüm (NODE) noktası, 222 adet mesnet, 96 adet çubuk (FRAME) eleman ve 4967 adet kabuk (SHELL) eleman kullanılmıştır.
- Cacabey medresesi projesinde farklı kalınlıkta duvarlar olmasından kaynaklı her bir duvar özgün kalınlığında modellenmiştir. 40-250 cm arası değişen duvarlar bulunmaktadır.
- Planda yapı kütesine oranla çok küçük boyutta kalan pencereler yok sayılmıştır.
- Planda yer alan 4 büyük ayak ve kemer elemanı kalınlığı 85 cm'den hesaplanmıştır.
- Hazırlanan modelde yapı ile temel arasındaki mesnetler sabit olarak ayarlanmıştır.
- 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu çerçevesinde tarihi yapılardan örnek alabilmek ve test yapabilmek çok zor olduğundan ve alınan örnek yapının tamamını temsil etmeyeceğinden dolayı malzeme değerleri literatürden seçilmiştir. Kullanılan malzeme özellikleri Çizelge 6.3'te verilmiştir.
- Hazırlanan modelde yapı üst örtüsüne kendi ağırlığı haricinde 5 kN/m^2 hareketli yük ve $0,75 \text{ kN/m}^2$ kar yükü etki ettirilmiştir.
- Yapı duvarları yoğunluğu ise taş duvarlar için; 20 kN/m^3 , tuğla duvarlar için; 18 kN/m^3 alınmıştır.
- Hazırlanan sonlu elemanlar modeline, sabit yükler ve deprem spektrumu ile tanımlanan yer hareketinden kaynaklı zorlamaların dikkate alındığı iki ayrı yükleme durumu uygulanmıştır. Spektrum, E_x ve E_y yüklemesi halinde iki ayrı asal doğrultuda uygulanmıştır. Sonuçların kolaylıkla değerlendirilebilmesi için, $0,9G + 1,0 E_x + 0,3 E_y$ ve $0,9G + 1,0 E_y + 0,3 E_x$ olmak üzere iki ayrı yük kombinasyonu tanımlanmıştır.

- Deprem etkilerinin belirlendiği spektral hesapta ilk 250 mod dikkate alınmıştır.
- Sonuçların analizinde, sabit yüklerde herhangi bir azaltma yapılmamıştır ($R=1$).

6.4. Malzeme Parametreleri

Yapı elemanlarının malzeme özellikleri, benzer tarihi yapılar için önceden yapılmış çalışmalar sonucu elde edilmiş ve uluslararası literatürde yer alan çalışmalardan yararlanılarak, yürürlükte olan deprem şartnamesinde yığma yapılar için öngörülen değerler dikkate alınarak tercih edilmiştir. Taş veya tuğla yığma yapı elemanlarının, harç ile tek bir malzeme özelliği gösterdiği kabul edilerek elastisite modülü ve birim ağırlık kabulleri belirlenmiştir.

Deprem şartnamesi Çizelge 6.2’de verilen birim dayanım seviyelerine göre duvar dayanımlarında aşağıdaki değerler kullanılmıştır.

$$\begin{aligned} f_{k_Duvar} &= 3,7 \text{ MPa} \\ f_{k_Minare} &= 2,2 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Güncel Deprem Şartnamesi’ne göre; taşıyıcı duvarların elastisite modülü (E_{duv}) TS EN 1052-1’e göre yapılacak deneyler yolu ile belirlenir. Bu deneylerin yapılmadığı durumlarda E_{duv} değeri yapısal çözümleme için $750 f_k$ değerine eşit alınacaktır. Duvar kayma modülü, G_{duv} elastisite modülünün %40’ı olarak alınacaktır.

$$\begin{aligned} E_{m_Duvar} &= 750 \cdot 3,7 = 2775 \text{ MPa} \\ E_{m_Minare} &= 750 \cdot 2,2 = 1650 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (6.2)$$

Duvar poisson oranı ise aşağıdaki denklem kullanılarak elde edilmiştir.

$$(E/2G)-1 = 0,25 \quad (6.3)$$

Cacabey Medresesi duvarları, kubbesi ve tonoz elemanları itibariyle tamamen taş malzemeden inşa edilmiş bir medresedir. Yapının inşasında kullanılan taş malzemenin kireç taşından olduğu kabul edilmiştir. Yapıdan bağımsız taş bir kaide üzerinde yükselen

minare gövdesi ise tuğla malzemeden oluşmaktadır. Medresede kullanılan malzemeler için çizelgedeki değerler modelleme aşamasında kabul edilmiş ve kullanılmıştır.

Çizelge 6.3. Modelde kullanılan malzemelere ait değerler

Yapı Elemanı	Malzemesi	Eleman Tipi	Elastisite Modülü (MPa)	Öz kütle(kN/m ³)	Poisson Oranı
Duvarlar	Taş	Shell	2775	20,40	0,25
Kubbe	Taş	Shell	2775	20,40	0,25
Tonoz	Taş	Shell	2775	20,40	0,25
Pendantif	Taş	Shell	2775	20,40	0,25
Minare	Tuğla	Shell	1650	18,35	0,25
Ağırlık kulesi	Taş	Frame	2775	20,40	0,25
Minare merdiveni	Taş	Shell	2775	20,40	0,25
Minare merdiven direği	Taş	Frame	2775	20,40	0,25

6.5. Yükler ve Yük Kombinasyonları

Yapı üzerinde tanımlı 5 farklı yük çeşidi bulunmaktadır. Yapının kendi yükü(G), hareketli yükler(Q), kar yükü(S) ve X- Y eksenli deprem yükleri (Ex, Ey) yapıya etki eden yüklerdir.

Hazırlanan model üzerinde bu 5 farklı yükün yönetmeliklerde yer alan katsayılar ile çarpılmış değişik kombinasyonları tanımlanmıştır. Bu kombinasyonlar sırasıyla şu şekildedir:

Kombinasyon 1: 1G

Kombinasyon 2: 1G+1Q

Kombinasyon 3: 1G+1Q+1S

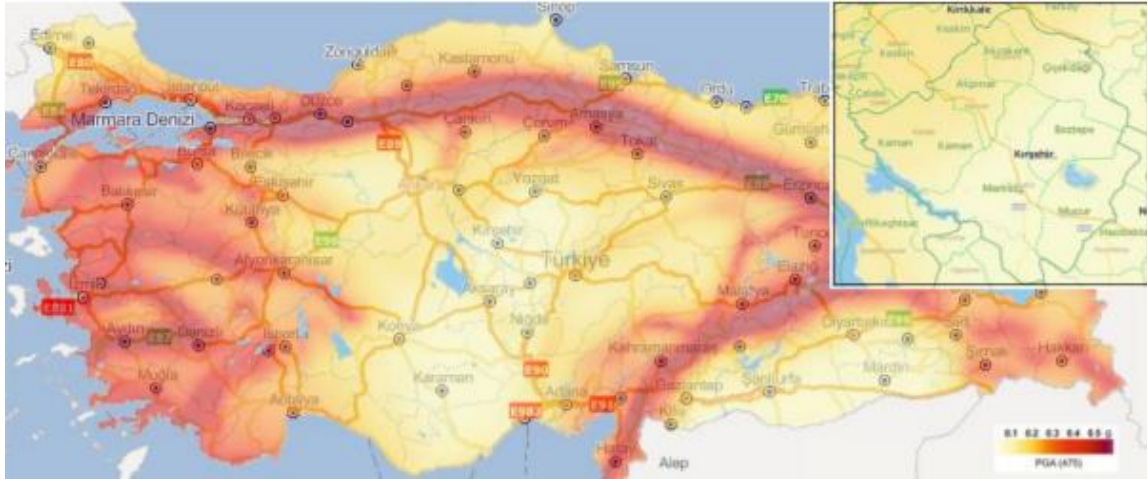
Kombinasyon 4: 0,9G+1,0E_x+0,3E_y

Kombinasyon 5: 0,9G+1,0E_y+0,3E_x

Yük Kombinasyonu; yapı analizi yapıldığı için katsayılar, statik analizde 1,0 olarak belirlenmiştir.

6.6. Bölgenin Deprem Durumu ve Zemin Özellikleri

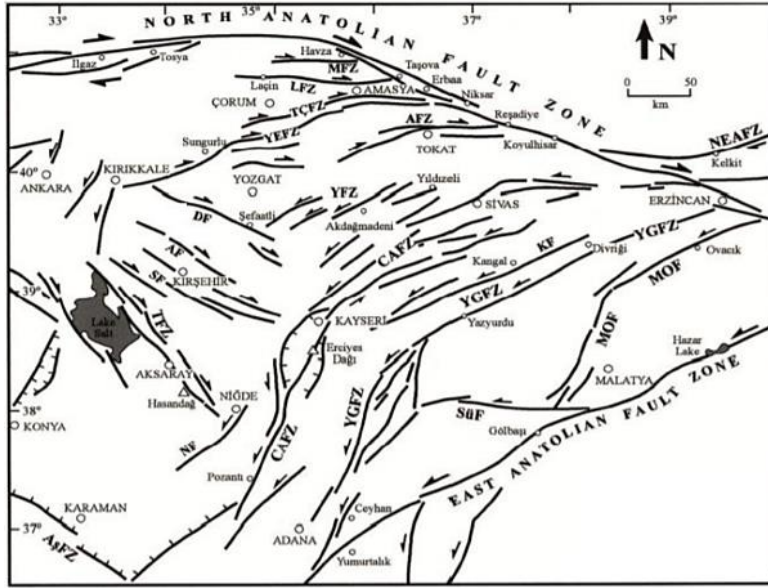
Kırşehir ili 2019 yılına kadar birinci derece deprem bölgesi iken 2019 yılı itibari ile üçüncü deprem bölgesi olarak yeniden düzenlenmiştir. Orta Anadolu üçüncü deprem bölgesi içerisinde yer alan Kırşehir ilinin deprem haritası, Harita 6.1’de gösterilmektedir.



Harita 6.1. Türkiye deprem haritası [47]

Kırşehir ilinin geçirmiş olduğu depremler arasında en etkili olanı 19 Nisan 1938 yılında Richter ölçeğine göre 6,6 şiddetindeki deprem sarsıntısıdır. Deprem il merkezinde fazla etki göstermezken merkeze bağlı Akpınar ve çevre köylerde 2297 binanın yıkılmasına, 2897 binanın hasar görmesine ve toplamda 149 kişinin ölümüne neden olmuştur.

Deprem dış merkezinin alanı 177 km^2 , boyutları ise kuzey-güney doğrultusunda 30 km, doğu-batı doğrultusunda ise 24 km olarak hesaplanmıştır. Deprem sonucunda Akpınar ilçesinin kuzeybatısında 15 km uzunluğunda bir kırık meydana gelmiştir. [48].



Şekil 6.5. Orta Anadolu Bölgesi'nin ana yapısal unsurlarını gösteren harita [47]

Genel olarak Kırşehir ilinde etkili olabilecek faylar; Akpınar Fayı (AF), Salanda Fayı (SF), Tuz gölü Fay Zonu (TFZ), Yıldızeli Fay Zonu (YFZ), Orta Anadolu Fay Zonu (CAFZ) olarak ifade edilebilir. Orta Anadolu ve yakın çevresinin yapısal unsurları Şekil 6.5'te verilmiştir [47].

Orta Anadolu bölgesinde yer alan fayların deprem üretme potansiyeli düşük seviyelerde olmasına rağmen, bu bölgede yaşanmış önemli depremler bu kanının doğru olmadığını belgelemektedir. 19 Nisan 1938 Akpınar depremi, Kırşehir ili için yapılacak kayıp tahmin analizlerinde önemli bir yere sahiptir ve bu bölgenin depremselliğini kanıtlar niteliktedir.

7. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Yapının dış etkiler, sabit ve hareketli yükler karşısında gösterdiği dayanımın daha iyi anlaşılabilmesi için iki farklı analiz türü altında davranışı değerlendirilmiştir. Statik analiz kapsamında, yapının düşey yükler etkisinde performansı incelenirken dinamik analiz kapsamında yatay yükler karşısında performansı incelenmiştir.

7.1. Statik Analiz

Statik analiz yapının düşey yükler altında verdiği tepkinin incelenmesidir. Yapılan bu analiz yapıda düşey yükler altında oluşabilecek gerilmelerin dağılımını, düzlem dışı hareketleri, hasarı ve yer değiştirmeleri göstermektedir. Analiz sonucunda düşeydeki yüklerin yapıda ne gibi bir hasar oluşturacağı görülür ve gerekli tedbirlerin alınması sağlanır. Düşey yükler adı altında yapının kendi yükü (G), yapıda bulunan hareketli yükler(Q) ve kar yükleri(S) gösterilebilir.

Hareketli yükler ve kar yükleri, sabit yükler ile karşılaştırıldığında daha düşük bir etkiye sahiptir. Tez kapsamında düşey yükler altında yapılacak olan analizde sabit yükler, hareketli yükler ve kar yükü birlikte hesaplanmıştır. Bu bağlamda yapının kendi ağırlığı altındaki analizi hesaplanırken yapının kütlesi, yerçekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/sn}^2$) ile çarpılarak yapıya etki eden sabit yükler(G) elde edilmiş, üst örtüde hareketli yükler 5 kN/m^2 olarak hesaba katılmıştır. Kar yükü hesaplamasında tonoz ve kubbe elemanlara kar yükü eklenmiştir. $0,75 \text{ kN/m}^2$ olarak bulunan kar yükünün hesap yöntemi aşağıda gösterilmektedir.

1. derece kar yağış bölgesinde yer alan yapı için etkin kar yükü 75 kg/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Etkin kar yükü Eş.7.1'deki eşitlik ile bulunmaktadır.

$$S = C_e \times C_t \times S_k \times \mu_i \quad (7.1)$$

$C_e = 1,0$ (topografik bölge normal)

$C_t = 1,0$ (ısı katsayısı)

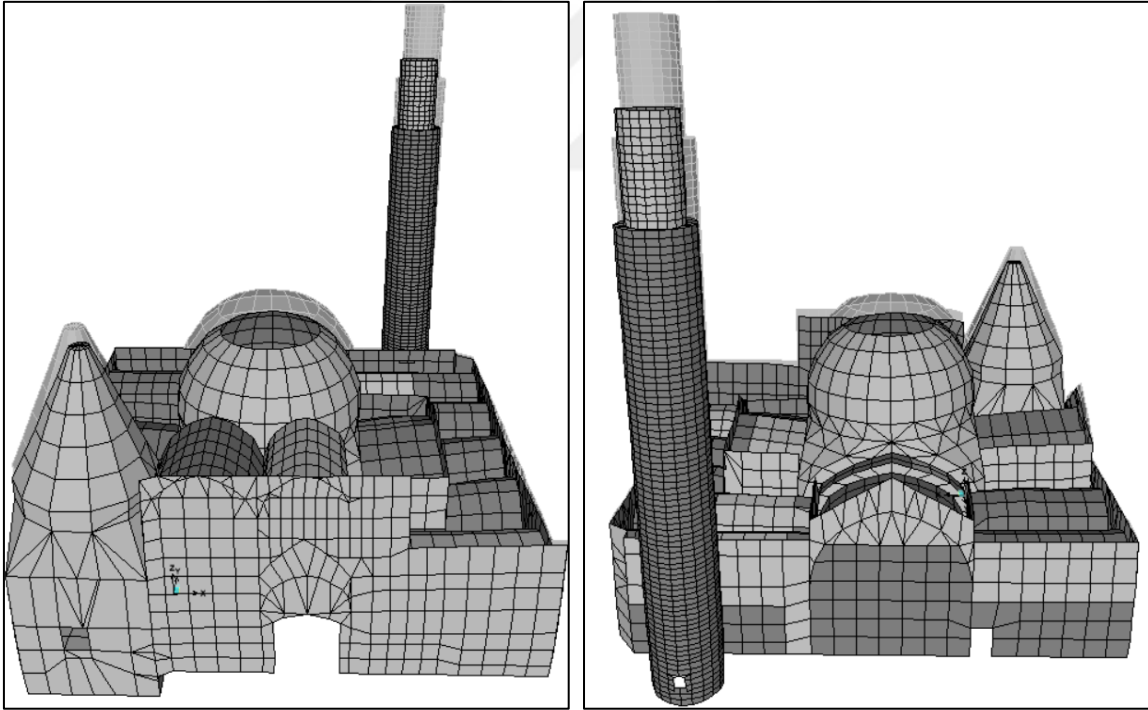
$S_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

μ değeri yapı formu gereği etrafında veya çatısında birikim olmayacağı için bütün yük alanları için 1,0 olarak alınmıştır;

$$1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,75 = 75 \text{ kg/m}^2 \quad (7.2)$$

Tarihi yapılar, genel itibariyle düşey yükler altında iyi performans sergilemektedirler. Bu çalışmada da beklenti düşey yükler altında herhangi bir sorun olmaması yönündedir. Bazı durumlarda yapının aldığı hasarlar düşey yükleri taşımasını zorlaştırmaktadır. Çalışma konusu olan yapıda bu tarz bir hasara rastlanmadığı için güncel durumdaki halinin, analiz aşamasında meydana gelebilecek dağılma gerilmelerini doğru bir şekilde göstermesi beklenmektedir.

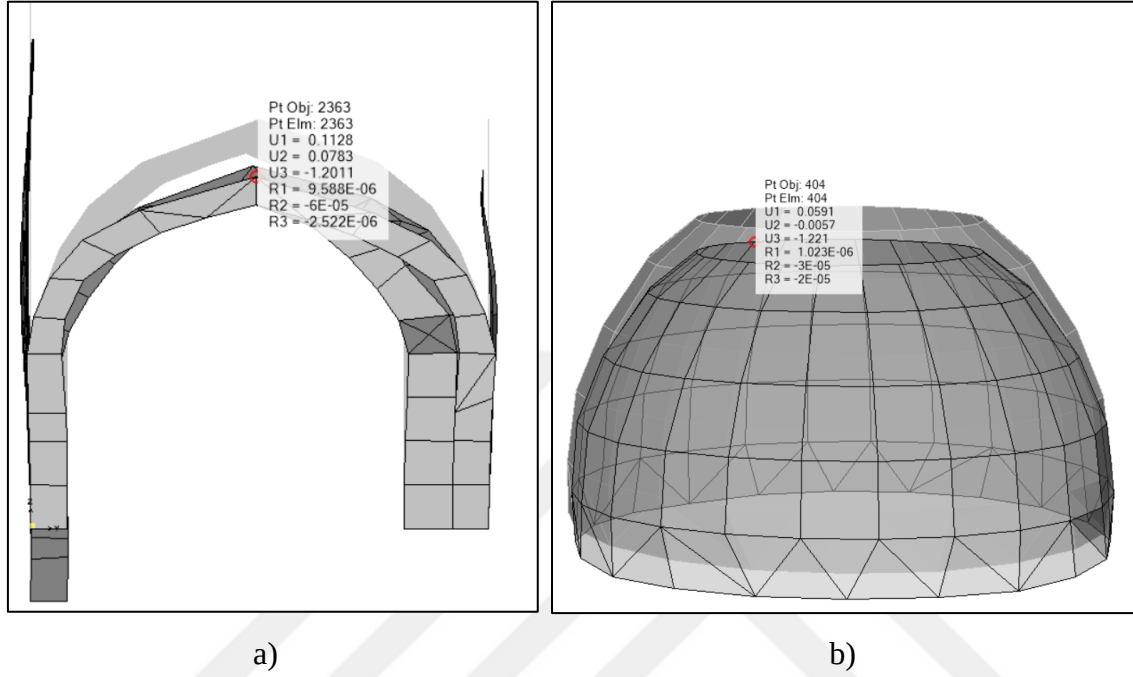
Şekil 7.1' de yapının düşey yükler altında deformasyona uğramış hali gösterilmektedir.



Şekil 7.1. Yapının düşey yükler altındaki deformasyon şekli

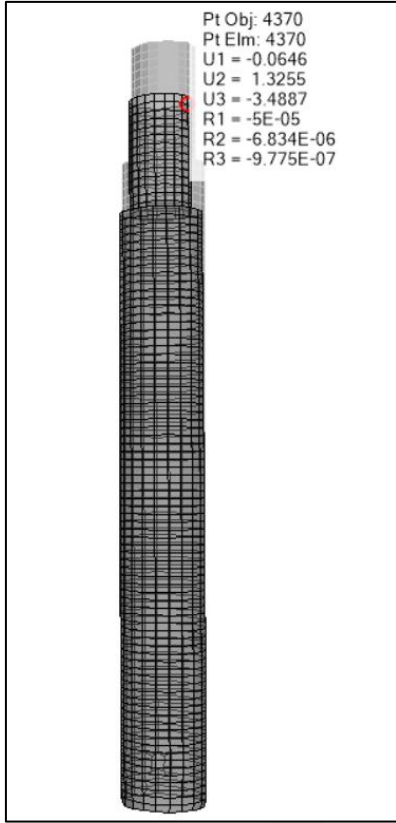
Yapı ana kütleğinde meydana gelen maksimum yerdeğiştirmeler, duvar elemanlara kıyasla kubbe ve külah üst örtüsünde, tonoz elemanların birleşim yerlerinde görülmektedir. Yapıda en fazla yer değiştirme gösteren yerlerden biri kubbe elemanıdır. Düşey yönde 1,22 mm'lik bir yer değiştirme sergilemektedir (Şekil 7.2b). Düşey yükler altında yapıda en çok

yer değiştirme sergileyen yerlerden biriside kemer elemanlardır. Üzerine gelen yükler altında en fazla tepe noktasında deformasyona uğradığı ve düşey yönde 1,2 mm yer değiştirme yaptığı görölmektedir (Şekil 7.2a).



Şekil 7.2. Düşey yükler altında kemer ve kubbe elemanı deformasyon şekli; a) Kemer elemanı, b) Kubbe elemanı

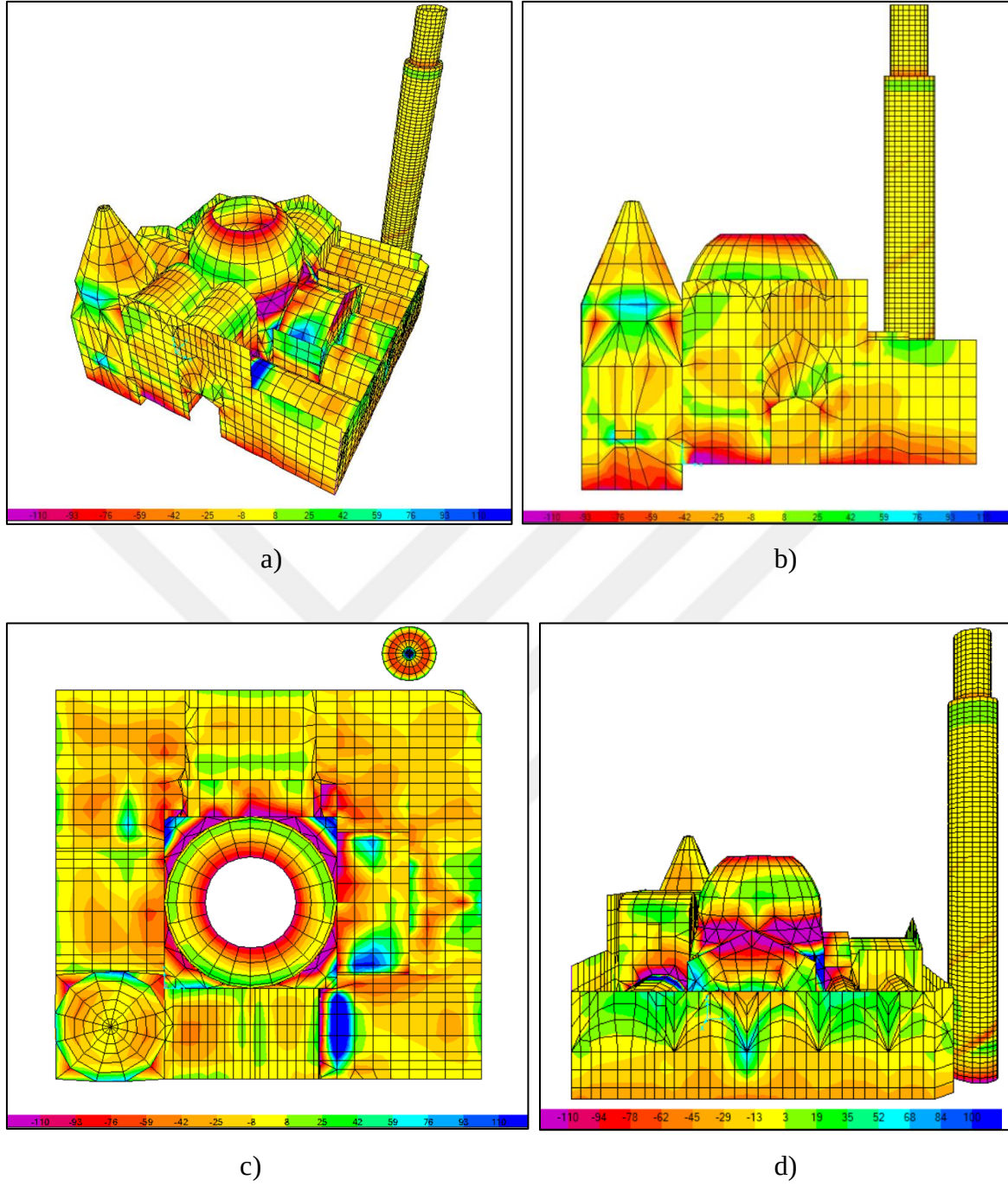
Yapıdan ayrı bulunan minare elemanı ise narin yapısından ve herhangi bir yapı elemanı ile desteklenmediğinden dolayı en fazla yer değiştirmeye sahiptir. Minare elemanı düşey yönde 3,5 mm yer değiştirme yapmaktadır (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. Düşey yükler altında minare elemanı deformasyon şekli

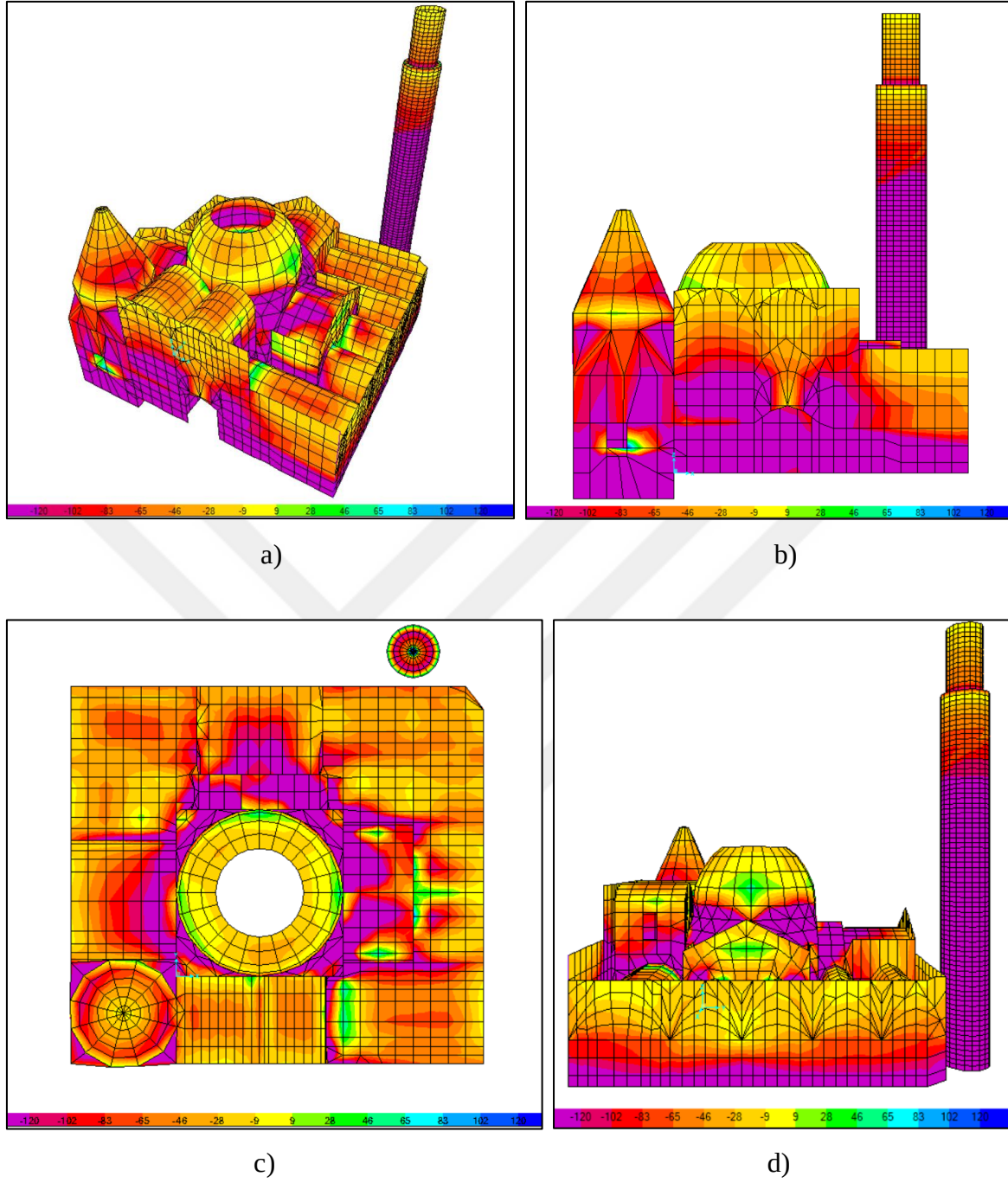
Statik yükler altındaki gerilme dağılımlarına bakıldığında ise, yapı çoğunlukla basınç gerilmelerine karşı çalışırken birtakım yerlerde çekme gerilmeleri de gözlemlenmektedir. Yapıda meydana gelen gerilmeler kubbenin tonozlara ya da kemerlere oturduğu yerlerde, duvar birleşimlerinde, pendentiflerde ve külahın duvar ile birleştiği yerlerde artmakta, ayrıca taç kapıda ve pencere açıklıklarında da çekme gerilmelerine rastlanmaktadır. Özellikle kubbe elemanı, üzerine gelen düşey yük altında dışarıya doğru açma hareketi yapmakta, bu nedenle buralarda çekme gerilmeleri görülmektedir ve bu normaldir.

S11 gerilmeleri altında yapıda pencere kenarlarında +0,1 MPa, külah birleşim yerlerinde +0,11 MPa, pendentiflerde +0,16 MPa, Z14 eyvanına ait kırma çatının duvar elemanı ile birleşim yerinde +0,11 MPa ve Z16 hücresine ait tonozun duvar ile birleşim yerinde +0,28 MPa çekme gerilmeleri görülmektedir (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. Düşey yükler altında S11 gerilme diyagramı (G+Q+S); a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş, d) Yan görünüş

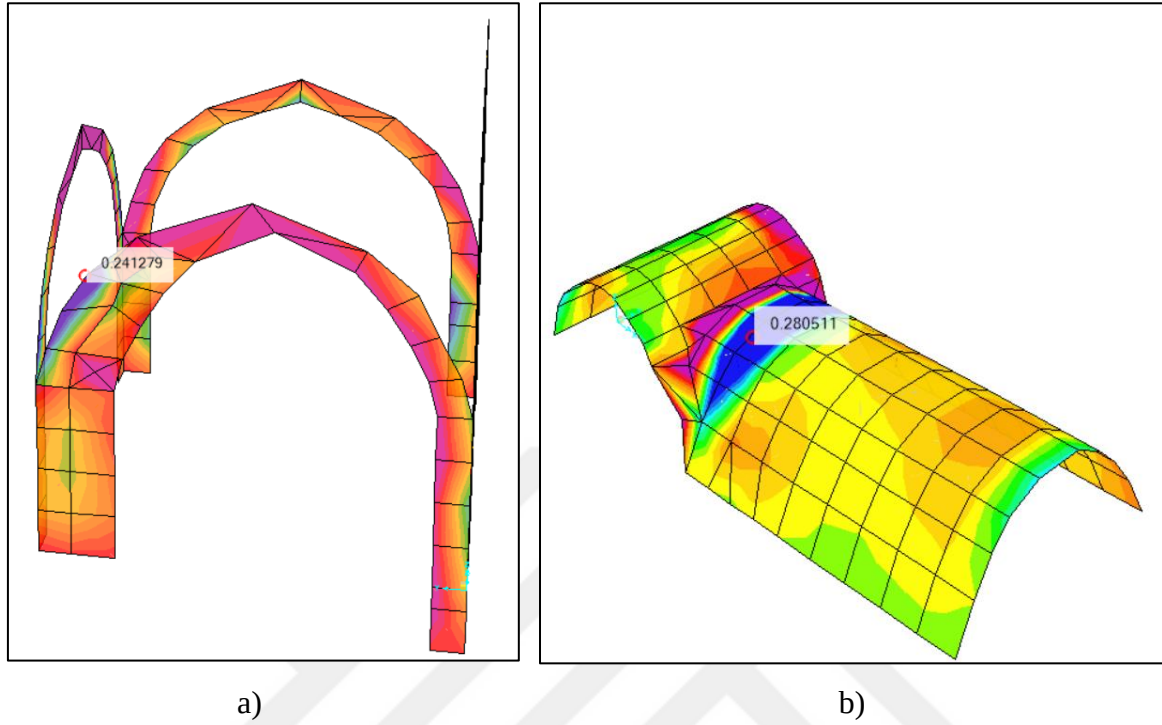
S22 gerilmeleri altında ise yapıda, ana kubbenin pandantifler ile birleşim yerlerinde +0,14 MPa ve Z12-Z13 hücrelerine ait tonozların duvar elemanı ile birleşim yerlerinde +0,11 MPa çekme gerilmeleri görülmektedir (Şekil 7.5).



Şekil 7.5. Düşey yükler altında S22 gerilme diyagramı (G+Q+S); a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş, d) Yan görünüş

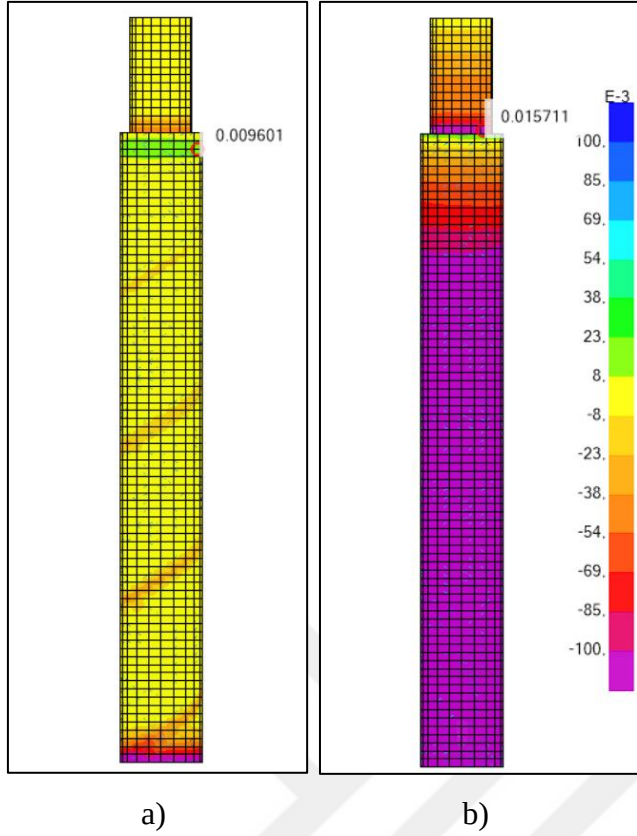
Bu gerilmeler arasında en riskli olan Z16 hücresine ait tonozun duvar elemanı ile birleşim yeridir (Şekil 7.6a). Tonoz eleman düşey yük altında eğilmeye çalışırken duvar eleman sabit kalmaya çalışmaktadır. Bu durum +0,28 MPa değerinde bir çekme gerilmesine sebebiyet vermektedir. Emniyet gerilmesi sınırına yaklaşmasından kaynaklı olarak ilerleyen zamanlarda bu kısımda çatlaklar meydana gelebilir. Ayrıca yapıda bulunan kemer

elemanları da risk teşkil eden alanlardan sayılabilir. Burada biriken $+0,24$ MPa çekme gerilmesi ileride hasar oluşumuna neden olabilir (Şekil 7.6b).



Şekil 7.6. Düşey yükler altında gerilmelerin en fazla olduğu yerler (G+Q+S); a) Kemer elemanı, b) Tonoz elemanı

Minareye baktığımızda ise en fazla çekme gerilmelerinin gövde ve petek elemanı birleşimlerinde olduğu görülmektedir. Fakat bu gerilmeler risk teşkil edecek düzeyde değildir (Şekil 7.7). Genel olarak bakıldığında simetrik olmayan geçişlerin olduğu yerlerde gerilme birikimleri mevcuttur.



Şekil 7.7. Düşey yükler altında minare gerilme diyagramı (G+Q+S); a)S11 gerilmeleri, b)S22 gerilmeleri

Yapıya bütünüyle bakıldığında; düzensiz plan geometrisine sahip olan ve büyük bir alana yayılan tarihi yığma yapıda statik yükler altında oluşan gerilmeler, emniyet gerilmeleri sınırını aşmayacak niteliktedir ve risk oluşturmamaktadır. Yapıya etki eden bu yükler elemanlarda genel olarak hasara sebebiyet verecek düzeyde olmasa da elde edilen analizler aracılığı ile yapıdaki kritik bölgeler belirlenebilmektedir.

7.2. Dinamik Analiz

Dinamik analiz yöntemi, yapının zamana bağlı değişen yükler altında davranışının incelenmesidir. Yapılan çalışmada tepki spektrum analizi türü altında yapı davranışı tespit edilmeye çalışılmıştır. Öncelikle yapının modal analizi yapılarak en fazla kütle katılım oranlarına sahip modlar tespit edilmiş ardından tepki spektrumu analizi ile deprem yükleri karşısında davranışı incelenmiştir. Dinamik yükler, kombinasyonlarda yapının sabit yükü ile birlikte etki ettirilmiştir.

Modal analiz

Modal analiz, yapının mod şekillerini, kütle katılım oranlarını ve serbest titreşim periyotlarını tespit etmek amacıyla kullanılan bir analiz şeklidir. Bir serbest titreşim periyoduna ait mod biçimindeki titreşimin yapının toplam kütlesinin ne kadarını harekete geçirdiği ve salınıma dahil edebildiği kütle katılım oranı ile belirlenmektedir [5].

Yapı üzerinde deprem etkilerinin tam olarak hesaplanabilmesi için *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 4.8.1.2. maddesine* göre kütle katılım oranının en az %95 olması gereklidir. Bu sebeple Cacabey Medresesi modelinin deprem analizinde ilk 250 mod hesaplanmıştır. İlk 100 moda ait kütle katılım oranlarının listelendiği ve en yüksek katılım oranına sahip olan modların işaretlendiği liste, Çizelge 7.1. ile gösterilmiştir.

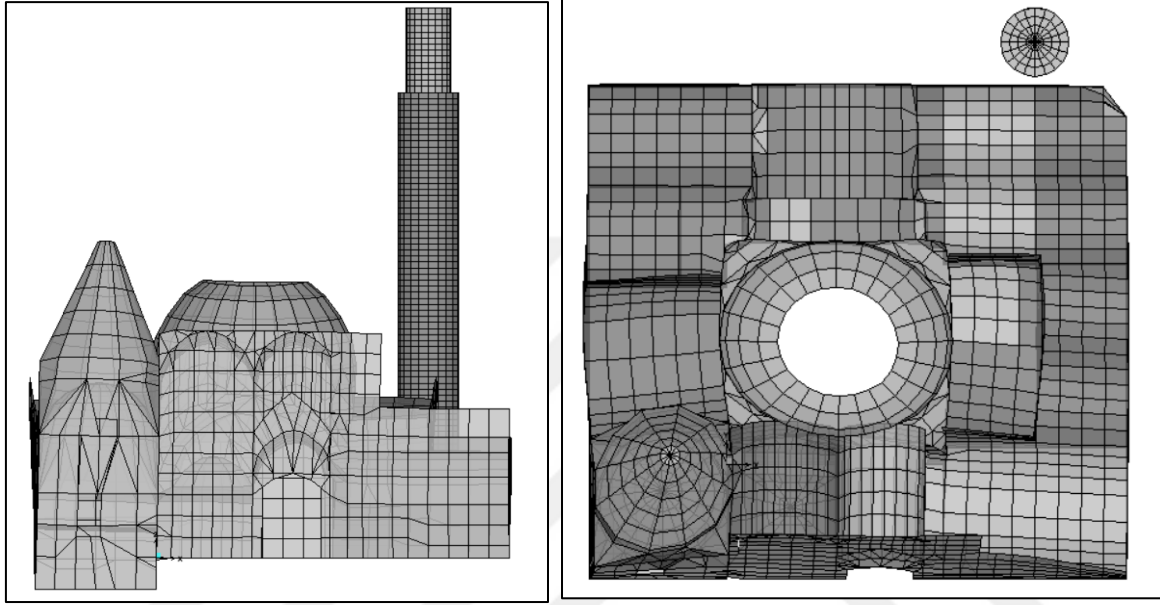
Çizelge 7.1. Kütle katılım oranları Mod 1-50

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	
MODAL	Mode	1	1,486503	3,909E-07	0,03728	0,000000103	
MODAL	Mode	2	1,47202	0,03713	3,971E-07	5,697E-10	
MODAL	Mode	3	0,277864	8,056E-07	0,01248	0,000001362	
MODAL	Mode	4	0,276691	0,01261	8,114E-07	2,25E-09	
MODAL	Mode	5	0,203496	8,827E-08	7,471E-08	1,278E-08	
MODAL	Mode	6	0,18625	0,004765	0,39	0,00009666	
MODAL	Mode	7	0,149312	0,36	0,004001	0,00005848	
MODAL	Mode	8	0,14128	2,769E-08	7,828E-07	0,04929	
MODAL	Mode	9	0,131877	0,1	0,002834	0,00003826	
MODAL	Mode	10	0,12175	0,004055	0,00002134	7,588E-08	
MODAL	Mode	11	0,121674	0,00002221	0,00391	0,00002131	
MODAL	Mode	12	0,118306	0,03301	0,16	0,0000022	
MODAL	Mode	13	0,113314	0,05253	0,01294	5,676E-07	
MODAL	Mode	14	0,105599	0,0006561	0,003865	0,0004501	
MODAL	Mode	15	0,098113	0,001792	0,00002911	0,001791	
MODAL	Mode	16	0,094316	0,004909	0,02222	0,001108	
MODAL	Mode	17	0,092468	0,05793	0,007581	0,01875	
MODAL	Mode	18	0,089891	0,008569	0,01094	0,006625	
MODAL	Mode	19	0,087369	0,002226	0,002014	0,01375	
MODAL	Mode	20	0,085624	0,0001087	0,04748	0,03126	
MODAL	Mode	21	0,083383	0,0008964	0,01044	0,005734	
MODAL	Mode	22	0,082351	0,009069	0,000003044	0,000153	
MODAL	Mode	23	0,082003	0,002057	0,00002628	1,185E-10	
MODAL	Mode	24	0,081808	0,00002752	0,001967	0,000000134	
MODAL	Mode	25	0,080236	0,003196	0,001382	0,01358	
MODAL	Mode	26	0,076921	0,001529	0,01828	0,04627	
MODAL	Mode	27	0,076405	0,006126	0,0000612	0,03321	
MODAL	Mode	28	0,072891	0,01442	0,0003552	0,04056	
MODAL	Mode	29	0,072088	0,007478	0,0211	0,0007082	
MODAL	Mode	30	0,071794	0,004839	0,0005196	0,007786	
MODAL	Mode	31	0,071296	0,006629	0,003793	0,00278	
MODAL	Mode	32	0,069242	0,02245	0,001654	0,0813	
MODAL	Mode	33	0,06875	0,000002239	2,624E-07	4,377E-09	
MODAL	Mode	34	0,068589	2,531E-09	8,124E-10	2,352E-10	
MODAL	Mode	35	0,068588	2,053E-10	2,176E-09	1,366E-10	
MODAL	Mode	36	0,068558	0,004159	0,00004265	0,005551	
MODAL	Mode	37	0,06741	0,0003051	0,00103	0,00127	
MODAL	Mode	38	0,065648	0,02608	0,00319	0,001077	
MODAL	Mode	39	0,06408	0,01585	4,588E-07	0,06456	
MODAL	Mode	40	0,062757	0,0151	0,005571	0,001095	
MODAL	Mode	41	0,062269	0,00004053	0,002258	8,167E-09	
MODAL	Mode	42	0,061532	0,00128	0,003189	0,0002046	
MODAL	Mode	43	0,061424	0,002227	0,004934	0,00165	
MODAL	Mode	44	0,059237	0,0001012	0,003744	0,03008	
MODAL	Mode	45	0,058702	0,001846	0,000002031	7,439E-10	
MODAL	Mode	46	0,058373	0,00000224	0,001782	6,875E-07	
MODAL	Mode	47	0,058247	0,0001321	0,01232	0,01743	
MODAL	Mode	48	0,057472	0,0002651	0,0003469	0,008583	

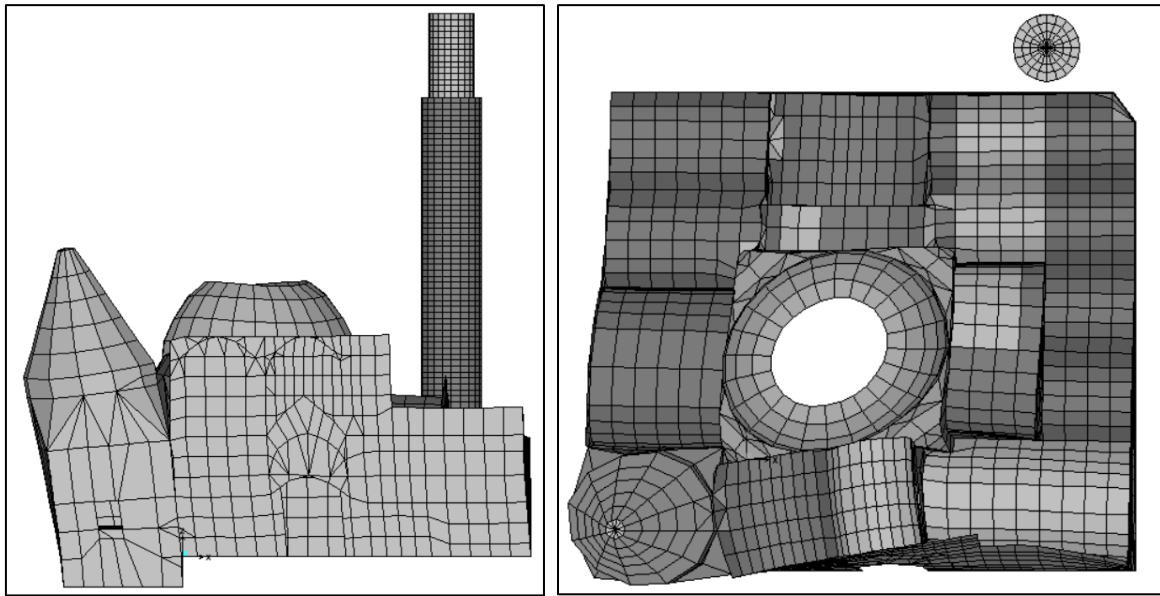
Çizelge 7.1. (devam) Kütle katılım oranları Mod 50-100

MODAL	Mode	49	0,056943	0,009129	0,007226	0,0002634
MODAL	Mode	50	0,056174	0,003402	0,007049	0,01178
MODAL	Mode	51	0,05524	0,0002133	0,005261	0,002301
MODAL	Mode	52	0,054218	0,0008355	0,02532	0,000001868
MODAL	Mode	53	0,053648	0,000002348	0,0004178	0,004684
MODAL	Mode	54	0,053067	1,951E-07	0,000002751	0,0001313
MODAL	Mode	55	0,051692	0,0004062	0,00008607	0,006457
MODAL	Mode	56	0,051258	0,000003439	0,003954	0,0001908
MODAL	Mode	57	0,05079	0,0007513	0,0001377	0,00168
MODAL	Mode	58	0,050261	0,001265	0,0002537	0,00004321
MODAL	Mode	59	0,049354	0,00329	0,00007586	0,001463
MODAL	Mode	60	0,048802	0,00093	0,000003725	0,00007595
MODAL	Mode	61	0,048394	0,000009909	0,001611	0,0001589
MODAL	Mode	62	0,04813	1,637E-07	0,000000495	0,005429
MODAL	Mode	63	0,047762	0,003259	0,00001383	0,004921
MODAL	Mode	64	0,047097	0,002284	0,0003487	0,001562
MODAL	Mode	65	0,046904	0,00007288	0,00008441	0,0001714
MODAL	Mode	66	0,046633	0,0002045	0,00008149	0,0002491
MODAL	Mode	67	0,046248	0,00007565	0,0001333	0,00005924
MODAL	Mode	68	0,045938	0,01572	3,108E-09	0,004477
MODAL	Mode	69	0,045297	0,0009257	0,002898	0,00005622
MODAL	Mode	70	0,045187	0,0004446	0,001155	0,02178
MODAL	Mode	71	0,044703	0,0001382	0,000132	0,0005358
MODAL	Mode	72	0,044694	0,000009396	0,000009744	0,000153
MODAL	Mode	73	0,044274	0,0005177	0,00308	0,00002485
MODAL	Mode	74	0,044016	0,001655	0,001995	0,003187
MODAL	Mode	75	0,043977	0,0001187	0,00004367	5,381E-07
MODAL	Mode	76	0,043715	0,0004889	0,0002663	0,0006941
MODAL	Mode	77	0,043335	0,001055	0,00003199	0,000000512
MODAL	Mode	78	0,043204	0,004225	0,001891	0,001879
MODAL	Mode	79	0,043026	0,000009976	0,00109	5,819E-07
MODAL	Mode	80	0,042993	8,352E-08	0,000842	0,007494
MODAL	Mode	81	0,042943	0,0005021	0,0001339	0,009479
MODAL	Mode	82	0,042506	0,0006388	0,0008119	0,005754
MODAL	Mode	83	0,042047	0,00008364	0,0001465	0,004
MODAL	Mode	84	0,041521	0,00001468	0,00001308	0,01871
MODAL	Mode	85	0,041301	0,0003982	0,0002525	0,002574
MODAL	Mode	86	0,041109	0,0001668	0,000002449	0,008668
MODAL	Mode	87	0,040781	0,00002987	1,608E-07	7,151E-08
MODAL	Mode	88	0,040724	5,327E-08	0,00004216	1,683E-08
MODAL	Mode	89	0,040496	0,001585	0,001351	0,002899
MODAL	Mode	90	0,040271	0,0003739	0,00002563	0,005427
MODAL	Mode	91	0,040119	0,0006509	0,0009146	0,02874
MODAL	Mode	92	0,039928	0,00009085	0,0009603	0,003028
MODAL	Mode	93	0,039601	0,001158	0,0002116	0,002365
MODAL	Mode	94	0,039433	0,00141	0,003214	0,0004862
MODAL	Mode	95	0,039346	0,000326	0,001286	1,839E-07
MODAL	Mode	96	0,039205	0,0000907	0,000006252	1,207E-08
MODAL	Mode	97	0,039183	0,000006107	0,00008533	4,663E-09
MODAL	Mode	98	0,039079	0,0001438	0,001082	0,0004518
MODAL	Mode	99	0,038782	0,0001037	0,001122	0,001329
MODAL	Mode	100	0,03855	0,000003503	0,001131	0,003269

Yapının modal analizleri sonucunda ilk 250 modda X yönünde ve Y yönünde toplam kütle katılım oranları her iki yön içinde %95'e yakındır. Yapının katılım oranı oldukça yüksektir. X yönünde en fazla kütle katılım oranının izlendiği modun, %36 katılım oranı ile 7 numaralı mod olduğu görülürken, Y yönünde en fazla kütle katılım oranının izlendiği mod ise %39 katılım oranı ile 6 numaralı mod olmuştur (Şekil 7.8, Şekil 7.9).

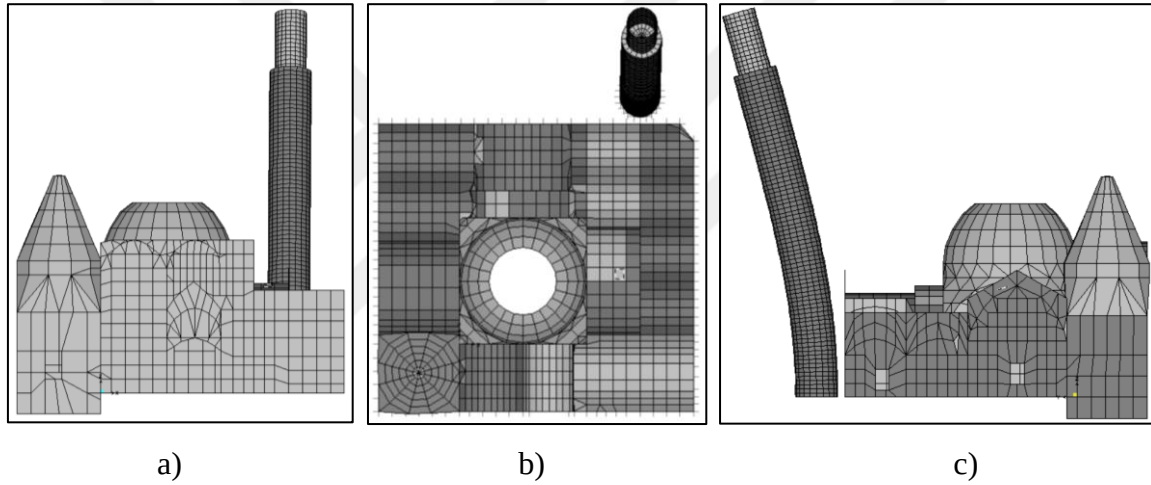


Şekil 7.8. Mod 6, Y yönünde en fazla katılım olan mod $T=0,18622$, $f=5,37011$

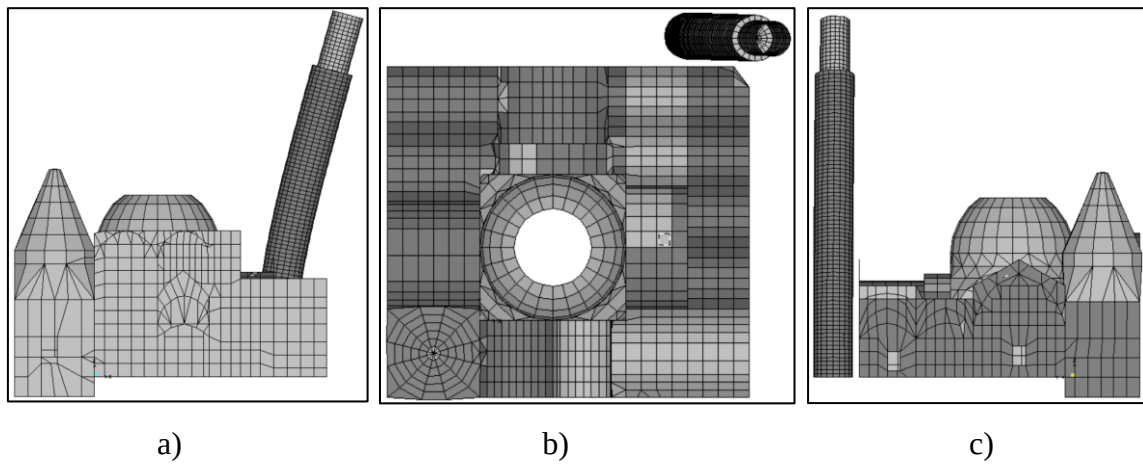


Şekil 7.9. Mod 7, X yönünde en fazla katılım olan mod $T=0,14926$, $f=6,69987$

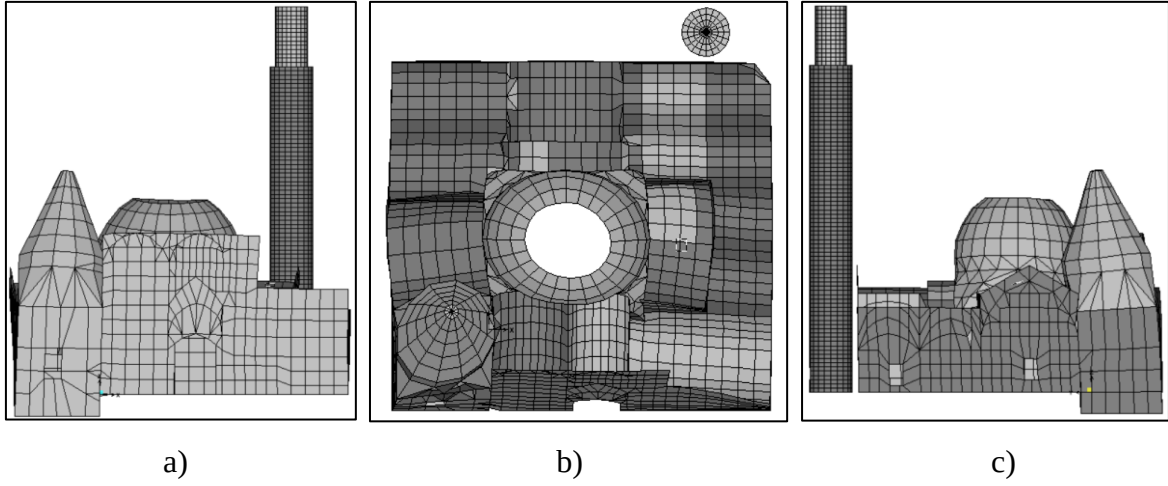
Modal çözümleme sonucunda hesaplanan yapı serbest titreşim modlarından en çok katılım oranına sahip olanların titreşim şekilleri aşağıda verilmiştir. Ana yapıya oranla daha ince ve narin bir yapıya sahip olan minare elemanının ilk modlara hâkim olduğu görülmektedir. İlk iki mod, minareye ait X ve Y doğrultusundaki yanal ötelenmeleri göstermektedir (Şekil 7.10, 7.11). Altıncı mod ana kütlelinin Y doğrultusunda katılım oranına en fazla sahip olduğu moddur ve bu doğrultuda yapıda meydana gelen en büyük yer değiştirme hareketini sergilemektedir (Şekil 7.12). Yedinci mod ise ana kütlelinin X doğrultusunda en fazla katılım gösteren modudur ve bu doğrultudaki en büyük yer değiştirmeye sahiptir (Şekil 7.13). Dokuzuncu ve on ikinci modlar ise sırasıyla Y ve X doğrultusunda ana yapının, ikinci en fazla katılım gösterdikleri modlarıdır (Şekil 7.14, 7.15).



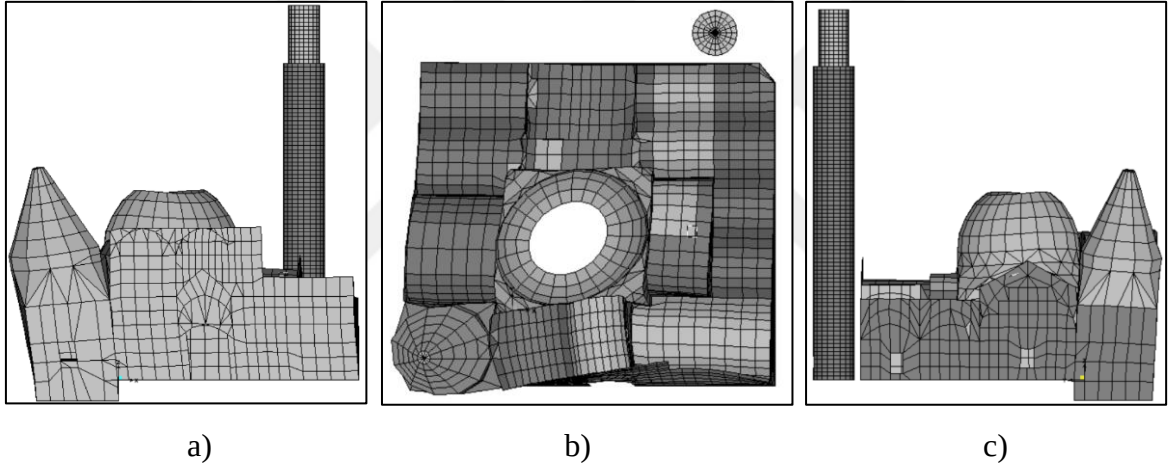
Şekil 7.10. Mod 1: Minarenin Y doğrultusunda yanal hareketi, T:1,47177; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş



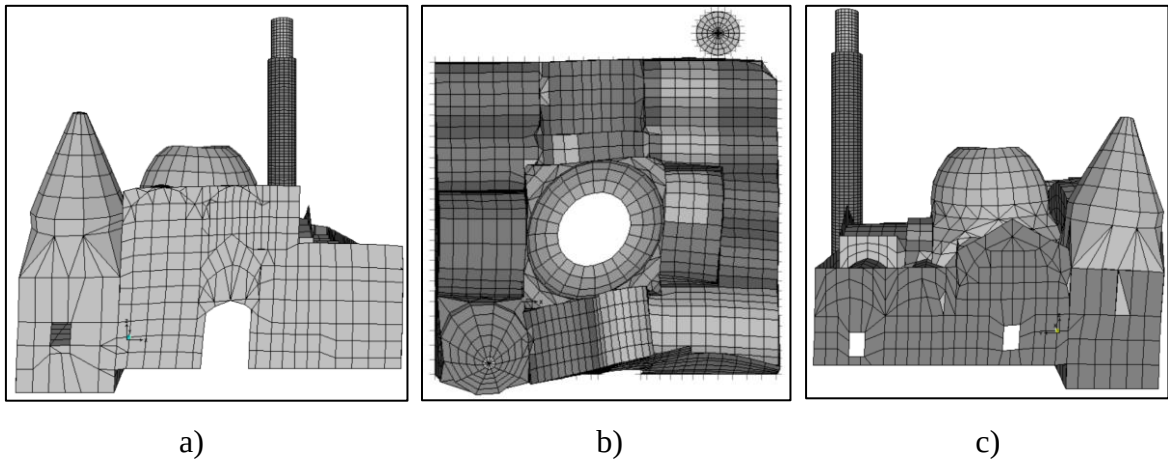
Şekil 7.11. Mod 2: Minarenin X doğrultusunda yanal hareketi, T:1,45585; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş



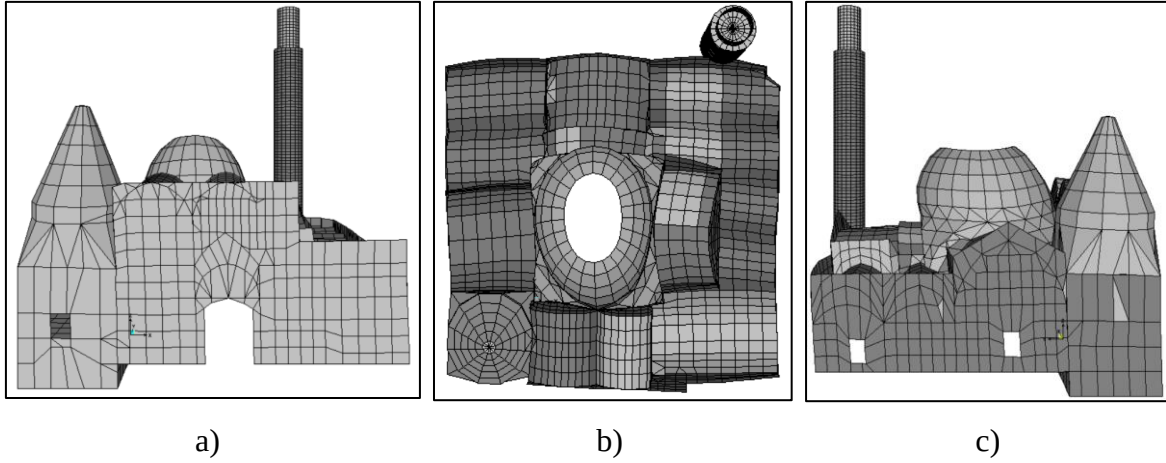
Şekil 7.12. Mod 6: Ana yapının Y doğrultusunda yanal hareketi, T: 0,18622; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş



Şekil 7.13. Mod 7: Ana yapının X doğrultusunda yanal hareketi, T: 0,14926; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş



Şekil 7.14. Mod 9: Ana yapının X doğrultusunda yanal hareketi, T: 0,13188; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş



Şekil 7.15. Mod 12: Ana yapının Y doğrultusunda yanal hareketi, T: 0,27488; a) Ön görünüş, b) Üst görünüş, c) Yan görünüş

Katılımın yoğun olduğu bu modlar, yapının simetrik olmayan, kat yüksekliğinden kaynaklı olarak tonoz ya da duvar elemanlar ile desteklenmeyen bölümlerinin daha fazla salınım maruz kalacağını göstermektedir. Buralar ise özellikle kümbet elemanının bulunduğu kısım ve ana kubbedir.

Tepki spektrumu analizi

Tepki spektrumu analizi, yapıya etki eden deprem yükünün şiddetini algılayabilmek için kullanılan bir yöntemdir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nden alınan deprem hareketi spektrumu ile yapının deprem anında verdiği tepkiler tespit edilebilmektedir. Yapılan bu spektrum analizinde kullanılan değerler yapının bulunduğu il ve bölge koşulları dikkate alınarak belirlenmiştir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere 4 farklı deprem tipi yer almaktadır.

- DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitilemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
- DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer

hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

- DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.
- DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

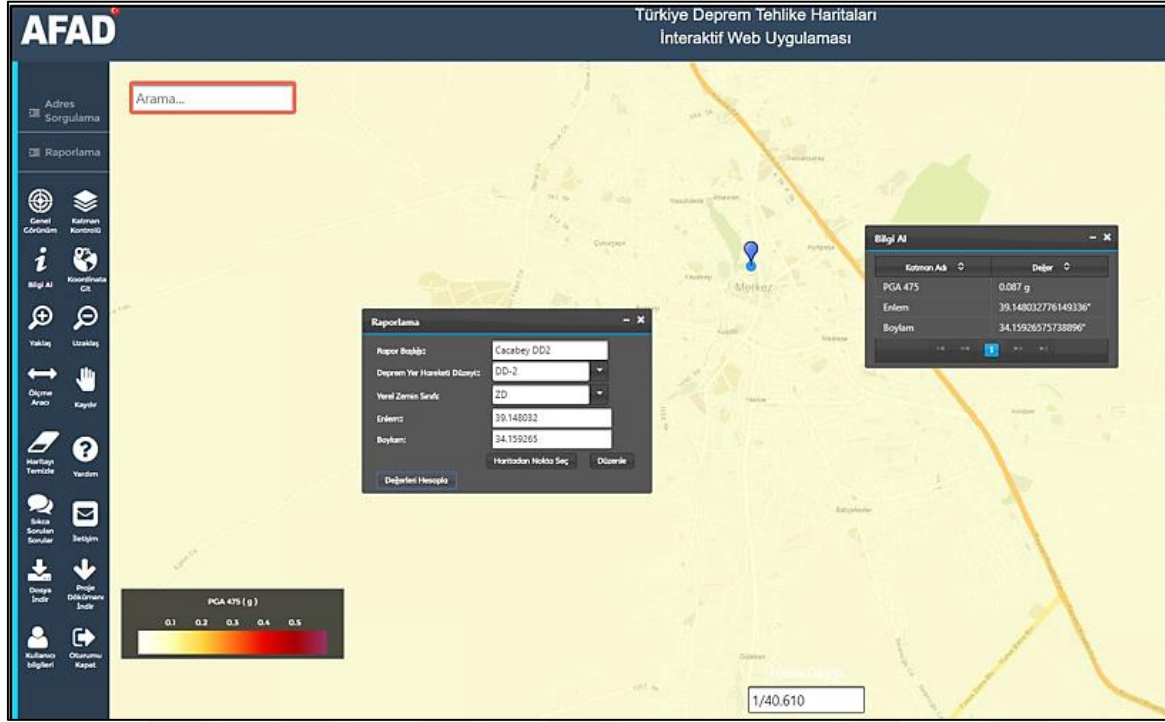
Cacabey Medresesi'nin bulunduğu bölgeye ait deprem sıklığı ve güvenli bölgede kalma düşüncesi göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmada DD-2 deprem yer hareketi kullanılmıştır.

Medreseye ait geçmiş yıllarda yapılmış zemin etüdü çalışması bulunmadığından yakın çevrede bulunan binalara ait zemin etüdü raporlarından yararlanılmıştır. Elde edilen raporlara göre bölgeye ait yerel zemin sınıfı ZD (Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.2. Yerel zemin sınıfları TBDY 2018

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 m'de ortalama		
		(Vs)30 [m/s]	(N60)30 [darbe/30 cm]	(Cu)30 [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500		
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760-1500		
ZC	Çok sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı- sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($Cu < 25$ kPa) içeren profiller	<180	<15	<70
ZF	Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler, (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması ile yapının bulunduğu bölgedeki zeminin depreme karşı tepkisini gösteren değerler temin edilmiştir. Kullanılan uygulama ve uygulamada kullanılan veriler Resim 7.1’de gösterilmektedir.



Resim 7.1. Yapının bulunduğu zemine ait AFAD verileri

AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, girilen veriler neticesinde detaylı ve güncel bir rapor oluşturmaktadır. Bu rapor, tepki spektrumu fonksiyon grafiğinin oluşturulmasında kullanılan S_s , S_1 , S_{DS} , S_{D1} ve PGA değerlerini içermektedir AFAD uygulamasının oluşturduğu rapor Resim 7.2’de gösterilmektedir.

$$S_s = 0.200$$

$$S_1 = 0.068$$

$$S_{DS} = 0.320$$

$$S_{D1} = 0.163$$

$$PGA = 0.087$$

$$PGV = 5.738$$

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

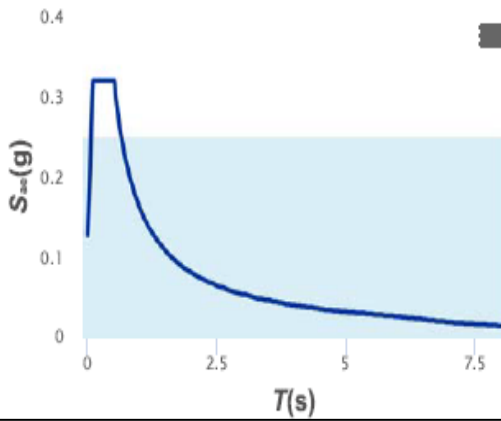
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

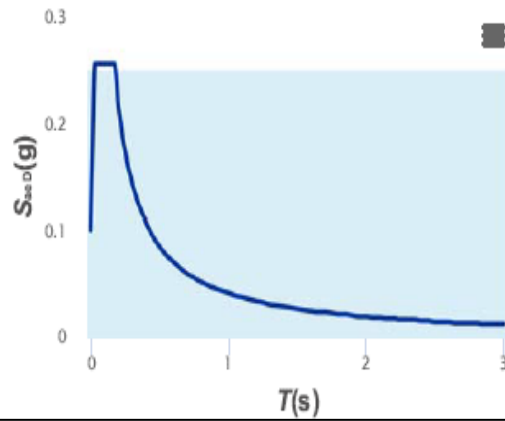
PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Resim 7.2. Cacabey Medresesi, Kırşehir ili deprem haritası bilgisi

Mevcut binanın kullanım amacı ibadethane olup insanların kısa süreli ve yoğun olarak bulundukları binalar kategorisinde bulunması sebebiyle TBDY-2018'de Tablo 3.1 burada Çizelge 7.3'e göre Bina Kullanım Sınıfı 2 olarak, dolayısıyla Bina önem katsayısı 1,2 olarak seçilmiştir.

Çizelge 7.3. Bina kullanım sınıfları TBDY 2018

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (<i>I</i>)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1,2
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1

Yapılan deprem hesabı sonucunda elde edilen tüm veriler tablo haline getirilerek Çizelge 7.4'te verilmiştir. Davranış spektrum fonksiyon grafiği bu veriler ile oluşturulmuştur.

Çizelge 7.4. Deprem hesabı verileri

Mevcut Bina Yapım Yılı	13. yy
Mevcut Bina Projesi (Var/Yok)	Güncel Rölöve Bilgisi Mevcut
Mevcut Malzeme Bilgileri (Var/Yok)	Sıvası kaldırılarak gözle tespit edilmiş, hesaplarda kullanılacak değerler TBDY-2018'dan esas alınmıştır.
Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi (f_{em})	Taş Duvar 3,70 MPa
	Harman Tuğlası 2,20 MPa
Duvarların Kesme/Çatlama Emniyet Gerilmesi (τ_0)	Taş Duvar 0,30 MPa
	Harman Tuğlası 0,15 MPa
Deprem Bölgesi PGA	0,087 g
Zemin Sınıfı	ZD
DD-2; 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi	
H_N ; Bina Toplam Yüksekliği	~15 m
BKS; Bina Kullanım Sınıfı	2.Sınıf Bina Önem Katsayısı=1.2
DD2- S_{DS} (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)- AFAD	0,320
DD2 S_{D1} (1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)- AFAD	0,163
$T_A = 0.2 S_{D1}/S_{DS}$	0,102
$T_B = S_{D1}/S_{DS}$	0,509
T_L	6

Toplam eş değer deprem yükü Eş.7.3'te yer alan eşitlik ile hesaplanmaktadır;

$$\begin{aligned}
 V_{IE}^{(X)} &= m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \\
 R_a(T) &= \frac{R}{I} & T > T_B \\
 R_a(T) &= D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} & T \leq T_B
 \end{aligned} \tag{7.3}$$

Kullandığımız SAP2000 programında 2018 yılında yayımlanan deprem yönetmeliğine ait spektrum grafiği yer almadığından bu grafiğe en yakın değerlere sahip olan AASHTO 2012 fonksiyon tipi tercih edilmiştir. Bu fonksiyon tipi, yürürlükteki deprem yönetmeliğinde yer alan tepki spektrum tanımımıza yakın değerleri içermektedir. Spektrum için 3. derece deprem bölgesi kabul edilmiştir. Sönüm oranı olarak 0,05 değeri seçilmiştir.

Kullanılacak fonksiyon tipinin belirlenmesi ve Çizelge 7.4'te yer alan değerlerin programa girilmesi ile tepki spektrumu fonksiyon grafiği oluşturulmuştur. Çalışmada dikkate alınan, medresenin dinamik analizlerinde kullanılan spektrum eğrisi Resim 7.3'te gösterilmiştir.

Response Spectrum AASHTO 2012 Function Definition

Function Name: DD2_Kirsehir_Spectrum

Function Damping Ratio: 0,05

Parameters

☐ Ss, S1 and PGA from USGS - by Lat/Long

☐ Ss, S1 and PGA from USGS - by Zip Code

☒ Ss, S1 and PGA User Specified

Site Latitude (degrees): ?

Site Longitude (degrees): ?

Site Zip Code (5-Digits): ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0,2

1 Sec Spectral Accel, S1: 0,068

Peak Ground Accel., PGA: 0,087

Site Class: D

Site Coefficient, Fa: 1,6

Site Coefficient, Fv: 2,4

Site Coefficient, Fpga: 1,6

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = Fa * Ss: 0,32

SD1 = Fv * S1: 0,1632

Convert to User Defined

Define Function

Period	Acceleration
0,	0,1392
0,034	0,1995
0,068	0,2597
0,102	0,32
0,51	0,32
0,8	0,204
1,	0,1632
1,2	0,136

Add

Modify

Delete

Function Graph

Display Graph

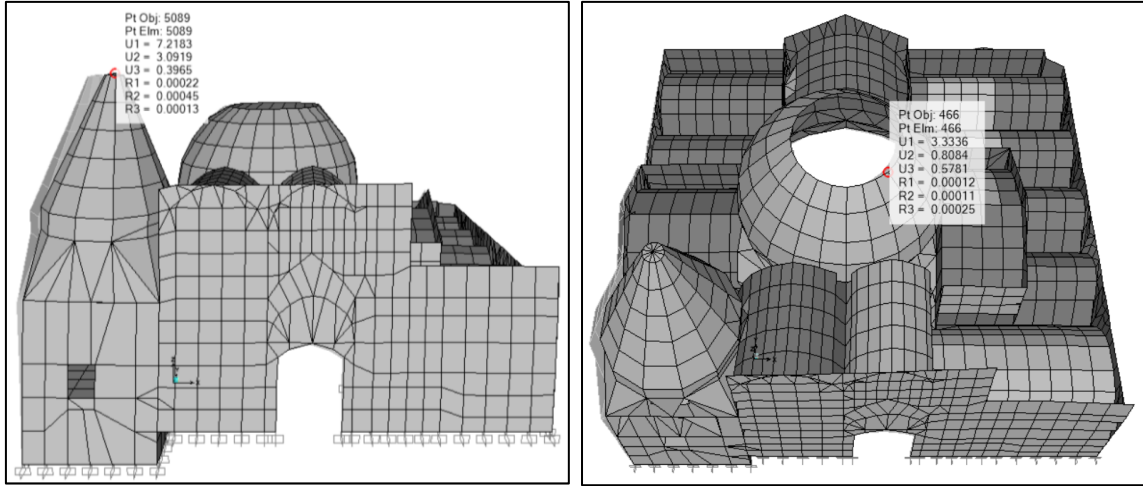
(0,4085 , 0,32)

OK

Cancel

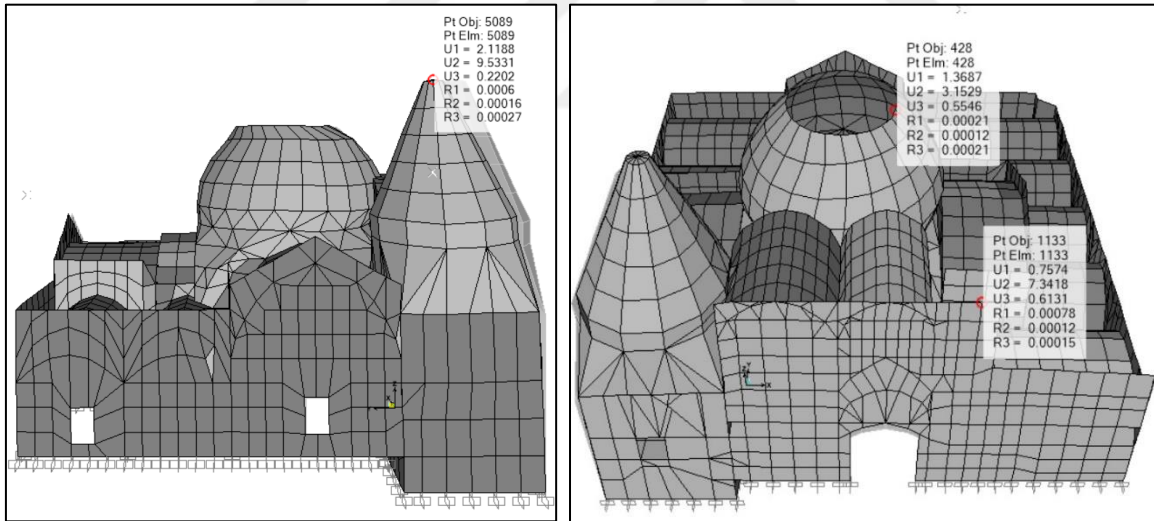
Resim 7.3. Tepki Spektrumu Fonksiyon Tanımı

Hazırlanan hesap modeli üzerinde, sabit yükler ve deprem spektrumu ile tanımlanan yer hareketinin yol açtığı zorlamaların göz önüne alındığı iki ayrı yükleme durumu uygulanmıştır. Spektrum, Ex ve Ey yüklemesi olmak üzere iki ayrı asal doğrultuda etki ettirilmiştir. Yapıda meydana gelen deformasyon şekilleri ve yer değiştirmeler, ardından gerilmeler sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 7.16. Yatay yükler altında X aksı deformasyon davranışı

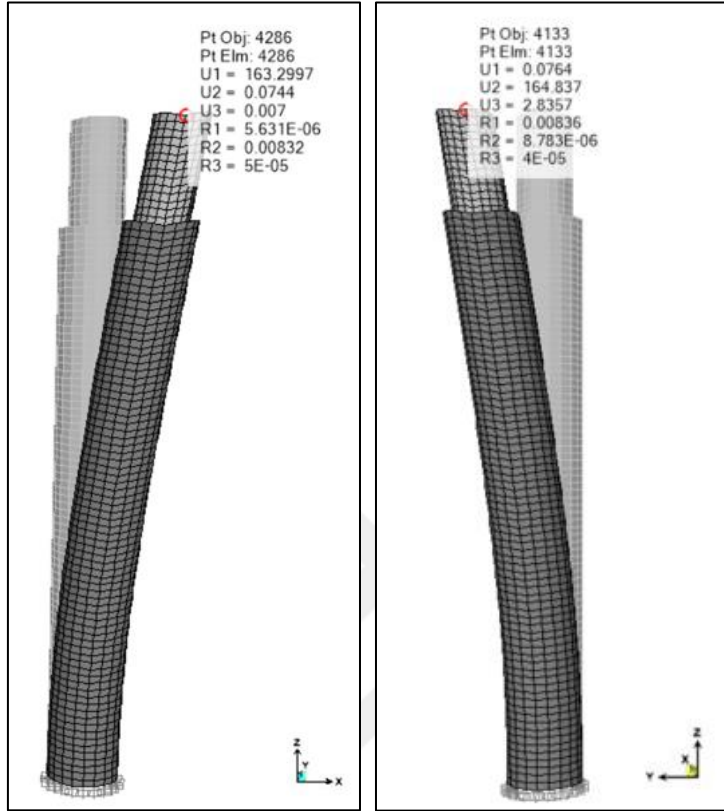
X doğrultusunda yapıya etki eden deprem yükü, külah elemanında 7,2 mm civarı yanal öteleme meydana getirmektedir. Ana kubbeye ise dışarı doğru açılma hareketi gözlemlenmekte ve yaklaşık 3,3 mm'lik şekil değiştirmeye sebep olmaktadır (Şekil 7.16).



Şekil 7.17. Yatay yükler altında Y aksı deformasyon davranışı

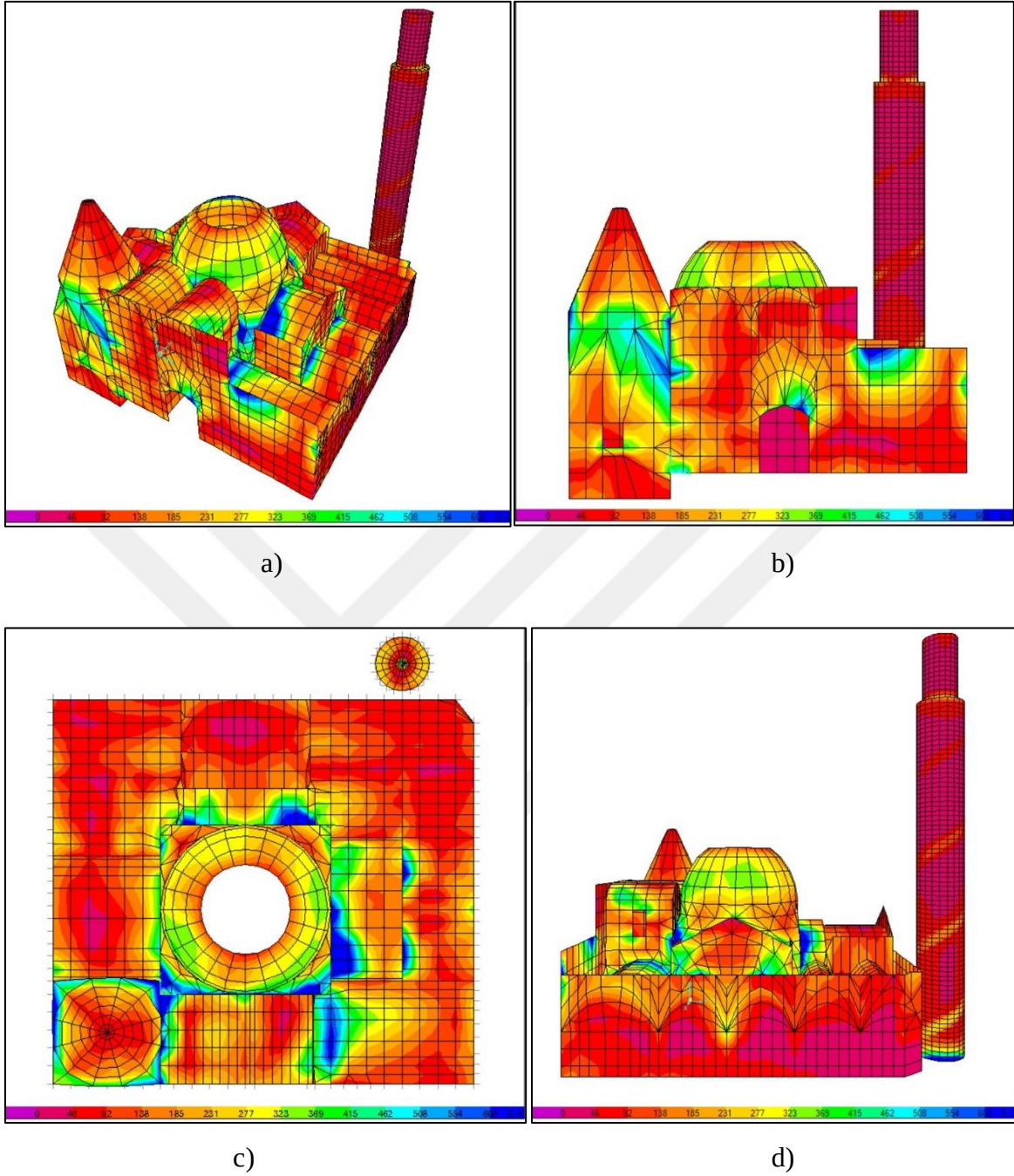
Y doğrultusunda yapıya etki eden deprem yükü ise külah elemanında 9,5 mm civarı bir yanal öteleme yapmaktadır. Bu ötelenme X yönündeki ötelenmesine göre daha fazladır. Bunun nedeni külah elemanının, X aksında bulunan mahfil katına ait tonoz elemanları ile desteklenmesinden kaynaklanmaktadır. Ana kubbeye meydana gelen yer değiştirme ise X doğrultusundaki yer değiştirmesine yakındır ve 3,1 mm'dir. Y doğrultusunda etki eden deprem yükleri X doğrultusundan farklı olarak taç kapıda da ötelenmeler meydana

getirmektedir. Taç kapının desteklenmeyen sağ üst duvarı, etki eden deprem hareketi sonucunda Y aksında 7,3 mm civarı yer değiştirme sergilemektedir (Şekil 7.17).



Şekil 7.18.Yatay yükler altında minare deformasyon davranışı

Minare elemanına ait yer değiştirmelere baktığımızda; asimetrik bir plan tipi mevcut olmadığından hem X hem de Y yönünde 16,3 cm'lik bir yer değiştirme gözlemlenmektedir. Bu farkın fazla olmasındaki en büyük etken minare elemanının yapının geri kalanına oranla daha narin ve dayanıksız olmasındandır (Şekil 7.18).



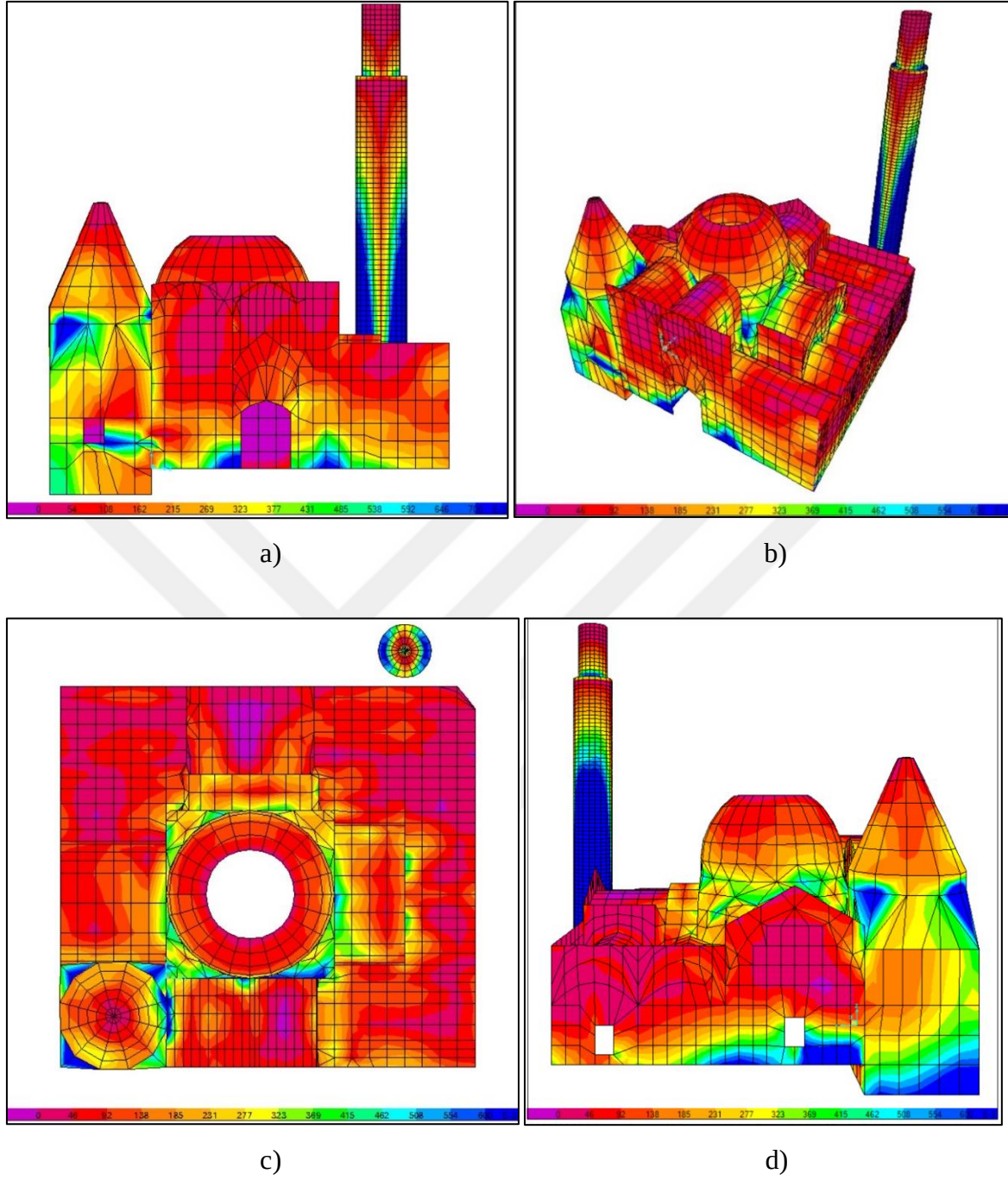
Şekil 7.19. (0,9G+1,0Ex+0,3Ey) S11 Gerilmeleri MPa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş, d) Yan görünüş

0,9G+1,0Ex+0,3Ey yüklemesindeki S11 gerilme seviyelerine bakıldığında durumu şöyle özetlemek mümkündür:

- Kuzey cephesinde yer alan taç kapının sağ duvar ve külah birleşim yerinde +0,7 Mpa civarı gerilmeler görülmektedir. Bu gerilmelerin cephede yer alan kot farkı ve kesit

değişiminden kaynaklı olduğu söylenebilir. Ayrıca bu cephede yer alan taç kapıya ait açıklıkta da +0,68 MPa çekme gerilmeleri görülmektedir.

- Yapının ana kubbesine ait kuzey cephesine bakan pandantiflerinde +0,8 MPa civarı çekme gerilmelerine rastlanmaktadır. Birçok farklı forma sahip elemanların birleşiminde bu tip gerilmelerin görülmesi beklenebilir. Ana kubbeye ait pandantifin birleşim yerine yakın yerde başlayan külah geçiş elemanlarında ise +0,9 MPa civarı çekme gerilmeleri birikmektedir. Yapının burada asimetrik bir düzen içerisinde yer alması bu gerilmelerin nedeni olarak gösterilebilir.
- Kubbe elemanını taşıyan kemer elemanları ile Z08 ve Z014 eyvanlarına ait kırma çatıların birleşim yerlerinde +0,85 Mpa civarı gerilmeler göze çarpmaktadır. Ayrıca Z16 hücrelerini örten tonoz eleman ile Z12 ve Z13 öğrenci hücrelerini örten tonoz elemanlarının duvar birleşim yerlerinde +0,65 MPa çekme gerilmeleri görülmektedir. Bu kısımlarda üst örtü elemanları, birleşim yaptıkları elemanlardan ayrılmaya çalışmaktadır. Dolayısıyla buralarda çekme gerilmeleri görülmesi beklenmektedir.
- Minare-temel birleşiminde +0,7 Mpa civarı gerilme birikimi göze çarpmaktadır. Bu bölümde minarenin X aksında dışa doğru açılma hareketi yaptığı söylenebilir. Ayrıca minare gövdesinin iç kısmında yer alan merdiven elemanı da gövde duvarına temas ettiği her bölümde dışa doğru hareket yapmakta ve buralarda gerilmelere neden olmaktadır.



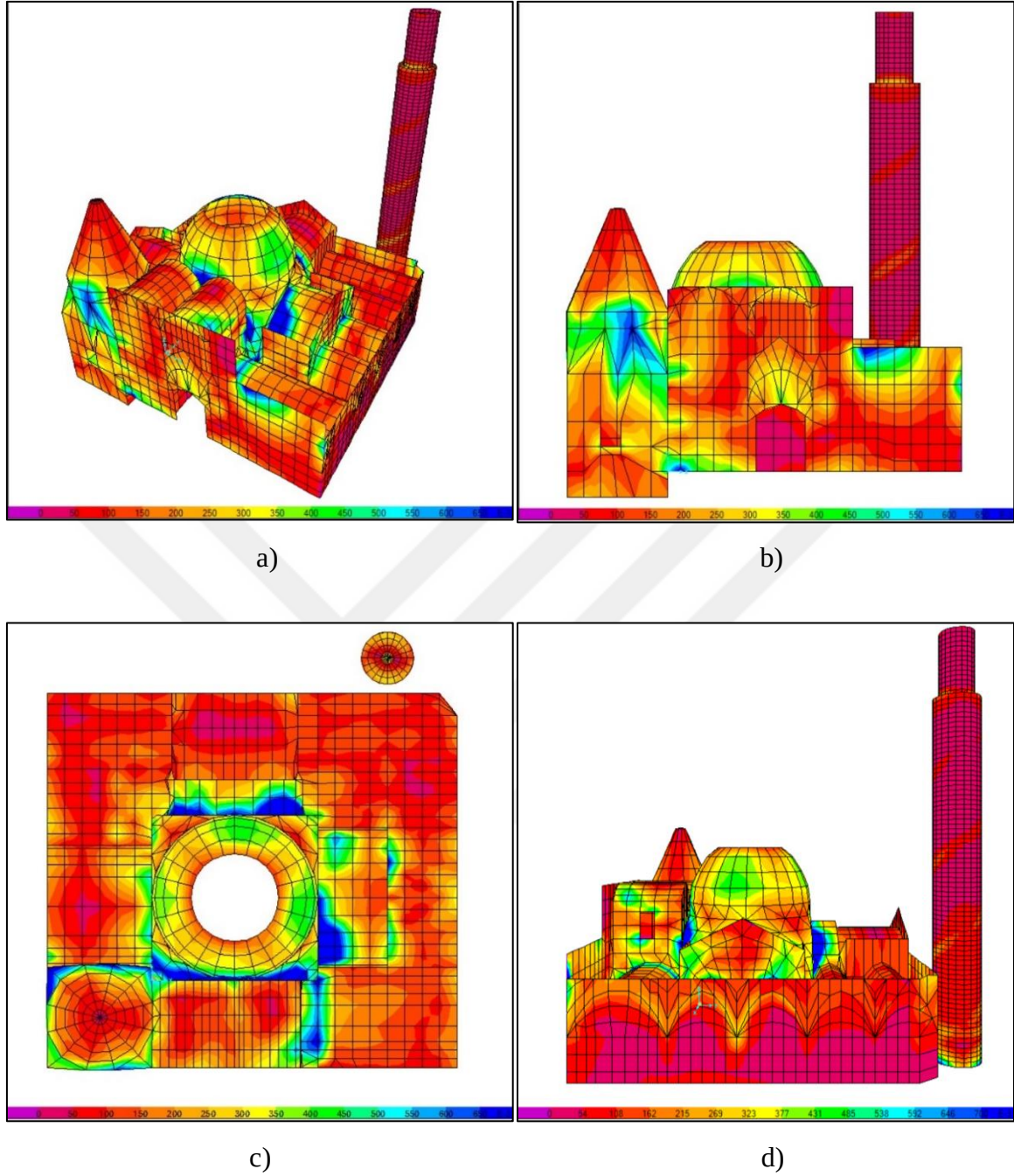
Şekil 7.20. $(0,9G+1,0E_x+0,3E_y)$ S22 Gerilmeleri MPa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş, d) Yan görünüş

$0,9G+1,0E_x+0,3E_y$ yüklemedeki S22 gerilme seviyelerine bakıldığında durumu şöyle özetlemek mümkündür:

- S22 gerilmelerinde durum S11 gerilmelerine göre daha iyidir. X doğrultusundaki yatay yönlü salınımda örtü elemanları daha rijit bir davranış sergilemektedir. Rijitliğin büyük ölçüde bozulduğu tek nokta olarak kümbet elemanına ait külâh örtüsünün birleşim

yerleri gösterilebilir. Külah elemanı ile mahfil katına ait duvar elemanı birleşim yerinde +0,85 MPa çekme gerilmesi görülürken külah elemanı kuzeydoğu köşesindeki geçiş elemanında +1 MPa yakın değerde çekme gerilmeleri görülmektedir. Burada kümbet elemanına ait külah bölümünün yapı kütlesine oranla daha yüksek olması ve duvar ya da başka yapı elemanları ile desteklenmemesi bu gerilmelere sebebiyet vermektedir.

- Yapının doğu cephesinde özellikle cephenin sağ taraf duvar-temel birleşim yerlerinde bir takım çekme gerilmelerine rastlanmaktadır. Bu gerilmelerin +0,7 MPa ile +1 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Medresesinin X akslı deprem yükü etkisi altında olduğu düşünülürse S22 gerilmelerinin buralarda çekme gerilmelerine neden olması beklenmektedir.
- Minare elemanına bakıldığında; gövde duvarına yayılan ve X aksında bulunan gerilmeler göze çarpmaktadır. Temelden petek elemanına doğru çıktıkça azalma gösteren çekme gerilmelerinin +2,0 MPa değerini geçtiği görülmektedir. Bu bölgede büyük çatlakların oluşması muhtemeldir.

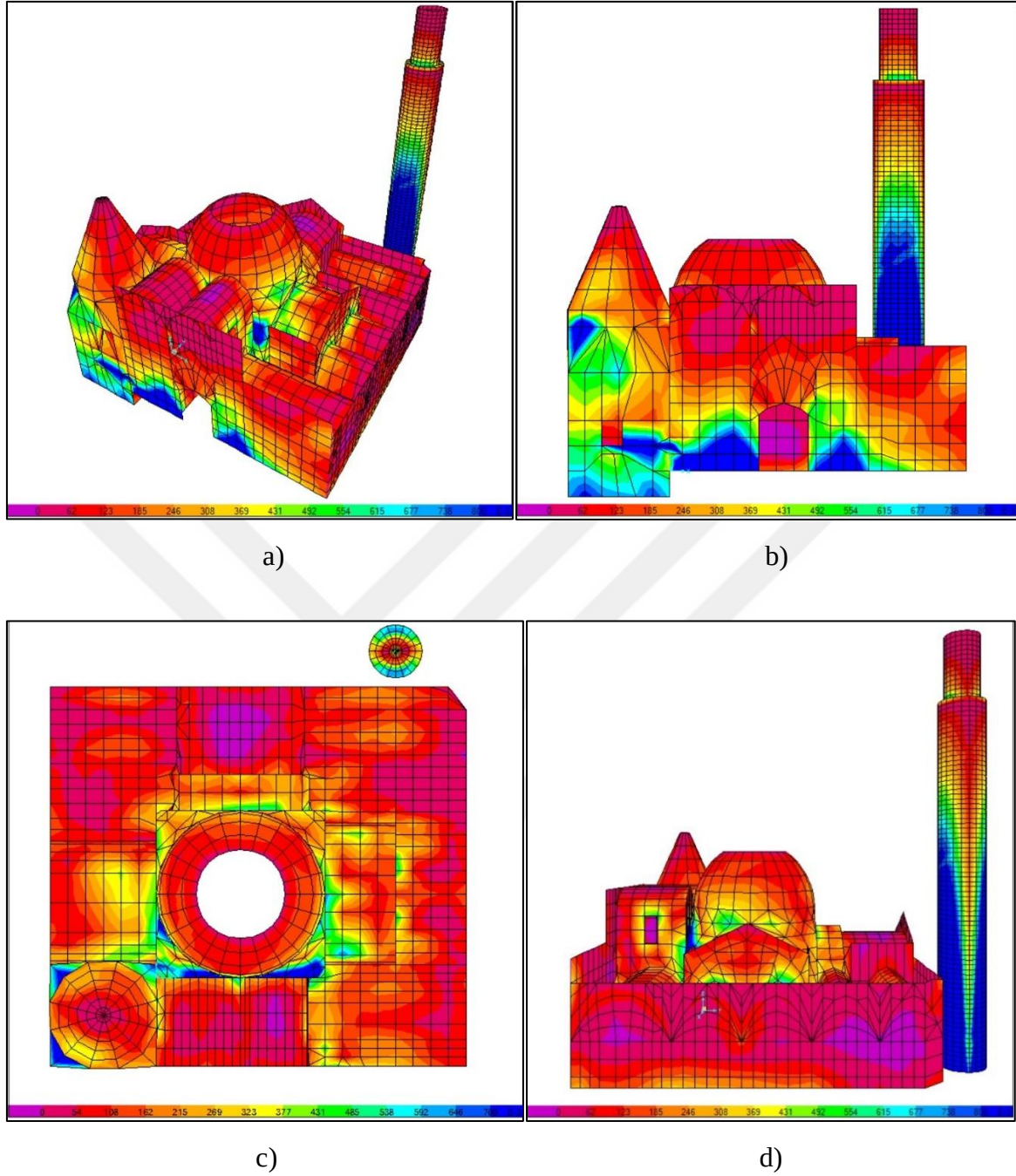


Şekil 7.21. (0,9G+1,0Ey+0,3Ex) S11 Gerilmeleri MPa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş, d) Yan görünüş

0,9G+1,0Ey+0,3Ex yüklemesindeki S11 gerilme seviyelerine bakıldığında durumu şöyle özetlemek mümkündür:

- Ey aksındaki deprem yüklemesi sonucu oluşan gerilmeler Ex aksı deprem yüklemesinde oluşan gerilmeler ile benzer yerlerde görülmektedir. Fakat Ey doğrultusunda etki eden deprem yükü sonucunda oluşan gerilmeler, Ex yüklemesine göre daha büyük değerlere ulaşmaktadır.

- Yapının ana kubbesine ait, kuzey cephesine bakan pandantiflerinde +1,0 MPa değerine yakın çekme gerilmeleri görülmektedir. Bu değer, Ex yüklemesi altında oluşan gerilmelerden daha fazladır. İlerleyen yıllarda oluşabilecek deprem tehlikesi karşısında bu bölgede çatlaklar görülmesi muhtemeldir.
- Z08 eyvanını örten kırma çatının ana kubbeyi taşıyan kemer elemanı ile birleşim yerinde, +1,0 MPa değerinde çekme gerilmeleri gözlemlenmektedir. Tonoz elemanı üzerine etki eden deprem salınımı ile birleşim yerlerinden açılmaya çalışmakta ve muhtemel hasarlara sebebiyet vermektedir.
- Z14 eyvanını örten kırma çatıda ise durum daha iyidir. Çatının kemer elemanı ile birleşim yerinde, özellikle kuzeye bakan tarafında +0,87 MPa çekme gerilmelerinin biriktiği görülmektedir.
- Z12 ve Z13 öğrenci hücrelerini örten tonozların doğu tarafında bulunan duvar elemanı ile birleşim yerlerinde özellikle Z12 hücresinin üzerinde bulunan tonoz elemanı birleşim yerinde ve Z15 hücresini örten tonozun duvar elemanı ile birleşim yerinde +0,7 MPa civarında çekme gerilmeleri görülmektedir. Yapının altında kaldığı Ey yüklemesi sonucunda, tonoz elemanının birleştiği yerde içe ve dışa doğru açılmaya çalışması buralarda oluşan gerilmeleri açıklamaktadır.
- Yapının kuzey cephesinde, kot ve kesit farkı görülen duvarının üst bölgelerinde ve kümbet elemanına ait külahın duvar ile birleşim yerinde +0,75 MPa değerinde çekme gerilmeleri görülmektedir. Bu gerilmelerin oluşmasına neden olarak yapının Ey yüklemesi altında S11 gerilmelerinin, cephede içe ve dışa doğru açılma hareketi meydana getirmesinden kaynaklı olduğu gösterilebilir.
- Mahfil katına ait batı tarafında yer alan pencere açıklığı çevresinde +0,65 MPa gerilim biriktiği görülmektedir.
- Minare-elemanının temele yakın alt bölgelerinde +0,7 Mpa civarı gerilme birikimi görülmektedir. Bu bölümde minarenin Y aksında dışa doğru açılma hareketi yaptığı söylenebilir.



Şekil 7.22. (0,9G+1,0Ey+0,3Ex) S22 Gerilmeleri MPa; a) Perspektiften görünüş, b) Ön görünüş, c) Üst görünüş, d) Yan görünüş

0,9G+1,0Ey+0,3Ex yüklemesindeki S22 gerilme seviyelerine bakıldığında durumu şöyle özetlemek mümkündür:

- Yapının kuzey cephesinde özellikle taç kapının bulunduğu bölümün temele yakın alt bölgelerinde bir takım çekme gerilmelerine rastlanmaktadır. Bu gerilmeler +1,0 MPa ile +1,5 MPa arasında değişmektedir. Medresesinin, Y akslı deprem yükü etkisi altında

yaptığı salınım ile buralarda S22 gerilmelerinden kaynaklı çekme gerilmeleri görülmesi beklenmektedir.

- Yapının kuzeydoğu köşesinde bulunan kümbet elemanına ait pencere açıklığının çevresinde +0,65 MPa değerinde çekme gerilmelerine rastlanmaktadır. Bu gerilmeler pencerenin alt kısımlarına denk gelmektedir.
- Ey yüklemesi sonucunda oluşan Y yönlü salınım ile yapının ana kubbesi ve mahfil katı duvarı arasında +1,0 Mpa değerinde çekme gerilmeleri görülmektedir. Bu bölgede oluşan çekme gerilmelerinin, kubbe elemanı ile mahfil katı duvar ve tonoz elemanlarının farklı periyotlarda salınıma sahip olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.
- Yine Ey yüklemesi altında kümbete ait külah elemanında oluşan salınımlar sonucunda +1,1 MPa değerinde gerilmeler görülmektedir. Herhangi bir yapı elemanı ile desteklenmeyen, cephe yüzeyini oluşturan bu bölgelerin salınımdan daha fazla etkilenmesi beklenmektedir.

Minare elemanı gövde duvarına yayılan ve Y aksında bulunan gerilmeler görülmektedir. Bu gerilmeler X aksı gerilmelerine yakın değerlerdedir. Temelden petek elemanına doğru çıktıkça azalma gösteren çekme gerilmelerinin +2,0 MPa değerini geçtiği görülmektedir. Bu bölgede büyük çatlakların oluşması muhtemeldir.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Cacabey Medresesi tarihçesi, mimari ve yapısal özellikleri geçirdiği onarımlar ve bulunduğu bölgenin deprem durumu hakkında bilgiler verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında Cacabey Medresesi, SAP2000 programı kullanılarak sonlu elemanlar metodu ile modellenmiştir. Modellenen yapının birçok dış etki karşısında sergilediği performanslar değerlendirilmiştir. Sırasıyla; düşey yükler altında statik analiz, modal analiz ve tepki spektrumu analizleriyle yapının performansı, yer değiştirmeler ve gerilmeler yoluyla değerlendirilmiştir. Bütün bu analizler sonucunda varılan durumlar şöyledir.

- Medrese yapısının düşey yükler etki ettirilerek yapılan statik analiz sonucunda güvenli bölgede kaldığı ve düşey yükleri (sabit, hareketli ve kar yükleri) risk teşkil etmeden taşıdığı görülmüştür. Etki eden düşey yükler karşısında yapıda birtakım bölgelerde zorlanmalar görülmektedir. Bu bölgelerden emniyet gerilmesi sınırına en fazla yaklaşan Z15 hücresinin örten tonoz elemanının duvar elemanı ile birleşim yeridir. Üzerine gelen düşey yükler karşısında birleştiği duvar elemanı rijit bir davranış sergilerken tonoz elemanı ayrılmaya çalışmakta ve bu bölgede düzlem dışı harekete zorlanmaktadır. Bu düzlem dışı hareket sonucunda bu bölgede +0,28 MPa değerinde çekme gerilmesi gözlemlenmektedir. Bu değer emniyet sınır gerilmesi olarak belirlediğimiz +0,3 MPa değerine yaklaşmakta fakat aşmamaktadır. Dolayısıyla herhangi bir risk teşkil eden durum gözlemlenmemektedir. Fakat ilerleyen yıllarda bu bölgede hasar oluşması muhtemeldir.
- Ana yapıda düşey yükler altında ulaşılan en büyük yer değiştirme, ana kubbe tepe noktasında ve doğu cephesi tarafında bulunan ana kemer sırtında gözlemlenmiştir. Z eksenini doğrultusunda meydana gelen yer değiştirme her iki eleman içinde 1,2 mm seviyesindedir. Ana yapıdan ayrı olarak bulunan minare elemanında ise 3,5 mm seviyesinde bir yer değiştirme gözlemlenmektedir.

Yapının yatay yükler altında performansını incelemekten önce modal analiz yöntemi uygulanarak yapının mod şekilleri, kütle katılım oranları ve serbest titreşim periyotları tespit edilmiştir. Böylece yapının toplam kütlelerinin ne kadarını harekete geçirdiği ve

salınımına dahil edebildiği belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda en fazla salınımına maruz kalan bölgelerin; simetrik olmayan, kat yüksekliğinden kaynaklı olarak herhangi bir yapı elemanı ile desteklenmeyen bölgeler olduğu görülmüştür. Bu bölgeler ise kubbe elemanı, kümbet elemanı ve mahfil katının olduğu kısmı içeren bölgedir. Yapılan deprem analizinde özellikle bu kısımlara dikkat edilmiş ve değerlendirmelerde buralarda meydana gelen deformasyon şekilleri göz önünde bulundurulmuştur.

Yapının deprem analizinde tepki spektrumu analizi kullanılmıştır. Araştırma genelinde deprem yüklerinin yapıda beklenmeyen durumlar meydana getirmediği görülmüştür. Fakat yapı günümüze hasarsız ulaşmış olmasına rağmen deprem hareketlerinin öngörülemezliği göz önüne alındığında ileri zamanlarda yaşanacak depremler sonucu yapıda birtakım hasarlar oluşması ihtimal dahilindedir. Bu durumda oluşabilecek hasarlar yapılan analizler ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde oluşması muhtemel hasarlar, yapı bütünlüğü açısından kabul edilebilir düzeydedir ve restore edilebilecek seviyede olduğu öngörülmektedir. Genel olarak $0,9G+1,0E_x+0,3E_y$ ve $0,9G+1,0E_y+0,3E_x$ yüklemelerindeki gerilme seviyelerine bakıldığında ise yapıda hasar oluşturabilecek potansiyel yerler şu şekildedir;

- E_x ve E_y deprem yüklemeleri sonucunda ana kubbe ve külah elemanlarına ait pandantiflerde birikmiş çekme gerilmelerine rastlanmaktadır. Her iki elemanında yapı kalanına oranla daha fazla kat yüksekliğine sahip olması, etki eden yükler karşısında desteklenmelerini engellemekte ve bu durumdan kaynaklı olarak daha fazla salınımına maruz kalmalarına sebep olmaktadır. Külah elemanında özellikle kuzeydoğu köşesi pandantifleri ve kubbe elemanında ise mahfil katı duvarı ile kesişen pandantifler gerilmelerin en yoğun yaşandığı ve ilerleyen yıllarda hasara maruz kalması muhtemel yerleridir.
- Yapıya ait kuzey ve doğu cephe duvarları sırasıyla Y ve X akslı salınımlar sonucunda çekme gerilmelerine maruz kalmakta ve temele yakın alt bölgelerde yapıda zorlanmalara sebep olmaktadır. Özellikle taç kapının yer aldığı kuzey cephesi duvarının alt bölgelerinde gerilme birikmelerinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum ileride oluşabilecek deprem hareketleri sonucunda bu bölgelerde çatlak oluşmasına neden olabilir.

- Yapıda çekme gerilmelerine maruz kalan ve gelecek yıllarda meydana gelebilecek deprem yükü etkisinde hasar oluşması muhtemel olan yerlerden biri de Z08 eyvanını örten kırma çatı elemanının kubbeyi taşıyan ana kemer ile birleştiği yerdir. Kubbe elemanının maruz kaldığı Y akslı deprem hareketi, bu aks doğrultusunda kubbe elemanında salınımına sebep olmaktadır. Bu durum kubbeyi taşıyan kemer ile eş hizada birleşmiş olan kırma çatı elemanını da etkilemekte ve burada çekme gerilmeleri oluşmasına sebebiyet vermektedir.
- Ex ve Ey deprem yüklemesi karşısında minare elemanı yüzeyinde temelden petek elemana doğru yayılan çekme gerilmeleri görülmektedir. +2,0 MPa değerini aşan bu gerilmeler neticesinde minare elemanında çatlakların oluşması beklenmektedir. Ayrıca deformasyon şekline bakıldığında minare elemanı X ve Y yönlerinde yaklaşık 17 cm seviyesinde yer değiştirme sergilemektedir. Herhangi bir yapı elemanı tarafından desteklenmeyen ve yapı kütleline oranla narin bir forma sahip olan yapıda bu derece bir deformasyon, oluşabilecek çatlaklara neden olarak gösterilebilir.
- Minare elemanı ayrı olarak düşünüldüğünde yapı genel olarak yapısal bir tehlike altında değildir. Yapının hasarsızlık ya da minimum hasar beklentisi içerisinde olduğu söylenebilir. Fakat minare elemanı için durum farklıdır. Ex ve Ey yüklemesi altında, tepe noktasında yaklaşık 17 cm'yi bulan yer değiştirmesi ile minare elemanı kültürel değer korunması performans seviyesinde yer almaktadır. Gerilmeler açısından bakıldığında ise +2,0 Mpa değerini aşan çekme gerilmeleri minare elemanının göçme seviyesinde olduğunu işaret etmektedir.

Sonuç olarak yapının düşey yükler altında emniyet gerilmesi sınırını aşmadığı ve güvenli bölgede kaldığı görülmektedir. Yatay yükler altında ise yapının farklı form ve yüksekliklerde yapı elemanları içermesinden ve kütle düzensizliğinden kaynaklı olarak deprem karşısında yüksek rijitlikte bir dayanım sergilemediği bazı bölgelerde oluşan gerilmeler neticesinde yapının, zorlanabileceği görülmektedir. Bu durum ilerleyen zamanlarda bu bölgelerde hasar ve çatlak oluşumuna neden olabilir.

Cacabey Medresesi'nin Kırşehir ili için bir sembol teşkil ettiğini, şehrin en önemli yapısı olduğunu ve yapı hakkında birçok restorasyon çalışması yapılmasına rağmen strüktürel olarak bir analizden geçmediğini göz önünde bulundurursak çalışmanın önemi daha iyi

anlaşılacaktır. Ayrıca ilerleyen zaman içerisinde gerekli görüldüğü takdirde yapıda yapılacak olan koruma ve güçlendirme çalışmaları için de çalışma, büyük önem teşkil etmektedir.



KAYNAKLAR

1. Pena, W. M., Parshall, S. A. (2001). *Problem seeking: an architectural programming primer*. New York: John Wiley and Sons.
2. Timurhan, T. (2001). *Mihrimah Sultan Camii Taşıyıcı Sistem Deprem Davranışının İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Akan, A., Özen, Ö. (2005). *Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi*. Deprem Sempozyumu, 758-762, Kocaeli.
4. Yılmaz, P. (2006). *Tarihi Yapıların Modellenmesi ve Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
5. Dabanlı, Ö. (2008). *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 86-87.
6. Bağbancı, M. B. (2009). *Tarihi Yapıların Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizinin Bursa Ördekli Hamamı Örneğinde İncelenmesi*. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
7. Ertek, E. (2010). *Osmanlı Minarelerinin Yapısal Modellenmesi ve Deprem Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
8. Şeker, B. Ş. (2011). *Mimar Sinan Camilerinin Statik ve Dinamik Yükler Etkisinde Davranışlarının İncelenmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
9. Dabanlı, Ö. (2016). *Nur-U Osmaniye Camii'nin Deprem Performansının Belirlenmesi ve Koruma Önerileri*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
10. Durutürk, G. (2012). *Yalvaç Hamidiye Cami Deprem Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 9-12.
11. Can, H., Kubin, J., Ünay, A. İ. (2012). Düzensiz Geometrik Şekile Sahip Tarihi Yığma Binaların Sismik Davranışı, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (3), 679-686.
12. Baran, Y. (2015). *Tonozlarda Geometrik Şekil Değişikliğinin Yapısal Dayanım Etkileri; Diyarbakır İç Kale Camisi Örneği*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. Aslan, A. (2016). *Süleymaniye Camiinin Yerel Zemin Koşullarına Bağlı Deprem Performansı*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 67.

14. Antep, B. (2018). *Ahlat İlçesindeki Tarihi Yapıların Yapısal Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi ve Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.
15. Aşık, F.M. (2018). *Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar İçin Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, Zenburi Mescidi'nin Model Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
16. Özdemir, H. (2018). *Tarihi Yapıların Bilgisayar Destekli Analizi: Patara Antik Kent Tiyatrosu Sahne Yapısı Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
17. Uray, A. (2018). *Tarihi Yapıların Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizinin İznik Yeşil Camii Örneğinde İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
18. Yazgan, İ. O., Ünay, A. İ. (2019). Bursa, Yenişehir Sinan Paşa Külliyesi İmaretinin Sayısal Modellenmesi Ve Yapısal Analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 1193-1203.
19. Çamlıbel, N. (2000). *Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi*. İstanbul: Birsan Yayınevi.
20. Çamlıbel, N. (1998). *Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi*. İstanbul: YTÜ Basım-Yayın Merkezi.
21. Sesigür, H., Çılı, F., Çelik, O.C. (2007). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler, Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirme. *İMO İstanbul Bülten*, 89, 10-21, İstanbul.
22. Arun, G. (2005). *Yığma Kagir Yapı Davranışı*. Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, ODTÜ, Ankara.
23. Batar, O.Ş. (2019). *Tarihi Yığma Taş Yapıların Bilgisayar Destekli Analizi: Ayvalıkemer (Sillyon) Köprüsü Yapısı Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 12-13.
24. Mahrebel, H.A. (2006). *Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 30-31.
25. Vatan, M. (2005). *Yığma Yapıların Sonlu Elemanlar Yöntemine Dayalı Analiz Modelinin Oluşturulmasında Fotogrametrik Verilerin Kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 21-22.
26. Bayraktar, A. (2006). *Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metodları*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.
27. Saraç, M. M. (2003). *Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 18-23.

28. Güner, Y. (2018). *Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 27-28.
29. Ünay, A.İ. (2002). *Tarihi yapıların depreme dayanımı*. Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları.
30. Bayülke, N. (1992). *Yığma yapılar (Genişletilmiş 2. Baskı)*. Ankara: Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.
31. Kuruşçu, A., O. (2018). *Yığma Duvar ve Temellerde Doğrusal Olmayan Modelleme*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 33.
32. Bilgin, H. (2005). *Sinan Kubbeli Yapılarında Mekân Örtü Sistemlerinin Yapısal Davranış*. Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 771-777.
33. Toker, S., Ünay, A. İ. (2004). Mathematical Modeling and Finite Element Analysis of Masonry Arch Bridges. *G.U. Journal of Science*, 17(2), 129-139.
34. Tuna, M. E. (2011). *Çözümlü örneklerle statik*, Ankara: Ajans Türk Basım.
35. SAP 2000, V20(2018). *Integrated Structural Analysis Design Software*, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California.
36. Önkal, H. (1996). *Anadolu selçuklu türbeleri*, Ankara: Türk Tarih Kurumu.
37. Şimşek, A. (2006). *Cacabey ve medresesi*. Kırşehir: Arter.
38. Şahin, G. (2012). Kırşehir Tarihi Üzerinde Araştırmalar 1. *Ankara Üniversitesi Dil, Tarih ve Coğrafya Fakültesi Tarih Araştırmaları Dergisi*, Ankara.
39. Sayılı, A., Ruben, W. (1947). Türk Tarih Kurumu Adına Kırşehir’de Cacabey Medresesinde Yapılan Araştırmanın İlk Ön Raporu. *Belleten*, XI (44), 671-81.
40. Kuban, D. (2008). *Selçuklu çağında anadolu sanatı*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
41. Ülgen, A. S. (1942). Kırşehir’de Türk Eserleri. *Vakıflar Dergisi*, 254-255.
42. Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivi. (2005). Kırşehir Cacabey Medresesi Restorasyon ve Çevre Düzenleme Projesi Raporu, Kayseri.
43. Kuran, A. (1969). *Anadolu medreseleri*. Ankara: Türk Tarih Kurumu.
44. Bakkal, A. (2011). *İslâm Tarihinde Rasathaneler ve Caca Bey Medresesi*. 1.Uluslararası Ahilik Kültürü ve Kırşehir Sempozyumu, Kırşehir.

45. İnan Ocak, Z., Tanyeli, G. (2016). Kırşehir Cacabey Medresesi ve Onarımları. *Türk-İslam Medeniyeti Akademik Araştırmalar Dergisi*, 11 (21), 145-170.
46. Balibeyoğlu, L. (1998). 13.Yüzyılda Kırşehir Nureddin Cacabey ve Ahmet Gülşehri. *Hacı Bektaş Veli Araştırma Dergisi*, 6, 115-122.
47. Işık, E., Sağır, Ç., Tozlu, Z., Ustaoglu Ü. S. (2019). Farklı Deprem Senaryolarına Göre Kırşehir İli Kayıp Tahmin Analizleri. *Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1), 80-93.
48. İnternet: Kırşehir Valiliği (Temmuz, 2004). Coğrafya. Web: <http://www.kirsehir.gov.tr/cografya> adresinden 15 Eylül 2019'da alınmıştır.





EK-1. 21 Aralık 1948 yılında Kırşehir Valiliği'nden gönderilen dilekçe

T.C.
KIRŞEHİR
Vakıflar Genel Müdürlüğü
SAYI 69L-33
234

Suret

Özet:

Cacebey caminin Mühim kısmına ait bu yerlerin tanzim olunan 5947 lira 26 kuruşluk keşif - kâğıtlarının gönderildiği.H.

Eki
2

Vakıflar Genel Müdürlüğüne

İlimiz Vakıflar idaresine ait ve selçuk devrından kalma ve eski asarlarından bulunan cacebey camii namile maruf ve bu camii üzerinde mevcut kubbelerin yıllardan beri tamir görmemesinden dolayı delik ve deşik olmuş harap bir manzara almış olmasından ve yagan kar ve yağmur suları kubbelerden camii içerüsüne akmakta ve camii derununda bulunan kıymetli halı ve kilimler su içerüsünde kalmakta ve çürümeğe sebebiyet verilmekte olmasından dolayı bu kubbelerin bir - an evvel tamir edilmesi x zerüreti hasıl olmuştur .

Bu kubbeler tamir edilmedikçe her an ve dakika ani olarak sukut etmek ve bu camiye gelen ve giden cemaatin üzerlerine göçmek tehlikesi mevcut bulunmaktadır .

Bu kubbelerin sukuti halinde iki yüz bin lira bir masraf edilmiş olsa dahi yine kubbelerin eski haline gelmesine imkân olmayacaktır .

Binaealeyh esaslı tamir degildir . Kubbelerin akmaktan ve çökmekten - salim olması için bu kerre yapıdırılan (5947)lira (26) kuruşluk iki nüshadan - ibaret bulunan keşif kâğıtları ilişik olarak takdim kılınmıştır .

Keşif kâğıtlarının incelendiğinde anlaşılacağı üzere tamiratin çok önemli bulunması hasebile tehlike arz etmiş bulunan bu kubbelerin bir an evvel - yapıdırılması ve tehlikeden kurtarılması için keşif mühteviyatı bulunan(5947)-lira (26) kuruşluk ödenegin irsal buyrulmasına saygılarımla Rica ederim .

21/2/948

Vali.A.
A.Rahmi kocamanoglu

İmza

İş bu suret aslı gibidir . 20/10/948

030	01			117 737 2
-----	----	--	--	-----------

2

EK-2. 2 Nisan 1948 yılında Kırşehir Valiliği'nden gönderilen dilekçe

ARŞİVLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
CUMHURİYET ARŞİVİ

Suret

EK.
№ 2

Vakıflar Genel Müdürlüğüne
Ankara

Tel
2/4/948

21/2/948 gün ve 671/33 sayılı yazımızla sunulan
Keşif evrakına göre bilhassa yabancı uzmanlar tarafınd
n Tarihi kıymeti üzerinde durulan ve kubbelerinin çökm
esine mahal kalmadan cace bey caminin onarımına tezeld
en mücade buyrulmasıx Vakıflar 719/58 sayılıdır .

Kırşehir valisi
Cavit Kanay
İmza

İş bu suret aslı gibidir .
20/10/948

L. Kanay

030 01 117 737 2

-19-

1

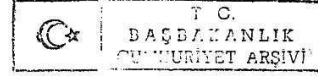
EK-4. 1960 yılında Kırşehir Valiliği'nden gönderilen dilekçe

T. C.
BAŞBAKANLIK
KANUNLAR VE KARARLAR
Tetkik Dairesi
Karar Sayısı

5

273

KARARNAME



Ekl

N.

Eksiltme ilanı 2490 sayılı kanunun 7 nci maddesindeki ka-
yıt ve şartlara uygun olmıyarak yapılmış bulunan Kırşehir'de kâin
(392.793.10 - üçyüzdoksanikibin yediyüzdoksanış lira on kuruş) keşif
bedelli Cezabey camii onarımına ait ihalenin kabulü; Devlet Bakanlığın-
nın 18/8/1960 tarihli ve 67998/47 sayılı yazısı üzerine, mezkûr kanu-
nun 14 üncü maddesine göre, Bakanlar Kurulunca 24/8 /1960 tarihinde
kararlaştırılmıştır.

Devlet Başkanı ve Başbakan

Devlet Bakanı

Devlet Bakanı

Adalet Bakanı

Milli Savunma Bakanı

İçişleri Bakanı

Dışişleri Bakanı

Maliye Bakanı

Millî Eğitim Bakanı

Bayındırlık Bakanı

Ticaret Bakanı

Sa. ve So. Y. Bakanı

Güm. ve Tekel Bakanı

Tarım Bakanı

Ulaştırma Bakanı

Çalışma Bakanı

Sanayi Bakanı

Ba.-Ya. ve Turizm Bakanı

İmar ve İskân Bakanı

Dosya No:

4-151

384 030 18 01 2 156 14 10

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BAŞGÜL, Merve
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 29.01.1992, Kırşehir
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (386) 214 39 90
 e-mail : mervebasgul2@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2016
Lise	Kırşehir Anadolu Öğretmen Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-2019	Teknik Yapı Denetim Şirketi	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- İlerisoy, Z.Y., Başgül, M. (2019). Yapılarda Yükselme ve Başkent Ankara Örnekleri Üzerinden Tarihsel İncelenmesi, *Online Journal of Art and Design*, 7 (3), 125-140.
- Başgül, M., İlerisoy, Z.Y., Tuna, M.E., Günel, M.H. (2019). *Tarihi Yapılarda Yeniden İşlevlendirme Sürecinde Yapı-İşlev Uyumu; Cacabey Camii Örneği Üzerinden İnceleme*. Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu, Ankara.

Hobiler

Kitap Okuma, Seyahat Etme, Yabancı Dil Öğrenme



GAZİ GELECEKTİR..