



T.C.

KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TARİHİ YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ,
HASARLAR İÇİN ONARIM VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ,
ZENBURİ MESCİDİ'NİN MODEL ANALİZİ**

Fatih Mehmet AŞIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Temmuz - 2018

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Fatih Mehmet AŞIK tarafından hazırlanan “**Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar İçin Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, Zenburi Mescidi ‘nin Model Analizi**” adlı tez çalışması 12/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

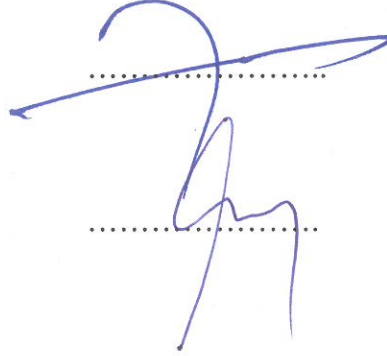
Başkan

Doç. Dr. M. Sami DÖNDÜREN

.....

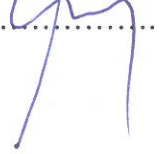

Danışman

Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

.....


Üye

Dr. Öğretim Üyesi S. Kamil Akın

.....


Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA

LEE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Fatih Mehmet AŞIK

Tarih: 12/07/2018

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARİHİ YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ, HASARLAR İÇİN ONARIM VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ: ZENBURİ MESCİDİ’NİN MODEL ANALİZİ

Fatih Mehmet AŞIK

**Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

2018, ... Sayfa

Jüri

**Danışmanın Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI**

Ülkemiz kültürel ve tarihi açıdan çok önemli ve değerli tarihi yapı envanterine sahiptir. Bu yapılar geçmişin binlerce yıllık kültür birikiminin ve medeniyetlerin emarelerini taşımaktadır. Ülkemizdeki tarihi yapılar o bölgedeki coğrafi, jeopolitik, sosyolojik, malzeme vb. birçok unsurdan etkilenecek yapılmıştır. Çoğu yığma yapı olarak inşa edilen yapıların günümüze kadar doğa ve insanoğlunun yıpratıcı etkilerine karşı ayakta kalmaya çalışmaktadır. Tarihi yapıların bu yıpratıcı etkilerden korunması gelecek nesillere güvenli bir şekilde aktarılması gerekmektedir.

Çalışmamıza örnek teşkil edecek tarihi yapı; yüzyıllardır medeniyetlerin bulunduğu Anadolu Selçukluların payitahtı Konya ilindeki 13. yy. Selçuklu yapısı Zenburi mescididir. Mimarı açıdan kesit ve iç tasvir olarak kare bir plan üzerinde tek mekanlı, son cemaat yeri olan tuğla örgülü ve motifli büyük bir kubbeye sahip olan mescitte taşıyıcı sistemin durumu, kullanılan malzemelerin özellikleri, oluşan hasarların değerlendirilmesi, mevcut durumunun tespiti, uygun onarım – güçlendirme önerisinin yapılarak gelecek nesillere aktarılması, gerekli parametrelerin tartışılarak çözüm önerilerinin ortaya konması amaçlanmaktadır.

Anahtar Sözcük : Onarım – Güçlendirme, Yığma Yapı, Zenburi Mescidi

ABSTRACT

MS THESIS

LOAD-BEARING CARRIER SYSTEM PROPERTIES IN THE HISTORICAL BUILDINGS REPAIR AND STRENGTHENING TECHNIQUES FOR DAMAGES MODEL ANALYSIS OF ZENBURİ MASJİD

Fatih Mehmet AŞIK

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
KONYA TECHNICAL UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Mehmet KAMANLI

2018, ... Pages

Jury

Advisor Danışmanın Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Our country has an important and valuable historical building inventory in terms of cultural and historical aspects. These structures represent the past traces of cultural accumulation and civilizations of thousands of years. The historical structures in our country were affected by many factors such as geographical, geopolitical, sociological, material etc. in that region. Most of the constructions built as masonry structures are trying to survive to day to day with the abusive effects of nature and humanity. The protection of historical structures from these abrasive influences must be safely transferred to future generations.

The historical structure that will constitute an example of my work is the Zenburi mosque ; The architecture of the Seljuk's of the 13 th century Seljuk's in Konya province of the Anatolian Seljuk's , which had been encountered by centuries of civilization, the architecture was made in a single plan on a square plan, in cross-section and interior depiction. The narthex has a huge dome with brick braid and motif. It is aimed that the status of the carrier system, the properties of the materials used, the assessment of the damage, the determination of the current situation, the appropriate repair, making the appropriate reinforcement proposal and, present the solution proposals by discussing the necessary parameters and transfer to future generations.

Keywords: Masonry structures , Repair, Reinforcement , Zenburi Masjîd

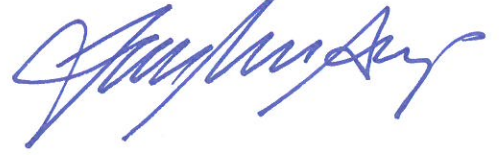
ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca yol gösterici kimliğiyle yardımcı olan çok kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet KAMANLI' ya, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgilerini aktaran ve üzerimde emeği olan tüm saygıdeğer hocalarıma, çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen Tefik Fikret ÖĞÜTCÜ'ye içtenlikle teşekkür ederim.

Bu çalışmam sırasında bana her türlü maddi ve manevi desteği olan, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim sevgili babam Ahmet AŞIK' a ve sevgili annem Fatma Nur AŞIK' a ve kardeşim Furkan Emrullah AŞIK' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Fatih Mehmet AŞIK

KONYA-2018



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
SİMGE VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. TARİHİ KÜLTÜREL VARLIKLARIN KORUNMASI, AKTARILMASI ve DEĞERLENDİRİLMESİ	3
2.1 Cumhuriyet’e Bırakılan Miras	4
2.2 Cumhuriyet Dönemi	4
3. TARİHİ YAPI TANIMI VE YAPI ÇEŞİTLERİ.....	5
3.1 Tarihi Yapı	5
3.2 Tarihi Yapı Çeşitleri	6
4. TARİHİ YAPILARDA TAŞIYICI ELEMAN SİSTEMLERİN İNCELENMESİ	19
4.1 Kemerler.....	19
4.2 Tonozlar	20
4.3 Kubbeler.....	21
4.4 Sütunlar ve Ayaklar	22
4.5 Duvarlar	25
4.6 Temeller	26
4.7 Döşemeler	27
4.7.1 Ahşap Döşemeler	28
4.7.2 Adi Volta Döşeme.....	29
4.7.3 Volta Döşeme.....	30
5. TARİHİ YAPILARDA MALZEMELERİN BELİRLENME YÖNTEMİ, KULLANILAN MALZEME VE ÖZELLİKLERİ.....	31
5.1 Doğal Taş Malzeme.....	31

5.2 Harçlar.....	32
5.2.1 Horasan Harcı ve Sıvaları	32
5.2.2 Kireç Harcı ve Sıvaları.....	35
5.3 Kargir Malzeme	37
5.4 Ahşap Malzeme	38
5.5 Tuğla	38
6. TARİHİ YAPILARDA OLUŞAN HASARLAR VE NEDENLERİ.....	39
6.1 Zeminden Kaynaklanan Hasarlar	39
6.2 Taşıyıcı Sistem Tasarımındaki Hatalar	41
6.3 Hatalı Malzeme Kullanımı.....	42
6.4 Hasar Biçimlerinin Belirlenmesi.....	42
6.4.1 Taşıyıcı Duvarlarda Oluşan Hasarlar	43
6.4.2 Kemer ve Tonozlarda Deformasyonlar	45
6.4.3 Kubbe Hasarları	48
6.4.4 Zeminden Kaynaklanan Hasarlar	50
7. TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	52
7.1 Sağlamaştırma.....	52
7.1.1 Tarihi Yapının Yapıldığı Malzemesinin Sağlamaştırılması.....	52
7.1.2 Taşıyıcı Sistemin Sağlamaştırılması	63
7.1.3 Zeminin Sağlamaştırılması	71
7.1.3.1 Temel Altı Zeminin Islahı.....	71
7.1.3.2 Temelin Güçlendirilmesi	72
7.2 Bütünleme	74
7.3 Yenileme	74
7.4 Yeniden Yapım	75
7.5 Temizleme.....	76
7.6 Taşıma.....	78

8. TARİHİ ZENBURİ MESCİDİNİN MODEL ANALİZİ.....	79
8.1 Zenburi Mescidi'nin Tarihçesi ve Özellikleri.....	79
8.2 Zenburi Mescidi'nin Elle Statik Analizi.....	88
8.3 Zenburi Mescidi'nin Sap 2000 ile Analizi.....	97
 9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	106
KAYNAKÇA.....	114
ÖZGEÇMİŞ.....	116



SİMGE VE KISALTMALAR

A_0	:Etkin yer ivme katsayısı
ABYYHY	:Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
CFRP	:Carbon fibre reinforced polymers
E	:Elastisite modülü
f_d	:Duvar basınç dayanımı
f_{em}	:Duvar basınç emniyet gerilmesi
FRP	:Fibre reinforced polymers
G_i	:Sabit yük
H	:Esas yüklerin toplamı
HZ	:Esas ve ilave yüklerin toplamı
$\dot{I}$	:Bina önem katsayısı
I_{x-x}	:X yönü atalet momenti
I_{y-y}	:Y yönü atalet momenti
KN	:Kilo Newton
MPa	:Mega Paskal
n	:Hareketli yük katılım katsayısı
Q_i	:Hareketli yük
R	:Yapı davranış katsayısı
R_s	:Deprem yükü azaltma katsayısı
S(T)	:Spektrum katsayısı
t	:Duvar veya tonozun kalınlığı
(mm) T_A, T_B	:Spektrum Karakteristik Periyotları
TS	:Türk Standartları
V_t	:Eşdeğer deprem yükü
V_t	:Taban kesme kuvveti
W	: Binanın toplam ağırlığı
W_{x-x}	:X Yönünde mukavemet momenti
W_{y-y}	:Y Yönünde mukavemet momenti
β	:Bina yükünün toplam yüke oranı

ε	:Kaymaya karşı birim deformasyon
γ	:Özgöl ağırlık
μ	:Sürtünme katsayısı
σ	:Düşey gerilmeler
$\sigma_{\text{çem}}$	:Çekme ve eğilme emniyet gerilmesi
τ_{em}	:Kayma gerilmesi
τ_o	:Duvar çatlama emniyet gerilmesi



1. GİRİŞ

İnsanoğlu tarih boyunca hüküm sürdüğü topraklar üzerine şehirler, köprüler, yollar, barajlar, medeniyeti geliştirmek adına çok farklı çeşitte yapılar inşa etmişlerdir. Bu yapılar bir ülkenin kültürel zenginliğini ve çeşitliliğini simgeleyen en önemli parçalarındandır. Günümüze kadar ulaşan pek çok tarihi yapı ait olduğu dönemin özelliklerini ortaya koyarak geçmişten günümüze ışık tutmaktadır. Dolayısıyla tarihi belge niteliği gösteren bu yapıları koruyarak gelecek nesillere ulaştırmak en önemli görevlerimizden birisidir.

Tarihi yapıları gelecek nesillere ulaştırmak için sadece korumak yeterli değildir. Özellikle yapısal bakımdan tarihin yıpratıcı etkilerine maruz kalan yapılarda meydana gelen bozulmaların onarılıp sürekli bakımının yapılması çeşitli afet ve doğa olaylarına karşı dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir. Bu uygulama aşamaları yapılırken tarihi yapının özgünlüğünün tarihsel dokusuna zarar vermeden yapılması gerekir. Bu konuda 1964 yılında önemli bir adım atılarak “Venedik Tüzüğü” hazırlanmış ve onarım güçlendirme çalışmaları için çeşitli kriterler ortaya çıkarılmıştır.

Geçmişten günümüze kadar ulaşan ve binlerce yıllık birikime sahip olan tarihi yapıların çoğu zaman meydana gelen depremler, savaşlar, heyelanlar, su baskınları ve yangınlar gibi afetlerden dolayı zarar görmüş hatta yıkılma noktasına gelmiş veya yok olmuşlardır. Bu doğa ve dış etkenlerden korunmasının yanı sıra yapıda kullanılan malzemelerin dayanımlarını yitirmesi, malzeme ve eleman noktasında yapıda oluşan deformasyonlar, düzensiz yüklemeler, amacına aykırı kullanımlar sonucunda tarihi yapıların yavaştan yok olma derecesine gelmesinin bir diğer nedenidir.

Gelecek kuşaklara güvenle aktarılabilmesi için kültür mirasımızı teşkil eden bu yapıların onarılması ve korunması hususunda öncelikle belirlenmesi gereken unsurlar mevcut yapısal davranışları ve karakteristik davranışlarıdır.

Yapıların dinamik davranışları, doğal frekans, mod şekli ve sönüm oranı olarak nitelendirilen dinamik davranışlara bağlı olarak incelenmelidir. Günümüzde yapı dinamik karakteristiklerinin, yapının mevcut durumu dikkate alınarak belirlenmesinde Deneysel ve işlevsel modal analiz yöntemleri en yaygın kullanılan metotlardır. Deneysel modal analiz yönteminde yapıya değeri bilinen bir kuvvet uygulanmakta ve yapının bu kuvvete karşı göstermiş olduğu etki - tepki ölçülmektedir. İşlevsel modal

analiz metodu ise yapıyı titreştirmek için çevresel etkiler kullanılmakta ve yapıda meydana gelen tepkiler ölçölmektedir. Günümüzde tarihi yapıların dinamik karakteristiklerinin teorik analizler ve deneysel ölçüm yöntemlerine dayalı belirlenmesi hakkında birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, tarihi minarelerin, tarihi köprülerin, tarihi kiliselerin, tarihi kulelerin vb. birçok yapının dinamik karakteristikleri belirlenmiştir. Dinamik davranışa göre yapıya gelen kuvvet ve yüklemelerde yapının nasıl davranacağı konusunda daha önceden bilgi sahibi olunabilir. (Baptista ve ark.. , 2004 ; Bayraktar ve.ark. , 2007 ; Frunzio ve ark.. , 2001; Gentile ve Saisi, 2007).



2. TARİHİ KÜLTÜREL VARLIKLARIN KORUNMASI, AKTARILMASI ve DEĞERLENDİRİLMESİ

863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'na göre “koruma” ve “korunma”; taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarında muhafaza, bakım, onarım, restorasyon, fonksiyon değiştirme işlemleri, taşınır kültür varlıklarında ise muhafaza, bakım, onarım ve restorasyon işleridir. Fakat günümüze kadar sürdürülen doğal, tarihsel ve kültürel çevre koruma politikalarının ülkemizde belirli bir başarıya ulaştığını söylemek mümkün değildir. Bu durum hem devlet politikası olup insanların bilinçlendirilmesi hem de insanları tarihi yapılara karşı bakış açılarını değiştirmesi gerekmektedir. Buna ek olarak yapıların içeriklerine bakıldığında nitelikli tespit ve tescil çalışmalarının eksikliği, olumsuz uygulamalar, hatalı planlamalar, koruma bilincinin yetersizliği gibi nedenler etkili olmaktadır.

Günümüzde tarihi eser koruması, onarımı ,bakımı vb. hususlarda uygulanacak teknik ve alınacak tedbirlere en iyi örnek Mimar Sinan'ı gösterebiliriz. Mimar Sinan'ın “koruma anlayışı”; kendisinden önceki kültürlerle yaklaşımı ile ele alınması gerekmektedir. Mimar Sinan'ın Edirne' de inşa ettiği yapıların korunmasında günümüzdeki tutum ise, Sinan'ın anlayışı çerçevesinde değerlendirilerek, daha bilinçli bir koruma için Sinan'ın eserlerinin muhafaza eden mimari-kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılması konusunda önemli önerilerden meydana gelmektedir.

Mimar Sinan, kendisinden önceki dönemlerde yapılan eserleri hem onarmış, hem de kesin kuralları yerleştirmeyi başarmıştır. Bu eserlerin zarar görmelerini engellemek adına büyük ustanın, eski eserleri ile birlikte ele alması onun bu konudaki öngörüsünü göstermektedir. Bize Mimar Sinan'nın bakış açısı ve geniş perspektiflere yaklaşımını kendimize ilke edinmeliyiz. (Bozdoğan ve ark., 2006)

Değişik nitelikteki toplumlar hem kendilerinden önceki periyotlarda hem de kendi dönemlerinde inşa edilen yapılar ile bugün kültür varlığı olarak tanımladığımız taşınır ve taşınmazlara karşı farklı şekilde davranışlar sergilemişlerdir. Birçok uygarlığın binlerce yıldan bu tarafa mimari yapıtlar ve bu yapıtları barındıran kentlerde oluşturduğu Anadolu'nun bu zengin birikmiş mirasının değerlendirilmesi, korunması ve bizden sonraki nesillere aktarılması görevi, kısaca “koruma” olarak adlandırdığımız bir sektörün oluşması ve gelişmesini sağlamıştır.

Geçmişten günümüze gelen tarihi eserler üzerinde yapılan çalışmaları incelemek gerekirse, Cumhuriyet Döneminden incelemeye başlayabiliriz.



2.1 Cumhuriyet'e Bırakılan Miras

Osmanlı Devleti'nde, bugün kültür varlığı olarak tanımlanan yapıtlara karşı uygulamalar yapılmış, düzenlemeler oluşturulmuştur. Özellikle vakıf kurumunun desteği ile dini, sosyal, kültürel ve ekonomik içerikli birçok anıtsal yapı oluşturulmuş, yine aynı kurumun sağladığı olanaklarla bu yapıların onarımları ve bakımı yapılarak sürekliliği sağlanmaya çalışılmıştır. Batılılaşma sürecinde, müzecilik alanında yeni girişimler başlamış, “eski eser” kavramına yeni kapsamlar getirilmiş, koruma alanında yeni örgütlenme modelleri ve düzenlemelerin miras olarak kalmasını sağlamıştır. Bunlar arasında merkezi İstanbul Müzeleri olan Müze-i Hümayun ile Konya, Bursa ve Adana'da kurulan küçük müze birimleri, 1906 tarihli “Asarı Atika Nizamnamesi”, 1877 tarihli “Ebniye-i Emiriye ve Vakfiye İnşaat ve Tamiratı Hakkında Nizamname”, ve 1916 tarihli “Muhafazai Abidat Nizamnamesi”, sadece İstanbul ile ilgili konularda görev yapan “Asarı Atika Encüman-ı Daimisi”, vakıf mallarının yönetimi ve vakıf kökenli yapıların bakım ve onarımından sorumlu “Evkafı Hümayun Nezareti” bulunmaktadır. (Mahrabel, 2006)

2.2 Cumhuriyet Dönemi

Cumhuriyet döneminde koruma olgusunun iki ana zaman diliminde incelenmesinde önemlidir. İlk dilim 1920-1950 arasını kapsamaktadır. Bu dönem her alanda olduğu gibi ilk arayışları ve gelişmeleri içermektedir. Önemli bir dönüm noktası olarak 1950'lerin ilk çeyreği görülmektedir. Bu zamanda gelişen yeni yasa ve kurumların oluşturulması, çok partili hayata geçilmesi, yeni eğitim kurumlarının oluşması, Avrupa ile ilişkilerin artması, parasal kaynaklarda izlenen göreceli artış vb. hususlar büyük rol oynamaktadır.

3. TARİHİ YAPI TANIMI VE YAPI ÇEŞİTLERİ

3.1 Tarihi Yapı

Geçmişteki süreçte yapılmış olan ve günümüze kadar ayakta kalabilen eserlere tarihi yapıt denilmektedir. Tarihi yapılar geçmiş ile geleceği kuvvetle bağlayan paha biçilmez kültürel varlıklardır. Bu eserlerle medeniyetlerin birikimleri ve değişimleri anlaşılabilmekte geleceğe bakış açısı, geçmişten gelen birikim ile tarihi yapılara yaklaşımı geliştirmiştir.

3.2 Tarihi Yapı Çeşitleri

Fonksiyonel gereksinimler, malzemelerin seçimi, teknik bilgi ve deneyenime bağlı olarak tarihi yapılar farklı türlerdedir. Bu yapılar; kullanılan malzemelere, taşıyıcı sistemlerine, kullanım amacına ve yapıldıkları döneme göre sınıflandırılabilir.

Kullanılan malzemelere göre;

- Taş
- Tuğla
- Kerpiç
- Kil bloklar
- Ahşap
- Çelik
- Kırma

Taşıyıcı sistemlerine göre;

- Yığma kargir
- Ahşap
- Kerpiç
- Çelik
- Karma

- ❖ Yapıldıkları döneme göre ayırmak gerekirse ;
- Antik mimarlık yapıları,



Şekil 3.1 Akropolis-İzmir

- Klasik mimarlık yapıları,



Şekil 3.2 Val de Grace Kilisesi-Paris

- Romanesk mimarlık yapıları,



Şekil 3.3 Piza Kulesi-İtalya

- Gotik mimarlık yapıları,



Şekil 3.4 Duomo di Milano Katedrali-İtalya

- Rönesans mimarlık yapıları,



Şekil 3.5 Tempio Malatestiano-Rimini

- Maniyerist mimarlık yapıları



Şekil 3.6 Villa Farnese- İtalya

- Barok mimarlık yapıları,



Şekil 3.7 Ortaköy camisi-İstanbul

- Rokoko mimarlık yapıları,



Şekil 3.8 III. Ahmet çeşmesi-İstanbul

- Neo-klasik mimarlık yapıları,



Şekil 3.9 İzmir Etnoğrafya müzesi-İzmir

- ❖ Kullanım amacına göre;
 - Dini yapılar



Şekil 3.10 Notre Dame Kilisesi-Paris



Şekil 3.11 Selimiye camii-Edirne.

- Sağlık-sosyal hizmet yapıları,



Şekil 3.12 Afrodisias stadyum-Aydın



Şekil 3.13 Cağaloğlu hamamı-İstanbul



Şekil 3.14 Hamam-Ürgüp

➤ Ulaşım yapıları,



Şekil 3.15 Mağlova su kemeri-İstanbul



Şekil 3.16 Alman(Varda) köprüsü-Adana



Şekil 3.17 Haydarpaşa tren garı-İstanbul



Şekil 3.18 Meriç köprüsü-Edirne.

➤ Eğitim yapıları



Şekil 3.19 Çifte minareli medrese-Erzurum



Şekil 3.20 Louvre müzesi-Paris



Şekil 3.21 II. Beyazid külliyesi-Edirne

➤ Ticaret yapıları



Şekil 3.22 Rüstem paşa kervansarayı-Edirne



Şekil 3.23 Kervansaray-Malatya

- ❖ İdari yapılar
 - Savunma yapıları



Şekil 3.24 Topkapı surları



Şekil 3.25 Sivil yapı-Safranbolu



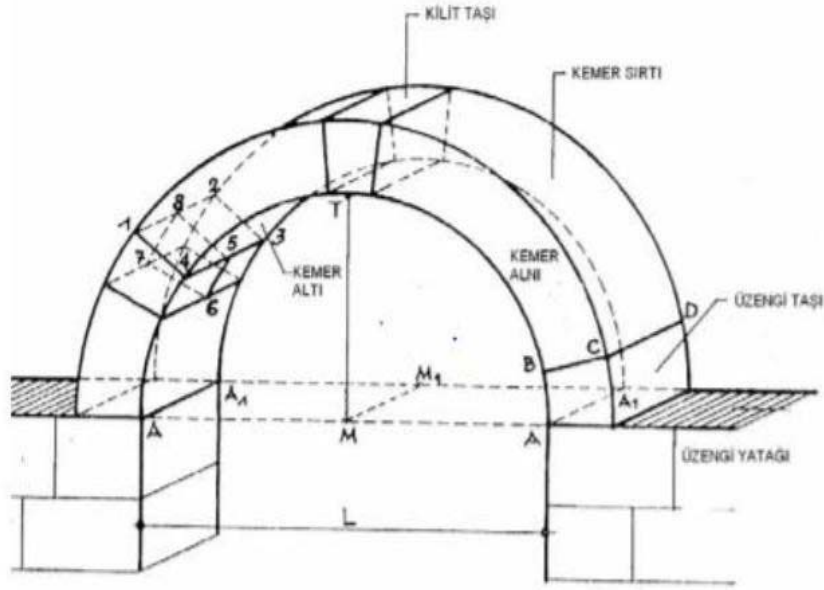
Şekil 3.26 Sivil yapı-Mardin

4. TARİHİ YAPILARDA TAŞIYICI ELEMAN SİSTEMLERİN İNCELENMESİ

4.1 Kemerler

Kemerler, ayak veya iki taşıyıcı eleman arasındaki açıklığı eğrisel olarak birbiri ile bağlantılı yapılan eğri eksenli kirişlerdir. Kemerler, tuğla yada taş ile inşa edilebilir. Taş kemerler, kesme taş, kaba yonu, ince yonu veya molozdan inşa edilebilirler.

Bir kemer, genel olarak üç bölümde incelenebilir ; kemer örgü taşı olarak üzengi, kilit taşı ve kemer taşları olmak üzeredir. Kemerin başlangıç taşı üzengi yatağının üzerine eğrisel olarak teşkil edilen üzengi taşıdır. Kilit taşı, kemerin düşey ekseninde her iki tarafta bulunan kemer sırtı arasında yer alan kemerin stabil olarak tutulmasını sağlayan elemandır. Kemer sırtı ise kilit taşı ile üzengi taşı arasında çeyrek çember şeklinde form alan eğrisel elemandır.



Şekil 4.1 Kemerlerin muhtelif kısımlarının belirlenmesi

Kemerler, kendi zati ağırlığı ve kemerin üst noktasından gelen düşey ve yatay yük etkisindedir. Kemere etki eden yükler kilit taşından temas ile kemer sırtından ilerleyerek her iki yanda üzengi taşından üzengi yatağına yükün aktarılması mantığı ile taşıyıcı özelliği gösterir. Kemerler, basınca çalışan eleman olarak nitelendirilebilir.

Düşey yükün şiddetinin yatay yükten büyük olması durumunda, kesit içerisindeki çekme kuvvetlerinin şiddeti azalır. Yatay yükler kemerin eğrisel kollarını açma eğilimde

bulunmasına karşın düşey yükün basınç gerilmesiyle yatay yükün yanan kollara olan itme kuvveti etkisi azalır. Kemerlerde kesit boyutlarının oldukça büyük olmasının sebebi, tuğla veya taş kemerlerin kendi ağırlıklarının, kemerin stabilitesine sağladığı avantajlardır. Kemerin herhangi bir noktasında oluşacak çekme kuvveti kullanılan malzemelerin çekme dayanımlarının düşük olmasından dolayı kemerde çatlamalara ve hasarlara yol açabilir. Çatlaklar ve oluşan hasarlar kemerin stabilitesinin bozulmasına neden olacak diye bir durum söz konusu olmayabilir ama basınca çalışan taşıyıcı elemanlar için tehdit unsurudur. Kemerlerin stabilitesinin bozulmasına neden olan en önemli etken, mesnetlerin açıklık yönünde ayrılmasıdır. Bu yüzden, pek çok tarihi yapının tuğla, taş kemerlerinde metal veya ahşap gergi çubuğu kullanılmıştır. Bu durum kemerin ayrılmasını her iki yönden engellemek için İki ayak, bir ayak bir duvar veya iki duvar arasında kullanılarak kemer formunun yanal olarak ayrılmasının önüne geçmek içindir. Taşıyıcı elemanlar üzerine, üst örtünün üzengi seviyesinde veya hemen altında bulunan taş oyulmuş yuva ya da duvar içerisine bırakılmış boşluklara mesnetlendirilmişlerdir. Gergi çelik vb. gergi yöntemlerinin kullanılması istenmediği durumlarda kemerin alt üzengi yatağının kemer eksen dışlarına ağır bloklu taş vb. malzemelerden payandalar yapılmak suretiyle kemerin ekseninden her iki dış tarafa hareketi engellenmiş olur.



Şekil 4.2 Segovia-İtalya (128 gözlü su kemeri)

4.2 Tonozlar

Tonoz, kemerin kendi düzlemine dik doğrultuda ötelenmesi ile meydana gelen kabuk taşıyıcı elemanlardır. Yükleri, kemerlerin ve döşeme sistemlerinin yük taşıma ilkesine göre taşıyan tek eğrilikli yapılardır. Tonozlar basınç kuvvetlerine karşın çalışan parçalardır.

Tonoz çeşitleri; ilkel tonoz, beşik tonoz, çapraz tonoz ve manastır tonozu şeklinde dört çeşittir. Tonoz, kendi ağırlığı ile birlikte üzerindeki kaplama yüklerini de taşır. Bir tonozun kesiti, aynı eğrilikteki bir kemere eşdeğeridir. Tonoz mesnetlerinde oluşan yanal kuvvetler, temellere doğru kalınlaştırılmış duvarlar, kemerlerde olduğu gibi gergiler veya payandalarla taşınır. (Anonim)



Şekil 4.3 Lennox hastanesi-İngiltere

4.3 Kubbeler

Bir kemerin kendi simetri eksenini etrafında 360° turlaması ile meydana gelen kabuk yapıya sahip elemana kubbe denir. Kubbeler kuvvetleri çift eğrilikli yüzeyleri ile taşıyıcı elemanlara aktarırlar. Pandantif (küresel mesnet), Tromp (tonoz mesnet) ve Türk üçgeni, kubbeli mekan örtüsünde geçit elemanı olarak kullanılan en sık karşılaşılan formların başında gelmektedir.

Tarihi yığma kargir yapılarda kubbeler, küre parçası olarak dizayn edilmişlerdir. Kubbelerin üst noktalarından gerilme olmayan bölgelerde boşluklar açılarak aydınlatma sağlanabilir. Kubbelerde, tonoz ve kemer mantığı ile genelde basınç gerilmelerine karşı dayanım gösterirler. Ama kubbenin tabanında oluşan çekme gerilmelerine karşı tedbir alınması gerekir. Bu bölgenin çekme gerilmelerine dayanıklı bir malzemeden yapılmış olması veya bir çember ile cendere altına alınarak etrafı kuşatılması gerebilir. Büyük kubbeli

yapılardaki kasnaklar masif ve ağır yapıları ile kubbelerin alt tarafa ilettikleri düşey ve yatay yüklerin bu bölgede meydana gelecek çekme kuvvetlerini sönmölemeye çalışmaktadır.



Şekil 4.4 Gloucester katedrali-İngiltere

Kubbenin kendi zati yükü ve dış kaynaklı yükler, kubbe ayakları vasıtasıyla mesnet yüklerinin düşey bileşenlerini kemerlere; yanal bileşenleri ise kemer düzlemlerine dik doğrultuda yerleştirilmiş yarım kemerler veya payandalarla karşılarlar. Kubbeden kemerlere taşınan düşey yüklerin kemer düzlemi içindeki itkileri de gergilerle sönmölenir. Kubbeler farklı formda ve şekiller de karşımıza çıkabilirler ama gelen yükleri ve kendi ağırlıklarını taşıma ve taşıyıcı elemanlara aktarma konusunda pek farklılık göstermezler. Kubbeler açıklığı yapıda kullanılan mesafelere göre değişse de kubbe üst noktasından veya kubbe düzlemine dik gelen kuvvetlere karşı çok dayanımlı değildir. Kubbeler genelde yapı üst tarafından kapatılmasında kullanılan eksene çift taraftan eğrilik veren kabuk elemanlarıdır.

4.4 Sütunlar ve Ayaklar

Yapı çatı ve üst yüklerinin tekil noktalardan iletilmesi hallerinde, düşey taşıyıcılar sütun ve ayaklardan meydana gelir. Sütunlar yekpare ya da birkaç blok taş ile oluşturulmuş düşey yapı elemanlarıdır.



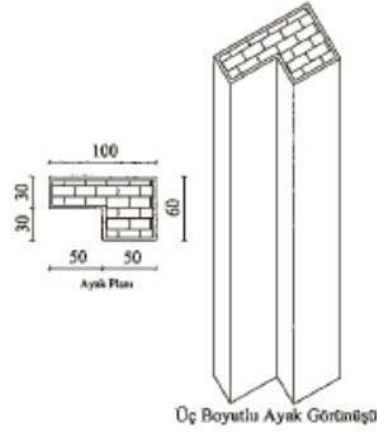
Şekil 4.5 Sütunlu Yapılar

Birkaç blokla oluşturulduklarında, bronz veya ağaç kenetler yardımı ile birleştirilirler. Daha çok çokgen, kare ve daire kesitli olan sütunların taşıdığı kiriş ya da kemer yükünü yayarak tek noktadan basıncı artırarak değil daha geniş yüzeyden toplamak için sütun başlığı, yükü altındaki yapı elemanına yaymak için ise yine basınç etkisinin azaltmak adına daha geniş sütun tabanlığı yapılarak temele aktarılır.



Şekil 4.6 Elhamra sarayı-İspanya

En kesiti sütunlardan daha fazla olarak teşkil edilen duvar gibi örülerek inşa edilen düşey taşıyıcılar ayaklardır. Mekan örtüsünün formu, kullanım amacına ve yüklerin aktarılması biçimlerine göre karmaşık bir geometride oluşturulabilir.



Şekil 4.7 Ayak detayı

Ana taşıyıcı ayaklarda ve sütunlarda meydana gelebilecek çatlak, kırılma gibi durumlar yapının stabilitesini bozarak kısmen veya tamamen yıkılmasına yol açabilirler. Bu sebeple bu tür elemanlarda kesitin eğilme eksenine dik doğrultudaki boyutunun üçte birinden fazla bir bölümde çekme gerilmesiyle karşılaşmayacak biçimde büyük kesit boyutlarına ihtiyaç duyulur. Böylece hem kesitin eğilmesine karşı koyarken hem de normal aksenal yük taşıma kapasitesinin artmasına olanak sağlar. Aynı zamanda elemanın kesit genişliğinden dolayı üzerindeki aksenal kuvvetten ötürü ekseninde burkulma ve burulmaları da engelleyecektir.



Şekil 4.8 Tarihi yapılardaki sütun ve ayak kullanımı

4.5 Duvarlar

Duvarlar, yapının üst mekan kaplamasından aktarılan yükleri zemine ileten; malzemelerine göre taş, kerpiç, tuğla olarak sınıflandırabileceğimiz düşey düzlemsel elemanlara denir. (Bayülke, 1978) Duvarın fiziksel boyutlarını belirleyen faktörler kullanılan malzeme çeşitleri, duvara üst yapıdan gelen eğik ve düşey yükler, yatay deprem ve toprak itki yükleri, zeminin durumu vb. gibi durumlara bağlıdır. Duvarın düşey ve yatay yükleri karşılayabilmesi mukavemetinden herhangi bir kayıp vermemesi için duvar yekpare olarak işlev görmesi gerekir. Duvarın bir bütün şekilde çalışmasının sağlanması için bir başka deyişle gerilmelerin duvar kesitinde üniform yayılı yük olarak yansması, diyafram etkisi oluşturmak amacıyla taş ve tuğlalar birbirine harç, kenet ve hatıllarla tutturulup elemanların aktarılan yük karşısında bölgesel değil duvar toplam kesitince gelen yüklere karşı koyması gerekir. Fakat aydınlatma, havalandırma vb. amaçla duvarlara açılan kapı pencere vb. boşluklar duvar bütünlüğünde rijit diyafram etkisini yani duvarın gelen kuvvetler karşısında bir hareket etmesinde bütünlüğü bozarlar. Bu durum duvardaki kesit düzensizliği oluşumuna ve gerilmelerin bu düzensizliklerin çevresine toplanıp buralarda gerilme yığılmaları oluşmasına neden olur.

Duvar yüksekliği tabandaki duvar kalınlığının 8 katını geçmediği yapıların depremlerde iyi davranış sergilediği eski ustalar tarafından dillendirilen, günümüzde de doğruluğu araştırılan bir durumdur.

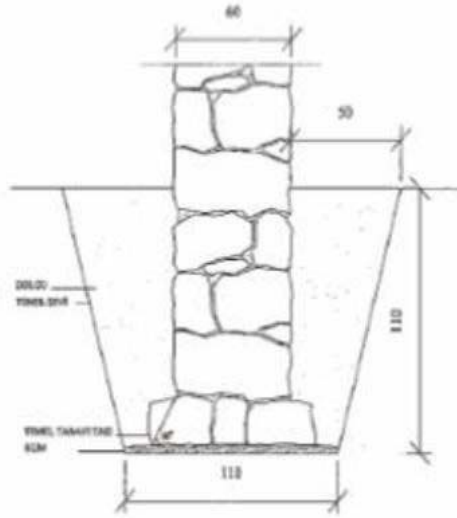
Kesit boyutlarının çok büyük seçilmesinin sebebi yükten dolayı oluşabilecek çekme gerilmelerini sıfıra yaklaştırmak, basınç taşıma gerilmelerini aynı oranda taşıma kapasitesini arttırmaktır. Bunun neticesi olarak, iç mekana ışık vermek amacıyla açılan pencere boşlukları ile zayıflayan duvarlar, değişik mimari ve geometriye sahip payandalar yardımıyla kuvvetlendirilmişlerdir. (Çamlıbel, 2000)

4.6 Temeller

Temeller, yapı en üst kaplama elemanlarından gelen , kullanım yüklerini, kar, rüzgar ve deprem yüklerini, yapının kendi ağırlığını zemine aktaran taşıyıcı nitelikteki elemanlardır. (Bayülke , 1992)

Yapı tekniğinin günümüz şartlarına göre çok basit olarak kaldığı, tarihi yapı temellerine bakılarak günümüzde sömel olanak taşıyıcı temel çeşitlerinin görülmesi imkansızdır. Geçmişte kullanılan temel türleri içinde günümüzde sadece yığma yapılarda temel ve sürekli temel olarak adlandırdığımız temel çeşidini görebiliriz. Bunları basit bir şekilde şöyle sınıflandırabiliriz:

- Taşıma gücü yüksek zeminlerde genellikle sığ temeller (yüzeysel temel) kullanılmıştır. Bu temeller; ayak ve sütunların altına gelen her biri kendi alt bölümüne ileten ayırık temeller (Şekil 4.9) gibi veya sürekli duvar altlarına gelen sürekli temeller den oluşurlar.



Şekil 4.9 Ayırık Temel

Ayrık ve sürekli temellerin, yatay olarak konmuş ahşap elemanlar ile birbirine ızgara şeklinde bağlanarak farklı boyutlarda gelen yükleri daha fazla alana yayma düşüncesi ile mesnetlendirildiği görülmektedir. Aynı zamanda ızgara sistemi olarak teşkil edilen yapı yüklerinin daha büyük bir temel alanı boyunca zemine iletilerek taşıma kapasitesinin arttırılmaya çalışıldığı da anlaşılmaktadır.

- Doldurulmuş, yumuşak ve taşıma kapasitesi düşük zeminlerde, daha çok su içinde inşa edilen yapılarda kullanımı, aynı zamanda bu yapılarda zemine çakılan kazıklarla oluşturulmaya çalışılan bir temel sisteminden söz edebiliriz. Derin temellerde (ahşap kazıklı temeller) olarak ele alacağımız temel türü kazık başlarının ahşap bir ızgara ile bağlandığı da görülür. Ahşap kazıkların genellikle su içinde bulunması ve hava ile temas etmemiş olması, bozulma ve çürüme olayını geciktirmiş hatta ve hatta sıfıra indirmiştir. (Çamlıbel, 2000)

4.7 Döşemeler

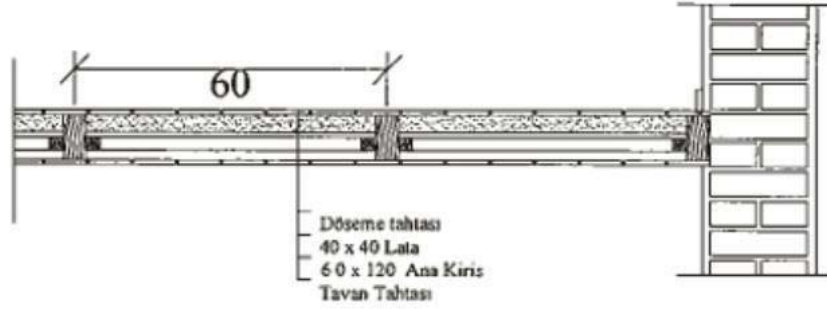
Döşemeler, yapının iç mekansa veya kabuk eleman olarak üzerine gelen yükleri duvar, kemer, tonoz gibi yapı elemanlarına aktaran yatay taşıyıcı ve iletici elemanlara denir. Döşemeler binanın altlı üstlü katlarını, yapının bulunduğu zeminle arasındaki bağı kestiği, kapalı hacmi ya da en üst kat ile dış mekanı, ayırma görevi üstlenen elemanlardır. Yapı döşemeleri, inşa edildikleri malzemenin cinsine göre ahşap, kargir döşeme gibi adlandırılabilir. (Soygeniş, 1999)

Döşemeler düşey yükler altında, çeşitli yük aktarım şekilleri haricinde yapının genel davranışını pek etkilemezler; fakat deprem sırasında diyafram etkisi oluşturarak gelen kuvvete karşı büyük rijitlikleri ile yatay yük aktarımı bakımından döşemelerin önemi artar. Boşlukların bulunması, döşemenin olmaması ya da binada düzensiz plan yapılanmaları ve yapının depreme karşı davranışını olumsuz şekilde etkilerler. Bu gibi yapısal dezavantajların bulunması yapının en zayıf halkası olarak o noktadan kısmen veya tamamen yıkılmasına sebep olabilir. Yapılarda döşemeler oluşturulurken simetrik ve bir bütünlük içerisinde hareket edilmesi gerekliliği unutulmamalıdır.

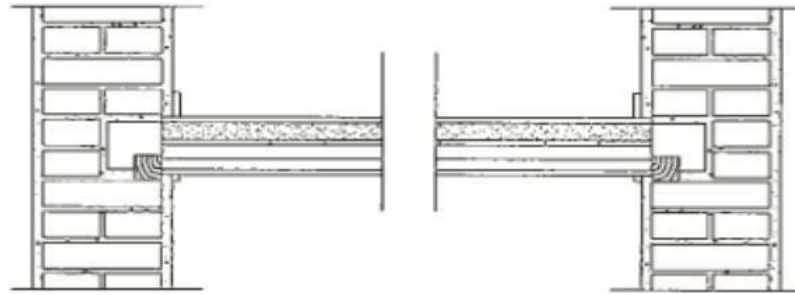
4.7.1 Ahşap Döşemeler

Ahşap kirişler, ahşaptan oluşturulan duvarlar arası kaplama görevi üstlenen döşemelere ve üstüne gelen hareketli ve zati yükleri taşıma özelliği gösteren elemanlardır. Ahşap döşemelerin olumsuz yanları kiriş kesitlerinin çok büyük olmaması, kiriş kesitlerinin açıklığa ve taşıyacağı yüke nazaran iyi seçilememesi halinde titreşmesi ve salınım hareketi yaparak sallanmasıdır. Ahşap döşemelerde kat aralarını ayırdığında döşemelerinin sesi kolay iletmesi ve ahşap döşemenin yangın sırasındaki kolay alevlenmesi sorunu, bakımının

düzenli yapılmadığında kendi içinden çürümesi gibi birtakım sakıncalı durumları da mevcuttur.



Şekil 4.10 Ahşap Döşeme

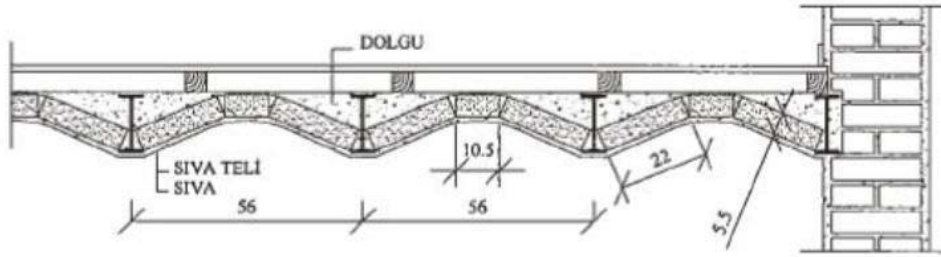


Şekil 4.11 Ahşap Döşeme-duvar birleşim detayı

Ahşap döşemenin, zemin katlarda çürümesini engellemek için temel duvarlarında toprak ile döşeme arasında kalan mesafe içinde yer yer karşılıklı delikler bırakılıp havalandırma yöntemi ile neminin alınıp kuruması sağlanmalıdır aksi taktirde ahşap malzemeleri rutubetten dolayı çürüme gösterir. (Ulkay, 1978 ; Kanca, 2004)

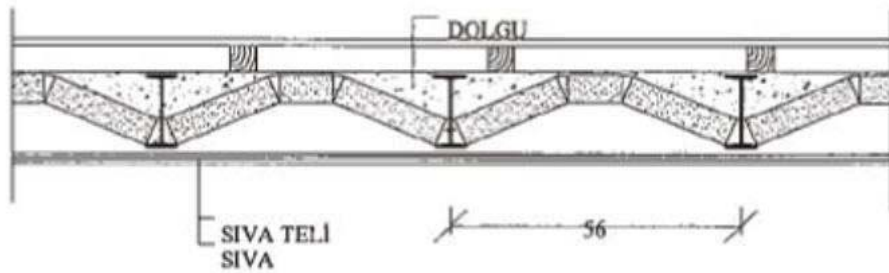
4.7.2 Adi Volta Döşeme

0.50 – 0.56 m. aks aralığında konumlandırılan NPI profiller arasına üç tuğladan yapılan tonoz döşemelerdir. Genellikle tuğlaları birbirine bağlayıcı olarak çimento harcı kullanılmıştır. Tuğlaların üstü putrel başlıklarının seviyesine kadar curuf betonu ile doldurularak düzeltme yapılır ve döşeme kaplaması uygulanır. Putrellerin altı sıva teli ile örülerek tuğlalarla birlikte sıvanmasının yanı sıra yalnız tuğlaların altı sıvanıp putrellerin altı yağlı boya ile de boyanabilir.



Şekil 4.12 Adi volta döşeme

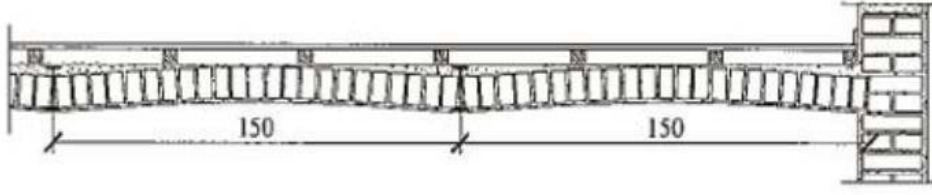
Eğer düz bir tavan dizayn edilmek istenirse, putrelden putrele sıva teli kaplanarak, üstü sıva ile sıvanır. Adi volta döşemeler duvar kenarlarında putrelle başlatılır, duvara tonoz sistemi oturtularak başlatılmaz (Ulkay , 1978 ; Kanca , 2004).



Şekil 4.13 Düz tavanlı adi volta döşeme

4.7.3 Volta Döşeme

1.50 m. aks aralığında konumlandırılmış putreller arasına kalıp yapılarak, tuğlalarla tonoz şeklinde imalatı gerçekleştirilir. Kalıplar, profillere asılan kancalara tutturulur. Bu döşemelerde duvar dibinde başlangıcın profille hizalanmasına gerek yoktur. Tonoz, duvara oturtulur. Yapım yılı dikkate alındığında çimento yada özel karışım harçları kullanıldığı görülür tonoz örgüsünde bağlayıcı olarak kullanılanların.



Şekil 4.14 Volta döşeme



5. TARİHİ YAPILARDA MALZEMELERİN BELİRLENME YÖNTEMİ, KULLANILAN MALZEME VE ÖZELLİKLERİ

5.1 Doğal Taş Malzeme

En eski yapı malzemelerinden birisi olan taş, sürekli ve kalıcı olması planlanan yapıların inşasında özellikle tercih edilmiştir. Taşın tarihi yapılarda oldukça fazla tercih edilmesinin nedenlerinin başında coğrafi yapıdan uzak genellikle her yerde ve arazi koşullarında çok rahat ulaşılabilir olmasıdır.

Taşların, taşıma güç kapasiteleri ve basınç dayanımları oldukça yüksektir. Buna nazaran çekme gerilmeleri oldukça düşüktür. Bu tür davranış sergileyen taşlar basınç gerilmesine karşı o yönde çalışan elemanların yapımında kullanılması gerekmektedir. Bunlara örnek verecek olursak kemerler, tonozlar ve kubbelerde kullanılması uygundur. Basınç yüklerini alan ve aktarılmasını sağlayan ayaklar ve duvarlarda da taş malzemelerin kullanılması oldukça avantaj sağlamaktadır. Doğadaki bazı taşlar basınç gerilmesine karşın malzemede gerçekleşen deformasyonlar günümüzde kullanılan betonla yakın özellik göstermektedir. Hatta betonun elastisite modülünün $E = (12\sim30) \times 10^3$ MPa olduğunu düşünürsek granitin elastisite modülü $E = (15\sim75) \times 10^3$ MPa mertebesinde olması betona göre daha fazla deformasyona karşı mukavemetli olduğunu görürüz. Elastisite modülünün bilinmesi taşıyıcı elemanlara gelen yükler karşısında malzemede oluşan sehim hesabında yapılmasına olanak sağlar. (Mahrabel, 2006)

Tablo 5.1 : Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri

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

Çekme gerilme kapasiteleri aşılan taşlarda genleşme çatlak hasarları meydana gelir. Taşlarda, dış etkenlerden özellikle ani sıcaklık değişimlerin de ki fiziksel çözünmeler, bunun yanı sıra rüzgar, su, zararlı maddelerle oluşan kimyasal çözünmeler, çatlaklar, aşınmalar ve bozulmalar meydana gelebilir.

%93-100 oranında CaCO_3 içeren taş küfeki taşıdır. Örgü ve dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan küfeki taşı, ayrıca iç mekanlardaki duvarlarda, taşıyıcı öğelerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, mihraplarda ve parmaklıklarda kullanılmıştır.

Muhtelif bölgelerdeki taş ocaklarından çıkarılan bu taş, ocaktan ilk çıkarıldığında birim hacim ağırlığı $\gamma=2,2-2,3 \text{ t/m}^2$, porozitesi = %12-14, su emmesi $w= \%1.5$ (ağırlıkça), basınç dayanımı $f= 20-30 \text{ MPa}$ (15 cm^3) tür. Atmosfer koşullarında çıktığında bünyesine CO_2 alarak hızlı karbonatlaşma süreci ile boşlukların bir bölümü kalsiyum bikarbonat ile dolar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, porozitesi azalır birim hacim ağırlığı artarken, boşluk hacmindeki azalışın ötürü su emmesi doğal olarak azalır. Bahsi geçen karbonatlaşma neticesinde basınç dayanımındaki artışın gelişimi beton ile büyük yakınlık gösterir. Yapılan deneylerde, malzemenin ocaktan çıktıktan otuz gün sonra dayanımının 45 MPa olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, basınç dayanımı/çekme dayanımı oranı 10-15 olarak belirlenmiştir. Bu değer taş olan malzemeler arasında enerji soğurma kapasitesi yüksek başka bir deyişle sünek malzeme davranışı sergileyen bir yapısı olduğunu göstermektedir. (Anonim)

5.2 Harçlar

5.2.1 Horasan Harcı ve Sıvaları

Topraktan elde edilen kerpicing ve tuğlanın, yapı malzemesi olarak kullanılması harcın doğmasına vesile olmuştur. Tarihte ilk harç olarak kullan malzeme çamurdur. Çamurun sonrasında, kireç harcı Romalılarla birlikte yapılarda görülmeye başlanmıştır. Kireç harcından sonra ise kireç kum karışımının içine pişmiş kil veya puzolan da denilen volkanik tüfün eklenmesi ile su karşısında sertleşip mukavemet kazanan bir bağlayıcı meydana gelmiştir. Tarihi kargir-yığma yapılarda özellikle Bizans, Roma, Selçuklu ve Osmanlı dönemi mimarisinde horasan harcı olarak adlandırılan bağlayıcı malzeme kullanılmıştır. (Mahrabel, 2006)

Kireç harçları hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki parçada incelenebilir. Kireç ile vasıfsız agregaların karışımı ile hidrolik olmayanlar elde edilmektedir. Bu hidrolik olmayan harçlar havada bulunan karbondioksit ile kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi sonucu sertleşmektedir. Hidrolik harçlar ise saf kireç ile puzolanların birleştirilmesiyle veya hidrolik kireç kullanımı ile oluşturulmaktadır. Hidrolik kireç kullanılarak elde edilen harçlar, kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi ve içinde bulundurduğu kalsiyum alüminat silikatların su ile kalsiyum alüminat hidratların ve kalsiyum silikat hidrat oluşturması sonucu sertleşmektedir. Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda ise kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum alüminat hidrat, kalsiyum silikat hidrat vb. ürünleri açığa çıkarır.

Hidrolik harçların mukavemetleri, oluşan bu ürünlerden dolayı hidrolik olmayanlara nazaran daha yüksektir.

Kirecin puzolanlar ile tepkimeye girebilmesi için ortamda suyun bulunması şarttır. Bu sebeple, hidrolik harçlar su içinde de sertleşip dayanım kazanabilirler. Bu harçların sertleşme sürecini hızlandıran yüzey alanı büyük puzolan kullanımı, karışıma alçı eklenmesi, ortam sıcaklığının yüksek olması, daha büyük basınç dayanımına sahip olmalarına olanak sağlar. Çoğu tarihi yapının harç ve sıva malzemesinin oluşturulmasında tuğla ve aynı özellikteki malzemeler, kireç ile harmanlandırılarak kullanılmışlardır. Bu özellikteki harçlar ve sıvalar hidrolik özellik gösterip ülkemizde de horasan harcı ve sıvaları olarak bilinmektedir. Horasan, kırılmış öğütülmüş tuğla tozu ve kiremit benzeri pişmiş kilin kendisidir. Horasan ve kireç (hava kireci) ile imal edilen harca horasan harcı denir. Horasan deyimi, İran'ın doğusundaki Horasan bölgesinden gelmektedir. (Mahrabel, 2006)

Horasan'ın mukavemeti, tuğla tozunun inceliğine ve kirecin kalitesi ile orantılıdır. Harca katılan ince çakıl takviyesi ile kireç ve tuğla tozu harmanlanarak boşluk hacmi azaltılıp horasan harcının dayanımının yüksek olması ve aynı zamanda kirecin harçla zamanla sertleşerek mukavemeti sağlanmaktadır. Ayrıca rötre için horasan harcının içine saman da ilave edilerek maddeler arası tutucu görevi üstlenerek kuruma çatlakların engellenmesi nispeten sağlanabilir.

Horasan harcı çok geç sürede sertleşen ve uzun zaman sonra dayanımını kazanan bir malzemedir. Eski yapı ustaları malzemenin bu özelliğini bildiklerinden yapının temelini bitirdikten sonra üst yapıya başlamazlar, uzun bir süre yapıma ara verirlerdi.

Horasanın dayanımını kısa sürede kazanabilmesi ve sertleşme sürecini azaltmak için çeşitli katkı maddeleri kullanılabilir.

Hidrolik özelliklerinden dolayı bu harç ve sıvalar Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemi sarnıç, su kemerleri, su kuyusu ve hamam yapılarında kullanıldığı görülmektedir. Çoğu tarihi yapıdan elde edilen örneklerde horasan harçlarının özellikleri irdelenmiştir. Agregada olarak kullanılabilen tuğlaların özgül ağırlıkları, granit, kireç taşı, bazalt vb. agregalardan daha düşüktür. Bu sebeple, horasan harçları daha hafif ve daha yüksek çekme dayanımına sahiptirler.

Horasan harcı ve sıvası hazırlamada kullanılacak modern veya geleneksel yöntemlerle imal edilecek tuğlaların puzolanik özellik gösterip göstermediği kontrol edilip harç ve sıva hazırlamada kullanılacak tuğlaların puzolanik özelliğe sahip olması istenmektedir. Bu özellik, harç ve sıvaların hidrolik olmasını sağlayan en temel özelliktir. Ülkemizde uygulanan koruma çalışmalarında bahsi geçen özelliklerin, horasan harcı ve sıvası yapımı için günümüzde üretilen modern tuğla veya harman tuğlalarının uygun olduğu zannedilmektedir. (Böke ve ark., 2004)

Horasan harcı hakkındaki incelemelerde aynı amaçlı fakat farklı işlemlerle nitelendirilen karışımlar tespit edilmiştir. Bunlar,

1. Geleneksel Horasan Harcı :

- a) Dinlendirilmiş kireç + Yumurta akı + Horasan pirinci + Su
- b) 1 Kireç Kaymağı + 1 Yıkanmış kavrulmuş kum + $\frac{1}{2}$ Alçı + Su
- c) 2 Kireç + 1 Horasan + Bir miktar dişli kum + Bir miktar meşe külü + Su

2. Kum Horasan Harcı :

- a) Dövmüş kireç + Yumurta akı + Kum + Horasan pirinci + Su olup, karma süresi uzundur.

3. Lökün :

- a) Dövme Kireç + Üç ayda suda çürütülmüş pamuk + Su
- b) Dövme kireç + Zeytinyağı + Keten elyafı + Su
- c) Dövme kireç + Kızgın zeytinyağı + Koyun yünü elyafı + Su

4. Horasan Sıvası :

- a) Yumurta akı + Alçı + Tuz + Kireç
- b) 2 Horasan + $\frac{1}{2}$ Perdah kumu + $\frac{1}{2}$ Beyaz çimento + $\frac{1}{2}$ Kireç şerbeti (öneri)

olarak sınıflandırılmıştır (Eriç ve ark. , 1990)

5.2.2 Kireç Harcı ve Sıvaları

Eski uygarlıklarda ve onu takip eden periyotlarda taki çimentonun icadına kadar yapıların inşalarında kireç kullanılmıştır. Kireç harcı ve sıvaları bağlayıcı madde olarak kireç, dolgu malzemesi olarak da agregaların karıştırılmasıyla meydana getirilir. Kireç harçlarının performansını arttırmak ilkesiyle kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin eklendiği de saptanmıştır.

Kirecin hammaddesi, kalsiyum karbonat (CaCO_3) minerallerinden oluşan kireç taşlarıdır. Bu taşlar ısı ile kalsine olup karbondioksit gazının (CO_2) birleşimden ayrılması neticesinde kalsiyum okside (CaO) dönüşürler. Elde edilen bu ürüne sönmemiş kireç adı verilir. Kalsinasyon sonucunda elde edilen sönmemiş kireç (CaO), su veya havada bulunan nem ile reaksiyona girerek kalsiyum hidroksite (Ca(OH)_2) dönüşmektedir. Bu ürün, sönmüş kireç olarak adlandırılmaktadır. Kirecin sönmesi için havada %15 oranında görelî nemin olması yeterlidir. Boynton (1980) Kirecin kalitesini etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Kireç taşlarının yumru büyüklüğü, gözenekliliği, kalsiyum karbonat kristallerinin büyüklüğü sönmemiş kirecin reaktifliğine etki eden en temel etkenlerdir. Bu etkenlerin yanında, su/kireç oranları, sönmemiş kirecin arılığı, parçacık dane büyüklüğü, karıştırıp - harmanlama, söndürmede kullanılan suyun saflığı da kirecin özelliğini etkilemektedir. Kirecin bekletilme süresi uzadıkça, plastik özelliği ve su tutma kapasitesi artmaktadır.(Anonim)

Kireç harçlarının hazırlanmasında kirecin veya harcın fiziksel özelliklerini iyileştirmek, karbonatlaşmayı öne almak amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin ilave edildiği bilinmektedir. Bunlardan bazıları, kan, yumurta, peynir, gübre, arap zımkı, hayvan tutkalı, bitki suları, kazein gibi hızlandırıcı etkisi olan maddelerdir. (Mahrabel, 2006)

Karbonatlaşma kirecin dış yüzey alanından iç yüzeyine doğru olmaktadır. Bu sebeple kireç harçlarının ve sıvalarının kalınlığı, kireç/agrega oranları, agrega dane dağılımları, karıştırma ve bunların sonucunda oluşan gözenekli yapı karbonatlaşmaya doğrudan etki etmektedir.

5.3 Kargir Malzeme

Kargir, doğal taş veya pişmiş toprağın (tuğlanın), bir bağlayıcı harçla birlikte kullanılması ile elde edilen malzemeye denir. Tekil taşıyıcı elemanlar (duvar, destekler), kemer, kubbe ve tonoz vb. kargir malzeme inşa edilir. Kargir malzeme farklı özellikteki malzemelerden oluştuğundan dolayı heterojen bir özellik gösterir. Birim ağırlığı 20 ~ 25 kN/m³ arasında değişkenlik göstermektedir. Kargir malzemenin taşıma gücü, yapımındaki hassasiyet, yapım tekniğine, yapıda kullanılan taş, harca, çevre şartlarına ve zamana bağlıdır.(Çamlıbel , 2000)

Kargir malzeme karma malzemelerden olduğundan belli seviyelerde basınç kuvvetine karşı dayanım sergileyebilir. Çekme gerilmesine karşı kargirin dayanımı çok azdır. Kargir malzemenin dayanımı, içindeki bağlayıcı harcın dayanımıyla paralel özellik göstermektedir. Bağlayıcı kireç harcı olan kargir malzemede basınç emniyet gerilmesi, $\sigma = 0,2 - 0,6$ MPa, horosan harçlı kargir malzeme de ise öngörü olarak $\sigma = 1,5 \sim 3$ MPa seviyelerindedir. Horosanın mukavemetinin, düşük dozajlı bir çimento harcın mukavemeti yakınlarında olması gerektiği varsayımı çıkartılabilir. (Saraç , 2003)

5.4 Ahşap Malzeme

Ahşap işlenmesi ve taşınması kolay bir malzeme olup, yalnız konut mimarisinde yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Hafif, çekme, basınç ve eğilmeye karşı dayanımı olduğundan büyük açıklıklar ahşapla rahatça geçilebilmektedir. Ahşap tarihi yığma kargir yapılarda tavan ve döşeme taşıyıcı sistemi malzemesi olarak da kullanılmıştır. Ayrıca eğilmeye karşı dayanımından dolayı çıkma (saçak, cumba, taşma) olarak, çekmeye karşı dayanımından dolayı duvarlarda hatıl olarak gibi kullanım alanları da mevcuttur.

5.5 Tuğla

Tarihi yapılarda, genellikle dere yataklarında yüzeysel olarak biriken kum taşlarının kalıntılarından elde edilen, pişirilmiş kilden üretilen tuğlayı oluşturan malzemeler kullanılırdı. Görünümleri ve işlevlerine göre pişmiş kilden üretilen tuğlalar, bölümlere yarılr, fırınlarda yüksek ısıda pişirilir, fırın teknolojisinin bulunmadığı yerlerde ise güneş ısısından faydalanılarak üretimi yapılmaktadır.

Tuğlanın mukavemeti doğrudan tuğlayı oluşturan malzemenin kalitesi, kullanılan harç ve tuğlanın kullanılan örme tekniği düzeni büyük ölçüde belirler. Malzeme özelliklerine bağlı olarak tuğlaların basınç dayanımı, 10 MPa dan 30 MPa a kadar değişir. İyi fırınlanmış tuğla, iyi fırınlanmamış tuğlaya göre üç kat daha fazla mukavemete sahip olabilir. Genel olarak tuğlanın çekme dayanımı basınç dayanımının %10'u, kayma dayanımı ise basınç dayanımının %30'u kadardır (Ünay , 2002).

Basınç Dayanımı (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Kayma Dayanımı (Mpa)
10-30	2,5-5	10-20

Tablo 5.2 : Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri

6. TARİHİ YAPILARDA OLUŞAN HASARLAR VE NEDENLERİ

6.1 Zeminden Kaynaklanan Hasarlar

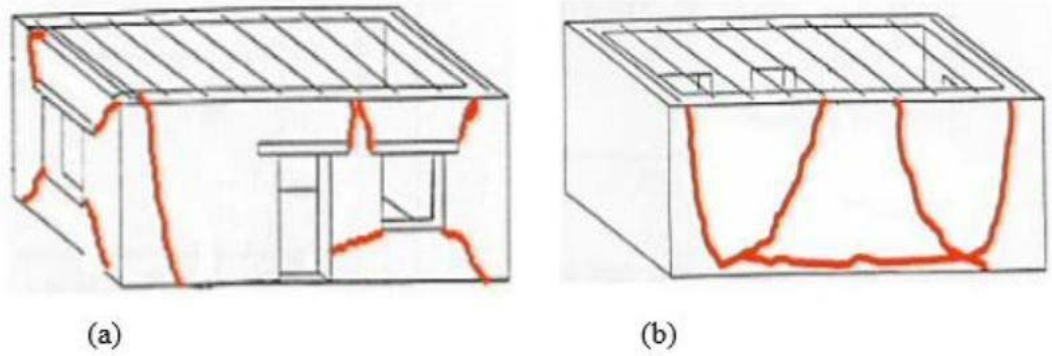
Tarihi yapılarda gözlemlenen tabi zemin kaynaklı hasarları altı bölümde ifade edersek; ayrışmalar, oturmalar, kabarma ve şişme, parça kopması, çatlaklar ve kaymalardır. Yeterli zemin kırılması güvenliği altında zemin tabakalarının, farklı büyüklük ve yönde etkiyen kuvvetlerin itkisiyle sıkışması sonucu oturmalar meydana gelir. Yatay kuvvetler de sıkışmalara sebep olabilir. Yapının stabilitesini ve kullanım süresini düzgün oturmalar, çoğunlukla tehlikeye sokmaz ve yapı temel kotunun her noktasında yaşanan oturmalar hasarlar oluşturmaz. Zemin kırılması tehlikesi, zeminin kesme direncinin artması, temel derinliğinin ve genişliğinin azalması, yükün eksantrisitesi ve eğimin büyümesi ile artar. Ayrıca, zeminin birim hacim ağırlığının azalması ve yer altı su düzeyinin yükselmesi zemin kırılması tehlikesini artırır. (Köseoğlu , 1986)

Temel oturmalarının temel nedenleri ;

1. Yer altı suyunun alçalıp yükselmesi
2. Yapıdaki yük taban yük dağılımının değişmesi veya yapıda yapılacak farklılıklar
3. Kazıkların deformasyonu, hava ile teması veya çevre faktörleri sonucu çürümesi
4. Yapı etrafında yapılan kazılar, bırakılan çukurlar
5. Dinamik etkiler, titreşimler vs (Çamlıbel , 2000).

Ayrışmaya neden olan hasarları fiziksel ve kimyasal olarak ikiye ayırabiliriz. Donma-çözülme olayından kaynaklı etkiler fiziksel etki, dış ortamdan kaynaklanan sülfat etkisi ise kimyasal etki olarak nitelendirilebilir. Ayrışma hasarına neden olabilecek kimyasal etkiler daha derin bölgelere yayılırken, donma-çözülme sonucu oluşan hasarlar genelde yüzeyseldir. Bu hasar durumunda meydana gelen yoğun çatlama belirtilerinde kimyasal etkilerde incelenmelidir. Çatlakların tekil veya seyrek görülmesi durumunda sıcaklık değişimlerinin etkisi göz ardı edilmemelidir. Parça kopmasına neden olan etkiler araştırılırken hasara sebep olabilecek atmosfer etkisi, iç sıcaklık yükselmesi, kimyasal reaksiyonlar gibi faktörlerin yanı sıra deprem ve benzeri şok dalgalarının da etkisi üzerinde durulmalıdır.

Çatlaklar, yapıda oluşan hareketlerin yapı malzemesi üzerinde, bu hal için beklenen deformasyon sınırını aşması ve sonucunda bununla ilgili meydana gelen gerilmelerin, malzemenin mukavemet sınırını aşması halinde oluşurlar. Yapının çekme ve kayma gerilmelerine karşı en zayıf olduğu; çekme ve kayma zorlanmalarının maksimum olduğu bölgelerde çatlaklar meydana gelir. Duvarlarda oluşan çatlaklar, gerilme yoğunluğu yüksek bölgelerde gözlenir. Kapı ve pencere kenarına yakın çatlaklar, duvar düzlemine dik eğilme ya da düzlemi doğrultusunda oluşan kayma gerilmeleri nedeniyle oluşur (Şekil 6.1a). Pencere ve kapı boşluğu olmayan uzun duvarlarda, duvar düzlemine dik kuvvetler alt bölgede yatay çatlaklar ile duvar birleşimlerinde düşey ya da diyagonal çatlaklar oluşturur (Şekil 6.1b).



Şekil 6.1 Duvarlarda Görülen Çatlaklar

Basınç ve kayma gerilmeleri dağılımının yoğunlaştığı bölgelerde paralel çatlaklara, çekme gerilmelerinin olduğu bölgelerde ise genellikle tekil çatlaklar gözlenir. Çatlağa neden olan oturmaları, üniform ve farklı oturma olarak iki bölümde incelemek mümkündür. Farklı oturmalar, kendi içerisinde tek taraflı oturma, yapının bel vermesi, yapı altındaki zeminin yanlara kaçması alt başlıklarında incelenebilir. Yapının temel tabanının, sıkışma sonucunda ilk konumu gibi paralel oturup düzlem kalması durumuna Üniform Oturma denir. Oturma sırasında taban, düzlem halini korumakla birlikte ilk konumuna paralel kalmazsa bu duruma devrilme veya üniform yatma denir. Bu durumda çatlağın meydana gelmemesi için yapı ya yeteri kadar esnek ya da yapının temelini oluşturacak sehimlere karşı koyacak kadar rijit olması gerekir. Yapılarda hasar oluşumuna sebep olan en tehlikeli oturma şekli farklı oturmalar, yapı temeli altında meydana gelen lokal oturmalar ve temellerin farklı oturması, yapı duvarlarında çatlaklara sebep olur.

- a) Tek taraflı oturmalar, bir yapıya ait iki ayrı kısmın ağırlıkları farklı ise ağır kısmın altındaki zeminde daha fazla sıkışma olacağından irtibat duvarında kesme çatlakları oluşur. Bu çatlaklar, yapı malzemesinin çekme mukavemeti derecesine göre farklı şekillerde görülür. Çekme mukavemeti düşük ise hemen hemen düşey, büyük olması halinde belli bir eğime sahip olur ve oturmanın fazla olduğu tarafa doğru yükselir.
- b) Yapının bel vermesi, tarihi bir yapıda basınç, özellikle yapının ortasında etkisini gösterir, bu yüzden homojen bir zeminde maksimum oturma yapının genellikle orta bölümünde meydana gelmesidir.
- c) Yapı altındaki zeminin yanlara kaçması, vadi sırtı ve tepe gibi yerlerde inşa edilmiş yapılarda temel zemininin yanlara kaçmasından dolayı kenar kısımlarda ortaya nazaran daha fazla oturmalar meydana gelir. Kenarlardaki zeminin kaçması üst yapının üst kısımlarında uzama tarzında zorlanmaya neden olacağından düşey yönlü çekme çatlakları oluşur.

Kayma, taban kesit yüzeyindeki yatay bileşen veya bunun altında bir kesit yüzeyinden etki eden bileşke kuvvet, karşı koyucu kesme kuvvetinden daha büyükse yapıda kayma oluşur. Kayma tehlikesi, yapı önündeki toprak direnci, payanda, istinat duvarları, kazıklar vb. oluşumlarla etkisi önlenebilir.

6.2 Taşıyıcı Sistem Tasarımındaki Hatalar

Binaların ilk tasarımından kaynaklı, taşıyıcı sistemleriyle alakalı boyutlandırma hataları varsa; misal olarak duvar, ayak, payanda gibi taşıyıcılar özellikteki yatay ve düşey yükleri karşılayacak kesitlerde yapılmamışlarsa ciddi hasarlar ortaya çıkabilir. Kesitleri yetersiz bir duvar zamanla yanal hareket eder, aynı durum payandalarda da ortaya çıkarsa destek verdiği kemer, tonoz ve kubbede açılmalara, hatta sistemde yıkılmalara sebep olabilir. (Mahrabel, 2006)

6.3 Hatalı Malzeme Kullanımı

Anadolu'nun birçok farklı ören bölgesinde ve dünya üzerinde inşa edilmiş pek çok antik şehir kalıntılarında rastlanan tiyatro, tapınak gibi yapıtların özenle seçilen malzemelerle ve iri boyutlu dayanıklı taşlarla inşa edilmeleri sonucu günümüze kadar ulaşabilmişlerdir. Kullanılan malzemelerin (taş, tuğla, kerpiç, ağaç) iyi nitelikli olmaması, yapıların hızla bozulmasına hatta yok olmasına neden olmuştur. Örnek olarak, taşın muhteviyatında kil tabakasının bulunması hızlı aşınmaya yol açar. Taşın doğadaki tabakalaşmasına uygun olarak binada yer alması da önemlidir. İşlenmeleri sırasında cepheye gelecek kısımlarına dikkat edilmeli, tabakasına başka bir deyişle suyuna göre biçimlendirilmelidir. Eğer blok, taşın suyuna ters olarak hazırlanır ve tabakalaşmasına dikkat edilmezse bozulma tabakaların dış cepheden içeriye doğru kademe kademe dökülmesi şeklinde gelişir. Tuğlanın iyi pişirilmiş olması tuğla yapılarda da yapının dayanımını arttıran önemli bir etmendir. Kötü tuğlalardan yapılan duvarlarda hızlı aşınma, dökülme, çukur oluşumu biçiminde yüzey kayıplarında, ayrışma, dağılma şeklinde hasarlar gözlemlenir. (www.restorasyon.org)

6.4 Hasar Biçimlerinin Belirlenmesi

Günümüzden yıllar önce inşa edilen yığma yapılarda zamanın da etkisiyle birçok sebepten dolayı hasarlar meydana gelebilir. Tekniğine uygun onarım ve güçlendirme kararlarının alınabilmesi ve hasarın yeniden sorun olmaması için ilk etapta hasar sebeplerinin iyi saptanması gerekir. Onarım ve güçlendirme, hasarın kendisinden çok nedenine yönelik olacağından hasarlı olan tarihi yapının hasar sebebinin kesin olarak saptanması gerekir. Hasarın başta gelen sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a. Yapımdan kaynaklanan hasarlar: Taşıyıcı eleman kesitlerinin beklenen yüklerin oluşturacağı etkileri taşıyabilecek durumda olmaması ve taşıyıcı sistemde yükün taşınmasındaki ve iletilmesinde eksikliklerden kaynaklı hasarlar,
- b. Zeminden kaynaklanan hasarlar: Zeminin taşıma kapasitesinin düşük olması, zemin sıvılaşması, farklı oturmaların meydana gelmesi ve yeraltı su seviyesinin değişimi sonucu oluşan hasarlar,
- c. Kullanılan malzemeden kaynaklı hasarlar,
- d. Diğer sebepler: Su baskını, deprem yer hareketi ve yangın gibi doğal afetlerin

yanında bakımsızlık, terk ve kasıtlı tahrip sonucu ortaya çıkan hasarlar. (Aköz , 2008)

6.4.1 Taşıyıcı Duvarlarda Oluşan Hasarlar

Yığma yapılarda taşıyıcı duvarlarla karşılanan yükler, düşey yükler ve deprem yükleridir. Yığma yapılarda kullanılan duvar malzemesinin çekme dayanımı ve harcın da kayma dayanımı genellikle düşüktür. En önemli hasar nedeni, deprem etkisiyle duvarlarda oluşan kayma gerilmeleri dolayısıyla çekme gerilmelerinin meydana getirdiği çatlak, ayrılma ve dağılmadır. Şekil 6.2’de tuğla ve harçtan oluşan bir yığma duvarda kayma gerilmeleri ve çekme gerilmeleri sebebiyle oluşabilecek göçme biçimleri verilmiştir. Üstteki ilk şekilde tuğla ve harcın ayrışması, ikinci şekilde harcın göçmesi, üçüncü şekilde tuğlanın göçmesi ile birlikte harçla ayrışmanın gerçekleşmesi, son şekilde ise çapraz olarak harcın ve tuğlanın göçmesi gösterilmiştir. Alttaki şekillerde ise duvar yüzeyinde bu göçme biçimlerinin birlikte olduğu çeşitli durumlar gösterilmiştir.



a. Harcın tuğladan ayrışması

b. Harcın göçmesi tuğlanın göçmesi

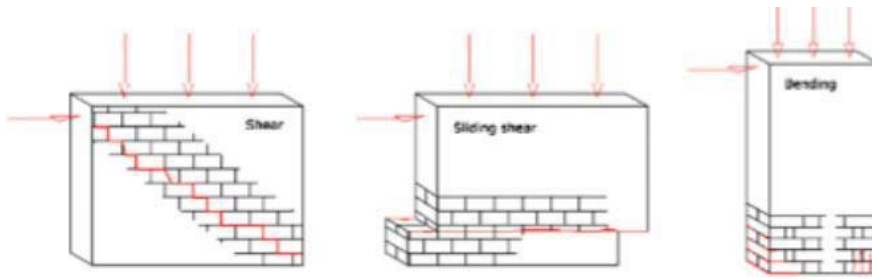
c. Harcın ayrışması

d. Harç ve tuğlanın birlikte göçmesi



Şekil 6.2 Tuğla duvarda göçme biçimleri

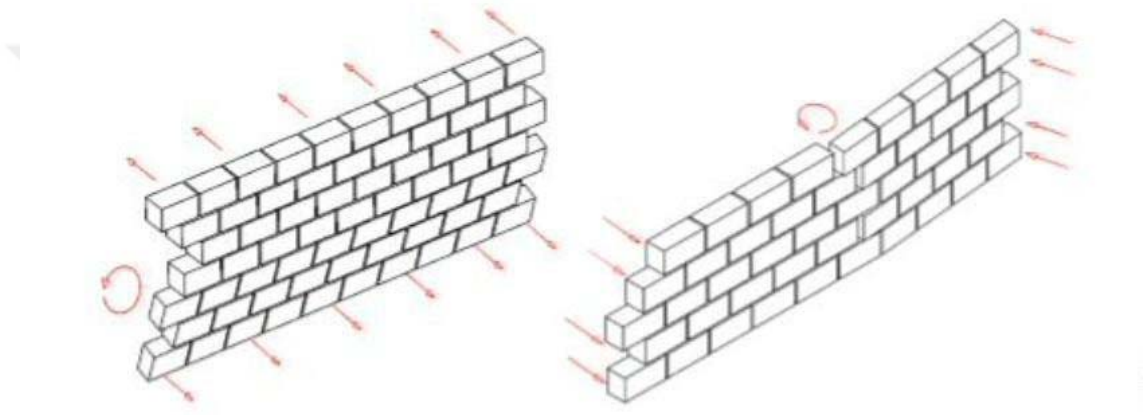
Yığma yapılar rijit ve ağır olup, büyük deprem kuvvetinin üzerine çekerler. Yığma yapının çekme ve basınç karşısındaki sünek olmayan davranışı, yapının önemli bir plastik şekil değiştirme sonucu aniden göçmesine neden olabilir. Duvarlar arası bağlantı gibi, duvarların örtü sistemi ile bağlantısının zayıf olması, yapının zayıf bir bölgesinden başlayan hasarın kolayca yayılıp ilerlemesine ve yıkımın meydana gelmesine sebep olabilir. Kapı boşlukları ve büyük pencere planda duvar düzeninin asimetrik yapıda olması, ek gerilme yığılmalarından dolayı hasarın artmasına neden olur. Bununla birlikte duvarların düşeyden kayması taşıma kapasitesini yitirmesine neden olacağından yapım kusurları da önemli hasarlara yol açabilir. Çatlak oluşumu, taşıyıcı duvarlarda en yaygın karşılaşılan hasarlardan birisidir. Yapıdaki çatlakların oluşum sebeplerinin bilinmesi onarım ve güçlendirme kararlarının doğru uygulanması bakımından oldukça önem taşır. Çatlak yerleri ve yapı üzerindeki yayılışı, yapıdaki gerilme dağılışı ile çatlak oluşumunun nedeni hakkında bizlere bilgi verecektir. Yapıda çatlaklar gözlemlenebiliyorsa çatlak rölövesinin oluşturulması doğru olur. Şekil 6.3’de kesme ve eğilme etkisiyle duvarda oluşan çatlaklar gösterilmektedir. (Aköz , 2008)



Şekil 6.3 Yığma duvarda kesme ve eğilme etkisiyle oluşan çatlaklar

Çatlağın yeni ya da eski olduğuna karar verilebilmesi önemli bir parametredir. Çatlağın onarım işlemlerine geçmeden önce yeni çatlaklar daha net ve keskin kenarlı olup eski çatlaklar daha kirli, yumuşak hatlı ve yıpranmış şekildedir. Bundan sonra çatlak

oluşumunun devam edip etmediği incelenmelidir. Çatlak genişliği, sıcaklık değişimine ve hareketli yüke bağlı olarak artıp azalabilir. Bu sebeple çatlak genişlikleri en az bir yıl boyunca belli aralıklarla ve günün belli saatlerinde ölçümü alınarak gözlem yapılmalıdır. Çatlak oluşumu devam eden yapılarda ilk alınacak önlem çatlağı meydana getiren sebeplerinin yol edilmesidir. Duvarların eksenlerinden saparak, dönmesi bir başka önemli hasar biçimidir. Çatlaklar gibi yığma duvarlardaki dönmeler de yapı taşıyıcı sisteminin hareketi yönünde net izlenimler verir. Duvardaki dönmeler gerekiyorsa fotogrametrik yöntemlerle belirlenmelidir. Bu konuda duvar örümü hatasından kaynaklandığı gözardı edilmemesi gereklidir. Yığma bir duvarın yatay ve düşey eksen etrafında nasıl dönebileceği şekil 6.4’de gösterilmiştir (Aköz , 2008)



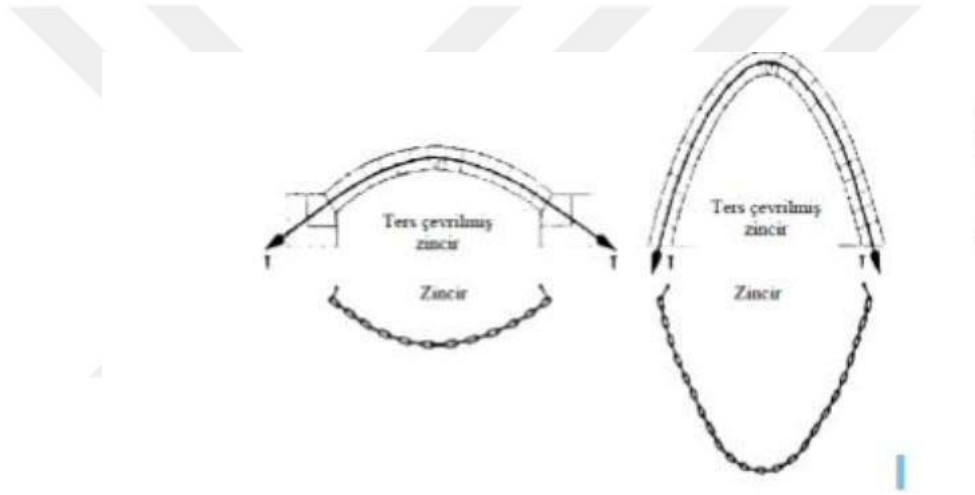
Şekil 6.4 Yığma duvarın yatay ve düşey eksen etrafında dönmesi

Zemin farklılıklardan yada duvar üzerindeki düşey yüklerin duvar boyunca büyük farklılıklar göstermesi nedeniyle duvarın farklı oturması duvardaki bir başka hasar tipidir. Duvarda hasara sebep olan farklı oturmalar genelde duvar düzlemi içinde oluşan eğik çatlaklarla meydana gelir. Oturmanın hangi tarafa olduğu bu çatlağın doğrultusunun belirlenmesi ile kolayca saptanabilir. (Aköz, 2008)

6.4.2 Kemer ve Tonozlarda Deformasyonlar

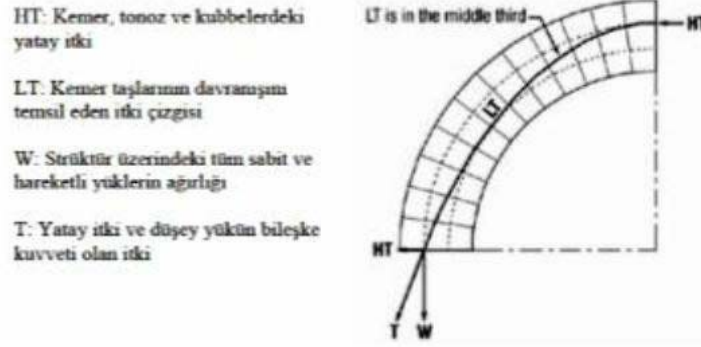
Bu başlıkta kemerden ve kemerlerin ötelenmesi ile oluşan tonozlardaki deformasyonları da kapsamaktadır. Eğilme momenti etkisinin oluşturacağı çekme gerilmelerine yığma yapı malzemeleri tam olarak mukavemet gösteremediğinden kemerin sadece basınç gerilmeleri oluşumuna izin veren bir geometriksel yapıda olması gerekmektedir. Kemer biçimini bütün kesitlerde eğilme momentinin sıfır olması belirler.

Bu biçim aynı zamanda doğal yük aktarımını gösteren zincir eğrisinin ters çevrilmiş halidir. Zincir eğrisi, iki ucundan serbest olarak asılmış zincir ya da esnek kablunun yerçekimi etkisi altında aldığı şekildir. Kendi ağırlığı altındaki ters zincir eğrisi biçimindeki kemerin bütün kesitlerinde eğilme momenti sıfırdır ve kesitlerde hiçbir şekilde çekme kuvveti oluşmaz. Ters zincir eğrisi biçimi kendi ağırlığı altındaki bir kemer için en ideal şekildir. Şekil 6.5’de zincir eğrisi biçiminde teşkil edilmiş biri basık diğeri yüksek iki farklı kemer gösterilmiştir. Bu şekilde yapılan kemerler çok sağlamdır ve kesitlerinin ince olmasında bir sakınca yoktur. Kemerin biçimi, zincir eğrisinden uzaklaştıkça, kemerde çekme kuvvetleri meydana gelmeye, çatlak ve deformasyonlar oluşmaya başlar.(Aköz , 2008)



Şekil 6.5 Zincir eğrileri ve bunların tersinden oluşan basık ve yüksek kemer

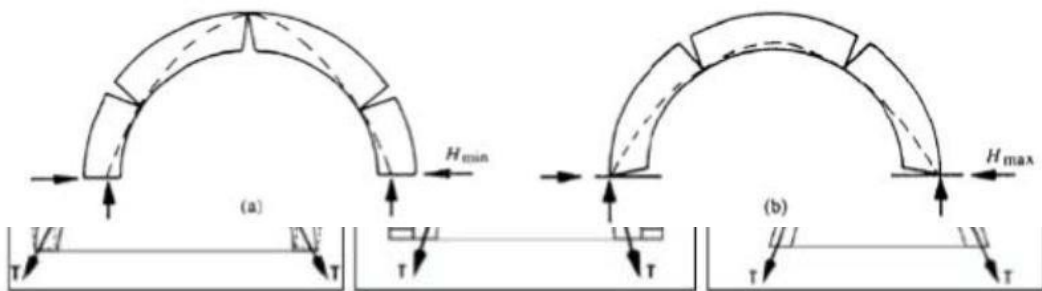
Kemerde itki çizgisinin konumu, kemerin ağırlığı ve kemer eğrisinin şekli, kemerin genişliği, kemerin oturduğu duvar ya da ayağın genişliği, kemerin üzerindeki yükün etkisi ve kemerin açılmasını önleyen gergi ve payandaların durumu kemerin stabilitesini yani kemerdeki deformasyonları etkiler. Kemerde itki çizgisinin yeri: Kemerin ağırlığı ve yatay itkinin bileşkesi olan itki çizgisi şekil 6.6’de görüldüğü gibi kemerin orta üçte birlik kısmının içinde kalırsa kemer ya da tonoz kararlı bir yapıya sahip olur.



Şekil 6.6 Kemerde itki çizgisinin yeri

İtke çizgisinin kemerin yüzeyine temas etmesi neticesinde kesişim noktasında mafsal oluşur ve kemer çatlar. Üç mafsal oluşan kemer izostatik ve kararlı olmasına karşılık, daha fazla mafsal oluşumu kemeri mekanizma durumuna getirir. İtke çizgisi, şekil 6.7’de birinci resimde görüldüğü gibi kemerin dışa bakan yüzeyiyle kesişirse kemerin iç yüzeyinde çekme gerilmeleri oluşur ve kemer içe doğru göçmüş olur. İtke çizgisi, ikinci resimdeki gibi kemerin içe bakan yüzeyi ile kesişirse kemerin dış yüzeyinde çekme gerilmeleri oluşur ve kemer dışa doğru göçmüş olur.

Şekil 6.7 Yarım daire kemerde min ve max yatay kuvvete göre itki çizgisi



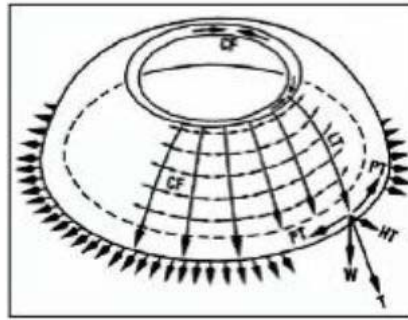
Şekil 6.8 Tepe noktasından yüklü kemerin stabilitesi

Kemerin ağırlığı ve kemer eğrisinin biçimi: Şekil 6.8’de birinci şekildeki kemerin tepe noktasına ağır bir merkezi yük uygulandığında itke çizgisi iç kısımdan geçtiği için

kemerde bozulmalar olur. Kemerin tepe noktasındaki yük aynı olduğu halde, kemerin üzerine kenarlarda daha fazla olacak şekilde ek yükleme yapıldığında itki çizgisi kemerin iç kısmında kaldığı için hasar oluşmadığı ikinci şekilde görülmektedir. Tepe noktasındaki yük değiştirilmediği halde kemerin formu zincir eğrisiyle örtüştüğü için üçüncü şekilde yine hasar meydana gelmemektedir (Aköz, 2008)

6.4.3 Kubbe Hasarları

Bir kemerin düşey aksı çevresinde 360 °döndürülmesiyle oluşan kubbede düşey yükler, kilit taşından ilerleyerek komşu taşlara aktarılıp kubbenin en alt taban noktasına kadar iletilir. Taşlara düşey olarak etkiyen ağırlık kuvveti, komşu taşlara birleşke şekilde hem yatay hemde düşey olarak iletilir. Böylece kubbe tabanında toplanan yükün yatay ve düşey iki bileşeni meydana gelir. Hasara, kubbede genellikle bu yatay kuvvet sebep olur. Kubbede oluşan kuvvetler şekil 2.14’de gösterilmiştir (Aköz , 2008).



Şekil 6.9 Kubbede oluşan kuvvetler

Yükün düşey bileşeni, kubbeyi taşıyan kemer, duvar vs elemanlara aktarılırken, yatay kuvvet de, payandalar ve gergilerle karşılanarak kubbenin ayrılmasını engellemiş olur. Kubbede açılmaya neden olan yatay kuvvet kalın beden duvarlarıyla karşılanabileceği gibi ağırlık kuleleri yardımıyla kuvvetin aşağıya doğru yönlendirilmesiyle daha ince duvarlarla da karşılanabilir. Bu yatay kuvvet, kubbeye mesnetlik yapan ve kubbenin ayrılmasını önleyen kasnak kısmında yatay doğrultuda çekme, düşey doğrultuda kayma gerilmeleri oluşturur.



Şekil 6.10 Kubbede tipik hasar biçimleri

Kasnağın kubbeden gelen yükleri karşılayamaması durumunda kubbede çekme gerilmeleri meydana gelir. Kubbeler basınç ilkesine göre tasarlanan elemanlardır. Kubbede oluşabilecek çekme kuvveti düşeyde çatlak oluşumuna dolayısıyla kubbenin hasar görmesine sebep olur. Şekil 6.10'da şematik olarak gösterilen kubbedeki tipik hasar biçiminin gerçekleşmiş örneği bir sonraki şekilde gösterilmektedir. Şekil 6.11'de kubbede oluşan çekme kuvvetlerinin sebep olduğu merkezden kubbe tabanına kadar uzanan çatlak oluşumu görülmektedir. Çok kararlı bir yapıya sahip olan kubbe biçiminin böylesine ciddi bir çatlakla bile geçmediği dikkati çekmektedir (Aköz, 2008)



Şekil 6.11 Kubbede hasar oluşumu

6.4.4 Zeminden Kaynaklanan Hasarlar

Zeminden kaynaklanan hasarlarda, oturma, yer altı suyunun etkisi, taşıma gücü kapasitesi sorunu, zeminin sıvılaşması gibi durumlar söz konusu olmaktadır.

Oturma: Zeminden kaynaklanan hasarların başında oturma yer alır. Zeminin yapısına göre değişmekle birlikte oturma zamanı uzun bir süreçte tamamlanır. Siltli zeminlerde oturmaların birkaç sene içinde, killi zeminlerde ise, 70 – 80 senelik zaman sürecinde tamamlandığı öngörülmektedir. Tarihi yapılarda zemin sorunları genelde yapının inşa edilmesinden hemen ya da bir süre sonra meydana gelmektedir. Yapıda ve çevrede önemli ve ani bir farklılık olmaksızın yıllarca yerinde olan bir yapının temel zemininde son yıllarda bir sorun çıkma ihtimali yoktur. Bu tür yapılarda olası oturmalar yıllar önce bitmiş durumdadır. Ancak temel kazıklarının çürümesi, yeraltı suyunun alçalıp yükselmesi, yapı altında veya çevresinde kazılarak açılan boşluklar ve deprem etkilerinde yeni oturmaların olması mümkün olmaktadır.

Yeraltı suyunun etkisi: Yumuşak zeminlere oturan yapılarda, yeraltı suyunun alçalması ve yükselmesi yapıda hasar meydana getirebilir. Yeraltı suyunun alçalması sonucu, su içinde yüzen zemin danelerinin ağırlıkları artacağından, daha alttaki zemin tabakalarına ilave yük gelerek gerilmeleri artar. Bu ilave yük etkisiyle zemin tabakaları yeniden oturmaya başlar. Bu oturmaların belli değerlere ulaşması sonucunda yapıda hasar oluşabilir. Yeraltı suyunun alçalması sonucu kuruyan zemin tabakalarında ayrıca rötire de oluşur. Rötire sonucu, özellikle killi zeminlerde, aşırı bir hacim daralması olacağından, oturmalar bir önceki duruma göre daha büyük boyutlara ulaşır. Yeraltı suyunun yükselmesi sonucunda ise, zemin boşlukları tamamen su ile dolacağından, doymun hale geçer. Bu durumda zemin yumuşayarak, zeminin kayma direncinin azalması ile taşıma gücü azalır, oturmalar gerçekleşir ve bu yapıda hasarlara neden olabilir.

Taşıma gücü sorunu: Her zeminin taşıyabileceği maksimum yük kapasitesi mevcuttur. Zeminde yüklenecek limit yükler zeminin cinsine göre değişkenlik göstermektedir. Bu limit değerlerin aşılması sonucunda zemin hareketleri, hatta göçmeleri meydana gelir. Özellikle kohezyonsuz zeminlerde, aşırı yükleme sonucunda, zemin göçmeleri oluşur.

Zeminin sıvılaşması: Yeraltı su seviyesinin altındaki tabakaların dayanımını yitirerek, katı yerine sıvı gibi davranış sergilemesi durumudur. Özellikle, kil bulunmayan

kum ve silt ve bazen çakıl tabakaları sıvılaşma yetisine sahiptir. Deprem sırasında, özellikle kayma dalgalarının suya doygun daneli tabakalardan geçerken, dane yerleşim düzenini değiştirir ve gevşek olarak bulunan danelerin gerek yerleşmesine ve sıkılaşmasına sebep olur. Bu yerleşme sırasında daneler arasında su yol bulup kaamazsa boşluk suyu basıncı yükselir. Eğer bu basınç üstte bulunan tabakaların ağırlığına yakın bir seviyeye ulaşırsa, daneli tabaka geçici olarak sıvı gibi davranarak sıvılaşma ortaya çıkar. Zeminin sıvılaşması sonucu yapı, zemine batma veya hafif yapılarda yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimi gösterebilir. Sıvılaşarak kayma mukavemeti kaybolan zeminde, yn değiştiren küçük kayma gerilmeleri büyük şekil değiştirmelere neden olur ve yapılarda zemin göçmesi hasarları ortaya çıkar. Zemin sıvılaşması esas olarak, gevşek bir yerleşime sahip olmasına, daneler arasındaki bağlantıya, kil yoğunluğuna ve boşluk suyunun drenajının engellenmesine bağlıdır. Zemin sıvılaşmasında ortaya çıkan büyük yer değiştirmeler, ayrıca sıvılaşan tabaka kalınlığına, yüzey eğimine ve yükleme durumuna bağlıdır. (Aköz , 2008)

7. TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Tarihi bir yapının onarımı öncesi yapının tarihi, estetik ve teknik yönden incelenmesi, rölövesinin hazırlanması, bozulmaların saptanması; durum tespiti ve onarımı, bilimsel bir çerçeveye oturtmak açısından gereklidir. Bu teknikler sağlamlaştırma, yenileme, yeniden yapma, bütünleme, temizleme ve taşımadır. Onarım sırasında yapılan müdahalelerin derecesi, sağlamlaştırmadan yeniden yapıma doğru artar. Koruma açısından sağlamlaştırmayla yetinmek en uygunudur.

7.1 Sağlamlaştırma

Sağlamlaştırma çalışmaları, tarihi yapının malzemesinin, taşıyıcı sisteminin ve üzerinde bulunduğu zeminin sağlamlaştırılması olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir.

7.1.1 Tarihi Yapının Yapıldığı Malzemesinin Sağlamlaştırılması

İnşa edildikleri yörenin olanaklarına ve geleneklere bağlı olarak, tarihi yapılar; kerpiç, tuğla, ağaç, taş gibi doğal kökenli malzemelerle yapılmışlardır. Bu malzemelerde zamanın acımasızlığı, doğal ve yapay etkenlerinde etkisiyle bozulmalar meydana gelir. (Anonim)

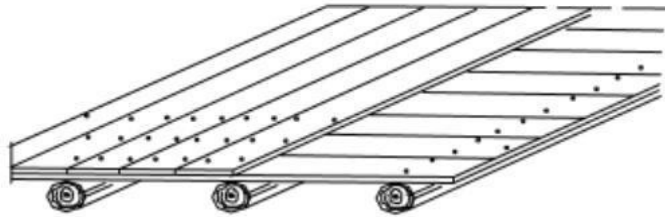
Kerpiç malzemenin sağlamlaştırılması: Eski koruma uygulamalarında, kerpiç üzerine zift sürülerek ya da üstleri harçla sıvanarak korunmaya çalışılmıştır. Günümüzde kerpiç malzemenin renk ve dokusuna uyum sağlamayan bu yöntem terkedilmiştir. Günümüzde kerpiç kalıntıları, binlerce yıldır Anadolu'da uygulandığı gibi, sürekli bakım yöntemiyle, çamur harcı ile sıvanarak korunuyor. Yenilenebilir olan bu sıva, kerpiç yapıyı hava koşullarına karşı korur, eriyerek yok olmasını engeller. (Mahrabel, 2006)

Ahşap öğelerin sağlamlaştırılması: Bu bölümü iki ana başlık altında incelersek, bunlardan birincisi, üzerine etkiyen yapı yüklerini karşılaması için yapılan müdahaleler; ikincisi ise sistemin stabilitesini arttıran müdahalelerdir. Ahşap döşemelere uygulanan teknikler birinci durumda değinilmiştir.

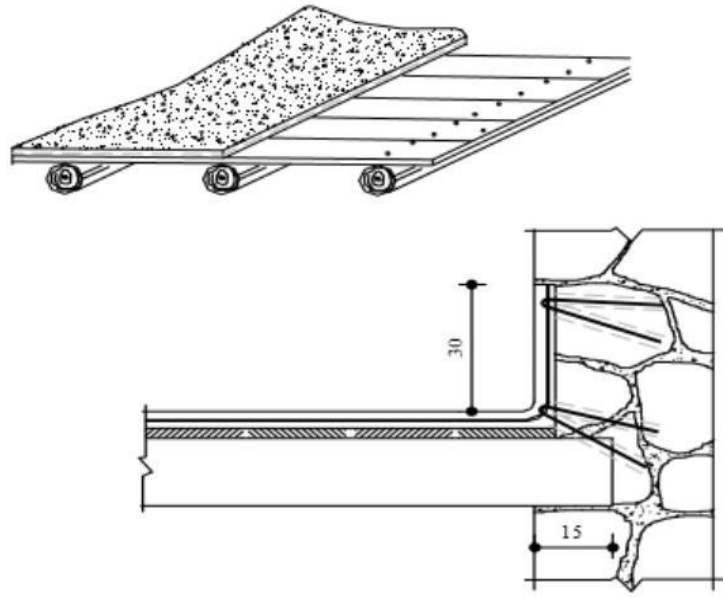
Ahşap döşemeler genelde iki ve tek katlı yapılarda görülmektedir. Bu tür döşemeler için söz konusu iyileştirme yöntemi; genelde mevcut taşıyıcı döşemenin gözden geçirilip, taşıyıcılık özelliklerini yitirmiş parçaların değiştirilmesidir. Taşıyıcı vasfı istenilen özellikte olmayan döşeme elemanlarının (ahşap döşeme kirişlerinde çürüme, mantarlaşma vb.) taşıyıcılık özelliklerinin iyileştirilmesi, mevcut malzemeden ya da döşemenin davranışına ters yönde hareket etmeyecek malzemeyle takviye edilmesiyle sağlanır. (Mahrabel, 2006)

Ahşap kirişli döşeme, deprem anında binanın taşıyıcı elemanlarına yükü gerektiği gibi aktaramaması (diyafram etkisi gösterememesi) durumunda duvarlar kat yüksekliklerinin daha üstünde bir boya sahipmiş gibi davranır. Bunun önlenmesi için çelik çubuk/profiller yardımıyla döşemenin altında X şeklinde bağlantılar yapılabilir. Yapılan müdahalelerle birlikte döşemeyi taşıyan ahşap kirişlerin sayısı da artırılabilir.

İkinci adımda döşemenin mevcut taşıyıcı elemanları, yapının taşıyıcı duvarlarıyla mutlaka bağlanmasıdır. Aynı zamanda döşemenin iki doğrultulu çalışabilmesi için mevcut taşıyıcı tahta malzemenin üzerine dik doğrultuda ikinci bir tahta malzeme çivilenir (Şekil 7.1). Her ne kadar uygulanması tarihi yığma kargir yapının kimliğini bozsa da bir başka alternatif de döşemenin üzerine hasır çelikli ince bir betonarme tabaka (Şekil 7.2) de gösterildiği gibi yapılmasıdır.

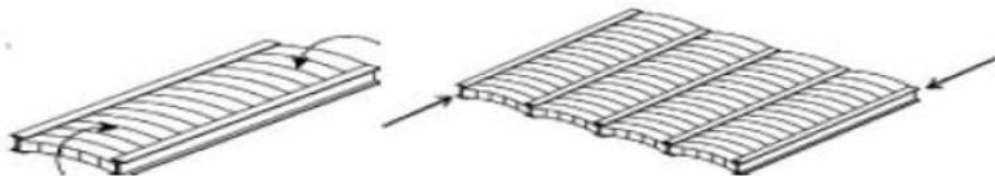


Şekil 7.1 Mevcut ahşap döşemenin üzerine uygulanan ikinci ahşap katman



Şekil 7.2 Mevcut ahşap döşemenin üzerine uygulanan betonarme katman

Tek doğrultuda çalışan bir döşeme olan volta döşemeler, çelik kirişler arasına kemer şeklinde normal tuğlaların örülmesiyle elde edilir (Şekil 7.3). Düşey döşeme yüklerini tuğla tonoz kemerleri basınca çalışarak uzun doğrultudaki çelik kirişlere, kirişler de üzerine oturduğu duvarlara ya da kirişlere aktarır. Yatay deprem yükleri altında çelik profiller kayabilir, tuğla kemerler, düzlemine dik ve düzlemi doğrultusundaki eğilme ile zayıflayabilir, çelik kirişlerle tuğla arasında dinamik etkileşim olabilir ve sistem bir diyafram çalışması göstermeyebilir. Volta döşemelerde kemer açıklığının kiriş açıklığının $1/3$ 'ünden büyük olmaması istenir. , Kemer açıklığının kiriş açıklığının $1/3$ 'ünden büyük olması döşemenin diyafram etkisi gösterememesi vb. durumlarda, volta döşemelerde uygulanacak güçlendirme çeşidi çelik çubuk ya da profiller yardımıyla döşemenin altına X şeklinde bağlantılar yapılmasıyla olabilir.



Şekil 7.3 Tek doğrultuda çalışan volta döşeme

Taş öğelerin sağlamlaştırılması: Taşların sağlamlaştırılması uygulaması bozulma sürecini geriye döndürmek olası olmamakla birlikte özel ayrıntıları rölyef, yazıt vb. yaşatmak amacıyla, özel kimyasal malzemelerin taşların yüzeyine püskürtülmesi ile yapılmaktadır. Sağlamlaştırma yöntemi taşın türüne ve bozulma durumuna göre belirlenmeli, kullanılacak kimyasal malzeme taşın özgün yapısını değiştirmemelidir. Uygulamalarda kullanılan tamir harçları ve özelliklerinden bahsedecek olursak, bunlar :

Doğal hidrolik kireç : Yüksek sıcaklıkta (900 0C civarı) ısıtılan hidrolik kireç ile tane çapı 0 ile 3 mm arasında seçilmiş karbonat tozu ve zararlı olmayan inorganik mineral lif içerir. "Lif" deyimi, organik (bitkisel, hayvansal) ve inorganik (mineral) menşeli tabii ve suni iplik şeklindeki katı ve dayanıklı maddeler olarak açıklanabilir. Yığma yüzeyin önceden nemlendirilmesi harcın yapışması ve priz süresini iyileştirir. Katmanları oluştururken, eski zamanlarda olduğu gibi, istenen kalınlığa ulaşıncaya kadar, önceki katman sertleşmeden önce, her bir katman yaklaşık 1,5-2 cm kalınlığında olacak şekilde ve teker teker yapılmasında fayda vardır.

Fresk sıvalarının ve mozaiklerin güçlendirilmesi için kullanılan grout harcı:

İçeriğinde çok saf hidrolik harcı ve doğal su tutucular (suyun grout harcından fazla ayrılarak fresklere ulaşmasını önler) bulunur. Sıva ve fresklerin güçlendirilmesi, duvar cephelerinin onarımı, çatlakların onarımı, yapısal elemanlar ile duvarlar arasındaki sürekliliği sağlamak amacıyla yapılan restorasyon işlerinde sıklıkça kullanılır. Duvar yüzeyindeki büyük boşlukları doldurmak amacıyla kullanılan grout harcının, tuğlalar, taşlar ve tuf ile mükemmel uyum sağladığı tecrübe edinilmiştir. Duvarların nem geçirgenliğini değiştirmediği, kullanıcılar tarafından özellikle belirtilmektedir.



Şekil 7.4 Uygulama 1

Duvarların güçlendirilmesi için kullanılan grout harcı : Bünyesinde doğal hidrolik kireç, doğal su tutucular, rötre engelleyici, süper akışkanlaştırıcıları barındırır. Çatlak nedeniyle yük taşıma fonksiyonu azalmış ya da kaybolmuş tarihi değer taşıyan taş, tuğla ve tuf yapılarda, voltaların içine enjeksiyon, duvarların içine enjeksiyon, boşlukların ve büyük oyukların doldurulmasında, voltaların içine enjeksiyon, duvarların içine enjeksiyon, çatlakların yapıştırılması ve temellerde kullanılması tavsiye edilir. Hiçbir orijinal yapı malzemesi ve restorasyon işlemi sırasında ve sonrasında kullanılan herhangi başka bir malzeme ile olumsuz kimyasal etkileşim yaratmadığı kullanıcılar tarafından belirtilmektedir.

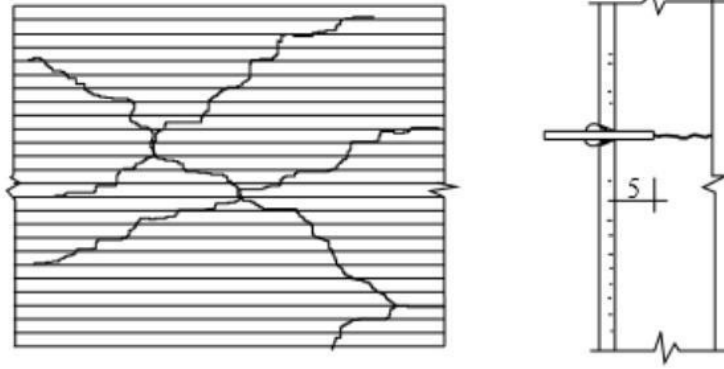


Şekil 7.5 Uygulama 2

Çatlaklar taş öğelerde meydana gelen en belirgin bozulmalardır. Bu bölümü küçük çatlakların ve geniş çatlakların onarımı olarak ikiye ayırabiliriz. Küçük çatlakların onarımı : 0.2 mm den küçük çatlakların onarımına ihtiyaç yoktur. 0.3 mm den büyük 3 mm den küçük çatlakların onarımı için epoksi harcı kullanılabilir (Şekil 7.6). Bu uygulamada şu adımlar izlenir:

Çatlakların etrafından son kat (sıva...), temizlenerek uzaklaştırılır, sonra hava jeti veya su jeti ile tozlar ve kalan harçlar veya maddeler kırığın etrafından temizlenir.

- Deliğin 5 cm içine doğru meme ucu uzatılır.
- Meme ucunun bulunduğu yer enjeksiyon macunu ile kapatılır.
- Macun iyice sertleştikten sonra kırık epoksi ile doldurulur. Uygulanan enjeksiyon 3 Mpa basınçta uygulanmalıdır Gavrilovic ve diğ. (1983).
- Bu işlemlerden sonra çatlak tekrar hava jeti ile temizlenir.



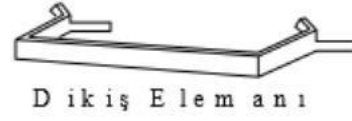
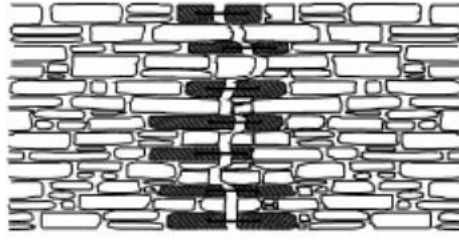
Şekil 7.6 Çatlaklarda epoksi harcı uygulanması

Uygulanacak epoksi malzemenin özellikleri;

- Epoksi 5c° den aşağıda kullanılamaz.
- Epoksi ortam sıcaklığına göre akışkanlığını taşır ya da sertleşir.
- Sertleşme süresi, sıcaklığa bağlıdır.
- İdeal uygulama sıcaklığı 20 – 25 c° dir.
- İnce çatlaklarda düşük basınç ve uzun süre, daha büyük çatlaklarda büyük basınçta kısa süre uygulanır.

Geniş çatlakların onarımı : Çatlak eğer 3 mm den büyük ise grout enjeksiyonu da uygulanabilir; ama çatlaklar 10 mm den büyükse veya duvarı oluşturan taş ya da tuğlalar düşmüşse, daha geniş bir uygulama gerekecektir. Uygulanacak metod bir çeşit duvar güçlendirme yöntemi olarak tanımlanabilir.

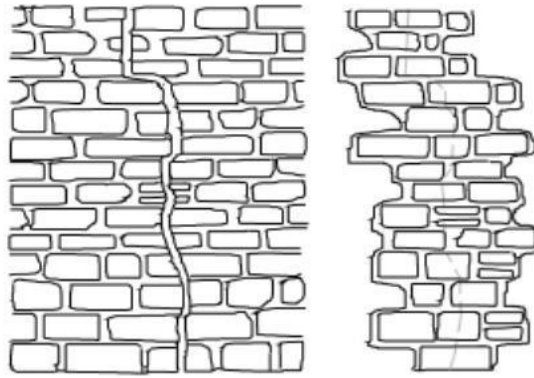
Düşey çatlaklarda çatlağa bitişik taş ya da tuğlalar çıkarılır ve dikiş elemanları ya da çelik barlar eklenir, taş – tuğla duvarın boşlukları, betonla ya da zengin çimento grout ile birlikte uygun olarak doldurulur (Şekil 7.7). Bu yöntem duvarın diğer yüzünde de uygulanmalıdır. (Mahrabel, 2006)



D i k i ş E l e m a n ı

Şekil.7.7 Duvardaki çatlakların çelik bar ya da dikiş elemanı ile giderilmesi

Duvarda, taşların ya da tuğlaların 15 – 20 cm genişliğinde düşey olarak birbirinden ayrılması halinde, çatlak büyütülerek tuğla veya taşla ve zengin harçla çatlak bölgesi onarılır (Şekil 8.8). Bir diğer alternatif; bütün tuğlalar veya gevşek taş uzaklaştırılır. Çatlak tümüyle betonla doldurulur. Bu yöntemde tuğla duvarda kolon oluşması sağlanır. ϕ 14 lük donatı kolonun içine ϕ 8 lik etriyelerle sarılarak monte edilir. Diğer bir alternatif; tuğla duvarda tuğlalar çıkarılarak yerlerine betonarme eleman yapılmasıdır. Böylelikle tuğla duvar üzerine gelen gerilmeleri karşılamış olur.

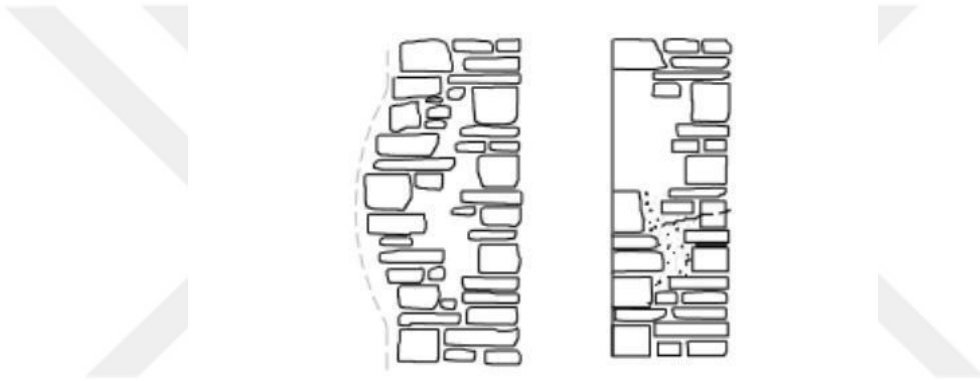


Şekil 7.8 Çatlak bölgesinin onarılması

Yığma duvar büyük ölçüde zarar görmüşse, mesela sürekli yanal çarpıklıklar, bükülmeler veya duvar genişliğinde baştan başa meydana gelen kamburlaşmalar (Şekil 7.9), gibi problemli duvar parçaları tümüyle uzaklaştırılır ve duvarın o kısmı yeniden yapılır. Dağılmış ya da kamburlaşmış durumda olan duvarlar eğer kalıp kurulacak kadar stabil ise, duvarın tamamen yeniden yapılmasından kaçınılmalıdır. Uygulamada duvarın hasarlı kısmı uzaklaştırılır, hasarlı kısmın boşlukları beton ya da çimento grout ile doldurulur (Şekil 7.10).

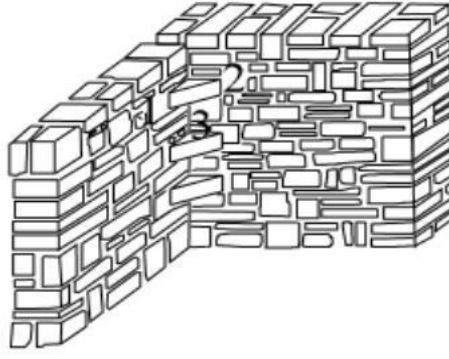


Şekil 7.9 Duvarda oluşabilecek kamburlaşma



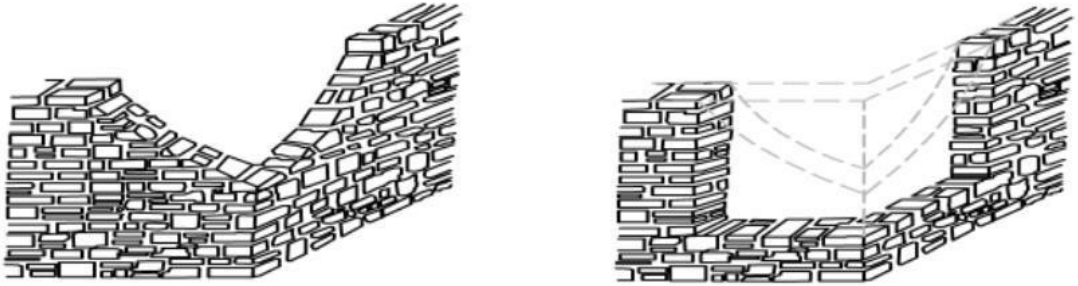
Şekil 7.10 Duvarların hasarlı kısmın beton ya da grout ile doldurulması

Duvar birleşimlerinde onarım ve güçlendirme : Duvar birleşimleri statik (işletme yükleri, çarpma etkileri, trafik) ve dinamik etkiler (deprem) altında, yetersiz bağlantı veya bağlantıların yeterli dayanımda olmaması sonucunda, geniş düşey kırıklar veya ayrılmalar oluşabilir. Duvardaki birleşimleri iyileştirmek için birçok metod vardır. Günümüzde en sık kullanılan yöntemleri şu başlıklar altında sıralayabiliriz, taş veya tuğla ekleme, çelik levhalarla sarılarak güçlendirme, lifli polimer ile güçlendirme. Tuğla örmek veya kırık boyunca taş eklemek kullanılan bir yöntemdir (Şekil 7.11). Bitişik (komşu) tuğla veya taş 1 ve 2 numaralı yerde gösterildiği gibi çıkarılır ve yeni tuğla veya taş 3 numarada gösterildiği gibi yerleştirilir. Taş yerleştirilirken yüksek çimento grout ile içine yerleştirilir ve iki duvar arasındaki boşluk zengin grout ile doldurulur.



Şekil 7.11 Tuğla örme ya da taş ekleme yöntemi

Eğer köşe tamamen kopmuşsa, mevcut duvarı güçlendirmek için; ilk önce çatı veya taşıyıcı sistem geçici desteğe alınmalıdır, sonra yığma duvardaki ek yerler çıkarılmalı ve temizlenmelidir. Betonarme donatısı hazırlanıp köşe duvarların içine bağlanmalıdır. Bu uygulama duvar birleşimini de güçlendirebilir(Şekil 7.12). Uygulaması yapılacak olan bu çeşit kolonlar minimum 4 ϕ 16 boyuna donatılı ve ϕ 8/20 etriyeli olmalıdır (Şekil 7.13) (Mahrabel, 2006)



Şekil 7.12 Duvar köşelerinde oluşturulacak kolon için yapılan hazırlık



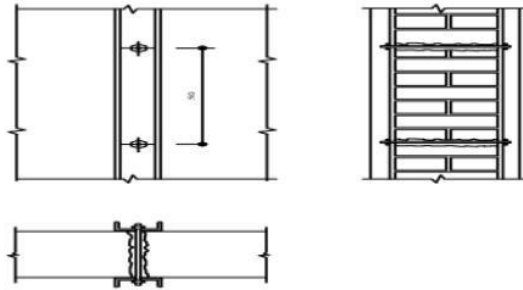
Şekil 7.13 Duvarda kolon oluşturulması

Diğer bir yöntem, duvarlar çelik levhalarla kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde çatıya veya döşeme diyaframlarına monte edilerek kullanılan çelik levhalarla güçlendirilmesidir. (Mahrabel, 2006)

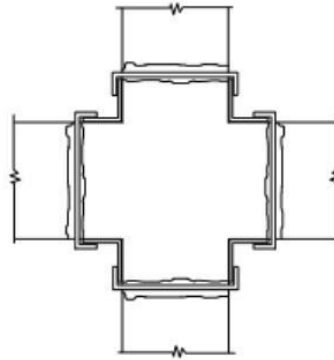


Şekil 7.14 Çelik kuşaklarla güçlendirme

Bu çeşit kuşaklama dikey kuvvetlere karşı duvarı güçlendirir fakat, duvarı yatay (düzlem) kuvvetlere karşı güçlendirmez. (Şekil 7.15) tipik bir uygulamayı göstermektedir.



Şekil 7.15 Çelik levhalarla duvarın kuşaklanması



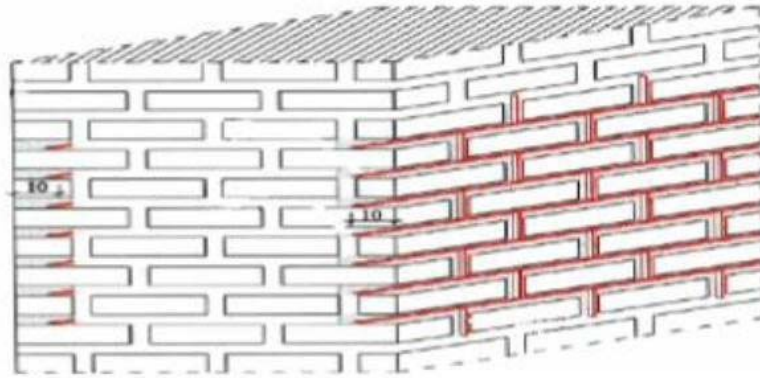
Şekil 7.16 Çelik levhalarla güçlendirme

Yığma duvarlarda yapılabilecek diğer bir uygulama ise lifli polimer ile güçlendirmedir. Bu malzemelerin, geleneksel olarak kullanılan çelik lama-plak takviyesine karşı başta gelen üstünlükleri korozyona dayanıklı olmaları, hafif olmalarıdır. Yüksek maliyeti, en önemli dezavantajıdır. Cam, karbon ve aramid olarak üç çeşittirler.

Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Çekme Dayanımı (MPa)
Cam	50-70	2000-3000
Aramid	65-120	2410-3150
Karbon	135-190	2400-5700
Çelik	200	220-460

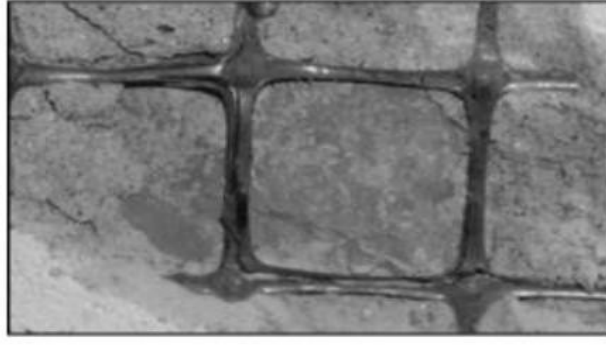
Tablo 7.1 : Lifli Polimer ve Çelik Malzemelerin Karşılaştırılması

Yığma yapıların duvarları taşıyıcı özelliktedir. Bu duvarların kesmeye ve eğilmeye karşı mukavemeti lif takviyeli polimer sistemlerle artırılabilir. Duvarlardaki hasarı onarmak için, çatlaklar epoksi bazlı yüksek mukavemetli tamir harçlarıyla doldurulur, eğilmeye karşı boyuna, kesmeye karşı enine doğrultuda lifli polimer uygulanabilir.



Şekil 7.17 Yığma duvarda lifli polimer uygulama detayı

Tarihi yapıların kubbelerindeki hasarları minimal seviyelere çekmek için lifli polimer sistemler, dış yüzeyden uygulanır, bu uygulamanın amacı üzerleri kurşun tabakalarla kaplanacak olan kubbelerin, yapılan güçlendirmeyi örtmesi ve en önemlisi tarihi dokusunu ve görüntüsünü değiştirmemesidir.



Şekil 7.18 Lifli polimer uygulanması

7.1.2 Taşıyıcı Sistemin Sağlamlaştırılması

Zemin hareketleri, doğal afetler, uzun süreli doğal etkenler (ısı farkları, donmaçözünme vb.) tarihi yapıların taşıyıcı sistemlerinde hasara neden olmaktadır. Günümüze kadar düşeyden ayrılma, çatlama gibi hasarlar payandalarla, gergilerle desteklenmiştir. Bugün ise taşıyıcı sistem sağlamlaştırma tekniklerine çelik, betonarme, lifli polimer, izolatör, enjeksiyon, ön germe, ankraj, temel genişletme ve sağlam zemine inen kazıklı temellerle destekleme gibi teknikler eklenmiştir.

Destekleme – payandalama

Kemer, tonoz, kubbe gibi taşıyıcılar zemindeki aksaklıklar, deprem gibi etkiler sonucunda eksenlerinden ayrılırlar, bunun neticesinde çatlaklar oluşur. Bu olumsuzluğu gidermek için köşelere, kemer mesnet hizalarına masif, ya da uçan payandalar ilave edilerek sağlamlaştırma yoluna gidilmiştir. Payandalama, günümüzde de uygulanan bir sağlamlaştırma yöntemidir. Payandaların duvar yüzeyine tek noktadan uygulanan destekler biçiminde tasarlanması tehlikelidir; yan itkilerle zorlandığında payanda duvarı delerek hasar verebilir. Bu nedenle yastıklama yapılması, desteklerin geniş bir yüzey üzerine uygulanması tercih edilir. Payandaların cephelerin özel ayrıntılarının bulunduğu bölümlerine yerleştirilmemesine, bundan kaçınılamıyorsa, cephe bezemelerinin zedelenmesini engelleyecek önlemlerin alınmasına özen gösterilmelidir.

Çemberleme, bağlantı çubukları- gergi uygulanması

Metal çemberlerle sarıp sıkıştırma yöntemi, dağılma tehlikesi gösteren düşey taşıyıcı elemanlarda sık kullanılan bir sağlamlaştırma tekniğidir. Deprem, yangın gibi nedenlerle çatlayan sütunlar, ayrıca İstanbul da da sıkça rastladığımız gibi camilerin son cemaat yerlerinde ya da iç mekanlarındaki sütunlar bu metotla sarılarak sağlamlaştırılmıştır. Bugün de, tarihi yapıların taşıyıcı sistemleri deprem etkilerine karşı takviye edildiklerinde kuşaklama ve gergilerden yararlanılmaktadır.

Kesit genişletme - mantolama

Tarihi yığma kargir binalarda püskürtme beton ile duvar güçlendirilmesi çok yaygın uygulanan bir metottur. Püskürtme beton, basınçlı hava ile uygulanan betondur. İki şekilde uygulanabilir.

- Kuru karışım uygulanmasında, püskürtme beton için makinenin karışım odasında, çimento ve agrega uygun ölçülerde bir araya getirilip karıştırıldıktan sonra, seyrek olarak ve basınçlı hava yardımıyla bir hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme ucunda (meme ve tabanca), kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton basınçlı hava ile betonlanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Bu uygulamada su miktarı istenilen karışımın elde edilmesi için ayarlanabilir ve gerekli olduğunda suya katkı maddeleri eklenebilir.

- Diğer uygulama da ise çimento, agrega ve su beraber karıştırılır. Elde edilen ıslak karışım hortumla ve basınçlı hava ile püskürtme ucuna iletilir.

Duvarın güçlendirmesinde bir yöntem; hasır çelik donatı tek yönlü ya da iki yönlü olarak taşıyıcı duvara uygulanır, üstten Ø18, Ø20 gibi çelik ankrajlarla tavan döşemesine tespit edilir. Bu işlemlere binada bir simetri dahilinde başlanır, daha sonra diğer bölümlere geçilir. İç duvar yüzlerinde sıva temizlenip, çimento şerbeti püskürtülerek, yüzey hazırlanır. Püskürtme beton uygulanırken yeterli uzaklık bırakmak zor olduğundan bina içlerinde 450 dozlu sıva uygulanabilir. Taşıyıcı duvarların yeniden örülmesi gerektiğinde, kalan duvarlar geçici iksaya alınmadan mevcut duvarlar yıkılmamalıdır.

Projesine uygun olarak takviye yapılacak bina köşe bölgelerinin işaretlenmesi yapılır, bu bölgeler içindeki sıvalar kaldırılır, derz aralıkları k ısmen açılır, yüzey yabancı maddelerden olabildiğince temizlendikten sonra çimento şerbeti püskürtülerek yüzey

hazırlığı yapıp gerekli ankraj delikleri açılır. Ankraj delikleri toz ve nemden arındırıldıktan sonra, ankraj çubukları projesine uygun olarak dolu tuğla veya taş duvarlarda epoksi ile yerleştirilir. Duvar yüzeyine ankrajlar (örneğin:metrekarede 4 adet) yerleştirilerek hasır çelik monte edilir. Öngörülen yerlere özenle yerleştirilen donatılar aderansı zayıflatacak her türlü kirden arındırılmış, temiz olmalıdır. Hasır çeliklerde bindirmeler bir veya bir buçuk göz olacak şekilde yapılır. Hasır donatının mevcut duvarlardan belirli bir uzaklıkta tutulabilmesi için mesafe ayarlayıcılar kullanılmalıdır. Hasır çelikler gevşek olmadan sıkı bir şekilde tespit edilmelidir. Bu işlemler bittikten sonra püskürtme beton uygulaması (shotcrete) yapılır. (Mahrabel, 2006)

Püskürtme betonu yapacak kişinin tecrübeli olması, uygulamanın başarılı olmasında son derece önemlidir. Püskürtme tabancası yüzeye imkan nispetinde dik ve 1,0 – 1,5 m uzaklıkta tutulmalıdır. Uzak tutulan tabanca, donatının arkasını yeterli betonla dolduramayacağı için, yüzeyde kesitler meydana getirebilir ve ileride çatlak oluşumuna sebep olabilir. Yakın tutulan tabancada ise yüzeye yapışma tam olarak sağlanamaz ve beton zaiyatı meydana gelir. Shotcrete uygulamasında yüzeye çarparak sıçrayan beton tekrar kullanılmamalıdır. Püskürtme betonu üzerine yaklaşık 2,5 cm kalınlığında sıva yapılarak yüzey düzgünlüğü sağlanmalıdır.

Püskürtme beton tabakalar halinde uygulanmalıdır. Alt tabakanın tamamen sertleşmesini beklemeden ikinci tabakaya geçilmelidir. Yeni tabaka püskürtülmeden önce alt tabakadaki şüpheli yerler kontrol edilerek iyi kaynamamış kısımlar uzaklaştırılıp yüzey nemlendirmelidir. Püskürtme beton uygulamalarında çok dikkatli yapılması durumunda dahi kapı, pencere doğramaları zarar görebilir. Bu nedenle doğramaların zarar görmemeleri için önlem alınmalıdır.

Sahada püskürtülerek oluşturulan her beton panonun bir köşesinde, mala ile küçük bir bölgenin yüzeyi düzgün hale getirilip 3 ve/veya 7 ve/veya 28. günlerde Schmidt çekici okumaları yapılmalıdır. Okumalar her istasyonda 12 adet civarı olmalı, betonun kaç günlük olduğu ve okumanın yapıldığı yer yazılmalıdır.

Üst katlar duvarlarının çatı altında yeterince karşılıklı bağlanmasını sağlayacak ve varsa orijinal tavanı bozmayacak bir sağlamlaştırma ve güçlendirme şeklinin araştırılması gereklidir. Shotcrete uygulaması eğer tavan süslemeleri varsa bu süslemelere zarar verebileceği için, o katta hasır çelik yerleştirilmeli ve 450 çimento dozlu bir sıva ile güçlendirilmelidir.(Mahrabel, 2006)

Günümüzde, püskürtme beton uygulamasının yanında kendiliğinden yerleşen beton uygulaması da tercih edilmekte ve kullanılmaktadır. Yüksek dayanımlı, segregasyon olmayan, kendiliğinden sıkışan ve seviyelenen, döküldüğü kalıbın şeklini kolaylıkla alan ve bir o kadar da temiz bir uygulama yöntemidir.

Sismik Yalıtım

Taban yalıtımının temel amacı; yapıların ve kuvvetli yer hareketlerinin özellikleri göz önüne alarak; yapıların rijitliklerini azaltıp periyotlarını uzatmak, sönümlerini artırarak yapılara daha küçük yatay yüklerin gelmesini sağlamak, yapıların orta şiddetli depremlerdeki hasarının önlenmesi ve çok şiddetli depremlerdeki hasarının daha küçük boyutlara indirilmesinin sağlayan uygulamalardır.

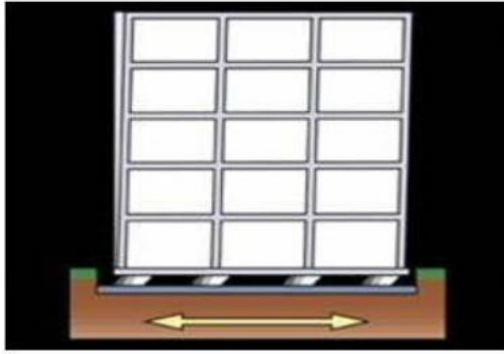
Taban yalıtımı depreme karşı yeterli dayanımı olmayan anıtsal değeri olan tarihi yapılarda ve kullanımında hiçbir aksamanın olmaması gereken yapılarda kullanılmaktadır. Bu yapılarda:

- Depremde yapıya gelecek yüklerin düzeyi, yapının yetersiz olan deprem dayanımının altına temel yalıtımı yoluyla indirilebilir.
- Yapının bütün katlarının güçlendirilmesi yerine yalnız temel yalıtımı ile kullanımı etkilenmez. Mimari özellikleri bozulmaz.
- Klasik güçlendirme yöntemleri (perde duvar ve kolon eklenmesi ile güçlendirme), yapının değerli ve yeniden yapılamayacak iç kaplamalarının, fresk ve tavan ya da duvar resimlerinin yıkımına yol açar. Özellikle tarihi yapılarda bu duruma izin verilemez.
- Taban yalıtımı ile sağlanan deprem yükündeki azalma miktarı yeterli olmayabilir. Ancak taban yalıtımı yapılması ile gereken güçlendirmenin düzeyi azaltılabilir.
- Bunlara ek olarak, yüksek can güvenliği ve minimum bakım gereksinimi ve şiddetli depremlerden sonra bile hemen kullanım gibi önemli faktörlerin göz ardı edilmemesi gerekir. (Mahrabel, 2006)

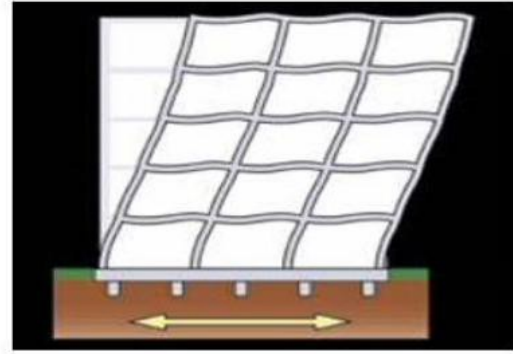
Günümüzde bu amaçla üretilmiş sismik yalıtım cihazları ve metotlarını şöyle sıralayabiliriz :

- Kauçuk Esaslı Sismik İzolatörler – Rubber Bearings

- Sürtünme Esaslı Sismik İzolatörler – Friction Pendulum
- Sönümlendirici Cihazlar ;
 1. Viskoz Esaslı Sismik Sönümlendiriciler – Viscous Dampers
 2. Kurşun Çekme Sönümlendiriciler – Lead Extrusion Dampers
 3. Çelik Sönümlendiriciler – Steel Hysteretic Dampers
- Vibrasyon Kontrol Cihazları – Vibration\Structural Control Systems



Sismik Yalıtılmış Yapı



Normal Yapı

Şekil 7.19 Sismik yalıtılmış bina ve normal bina

Kauçuk Esaslı Sismik İzolatörler – Rubber Bearings : Yatay birim şekil değiştirmesi ve kayma deformasyonu yüksek olan (%150) doğal kauçuğun içine rijitlik ve sönüm artışı için karbon siyahı eklenir. Ayrıca dinamik sönümü ve yatay stabilitesini yükseltmek amacıyla kurşun çekirdek yerleştirilir. Kauçuk esaslı sismik izolatörlerde yatayda her yönde kayma deformasyonu %150'ye yakındır. İzolatör cihazının orijinal pozisyonuna dönmesi düşey yüke ve içindeki çelik levhaların ve kurşun çekirdeğe bağlıdır. Hesaplanan yatay ve düşey deplasmanları karşılayabilecek kapasitedeki kauçuk esaslı sismik izolatör taban plakları yardımıyla kolon altına yerleştirilir.



Şekil 7.20 Kauçuk esaslı kurşun çekirdekli izolatör

Sürtünme Esaslı Sismik İzolatörler – Friction Pendulum : Özel metaller kullanılarak iç bükey küresel yüzey üzerinde kayabilen mesnet elemanı bu yatay hareket sırasında binayı yükselten bir özelliği olduğundan gelen enerjiyi sönmölemek ve deprem etkisini %80 oranında azaltmaktadır.



Şekil 7.21 Sürtünme esaslı sismik izolatörler

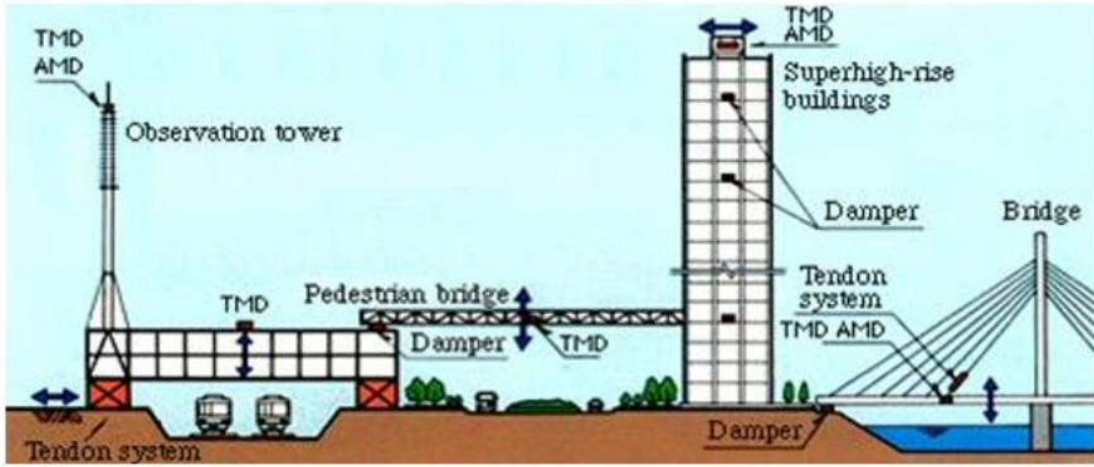
Kolon altına yerleştirilen sürtünme esaslı sismik izolatör, içbükey %5'lik sürtünmeli yüzeyi sayesinde tabandan gelen deprem yüklerinin yapıya %5'lik kısmını aktarır. Deprem enerjisini içbükey kısım sarkaç prensibine dayanarak yapının ağırlığını kullanarak sönmöler.

Enerji Sönmölendirici Cihazlar : Yapıda yatay hareketleri minimuma indirmek ve yatay deprem enerjisini absorbe etmek veya sönmölemek amacıyla kullanılan bu sistem, yatay rijitlik sağlaması gereken akslara yerleştirilir. Hidrolik esaslı sıvıların sıkışması prensibine dayanarak çalışan cihazlar, yatay yükleri lineer olmayan bir mantıkla sönmöledikleri için rijit bağlantılardan daha kullanışlı ve elverişlidir.



Şekil 7.22 Enerji söndürücü sistemler (viskoz esaslı, çelik, kurşun çekme)

Vibrasyon Kontrol Cihazları - Vibration\Structural Control Systems : Yapının en üstüne konan kütleler yardımıyla, kütle yapının deprem sırasında yapacağı deplasmanla ters yönde uyumlu hareket ederek, yapının yatay deplasmanlarını minimuma indirmeye çalışır (www.tolaymuhendislik.com).



Şekil 7.23 Vibrasyon kontrol cihazları

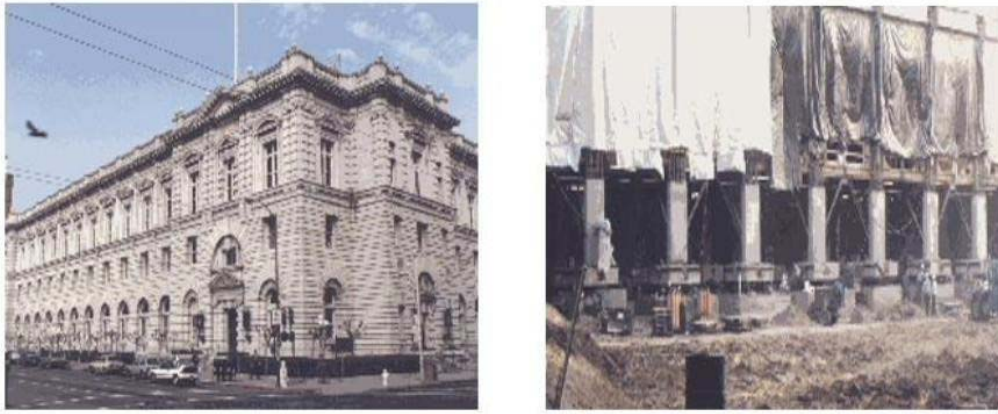
Yapı tabanına konulacak yalıtım araçlarının:

- Düşey yönde rijitliği büyük olmalıdır. Böylece düşey yönde tabanda rijit kütle olarak dönmesi azaltılmalıdır.
- Yalıtım araçları yapının düşey yükünü normal kullanım koşullarında büyük güvenlikle taşıyabilmelidir.
- Uzun süre dayanıklı olmalıdır.

Tüm bu pozitif yönlerinin yanında, sismik yalıtım araçlarının kullanılmasının uygun olmadığı yerler de vardır. Bunlar :

- Yapıların periyotlarının uzatılması yumuşak zeminde inşa edilmiş yapılar için zararlıdır. Yumuşak zeminlerde sismik izolasyon konularak yapı periyodunun arttırılması halinde yapıya gelecek deprem yükü artacaktır.

- Bitişik nizam yapılarda sismik izolasyon yapılması uygun değildir (Coşkun , 2005). Dünyada bu uygulamanın yapıldığı birçok yapı bulunmaktadır. Birleşik Devletler Yüksek Temyiz Mahkemesi Binası, Oakland City Hall, Çin Halk Cumhuriyeti Shan Tou şehir müzesi; örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 7.24 Birleşik devletler yüksek temyiz mahkemesi binası



Şekil 7.25 Oakland City Hall binası

7.1.3 Zeminin Sağlamlaştırılması

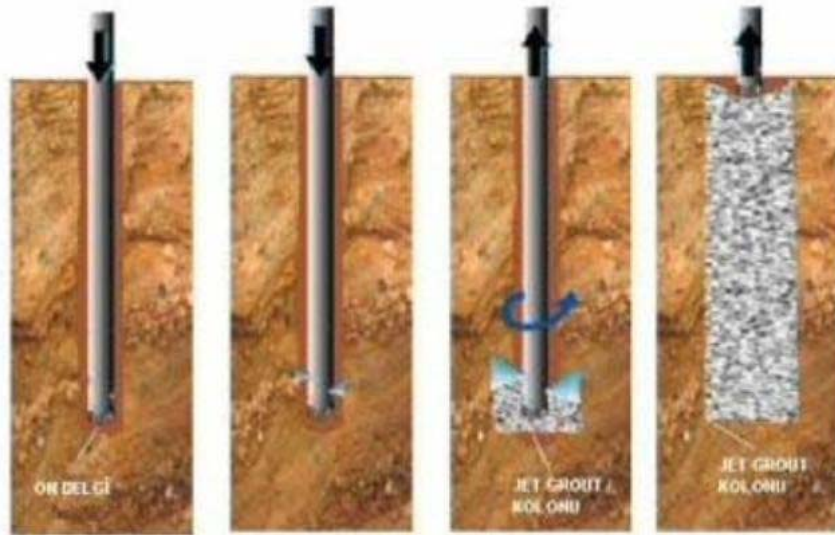
Zeminin sağlamlaştırılması, temel altı zemininin ıslahı ve temelin güçlendirilmesi olarak iki alt başlıkta incelenmiştir.

7.1.3.1 Temel Altı Zemininin Islahı

Yer altı suyu rejimindeki değişiklikler, çok sıkışabilir tabakaların varlığı, sıkışabilir zemin tabakalarının farklı kalınlık veya özellikte olması gibi etkenlerin sonucunda temel zemininin ıslahı gündeme gelir.

Jet-Grout Uygulanması

Jet-grout tekniği, dünyada 21 seneden ve Türkiye’de de 15 seneden beri başarı ile uygulanmaktadır. Bu tekniğin esası, delici bir takımın, istenilen derinliğe kadar 4” çapında delik delmesi ve daha sonra otomatik tesislerde hazırlanan harcın özel aletlerle alttan yukarıya doğru istenilen seviyeye kadar zemini kesip çakıl ve kumu bünyesine alarak 320 – 440 atmosfer basınçla zemine enjekte edilmesi ve bu suretle kolon oluşturulması ilkesine dayanır. Yüksek basınçlı karışım, boşlukları doldurmakta, yer altı suyunu itip yerini almakta ve zeminle karışmaktadır. Böylece zemin yapay olarak taşlaştırılıp, taşıyıcı kolonlar oluşturulmaktadır (Toğrol vd. , 1996).



Şekil 7.26 Jet-Grout uygulaması

Jet-grout yöntemi yöntemi birçok yerde faydalı olabilir: çevre kirliliğine yol açmadan zeminlerin stabilize edilmesinde yararlıdır, temel takviyesi sırasında yapının deformasyonu çok az olur veya hiç olmaz, nisbeten ufak çaplı delikten başlanarak geniş kolonlar elde edilir, yüksek riskli inşaatlarda can güvenliği sağlar, jet-grout kolonları istenilen derinlikten başlanarak istenilen derinliğe kadar imal edilebilirler, arazi şartlarına bağlı olarak bu yöntem inşaat süresini %30 - % 60 kısaltır (Saraç , 2003).

Enjeksiyon Uygulaması

Zeminlerin geçirimsizliğinin azaltılması ve kayma mukavemeti parametrelerinin artırılması amacıyla kullanılan temel zemini iyileştirilme tekniklerinden birisidir. Enjeksiyon teknikleri üç grupta toplanabilir.

1. Hydrofracture Enjeksiyonu : Hydrofracture enjeksiyonu genellikle çökelmiş zeminlerde uygulanır. Çimento esaslı harçla zemin 10–15 kg/cm²'ye kadar bir basınç altında paralanır. Böylece zemin içinde enjeksiyon mercekleri ve tabakaları oluşur.
2. Birbirleri ile bağlantılı olmayan boşluklar doldurulur, hatta zemin bir miktar sıkışır. Paralanmanın başladığı, enjeksiyon basıncının düşmesi ile anlaşılır. (Toğrol , 1994)
3. Sıkılama Enjeksiyonu : Gevşek veya örselenmemiş zeminleri sıkıştırmak ve zeminin birim hacim ağırlığını artırmak için kullanılır. Zemin çimento büyük bir basınçla (35 kg/cm²) zemine basılır ve yoğun bir kütle oluşması sağlanır.
4. Geçirimsizlik Enjeksiyonu : Çok ince boşluklu – çatlaklı zeminlerde silikat esaslı ve reçine esaslı harçlar uygulanarak uygulanan enjeksiyon biçimidir.

7.1.3.2 Temelin Güçlendirilmesi

Tarihi yapıların yenilenmesi veya yeni işlev kazandırılması için ön görülen değişiklikler, yapı yüklerinin artmasına neden olabilir. Bu durumda temellerin yeni yükleri taşıyabilecek şekilde takviyesi gerekir (Toğrol , 1994).

Temel takviyesi hangi amaçla yapılırsa yapılsın, takviye yöntemine karar vermeden önce mutlaka sondajlar, deneme çukurları ve numuneler üzerinde laboratuvar ortamında deneyler yapılarak dikkatli bir zemin incelemesi yapılmalıdır.

Eğer temelin oturmalarına karşı takviyesi gerekiyorsa temel yükleri, oturmalarından etkilenmeyecek bir derinliğe aktarılmalıdır. Bunun için arazi profilinin ve zemin

özelliklerinin bilinmesi gerekir. Öte yandan, temelin takviye edilmesini gerektiren neden iyice belirlenmelidir (Saraç , 2003).

Geleneksel Yöntemler

Geleneksel temel takviye yöntemleri ile temelin genişletilmesi ve/veya derinleştirilmesi yoluyla temel davranışının iyileştirilmesine çalışılır. Bu yöntemin esası, kazı yapılarak mevcut temel altına ilave beton kütle oluşturmaktır. Kazı derinliğinin fazla olması veya yer altı suyunun meydana getirdiği sorunlar nedeniyle bu yöntem her zaman uygulanamayabilir. Yer altı suyunun oluşturduğu zorluklar nedeniyle de ekonomik olmaktan çıkabilir ya da yapı yükleri çok büyüktür, ilave bir beton kütlesi kabul edilemeyecek oturmalara neden olabilir. Sürekli bir sölmenin takviyesi için temelin altı anolar halinde kazılır. Desteksiz bırakılabilecek uzunluk, usulüne uygun inşa edilmiş tuğla duvarlarda 1.50 ~ 2.00 m.'yi geçmemelidir. Herhangi bir aşamada desteksiz kalacak uzunluk, yapı uzunluğunun dörtte birinden fazla olmamalıdır. Betonlama, mevcut temelin en az 5–10 cm altına gelene kadar yapılmalıdır. Mevcut temelin altına inen kuşak perdesinin mevcut temelle bağlantısı epoksili ankrajlar ile yapılmalıdır (Toğrol , 1994).

Temel Yüklerinin Daha Derindeki Taşıyıcı Tabakalara Aktarılması

Temel takviyesinde kazıklar, duvarın iki yanında olmak üzere çift çift imal edilir. Eğer binanın içinde kazık yapılamıyorsa bu kez dışarıda yapılan kazıklara duvar konsol olarak taşıtılır.

1. **İtme (burgulu) kazıklar :** Genellikle kuzey ülkelerinde, kohezyonsuz zeminlerde kullanılırlar. İlke olarak kısa parçalar halinde bir krika vasıtasıyla, 20~60 cm. çapında ve 0.50~1.50 m. parçalar halinde zemine itilerek sokulur. Kuvvet doğrudan itme (burgulu) kazığın ucunda olduğu için zemine doğrudan inebilmektedir. Zeminde boşluk oranını azaltır. İtme (burgulu) kazık zemine sokulduktan sonra ucu mevcut yapıya bir başlıkla bağlanır. İtme kazık yöntemi temel takviyesi gerektiren yapılarda kullanılabilecek, diğer takviye yöntemlerine göre birçok avantajı bulunan bir yöntemdir. İtme kazık imalatı sırasında her bir kazığın taşıma kapasitesinin belirlenebilmesi bu yöntemi diğer yöntemlere göre daha güvenilir kılmaktadır. İtme kazık, yer altı su seviyesinin yüksek olduğu, ana kayanın çok derinlerde olduğu zemin şartlarında da uygulanabilmektedir (Namlı , 2001).

2. **Jet-Grouting** : Jet-grout, zeminin iyileştirilmesinde kullanıldığı gibi yapı yüklerinin daha derinlerdeki tabakalara aktarılmasında da kullanılan, bir zeminle çimento harcının karıştırılması yöntemidir. Bu yöntemde önce, zemin içinde ufak çaplı (90 mm) bir delik delinerek belli bir derinliğe erişilir. Sonra delgi borusu yukarıya çekilirken zemin, basınçlı çimento harcı püskürtülerek parçalanır, harçla karıştırılarak bir zemin – çimento kolonu oluşturulur.

7.2 Bütünleme

Bir bölümü hasar görmüş, ya da yok olmuş yapı ve öğeleri ilk tasarımlarındaki bütünlüğe kavuşturacak biçimde geleneksel, ya da çağdaş malzeme kullanarak tamamlama işlemine denir. Yıkık durumda göze hoş gelmeyen bir yapı bütünlendirilerek, hem estetik bütünlüğüne kavuşur, kullanılabilir duruma getirilir, hem de tümüyle yok olmaktan kurtarılabilir.

Bütünleme yapabilmek için ilk tasarıma ilişkin sağlıklı veriler gereklidir; örneğin bir son cemaat yerinin yarısı yıkılmışsa, tekrar eden öğelerin varlığından ve simetriden yararlanılarak bütünleme yapılabilir. Bütünleme ancak gerçek yapısal verilere, ya da belgelere dayandırıldığında kabul edilebilen bir uygulamadır. Güvenilir verilere dayanmadan, yalnız varsayım ve analogilerden hareket edilerek yapılan bütünlemelerin hatalı olması kaçınılmazdır. Yeni bölümlerin özgün olandan ayrılabilmesi için farklı bir yüzey dokusu uygulanması olumlu sonuç verebilir. Onarım sonrasında anıtın uygun bir yerine restorasyonun yapıldığı tarih, yaptıran ve yapan mimarla ilgili bir yazıt konulur.

7.3 Yenileme

Zamanla değişen yaşam biçimi ve ona bağlı istekler nedeniyle birçok tarihi yapı özgün işlevini yitirmekte, ilk yapılış amacından farklı bir işleve hizmet etmek için uyarlanmaktadır. Çevresel özellikleri nedeniyle korunması istenen yapıların yeniden kullanımlarında, yeni işlevin dış görünümü bozmadan gerçekleştirilmesi arzu edilir. Yangın, bakımsızlık nedeniyle döşeme ve tavanlarını yitirmiş ve ilk tasarıma ait yeterli veri bulunamayan 2. grup yapılarda, yeni bir iç düzenleme yapılmasına izin verilebilir. Çok önemli plan ve iç mekan değerlerine sahip olan yapılarda ise yeni kullanıma elverişli, serbest iç düzenlemeler uygulanmaktan çok tarihi mekanların anısını sürdüren düzenlemelere gidilmesi uygun olur (www.restorasyon.org).

7.4 Yeniden Yapım

Tarihi bir yapının tıpkısını inşa etme uygulaması, tarihi açıdan bir anlam taşımasa da, bir yapım tekniğini sürdürme, geleneği yaşatma bakımından korumaya yönelik olabilmektedir. Bir kopya, tarihi yapının kütle ve mekanlarını ancak biçimsel olarak canlandırabilir, orijinalinin yerini alması olanaksızdır; kısaca tarihi değer taşımaz.



Şekil 7.27 Taş ocağından kütleler halinde getirilen taşların işlenmesi

Bazı durumlarda yeniden yapıma gitmek kaçınılmaz olabilir. Yeniden yapıma olanaklı kılacak teknik verilerin, fotoğraf, rölöve ve benzeri grafik belgelerin var olması gerekir. Bir kentin silüetinin önemli bir parçası, tarihi bir kompozisyonun ögesi olan yapıların yeniden yapılması gerekebilir.



Şekil 7.28 İşlenmiş taşların istiflenmesi ve montajı

7.5 Temizleme

Tarihi ve estetik değer taşımayan eklerden arındırma, iç ve dış cephe üzerinde yapılan mekanik ve kimyasal işlemlere temizleme denir. Kaldırılacak eklerle ilgili karar verme yetkisi Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'na aittir. Kaldırılması istenen yapısal ekler (duvar, döşeme, çıkma vb.) farklı bir gösterimle (renk veya tarama) plan, kesit ve görünüş rölöve paftalarına işlenir ve temizlik sonrası durum öneri proje olarak Kurul'a sunulur. Yetkili Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan onay alındığı takdirde, ekler kaldırılabilir. Temizleme işleminden önce ve işlem sırasında fotografik belgeleme yapılmalıdır

Tarihi binaların cephelerinin temizliği, dikkatli yapılması gereken bir işlemdir; özensiz yapıldığında yüzeye zarar verir, bozulmayı hızlandırır. Temizliğin hangi teknikle yapılmasının uygun olduğuna karar verilebilmesi için önce cepheyi oluşturan malzemenin türü, kir tabakasının niteliği, yüzey bozulmaları ve yapının bulunduğu ortamın özellikleri incelenir. Temizleme işlemi sırasında yalnız kir tabakasının kaldırılmasına, taş veya tuğla yüzeyin tahrip edilmemesine özen gösterilmelidir.

Ev ve fabrika bacalarından çıkan kurum ve is, otomobil egzozlarından çıkan zehirli gazlar havayı kirletir ve binaların cephelerinin kararmasına neden olurlar. Koyu bir kir tabakası mimari güzellikleri gizler. Cephe temizliği turizm açısından da önemlidir. Bakımlı, temiz cephe tarihi çevreler daha çekici olduklarından, Londra, Paris, Roma gibi kentlerde cephe temizlikleri periyodik olarak ele alınmaktadır. Cephe temizliği, kendi içerisinde mekanik, kimyasal temizlik, suyla yıkama, emici kil ve kağıt hamurları uygulama, emici jeller uygulaması olarak sınıflandırılabilir.



cephenin yıkanması



temizlenmiş ve kirli yüzeyler farkı

Şekil 7.29 Kimyasal madde kullanımı

Kültür Bakanlığı Restorasyon ve Konservasyon Merkez Laboratuvarı analizleri sonucunda, bazik özellikli kimyasal madde olan AB-57 kullanımının, eser üzerinde çizik ve deformasyona neden olmadığı, dolayısıyla bazik karakterdeki malzemelerin temizlemede kullanılması tavsiye edilmektedir.

Cephe temizliğinde dikkat edilmesi gereken nokta, kullanılan malzemelerin asidik özellikte olup olmadığıdır. Yapı taşları bazik özellikte olduğundan asit, taşın dış yüzeyindeki tarihi tabakayı yani patinasını yok ederek taşın korunmasız kalmasına neden olur. Bu da cephenin daha kısa bir sürede bozulmasına ve dağılmasına neden olur. Eser yüzeyinde oluşan kir tabakasının yumuşatılması için, bina cephesine her kata noktasal delikleri olan yassı hortumlar takılarak, 3-4 saat kesintisiz ıslak uygulama yapılır.



Şekil 7.30 Cephe temizliği yapılmış binalar

Bu uygulama eserin yüzeyindeki toz tabakasını alacağı gibi, eserin derinlerine işleyen sülfatı da yumuşatacaktır. Bu işlem sonunda yüzey yumuşak fırçalarla fırçalanmalıdır. Bu uygulamadan sonra, tamamen bazik olan (PH=9) amonyum bikarbonat çözeltisi tüm yüzeye yumuşak fırçalarla sürülerek, hava almayacak şekilde kapatılmalıdır. Bu işlem belli modüller halinde tekrarlanacaktır. Çözelti eser yüzeyinde 6-7 saat bekledikten sonra max. 4 bar basınçlı su ile sis şeklinde yıkanır. (www.restorasyon.org).

7.6 Taşıma

Taşıma işlemi, tarihi yapının boyutlarına, malzemesine ve yapım tekniğine uygun metodlarla yapılmalıdır. En kolay ve tercih edileni, tarihi yapının tüm elemanlarının numaralanarak sökülmesi, başka bir yerde kurulmasıdır. Ahşap yapılar bu uygulama için çok elverişlidir. Yerinde korunamayacak taş yapılar, taşınmadan önce ayrıntılı rölöveleri yapılır ve fotoğrafları çekilir, iç ve dış cepheler üzerindeki her taş sırası ve her taş numaralandırılır; taşların birbirleriyle ilişkisini göstermek üzere her sırayı kat eden yatay

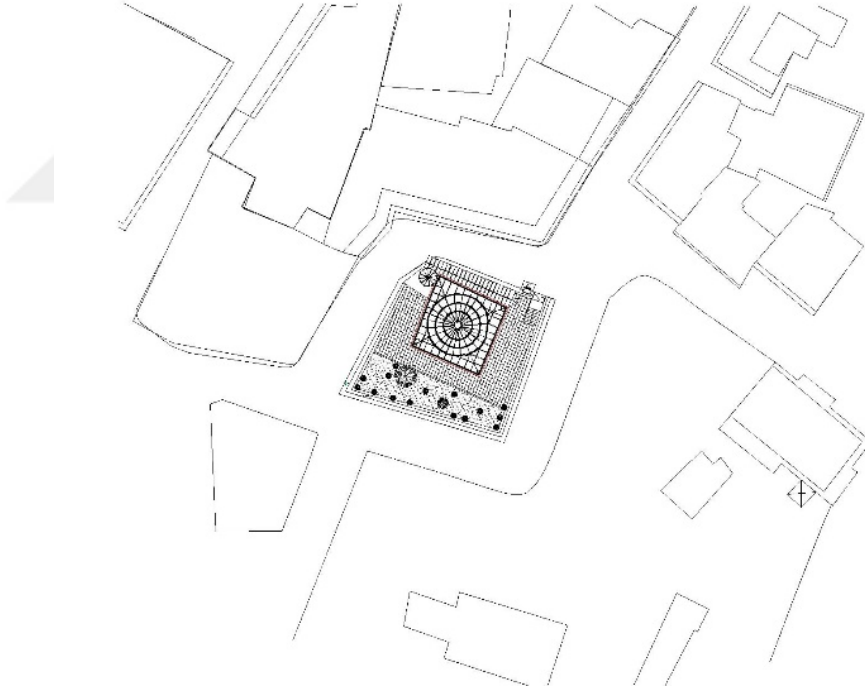
ve her tařın komřularıyla iliřkisini belirleyen dűřey çizgiler çizilir; genel durum ve ayrıntı fotoęrafları çekilir. Sonra yapı özenle sűkűlűr ve yeni konumunda yatay sıralar karıřmayacak biçimde dűzenli olarak istiflenir. Sűkűm sırasında daęılan, yeniden kullanılamayacak durumda olan blokların yerine benzer malzemeden yenisi hazırlanır ve önceki numaralama dűzenine uygun olarak parçalar hazırlanan temel űzerinde birleřtirilir. Bu teknik, kesme tařtan yapılmıř yapıların tařınmasında uygulanmaya elveriřlidir. Moloz tařla yapılmıř binaları bu teknikle tařımak olası deęildir. Sűkűm sırasında daęılan tařları tekrar aynı iliřkiler içinde birleřtirmek çok zahmetli, hatta olanaksızdır. Tarihi yapının en az hasarla tařınmasına olanak veren bu teknik ileri műhendislik bilgisi gerektirir.



8. TARİHİ ZENBURİ MESCİDİ’NİN MODEL ANALİZİ

8.1 Zenburi Mescidi’nin Tarihçesi ve Özellikleri

Zenburi Mescidi Konya’nın Karatay İlçesinin Zenburi Mahallesi Güdük Minare Sokağı içerisinde yer almaktadır. Yapının kitabesi mevcut değildir. Malzeme ve yapım tekniğine bakılarak Mescit 13. yy da Anadolu Selçuklu devleti tarafından yapıldığı düşünülmektedir. Mescidin vakfiyesi de bulunamamıştır. Kimin tarafından yaptırıldığı bilinmemekle birlikte Sultan Alaeddin’in Arıcıbaşı ya da Kara Arslan tarafından inşa ettirildiğinden bahsedilmektedir (Konyalı, 1964). Zenburi Mescidinin sanatçısı da bilinmemektedir. Mescit bugüne kadar birçok onarım geçirmiştir. 1991 yılında Vakıflar Genel Müdürlüğünce dış beden duvarlarının derzleri onarılmış, kabaran sıvalar yenilenmiş, drenaj ve tretuvar yapılmış, kubbe kurşunla kaplanarak elektrik tesisatı yenilenmiş ve mülkiyet sınırlarına göre mescit çevresine ihata duvarları yapılmıştır.



Şekil 8.1 Vaziyet Planı

1994 yılında beden duvarlarında rutubete yol açan yağmur ve kar sularının kornişlerden akmasını önlemek amacıyla doğu, batı ve güney cephelerini saran yağmur oluğu yapılmıştır. Plan, kesit ve iç tasvir bakımından kare bir plan üzerinde tek mekanlı ve son cemaat yeri olan bir mescittir. Tuğla örgülü ve motifli büyük bir kubbeye sahiptir. Yapının mihrabı dahil tüm iç mekan kubbe dışında sıvalıdır. Yine iç mekan kurgusunda görülebilen devşirme malzeme oldukça önemlidir. Mescit 22x22x6 cm' lik klasik Selçuklu tuğlasıyla yapılmıştır. Tuğlalara bağlayıcı olarak o dönemde yaygın olarak kullanılan Horasan harcı olduğu düşünülüyor. Aydınlatma pencereleri iki cephede mevcuttur; mihrabın üzerinde de küçük bir aydınlatma penceresi görülmektedir. Minaresi son cemaat yerinin sağında olan yapının girişi kuzey yönündedir. Giriş bölümünde iki pencere mevcuttur. Cepheler ve dış tasvir olarak tamamen tuğla malzeme kullanılarak yapılan mescidin son cemaat yerinin sağında yine tuğla malzemeye inşa edilmiş bir minaresi bulunmaktadır. Tuğla örgülü minarenin alt bölümü sekiz yüzlüdür. Yüzlerin sonunda mavi çiniden oluşan bir kuşak bulunmaktadır.(Konyalı, 1964)



Şekil 8.2 Zenburi mescidi eski görüntüsü



Şekil 8.3 Zenburi mescidi görüntüsü

Çini kuşaklı bu köşeli kaide daha sonra yuvarlak bir formda ilerler. Şerefeden sonrası yıkılmıştır. Köşe tromplarının içleri mukarnaslar ile doldurulmuştur. Ayrıca üstte küçük tromplar vardır. Kubbe balık sırtı tekniği ile tuğla örgüsüne sahiptir.



Şekil 8.4 Mescidin doğu cephesi



Şekil 8.5 Mescidin batı cephesi



Şekil 8.6 Mescidin güney cephesi



Şekil 8.7 Mescidin kuzey cephesi ve son cemaat bölümü

Zenburi mescidinin temeli doğal zemin kotundan ortalama 2,00 metre aşağıdadır. Mescidin yanal duvarları ortalama zemin üst kotundan 8,16 metre yüksekliğindedir. Dört taraftan duvarların üstüne oturan kubbe yarıçapı 3,12 – 3,39 arasında değişmektedir. Pencere boyutları yatayda 87 – 108 cm arasında, düşey olarak 123 – 128 cm olarak değişiklik göstermektedir. Minare temel kotundan itibaren 1413 metre yüksekliğe sahiptir. Minare ile mescidin duvarları birbirinden bağımsız bitişik nizam konumundadır. Minarenin içinde dönel merdiven bulunmaktadır.

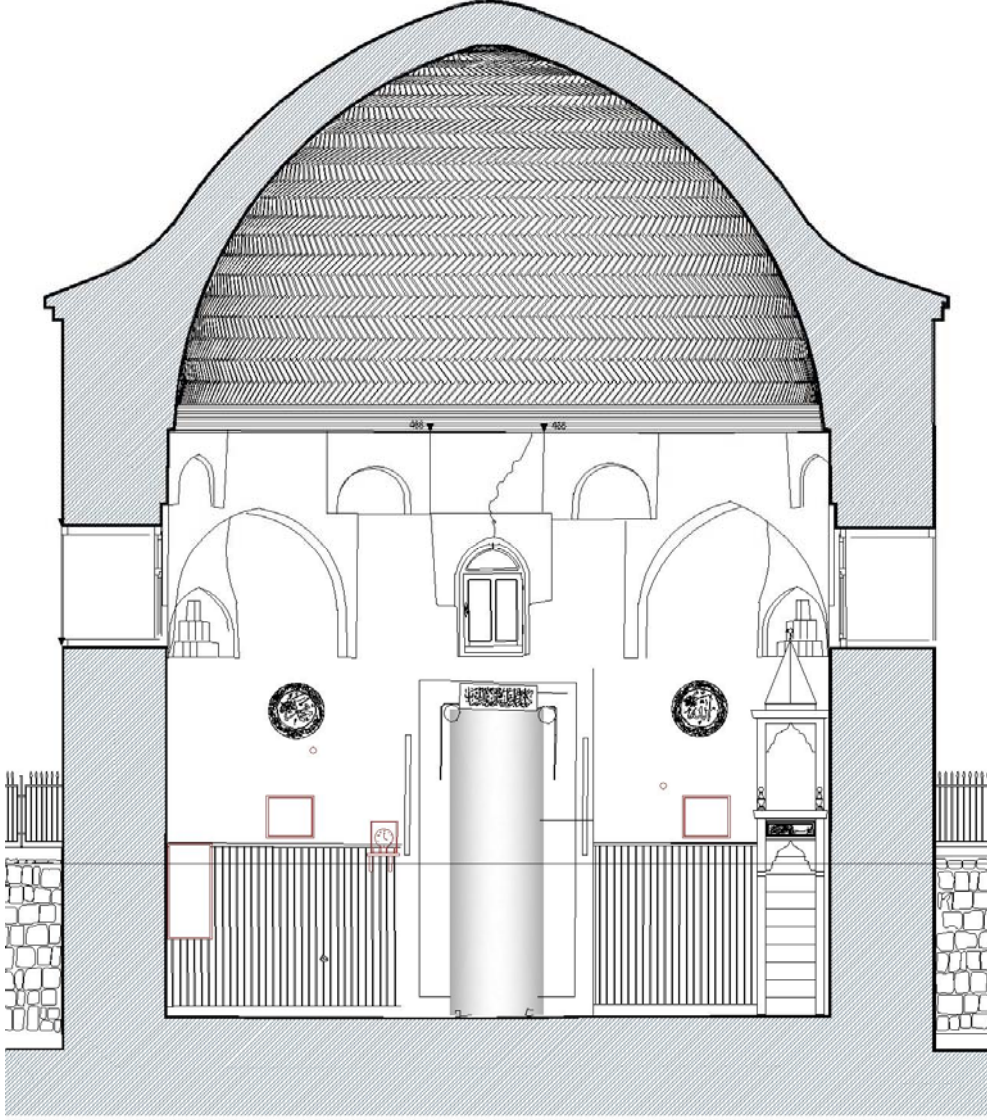


Şekil 8.8 Mescidin hariminden görünüşü

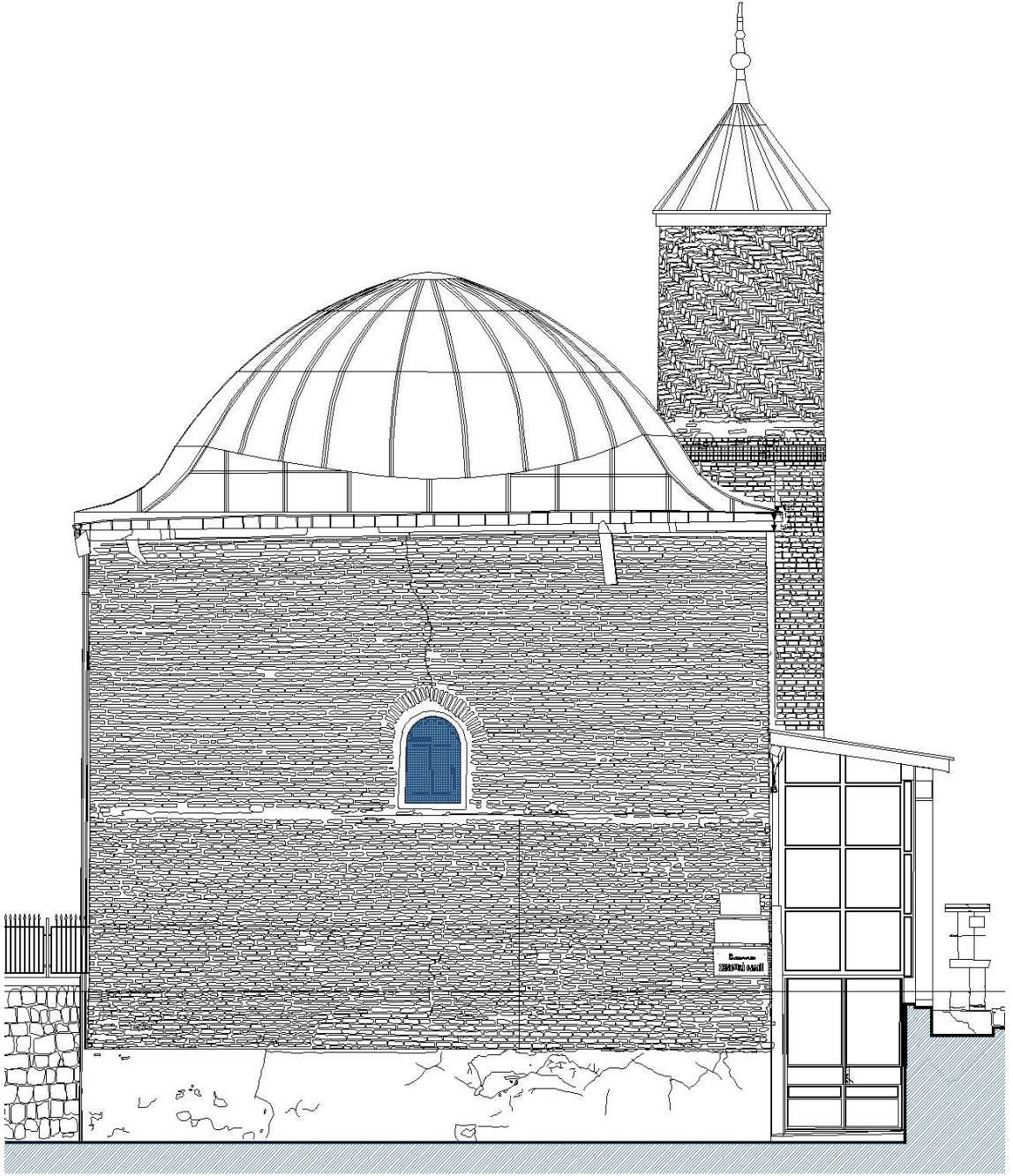


Şekil 8.9 Mescidin iç kubbe görünüşü

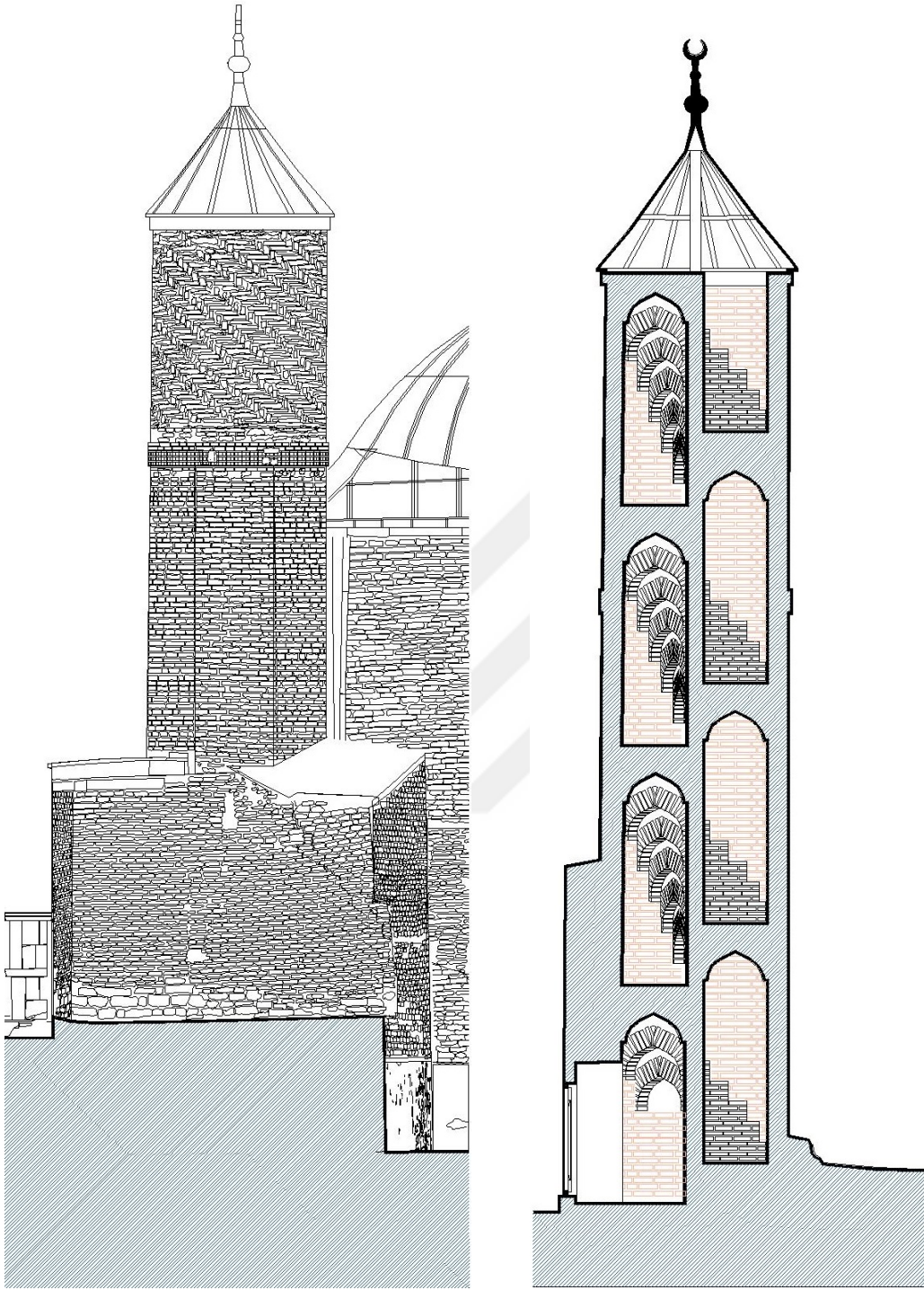
Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğünün restorasyon kapsamında olan Zenburi mescidinin Röleve çizim örnekleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 8.10 Zenburi mescidi kuzey cephe kesit görünüşü



Şekil 8.11 Zenburi mescidi doğu cephe görünüşü



Şekil 8.12 Zenburi mescidi minare dış ve kesit görünüşleri

8.2 Zenburi Mescidi'nin Elle Statik Analizi

Tarihi yapıların elle statik analizi deprem bölgelerinde yapılacak olan, hem düşey hem yatay yükler için tüm taşıyıcı sistemi doğal veya yapay malzemeli taşıyıcı duvarlar ile oluşturulan yığma binaların genel kurallarına göre kontrolü yapılmalıdır. Düşey gerilme hesabında tarihi yapının zati yükleri hesap edilmiştir. Düşey yönde zati yüklerin tarihi yapının yatay alanına oranıyla düşey gerilme kontrolü yapılmıştır. Kesme gerilme hesabında ise yapının taban kesme kuvveti bulunmuştur. Daha sonra tarihi yapının kütle merkezi ve rijitlik merkezi hesabı yapılmıştır. Taban kesme kuvvetinin oluşturduğu burulma moment değerleri hesap edilmiştir. Kesme kuvveti hesabında duvarlara ekti eden kesme gerilmeleri kontrolleri hesaplanmıştır. Tarihi yapının mevcut yapısına dokunulmasına izin verilmediği için binanın karot, ultrasonik vb. tekniklerle malzeme özellikleri belirlenememiştir. Bu yüzden genel olarak o zamanda yapılan ve kullanılan malzemelerden yola çıkılarak birim hacim ağırlığı 1500 kg/m^3 olarak alınmıştır. Duvarların serbest basınç emniyet gerilme değerleri için Tablo 8.1'den yararlanılmıştır.

Tablo 8.1 Serbest Basınç Dayanımı Bilinmeyen Duvarların Basınç Emniyet Gerilmeleri
(DBYBHY 2007)

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi f_{cm} (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	1.0
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35- 45 arasında, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %45'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.5
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.3
Gaz beton (tutkal ile)	0.6
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.8

Binanın yararlı duvar yükseklikleri baz alınarak Tablo 8.2’den narinlik oranına göre azaltma katsayı belirlenerek emniyet gerilmelerinde düzeltme yapılır. Tarihi yapının narinlik oranı 6 değerinin altında kaldığından dolayı herhangi bir azaltma işlemi yapılmamıştır.

Tablo 8.2 Narinlik Oranına Göre Emniyet Gerilmeleri İçin Azaltma Katsayıları
(DBYBHY 2007)

Narinlik oranı	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Azaltma katsayısı	1.0	0.95	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51

Değerlendirmeler için kullanılacak basınç emniyet gerilmeleri tarihi yapının genel özelliklerinin bilgi düzeyine göre katsayı ile çarpılarak gerekli düzeltmeler yapılır.

Tablo 8.3 Binalar için bilgi düzeyi katsayısı (DBYBHY 2007)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Asgari	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Tarihi Zenburi Cami’nin malzeme özelliklerini belirleme tekniklerinden herhangi birini kullanılmasına müsaade edilmediğinden kullanılan malzemeler o dönemin özellikleri ve coğrafi yapısına göre düşünülerek belirlenmiştir. Zenburi Cami’nin tuğla malzeme boyutları, duvar kalınlıkları, kubbe çapı ve özellikleri, pencere ve kapı boşlukları, oturduğu zemin özellikleri ve fiziksel özellikler bakımında elimizde binanın genel bilgi düzeyi orta kapsamdadır. Tablo 8.3 Binalar için bilgi düzeyi katsayı belirleyen tabloda gösterilmiştir.

Tablo 8.4 Duvarların çatlama emniyet gerilmesi τ_o (DBYBHY 2007)

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi τ_o (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.25
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35- 45 arasında, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.12
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.15
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.10
Gaz beton (tutkal ile)	0.15
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.20

Zenburi Mescidinin genel malzeme özellikleri belirlendikten sonra gerilme hesaplamalarının yapılabilmesi için aşağıdaki 8.1,8.2 ve 8.3'de belirtilen denklemlerden yararlanılacaktır.

$$\text{Düşey emniyet gerilmesi ; } \sigma = \frac{W}{A_w} \quad (8.1)$$

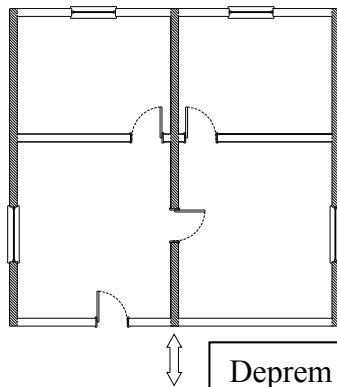
$$\text{Kayma emniyet gerilmesi ; } \tau_{em} = \tau_o + \mu \sigma \quad (8.2)$$

$$\text{Elastisite modülü ; } E_d = 200 \times f_d \text{ şeklinde hesaplanır.} \quad (8.3)$$

Hesap Analizleri

- İki Doğrultuda Duvar Boylarının Kontrolü

$$l_d / A > 0,20 \times I \text{ m/m}^2 \text{ (DBYBHY 2007 5.4.4)}$$



$$l_d / A \geq 0.2 I \text{ m/m}^2$$

l_d : Taralı alan uzunluğu (m)
 A : Brüt kat alanı (m²)
 I : Bina önem katsayısı (**Bölüm 2**)

(DBYBHY 2007 Tablo 2.3)'ye göre Bu yapılar için $I = 1,0$ alınır.

Tablo 8.5 Bina Önem Katsayısı (DBYBHY 2007)

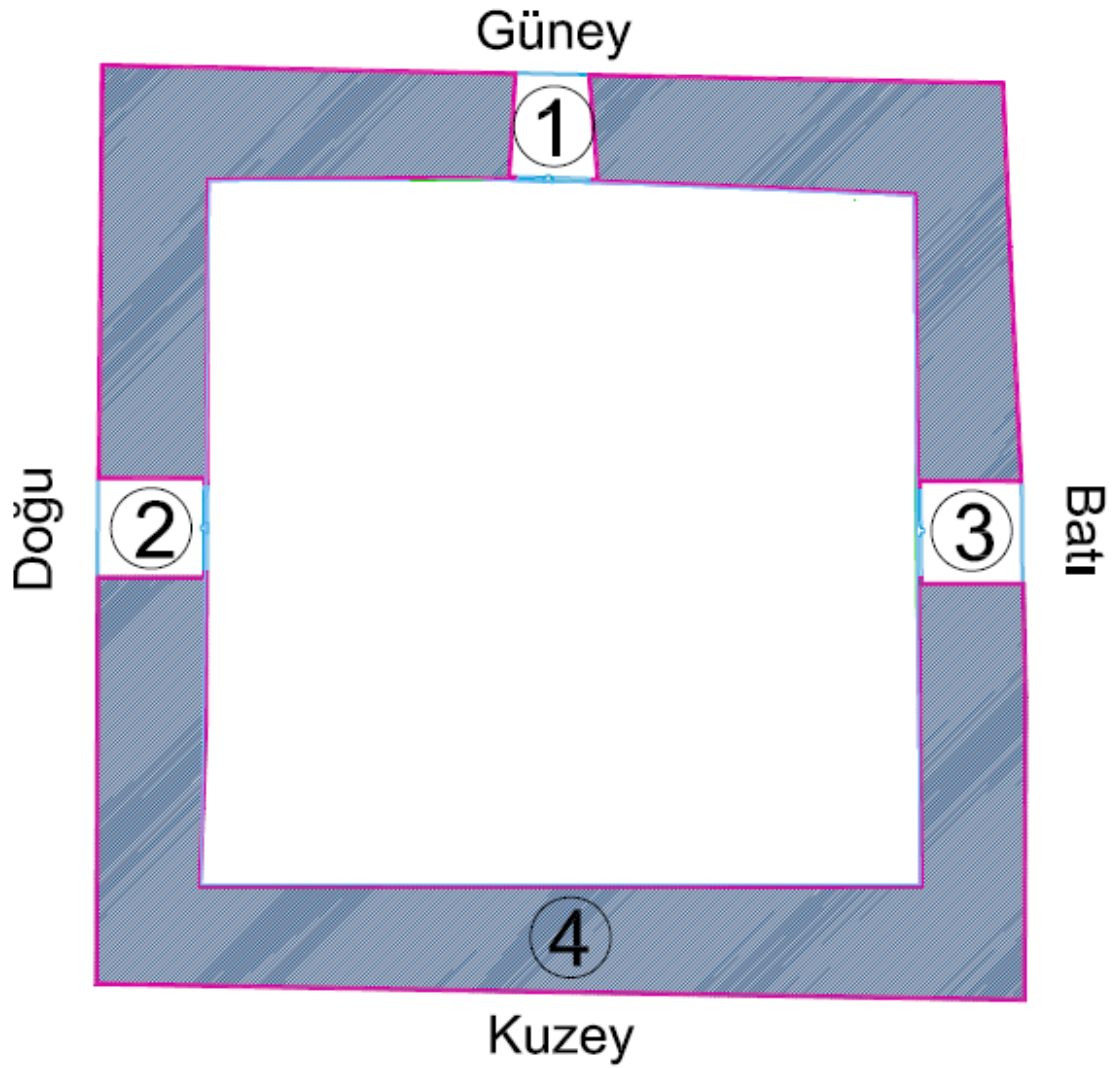
<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kıışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

X-Doğrultusu;

- Toplam taşıyıcı duvar uzunluğu = 16,65 m
- Kat alanı = 69,06 m²
- $l_d / A = 16,65 / 69,06 = 0,24 > 0,20 \times 1 = 0,20 \text{ m/m}^2$

Y-Doğrultusu;

- Toplam taşıyıcı duvar uzunluğu = 16,72 m
- Kat alanı = 69,06 m²
- $l_d / A = 16,72 / 69,06 = 0,24 > 0,20 \times 1 = 0,20 \text{ m/m}^2$



Şekil 8.13 Zenburi mescidi duvar numaralandırması

- **Düşey Gerilme Hesap Kontrolü**

Narinlik oranı 6'dan daha az olduğu için azaltma katsayı 1 olarak alınır. Böylece azaltılmış basınç emniyet gerilmeleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Verilen tabloda duvarların özellikleri de gösterilmektedir.

X Yönündeki duvarlar

Tablo 8.6 Duvarın fiziksel özellikleri ve azaltılmış emniyet dayanımları

Duvar No	Uzunluk L (cm)	h (cm)	t (cm)	h/t	fem	Azaltma katsayısı	Azaltılmış fem
Güney (1)	817	317	115	2,76	0,8	1	0,8
Kuzey (4)	848	124	111	1,12	0,8	1	0,8
TOPLAM	1665						

Y Yönündeki Duvarlar

Tablo 8.7 Duvarın fiziksel özellikleri ve azaltılmış emniyet dayanımları

Duvar No	Uzunluk L (cm)	h (cm)	t (cm)	h/t	fem	Azaltma katsayısı	Azaltılmış fem
Doğu (2)	844	303	112	2,63	0,8	1	0,8
Batı (3)	828	312	105	2,97	0,8	1	0,8
TOPLAM	1672						

Tablo 8.6 ve 8.7’ de alınan duvar h yükseklikleri kritik narinlik yükseklikleridir.

Genel Toplam Duvar Uzunluğu = 16,65 + 16,72 = 33,37 m

Bilgi düzeyine göre basınç emniyet gerilmelerin düzeltilmesinin yapılması ;

X Yönündeki duvarlar

Y Yönündeki duvarlar

Tablo 8.8 Duvarın emniyet dayanımlarının düzeltilmesi

Duvar No	Azaltılmış fem	Bilgi düzeyi katsayısı	fem,d	DUVAR NO	Azaltılmış fem	Bilgi düzeyi katsayısı	fem,d
Güney (1)	0,8	0,9	0,72	Doğu (2)	0,8	0,9	0,72
Kuzey (4)	0,8	0,9	0,72	Batı (3)	0,8	0,9	0,72

Düşey gerilme hesabında tüm duvar detayları Tablo 8.9 ‘da gösterilmiştir. Tarihi yığma yapıda her bir duvar kendi doğrultuda duvar kalınlıkları farklılık göstermektedir. Bu yüzden her bir duvar kendi içinde değerlendirilerek ortalama duvar kalınlıkları kullanılmıştır.

Tablo 8.8 Duvarın birim hacim ağırlıkları ve düşey yüzey alanları hesabı

Duvar No	Uzunluk L (m)	Kalınlık t (m)	Yükseklik h (m)	Hacim (m3)	BHA (t/m3)	Ağırlık (t)	A _w (m ²)
Güney (1)	8,17	1,15	8,16	76,6673	1,5	115,001	9,3955
Doğu (2)	8,44	1,12	8,16	77,1348	1,5	115,702	9,4528
Batı (3)	8,28	1,05	8,16	70,943	1,5	106,415	8,694
Kuzey (4)	8,48	1,11	8,16	76,8084	1,5	115,213	9,4128
Toplam						452,33	36,95

Tablo 8.8’deki yükseklik değeri toplam duvar yükseklikleridir.

Düşey gerilme hesap kontrolü yapılırken duvar ağırlıkları, kubbe ağırlığı ve bina kar yükü hesaplanarak düşey gerilme hesabı yapılmıştır. Kubbe ağırlığı yarım küre olarak düşünülerek yüzey alanının duvar kalınlığına göre ağırlık hesabı yapılmıştır. Binaya etki eden yükler hesaplanıp duvarların yüzey alanlarının toplamı bulunup gerilme hesabı yapılmıştır.

Düşey Gerilme Hesabı

Normal kat ;

$$\text{Kubbe Ağırlığı} : 2 \times \pi \times r^2 \times t \times \delta = 2 \times \pi \times 3,14^2 \times 0,55 \times 1,5 = 50,46 \text{ ton}$$

$$\text{Duvar Ağırlığı} : 452,33 \text{ ton}$$

$$\text{Kar Yüğü} : 0,925 \times 0,1155 \times 69,09 = 7,38 \text{ ton}$$

$$\text{Toplam Ağırlık (W)} = 510,17 \text{ ton}$$

$$A_w = \varepsilon_L \times t$$

$$\sigma = \frac{W}{A_w} = \frac{510,17}{36,95} = 13,8 \text{ t/m}^2 < 80 \text{ t/m}^2 \text{ düşey gerilme hesabı sağlamaktadır.}$$

Hesaplanan sonuç değeri duvarların taşıma kapasitesinden çok düşük değerdedir. Yığma yapılarda duvarların kalın olması, kullanılan malzemelerin basınç dayanımı yönünden yüksek olması taşıma kapasitesi değeri ni yükseltmektedir. Gelen düşey yüklerde oluşan gerilme değeri taşıma kapasitesinden çok daha düşük olmasını sağlamaktadır. Yığma yapıların genel olarak düşey yüklemelerde stabil olarak bir sakıncası bulunmamaktadır. Yığma yapılarda asıl sorun basınç gerilmesi değil çekme gerilmesinin oluştuğı durumlardır. Bu gerilmelerde basınç gerilmesi oluşan elemanların diğ er eksenlerinde oluşan çekme gerilmeleri, deprem kuvvetinden dolayı oluşan çekme gerilmeleri ve titreşim yer hareketleri gibi durumlarda oluşan fark oturma vb. yer değıştirmelerden oluşan çekme gerilmeleridir.

Kesme gerilmelerinin hesaplanması ve kontrolü için Taban kesme kuvveti (Denklem 4) de bina önem katsayı, etkin ivme katsayısı, bina ağırlığı, spektrum değ erlerinin çarpımının yapı davranış katsayısına bölünmesiyle elde edilir. Konya ilinin Karatay ilçesi 4. deprem bölgesinde yer almaktadır. Etkin yer ivme katsayısı da 0,1 olarak alınmıştır. Deprem yönetmeliğı bölüm 2'ye göre $S(T_1) = 2.5$ ve $R_a(T_1) = 2.0$ alınarak taban kesme kuvveti hesap edilmiştir.

Tablo 8.9 Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0) (DBYBHY 2007)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

$$V_b = \frac{A_0 \times I \times W \times S(T1)}{R_a} = \frac{0,10 \times 1 \times 510,17 \times 2,5}{2} = 63,77 \text{ ton} \quad (4)$$

Değerlendirmede kullanılacak kayma gerilmesi bilgi düzey katsayısı ile düzeltme yapılarak kayma emniyet gerilmesi değeri hesaplanmıştır.

$$\tau_{em} = \tau_0 + \mu \times \sigma$$

$$\tau_{em} = 0,15 + 0,5 \times 0,138 = 0,219 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{em,d} = 0,219 \times 0,9 = 0,197 \text{ Mpa}$$

Tarihi binanın kütle merkezi ve rijitlik merkezi hesabı yapılmıştır. Daha sonra binanın atalet moment değerleri hesaplanmıştır. Bina her iki doğrultuda da tam simetrik olmadığından kütle merkezi ile rijitlik merkezi farklı çıkmıştır ama bina genel anlamda kare şeklinde olduğundan dolayı bu hesaplanan merkezler arası mesafe çok düşük değerlerdir. Bu nedenle oluşan burulma çok etkilememekte de olsa binayı belli bir oranda burulma etkisi yapmaktadır.

Kesme Gerilme Hesabı

$$V_{xi,yi} = \left(\frac{k_{xi,yi}}{\sum k_{xi,yi}} V_b \right) - \left(\frac{M_{x,y}}{J} \right) k_{xi,yi} (x, y_i - x, y_{cg}) \quad (5)$$

$$\tau_i = \frac{V_i}{A_i} \quad (6)$$

Bu denklemlerle binanın kesme kuvveti ve kesme gerilmeleri hesaplanmıştır. Tablo 8.10. , Tablo 8.11, Tablo 8.12 , Tablo 8.13 gösterilmiştir.

Tablo 8.10 Kesme kuvveti ve gerilmeleri

Duvar No	V_{yi}	τ_i (Mpa)
Doğu (2)	36,997	0,0391 ✓
Batı (3)	22,325	0,0256 ✓

Tablo 8.11 Kesme kuvveti ve gerilmeleri

Duvar No	V_{yi2}	τ_{i2} (Mpa)
Doğu (2)	-36,997	-0,0391 ✓
Batı (3)	-22,325	-0,0256 ✓

Tablo 8.12 Kesme kuvveti ve gerilmeleri

Duvar No	V_{xi}	τ_i (Mpa)
Güney (1)	18,517	0,0197 ✓
Kuzey (4)	44,245	0,0470 ✓

Tablo 8.13 Kesme kuvveti ve gerilmeleri

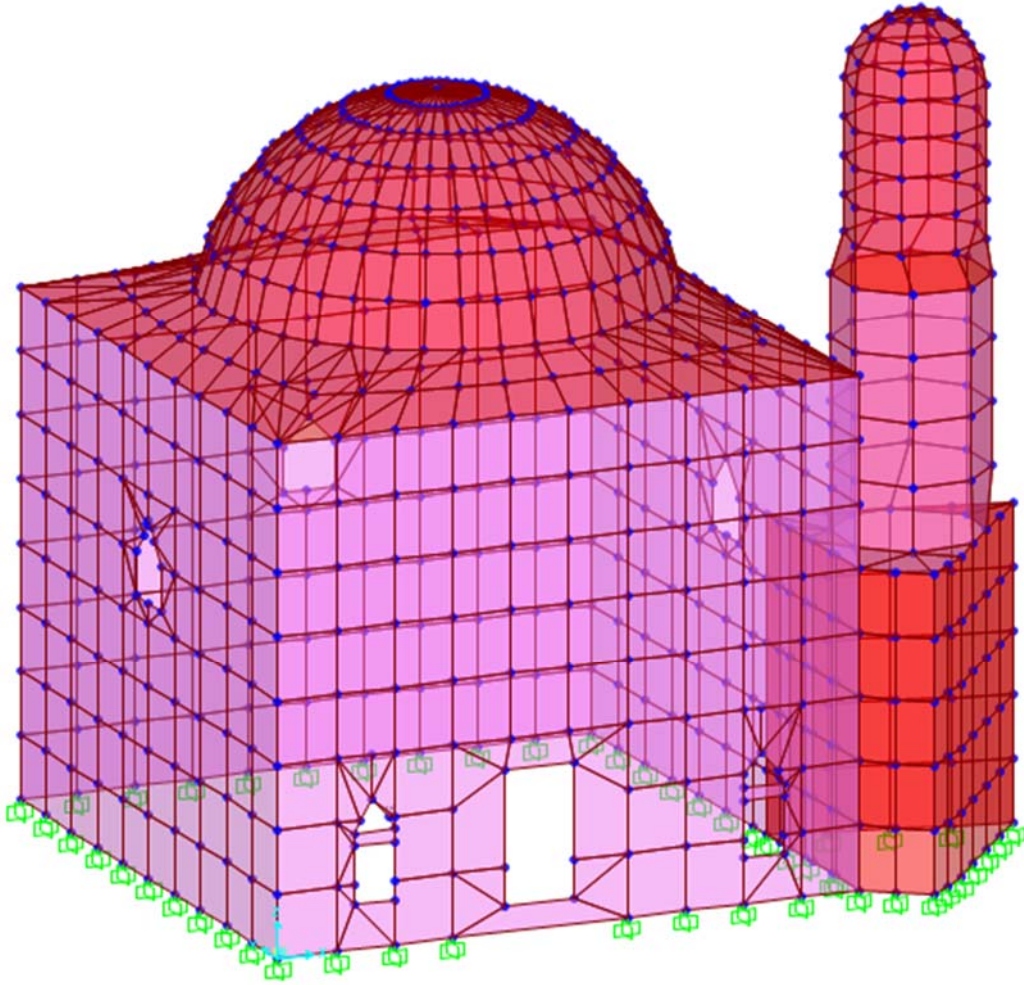
Duvar No	V_{xi2}	τ_{i2} (Mpa)
Güney (1)	-18,517	-0,0197 ✓
Kuzey (4)	-44,245	-0,0470 ✓

Tüm bulunan gerilme değerleri emniyet gerilme değerinin çok altında hesaplanmıştır.

$$\tau_{em,d} = 0,219 \times 0,9 = 0,197 \text{ Mpa}$$

8.3 Zenburi Mescidi'nin SAP 2000 İle Analizi

Tarihi zenburi mescidi SAP2000 programı, V18 sürümünde yapının mevcut halinde nokta koordinatlarının programa girilmesiyle modellenmiştir. Modelleme oluşturulurken 913 nokta 981 kabuk elemanı 3706 kesit olarak boyutlandırılmıştır. Kubbe, minare ve duvarlar kabuk elemanı olarak modellenmiştir. Toplamda 12 farklı mod ile çözümlenme yapılmıştır. Tarihi zenburi mescidin 3 boyutlu modeli Şekil 8.14 de gösterilmektedir.



Şekil 8.14 Zenburi mescidi sap 2000 model analizi

Zenburi mescidi 4 ana temel duvar üzerine 3.14 metre yarıçapında kubbe oturmaktadır. Minaresi tabanı mescidin duvarı ile bitişik şekilde yükselmektedir. Minarenin alt tabanı değişik geometrik şekilden oluşmaktadır. Minare alt tabanının üstünde ise 2 farklı seviyede minare duvarları yükselmektedir. Minare temel alt

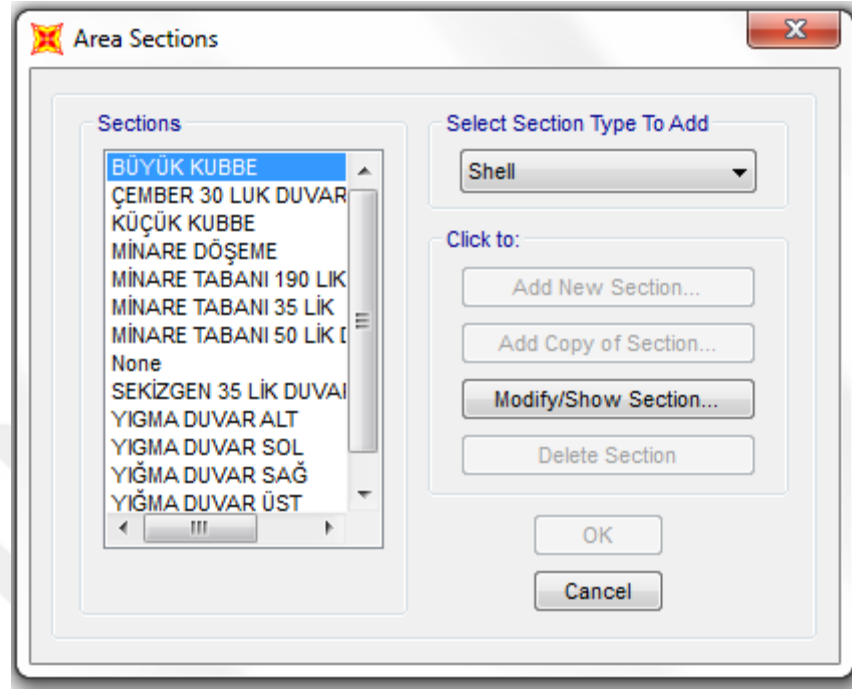
tabanından itibaren 3.95 m yükselen minare duvarı bulunmaktadır. Orta kısımlarda daralma gösteren ve daha sonra 4.50 m yükselen minare bulunmaktadır. Minarenin taban alt kotundan itibaren helezonik şekilde yükselen merdivende bulunmaktadır. Minare duvarları ve mescidin duvarlarında kullanılan malzeme özellikleri aynıdır. Tarihi yığma yapı özelliği gösteren caminin duvar altlarında önceki yapılan araştırmalar sonucunda sürekli taş tuğla harç kullanımı ile temel oluşturulmuştur. Sap 2000 programında bu yapı yer değiştirmelerin olmadığı moment, kesme ve normal kuvvetleri karşıladığı için ankastre olarak düşünülüp öyle dizayn edilmiştir.

Tarihi yapı malzeme yönünden her tarafında aynı malzeme kullanılmıştır. Sap 2000’de tuğla ve harç birlikte yekpare düşünülerek tek malzeme özelliği gösterdiği öngörülerek girilmiştir. Elastisite değeri $E_d = 200 \times f_d$ hesabı baz alınarak programa girilmiştir.

Material Property Data	
General Data	
Material Name and Display Color	Tuğla + harç
Material Type	Other
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	1,500E-03
Mass per Unit Volume	1,530E-06
Units: Kgf, cm, C	
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	3200,
Poisson, U	0,3
Coefficient of Thermal Expansion, A	1,170E-05
Shear Modulus, G	1230,7692
☐ Switch To Advanced Property Display	
OK Cancel	

Şekil 8.15 Tuğla ve harç malzeme özellikleri

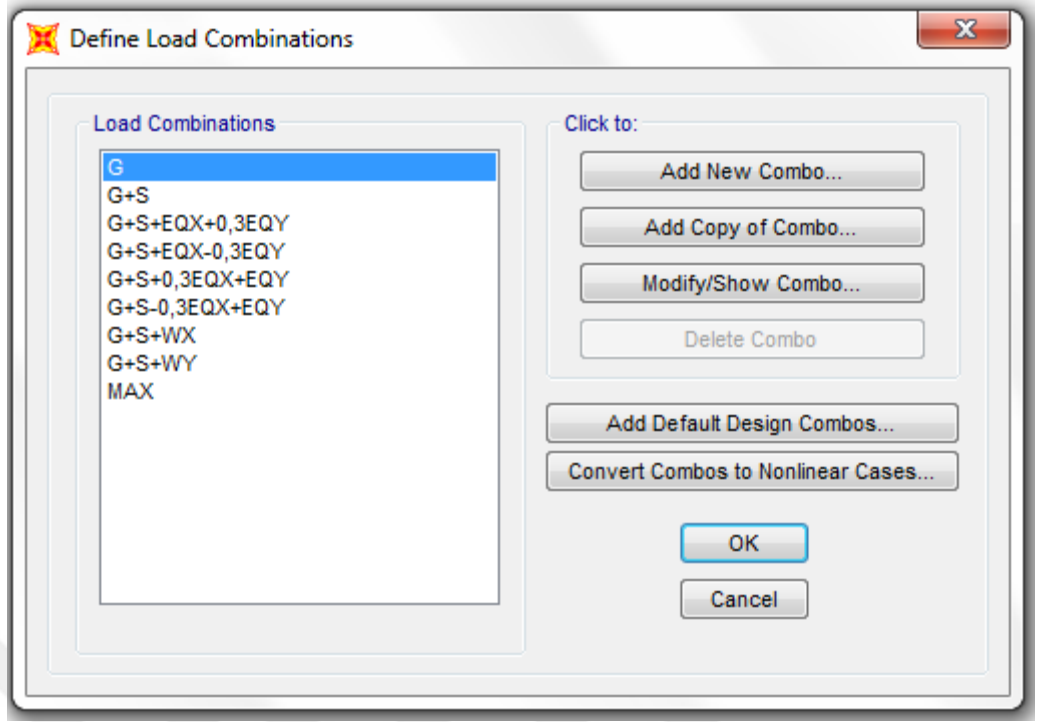
Zenburi mescidinin farklı kalınlıktaki duvar kalınlıkları, büyük kubbe, küçük kubbe, minare temel tabanı, minarelerin farklı duvar kalınlıkları eleman olarak sap 2000 de kabuk eleman olarak sisteme girilmiştir.



Şekil 8.16 Kabuk eleman olarak tasarlanan bölümler

Zenburi mescidinin temel olarak hatıl tuğla taş birleştirilmesi ve bu oluşturulan yapı yapı statğinde düşey, yanal ötelenmelere karşı koyabilen ve moment alabilen bir yapıda olunca ankastre olarak düşünülüp dizayn edildi. Kabuk elemanları 3 boyutlu olarak birleştirildikten sonra yığma yapının hesap çözümünün detaylı olabilmesi için mesh yapılarak büyük shell elemanlar daha küçük parçalara ayrılarak yüklemelerde ve deplasmanlarda birim elemanlarda oluşan gerilmeler ve elemanların davranışlarını daha detaylı olması sağlanmak istendi. Zenburi mescidinin fiziksel yapısı sap 2000 de kullanılan Shell kabuk elemanı olarak bire bir oluşturulmaya çalışıldı.

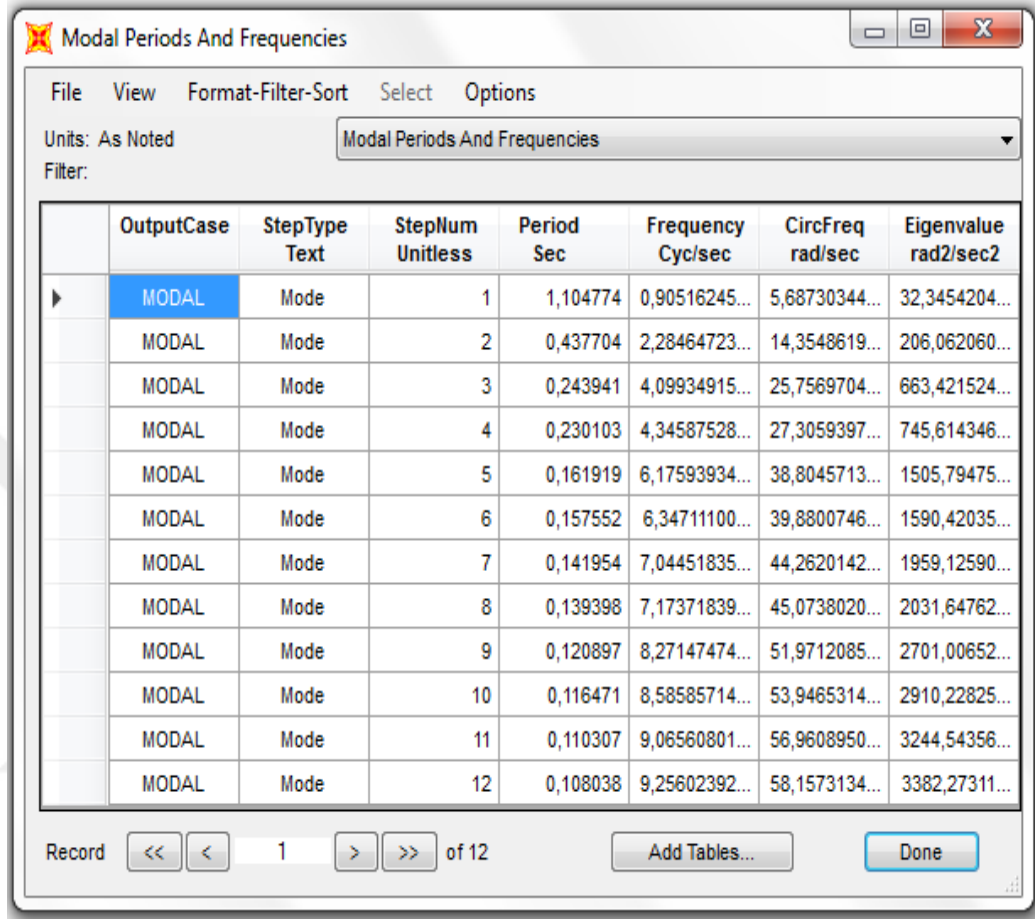
Daha sonra yapının bulunduğu coğrafi konumunun depremselliği, yükselti rakımdan dolayı rüzgar ve kar yüklemeleri, mevcut tarihi yapının zati ağırlıkları ve hareketli yükleri düşünülerek yük kombinasyonları oluşturuldu.



Şekil 8.17 Yük kombinasyonu tanımlama penceresi

Yapıya etki eden ve edebilecek tüm yükler ve bu yüklerin kombinasyonları yukarıdaki şekilde tanımlanmıştır. Tanımlanan yüklerinde en elverişsiz maksimum değerleri de hesaba dahil edildi. Daha sonra tarihi yağma zenburi mescidi sap 2000 de analizi yapıldı.

Yapılan analizde yapının 12 farklı mod da periyotları ve frekansları aşağıda gösterilmektedir.

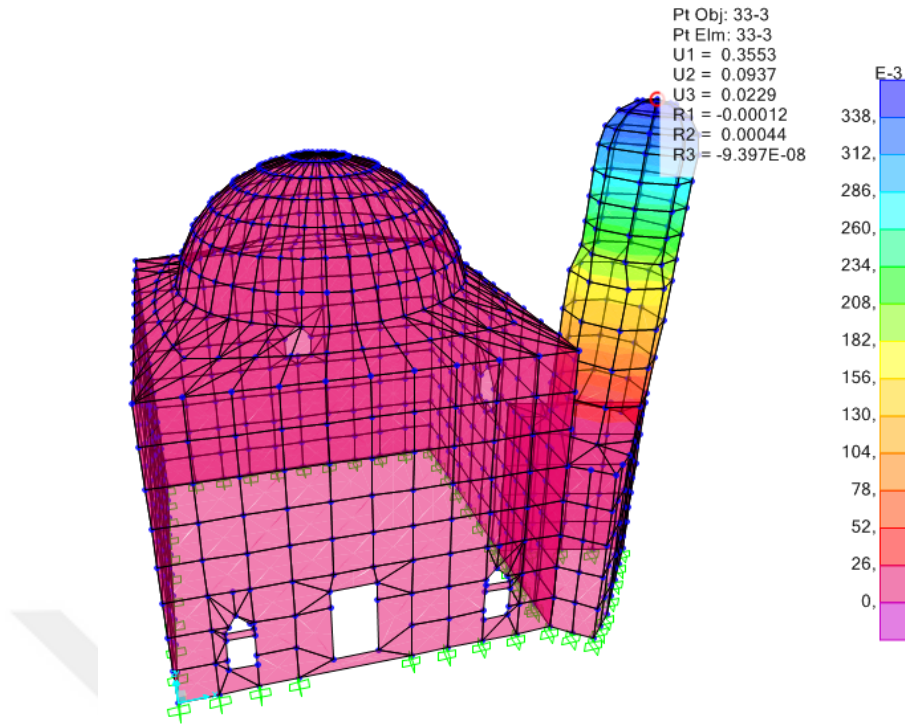


	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
▶	MODAL	Mode	1	1,104774	0,90516245...	5,68730344...	32,3454204...
	MODAL	Mode	2	0,437704	2,28464723...	14,3548619...	206,062060...
	MODAL	Mode	3	0,243941	4,09934915...	25,7569704...	663,421524...
	MODAL	Mode	4	0,230103	4,34587528...	27,3059397...	745,614346...
	MODAL	Mode	5	0,161919	6,17593934...	38,8045713...	1505,79475...
	MODAL	Mode	6	0,157552	6,34711100...	39,8800746...	1590,42035...
	MODAL	Mode	7	0,141954	7,04451835...	44,2620142...	1959,12590...
	MODAL	Mode	8	0,139398	7,17371839...	45,0738020...	2031,64762...
	MODAL	Mode	9	0,120897	8,27147474...	51,9712085...	2701,00652...
	MODAL	Mode	10	0,116471	8,58585714...	53,9465314...	2910,22825...
	MODAL	Mode	11	0,110307	9,06560801...	56,9608950...	3244,54356...
	MODAL	Mode	12	0,108038	9,25602392...	58,1573134...	3382,27311...

Şekil 8.18 Zenburi mescidi 12 farklı modun periyot değerleri

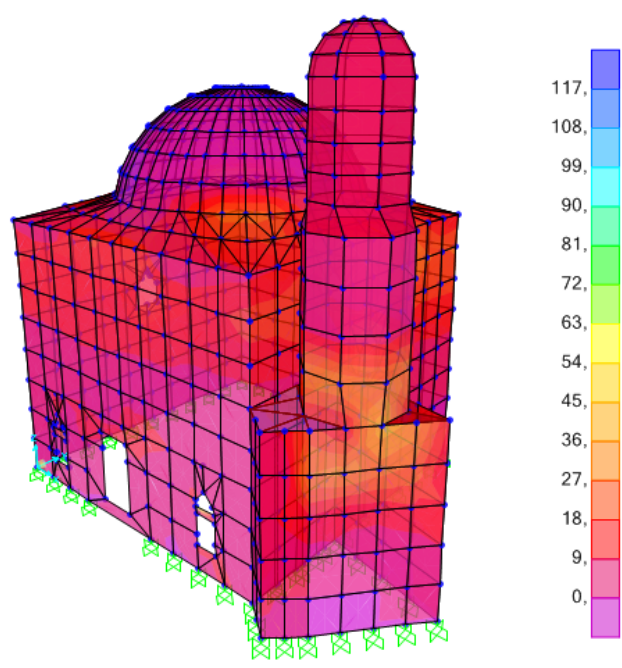
Yapının 1. Mod daki değeri 1,104774 sn dir. Bu değer yapının salınım hareketinin normal aralıkta ve rijit bir yapıda olduğunu gösterir. Bu durum duvar kalınlıkları ve yapının geometriksel olarak 4 duvar ile çevrilmesi herhangi bir cephesinde eleman yetersizliğinin olmamasının doğal bir sonucudur.

Modal analizde yapının maksimum x ve y doğrultusundaki yer değiştirmeleri Şekil 8.19’ dea gösterilmiştir.

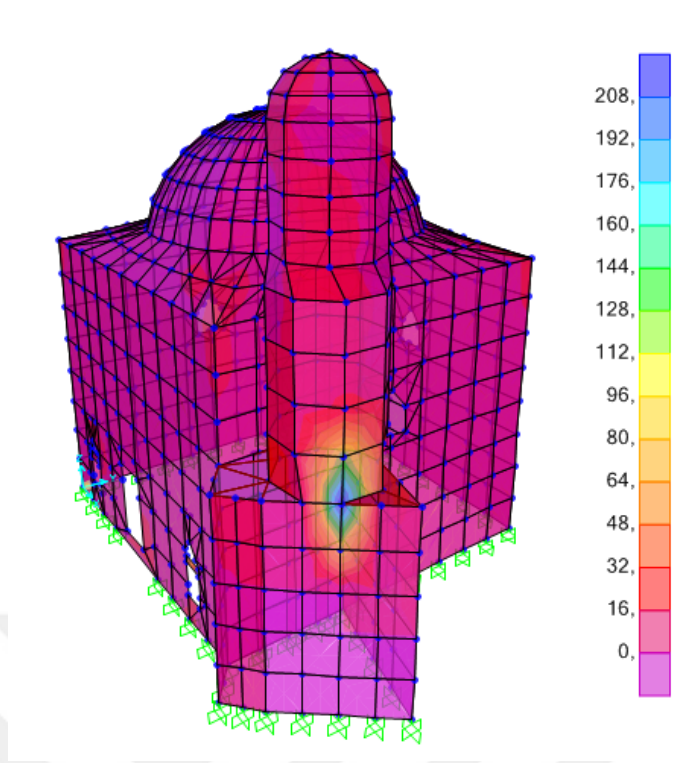


Şekil 8.19 Yapının maksimum yer değiştirmeleri

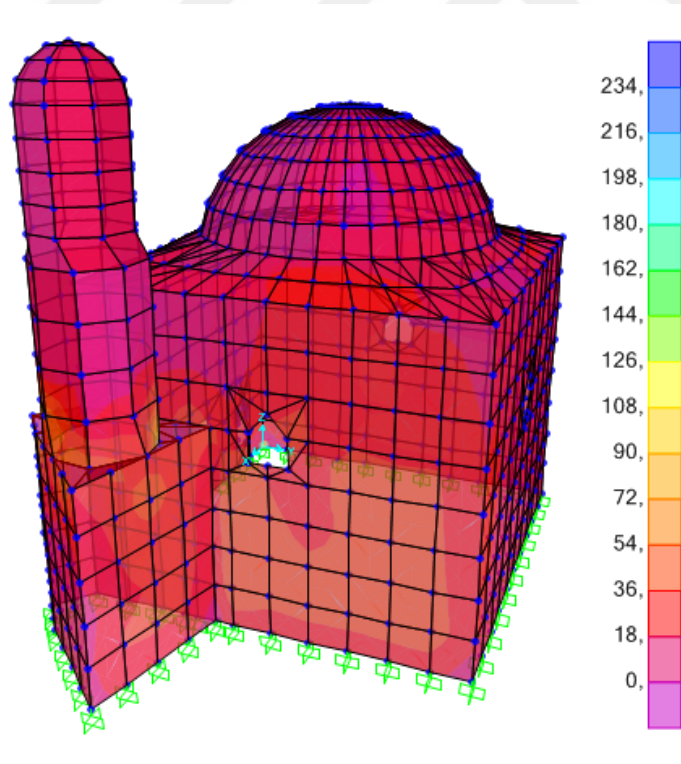
Yapının nazaran minare hem eleman boyutları hem de rijitlik bakımından daha narindir. Bu yüzden yapıda maksimum yer değiştirme minare bölümünde gerçekleşmiştir. Yapıda meydana gelen kayma gerilmeleri aşağıda kg/cm^2 olarak gösterilmiştir.



Şekil 8.20 Yapının maksimum F11 basınç gerilme dağılımı



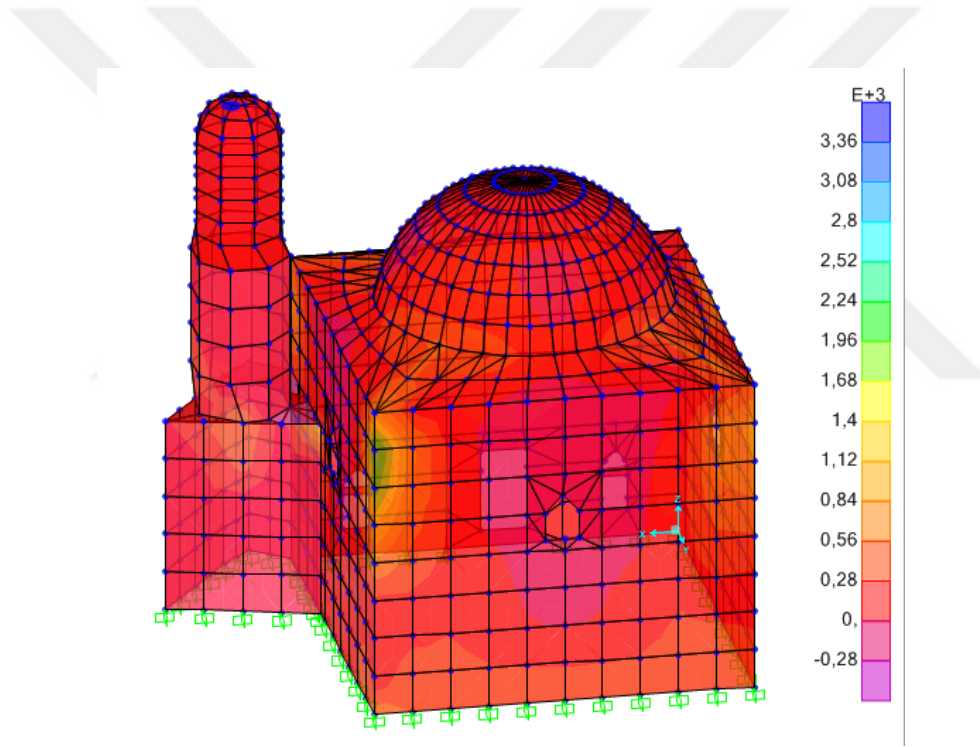
Şekil 8.21 Yapının maksimum F22 çekme gerilme dağılımı



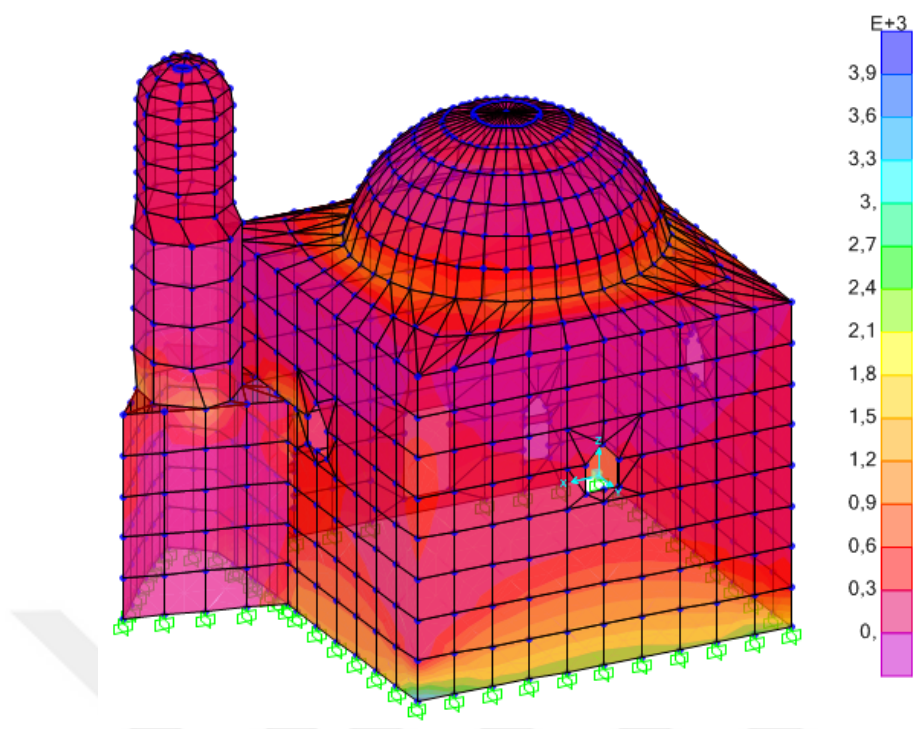
Şekil 8.22 Yapının maksimum F12 kayma gerilme dağılımı

Kesme gerilme değerlerinin maksimum ve minimum değerleri F11 gerilmesi için minimum $-4,528 \text{ kg/cm}^2$ maksimum $124,703 \text{ kg/cm}^2$, F22 gerilmesi için minimum $-9,098 \text{ kg/cm}^2$ maksimum $221,507 \text{ kg/cm}^2$ ve F12 gerilmesi için minimum $-4,251 \text{ kg/cm}^2$ maksimum $240,483 \text{ kg/cm}^2$ Gerilmelerin yığılmalarının olduğu yerlere odaklanırsak yapının ani kesit değişikliklerinde ve elemanların birleşim yerlerinde olduğunu görüyoruz.

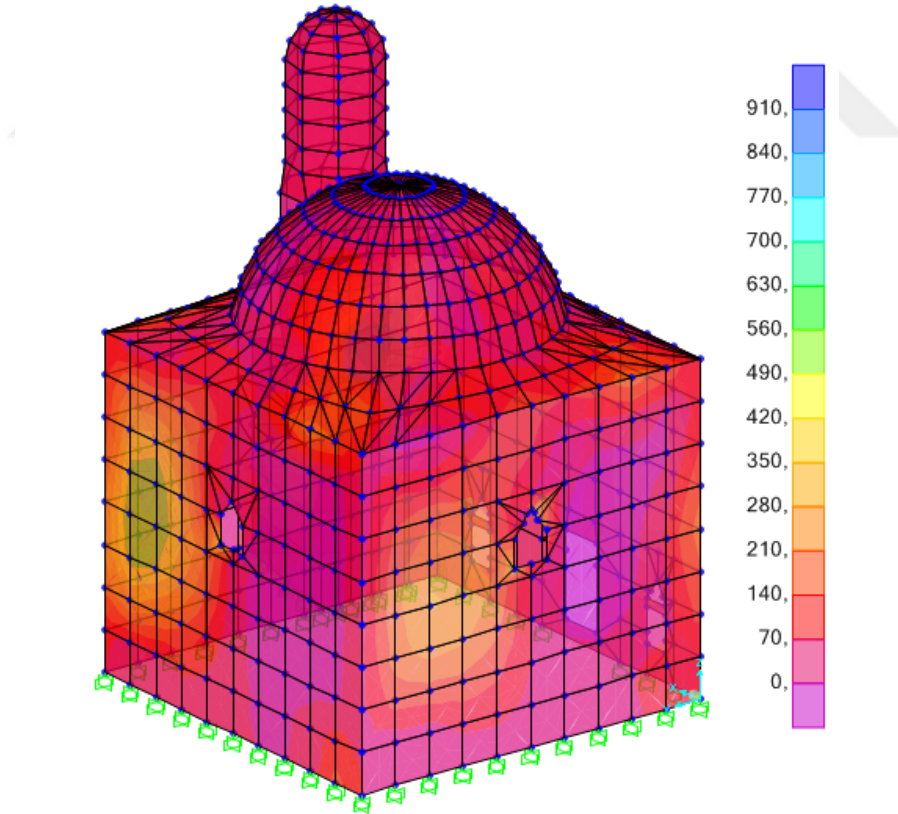
Moment gerilme değerleri maksimum ve minimum değerleri ise M11 gerilmesi için minimum $-328,511 \text{ kg cm}$ maksimum $3601,897 \text{ kg cm}$, ise M22 gerilmesi için minimum $-296,9 \text{ kg cm}$ maksimum $4020,743 \text{ kg cm}$, ise M12 gerilmesi için minimum $-69,496 \text{ kg cm}$ maksimum $921,082 \text{ kg cm}$ ’ dir.



şekil 8.23 Yapının maksimum M11 moment gerilme dağılımları



Şekil 8.24 Yapının maksimum M22 moment gerilme dağılımları



Şekil 8.25 Yapının maksimum M12 moment gerilme dağılımları

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

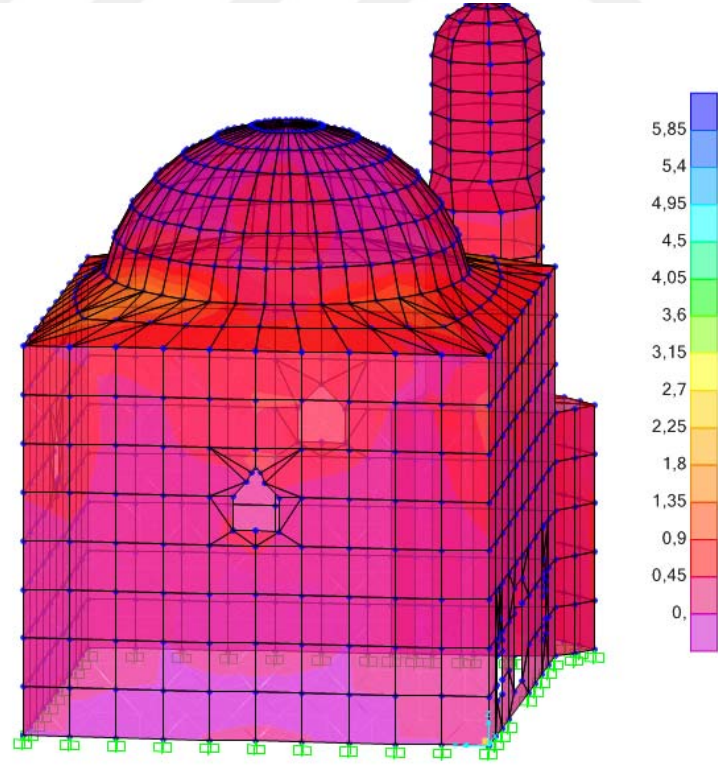
Tarihi yapıların gelecek kuşaklara ulaştırılmasının da sadece korunması anlayışı yeterli değildir aynı zamanda yapının analizi yapılarak yapıya özgün uygun tekniklerle malzeme ve yapı elemanlarının kontrolü de yapılarak yapının zaman içerisindeki etkilerinin azaltılması ve yapıya uygun onarım-güçlendirme metotlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Tarihi zenburi mescidinin mevcut yapı durumu sap 2000 programı ile modellenip yapının statik analizi yapılmıştır. Yapının kesitleri büyük olduğundan düşey ve kesme gerilmelerine karşı dayanımında bir sorun bulunmamaktadır. Yığma yapılardaki genel sorunlar zemin oturmaları ve kullanılan malzemenin gevrek olmasıdır. Zenburi mescidinde uzun zaman boyunca bulunduğu zeminde 700 – 800 yıl geçtiğinin düşündüğümüzde zeminde oturmaların süreci tamamladığını düşünebiliriz. Fakat tarihi mescid çekme gerilmeleri altında çatlak oluşumu mevcut olduğunu görmekteyiz. Bu oluşan çatlaklar kubbe, pencere, kapı boşlukları, kesit değişimlerinin olduğu bölgede bulunması gerilme dağılımlarının zayıf noktalarda açığa çıkarak yapıda hasara sebep olmasıdır. Mevcut çatlakların onarılmasında çok farklı metotlar kullanılabilir. Bunlardan bazıları çatlakların onarımı enjeksiyon yöntemi ile tamir harcıyla doldurulup malzemede boşluk olmaması ile mukavemetinin artırılmasıdır. Çatlakların dikim medotu ve pencere üst kısımlarda oluşan çatlaklara yapının üst duvar kenarlarından ankrajlı gergi metodu veya karbon fiberli donatılar ile malzemeler bir bütünlük sağlanarak uygulanabilir. Tarihi yapıların korunması ve yaşatılması için yapının mevcut durumu ve kullanılan malzemesine göre teknik onarım – güçlendirilmenin yapılması gerekmektedir.

Yapıdaki hasarlar ve sap 2000 çözümü ile olan gerilme yığılmaları aşağıda karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



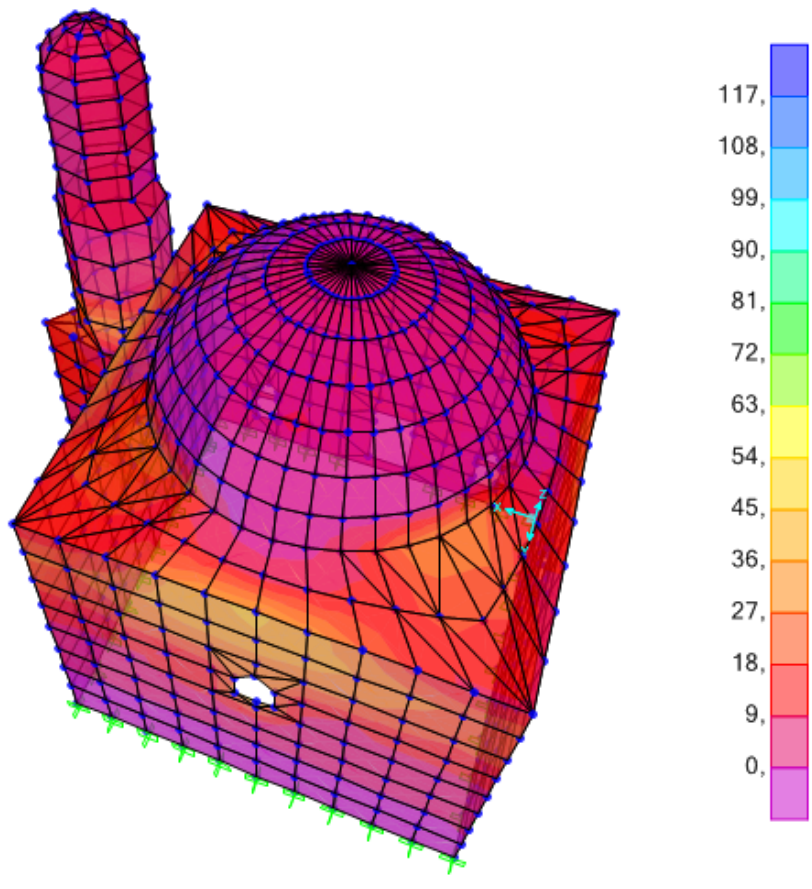
Şekil 8.26 Yapının doğu cephesindeki mevcut pencere üstü çatlağı



Şekil 8.27 Yapının doğu cephesindeki pencere üstü gerilme yığılması



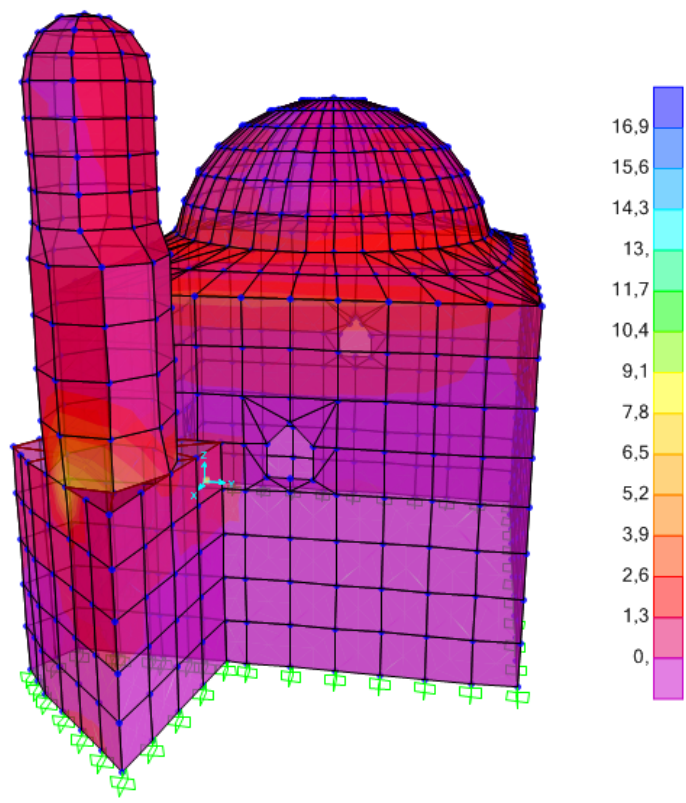
Şekil 8.28 Yapının iç mekandan kubbe çatlağı



Şekil 8.29 Yapının üst kubbe bölümündeki gerilme yığılmaları



Şekil 8.30 Yapının minare alt taban duvarındaki çatlaklar



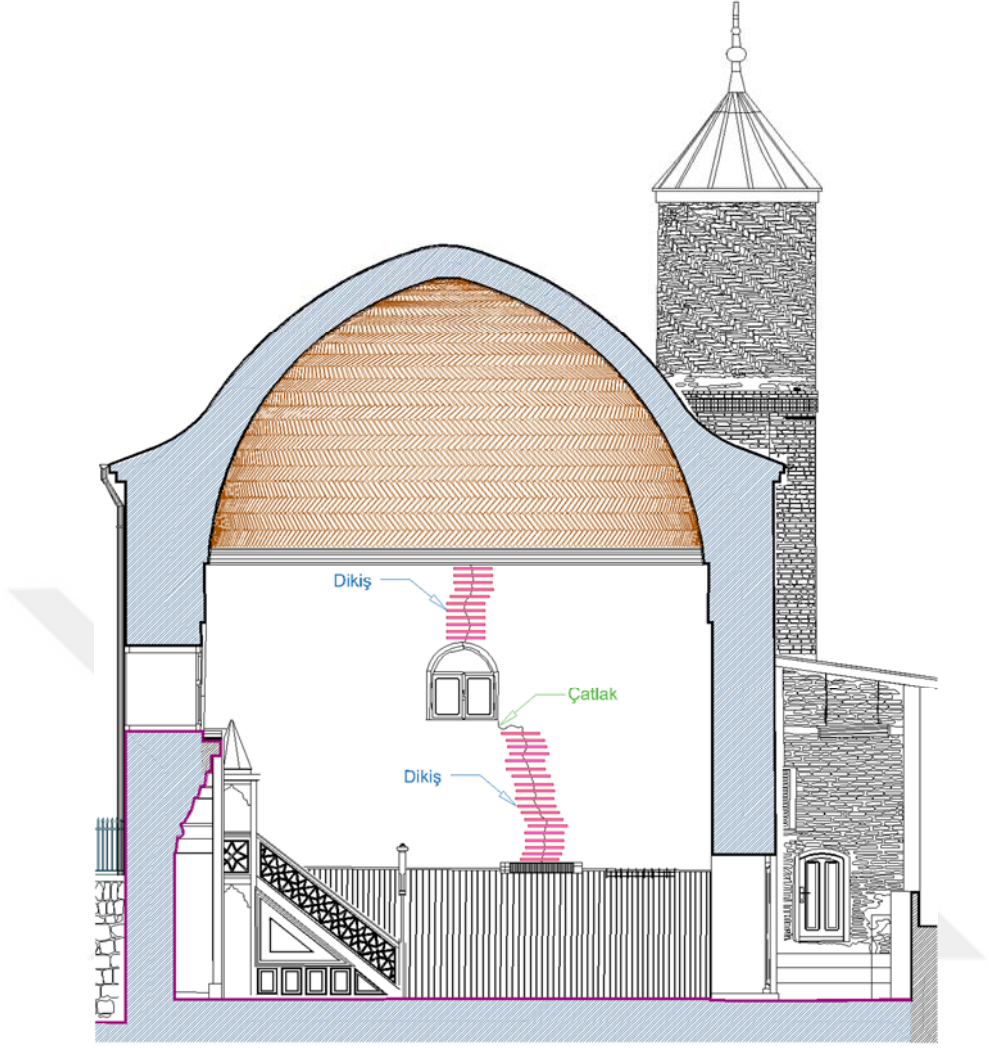
Şekil 8.31 Yapının analizdeki minare ve alt taban duvarındaki gerilme yığılması

Tarihi Zenburi mescidi tipik yığma yapıdaki mevcut oluşan gerilme yığılmaları ve o bölgelerde oluşan hasarlarla çok yakınlık göstermektedir. Yığma yapılardaki kullanılan malzeme boyutları basınç gerilme ve kayma gerilmelerine karşı dayanımı yüksek olsa da yapıda oluşacak çekme gerilmelerine karşı yetersiz kalmaktadır. Yukarıda verilen ilk karşılaştırma da yapıya gelen yükler özellikle deprem yükleri pencere, kapı vb. boşlukların gerilme yığılmalarının o noktada toplanması ve kesit yetersizliğinde hasarları görmekteyiz. İkinci karşılaştırmada kubbeye gelen düşey yüklerin ve deprem vb. yatay etki eden kuvvetlerin birlikte hareket etmesi ile kubbe alt birleşim noktaların yatay çekme kuvvetleri oluşmasından dolayı kubbe ve duvar birleşim noktalarında hasarlar meydana gelmektedir. Üçüncü karşılaştırmada ise minare taban altı ve taban duvar kenarında mevcut olan çatlak ani kesit değişiminden dolayı gerilme yığılması sonucu hasar meydana gelmektedir. Bu tip hasarların kendine has metotlar ile giderilmesi gerekmektedir.

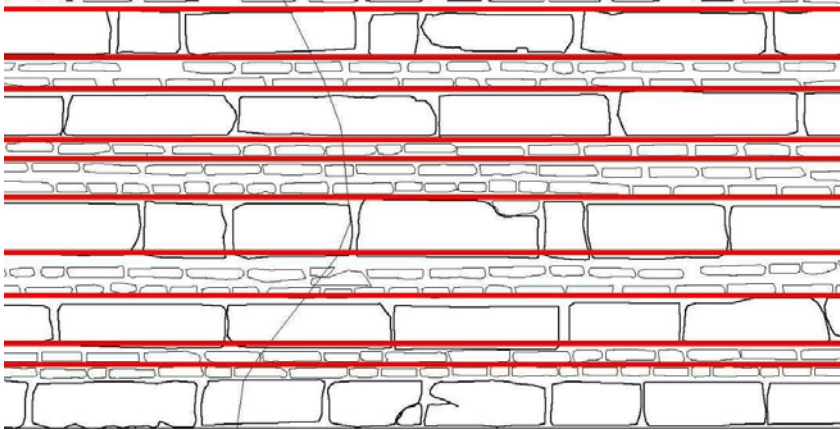
İlk oluşan pencere ve kapı boşluklarındaki çatlaklar tamir harcı vb. yöntemlerle oluşan çatlakların doldurulması ile giderilebilir ama bu kesin bir çözüm değildir. Bu bölümler yine çekme gerilmeler altında çatlak oluşumunu gösterebilir. Daha etkin yöntemler kullanılabilir bunlardan ilki ;

Çatlaklarının tamir harcı ile doldurulup çatlağın her iki tarafından sağlam noktaların bulununcaya kadar açılıp dikiş atılmasıdır. Bu gibi düzgün zeminlere daha kolay uygulanabilir tuğla arası çelik veya frp ile duvarın sağlamlaştırılmasıdır.

Her iki uygulamada o bölgede oluşan çekme gerilmelerini karşılamak amacı ile yapılmaktadır. FRP (lifli polimer) malzemeler çevresel koşullara karşı oldukça direnç gösterir. Korozyona ve erimeye karşı oldukça dayankılı olduklarından duvar çatlaklarının dikişinde, onarım ve güçlendirme uygulamalarında tercih edilen malzemelerdir. FRP çubuklar yapı kesidine açılacak deliklere yerleştirilerek daha sonra aynı noktalara enjeksiyon ile uygulaması yapılır. Bu uygulama ile FRP çubukları yapı kesidi içerisinde bir donatı gibi davranarak taşıyıcı eleman kesitin de oluşan çekme gerilmelerini karşılar. FRP esaslı çubuklar ve plakalar da harç içerisine gömülerek hasır gibi kullanılabilir.



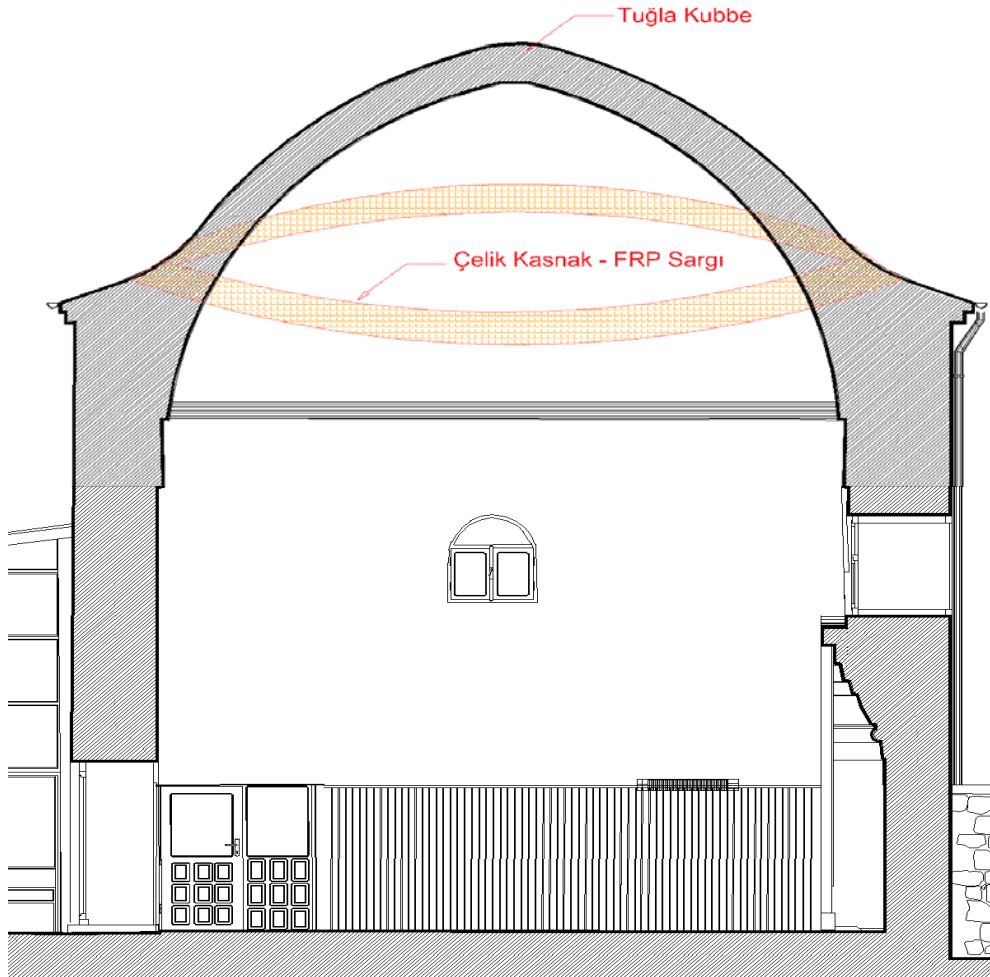
Şekil 8.31 Çatlaklara dikiş uygulaması



Şekil 8.32 Çatlaklara dik karbon donatı ile yatay güçlendirme

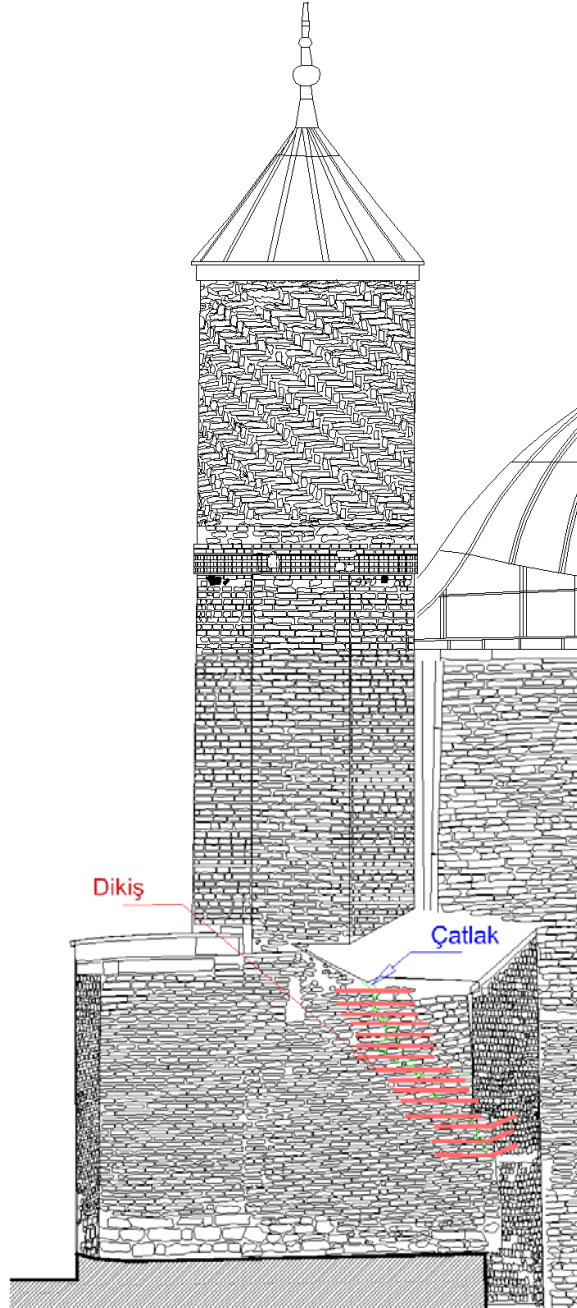
FRP malzemelerin korozyona dayanıklı oluşundan dolayı korumaya ihtiyaç duyulmaz. Uygulama sonrasında harç üzerinde çökme, çatlak gibi hasarlara rastlanırsa enjeksiyon uygulaması ile müdahale edilebilir. Bu yöntemde duvar derzlerine 2–3 cm derinlikte boşluklar açılarak bu boşluklara özel reçine ya da kireç esaslı harçlar ile FRP karbon çubuklar yerleştirilmektedir. FRP çubuklar ile duvar yüzeyinde oluşan çekme gerilmeleri karşılanırken duvarın sünekliği de bir miktar arttıracaktır.

Kubbe alt kenarlarında oluşan çatlaklara ise çelik kasnak yöntemi kullanılarak kubbenin yükler karşısında yatay yöndeki açılmasını engellemek amacı ile kullanılabilir. Çatlakların içine yine tamir harcı enjekte edildikten sonra kubbe çevresi kasnak yardımı ile cendere içine alınabilir.



Şekil 8.33 Çelik kasnak veya FRP sargı malzemesi ile güçlendirme

Minare ve minare alt taban duvarında oluşan atlarında enjeksiyon ile doldurularak kesiti ani değişim yapısal olarak giderilmeli o bölgedeki yapı ileri ve gerisinde gerilmeyi karşılayacak teknikle duvar örülmesi, FRP malzemesi veya elik dikişler ile güçlendirme sağlanabilir.



şekil 8.33 elik dikişi ile güçlendirme

KAYNAKÇA

- A. İhsan , Ü. , 2002.** Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı , Ankara.
- Baptista vd. , 2004 a-b; Bayraktar vd. , 2007a; Frunzio vd. , 2001; Gentile ve Saisi, 2007.**
- Coşkun , 2005.**
- DBYBHY , 2007.** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
- Ergün , T. , 1994.** Temel Takviyesi Yöntemlerine Yeni Bir Bakış , Ankara.
- Ergün , T. vd. , 1996.** Fethi Ahmet Paşa Yalısı Temel Takviyesi , İzmir.
- H. Ali , M., 2006.** Tarih Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri , Hasarlar , Onarım ve Güçlendirme Teknikleri , İstanbul.
- H. Gülçin , K., 2009.** Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri , Güvenliğinin İncelenmesi , Onarımı ve Güçlendirilmesi.
- Hasan , B. vd. , 2004.** Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri , İstanbul.
- A. Hakan , A. , Haziran 2008.** Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi , İstanbul.
- Kanca , 2004.** Yığma Yapıların Depreme Karşı Dayanımları Beyoğlu Postane Hizmet Binası ve Beyoğlu Han Binası , İstanbul.
- İbrahim H. K. 1996 ,** Abideleri ve Kitabeler ile Konya Tarihi, Konya 1964. YASA, Azize, Anadolu Selçuklularında Türk İslam Şehri Olarak Konya(3 cilt), Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üni. Sos. Bilm. Ens. Ankara
- M. Murat , S. , 2003.** Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi , İstanbul.
- M. Süheyl , A. vd. , 1986.** The History and Properties of Khorosan Mortar and Concrete , Turkish and Islamic Science and Technology in the 16th. Century , İstanbul.
- Mehmet K., vd., 2017.** Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 2-4 Kasım 2017, Trabzon
- Melek , B. , Pınar , K. O., ve Selma Ö. , 2006.** Mimar Sinan'ın Koruma Anlayışı ve Günümüzde Mimar Sinan'ın Eserlerini Koruma Anlayışı (Edirne Örneği) , Edirne.
- Murat , E. vd. , 1990.** Horasan Harcının Günümüzde de Kullanımı Sağlamak Amacıya Yapılan Bir Araştırma , İstanbul.

Murat , S. , 1999. Yapı 2 , İstanbul.

Mücahit , N. , 2001. Tarihi Yapıların Temel Sistemleri ve Temel Takviyesi Yöntemleri
İstanbul.

Nafiz , Ç. , 2000. Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi , İstanbul.

Nejat , B. , 1978-1992. Yığma Yapılar, Ankara.

Sadık , K. , 1986. Temeller Statiği ve Konstrüksiyonu II Yüzeysel Temeller , İstanbul.

Sadi , U. , 1978. Yapı Bilgisi , İstanbul.

Sap 2000, 2017 .v18.2 Integrated structural analysis and design software, Computer and
Structures Inc., Berkeley, California

TS498 , 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap
değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Toker ve Ünay, 2004. Mathematical Modeling and Finite Element Analysis of Masonry
Arch Bridges , Ankara.

(www.restorasyon.org).

(www.tolaymuhendislik.com)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı: Fatih Mehmet
Soyadı: AŞIK
Doğum Tarihi: 18.04.1990
Doğum Yeri: Selçuklu / KONYA
Telefon: 0535 607 65 90
Mail: fthmehmet7@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Okul Adı	İl	Bölüm	Devam Yılı
Zeliha ve Lütü Kulluk İ.Ö.O	KONYA	-----	1996-2003
Erbil Kuru Lisesi(YDAL)	KONYA	Sayısal	2004-2008
Selçuk Üniversitesi	KONYA	İnşaat Müh.	2009-2013
Selçuk Üniversitesi	KONYA	İnşaat Müh. Yük. Lisans	2013-2018

STAJ ve İŞ DENEYİMLERİ

İş Yeri Adı	Görevi	Yılı
Karatay Belediyesi	Stajyer	2010
Akcamı Koop.		
Salih ESER Proje Ofisi	Stajyer	2011
Bayram Müh.Mim.Müt.	İnşaat Müh.	2013
Köklü Yapı Denetim	İnşaat Müh.	2014
Ulaştırma Bakanlığı		
Türkiye Cumhuriyeti	İnşaat Müh.	2015
Devlet Demiryolları		