

77336

RESTORASYONDA STRÜKTÜREL SORUNLAR

TAŞ YAPILARDA KONUNUN İRDELENMESİ ve ÖRNEKLER



Müjgan BAHTİYAR

Aralık, 1998

İzmir

RESTORASYONDA STRÜKTÜREL SORUNLAR

TAŞ YAPILARDA KONUNUN İRDELENMESİ ve ÖRNEKLER

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Bölümü, Restorasyon Anabilim Dalı

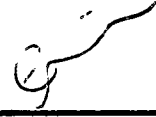
Müjgan BAHTİYAR

Aralık, 1998

İzmir

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Eti Akyüz Levi
(Yönetici)



Prof. Dr. Recep Meriç
(Jüri Üyesi)



Doç. Dr. Mustafa Düzyün
(Jüri Üyesi)

Prof. Dr. Cahit Helvacı
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Teşekkür

“Restorasyonda strüktürel sorunlar” konulu tez çalışmasında, tarihi taş yapılarda taşıyıcı sistem ile ilgili sorunların nedeni, teşhisi ve onarım yöntemleri incelenmiştir.

Gerek yüksek lisans eğitimim, gerekse tez çalışmam sırasında sürekli beni destekleyen ve bu yolda çalışmaya teşvik eden tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Eti Akyüz'e minnet ve teşekkürlerimi arz ediyorum.

Restorasyon yüksek lisans programına başladığım ilk günden beri yanında çalışmaktan mutlu olduğum ve kendisini pek çok konuda örnek aldığım, aynı zamanda gerek tez konumun belirlenmesi, gerekse tez çalışmam sırasında sürekli desteğini gördüğüm Restorasyon Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Recep Meriç'e teşekkürü borç bilirim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca sorduğum her soruda beni yanıtsız bırakmayan, bilimsel yaklaşım ve deneyim konusunda sürekli yardım ve desteğini gördüğüm Sayın Öğretim Görevlisi Yüksel Üstünel'e çok teşekkür ediyorum.

Bana sürekli destek olan, ayrıca tez çalışmam süresince her zaman ve her konuda yardımlarını benden esirgemeyen İnşaat Mühendisliği Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Mustafa Düzgün'e çok teşekkür ediyorum.

Bununla birlikte yüksek lisans eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum Sayın Öğretim Görevlisi Akın Ersoy, Sayın Araştırma Görevlisi Emel Kayın ve Sayın Araştırma Görevlisi Bilge Yıldırım'a çok teşekkür ediyorum.

ÖZET

Restorasyonda strüktürel sorunlar konulu çalışmanın kapsamı, taş yapılar ile sınırlandırılmış ve bu bağlamda konu irdelenmiştir. Mimari eserleri tarihi, estetik ve teknik özellikleri korunarak gelecek nesillere aktarmak amacıyla tez kapsamında konu incelenmiştir.

Çalışmanın ilk iki bölümünde taş malzeme ve taş yapı taşıyıcı sistemini oluşturan öğelere ilişkin gerekli açıklama ve tanımlar yapılmıştır. Yapıda kullanılan taş türleri incelenerek taşıyıcı sistemdeki kullanım teknikleri belirlenmiştir. Üçüncü bölümde taş yapıların bozulma nedenleri, dış ve iç etkenler olmak üzere iki ana başlık altında derlenmiştir. Bu etkenlerin yapı üzerindeki tahribat türleri belirtilmiştir. Söz konusu hasarların tespit edilmesinde kullanılan yöntemler dördüncü bölümde ele alınmıştır. Bunlar alt yapıda (zemin, temel) ve üst yapıda olmak üzere iki bölüm olarak incelenmiştir. Yığma taş yapıların temel sistemi ve zeminin iyileştirilmesi, üst yapı taşıyıcı sisteminin sağlamlaştırılması ve yapı malzemesinin koruma ve güçlendirilmesi kapsamında incelenmiştir. Beşinci bölümde belirtilen onarım yöntem ve teknikleri, altıncı bölümde ise taş yapılar üzerindeki uygulamaları ele alınmıştır. Taş yapı örneklerinin belirlenmesinde farklı tür ve ölçekte farklı sorunları bulunan yapıların seçilmesine gayret edilmiştir. Derlenen bu bilgiler ışığında yedinci bölümde çalışmanın tablolar yardımıyla sentezi oluşturulmuştur.

Bu çalışma sonucunda, mimari mirasın tarihi, estetik ve teknik özellikleri korunarak bizden sonraki nesillere iletilmesi amacıyla taş yapıların sağlamlaştırılması ve korunmasında dikkat edilmesi gereken noktalar ortaya konmuştur. Varılan sonuç, her yapının strüktürel sorunlarının bilimsel veriler sonucunda belirlenmesi gerektiğidir. Restorasyon yöntem ve tekniklerinin seçilmesinde varsayımlara yer yoktur. Ancak bu hassasiyette hazırlanan çalışmalar ile mimari miras tarihi, estetik ve teknik özellikleri korunarak gelecek nesillere aktarılması sağlanabilecektir.

ABSTRACT

The content of the thesis entitled “ Structural Problems in Restoration” was specified to the search of the subject on stone buildings. The subject of the thesis was sacred. With the aim of pointing out the architectural work to future generations by preserving their historical, esthetical and technical inheritance. The subject was investigated with special attention to stone structures.

In the first two parts of the study, basic knowledge, necessary for the stone materials and the descriptions of the elements of the carrier systems, were outlined. In the third part, the causes of deformation of stone structures were investigated as internal and external causes. The deformation types of these structures were also pointed out. The diagnosis procedures of damage were encountered through the fourth part by two separate sections as in lower (foundation and base) and upper sections. Improvement of the foundations and bases of the pile stone buildings were investigated with special reference to augmentation of carrier systems for the upper sections, and protection and augmentation of structural materials. In the sixth part the practice of repair procedures and techniques, which outlined in the fifth part, were discussed was studied by special effort. The stone structures was studied by special effort in different ways and volumes. The synthesis of these studies were presented with tables in the seventh part.

The aim of that study is underlying the augmentation and protection of stone buildings which were revealed in order to maintain the architectural inheritance to coming generations by preserving their historical, esthetical and technical remains. In conclusion, structural problem of each structure should be considered individually in the light of up-to-date science. There is no place for hypothesis of considering the restoration procedures and techniques. Only the studies prepared with this ambition, make it possible to pass over the architectural inheritance to the next generations by preserving their historical, esthetical and technical importance.

İÇİNDEKİLER

Teşekkür.....	I
Özet.....	II
Abstract.....	III
İçindekiler.....	IV-VIII
Tablo Listesi.....	IX
Şekil Listesi.....	X-XV
Giriş.....	1-2

I. BÖLÜM

TAŞ MALZEME ve ÖZELLİKLERİ

1.1 Tarihçe.....	3
1.2. Taşın oluşumuna göre sınıflandırılması.....	3
1.2.1 Magmatik taşlar.....	4
1.2.2 Tortul taşlar.....	4
1.2.3 Metamorfik taşlar.....	4

II. BÖLÜM

TAŞ YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM

2.1 Taş yapılarda taşıyıcı sistemi oluşturan öğeler.....	5
2.1.1 Temeller.....	5
2.1.2 Düşey taşıyıcılar.....	6
2.1.2.1 Sürekli taşıyıcılar-Duvarlar.....	6
2.1.2.2 Tek taşıyıcılar-Sütun ve ayaklar.....	11

2.1.3 Yatay taşıyıcılar-Döşemeler.....	12
2.1.4 Mekan örtü elemanları.....	14
2.1.4.1 Kemer.....	14
2.1.4.2 Tonoza.....	16
2.1.4.3 Kubbe.....	17
2.1.5 Geçiş elemanları.....	18
2.1.5.1 Tromp.....	19
2.1.5.2 Pandantif.....	19
2.1.5.3 Türk üçgeni.....	20
2.1.6 Bağlantı elemanları.....	20
2.1.6.1 Kenetler.....	20
2.1.6.2 Zıvanalar.....	21
2.1.6.3 Gergiler.....	21
2.2 Strüktürü oluşturan öğelerin yükler karşısındaki davranışları.....	23
2.2.1 Kemerin yükler karşısındaki davranışları.....	23
2.2.2 Tonozun yükler karşısındaki davranışları.....	24
2.2.3 Kubbenin yükler karşısındaki davranışları.....	25
2.2.4 Düşey taşıyıcıların yükler karşısındaki davranışları.....	26

III. BÖLÜM

TAŞ YAPILARIN BOZULMA NEDENLERİ

3.1 Dış etkenler.....	28
3.1.1 Doğal etkenler.....	28
3.1.1.1 Deprem.....	28
3.1.1.2 Toprak kayması.....	29
3.1.1.3 Rüzgar.....	29
3.1.1.4 Biyolojik kökenli etkenler.....	29
3.1.1.5 Suyun etkileri.....	31
3.1.1.6 Isı hareketleri.....	33
3.1.2 İnsanların verdiği zararlar.....	33
3.1.2.1 Hava kirliliği.....	34

3.1.2.2 Trafik.....	34
3.1.2.3 Turizm.....	35
3.1.2.4 Yangın.....	36
3.1.2.5 Savaşlar.....	36
3.1.2.6 Terk.....	37
3.1.2.7 Kötü kullanım.....	38
3.2 İç etkenler.....	39
3.2.1 Zemin özelliklerinden kaynaklanan sorunlar.....	39
3.2.2 Taşıyıcı sistem tasarımındaki hatalar.....	39
3.2.3 Kullanılan malzemeden kaynaklanan sorunlar.....	41
3.2.3.1 Taşın yapısal özelliklerinden kaynaklanan sorunlar.....	41
3.2.3.2 Taşın yanlış kullanımından kaynaklanan sorunlar.....	42

IV. BÖLÜM

TAŞIYICI SİSTEMDE HASAR TESPİT YÖNTEMLERİ

4.1 Zemin ile ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi.....	43
4.1.1 Yerinde yapılan araştırmalar.....	44
4.1.1.1 Zemin katmanlarının saptanması.....	44
4.1.1.2 Zemin direncinin saptanması.....	44
4.1.1.3 Temel derinliklerinin belirlenmesi.....	44
4.1.1.4 Yeraltı su seviyesinin belirlenmesi.....	46
4.1.1.5 Temel hareketlerinin (oturtmaların) belirlenmesi.....	47
4.1.2 Laboratuvarlarda yapılan araştırmalar.....	47
4.1.2.1 Zemin türlerinin araştırılması.....	47
4.1.2.2 Zemin içindeki su miktarının belirlenmesi.....	47
4.2 Üst yapı ile ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi.....	48
4.2.1 Yapı üzerinde yapılan mekanik deneyler.....	48
4.2.1.1 Yükleme deneyleri.....	49
4.2.1.2 Güvenlik kontrolü deneyi.....	51
4.2.2 Yapı ile ilgili yapılan araştırmalar.....	51
4.2.2.1 Zaman süreci içinde yapının davranışlarının incelenmesi (Yapı çatlaklarının gözlenmesi).....	51

4.2.2.2 Nem probleminin araştırılması.....	55
4.2.2.3 Yük dağılımı analizi.....	57
4.2.2.4 Taşıyıcı elemanların analizi.....	57
4.2.3 Yapı malzemesini laboratuvar ortamında araştırılması.....	58

V. BÖLÜM

YIĞMA TAŞ YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

5.1 Temel sisteminin ve zeminin iyileştirilmesi.....	59
5.1.1 Temel zeminin sağlamlaştırılması.....	59
5.1.1.1 Zemin suyunun drenajı.....	61
5.1.2 Temel sisteminin sağlamlaştırılması.....	62
5.1.2.1 Temellerin genişletilmesi ve derinleştirilmesi.....	62
5.1.2.2 Geçici müdahaleler.....	66
5.1.2.3 Hidrolik krikolar ile müdahale.....	66
5.1.2.4 Pabuçları çıkartıp yenileri ile değiştirilmesi.....	66
5.2. Taşıyıcı sistemin sağlamlaştırılması.....	67
5.2.1 Düşey taşıyıcıların onarımı.....	67
5.2.1.1 Duvarların onarım yöntemleri.....	67
5.2.1.2 Kolon ve sütunların onarım yöntemleri.....	73
5.2.2 Örtü elemanlarının onarımı.....	74
5.2.2.1 Kemer ve tonozların onarım yöntemleri.....	74
5.2.2.2 Kubbe onarım yöntemleri.....	76
5.2.3 Mevcut taşların yenilenmesi ve eksik taşların tamamlanması.....	77
5.2.3.1 Doğal taş ile tamamlama.....	77
5.2.3.2 Suni taş ile tamamlama.....	80

VI. BÖLÜM

TARİHİ YAPILARDA STRÜKTÜREL ONARIMA İLİŞKİN ÖRNEKLER

6.1 Saint Pierre Katedrali onarım çalışmaları.....	82
--	----

6.2 Efes Celsius Kitaplığında Anastylozis uygulaması.....	84
6.3 İstanbul Four Seasons Oteli onarım çalışmaları.....	87
6.4 Bodrum Tepecik Camii- Zeminden gelen rutubetin kesilmesi uygulaması.....	99
6.5 Preah Khan'daki yapıların strüktürel tamir, güçlendirme ve onarım çalışmaları.(Anchor-Cambodia).....	103
6.6 Konya Alaaddin Camii.....	108
6.7 Bozdoğan (Valens) Kemer Restorasyon Çalışmaları.....	115
6.8 Ayasofya'nın Strüktürel Analizi ve Restorasyon Çalışmaları.....	120
6.9 İzmir Kemeraltı Başdurak Camii'nin Onarım ve Güçlendirme Çalışmaları.....	130

VII. BÖLÜM
RESTORASYONDA STRÜKTÜREL SORUNLAR ve
TAŞ YAPILARDA KONUNUN İRDELENMESİ KONUSUNDA
ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN TABLOSAL SUNUMU

Sonuç	150
Kaynaklar.....	152

TABLO LİSTESİ

TABLO 7.1 Hasar tespit yöntemleri

TABLO 7.2 Bozulma nedenleri, sorunlar, çözüm önerileri



ŞEKİL LİSTESİ

- ŞEKİL 1.1 Yunan mimarisinde taş kaldırma yöntemi
- ŞEKİL 1.2 Yunan mimarisinde metal kenet kullanımı
- ŞEKİL 2.1 Boşluk üzerine gelen yüklerin kemer ile aktarılması
- ŞEKİL 2.2 Gotik mimarisinde duvarların payandalar ile desteklenmesi
- ŞEKİL 2.3 Kuru (harçsız) moloz taş duvar örneği
- ŞEKİL 2.4 Harçlı moloz taş duvarlar
- ŞEKİL 2.5 Kaba yonu taş duvar örneği.
- ŞEKİL 2.6 İnce yonu taş duvar örneği
- ŞEKİL 2.7 Kesme blok taş duvar örneği
- ŞEKİL 2.8 Kesme blok kaplama taş duvar örneği
- ŞEKİL 2.9 Plak kesme taş ile kaplanmış tuğla duvar örneği
- ŞEKİL 2.10 Kaplama taşlarının bağlantı elemanları
- ŞEKİL 2.11 Roma mimarisinde kullanılan ayak örneği
- ŞEKİL 2.12 Tonoz üzeri dolgu ile oluşturulmuş döşeme örneği
- ŞEKİL 2.13 Volta döşeme örneği
- ŞEKİL 2.14 Kemer türleri
- ŞEKİL 2.15 Tonoz türleri
- ŞEKİL 2.16 Kubbe türleri .
- ŞEKİL 2.17 Pandantif
- ŞEKİL 2.18 Türk Üçgeni - Bursa'da Şehzade Sultan Mustafa- Cem Türbesi
- ŞEKİL 2.19 Kemerlerin yük aktarma şekli

ŞEKİL 2.20 Kemer duvarı kalınlaştırarak ve Gergi ile desteklenmiş kemerler

ŞEKİL 2.21 Kubbenin yük taşıma şekli

ŞEKİL 2.22 Kubbenin “kırılma çizgisi”

ŞEKİL 2.23 Ayasofya kubbesinin yük aktarma şekli

ŞEKİL 2.24 Duvarlarda yüklerin iletilmesi

ŞEKİL 2.25 Ayaklarda yüklerin iletilmesi

ŞEKİL 3.1 Bitki köklerinin verdiği zararlar - Karagöz Camii

ŞEKİL 3.2 Trafiğin yapılar üzerindeki etkisi

ŞEKİL 3.3 Topkapı Sarayı Bab'ı Humayun Girişi

ŞEKİL 3.4 Çatalkaya Köyü - Karaburun

ŞEKİL 3.5 Kemeraltı Başdurak Camii

ŞEKİL 3.6 Ayasofya Kubbesi

ŞEKİL 3.7 York Katedrali Planı

ŞEKİL 4.1 Penetrasyon deneyi

ŞEKİL 4.2 Eğik sondaj yöntemi

ŞEKİL 4.3 Duvarlara dinamik yükleme ile taşıma ve deformasyon kapasitesinin ölçülmesi

ŞEKİL 4.4 Çevresel titreşim deneylerinde sistometrelerin konumları- Süleymaniye Camii

ŞEKİL 4.5 Süleymaniye Camiinde yöntemin uygulanması

ŞEKİL 4.6 Süleymaniye Camii akselerometre yerleşim şeması

ŞEKİL 4.7 Çatlak hareketlerin alçı ile sıvanarak gözlenmesi- Ayasofya örneği

ŞEKİL 4.8 Çatlakların cam levhalar kullanılarak hareketlerinin saptanması- Ayasofya örneği

ŞEKİL 4.9 Çatlak monitörü

ŞEKİL 4.10 Mikrometre ile çatlak ölçümü

ŞEKİL 4.11 Video-endoskop ile çatlakların değerlendirilmesi

ŞEKİL 4.12 Oturma sonucu çatlakların belirlenmesi

ŞEKİL 4.13 Kapasitans tipi nemmetreler

ŞEKİL 4.14 Yük dağılım analizi yöntemi

ŞEKİL 5.1 Enjeksiyon ile zemin sağlamlaştırma uygulaması

ŞEKİL 5.2 Zeminde palplanş perdesi uygulamasında kullanılan delik açma makinesi

ŞEKİL 5.3 Palplanş perde uygulaması- İzmir Kemeraltı Elhamra Sineması

ŞEKİL 5.4 Dolgu ile temellerin stabilitesinin sağlanması

ŞEKİL 5.5 Mevcut temelin çift taraflı kirişler ile destekleme uygulaması

ŞEKİL 5.6 Temellerin fore kazık kullanılarak derinleştirilmesi

ŞEKİL 5.7 Tonozların takviyesi

ŞEKİL 5.8 Kazıkların presler yardımı ile yerleştirilmesi

ŞEKİL 5.9 Preslerin kavrama kirişlerine mesnetlendirilmesi

ŞEKİL 5.10 Gergiler ile sağlamlaştırma

ŞEKİL 5.11 York katedralinin çelik makaslardan oluşan payandalar ile desteklenmesi

ŞEKİL 5.12 Üçte bir

ŞEKİL 5.13 Dikiş yöntemi ile çatlak kapatma

ŞEKİL 5.14 Çemberler ile kolonların desteklenmesi

ŞEKİL 5.15 Kemerin askıya alınma şekli

ŞEKİL 5.16 Kubbenin askıya alınması

ŞEKİL 5.17 Kubbede çatlak kapatma uygulaması

ŞEKİL 5.18 Farklı derinlikler yüzey uygulaması

ŞEKİL 5.19 Sınır çizgisinin içeriye çekilmesi

ŞEKİL 5.20 Sınır çizgisinin tamamlamada farklı bir malzeme ile belirlenmesi- Selanik şehir surları restorasyon çalışması

ŞEKİL 5.21 Onarılan yüzeyin değişik malzeme ile belirtilmesi

- ŞEKİL 5.22 Aynı nitelikte malzemenin farklı örtü sistemi ile belirtilmesi
- ŞEKİL 5.23 İmitasyon malzemesinin üzerinde yorum yapılmadan kullanılması
- ŞEKİL 5.24 İmitasyon malzemenin detayları işlenerek birleşme sınırlarının çizgi ile belirtilmesi
- ŞEKİL 6.1 Saint Pierre Katedrali kuzey ve güney kuleleri
- ŞEKİL 6.2 Saint Pierre Katedrali güneyden görünüşü
- ŞEKİL 6.3 Arkeolojik kazı sonrası katedralin iç görünüşü
- ŞEKİL 6.4 Restorasyon sonrası katedralin iç görünüşü
- ŞEKİL 6.5 Katedralin enine kesiti
- ŞEKİL 6.6 Yapının müdahale edilen yerlerini gösteren plan
- ŞEKİL 6.7 Batı cephesi
- ŞEKİL 6.8 Mikrokazıkların yerlerini gösteren plan ve kesit
- ŞEKİL 6.9 Kronolojik analiz paftası ve sondaj yerlerini gösteren plan
- ŞEKİL 6.10 Efes Celcius Kitaplığı genel görünüş
- ŞEKİL 6.11 Efes Celcius Kitaplığı statik onarım tasarımı
- ŞEKİL 6.12 Celcius kitaplığı restorasyonunda uygulanan taşıyıcı sistem şeması
- ŞEKİL 6.13 1970 yılında ön cephenin yandan ve üçlü girişin görünüşü
- ŞEKİL 6.14 Cephenin sağlamlaştırılması işlemi, yandan görünüş
- ŞEKİL 6.15 1973 yılı ön cephe çalışmaları
- ŞEKİL 6.16 Cephenin 1973 yılındaki görünüşü
- ŞEKİL 6.17 Ön cephenin 1975 yılındaki görünümü ve onarım sırasında dökülen bir kompozit başlık
- ŞEKİL 6.18 Four Seasons Oteli önden görünüş
- ŞEKİL 6.19 Taş duvarlarda iyileştirme
- ŞEKİL 6.20 Taş duvarlarda güçlendirme
- ŞEKİL 6.21 Volta döşeme kirişlerinin durumu

ŞEKİL 6.22 Betonarme döşemelerin düzenlenmesi

ŞEKİL 6.23 Otelden görünüş ve kesit (Restorasyon projesi)

ŞEKİL 6.24 Orta avludan görünüş

ŞEKİL 6.25 Cami restorasyon projesi kesitleri

ŞEKİL 6.26 Bodrum Tepecik Camii restorasyon öncesi

ŞEKİL 6.27 Bodrum Tepecik Camii restorasyon sonrası

ŞEKİL 6.28 Preah Khan Tapınağı kompleksi

ŞEKİL 6.29 Bina tiplerinin sınıflandırması

ŞEKİL 6.30 Kirişlerin makaslama ve eğilme yetersizliklerine karşı onarımı ve güçlendirmesi

ŞEKİL 6.31 Sütunların paslanmaz çelik ve epoksi materyalleri ile güçlendirilmesi

ŞEKİL 6.32 Güney girişinin stabilizasyonunun sağlanması

ŞEKİL 6.33 Dansçı girişinin sağlamlaştırılması

ŞEKİL 6.34 Konya Alaaddin Camii restorasyon öncesi çatlak durumları

ŞEKİL 6.35 Konya Alaaddin Camii teçhizatlı enjeksiyon ve enjeksiyon detay planı

ŞEKİL 6.36 Konya Alaaddin Camii mini kazık detayları

ŞEKİL 6.37 Konya Alaaddin Camii planı

ŞEKİL 6.38 Doğu dilatasyon derzi kuzey cephesi detayı

ŞEKİL 6.39 Çelik takviye kemer detayları

ŞEKİL 6.40 Yenilenen beden duvarlarından kesit

ŞEKİL 6.41 Bozdoğan (Valens) Kemer 15-20 kemerlerarası A yüzü röleve görünümü

ŞEKİL 6.42 33.-39. kemerler A yüzü görünüşü

ŞEKİL 6.43 Kemerin restorasyon görünümü

ŞEKİL 6.44 30.-31. ayağın restorasyondan önceki oldukça harap haldeki görünümü

ŞEKİL 6.45 Restorasyon sonrası görünüş

ŞEKİL 6.46 Genel görünüş- Ayasofya

ŞEKİL 6.47 Plan şeması

ŞEKİL 6.48 İzometrik perspektif

ŞEKİL 6.49 1894 depreminden sonra Ayasofya’da oluşan çatlakları gösteren imzasız resim

ŞEKİL 6.50 Deprem gerilmeleri açısından kritik bölgeler (taralı bölgeler)- Ayasofya

ŞEKİL 6.51 Ayasofya’nın deprem karşısındaki davranışları

ŞEKİL 6.52 Akselometre şebekesinin konumu

ŞEKİL 6.53 Yapıdaki hareketleri ölçmek için yerleştirilen bilgisayar bağlantılı aletler

ŞEKİL 6.54 Girişten genel görünüş- Ayasofya

ŞEKİL 6.55 Ayasofya ana kubbe

ŞEKİL 6.56 İç mekandan görünüş

ŞEKİL 6.57 Ayasofya onarım çalışmaları

ŞEKİL 6.58 Giriş cephesi- Kemeraltı Başdurak Camii

ŞEKİL 6.59 Zemin kat planı

ŞEKİL 6.60 Cami kat planı

ŞEKİL 6.61 Giriş cephesi

ŞEKİL 6.62 Pasajdan görünüş

ŞEKİL 6.63 Restorasyon projesi

ŞEKİL 6.64 Temel sağlamlaştırma çalışmaları

ŞEKİL 6.65 Temel sağlamlaştırma çalışmaları

ŞEKİL 6.66 Çift taraflı kirişler ile temelin desteklenmesi

GİRİŞ

Tarihi çevreyi oluşturan kültür değerlerini yaşatmak ve özgün nitelikleriyle gelecek nesillere aktarmak günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Amaç eski eserlerin olduğundan daha fazla bozulmasını önlemek, sağlıklı bir durumda bizden sonrakilere aktarılmasını sağlamaktır.

Çeşitli medeniyetlerin izlerini taşıyan ülkemizde, günümüze kadar ulaşmış tarihsel mimari mirasın korunması ve onarımı büyük önem taşımaktadır.

Geleneksel yapılarda strüktür (taşıyıcı sistem), biçimi ayakta tutan bir sistemdir. Taş yapılarda taşıyıcı sistemi, düşey, yatay ve örtü elemanları oluşturmaktadır. Taş malzemenin değişik tekniklerle bileşiminden oluşan taş yapıların, taşıyıcı sistem ve malzemelerinde çevresel etkiler nedeniyle, sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Kapsamlı bir literatür araştırması sonrasında gerekli bilgiler derlenip, yöntem belirlenmiştir. İnşaat mühendisliği ve özellikle strüktür mühendislerini daha çok ilgilendiren bu konu, bir mimar gözüyle incelenmeye çalışılmıştır. Strüktürel sorunları bulunan bir yapının onarım ve güçlendirilmesi değişik uzmanlık alanlarını ilgilendiren konuları kapsamaktadır. Bu uzmanlar arasındaki koordinasyon mimar tarafından sağlanmalıdır.

Anıtların korunmasında ve onarılmasında amaçlanan onların bir sanat eseri ve tarihi belge olarak korunmasından hareketle sağlamlaştırma ve onarım yöntem ve teknikleri bu bilgiler ışığında belirlenmelidir. Öncelikle yapının bir sanat eseri olarak ayrıntılı bir tanımı yapılmalıdır. Analitik etüt yapılarak yapının çevresiyle olan ilişkisi, bütün olarak ve detayları ölçeğinde, tarihi, estetik ve teknik yönden incelenmesi gerekmektedir. Bir yapının tanımlanması ve kültür bütünü içindeki yerinin belirlenmesi bilimsel analizlere dayandırılmalıdır.

Sağlamlaştırma, bütünleme, yenileme, yeniden yapım, temizleme ve taşıma başlıkları altında toplanan restorasyon yönteminin seçimi bilimsel analiz sonuçları doğrultusunda belirlenmelidir.

Kültür mirasını oluşturan tarihi eserlerin restorasyonu olabildiğince az müdahale ile, anıtın tarihi belge ve estetik değerleri korunarak gerçekleştirilmelidir.

Bu tez çalışması kapsamında, taş yapılarıdaki taşıyıcı sistem sorunları incelenmiş ve yedi bölümde ele alınmıştır.

Birinci bölümde taş malzeme, ikinci bölümde ise taş yapının taşıyıcı elemanları ile ilgili gerekli açıklama ve bilgiler verilmiştir. nc bölümde taş yapıların bozulma nedenleri, dördüncü bölümde ise hasar tespit yöntemleri incelenmiştir. Bu yapıların güçlendirilmesinde kullanılan yöntemler beşinci bölümde belirlenmiştir. Altıncı bölümde çalışma kapsamında taş yapılarıdaki taşıyıcı sistem sorunları, bozulma nedenleri ve onarımında kullanılan teknikler örnekler üzerinde incelenmiştir. Yedinci bölümde ise bu bilgilerin ve ulaşılan sonuçların tablolar aracılığıyla değerlendirmesi yapılmıştır.



I. BÖLÜM

TAŞ MALZEME VE ÖZELLİKLERİ

1.1 Tarihçe

Geleneksel mimaride taş, diğer malzeme türlerine göre, çevre etkilerine karşı daha dayanıklı olması ve doğada bol miktarda bulunmasından dolayı yaygın bir şekilde kullanılmıştır. “Taş malzemenin, yapıda tamamen kullanıma girmesi, Prehelen mimarisinin son devirlerinde görülmektedir. Osmanlı Devri’nde, özellikle resmi ve anıtsal yapılarda son derece yalın bir biçimde, salt strüktür ögesi olarak taş malzeme kullanılmıştır.” (Eriç, 199, s. 61)

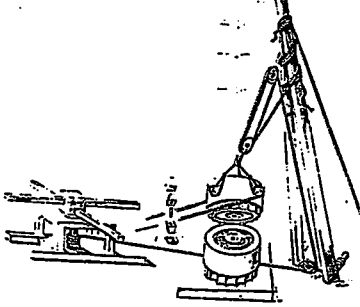
Anadolu’nun jeolojik ve topografik yapısı büyük farklılıklar göstermektedir. Bundan dolayıdır ki, farklı bölgelerde farklı niteliklere sahip taş türlerine rastlanılmaktadır. İlk kullanıldığı yıllarda, işlenmeden doğada bulunduğu hali ile yapılarda kullanılmıştır. Maden çağı ile birlikte taş işleme aletleri gelişmiş ve taşın yoğun biçimde mimaride kullanılmasına olanak sağlanmıştır. Yapılarda genellikle taşıma kolaylığı düşünüldüğü için, yakın çevredeki taş ocaklarından çıkarılan taşların kullanımı tercih edilmiştir. Eski çağlarda taş, ocaktan çıkarıldıktan sonra yerinde işlenir, hayvanlar yardımı ile taşınır ve yapı yerinde istenilen yüksekliğe kaldırılarak birbiri ile birleştirilirdi (Şekil 1.1). Kullanılan araçların gelişmesi bazı işlemleri kolaylaştırmıştır. Örneğin, Yunan mimarisinde kaldıraçlar, makaralar ve taşları birbirine bağlayan metal kenetler kullanılmıştır (Şekil 1.2). Çevrede bol miktarda bulunan, dış etkilere karşı dayanıklı olan ve en önemlisi de taşıyıcı özellikleri fazla olan taş türleri tercih edilmiştir. Taşın, diğer malzemelere göre daha fazla tercih edilmiş olmasının diğer bir nedeni de, özel bir bağlantı sistemine ihtiyaç duyulmamasıdır.

1.2 Taşın oluşumuna göre sınıflandırılması

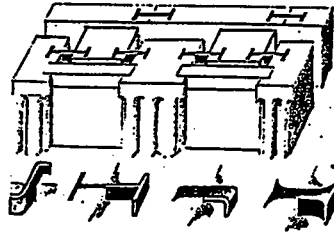
Taşlar; orijin, oluş şekli ve bulundukları yere göre magmatik, tortul ve metamorfik olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılabilir.

1.2.1. Magmatik (püskürük) taşlar

Magmanın (ergimiş silikat sıvısının) soğuması ve yer kabuğunun farklı kesimlerine yerleşerek katılaşması ile oluşur. Magmatik taşların dokuları birbirinden farklıdır ve soğuma hızına göre kristal büyüklükleri değişir. Derinlerde soğuyanlar iri kristalli, yüzeydekiler ise ince taneli veya camsı yapıya sahip olabilirler. Yapı malzemesi olarak kullanılan magmatik taş türleri: Granit, Bazalt, Andezit, Trakid, Volkanik tüfler, Porfirdir.



ŞEKİL 1.1 Yunan mimarisinde taş kaldırma yöntemi



ŞEKİL 1.2 Yunan mimarisinde metal kenet kullanımı

1.2.2 Tortul (sedimanter) taşlar

Bunlar, daha önce var olan taşların değişik etkiler sonucunda; küçük parçalara bölünüp ayrışması, farklı biçimde yer değiştirmesi, kayada veya suda çökmesi ile oluşur. Kalsiyum karbonat bileşimi olan doğal çimento da, değişik ortamlarda bu maddelerin birleşimini sağlamaktadır. Oluşumlarına neden olan faktörlere göre ayrık tortul taşlar, **organik** tortul taşlar ve **kimyasal** tortul taşlar olmak üzere üç büyük gruba ayrılırlar. Tortul taşların taneleri büyüklüğüne, kimyasal yapısına ve cinsine göre aşağıdaki taş gruplarını oluştururlar: Konglomeralar, Kumtaşları, Killi kireç taşları, Yoğun kalkerler (kireç taşları), Tuf ve travertenler, Fosilli kalkerler, Albatrlar ve oniks.

1.2.3. Metamorfik taşlar

Daha önce var olan taşların metamorfizmaya uğraması, yani şekil değiştirmesi sonucu oluşmuş olan taş türleridir. Basınç, kesme kuvveti ve ısı gibi etkilerin sonucunda meydana gelen metamorfizma, taş karakterinin bozulmasına neden olmaktadır. Taşların yapısı, dokusu ve kristal şeklinin değişmesi ile yeni taş türleri oluşmaktadır, fakat bu taşların kimyasal bileşimi değişmemektedir. Yapılarda kullanılan metamorfik taş türleri: Mermerler, Serpantinlerdir.

II. BÖLÜM

TAŞ YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM

2.1 Taş yapılarda taşıyıcı sistemi oluşturan öğeler

Mimaride, mekanı evrensel mekandan ayıran ve yapının ayakta kalmasını sağlayan elemanların tümü (strüktür) taşıyıcı sistemi oluşturur.

Geleneksel yapılarda, taşıyıcı sistemi (strüktürü) oluşturan elemanlar, aynı zamanda mekan sınırlayıcı elemanlardır. Sınırlandırma, düşey taşıyıcı elemanlar, yatay veya eğrisel örtü elemanları ile sağlanır. Düşey taşıyıcı elemanlar, sürekli (duvarlar) ve tekil (sütun ve ayaklar) olmak üzere ikiye ayrılır. Yatay taşıyıcılar, döşemelerdir. Eğrisel örtü elemanlar, kemer, tonoz ve kubbe başlıkları altında toplanır. Temeller ise, üst yapıdan gelen yükleri zemine aktarır.

2.1.1. Temeller

“Bir yapının, sağlam zemine oturtulan ve yapıdan gelen yükleri zemine aktaran bölümüdür. Geleneksel yapı temelleri genelde iki şekilde yapılmıştır” (Hasol, 1993, s. 442).

Yüzeysel Temeller (sık temeller)

Genellikle sağlam zeminlerde yapılmış olan bu temel türleri, ayrık ve sürekli olabilmektedir. Ayrık temeller, ayak ve kolon altındaki bölümlerde kullanılmış, duvarların altında ise sürekli temeller tercih edilmiştir. Ayrık ve sürekli temeller, çeşitli boyutta yatay olarak yerleştirilmiş ahşap elemanların oluşturduğu bir ızgaraya mesnetlendirilmiştir. Bu şekilde yapı türlerinin daha geniş yayılması sağlanmıştır.

Derin Temeller

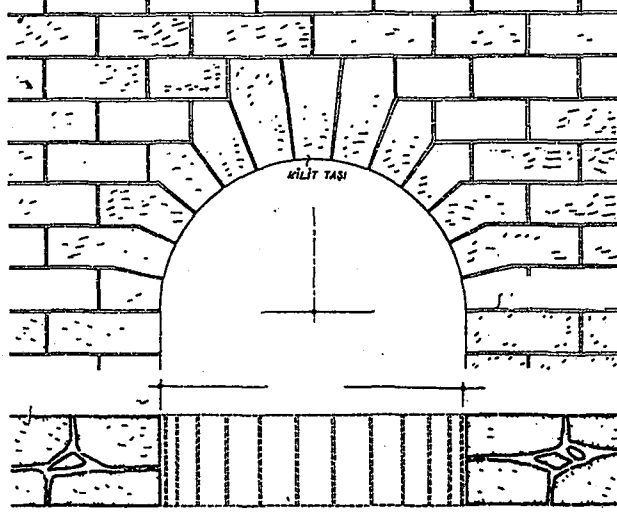
Dolgu, yumuşak veya sulu zeminlerde, zemine çakılan kazıkların oluşturduğu bir temel sistemidir. Bazı örneklerde kazıklar ahşap bir ızgara ile birbirine bağlanmıştır. Ahşap kazıklar, hava ile temas etmeden su içinde bulundukları sürece bozulma meydana gelmez.

2.1.2 Düşey Taşıyıcılar

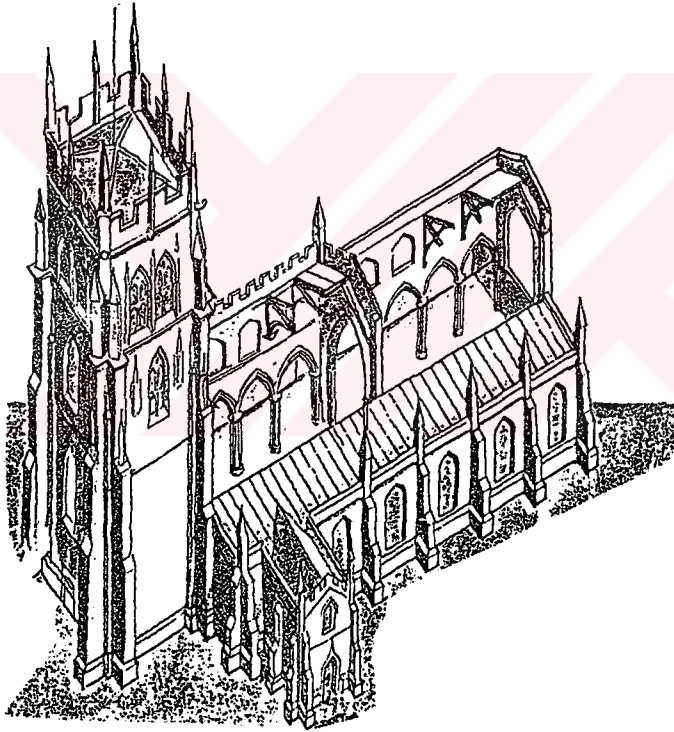
Düşey taşıyıcılar; iki gruptan oluşurlar. Bunlar, sürekli ve tekil taşıyıcılardır. Bu elemanlar, üst örtüden gelen yükleri temellere aktarırlar.

2.1.2.1 Sürekli Taşıyıcı Elemanlar (Duvarlar)

Sürekli taşıyıcı eleman olan duvarlar, üstten gelen yüklerin temele iletilmesini sağlamaktadır. Yüklerin temellere aktarılmasında aracı görevinde bulunan duvarların, öncelikle yeterli dayanıklılığa sahip olması gerekmektedir. Duvarın kesitini belirleyen faktörler, mekan örtüsünden gelen eğik ve yanal deprem yükleridir. Bu nedenle, geleneksel yapılarda duvar genişliği artırılmıştır. Duvarın yatay kesitlerinde oluşan gerilmeler birbirine eşit veya yakın değerler olmalıdır. Duvarlar, kesit içinde yatay ve düşey yönde bir bütün olarak çalışmalıdır. Bu bütünlüğü sağlamak amacıyla, taş malzeme birbirine kenetler, harç ve hatıllar kullanılarak bağlanmıştır. Duvar yüzeyinde açılan boşluklar (pencereler), duvarın taşıyıcı özelliklerini zayıflatmaktadır. Bunu önlemek amacıyla, boşlukların açıldığı düzlem boyunca duvara gelen yüklerin, ikinci bir geçit ögesi ile boşluğun kenarlarına aktarılması gerekmektedir. Bu amaçla hatıl, lento veya kemer kullanılmaktadır (Şekil 2.1). Gotik mimarisinde ise, bu amaçla pencereler arasında ayaklı payandalar kullanılmıştır (Şekil 2.2).



ŞEKİL 2.1 Boşluk üzerine gelen yüklerin kemer ile aktarılması (Eldem, 1966)



ŞEKİL 2.2 Gotik mimarisinde duvarların payandalar ile desteklenmesi (Mansbridge, 1967, s. 35)

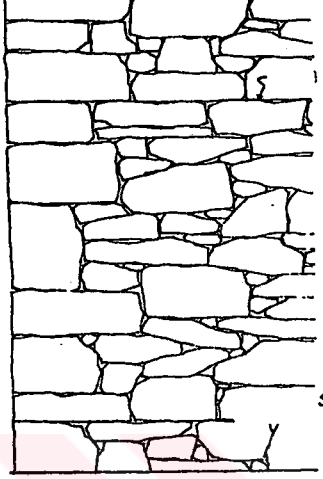
Taş duvarlar dört grupta incelenecektir.

Moloz Taş Duvarlar

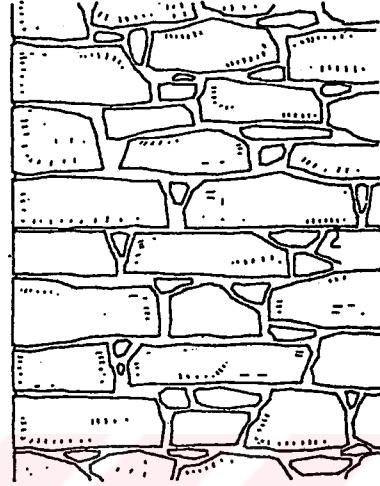
Taş ocağından çıkartılan taşların işlenmeden kullanılması ile oluşturulan duvarlardır. Moloz taş duvar iki şekilde örülür.

Kuru (harçsız) taş duvarlar : Harç kullanılmadan moloz ve kırma taşlar ile sıkı örgü oluşturularak elde edilir (Şekil 2.3).

Harçlı taş duvarlar: Harç kullanarak oluşturulan duvar örgüsüne denir (Şekil 2.4).



ŞEKİL 2.3 Kuru (harçsız)
moloz taş duvar örneği
(Eldem, 1966)



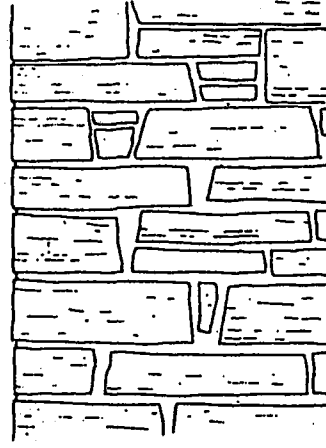
ŞEKİL 2.4 Harçlı
moloz taş duvarlar
(Eldem, 1966)

Kaba Yonu Taş Duvarlar

Taşlar kısmen yontularak kullanılır. Köşelerde büyük taşlar kullanılarak yer yer bağlantılar yapılır (Şekil 2.5). Bunlar yatay veya karışık derzli olarak iki şekilde yapılır.

Taşın görünen yüzey kenarlarına açılan 2 cm. kadar genişlikteki çerçevenin içerisi düzeltilmeyip, kabarık olarak bırakılan örgü türü siklop duvar olarak adlandırılır.

Ayrıca, çok kenarlı taşlarla oluşturulan mozaik görüntüsünde taş duvarlar da bulunmaktadır.

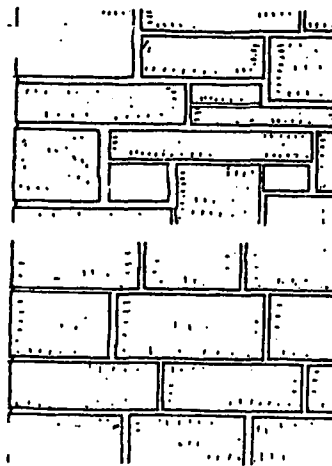


ŞEKİL 2.5 Kaba yonu taş duvar örneği. (Eldem, 1966)

İnce Yonu Taş Duvarlar

Bu duvar türü, anıtsal yapılarda tercih edilmektedir. Yapı yüzeyi sıvanmadan bırakılır, fakat işçiliğinin fazla olması maliyeti arttırmaktadır.

Kalker esaslı (fazla sert olmayan) taşların yüzeyleri işlenerek duvar örgüsünde kullanılır. Derzler birbirine dik olarak yapılır. Genellikle anıtsal yapılarda kullanılır ve yüzeyi sıvanmadan bırakılır (Şekil 2.6).



ŞEKİL 2.6 İnce yonu taş duvar örneği (Eldem, 1966)

Kesme Taş Duvarlar

Kesme blok taş duvarlar ve kesme blok kaplama taş duvarlar olarak ikiye ayrılırlar.

Kesme blok taş duvarlar:

Bu duvarlarda büyük kesme taşlar kullanılır. Kullanılan taşların bütün yüzeyleri işlenilir. Yontulan taşların birbiri ile iyi bir şekilde birleşmesinden dolayı derzler incedir (Şekil 2.7).

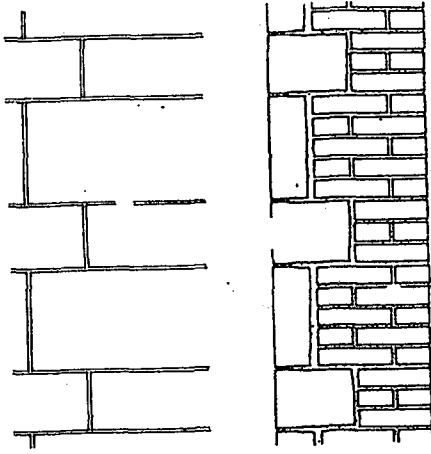
Kesme taşlar yapıdaki kullanım yerlerine göre önceden hazırlanıp numaralandırılarak yerlerine konulmaktadır. Taşların derinliği, duvar kalınlığına eşit olduğunda, birbirine geçme yapacak biçimde işlenmektedir. Geçme yapılmadığında ise, taşlar birbirine metal bağlantı gereçleri ile bağlanmaktadır.



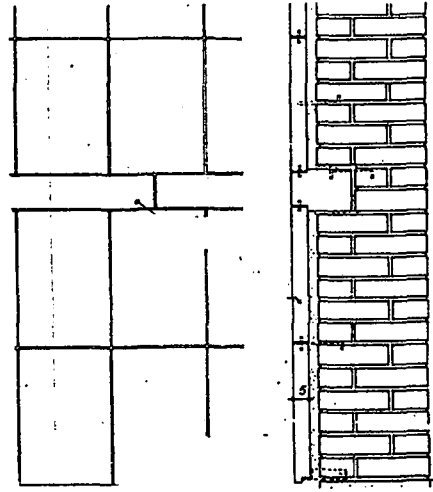
ŞEKİL 2.7 Kesme blok taş duvar örneği (Eldem, 1966)

Kesme Blok Kaplama Taş Duvarlar:

Moloz taş duvarların veya tuğla duvarların değişik kesme taş türleri ile kaplanmasından elde edilir. Masif kesme taş yüzlü duvarlar, kesme taş kaplama duvarlar (Şekil 2.8) ve plak kaplama (Şekil 2.9) duvarlar olarak oluşturulabilmektedir.



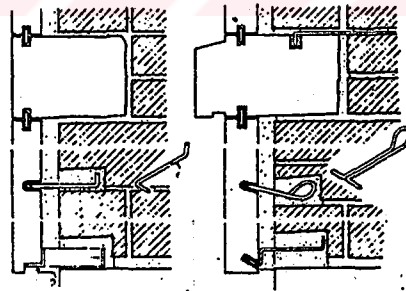
ŞEKİL 2.8 Kesme blok kaplama
taş duvar örneği (Eldem, 1966)



ŞEKİL 2.9 Plak kesme
taş kaplama tuğla duvar (Eldem, 1966)

Kaplama taşlar, birbirine ve arkasındaki duvarlara; çelik, bakırlı çelik ya da galvanizli demirden hazırlanan bağlantı gereçleri ile bağlanmaktadır (Şekil 2.10). Bağlantı gereçlerinin uçları taşlara açılan yuvalara yerleştirildikten sonra aradaki boşluk eritilmiş kurşun dökülerek doldurulmaktadır.

Taşların konumlarına uyumlu olarak; üst üste gelen taşlar sapmalarla, yan yana gelen taşlar da düz veya çatal kenetlerle birbirine bağlanmalıdır.



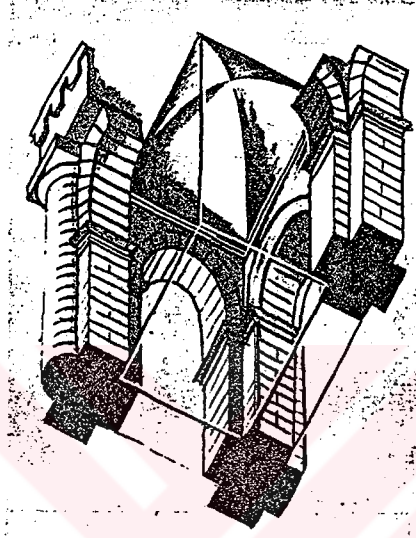
ŞEKİL 2.10 Kaplama taşlarının bağlantı elemanları (Eldem, 1966)

2.1.2.2. Tek Taşıyıcılar - Sütun ve Ayaklar

Mekan örtü yüklerinin tekil noktalardan iletilmesi halinde, düşey taşıyıcılar ayak ve sütunlardan oluşur. Bu elemanlar, biçimlerine göre ayak veya sütun (kolon) olarak adlandırılmaktadır. Sütun (kolonlar), genellikle tek parçalıdır. Ayak ise, en kesiti daha

büyük olan ve duvar gibi örülerek yapılan bir düşey taşıyıcıdır. Sütunların genellikle daire, kare ve çokgen kesitli örneklerine rastlanmaktadır.

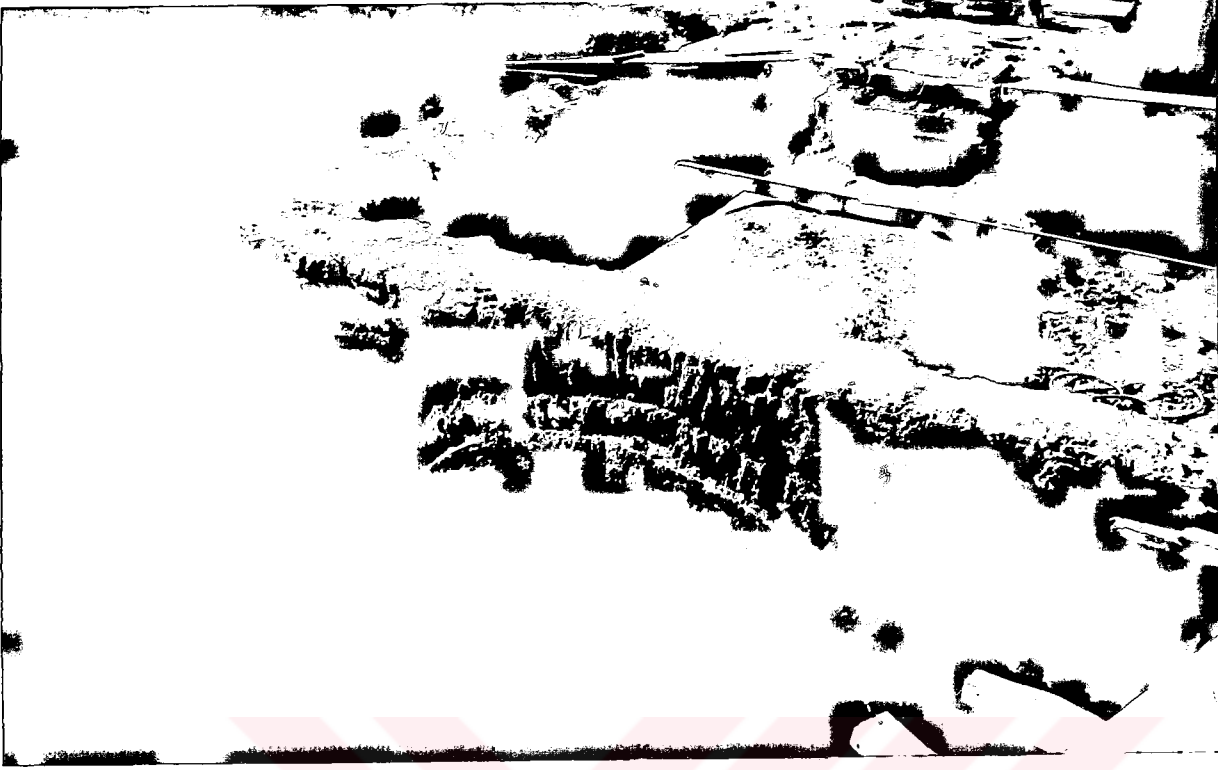
Ayakların ise mekan örtüsünün yüküne ve dolayısıyla yük üretiliş biçimine göre; en kesit, biçim ve boyutları değişmektedir (Şekli 2.11). Ayaklar, boyutları küçülmüş duvarlar olarak nitelendirilebilir.



ŞEKİL 2.11 Roma mimarisinde kullanılan ayak örneği (Mansbridge, 1967, s. 55)

2.1.3 Yatay Taşıyıcılar- Döşemeler

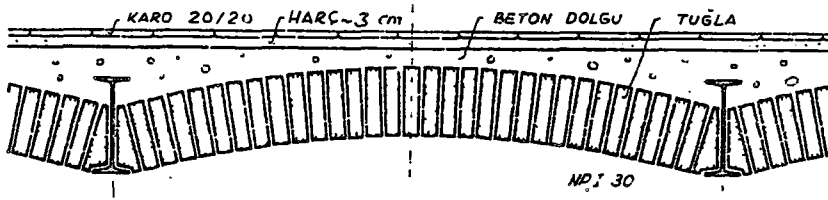
Yapılarda katları birbirinden ayıran ve üzerinde yürünen kısımdır. Taş yapılarda döşeme oluşturma amacı ile genellikle tonozlar kullanılmıştır. Tuğla veya taştan yapılmış olan tonozların üzeri dolgu malzemesi ile doldurulup üstüne de kaplama getirilerek oluşturulmuştur (Şekil 2.12).



ŞEKİL 2.12 Tonoz üzeri dolgu ile oluşturulmuş döşeme örneği

Kemeraltı Başdurak Camii

Çeliğin mimaride kullanılmaya başlanması ile birlikte volta döşemeler kullanıma girmiştir. “Volta döşeme, çelik kilitler arasına normal tuğlaların kemer şeklinde örülmesi ile elde edilen döşeme türüdür” (Hasol 1993, s. 143). Kemer açıklığı, kiriş açıklığının $1/3$ 'ünden büyük olmamalıdır (Şekil 2.13).



ŞEKİL 2.13 Volta döşeme örneği (Eldem, 1966)

Taş yapılarda kullanılmış olan diğer bir döşeme türü ise, **ahşap kirişli döşemelerdir**. Bunlar belirli aralıklarla enine ve boyuna atılmış olan ahşap kirişlerden oluşmaktadırlar. Bu kirişlerin üzeri yine ahşap ile kaplanmaktadır.

2.1.4 Mekan Örtü Elemanları

“Mimari yapı, bir alanın belirli bir strüktür düzeni ile kapanması olarak tanımlanabilir” (Kuban, 1990, s. 43).

Örtü sisteminin belirlenmesinde en önemli etken, desteksiz olarak en büyük açıklığı geçebilmek olmuştur. Bu amaçla, her devirde değişik taşıyıcı sistemler denenmiştir. Bir açıklığın geçilmesi, bir tek malzemeden bir parça kullanılarak veya aynı malzemeden birden fazla parça kullanılarak sağlanmıştır. Örtü elemanı olarak kemer, tonoz ve kubbe kullanılmıştır.

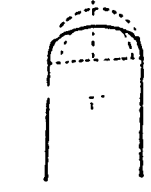
2.1.4.1 Kemer

“ Kemer, iki sütun veya iki ayak arasındaki bir açıklığın üstünü örtmek için, uçların bu sütun veya ayaklara oturmak üzere yay şeklinde yapılan; ahşap, maden ya da kagir yapı elemanıdır” (Hasol, 1993, s. 245).

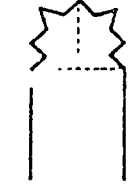
Kemerin bulunması mimarlık tarihinde yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. Önceleri, üst örtü olarak doğada bulunan malzemelerin mevcut boyutları kullanılmıştır. Kemer ise büyük açıklıkların geçilmesine olanak sağlamıştır. Dolayısıyla büyük mekan tasarımlarına öncülük etmiştir.

Bir dairesel, eliptik veya parabolik eğri parçası olan kemerler, biçimlerine göre adlandırılır. Açıklıkları, merkezleri, yükseklikleri, yük taşıma kapasiteleri ve dolayısıyla biçimlerine göre farklılıklar gösterir.

Kemerler, biçimlerine göre düz kemer, tudor kimeri, yüksek sivri kemer, ovital kemer, basit sivri kemer, şişkin kemer, beşik kemer, sepet kulpu kemer, beş merkezli sepet kulpu kemer, basık kemer, abanık (rampa) kemer, mızrak-ucu kemer, üçgen kemer, bursa kimeri, kalkık kemer, atnalı kemer, köşeli kemer, üç dilimli kemer, beş dilimli kemer, armudi kemer, ters eğmeçli kemer , kaşkemer, yıldız (zigzaglı) kemer, ovital kemer gibi isimler alır (Şekil 2.14).



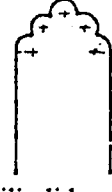
basık kemer



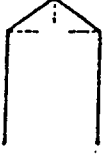
yıldız kemer



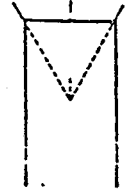
ojival kemer



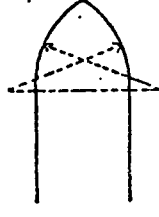
beş dilimli kemer



kırık kemer



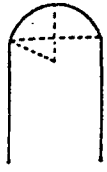
düz kemer



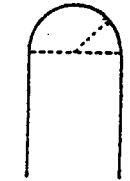
yüksek sivri kemer



ojival kemer



şişkin kemer



beşik kemer



sepet kulpu kemer



abanık kemer



mızrak ucu kemer



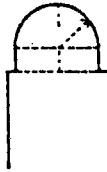
üçgen kemer



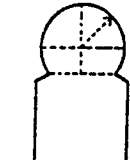
üçgen kemer



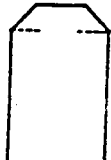
bursa kemeri



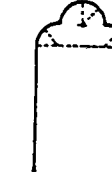
kalkık kemer



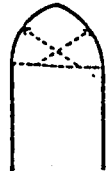
at nalı kemer



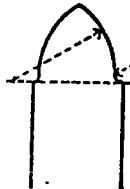
köşe kemer



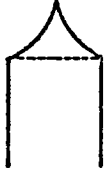
üç dilimli kemer



basık şişri kemer



armudi kemer



ters eğmeçli kemer



kaş kemer

ŞEKİL 2.14 Kemer türleri (Hasol, 1993, s. 247)

2.1.4.2 Tonoz

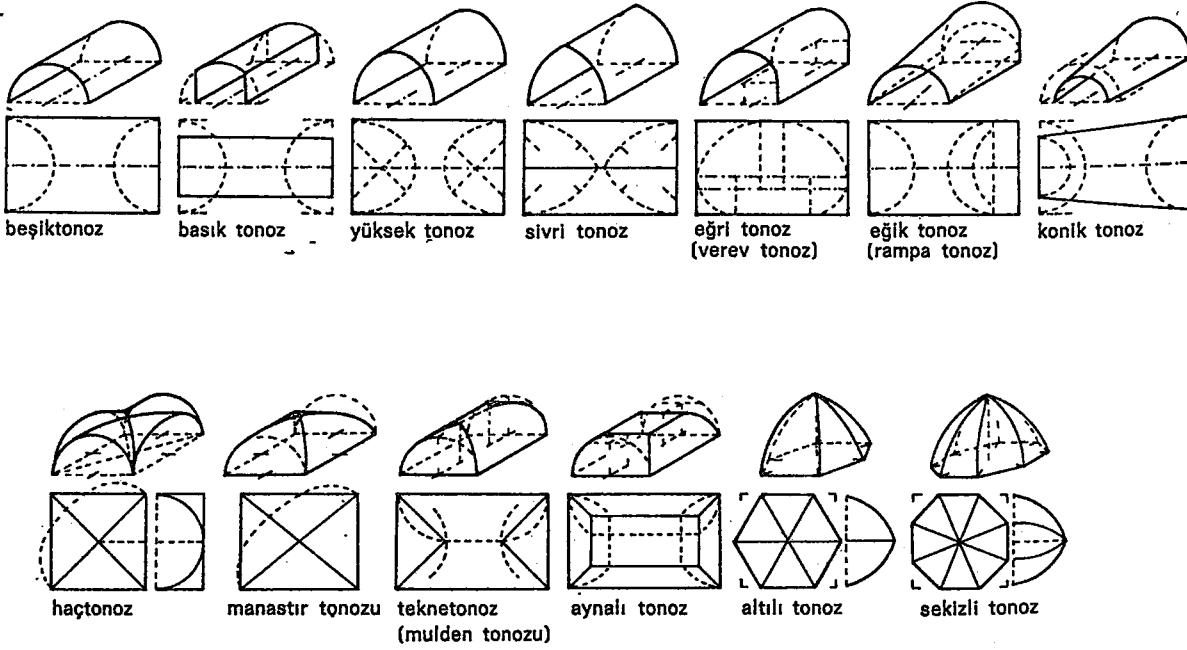
“Bir kemerin kendi düzleminde, dik doğrultuda ötelenmesi sonucu meydana gelen bir mekan örtü sistemidir” (Çamlıbel , 1984, s. 24).

Geleneksel yapılarda tonozlar, genellikle dikdörtgen planlı mekanların örtülmesinde kullanılmıştır. Tonozların mesnet noktalarında ise yük aktarma elemanı olarak sürekli taşıyıcılar (duvarlar) kullanılmıştır.

Kavis şekline göre tonozlar değişik isimler alır. En basit tonoz türü, enine kesiti yarım daire şeklinde olan beşik tonozdur. Beşik tonozun türevleri olan diğer tonoz türleri ise basık tonoz, yüksek tonoz, sivri tonoz, eğri tonoz, eğik tonoz ve konik tonozdur (Şekil 2.15).

İki beşik tonozun dik olarak kesişmesinden meydana gelen tonoz tipi, çapraz veya haçvari tonoz olarak adlandırılır. Bu tür tonozun en önemli özelliği, mekan örtü yüklerinin köşelerde toplanmasıdır. Çapraz tonozun taşınabilmesi için beşik tonozlarda olduğu gibi sürekli taşıyıcılara gerek yoktur, yükler, sütun ve ayaklar tarafından taşınmaktadır.

Beşik ve çapraz tonoz türleri dışında manastır tonozu, tekne tonozu, aynalı tonoz, altılı tonoz, sekizli tonoz gibi çeşitli şekillerine de rastlanmaktadır (Şekil 2.15).



ŞEKİL 2.15 Tonoz türleri (Hasol, 1993, 450)

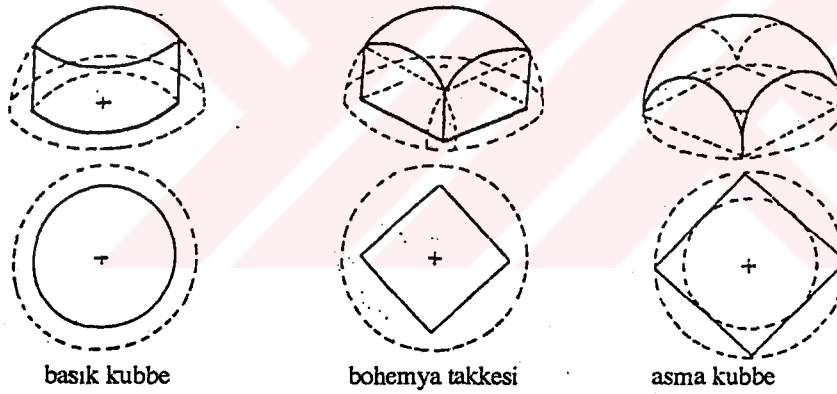
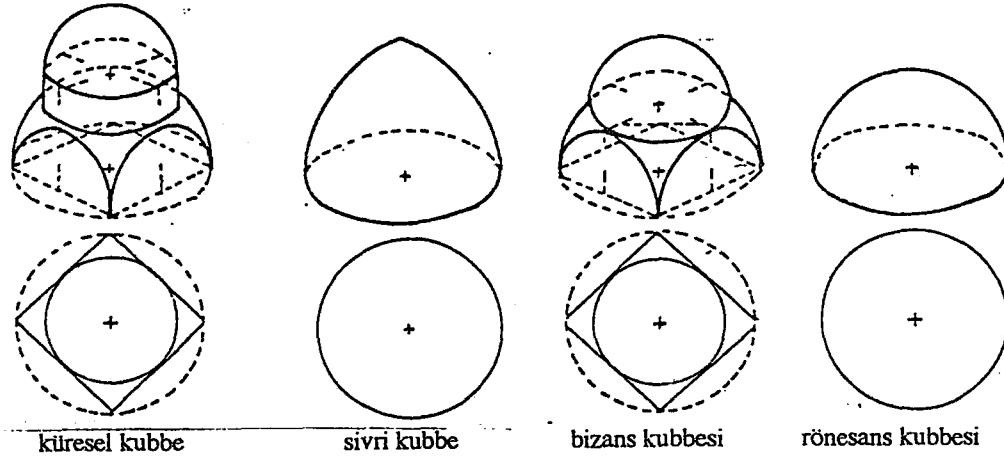
2.1.4.3 Kubbe

“Kubbe, bir kemerin yayının, tepe noktasından inen dik eksenin çevresinde dönmesi ile meydana gelir” (Hasol, 1993, s. 277). Başka bir deyişle, bir kemerin simetri eksenini etrafında dönmesi ile oluşan örtü türüdür.

Kubbeler; kare, çokgen ya da dairesel planlı mekanları örtmek amacıyla kullanılmıştır.

Bişimlerine göre kubbeler; sivri kubbe, küresel kubbe, basık kubbe, soğan kubbe, bohemya takkesi, asma kubbe (yelken tonozu), Bizans kubbesi, Rönesans kubbesi gibi isimler alır.

Yapım tekniklerine göre kubbelerin bindirme (yalancı) kubbe, kaburgalı kubbe, dilimli kubbe, tamburlu kubbe, çift çeperli kubbe gibi çeşitlerine rastlanmaktadır (Şekil 2.16).



ŞEKİL 2.16 Kubbe türleri (Hasol, 1993, s. 278)

2.1.5 Geçiş Elemanları

Dairesel kesitli olan kubbenin kare planlı bir yapıya uyum sağlaması için geçiş elemanlarına gerek duyulmuştur. Geçiş elemanı olarak; tromp (tonoz mesnet), pendentif (küresel mesnet) ve türk üçgeni kullanılmıştır.

2.1.5.1 Tromp

“Tromp, kare planlı bir hacim üzerine oturan kubbenin köşelerindeki mesnetlerini oluşturmak için, hacmin köşelerine yerleştirilmiş diagonal biçimde bir baş kemer (kafa kemeri) ve bununla köşe arasını dolduran konik bir tonoz parçasından oluşur” (Çamlıbel, 1984, s. 28).

İslam mimarisinde dekoratif olarak kullanılmıştır.

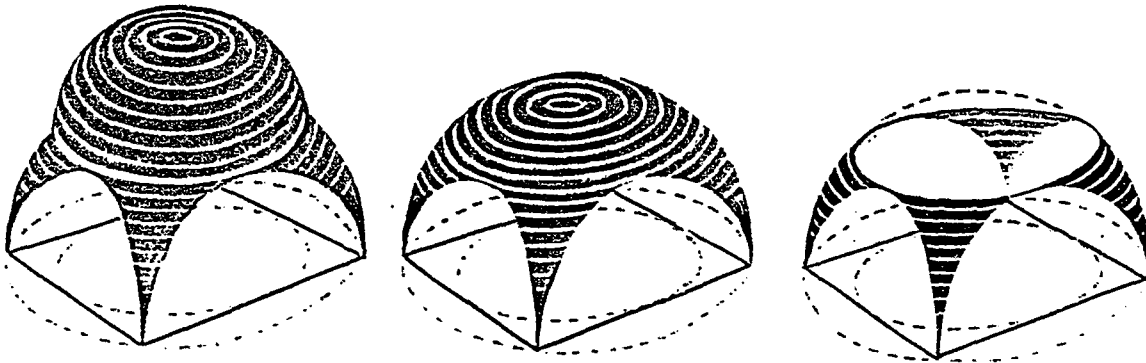
2.1.5.2 Pandantif

“Bir kubbeyi taşıyan kemerler ile kubbe kaidesinin arasını kapatan ve kare bir plandan kubbenin dairesel kaidesine geçmeyi sağlayan küresel üçgen; küresel üçgen bingi, bingi” (Hasol, 1993, s. 345).

Üst örtünün biçimine bağlı olan pandantifin geometrik tasarımı iki şekilde olabilir:

Kubbenin çapı ile aynı çaplı bir küresel üçgen ve kubbenin örttüğü karenin dışında çizilen daire çapında bir küresel üçgen şeklinde olabilir (Şekil 2.17).

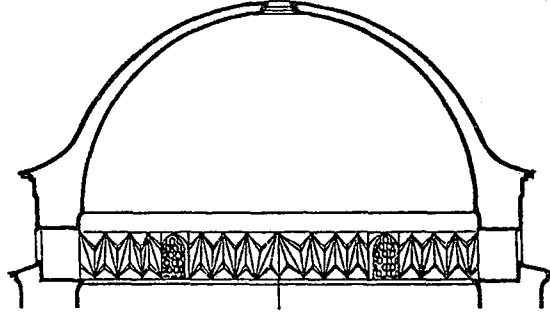
Birinci durumda, pandantif ile kubbe sürekli bir yüzey oluşturmalarından dolayı üst örtünün uzantısı olarak görülebilir. İkinci durumda ise, pandantif örtüden ayrılmıştır ve alt yapının bir uzantısı olmuştur.



ŞEKİL 2.17 Pandantif (Mansbridge, 1967, s. 78)

2.1.5.3 Türk Üçgeni

Duvar ile kubbe arasında, strüktürel ve dekoratif amaçlı kullanılan üçgenlerden oluşan geçiş elemanıdır (Şekil 2.18).



ŞEKİL 2.18 Türk Üçgeni - Bursa'da Şehzade Sultan Mustafa- Cem Türbesi (Hasol, 1993, S. 463)

2.1.6 Bağlantı Elemanları

Bir yapının çeşitli öğelerini birbirine bağlayarak yapının stabilitesini artırmak amacıyla kullanılır. Bunlar, şekillerine ve kullanıldıkları yere göre değişik isimler alır.

2.1.6.1 Kenetler

“Kenet, iki sert cismi birbirine bağlamak için kullanılan çoğunlukla 5-8 mm. kalınlığında ve 50-60 mm. enindeki lama demiridir” (Hasol, 1993, s. 249). Çeşitli şekillerde (çatalı, kuyruklu) bükülerek elde edilir ve taşları bağlamakta kullanılır.

İşleve göre üç ayrı tipte kenet bulunmaktadır:

Taşı taşı bağlayan kenetler,

Taşı mermere bağlayan kenetler ve

Ahşabı taşı bağlayan kenetler.

2.1.6.2 Zıvanalar

“Zıvanalar, taşları birbirine tutturmakta kullanılan 4-5 cm. boyunda, 1x1 cm. veya 2x2 cm. kesitinde demir parçalardır” (Hasol , 1993, s. 494).

Taşlar arasında düşeyde ve eğik düzlemlerde bağlantı sağlamak amacıyla kullanılır. Genellikle, sütunlar, kemerler, minareler, söveler ve saçak silmelerinde kullanılmıştır. Bunların uçları, alttaki ve üstteki taşlara açılan oyuklara konulur ve kurşun dökülerek sabitlenir.

2.1.6.3 Gergiler

“Gergi, açılmaya çalışan iki yapı ögesini bağlayarak, bunların açılmasını önleyen ahşap veya çelik çekme kabuğuna denir” (Hasol, 1993, s. 178).

Gergiler işlevine göre iki bölümde incelenebilir:

Açıklık gergileri: Bir açıklığın iki tarafında yer alan düşey taşıyıcı elemanları birbirine bağlamak amacıyla kullanılır. Kullanım yerlerine göre; kemer gergiler, tonoz gergiler gibi türlerine rastlanmaktadır.

Duvar gergileri: “ Duvar içinde yer alan ve bir çerçeve oluşturmadan bir duvarı kendisine dik konumda bitişen bir diğer duvara bağlayan tekil demir öğelerdir” (Tanyeli, 1990, s. 54).

Duvar konstrüksiyonu içine yerleştirilmiş olan gergi, yapının bir köşesini diğer köşesine bağlamaktadır. Eğer sadece bazı köşeler bağlanmış ise, strüktürel demir öğeler sadece bulundukları yapı parçasını berkiteceklerdir.

Kenetler, zıvanalar ve gergiler haricinde bağlantı elemanı olarak kirişler, mesnetleme sistemleri ve kuşaklamalar kullanılmıştır.

Kirişler: Taşıyıcı konstrüksiyon içinde yer aldıkları bölgenin, ayakta kalmasını sağlayan taşıyıcılardır. Bunlar genelde merdivenleri taşıyan limon kirişleri, döşeme kirişleri ve örtü sistemini taşıyan kirişleridir.

Yardımcı kirişler ise kendi kendini taşımakta olan bir yapı elemanını, önlem olarak veya sağlamlaştırmak için kullanılan yardımcı bileşenleridir.

Mesnetleme Sistemleri: Taşıyıcı sistem öğelerinin yük aktarımının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için belirli noktalarda taşıyıcı elemanların mesnetlenmesi gerekmektedir. Üç tür mesnetleme sistemi bulunmaktadır:

Yalın Mesnetleme: Demir gergi çubuğunun ucunun 90° kıvrılarak, taş bloğu üzerinde açılan yuvaya sokulmasıdır. Yuva kurşunla doldurularak uç kesiminin sabitlenmesi sağlanmaktadır.

Simitli Mesnetleme: Demir bileziklerin, konstrüksiyon içine yerleştirilmesine denir. Gergi ve kuşaklama elemanlarının uçları "L" biçiminde bükülerek, bunun içine sokulmakta ve arada kalan boşluklar eritilmiş kurşun ile doldurulmaktadır.

Kılıçlı Mesnetleme: "Gergi demirinin, ya da kuşaklama ögesinin ucunda bırakılan bir delikten geçen kılıç bir demir çubuk aracılığı ile, konstrüksiyona ankastre edilmesi yöntemidir" (Tanyeli, 1990, s. 77). Üç tür kılıçlama sistemi bulunmaktadır: Gizli kılıçlı, açık kılıçlı ve yarı gizli kılıçla mesnetleme sistemleri.

Kuşaklamalar: "Gergi demirleri, birbirine eklenerek yapının köşelerini bağlayan kapalı bir sistem çember oluştuğunda kuşaklama denilen berkilme türü ortaya çıkmaktadır" (Tanyeli, 1990, s. 80). Kuşaklamalar, yapıdaki konularına göre alt yapı kuşaklamaları ve üst örtü kuşaklamaları olarak ikiye ayrılır.

Alt Yapı Kuşaklamaları: Ana taşıyıcı sistemini oluşturan ayak ve duvarlar gibi düşey taşıyıcıları birbirine bağlayan çemberlerle, alt yapı kuşaklaması sağlanmaktadır. Bu uygulama, alt yapıda oluşabilecek deformasyonları önlemek amacıyla yapılmaktadır.

Üst Örtü Kuşaklamaları: “Yarım küre biçimindeki bir kubbe merkezinden geçen düşey doğrultu ile 52° lik açı yapan noktaların belirlediği düzlemin üstü; basınç bölgesi, altı ise; çekme bölgesidir” (Çamlıbel, 1984, s. 44). Kargir, basınca dayanıklı bir malzeme olduğundan üst basınç bölgesinde sorun yoktur. Çekme bölgesinde ise kargirin çekme gerilmelerine karşı dayanıksız olmasından dolayı kubbede ışınsal çatlaklar meydana gelebilmektedir.

“Bu iki bölge arasında uzunluğu hiç değişmeyen bir enlem bulunmaktadır ki bu, kırılma çizgisi olarak tanımlanır” (Türkçü, 1990, s. 88). Bu kırılma hattı, basınç bölgesi ile çekme bölgesi arasındaki sınırdır. Burada, ne basınç ne de çekme vardır.

Çekme bölgesinde meydana gelebilecek hasarların önlenmesi “kırılma çizgisine” yerleştirilen çemberler aracılığıyla sağlanır.

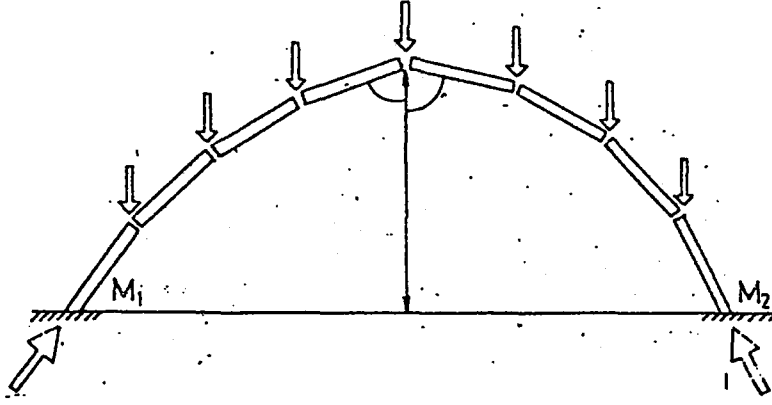
2.2 Strüktürü Oluşturan Öğelerin Yükler Karşındaki Davranışları

Geleneksel taşıyıcı sistemi oluşturan öğelerden biri olan düşey taşıyıcılar (sütun ve ayaklar) basınca çalışan elemanlardır. Bundan dolayı, malzeme özelliğine bağlı olarak kesitlerde basınç gerilmeleri oluşacak şekilde biçimlendirilmiştir. Taşıyıcı sistemin diğer bir parçası olan mekan örtü elemanlarından, kemer ve tonoz da basınca çalışmaktadır. Kubbenin ise üst bölgesinde basınç, alt bölgesinde çekme kuvvetleri oluşur. Ayrıca, bir yapı sürekli olmayan rüzgar ve deprem yükleri dışında, sürekli olarak düşey yükler etkisindedir. Bu yükler yapıdaki detay malzemeleri ile, taşıyıcı sistem malzemelerinin ağırlıklarının toplamıdır. Yapıyı etkileyen bu yüklerin yönleri, yerçekimi doğrultusu ve yönündedir.

2.2.1 Kemerlerin Yükler Karşısındaki Davranışları

Dairesel, eliptik veya parabolik bir eğri parçası olan kemer, gelen bütün kuvvetlerin kemer mesnetlerine iletilmesini sağlamaktadır. Kemer üzerine gelen yükler, kemerin en üst noktasında bulunan kilit taşı (anahtar taşı) tarafından alınarak her iki tarafında bulunan diğer kemer elemanlarına iletilir. Bu yükler, kemer elemanları tarafından birbirine iletilerek, kuvvetlerin mesnet noktalarına aktarımı sağlanır (Şekil 2.19). Mesnet noktalarından ise, yükler düşey taşıyıcılara aktarılmaktadır. Buraya ulaşan yüklerin

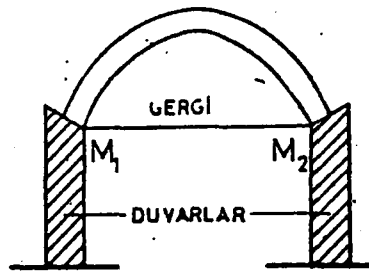
doğrultuları eğiktir, ayakların ise bu durumdan etkilenmemesi için mesnet noktaları birbirine gergiler ile bağlanmaktadır. Bağlanması istenilmeyen durumlarda ise duvarlar payandalar ile desteklenmektedir.



ŞEKİL 2.19 Kemerlerin yük aktarma şekli (Çamlıbel, 1984, s.37)

2.2.2 Tonozların Yükler Karşısındaki Davranışları

Tonoz, bir kemerin kendi düzlemine dik doğrultuda ötelenmesi sonucunda meydana gelmektedir ve enine kesiti de bir kemerdir. Dolayısıyla tonozun yükler karşısındaki davranışları kemerin yük taşıma mekanizmasına benzemektedir. Tonoz kendi ağırlığının yanı sıra, üzerindeki kaplama yüklerini de taşımaktadır. Kemerlerde olduğu gibi, tonozların eksenine paralel kesitlerinde de basınç gerilmeleri oluşmaktadır. Bu gerilmeler, tonoz malzemesi tarafından karşılanmaktadır. Tonoz mesnet noktalarında oluşan yanal kuvvetler gergiler, temellere doğru kalınlaştırılmış duvarlar veya payandalar yardımı ile taşınmaktadır (Şekil 2.20).



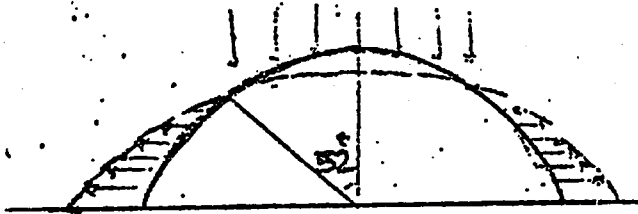
ŞEKİL 2.20 Kemer duvarı kalınlaştırılarak ve gergi ile desteklenmiş kemerler (Çamlıbel, 1984, s. 42)

2.2.3 Kubbenin Yükler Karşıısındaki Davranışları

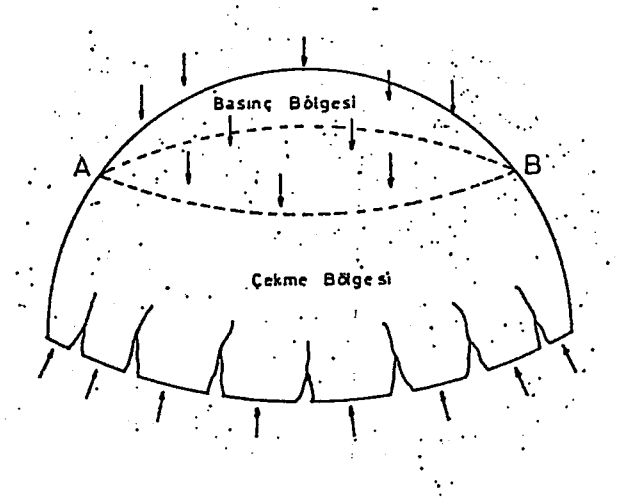
Küre, elipsoid veya paraboloid parçası olan kubbe, kendi ağırlığı ve kar yükleri gibi düşey kuvvetleri, yanal doğrultuda mesnetlere taşımaktadır.

Kubbenin merkezinden geçen düşey doğrultu ile 52°'lik bir açının kapadığı AB düzlemi üzerindeki bölümün her noktasında basınç gerilmeleri oluşmaktadır. Alt bölgede ise çekme kuvveti meydana gelmektedir (şekil 2.21). “İki bölge arasında uzunluğu hiç değişmeyen bir enlem bulunmaktadır ve bu “kırılma çizgisi” olarak adlandırılmaktadır” (Türkçü, 1990, s. 88). Kırılma çizgisinde basınç da çekme kuvveti de yoktur (şekil 2.22).

Taş malzeme basına karşı dayanıklıdır, fakat, çekme kuvvetine karşı dirençli değildir. Kırılma çizgisinin altında bulunan bölgede, çekme kuvveti etkisiyle çatlaklar oluşabilmektedir. Bu çatlaklara önlem olarak, kırılma çizgisinin bulunduğu düzlem gergiler ile desteklenmektedir.

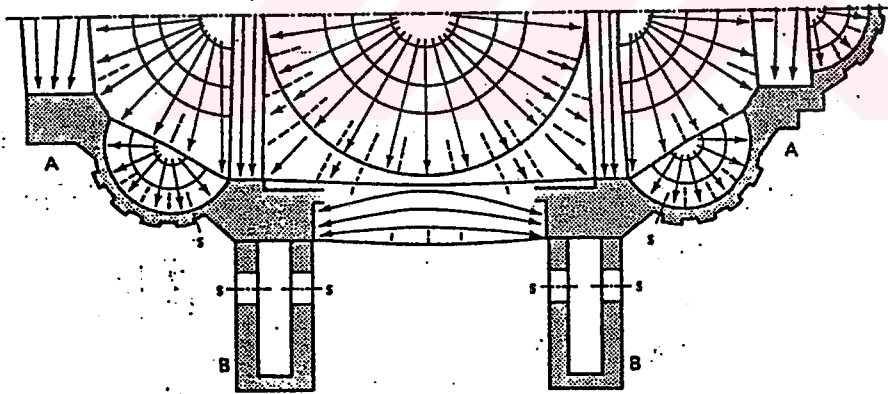


şEKİL 2.21 Kubbenin yük taşıma şekli (Türkçü, 1990, s. 86)



ŞEKİL 2.22 Kubbenin kırılma çizgisi (Çamlıbel, 1984)

Kubbe ayakları mesnet yüklerinin düşey bileşenlerini kemerlere iletir. Yanal yükler ise, kemer düzlemlerine dik doğrultulara yerleştirilmiş yarım kemerler veya Ayasofya'da olduğu gibi payandalarla alınır (Şekil 2.23). Yarım kubbelerde, yine kemer ve duvarlarla desteklenerek, yükler temellere iletilir.



ŞEKİL 2.23 Ayasofya ana kubbesinin yük aktarma şekli (Mark, 1992, s. 82)

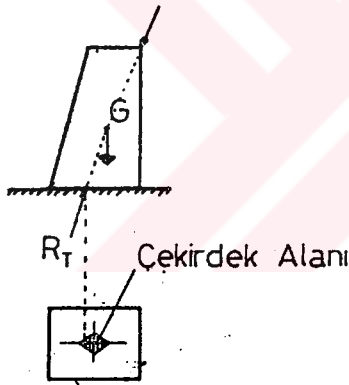
2.2.4 Düşey Taşıyıcıların Yükler Karşısındaki Davranışları

Tonoz ve kemerlerin mesnet yükleri, sürekli taşıyıcılar olan duvarlar tarafından karşılanmaktadır. Kemer mesnetlerini oluşturan diğer taşıyıcılar ise ayak ve sütunlardır. Düşey taşıyıcıların kesitlerinde sadece basınç gerilmeleri oluşmaktadır. Tonoz ve

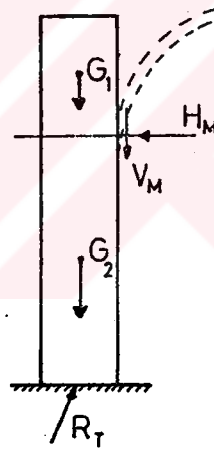
kubbeler tarafından duvarlara iletilen yükler düzgün yaylı olarak aktarılmaktadır. Bunların eğimli olarak duvara iletilmesinden dolayı, geleneksel taş yapılarda duvar kesitleri geniş yapılmıştır.

İç mekanı aydınlatmak için açılmış olan boşlukların (pencere), duvarı zayıflatmasını önlemek ve desteklemek için, belirli aralıklarla yerleştirilen payandalar kullanılmıştır.

Bu payandalar, kemer etkilerinin, düzenlenen destek ağırlıkları ile destek kesitlerinin (çekirdek alanı) içinde kalmasını sağlar. Böylece kesitler içinde sadece basınç gerilmeleri oluşur (Şekil 2.24). Ayaklar ise tekil yükler etkisi altındadır. Bunlar, ağırlık kuleleri ile desteklenerek, yüklerin çekirdek alan içinde kalması sağlanır. Böylece kesitte sadece basınç gerilmesi oluşmaktadır (Şekil 2.25).



ŞEKİL 2.24 Duvarlarda yüklerin iletilmesi (Çamlıbel, 1984, s.54)



ŞEKİL 2.25 Ayaklarda yüklerin iletilmesi (Çamlıbel, 1984, s.54)

III. BÖLÜM

TAŞ YAPILARIN BOZULMA NEDENLERİ

Taş yapıların bozulma nedenleri iki ana başlık altında incelenecektir. Bunlar, dış etkenler (yapı dışındaki faktörler) ve iç etkenler (yapı bünyesinden kaynaklanan sorunlar) dir.

3.1 Dış Etkenler

Dış etkenler, doğal etkenler ve insanların verdiği zararlar olarak sınıflandırılmıştır.

3.1.1 Doğal Etkenler

Bunlar; doğal afetler, çevresel etkenler, biyolojik kökenli etkenler, deprem, toprak kayması, rüzgar, biyolojik kökenli etkenler, suyun ve ısısal hareketlerin verdiği zararlardır.

3.1.1.1 Deprem

Geleneksel taş yapılar rijit yapılar olup, özağırlıkları çok büyüktür. Yapılar esnek olmadıkları için deprem ile gelen ek yatay yükler karşısında büyük zararlar görebilmektedir. Depremlerin yapılarda oluşturduğu zararlar; titreşim ivmesine, hızına veya gücüne göre değişmektedir. Yani depremin şiddeti arttıkça hasar oranı da artmaktadır. Deprem sonucunda yapıyı oluşturan tüm öğeler zarar görebilmektedir. Bunlar, boşluk çevrelerinde, duvar köşelerinde ve örtü elemanlarında oluşan çatlaklardır. Ayrıca; kemer, tonoz ve kubbe gibi örtü elemanlarının merkezden kaymaları gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Depremin şiddetine göre, kısmi veya tüm olarak yapı yıkılabilir.

“İstanbul, tarihte büyük depremler yaşamış ve çok sayıda anıt, depremlerden büyük zarar görmüştür. 1509 tarihinde olan ve “küçük kıyamet” diye adlandırılan depremde İstanbul'daki tüm camilerin minareleri yıkılmış, İstanbul Surlarının büyük bölümü yerle bir olmuştur. 1766 ve 1894 depremleri de İstanbul'da hem dini, hem sivil mimarlık örneklerinin büyük oranda yıpranmalarına ve yok olmalarına neden olmuştur” (Gezer, 1963, s. 327). Buradan da görüldüğü gibi depremler insanlar için olduğu gibi yapılar içinde bir felaket anlamına gelmektedir.

3.1.1.2 Toprak Kayması

Yapı altındaki zemin koşullarının, çevre etkileriyle değişmesi sonucunda zemin taşıma gücü azalarak oturmalar oluşmaktadır. Bu oturmaların belirli limitleri geçmesi durumunda taşıyıcı sistemde hasarlar meydana gelmektedir. Bunlar, taşıyıcı sistemin stabilitesinin bozulması veya çatlaklar olarak ortaya çıkmaktadır. Temeldeki hareketlerin belirli sınırları aşması durumunda ise, yıkılmalar meydana gelmektedir.

3.1.1.3. Rüzgar

Rüzgarın şiddetine göre yapı üzerindeki hasar derecesi de değişmektedir. Rüzgar, özellikle deniz tuzu ve kumlarla birlikte etkidiğinde cephelerde hızlı ve ciddi yüzey aşınmalarına neden olmaktadır. Aynı zamanda, rüzgarın taşıyarak getirdiği ve çatılara, duvar oyuklarına, boşalmış derzlere yerleştirdiği tohumların gelişmesi ile birçok bakımsız binanın cephesinde bitkilerin yeşerdiği gözlemlenebilir.

Rüzgarın şiddeti artıp fırtınaya dönüştüğünde ise, yapılara verdiği zararlar da ciddi anlamda artmaktadır. Fırtına, çatlakların oluşumuna, ciddi ve derin aşınmalara yol açtığı gibi, bazı yapı parçalarının (çatı) uçmasına veya yıkılmasına da neden olabilmektedir.

3.1.1.4 Biyolojik Kökenli Etkenler

Eski yapıların üzerinde tahribat yapan biyolojik kökenli etkenler: alg ve likenler, yosunlar, mantarlar, bakteriler, kuşlar, sarmaşıklar ve bitki kökleridir.

Alg ve likenler: Genellikle nemli yüzeyler üzerinde yaşarlar; bulundukları ortamdaki malzemelerin her zaman nemli kalmasına, aynı zamanda yapının nem oranının yükselmesine neden olurlar. Alg ile kaplı duvarların nem oranı her zaman kritik seviyenin üstündedir. Alg ve liken ile birlikte oluşan mikroorganizmaların varlığı nemin sürekliliğini sağlayan etkenlerden biridir. Nem oranının yüksekliği de yapı bünyesinde bozulmalara neden olmaktadır.

Yosunlar: Üremek için nemli ve pürüzlü yüzeyleri tercih ederler. Bulundukları kısımlarda kir ve leke bırakarak yapı malzemesinin bozulmasına neden olur.

Mantarlar: Genellikle nemli ortamlarda üremektedir. Varlığını sürdürebilmek için organik besin maddesine gereksinim duyarlar. Mantarlar, oksanik ve sitrik asit gibi organik asitler oluşturur. Bu organik asitler, kireç taşının ana içeriği olan kalsiyum karbonatı eritip taşla zarar verebilmektedir.

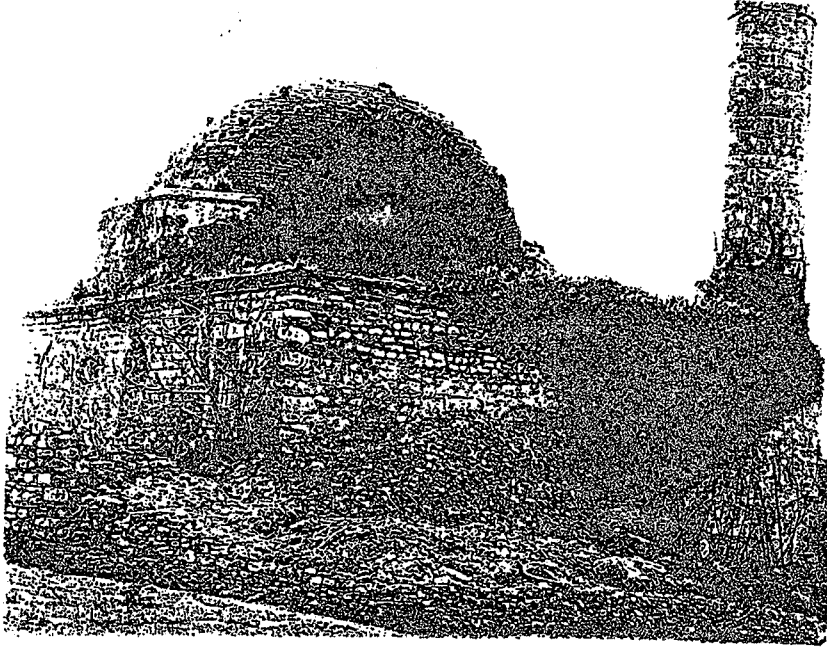
Bakteriler: Her taş yüzeyinde görülmekle birlikte, özellikle büyük gözenekli taşlarda rastlanan bakteri salgını, kirli havanın nemle birleşmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu bakteriler, ürettikleri enzimlerle taşların yüzeyinin bozulmasına neden olur.

Kuşlar: Yumuşak yapıya sahip taşlara, gagaları ile delerek zarar verirler.

Sarmaşıklar: Taş malzemenin aralıklarına girerek malzemenin ayrışmasına neden olur.

Bitki Kökleri: Yapı çevresindeki ağaçlar, temellerde oturmaları ve dolayısıyla çatlaklara neden olabilmektedir (Şekil 3.1).

Özellikle killi zeminlerde, kavak ve söğüt gibi bazı ağaçlar kökleri ile topraktan, (özellikle kurak geçen yaz mevsimlerinde) çok miktarda su çekerek zeminin sıkışmasına neden olmaktadır. Bu durum, temellerde oturmaları neden olmaktadır. Burada önemli olan, ağacın yüksekliği ve binaya olan uzaklığıdır. Çünkü, ağaç büyüdükçe kökleri de büyük, daha derin ve geniş bir zemin bölümünden su toplamaya başlar. Eğer, ağacın sık sık budanıp büyümesi önlenirse, kökleri de az gelişeceği için zeminden su alma miktarı azalacak ve temellerin etkilenmesi önlenecektir.



ŞEKİL 3.1 Bitki köklerinin verdiği zararlar - Karagöz Camii (İşli, 1996, s. 51)

3.1.1.5 Suyun Etkileri:

Yağmur Suyu

Kar veya yağmur şeklinde olan yağışlar, çatıdan, duvardan ve (yapının yanında birikip kapillerite ile) zeminden yapıya girerek yapıyı etkiler. Yağışların verdikleri zarar; yağış miktarına, süresine, rüzgar basıncına ve suyun giriş açısına göre değişmektedir.

Çatı örtüsü veya duvar elemanlarından biri ciddi bir şekilde yıpranmışsa, yağmur sularını içine alarak yapının ciddi bir şekilde hasar görmesine neden olur.

Dış cephedeki çatlaklar yapının yağışlardan noktasal olarak etkilenmesine neden olmaktadır. Bu şekilde, duvar içine ulaşan su, malzemenin ve dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanlarının ayrışmasına neden olur.

Kar ve Don

Kar, çatı örtüsünde uzun süre kaldığında ağır yük oluşturacağı için taşıyıcılık açısından tehlikeli olabilmektedir.

Değişik yollarla malzemenin gözenekleri ve kılcal borularına ulaşmış suyun donması ile hacmi % 10 artmaktadır. Bu durumda gözenek duvarlarında basınca neden olarak hasar oluşturmaktadır. Bunlar kırılma, pullanma (spalling) ve taş damarları boyunca tabakalar halinde çatlamalar şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Zemin Suyu

Zeminden yükselen nemin yapı üzerindeki etkileri, zemin suyu seviyesi ve yapı temellerinin konumuna bağlı olarak değişmektedir.

Zemin suyunun, toprağın tuzlarını çözerek bunu yapı elemanlarının içine taşıması ve buharlaşma bölgesine kadar iletmesiyle, diğer su etkilerine göre daha ciddi hasarlar oluşmaktadır. Bu tuzlar, sürekli olarak buharlaşma bölgelerinde gözenekler içinde birikerek büyüyen kılcal çatlaklara neden olmaktadır.

Zemin suyunun tarihi yapılar üzerindeki hasar biçimini etkileyen diğer bir faktör zemin türüdür. Yeraltı su seviyesinin değişik etkenler sonucunda alçalması ve yükselmesi zemin türüne bağlı olarak yapılarda hasarlara neden olmaktadır. Bu durumdan daha çok yumuşak zemin türleri etkilenmektedir.

Yeraltı suyunun alçalması sonucu, zemin tabakaları yeniden oturmaya başlar. Bu oturmaların belirli değerlere ulaşması sonucu yapıda çatlaklar oluşmaktadır. Yeraltı su seviyesinin yükselmesi sonucunda ise, zemin doymuş hale gelerek yumuşamakta ve kayma direncinin azalması ile taşıma gücü de azalmaktadır.

Zeminin taşıma gücünün azalması yapılarda kısmi çökmelere neden olmaktadır. Bu oturmaların, belirli sınırları aşması durumunda yapılarda değişik boyutlarda düşey çatlaklar oluşmaktadır.

3.1.1.6 Isı Hareketlerinin Etkileri

Isısal Genleşme

Açık havada bulunan taş yapılar, iklimsel faktörlerden dolayı (gece-gündüz, mevsimler) sürekli ısı farkı etkisine maruz kalırlar . Taş malzemelerde oluşan tahribat türleri genelde taş iç yapısındaki farklı kristaller arasında meydana gelen ısısal genleşmeler sonucu oluşan çatlaklardır. “Taş türleri arasında yüksek ısı genleşme katsayısına sahip olan; kumtaşı ve genleşme limitleri değişkenlik gösteren; mermer, en fazla tahribata uğrayabilecek taş türleridir” (Eriç, 1986, s. 24).

Taş yapısında kristaller arasındaki farklı genleşmelerin yol açtığı bir bozulma olan çatlaklar, diğer fiziki olayların da etkisi ile (yağmur,don) süreklilik kazanır. Isı farkları strüktür içinde bağlayıcı elemanlar olarak kullanılmış metal elemanları da etkilemektedir. Taşların arasına yerleştirilmiş olan bu metal bağlantı elemanları, ısısal genleşme ve korozyondan etkilenecek taşın parçalanmasına neden olmaktadır. “Yıldız Sarayı hususi daire pencerelerinin üzerindeki bütün yapıyı çevreleyen yatay çatlaktan burada bağlayıcı hatıl olarak putrel kullanıldığı ve bunun paslanarak şişip duvarı patlattığı anlaşılmaktadır” (Binan, 1986, s. 34). Bu metal malzemeler, yapılarda kullanılmadan önce epoksi reçineler ile izolasyonu sağlanmalıdır.

Güneş Etkisi

Güneş ışınları, içinde bulunan alfa ışınlarının etkisi sonucu taşın iç yapısında bozulmalara neden olmaktadır.

3.1.2 İnsanların Verdiği Zararlar

İnsanlar bilinçli veya bilinçsiz olarak yapı üzerinde bazen ciddi boyutlara ulaşan bozulmaların oluşmasına neden olmaktadır. Bunlar hava kirliliği, trafik, turizm, yangın, savaş, terk ve kötü kullanım başlığı altında incelenecektir.

3.1.2.1 Hava Kirliliği

Hava kirliliği endüstriyel faaliyetler, kentlerdeki ısıtma sistemleri, motorlu araçların havaya yaymış olduğu gazlar ve her çeşit enerji kullanımı sonucunda açığa çıkan kirleticilerin doğrudan doğruya atmosfere verilmesi sonucunda oluşmaktadır. Hava kirliliğine neden olan SO, NO, CO₂, CO, O₃ gibi kirleticiler, asit yağmurları ve sislerine neden olmaktadır. Bunlar, çeşitli kompleks fiziksel ve kimyasal işlemler sonucunda atmosferde depolanır ve yeryüzüne kuru veya yağ asit depolanması şeklinde taşınır. Sis içindeki asitlerin değişimi yağmur ve karda bulunanlardan daha fazladır.

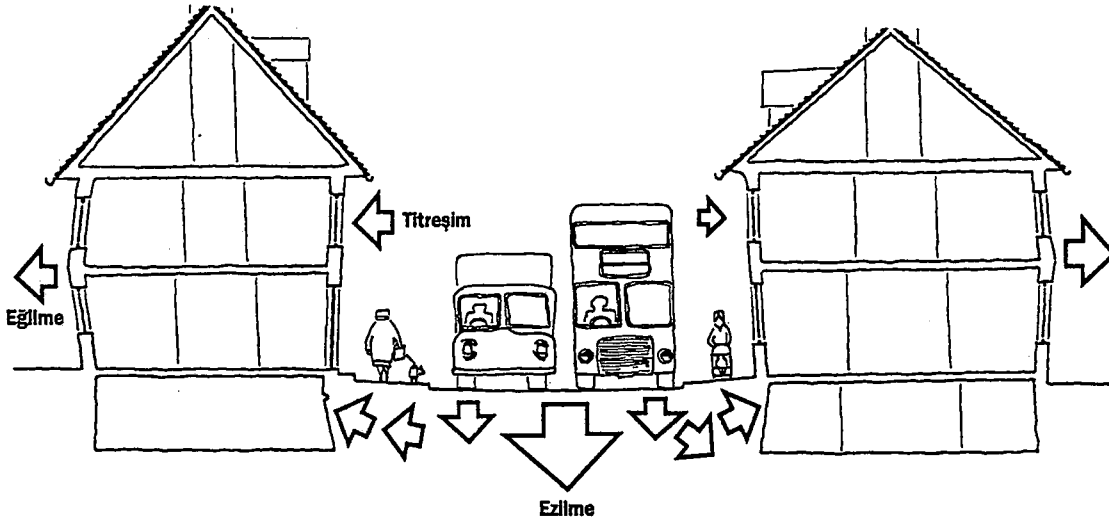
Oluşan bu asitler, taşların yapısının bozulmasına ve tahrip olmasına neden olmaktadır. Asitlerin aşındırıcı etkisi sonucunda, cephelerdeki bezemeler, özelliklerini yitirebilmektedir. Ayrıca, cephelerde oluşan kirli tabaka (kurum) mimari yapıların algılanmasını engellemektedir. Bu tabakanın belirli periyotlarla temizlenmesi gerekmektedir.

3.1.2.2 Trafik

Motorlu araçların çıkardığı zehirli gazlar taşların üzerinde tahrip etkisi olan asit yağmurlarına, oluşturdukları titreşim ile de yapıların yıpranmasına neden olmaktadır.

Eski yerleşimlerde insan ve at arabasına göre düzenlenmiş olan yolların, motorlu araçların kullanılmaya başlamasıyla oluşan titreşimler ve temellere yapılan baskı, hasarlara neden olmaktadır (Şekil 3.2). Bu uygulamadan en fazla zarar gören yapılardan biri İstanbul Boğaz Köprüsü'nün Anadolu yakasındaki ayakları altında kalmış olan Beylerbeyi Sarayı'dır. Bu tür yanlış uygulamalardan bir diğeri ise, Bab-ı Humayun'dan Topkapı Sarayı avlusu içine alınan motorlu araç trafiğidir. Kara trafiği dışında hava, deniz ve yeraltı ulaşım (metro) yolları da tarihi yapılara zarar verebilmektedir.

Tarihi dokuların içine veya yakınına yapılmış olan farklı ölçeklerdeki havaalanları, uçakların yarattığı titreşimler sonucunda sarsıntılara neden olmaktadır. Böyle bir yanlış uygulama örneği Efes Antik Kent Yerleşimine 1 km uzakta yapılmış olan Selçuk Havaalanı'dır.

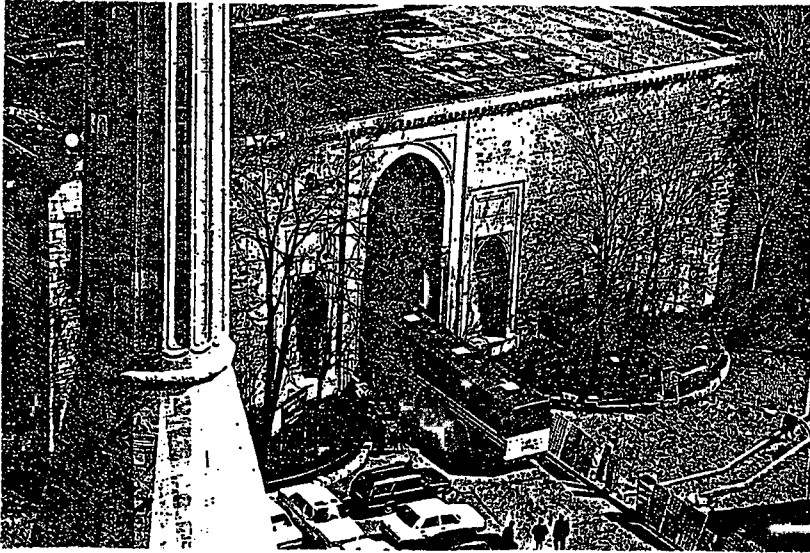


ŞEKİL 3.2 Trafikğin yapılar üzerindeki etkisi (Ahunbay, 1996, s.55)

Diğer bir etken ise, metro çalışmaları sırasında yeraltında açılan boşluklardır. Bu, temel zeminin dengesinin bozulması sonucu oluşan toprak kayması ve oturmalar ile yapılarda büyük zararların meydana gelmesine neden olmaktadır.

3.1.2.3 Turizm

Son yıllarda tarihi çevreye ilginin artması ile birlikte tarihi binalara gelen yoğun ziyaretçi toplulukları aşındırıcı ve strüktürü yorucu olabilmektedir (Şekil 3.3). Bu tür hasarları önlemek amacıyla ziyaretçi sayısına sınırlama getirilip, gezi güzergahları belirlenmelidir.



ŞEKİL 3.3 Topkapı Sarayı Babı Humayun Girişi (Ahunbay, 1996, s.56)

3.1.2.4 Yangınlar

Yangın (yüksek ısı), taş yapılar üzerinde büyük tahribatlara neden olabilmektedir. Bu hasarlar, malzeme ve strüktür ölçeğinde olmak üzere iki şekilde ele alınabilir.

Birincisi, yüksek ısının taşın iç yapısında molekül bağlarının uzaması, elastik modülünün azalması ve kristal sistemin dağılmasına yol açmasıdır. Bu, aynı zamanda da taşın iç yapısında kimyasal değişime neden olmaktadır. Bunun sonucunda da malzemede dökülmeler meydana gelebilmektedir.

Sorun strüktür ölçeğinde incelendiğinde ise taş malzeme ile birlikte kullanılan ahşap ve metal gibi malzemelerin zarar görmesi sonucu taşıyıcı sistem de etkilenmektedir. Taş duvarlarda kullanılan ahşap hatıllar, ahşap döşemeler, çatılar gibi öğelerin yanması sonucunda yapının tamamının etkilenmesi, buna örnek olarak verilebilir.

Taşıyıcı sistem içinde bağlayıcı eleman olarak kullanılan demir öğelerin hacmi, yüksek ısı sonucunda artmakta ve bu da, bulunduğu yerde malzemenin dağılmasına neden olmaktadır.

3.1.2.5 Savaşlar

İnsanların barış isteklerine rağmen savaşlar, canlılar için olduğu gibi yapılar için de felaket anlamına gelmektedir. Bunun en büyük örneklerinden biri olarak, 2. Dünya Savaşı sırasında Avrupa'nın birçok kentinin harabe haline gelmesi gösterilebilir. Bu felaketin en son yaşandığı yerlerden biri de Bosna'dır. 16.yy. Osmanlı Dönemi'ne ait olan Mostar Köprüsü en güzel köprü örneklerinden biridir ve maalesef Sırp bombardımanları sonucunda yıkılmıştır.

Kültür mirasının savaşlar sırasında tahrip ve yok olmasını önlemek amacıyla ülkeler arasında özel anlaşmalar imzalanmalıdır. Çünkü, kültür mirası, tüm dünyanın ortak varlığıdır ve gelecek nesillere aktarılmalıdır.

3.1.2.6 Terk

Bir yapının veya bir yerleşimin terk edilmesi onun yok oluş sürecini hızlandırmaktadır. Terk edilen yapılar bakımsızlıktan dolayı, zamanla (suyun yapı içerisine girmesiyle) yok olmaktadır.

Bu terk edilmişler bir yerleşim ölçeğinde olduğunda tarihi dokular ortadan kalkmaktadır (Şekil 3.4).

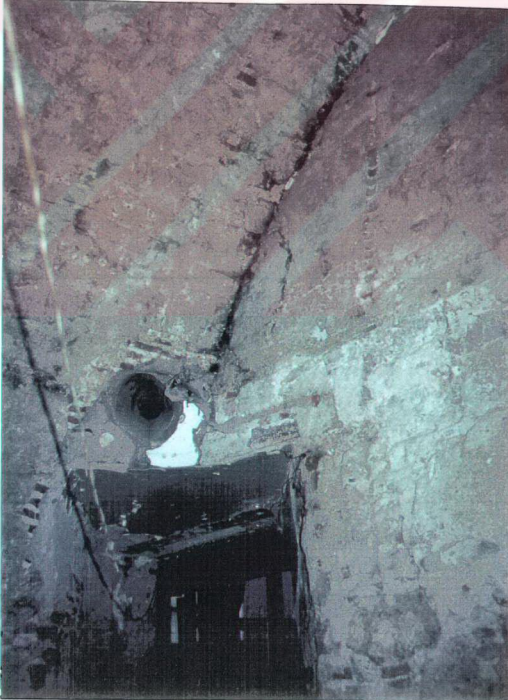


ŞEKİL 3.4 Çatalkaya Köyü - Karaburun

3.1.2.7 Kötü Kullanım

Tarihi yapılara bilinçsizce yapılan müdahaleler veya strüktür sisteminde oluşan aşırı yüklenme sistemin sürekliliğinin bozulmasına neden olmaktadır.

Bu sorunların yaşanmaması için, tarihi yapılara yeni işlevler verilirken, yapının taşıma gücü incelenerek verilmelidir. Örneğin, Efes Antik Tiyatrosu pop müzik konserleri için kullanılmıştır. Bu da onun aşırı yüklemeye ve yüksek volümlü sesin yarattığı titreşimler sonucunda zarar görmesine neden olmuştur. Diğer bir örnek ise, Kemeraltı Başdurak Camii'nde verilen yeni işlev doğrultusunda taşıyıcı sisteme yapılan bilinçsiz müdahalelerdir. Burada kubbe yüklerini temellere aktaran ayak, dükkan sahipleri tarafından arka mekana geçiş sağlamak amacıyla kaldırılmıştır (Şekil 3.5).



ŞEKİL 3.5 Kemeraltı Başdurak Camii

Yapılarda taşıyıcı sistemin bozulmasına neden olan diğer bir etken, onarım aşamasında yapılan yanlış müdahalelerdir. Sorunun nedeni, araştırılmadan yapılan geçici onarımlarla yük dağılım dengelerinin bozulması ve bunun sonucunda daha büyük sorunların oluşmasıdır.

3.2 İç Etkenler

Yapının zemin özellikleri, taşıyıcı sistemdeki hatalar ve malzemenin yanlış kullanımından kaynaklanan hatalar olmak üzere üç başlık altında incelenecektir.

3.2.1 Zemin Özelliklerinden Kaynaklanan Sorunlar

“Zemin, birçok mineral parçacıklarının bir araya gelmesinden oluşmuş bir ortamdır” (Çamlıbel, 1984, s.78). Dane aralarındaki boşluklarda hava ve su bulunmaktadır. Zeminin taşıma gücünü belirleyen dane özelliklerine göre iki tür zemin bulunmaktadır.

Kohezyonsuz Zeminler (Daneli): Birbirinden ayrılabilen danelerden oluşmuştur. Buna örnek olarak kum ve çakıl verilebilir. Bunlar, taşıma gücü az olan yumuşak zeminlerdir.

Kohezyonlu Zeminler (Killi): Birbirinden zorlukla ayrılabilen veya ayrılmayan danelerin oluşturduğu zeminlerdir. Bu zemin, kohezyonsuz zeminlere göre taşıma gücü daha fazla olan bir zemin türüdür.

Zemin stabilitesini bozan en önemli etkenlerden biri yeraltı su seviyesindeki hareketlerdir. Bu hareketler geleneksel yapılarda çok fazla kullanılmış olan ahşap kazıklı temellerin çürümesine neden olmaktadır. Zeminin taşıma gücünün azalması sonucunda ise oturmalar oluşmakta ve dolayısıyla yapı taşıyıcı sisteminin stabilitesi bozulmaktadır.

3.2.2 Taşıyıcı Sistem Tasarımındaki Hatalar

Yapıların taşıyıcı sistem öğelerinde yapılan boyutlandırma hataları, zamanla yataydan ve düşeyden gelen yüklerin karşılanmasında ciddi boyutta sorunlara neden olur. En

kesitlerinin yetersiz olduğu durumlarda hasarlar “şişme” veya yıkılma şeklinde ortaya çıkmaktadır.

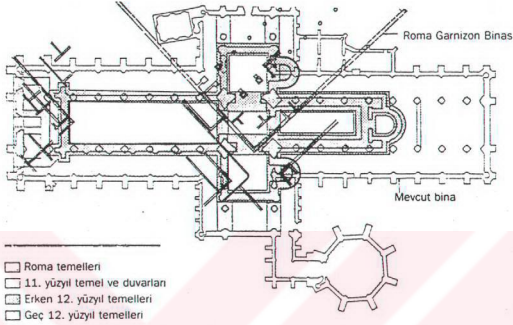
Taşıyıcı sisteminde hatalar olan yapılardan biri İstanbul Ayasofya’dır. İlk tasarımında şimdiki kubbesinden çok alçak bir yelken tonozla örtülen bina, 31m. açıklığında bir kubbeyi destekleyecek payanda düzenine sahip olmadığı ve çok hızlı inşa edildiği için kubbenin etkisi ile yan duvarlarda açılmalar olmuş ve kubbe geçirdiği ilk deprem sonrasında çökmüştür (Şekil 3.6). Ayasofya örnekler bölümünde incelenecektir.



ŞEKİL 3.6 Ayasofya Kubbesi

Diğer bir uygulama ise temel en kesitlerinin üste gelen yükleri karşılayamayacak boyutlarda olması durumunda, taşıyıcı sistemde hasarların meydana gelmesidir. Örneğin, Avrupa’nın en önemli Ortaçağ yapılarından biri olan York Katedralinde bu sorunlar yaşanmıştır. York Katedrali’nin (İngiltere) hasarları incelendiğinde mevcut kilisenin ana kulesinin ayaklarının aynı yerde bulunan Norman dönemi kilisenin duvar

kalıntıları üzerine inşa edildiği anlaşılmıştır (Şekil 3.7). Eski duvarların üstten gelen yükleri karşılamada yetersiz kalmasından dolayı kule ayaklarında oturmalar olmuştur. Bu oturmalar, taşıyıcı sistem dengesini bozarak ciddi boyutlarda çatlakların oluşmasına neden olmuştur.



ŞEKİL 3.7 York Katedrali Planı (Ahunbay, 1995, s. 41)

3.2.3 Kullanılan Malzemeden Kaynaklanan Sorunlar

Taş malzemenin yapısal özelliklerine aykırı kullanılması durumunda, taş malzemenin kendisinde ve dolayısıyla taşıyıcı sistemde bozulmalar meydana gelmektedir.

3.2.3.1 Taşın Yapısal Özelliklerinden Kaynaklanan Sorunlar

Taşın yapı taşı olabilmesi için gerekli fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklere sahip olması gerekmektedir. Tektonik hareketler sonucunda meydana gelen dikey ve yatay boşlukların değişik renk ve bileşimde maddelerle dolması, taşta farklı sertlikteki kısımların meydana gelmesine neden olur. Bu maddelerin tam olarak dolmaması veya yapışmaması sonucunda taşın yapıda kullanımıyla çatlamalar meydana gelmektedir. Açıkta olan bu çatlakların içine zamanla bitki tohumları yerleşmekte ve bu bitkilerin büyümesi sonucunda çatlakların boyutları da artmaktadır.

3.2.3.2 Taşın Yanlış Kullanımından Kaynaklanan Sorunlar

Taşın yapılarda hatalı kullanımı dış etkenlerden daha fazla etkilenecek tahribatını hızlandırmaktadır. “ Farklı özellik ve birleşimlere sahip taşlardan yapılmış mimari elemanların, üst üste kullanılmaları durumunda birbirlerini etkilemeleri sonucu bozulmaları hızlanarak taş eser üzerinde dökülmeler ve lekeler meydana gelir” (Erguvanlı, 1978, s. 251). Ayrıca, taşın tabakalanma durumuna göre yanlış kullanılması bozulmalara neden olmaktadır. Değişik renk, doku ve karakterdeki tabakaların üst üste işlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde taşta kırılmalar oluşabilmektedir.

Taş malzemeler, yükler karşısındaki dayanımına göre taşıyıcı sistemde yer almalıdır.

IV. BÖLÜM

TAŞIYICI SİSTEMDE

HASAR TESPİT YÖNTEMLERİ

Yapının strüktürel ve teknik analizi, strüktürel şemalar (yük dağılım şemaları ve yükler karşısındaki davranış biçimleri), temel türü ve derinliği, yapım teknikleri ile strüktürel biçimlere geçiş, bağlayıcı elemanlarının strüktürel açıdan aksaklıkları, yapı malzemesindeki sorunlar ve bağlayıcılar gibi faktörleri kapsamaktadır. Bu durumun incelenmesi, hasar nedenlerinin araştırılması ve teşhis edilmesi için, uzmanlararası bir çalışma olmalıdır. Örneğin, taşıyıcı sistem ile ilgili farklı oturma, dönme, ezilme, kayma çatlama, malzemedeki bozulmalar ve yanlış onarımların neden olduğu hasarların teşhis ve çözümü için, zemin ve strüktür mühendisleri, yapı fiziki uzmanları, kimya mühendisleri gibi dallardan yardım alınmalıdır.

4.1 Zemin ile İlgili Sorunların Araştırılması ve Teşhisi

Bu çalışmalar zemin ve strüktür mühendisleri denetiminde yapılmalıdır.

Temeldeki oturma nedenleri genellikle:

Yeraltı su seviyesinin değişmesi,

Ahşap kazık temellerinin çürümesi,

Yapıya ek yüklerin gelmesi veya mevcut taşıyıcı elemanlarda yapılan değişiklikler,

Taşıyıcı öğelerde oluşan çatlaklar,

Yapı çevresinde veya altında yapılan kazı çalışmaları,

Deprem etkisi,

Yeraltı ve kara trafiğinin yarattığı titreşimler gibi faktörlerin etkisi sonucunda oluşmaktadır.

Hasar nedenlerinin tespiti iki şekilde yapılmaktadır:

Yerinde yapılacak araştırmalar- foraj ve sondajlar,

Laboratuar araştırmaları- örnekler üzerinde yapılan araştırmalar.

4.1.1 Yerinde Yapılan Araştırmalar

Zeminin durumunu incelemek için sondaj ve foraj yöntemleri kullanılmaktadır. Bu bilgiler ışığında yapıda oluşmuş hasar (çatlak) nedenleri ve oluşabilecek hasar türleri tespit edilir.

4.1.1.1 Zemin Katmanlarının Saptanması

Zemin katmanları foraj ve sondaj çalışmaları sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda saptanmaktadır. Bu amaçla, doğal hali bozulmuş ve doğal halinde olmak üzere iki tür zemin numunesi alınır.

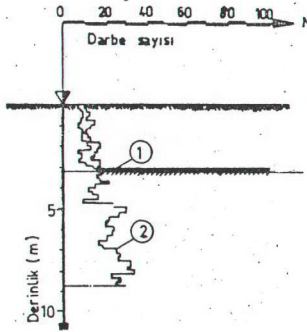
Doğal hali bozulmuş numuneler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda zemin tabaka cinsleri ve kalınlıkları belirlenmektedir. Doğal halindeki zemin numuneleri üzerinde ise, laboratuvar ortamında zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmaktadır.

4.1.1.2 Zemin Direncinin Saptanması

Zemin direncinin saptanmasında üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, penetrasyon deneyi, özel sondaj ve statik sondaj yöntemleridir.

Zemin Direncinin Penetrasyon Deneyi ile Saptanması

Penetrasyon deneyi, temelde açılmış olan sondaj deliğinin içine indirilen aletin özel tüpünün zemin içine vurularak sokulmasıdır. Belirli bir yükseklikten bırakılan ağırlığın bu özel tüp üzerine düşmesi ile tüpün 30 cm. zemin içine girmesi sağlanmaktadır. Bu işlem için gerekli olan düşüş sayısına bağlı olarak zemin direnci hakkında bilgi sağlanır. Düşüş sayısının büyük olması zeminin sağlam olduğu, küçük olması ise sağlam olmadığını göstermektedir (Şekil 4.1).



ŞEKİL 4.1 Penetrasyon deneyi (Çamlıbel, 1984, s. 75)

Zemin direncinin sondaj yapılmadan belirlenmesi: Zeminin sağlamlığı, zemine burgu ile sokulan özel sondalar yardımı ile olmaktadır. Zeminin gösterdiği direnç doğrultusunda sağlamlığı belirlenmektedir.

Statik sondaj yöntemi ile zemin tabakalarının direnç dayanımının belirlenmesi: Sulu ve yumuşak zeminlerde, sondaj tiplerinin özel aletler sokulması sonucunda zemine statik bir basınç kuvveti uygulanmaktadır. Kuvvetin uygulandığı noktadaki basınç elektriksel ve mekanik olarak ölçülmektedir.

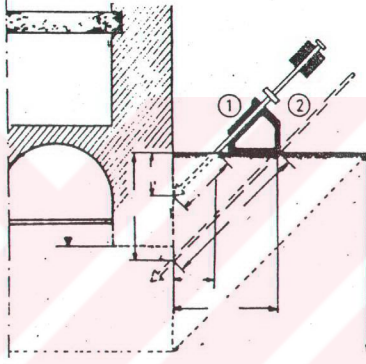
Sondaj sonuçları zemin tabakaları arasındaki direnç dayanımları hakkında bilgi vermektedir. Aynı derinlikteki zeminlerin aynı olup olmadığı belirlenebileceği gibi, bununla birlikte aynı derinlikteki zeminin karakteristiğinin değiştiği yerde tabakanın da değiştiği anlamı çıkmaktadır. Bu sonuçlar, zemin tabakalarının durumu ve derinliklerini göstermektedir.

4.1.1.3 Temel Derinliklerinin Belirlenmesi

Temel derinliklerinin belirlenmesinde iki yöntem kullanılmaktadır. Eğik sondaj ve kontrol kuyuları açılması yöntemleri ile temel derinlikleri belirlenebilmektedir.

Eğik Sondaj ile Temel Derinliğinin Belirlenmesi

Eğik sondaj geleneksel yapılarda mevcut temel derinliğini belirlemek amacıyla kullanılır. Sondaj aleti 45° eğilimli olarak yapıya belirli uzaklıkta yerleştirilir ve tij zemine sokulur. Temelin alt noktasına ulaşılan kadar sondaj aletinin yeri değiştirilerek işlem tekrarlanır. Temelin alt noktasına ulaşıldığında ise matematiksel formüller aracılığı ile temel derinliği hesaplanır (Şekil 4.2).



ŞEKİL 4.2 Eğik sondaj yöntemi (Çamlıbel, 1984, s. 75)

Kontrol Kuyuları Açılarak Temel Derinliğinin Belirlenmesi

Tarihi yapıların temel durumunun ve derinliğinin belirlenmesi amacıyla, yapı kenarlarında kontrol kuyuları açılır. Bu çalışma, yüzeysel temellerin biçimi ve derinliği hakkında bilgi vermektedir. Aynı zamanda, ahşap kazıklı temellerin başlık kotu ve yeraltı suyunun başladığı kot belirlenmekte ve bunun yapıya zararlı olmaması için bir ölçü elde edilmektedir.

4.1.1.4 Yeraltı Su Seviyesinin Belirlenmesi

Mevcut su kotu foraj ve sondaj yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Fakat bu seviyenin zaman içindeki değişikliklerini gözlemlemek için özel kontrol kuyularının açılması gerekmektedir. Bu tür bilgiler Su İşleri Genel Müdürlüklerinden de temin

edilebilmektedir. Bu veriler ışığında belirli bir süre içinde zemindeki oturmaların yapıyı etkileyecek boyutta olup olmadığı tahmin edilebilir.

4.1.1.5 Temel Hareketlerinin (Oturmaların) Ölçülmesi

Ölçme işlemine, yapının strüktürel sağlamlaştırılmasına karar verdikten sonra başlanır. Toplanan bilgiler ışığında, geçmişteki oturmalarla ilgili tahmin yapılabilir. Bu yapı öğelerinin (kule, minare) dönmeleri ile ilgili gözlem ve ölçüm yapılarak zamana bağlı olarak değişimleri saptanabilir. Fakat, bunun için uzun bir süreç gerekmektedir.

4.1.2 Laboratuarlarda Yapılan Araştırmalar

Laboratuar çalışmaları alınan numuneler üzerinde zemin mekaniği uzmanları tarafından yapılmaktadır. Numuneler üzerinde yapılan bu çalışmalar sonucunda:

Zemin türleri,

Zeminlerin doluluğu ve boşluğu,

Zemindeki su miktarı,

Zeminlerin; kayma direnci, zemin sıkışması, zemin içindeki dengeler gibi zemin özellikleri hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır.

4.1.2.1 Zemin Türlerinin Araştırılması

Zemin numuneleri üzerinde yapılan “mekanik analizler” sonucunda zemin türleri belirlenmektedir. Bu iki yöntem ile belirlenir: Birincisi, zemin numunesi kaba danelerinin standart bir elek sisteminde elenerek elde edilmesidir. Bu, **kuru yöntem** olarak adlandırılmaktadır. İkinci yöntem ise, çok ince danelerin bir eriyik içinde çözülüp, çökmesi ve bunun fotoğraf kağıdı üzerindeki görüntüsünün leke tonlarından dane büyüklükleri hakkında bilgi edinilmesidir. Bu yöntem **yaş analiz** olarak bilinmektedir.

4.1.2.2 Zemin İçindeki Su Miktarının Belirlenmesi

Kohezyonlu zemin türlerinde, zemin içindeki su miktarının belirlenmesi önemlidir. Suyun miktarına göre killi zeminler “akıcı” halden “katı” hale kadar çok farklı

davranışlar göstermektedir. Doğal haldeki kilin içindeki su miktarına göre kilin likit (akıcı), plastik (el ile şekil verilebilen) veya katı halde olup olmadığı belirlenmektedir.

Killi zeminlerde kuruma sonucunda hacim küçülmeleri oluşmaktadır. Bu da oturmalarla neden olmaktadır.

Yerinde yapılan araştırmalar ve laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda, zemine yüklenebilecek yükler belirlenir. Böylelikle, belirli süreç içinde zemindeki oturmaların değişkenliği hesaplanabilir.

Bu değişik oturmaların üst yapıya olan etkisi hesaplanarak temel sağlamlaştırma veya strüktürel sistem onarım yöntemleri belirlenmektedir.

4.2 Üst Yapı İle İlgili Sorunların Araştırılması ve Teşhisi

Tarihi yapının taşıyıcı sistem sağlamlığının belirlenmesi üç şekilde yapılır:

- Yapı üzerinde yapılan mekanik deneyler,
- Yapıdan alınan numune üzerinde yapılan deneyler,
- Yapı yerinde yapılan araştırmalar.

Bu çalışmalar strüktür mühendisleri tarafından yapılmaktadır.

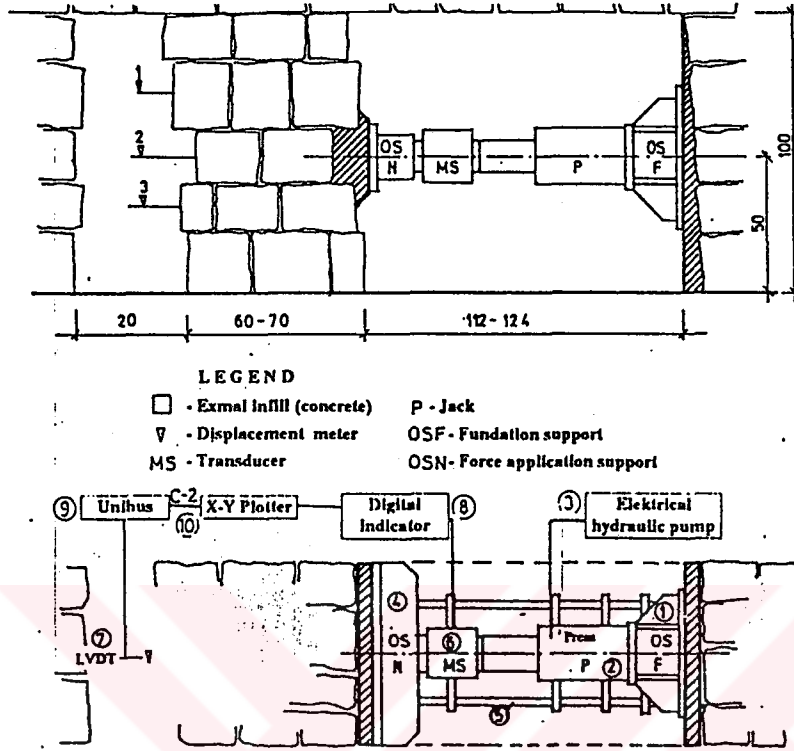
4.2.1 Yapı Üzerinde Yapılan Mekanik Deneyler

4.2.1.1 Yükleme Deneyleri

Taşıyıcı sistemin zaman süreci içinde gösterdiği davranışlar farklıdır. Bu amaçla yapı üzerinde değişik yüklemelerle bunların karşısındaki yapı davranışları incelenir. Bu yüklemeler statik, dinamik ve yükün zaman süreci içindeki etkisi şekilde olabilmektedir.

Statik yüklemelerde; üst yapıya kısa, fakat sürekli uygulanması durumunda yapının davranış şekilleri incelenmektedir.

Dinamik yüklemeler sonucunda ise oluşan titreşimler ve onların yapı üzerindeki etkileri incelenebilmektedir (Şekil 4.3).



ŞEKİL 4.3 Duvarlara dinamik yükleme ile taşıma ve deformasyon kapasitesinin ölçülmesi (Bizovski & Velkov, 1998, s. 225)

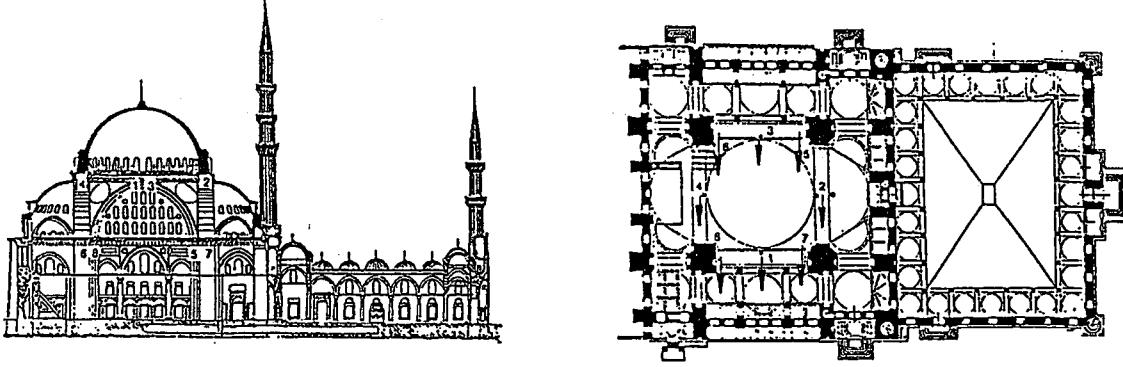
Üçüncü yöntem ise, yükün zaman süreci içindeki yapıya olan etkisinin incelenmesidir. Bunun için yapının belirli bölgelerinde test noktaları seçilir ve oluşturulan titreşimler sonucunda taşıyıcı sistem elemanlarının taşıma ve deformasyon kapasiteleri ölçülür.

4.2.1.2 Güvenlik Kontrolü Deneyleri

Tarihi bir yapının yükleme standartlarının değişmesi sonucu, yapının yeni şartlara uygunluğunun araştırılması deneyleri; deprem, yangın, aşırı yükleme gibi etkiler altındaki yapı davranışlarının tespitine yönelik deneyleri kapsamaktadır.

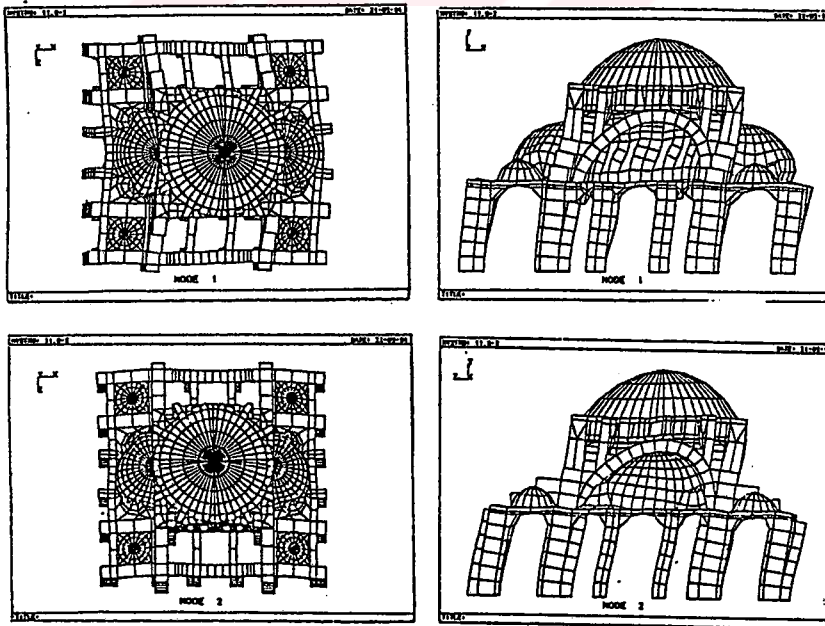
Yapıların, yanal deprem yükleri etkisi ile oluşabilecek hasar ve deformasyonları araştırılmaktadır. Bu amaçla doğal titreşim frekansları çevresel titreşim deneyleri ile

belirlenebilmektedir. Hassas sistometreler ile alınan çevresel titreşim kayıtlarından yararlanılarak yapısal sistem ve temel titreşim frekansları saptanabilmektedir. Bu ölçümlerde değişik sayıda sistometre farklı noktalara yerleştirilerek frekansları kaydedilebilmektedir. Sistometrelerin yönleri değiştirilerek ölçümler tekrarlanmaktadır (Şekil 4.4).



ŞEKİL 4.4 Süleymaniye Camii çevresel titreşim deneylerinde sistometrelerin konumları (Aydinoğlu ve ark., 1997, s.289)

Serbest titreşim analizleri sonucunda elde edilen yanal ötelenme ve burulma modlarına ve bunlara karşı gelen doğal titreşim frekansları hesaplanabilmektedir (Şekil 4.5). Deprem esnasında doğal titreşim frekanslarını kaydetmek için akseleometre denen aletler kullanılmaktadır (Şekil 4.6).

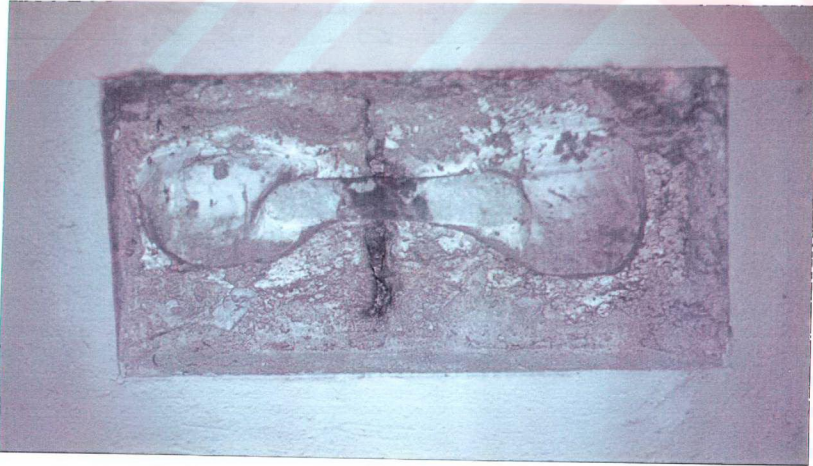


ŞEKİL 4.5 Süleymaniye Camii'nde yöntemin uygulanması (Aydinoğlu ve ark, 1997, s. 292)



ŞEKİL 4.7 Çatlakların alçı ile sıvanarak çatlak hareketinin gözlenmesi- Ayasofya örneği

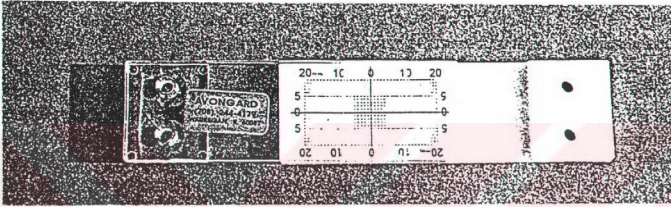
Cam levhalar kullanılarak (Tell-Tales); çatlak üzerine yerleştirilen cam levha iki tarafından alçı ile duvara tespit edilir. Zaman içinde cam levhanın kırılması çatlakla hareketliliğini ve dolayısıyla zemindeki oturmaların devam ettiğini gösterir (Şekil 4.8).



ŞEKİL 4.8 Çatlakların cam levhalar kullanılarak hareketlerinin saptanması- Ayasofya örneği

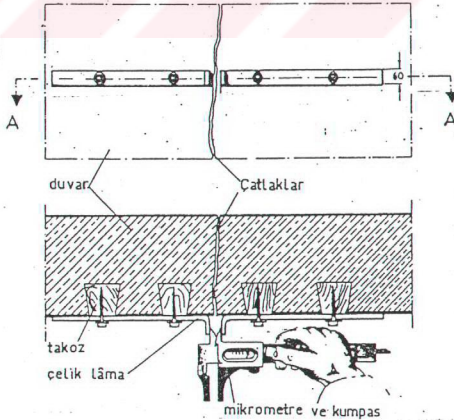
Çatlakların hareketli olup olmadıklarını anlamak için kullanılan diğer araçlar demec guage, strain guage ve çatlak monitörü gibi aletlerdir.

Çatlak monitörü; çatlak üzerine yerleştirilir ve çatlakların hareketlerini sürekli kaydederek, çatlaklardaki hareket miktarını belirlemektedir (Şekil 4.9).



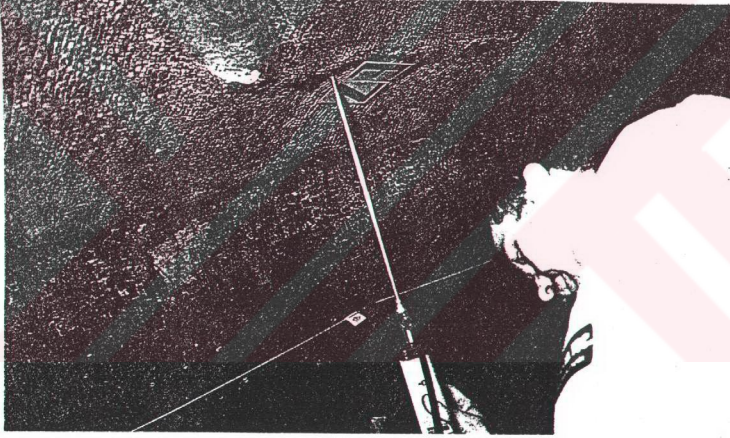
ŞEKİL 4.9 Çatlak monitörü (Ahunbay, 1995, s. 66)

Mikrometre ile ölçüm: Çatlağın iki tarafına iki lama tespit edilir ve aralarındaki uzaklığın mikrometre yardımı ile sürekli ölçülmesi sonucu çatlaklardaki hareketler belirlenmektedir. Ölçümler 1/1000 mm. duyarlılıkla yapılmaktadır (Şekil 4.10).



ŞEKİL 4.10 Mikrometre ile çatlak ölçümü (Çamlıbel, 1984, s. 79)

Video Endoskop ile çatlakların içi incelenebilmektedir (Şekil 4.11). Fiberoptik bir sistem ile çalışır. Bu sistem, fiberoptik kablolar, soğuk ışık kaynağı, video kamera, monitör ve video kayıt cihazı ile bir bütün oluşturur. Fiber optik kablolar özel olarak kılıflanmış cam fibrillerden oluşur. Bir ucu endoskopa, diğer ucu da ışık kaynağına bağlıdır. Soğuk ışık kaynağı olarak Tungsten, Mercury veya Xenon'dan yapılmış lambaları içeren ışık kaynakları kullanılır. Endoskopun çatlak içine sokulması ile elde edilen görüntüler, monitörde izlenebildiği gibi çeşitli araştırmalarda kullanılmak ve yapının zaman içindeki uğradığı strüktürel değişikliklerin değerlendirilebilmesi amacıyla kaydedilebilir.



ŞEKİL 4.11 Video-endoskop ile çatlak değerlendirilmesi (Ahunbay, 1995, s. 68)

Fotoğraf alma yöntemi; çatlakları bağımsız olarak değerlendirdiği gibi birbiri ile olan ilişkileri de önemlidir. Bu amaçla, yapı içindeki çatlaklara ait tüm görüntüleri saptamak önemlidir. Döşeme ve duvarların büyük boy fotoğrafı çekilerek çatlakların genel durumu tespit edilir. Bu fotoğraf alma işlemi belirli periyotlar ile tekrarlanarak çatlaklardaki büyümeler stereoskopik komparatörlerle saptanır. Bu aletler ile çatlaklardaki farklılıklar ölçülür.

pratikte kullanılmaz, çünkü numune alınması ve problemlerin yerleştirilmesi sırasında yapıya zarar verilebilir.

Nemmetreler

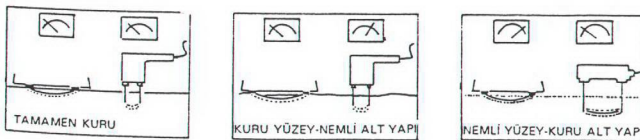
Yapı öğelerinin nem derecesinin ölçümünde kullanılan nemmetreler, nemli malzemenin elektrik iletkenliğine ve mikrodalga ışınlarına duyarlılığı yardımı ile ölçülür. Nemli yapı malzemelerinde, elektrik iletkenliğine dayanan nemmetreler, kuru halde iken elektriği iletmeyen yapı malzemelerinin nemlendikleri oranda elektriği iletmeleri prensibinden yola çıkarak hazırlanmıştır.

Protimetre (Kondüktans) Tipi Nemmetreler

Malzeme bünyesinde çok az miktarda emilen suyun etkisi de çok azdır; iletkenliği sağlamaz ve aynı zamanda yapı açısından da zararlı değildir. Kondüktans tipi nemmetreler serbest haldeki suyun malzemeye kazandırdığı iletkenliğe göre miktarı belirlemektedir. Bu nem ölçerlerle, üzerindeki sivri çelik iğnenin taş yüzeyine sıkıca bastırılması ile ölçüm yapmaktadır.

Kapasitans (Dielektrik) Tipi Nemmetreler

Kapasitans paralel tutulan ve birbirine dokunmayan iki metal levha arasında oluşur; bu sisteme de kapasitör denir. Levhaların arasına elektrik akımı birine negatif, diğerine ise pozitif olarak yüklenir. Bu nemmetreler, belirli derinliğe kadar ölçüm yapabilmektedir. Aynı zamanda bu yöntem ile yüzeydeki tabakalar hakkında bilgi edinmek mümkündür (Şekil 4.13).



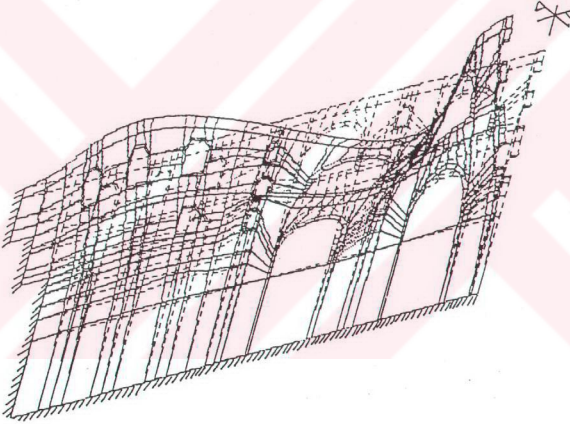
ŞEKİL 4.13 Kapasitans tipi nemmetreler

Mikrodalga Tekniğinden Faydalanan Nem metreler

Tüm konstrüksiyonun nem içeriğini tesbit eden bu alet, verici ve alıcıların aracılığı ile gönderdiği ve geri aldığı dalgaları değerlendirerek yapı malzemesinin nemliliğinin belirlenmesini sağlamaktadır.

4.2.2.3 Yük Dağılım Analizi

Bu analiz ile yapının yük dağılımı hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Bu amaçla bilgisayar programı kullanılmaktadır. Bu analizler ile deprem şiddetine göre muhtemel çatlamlar veya hasarlar tahmin edilmektedir (Şekil 4.14).



ŞEKİL 4.14 Yük dağılım analizi yöntemi- Su kemeri örneği (Karaesmen& Karaemen, 1997, 618)

4.2.2.4 Taşıyıcı Elemanların Analizi

Genellikle araştırmaların, yapıya zarar vermeyen yöntemler ile yapılmasına dikkat edilmelidir. Duvar içindeki boşluklar ile malzeme özellik ve farklılıklarını belirlemek amacıyla radar, mekanik darbe ile yaratılan ses ve ultrasondan yararlanılmaktadır. Mekanik darbe ile yaratılan ses için; çekiç ile hafifçe vurulur. Duvarın sağlamlığına ve malzeme işçiliğine göre farklı ses çıkmaktadır. Gama ışınları ise, duvar örgüsündeki taş blokları ya da sütun başlıkları gibi mimari bileşenleri birleştirmek için kullanılan metal

bağlayıcıların (kenet ve miller) yerlerini ve ne durumda olduklarını belirlemek için kullanılır. Ultrason, ses dalgalarının farklı kütleli yapıda katmanlara çarpan ultra ses dalgalarının görüntülü bir hale getirilmesi ile kullanılan bir sistemdir. Çatlakların içi ise endoskop yardımı ile incelenebilmektedir.

4.2.3 Yapı Malzemesinin Laboratuvar Ortamında Araştırılması

Yapıyı oluşturan malzemelerden numuneler alınarak laboratuvar ortamında yapılan araştırmalarla malzemenin özellikleri belirlenmektedir. Bu numuneler, yapıya zarar vermeyecek biçimde alınmalıdır. Bu deneylerle amaçlanan: Malzemenin kimyasal bileşimi, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemektir. Kullanılmış olan malzemenin niteliğini önerilen yönetmelik değerleri ile karşılaştırarak malzeme hakkında bilgi edinmek mümkündür. Yapılan bu araştırmalar sonucunda, malzeme ile ilgili uygulanabilecek tüm müdahale yöntemleri belirlenebilmektedir.

BÖLÜM 5

YIĞMA TAŞ YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

5.1 Temel Sisteminin ve Zeminin İyileştirilmesi

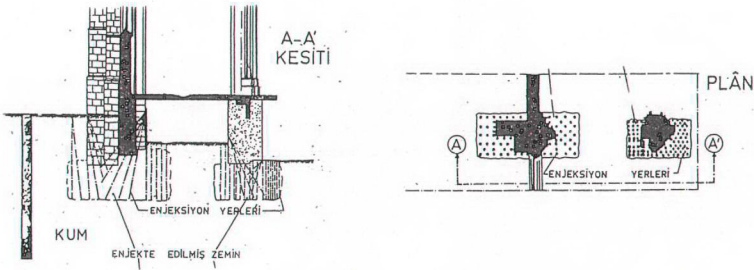
Tarihi yapılarda, temel zemini ve temel sistemi ile ilgili gerekli araştırmalar yapıp, üst yapıya ilişkin gerekli deneysel ölçümler gerçekleştirildikten sonra onarım projesi hazırlanmalıdır. Alınacak önlemler, bilimsel sonuçlar doğrultusunda belirlenmelidir. Onarım projesi, konuya ilişkin değişik dallardaki uzmanlar tarafından hazırlanmalıdır. Bu uzmanlar arasındaki koordinasyon, mimar tarafından sağlanmalıdır. Tarihi yapılarda onarım ve güçlendirme projesi iki bölüm olarak ele alınmalıdır. Temel sistemi ve zeminin iyileştirilmesi; temel zemini ve sistemi olmak üzere düşünülmelidir.

5.1.1 Temel Zeminin Sağlamlaştırılması

Temel zeminin sağlamlaştırılması değişik yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Bunlar;

Enjeksiyon yöntemi: Boşluk oranının büyük olmasından dolayı zemin direncinin az olduğu durumlarda çimento şerbeti ve silikat tuzlarının bütün emilsiyonları enjekte edilerek zeminin taşıma gücünün artırılmasıdır (Şekil 5.1).

Bu yöntem uygulanmadan önce proje üzerinde enjeksiyon yapılacak noktalar ve enjeksiyon miktarları daha önce zeminle ilgili yapılmış analizler doğrultusunda belirlenmelidir. Böylece, üst yapıdan gelecek yükler karşısında zemine direnç kazandırılmaktadır.



ŞEKİL 5.1 Enjeksiyon ile zemin sağlamlaştırma uygulaması (Çamlıbel, 1984, s. 141)

Palplanş perdeler ile zemin taşıma gücünün artırılması yöntemi: Kohezyonlu zeminlerde yanal deformasyonları önlemek amacıyla uygulanır. Yapı etrafında palplanş perdeler ile zeminin taşıma gücü artırılmaktadır. Bu uygulama özel makineler (Şekil 5.2) ile yapı zemininde yatay olarak açılmış deliklere öngermeli olarak yerleştirilmiş çelik halatların üzerine basınçlı ve yüksek dozajlı beton enjeksiyonu ile yapılır (Şekil 5.3).



ŞEKİL 5.2 Zeminde palplanş perdesi uygulamasında kullanılan delik açma makinesi



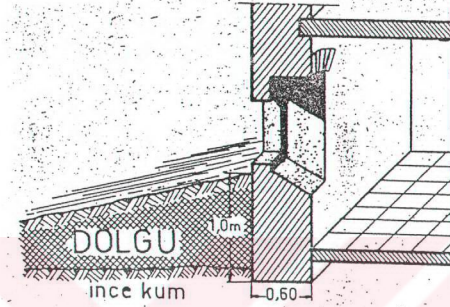
ŞEKİL 5.3 Palplanş perde uygulaması- İzmir Kemeraltı Elhamra Sineması

Bu şekilde oluşturulan bir sistem ile toprak kaymaları da önlenmektedir. Bu yöntem aynı zamanda tarihi yapılara bitişik olarak yapılacak yeni yapılarda, zeminde toprak kayması ve oturmaları önlemek amacıyla da uygulanmaktadır. Ayrıca, palplanş perde yerinde dökme yan yana konulmuş fore kazıklardan oluşturulmaktadır. Bu kazıklar yan yana konulabileceği gibi, belirli ölçüde birbirinin içine de girebilir.

5.1.2 Zemin suyunun drenajı

Taşıma gücü az olan sulu zeminlerde, drenaj ile zeminde oturmaların oluşumu sağlanır ve dolayısıyla zemin taşıma gücü artırılır. Elektriksel yöntemlerle yapılan bu uygulama, daha çok rotasyon yapmış yapılarda, yapının eski konumuna getirilmesi amacıyla yapılır. Düzeltilmesi istenilen bölge drene edilerek oturmaların sağlanması amaçlanmaktadır. Drenaj, daha önceden hesaplanarak elde edilen veriler doğrultusunda yapılmalıdır. Drenaj miktarının fazla veya istenilenden az olması olumsuz sonuçlara neden olabilir.

Temel çevresi doldurularak: Eski yapıların temellerinde yanal deformasyonları önlemek amacıyla yapılır. Temel duvarlarının çevresi dolgu ile sıkıştırılarak temellerin stabilitesi sağlanabilmektedir (Şekil 5.4).



ŞEKİL 5.4 Dolgu ile temellerin stabilitesinin sağlanması (Çamlıbel, 1984, s. 142)

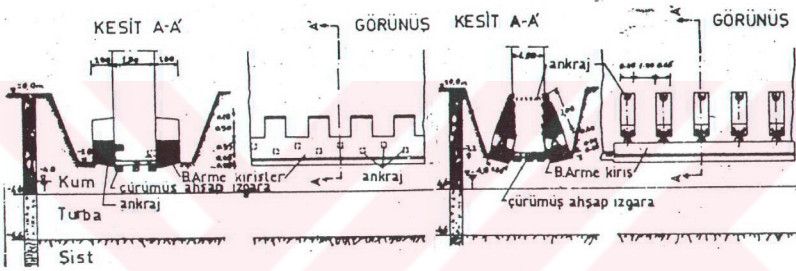
5.1.2 Temel Sisteminin Sağlamaştırılması

Temel sisteminin sağlamaştırılması farklı yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir.

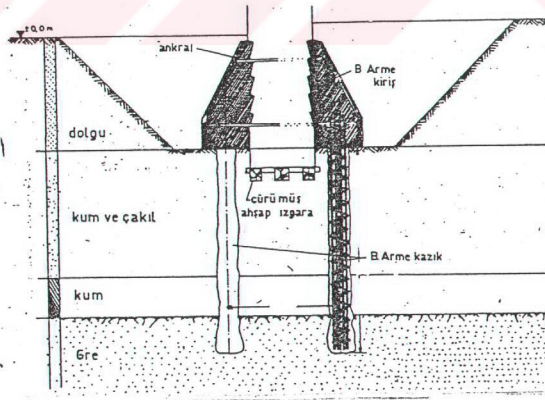
5.1.2.1 Temellerin Genişletilmesi ve Derinleştirilmesi

Temelerde oluşan oturmaların devam etmesi durumunda, temel kütlesi içinde açılan deliklerden geçirilen çelik ve betonarme kirişlerin iki ucundan kazıklarla desteklenmesi ile oturmalar önlenmektedir. Taşıma gücü azalmış temelerde ise daha farklı bir yöntem uygulanmaktadır. Sürekli olan temeli iki tarafından temel doğrultusunda kavrayan kirişlerle bir kazık ızgarasına oturtmasıdır. Eski temel kütlesi enjeksiyon ile iyileştirilerek temeli iki taraftan kavrayan yeni kirişler ile sıkıca bağlanmaktadır. Bu uygulama temel ve zeminin durumuna göre değişebilmektedir. Zemin iyi durumda ise kazık yapılmadan eski temellerin çift taraflı kirişler ile desteklenmesi yeterli olmaktadır. Bu durumda kirişler temelin bir parçası gibi çalışarak, temel alanı genişler ve yüklerin daha geniş bir alana yayılması sağlanmış olur (Şekil 5.5 a,b).

Temel zemininin üst tabakasının yük taşıma kapasitesinin az olduğu durumlarda ise temel derinleştirme yöntemi uygulanır. Burada amaç yüklerin sağlam zemin tabakalarına iletilmesidir. Temellerin derinleştirilmesi fore kazıklar kullanılarak sağlanmaktadır. Fore kazıklar eski temelleri iki taraftan destekleyen kavrama kirişlerinin altına yerleştirilir. Düşeyde zemine açılan deliğe donatı yerleştirildikten sonra kazık boşluğu beton ile doldurulur (Şekil 5.6).

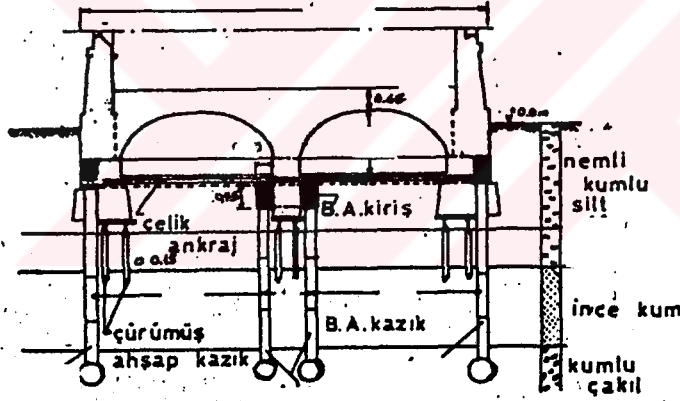


ŞEKİL 5.5 Mevcut temelin çift taraflı kirişler ile destekleme uygulaması (Çamlıbel, 1984, s. 131)



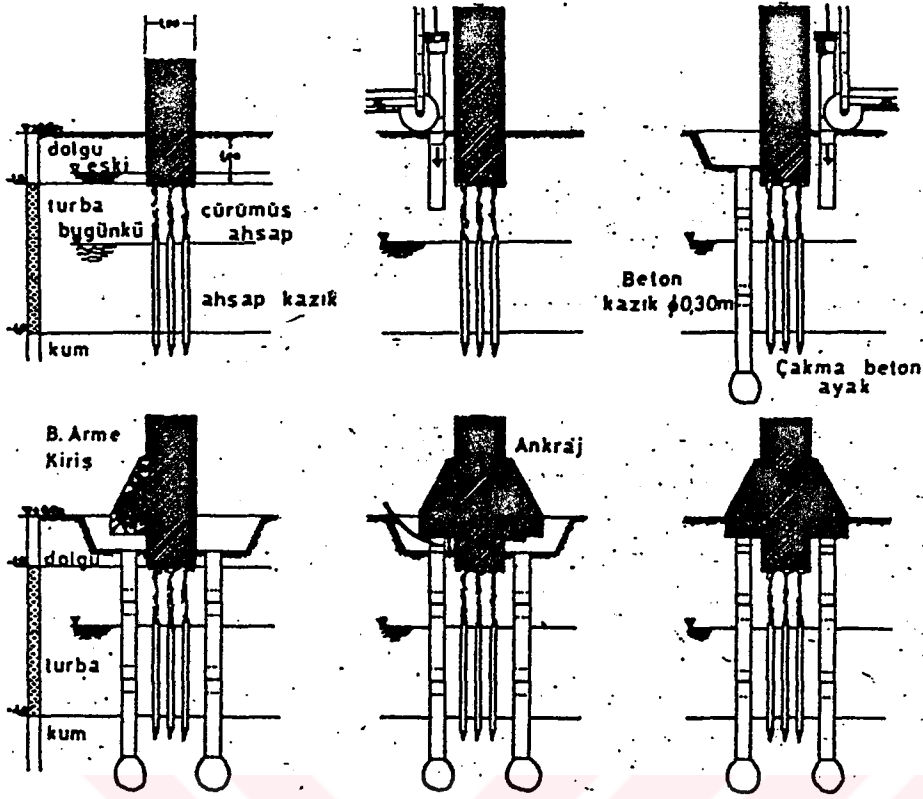
ŞEKİL 5.6 Temellerin fore kazık kullanılarak derinleştirilmesi (Çamlıbel, 1984, s. 132)

Bu uygulamada, farklı bölümlerin birbirine bağlanması gerekmektedir. Bütün elemanların rijitliği ankraj ile sağlanmaktadır. Ayrıca, yüklerin istenildiği biçimde dağılımı sağlanarak yapının hareketleri azaltılır. Tonozlardan oluşturulmuş temellerde de aynı yöntem uygulanabilmektedir. Takviyeler kenar duvarları ve tonozların altında yapılarak bütün kat boyunca ankrajlanmalıdır (Şekil 5.7). Mevcut temellerde yapılacak bu tür takviyeler, elemanların temele yakın olması nedeniyle sakıncalıdır. Bu sakıncaları azaltan bir uygulama temel altına kısa sürede komprime betonarme kazıklar yapılarak yapının askıya alınabilmesidir. Çeşitli çaptaki betonarme kazıkların 0.5-5.00 m arasındaki değişken boyutlardaki parçalarının, üst üste konulması ile imal edilir. Temelin üst kısmına, presler yardımı ile bu parçalar yerleştirilir (Şekil 5.8). Kazıklar yerleştirildikten sonra ise açık kazı yapılarak temelin iki tarafına kavrama kirişleri yerleştirilir. Bu yöntem ayrıca preslerin kavrama kirişlerine mesnetlendirilerek de uygulanabilmektedir (Şekil 5.9).

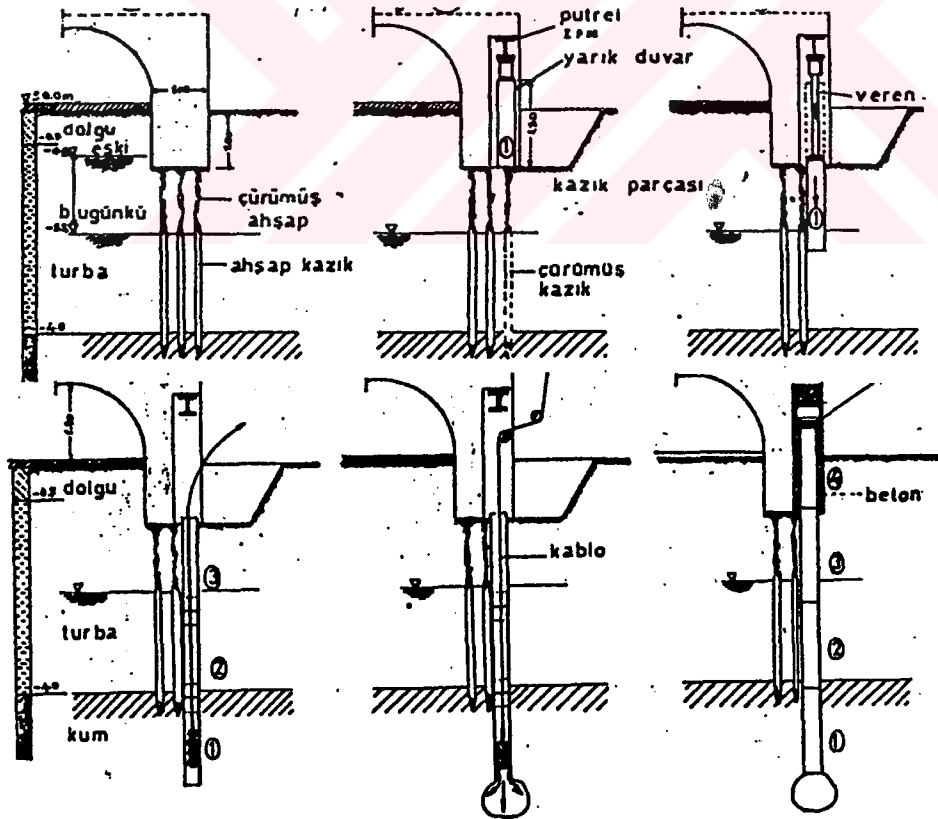


ŞEKİL 5.7 Tonozların takviyesi (Çamlıbel, 1984, s. 135)

Mevcut yapının pres mesnetlerinde oluşacak tepki kuvvetleri gözönüne alınarak, bu işler çok dikkatli yapılmalıdır.



ŞEKİL 5.8 Kazıkların presler yardımı ile yerleştirilmesi (Çamlıbel, 1984, s. 137)



ŞEKİL 5.9 Preslerin kavrama kirişlerine mesnetlendirilmesi (Çamlıbel, 1984, s. 138)

5.1.2.1 Geçici Müdahaleler

Bazı temel takviyeleri sırasında üst yapının desteklenmesi gerekmektedir. Bunun yapılamaması durumunda, alt yapıdaki suyun geçici olarak dondurulması ile sağlam bir mesnet yaratılabilir. Fakat, bu yöntem, suyun donmasıyla aşırı hacim büyümeleri olduğundan dolayı yeni çatlaklara sebep olacağı için sakıncalıdır. Temellerde suyun dondurulmasının mümkün olmadığı durumlarda üst yapı askıya alınmalıdır. Düşey kuvvetlere karşı, kalıp-iskele sistemi; yanal kuvvetlere karşı ise gergi sistemi veya payandalar ile desteklenmelidir.

5.1.2.2 Hidrolik Krikolar ile Müdahale

Zemin taşıma gücünün az olması durumunda temellerde kısmi veya yapı boyunca oturmalar oluşmaktadır. Bu durumda, yapıyı eski konumuna getirebilmek amacıyla hidrolik krikolar kullanılmaktadır. Hidrolik krikolar veya gergi tellerinin tespiti ile aksi yönde bir kaldıraçlama ile ters moment verilerek, temeli normal konumuna getirmek mümkündür.

5.1.2.3 Temel Pabuçlarının Çıkarılıp Yenileri ile Değiştirilmesi

Zayıf temel pabuçlarının çıkartılıp yenileri ile değiştirilmesi geleneksel bir yöntemdir. Bozuk temellerin boşaltılması işlemi dikkatli yapılmalıdır. Çünkü, yükler boşalan noktalara yönelebilir. Bunu önlemek için, Pynford Stool aleti kullanılmaktadır. Bu alet 80 cm. ayaklar üzerine ve altına monte edilmiş 3-5 cm. yakınlığında çelik tablodan bir düzlem krikodur. Bu aletlerin her biri 100 ton yük alabilmektedir. Daha sonra çimento şerbeti pompalanarak alet üzerine bırakılabilmektedir. Birleşmenin sağlamlığı açısından alta ve üstte genişleme özelliğine sahip şerbetlerle kaplanmalıdır. Eski temel bu şekilde askıya alındıktan sonra yeni temel donatıları yerleştirilerek dökülmektedir. Bu uygulamanın başarısı yapının taş duvarlarının sağlamlığına bağlıdır. Zayıf temel duvarlarında başarı oranı azdır.

Farklı zamanlarda tamamlanmış ayaklar aderans problemi yüzünden daha sorunlu olabilmektedir. Ayrıca, pabuçların temellere daha iyi bağlanabilmesi için çimento enjeksiyonu yapılmalıdır.

5.2. Taşıyıcı Sistemin Sağlamlaştırılması

Yapı stabilitesinin sağlanması için oluşmuş hasarların giderilmesi gerekmektedir. Çeşitli nedenlerden dolayı oluşan çatlaklar, taşıyıcı sistemin ilk yapıldığı durumdan farklı olarak çalışmasına neden olacağından değişik yöntemler ile sağlamlaştırma yapılmalıdır. Sağlamlaştırma (iyileştirme) projesi, yapılan analiz ve deney sonuçları doğrultusunda hazırlanmalıdır. Taşıyıcı sistemlerin, iyileştirilmesinde değişik yöntemler kullanılabilir. Bunlar;

Taşıyıcı sistemin çelik ankraj (gergiler) ile desteklenmesi,

Mevcut malzemenin kütlesi içine sağlamlaştırıcı madde enjeksiyonu,

Yapı elemanlarında kısmen değişiklikler yaparak, eski taşıyıcılar sıkıştırılarak yenileri ile tamamlanması,

Yapı yükleri içine yerleştirilmiş ikinci bir taşıyıcı sistem tarafından yüklerin alınması (çelik, betonarme) gibi yöntemler kullanılabilir.

Taşıyıcı elemanlar üzerinde çalışma yapılabilmesi için yüklerin aracı bir sistem tarafından zemine aktarılması gerekmektedir. Bu amaçla, kalıp-iskele sistemi kullanılır. Kalıplar onarılacak taşıyıcı elemanın formuna uygun olarak yapılır ve iskele sistemine bağlanır. İskele mesnet noktalarında verilecek ters yüklerle, taşıyıcı sisteme ters vehim verilir ve böylece yapı yükleri iskeleye iletilir. Bu tür işlemlerde, yapı eleman malzemesinin elastik modülü önceden bilinerek oluşabilecek deformasyonları önceden hesaplamak gerekir.

5.2.1 Düşey Taşıyıcıların Onarımı

Düşey taşıyıcıların onarımı sürekli taşıyıcılar olan duvarların ve tekil taşıyıcılar olan kolon ve sütunların desteklenmesini kapsamaktadır.

5.2.1.1 Duvarların Onarımı

Farklı nedenlerden dolayı oluşan bu hasarlar, duvarlarda çatlak, şişme, düşeyden sapma, malzemede bozulmalar, kısmi yıkılmalar olarak ortaya çıkmaktadır.

Duvarlardaki çatlaklar: zeminden ağırlık merkezine doğru ilerleyen veya zeminden yan uçlara doğru açılan çatlakların nedenleri genellikle temeldeki hareketlerdir. Düşey çatlaklar ise zayıf malzeme, çekme kuvveti veya termal hareketler sonucu oluşmaktadır.

Şişme; zayıf duvar örgüsü veya aşırı yük nedeniyle oluşmaktadır.

Düşeyden sapma ve dışa açılma eğilimi; taş ve bağlayıcının durumu örnekler alınarak tahlil edilir. Aşırı yükleme veya bağlantı elemanlarının zayıflamasından dolayı taş duvarlarda açılmalar meydana gelebilmektedir. Aynı zamanda, taş malzemede bağlayıcı görevini gören harçların dökülmesi de buna neden olmaktadır.

Taş kırılmaları; noktasal basınçlar, yetersiz bağlayıcı, kayma, kilit örgüde şaşırma gibi yapım hatalarından kaynaklanmaktadır.

Duvarlarda bütün bu sorunların varlığı, onun yük aktaran bir aracı eleman olarak görevini yerine getirmesine engel olmaktadır. Hasarların olduğu noktalarda mafsallı oluşacağından, taşıyıcı sistem olması gerekenden farklı olarak çalışacaktır.

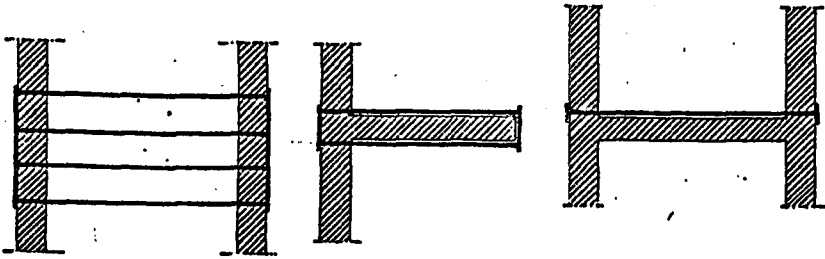
Duvarlarda görülen çatlaklar, farklı biçim ve büyüklüklerde olabilmektedir. Çatlaklar, iki şekilde onarılmaktadır: Dikiş ve enjeksiyon yöntemleridir.

Dikiş ile çatlak kapatma tekniğinde, demir ve paslanmaz çelik kullanılarak duvarın iki yüzeyi birleştirilerek kapatılır. Düşey çatlakların kapatılmasında dikiş alttan yukarı doğru yapılmalıdır. Kesme taş duvarlarda ise balık ve kırlangıç kuyruğu kesitli paslanmaz çelik metal kenetlerin sağlam moloz dolgulara saplanarak çatlak yüzeyleri iki taraftan tutturulmaktadır. Metal kenet yuvalarının epoksi reçineleri ile doldurulması ile daha kapsamlı bir dikme işlemi yapılabilmektedir.

Diğer bir çatlak kapatma tekniği ise dolgu malzemesi enjeksiyonudur. Kullanılacak dolgu malzemesi, taşın bünyesel özellikleri de dikkate alınarak laboratuvar analizleri sonucunda belirlenir. Dolgu malzemesi olarak epoksi bazlı reçineler ve sıvı çimento karışımı gibi malzemeler kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan çimento şerbeti, akışkan kıvamda olmalıdır. Dolgu yapılacak bölge önceden temizlenip ısıtılmalıdır.

Çatlak kapatıcı madde basınç, elle veya yerçekimi etkisi ile homojen bir şekilde yerleştirilmelidir.

Vakum ile kimyasal madde enjeksiyonu da çatlak kapatmada kullanılmaktadır. Fakat bu yöntem tek başına bir strüktürel sağlamlaştırma yöntemi değildir. Duvarların onarımında kullanılan diğer yöntem de gergiler ile duvarın destelenmesidir. Metal gergiler veya çubuklar kullanılarak duvarlar birbirine bağlanır veya düşeyden ayrılmış kısımlar sağlam bölümlere tespit edilir. Bu yöntem yanal kuvvetlerin etkisi ile açılma tehlikesi olan duvar bölümlerinde uygulanmaktadır. Deprem kuşağı üzerinde yer alan bölgelerde daha yoğun olarak kullanılmaktadır. Demir gergiler onarım aşamasında yapılabildiği gibi bazı örneklerde ilk tasarımda da strüktür elemanı olarak yer aldığı bilinmektedir. Bu yöntem, duvar içinden geçirilen metal çubukların duvarların iki yüzeyinden sıkıştırılarak yapı bileşenlerinin açılmasını önleme işlemidir (Şekil 5.10). Duvarların yanal kuvvetler karşısındaki hareket ve deformasyonlarını önlemek amacıyla destek olarak payandalar kullanılmaktadır. Geleneksel sağlamlaştırma yöntemleri arasında yer alan bu yöntem, günümüzde de kullanılmaktadır. Eskiden kalıcı elemanlar olarak tasarlanan payandalar, günümüzde çelik makas türünde elemanlardan oluşan geçici bir destek olarak uygulanmaktadır. Payandaların duvar yüzeyine tek noktadan uygulanan destekler biçiminde tasarlanması tehlikeli olabilmektedir. Çünkü, yan etkiler ile zorlandığında payanda duvarı delerek hasar verebilir. Bu nedenle destekler geniş bir yüzey üzerine “yastıklama” yapılarak uygulanmalıdır. Ayrıca, payandaların cephede süslemelerin bulunduğu bölümlere yerleştirilmesinden kaçınılmalıdır. Eğer bu mümkün olmuyor ise, cephe bezemelerinin zedelenmesini engelleyecek önlemler alınmalıdır (Şekil 5.11).

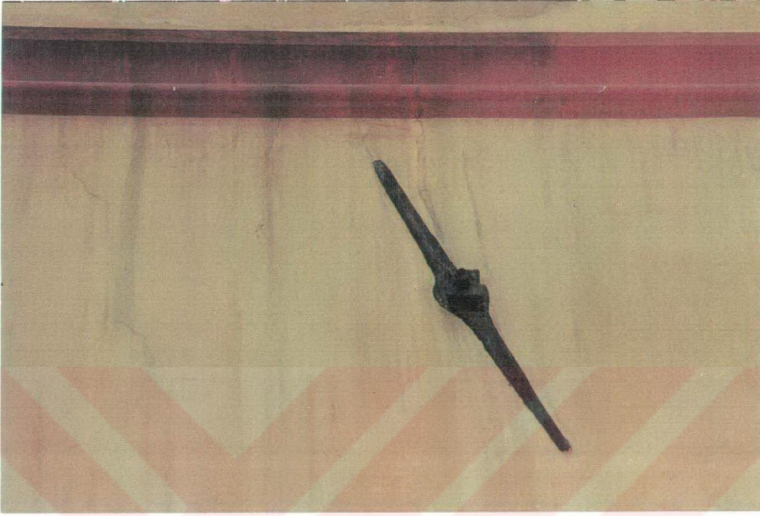


ŞEKİL 5.10-a Gergiler ile sağlamlaştırma

Düşeyden ayrılan yapılarda taşıyıcı sistemin güvenliği “ üçte bir” kuralına göre belirlenmektedir (Şekil 5.12). “Eğer bir yapının ağırlık merkezinden sarkıtılan çekül, onun zemine oturduğu alanın ortadaki üçte biri içinde kalıyorsa yapının güvenli olduğu kabul edilir” (Ahunbay , 1995, s. 92). Sarkıtılan çekül duvarın zemindeki izinin dışına düşüyorsa, ciddi bir yıkılma tehlikesi olduğu anlamına gelmektedir.



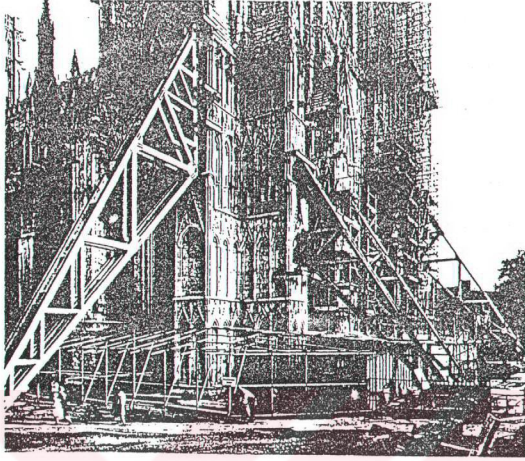
ŞEKİL 5.10-b Gergiler ile sağlamlaştırma- Insburck kulesi örneği



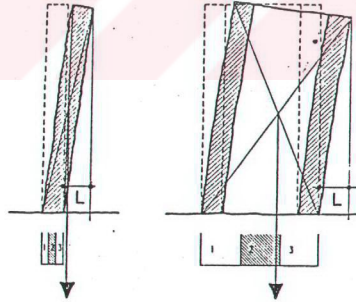
ŞEKİL 5.10-c Gergiler ile sağlamlaştırma- Innsbruck'ta restore edilmiş kilise örneği



ŞEKİL 5.10-d Gergiler ile sağlamlaştırma-Innsbruck Şehir müzesinde taş duvar sağlamlaştırma örneği



ŞEKİL 5.11 York katedralinin çelik makaslardan oluşan payandalar ile desteklenmesi (Marc, 1992, s. 84)



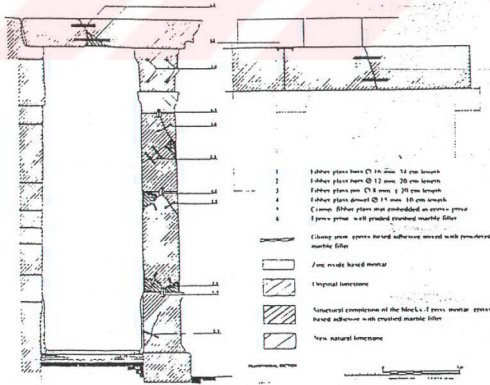
ŞEKİL 5.12 Üçte bir kuralı (Ahunbay, 1995, s. 92)

Düşeyden ayrılan duvarların onarımında tabanına ek kütle yerleştirilerek, ağırlık merkezinin güvenlik sınırları içinde kalmasının sağlanması işlemi kesit genişletme yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Taban alanındaki oturmalarından kaynaklanan düşeyden sapma olayı kesit genişletilerek, yani taban alanının genişletilmesi ile yüklerin daha büyük bir alana yayılması sağlanarak engellenmeye çalışılır.

5.2.1.2 Kolon ve Sütunların Onarımı

Kolon ve sütunlardaki hasarlar, genellikle çatlak olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çatlakların dinamik (hareketli) veya statik (durağın) olup olmadıkları araştırılmalıdır. Çatlak, eğer statik ise dolgu malzemesi ile kapatılabilir. Fakat, hareketli ise sebebi araştırılmalıdır. Statik çatlakların kapatılmasında basınç ile epoksi reçinesi veya epoksi harcı enjeksiyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu enjeksiyon işlemi daha önceden temizlenmiş yüzeylere uygulanmaktadır.

Ayrık parçaları birleştirmek için ise dikiş yöntemi kullanılmaktadır. Dikiş elemanı olarak paslanmaz çelik veya yeterli finans kaynağı var ise titanyum kullanılabilir. Dikiş, çatlağın iki tarafından metal kenetler ile tutturularak birleştirilmesi işlemidir. Kapatılacak çatlağın boyutuna göre metal kenetler çatlağın doğrultusuna dik olarak bir veya birden fazla olarak yerleştirilmektedir (Şekil 5.13).



ŞEKİL 5.13 Dikiş yöntemi ile çatlak kapatma (Ercan ve ark, 1998, s. 582)

Kolon ve sütunlarda düşeyden sapmalar gözlemlendiğinde hidrolik krikolar ile desteklenmelidir. Ters sehim verilerek bu elemanların eski konumuna getirilmesi sağlanabilmektedir.

Çok eski çağlardan beri kullanılan diğer bir yöntem ise çatlamış ve dağılma tehlikesi bulunan bu düşey taşıyıcıların çevrelerinin metal çemberler (bilezikler) ile sarılarak sıkıştırılmasıdır. Dairesel enkesitli elemanlar farklı yüksekliklerde enine çemberler ile sıkıştırılır. Bu çemberlerin düşeydeki hareketini önlemek ve rijit bir sistem oluşturmak amacıyla bunlar düşeyde metal çubuklar ile birbirine bağlanmaktadır (Şekil 5.14).



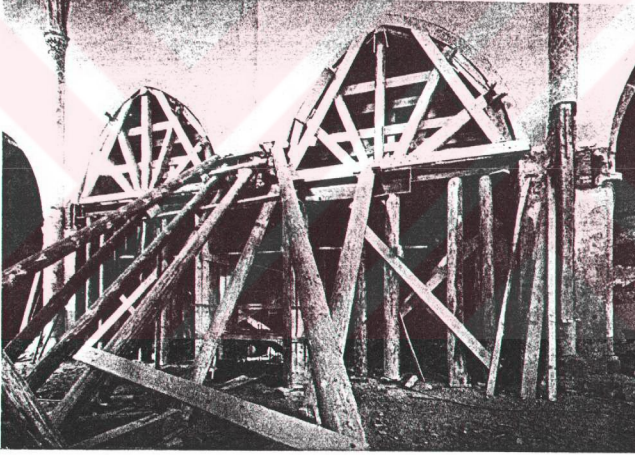
ŞEKİL 5.14 Çemberler ile kolonların desteklenmesi (Ahunbay, 1995, s. 96)

5.2.2. Örtü Elemanlarının Onarımı

5.2.2.1 Kemer ve Tonozların Onarımı

Kemer ve tonozlarda en sık rastlanan hasar türleri: çatlaklar, yapı malzemesindeki bozulmalar ve merkezden sapmalar şeklinde olmaktadır.

Çatlakların onarımında, epoksi dolgu malzemesi kullanılmaktadır. Eğer yapısal elemanlarda (malzemede) bozulmalar var ise, kemer ve tonozlar askıya alınarak (Şekil 5.15), eski malzemeler çıkartılır ve yeni malzeme ile tamamlanır. Bu işlem çok dikkatli yapılmalıdır. Çünkü, kemer ve tonozlarda yükler yapı elemanı bileşenleri tarafından birbirine iletilerek mesnetlere verilir. Üzerine gelen yüklerin artması veya yanıl yüklerin etkisi ile kemer ve tonozların mesnet noktalarında açılmalar meydana gelebilmektedir. Oluşabilecek saptmalara önlem olarak veya oluşan açılmaların onarımı amacı ile mesnet noktaları yatayda demir gergiler ile birleştirilmektedir.



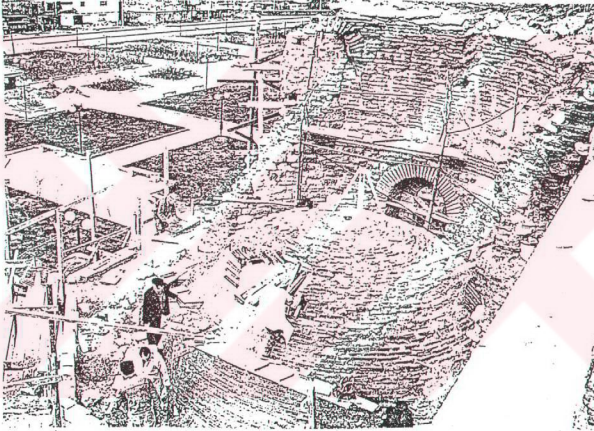
ŞEKİL 5.15 Kemerin askıya alınma şekli

Eğer üzerine gelen yükler, bu elemanlar tarafından taşınmıyor ise betonarme veya çelik kirişler kullanılarak yükler bu elemanlar tarafından alınarak düşey taşıyıcılara aktarılır. Bu yöntemle, diğer yöntemler ile gerekli onarımın sağlanamadığı durumlarda başvurulmalıdır.

5.2.2.2 Kubbelerin Onarımı

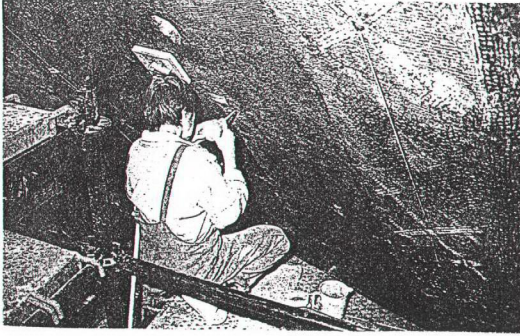
Kubbenin üst bölgesi basınca, alt bölgesi ise çekmeye çalışır. Sınır çizgisinde ise basınç ve çekme kuvvetleri yoktur. Bu nedenle, sınır düzleminde genellikle kubbeler mesnetlendirilmiştir. Taşın basınca çalışan bir malzeme olmasından dolayı, sınır çizgisinin altında kalan bölüme (çekme bölgesi) çatlamalar oluşabilmektedir.

Kubbedeki onarımlar kemer ve tonozlarda olduğu gibi askıya alınarak yapılmalıdır. Kalıp sistemi kubbenin geometrisine uygun olarak yapılır. Bu sisteme malzemede total değişikliklere gerek duyulduğunda başvurulmalıdır (Şekil 5.16).



ŞEKİL 5.16 Kubbenin askıya alınması (Ahunbay, 1995, s. 141)

Saç teli inceliğinde ki çatlaklar bırakılabilir. Fakat, daha büyük çatlaklar dolgu malzemesi ile doldurulmalıdır (Şekil 5.17). Eğer hasar biçimi merkezden sapma olarak ortaya çıkmış ise kubbeler çelik veya ön germeli betonarme bir çember sistemi ile desteklenmelidir.



ŞEKİL 5.17 Kubbeye çatlak kapatma uygulaması (Ahunbay, 1995, s. 138)

5.2.3 Mevcut Taşın Yenilenmesi ve Eksik Taşların Tamamlanması

Taş malzeme diğer malzeme türlerine göre her ne kadar daha dayanıklı olsa da bazı etkenler sonucunda özelliklerini yitirebilmektedir. Mevcut taşların sağlamlaştırma malzemesi kullanılarak onarılması mümkün olmadığında yeni malzeme ile değiştirilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde, eksik taşlarda yeni malzeme ile tamamlanabilmektedir.

Taşların yenilenmesi ve tamamlanması doğal taşlar ve suni (imitasyon) taşlar kullanılarak iki şekilde yapılabilir. Fakat bu uygulamalarda onarım, ilke ve belirtme teknikleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

5.2.3.1 Doğal Taş ile Tamamlama Yöntemi

Taş yapıların onarım çalışmaları sırasında eksik taşların tamamlanmasında orijinal malzeme, aynı veya yakın özelliklere sahip taş malzemeler kullanılarak tamamlama yapılmalıdır. Yapılan bu tamamlamalar, değişik teknikler kullanılarak orijinal dokudan farklı olarak yapılmalıdır. Tamamlama teknikleri:

- 1.Farklı derinliklerde yüzey uygulaması,
 - 2.Orijinal yüzey ile tamamlama yapılan yüzey arasındaki sınırın değişik yöntemler ile belirtilmesi. Bu sınır iki şekilde vurgulanabilir (Şekil 5.18)
- Sınır çizgisinin içeriye çekilmesi veya taşınması (Şekil 5.19)
 - Sınır çizgisinin farklı bir malzeme ile vurgulanması (Şekil 5.20)

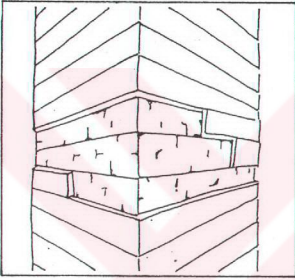
3. Onarılan yüzeyin değişik malzeme ile belirtilmesi (Şekil 5.21)

4. Mevcut malzeme ile aynı niteliklere sahip elemanların orijinalden farklı bir sistemi ile belirtilmesi

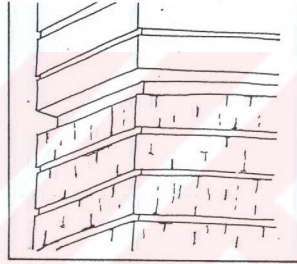
-Renk tonu orijinale göre farklı malzeme kullanımı

-Ebatların orijinal malzemeye göre farklı seçilmesi

-Aynı niteliklere sahip malzemelerin farklı örgü sisteminde kullanılması (Şekil 5.22)

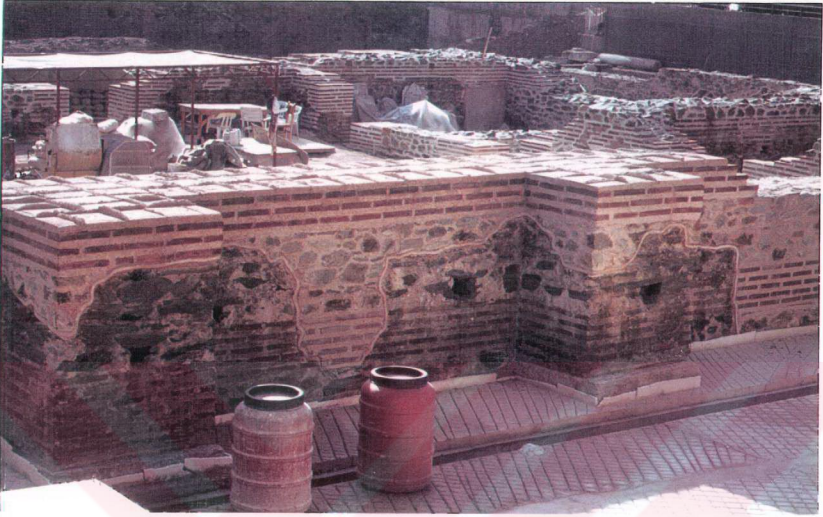


ŞEKİL 5.18 Farklı derinlikler yüzey uygulaması
(Mocan, 1993,s. 8)

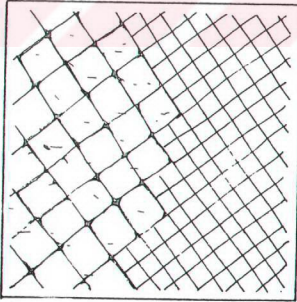


ŞEKİL 5.19 Sınır çizgisinin içeriye çekilmesi
(Mocan, 1993,s. 8)

ŞEKİL 5.19 Sınır çizgisinin içeriye çekilmesi
(Mocan, 1993,s. 8)

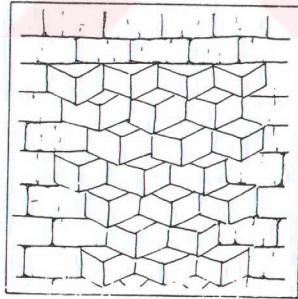


ŞEKİL 5.20 Sınır çizgisinin tamamlamada farklı bir malzeme ile belirlenmesi-
Selanik şehir surları restorasyon çalışması



ŞEKİL 5.21 Onarılan yüzeyin değişik
malzeme ile belirtilmesi

(Mocan, 1993, s. 8)



ŞEKİL 5.22 Aynı nitelikte malzemenin
farklı örtü sistemleri ile belirtilmesi

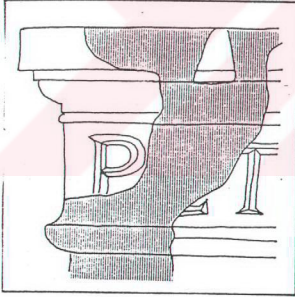
(Mocan, 1993, s. 8)

5.2.3.2Suni Taş ile Tamamlama Yöntemi

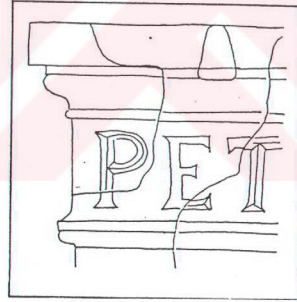
Eksik taşların tamamlanmasında, doğal taş ile tamamlama tercih edilmektedir. Fakat, bunu her zaman temin etmek mümkün değildir. Böyle durumlarda, suni (imitasyon) taş kullanılmaktadır. Yenileme ve tamamlama çalışmalarında parçanın üretilmesinde çimento veya sentetik bağlayıcı betonlar kullanılmaktadır. Sentetik bağlayıcı olarak, genellikle polyster ve epoksi reçineleri kullanılmaktadır.

İmitasyon malzeme kullanımı belirtme teknikleri:

1. İmitasyon malzemenin üzerinde yorum yapmadan kullanılması (Şekil 5.23)
2. İmitasyon malzemenin üzerine detayları işlenerek, fakat birleştirme sınırları çizgiler ile belirtilerek (Şekil 5.24).
3. Orijinal elemanların kopya edilmesi, ancak yeni malzemenin kendi görünümünde bırakılması.
4. İmitasyon malzemenin kendi niteliklerinde kullanılması.



ŞEKİL 5.23 İmitasyon malzeme üzerinde yorum yapılmadan kullanılması
(Mocan, 1993,s. 8)



ŞEKİL 5.24 İmitasyon malzemenin detayları işlenerek ve birleşme sınırları çizgi kullanılması ile belirlenerek
(Mocan, 1993,s. 8)

VI. BÖLÜM

TARİHİ YAPILARDA

STRÜKTÜREL ONARIMA İLİŞKİN ÖRNEKLER

6.1 Saint-Pierre Katedrali Onarım Çalışmaları

Mimar A. Galeras- Restoratör

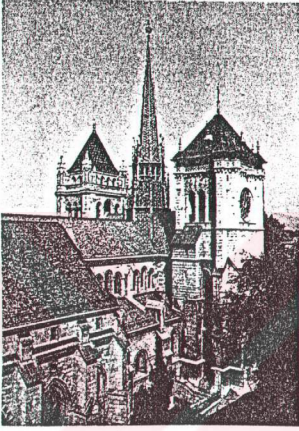
Cenevre'nin merkezinde, kente egemen bir tepenin üzerinde yeralan katedral, konumu nedeniyle kent silüetinde önemli bir yer tutmaktadır (Şekil 6.1-2). Yapı, tarihsel geçmiş ve mimari üslubuyla olduğu gibi, boyutları ile de mimarlık tarihinin önemli yapılarındandır. 2259 metrekare taban alanı olan katedralin nefi 61 m. uzunluğunda, 9 m. genişliğindedir. İç mekan yüksekliği 36m olup, 153 basamakla çıkılan kulelerin en yüksek noktası 71.17 m'dir.

1160 yılına doğru inşasına başlanan bugünkü yapının, 6. yüzyıla tarihlenen Saint Pierre Bazilikası'nın bulunduğu yerde yapıldığı bilinmektedir. Katedralin nef bölümü, 1232 yılında, güney ve kuzey kuleleri ise aynı yüzyıl içerisinde tamamlanmıştır. Güney kulesi 1525-30 yılları arasında yeniden inşa edilmiş, kuzey kulesi ise 1891 yılında müdahale görmüştür. Mimari üslup olarak romanesk ile erken gotik üsluplarının birleşimidir. 1289, 1334, 1349, 1430 ve 1496 yıllarında yangınlar geçirmiş ve önemli onarımlar görmüştür.

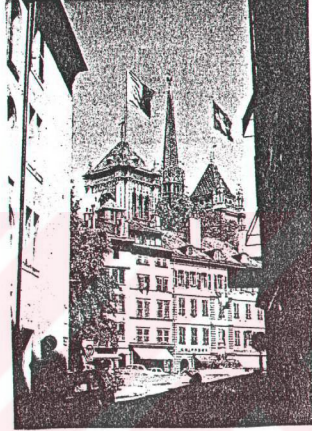
Katedralde yangın, deprem, vandalizm veya doğa koşullarının etkisiyle yıpranmış ve buna bağlı olarak onarımlar görmüştür.

15 Nisan 1969 tarihinde katedralde yapılması gerekli işlerle ilgili Kanton ve Cenevre kentleri yönetimlerine, maddi destek sağlamak amacıyla bir rapor sunulmuştur. Sağlanan destek doğrultusunda çalışmalar başlamıştır. Ön çalışma kolektif olarak arkeolog,

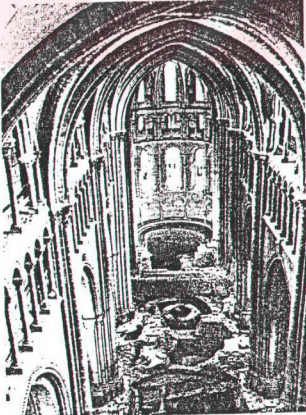
mimar, restoratör, mühendisler tarafından gerçekleştirilmiş ve iki yıl sürmüştür (Şekil 6.5). Öncelikle tarihsel ve ikonografik araştırmalar, zemin etüdları ve malzeme analizleri bu alanların kendi uzmanlarınca yapılmıştır (Şekil 6.3).



ŞEKİL 6.1 Saint Pierre Katedrali
kuzey ve güney kuleleri
(Eyüpgiller, 1998, s. 92)



ŞEKİL 6.2 Saint Pierre Katedrali
güneyden görünüşü
(Eyüpgiller, 1998, s. 92)



ŞEKİL 6.3 Arkeolojik kazı sonrası
katedralin iç görünüşü
(Eyüpgiller, 1998, s. 93)



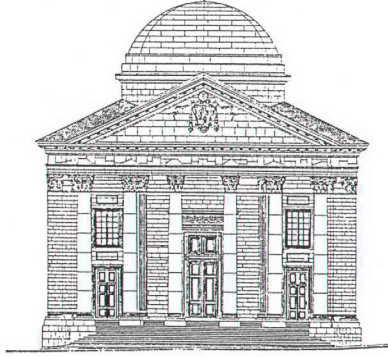
ŞEKİL 6.4 Restorasyon sonrası
katedralin iç görünüşü
(Eyüpgiller, 1998, s. 93)

Laboratuvarlarda çok sayıda malzemenin analizi yapılmış, böylelikle binayı oluşturan taş cinsleri ve ahşap gibi malzemelerin daha iyi tanınması sağlanmıştır. Bu malzemelerin doğal yapıları, karşılaştıkları bozulmalar, ısı, nem, değişimine ve hava kirliliğine dirençleri belirlenmiş, elde edilen veriler müdahale seçenekleri için yönlendirici olmuştur. Bu incelemelerin tamamı, müdahale metodunun tespitine, müdahale aşamalarının ve önceliklerinin belirlenmesine olanak vermiştir (Şekil 6.6).

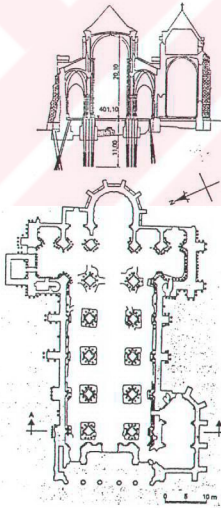
Restorasyon çalışmalarına 12 Nisan 1976 tarihinde, katedralin iki ayrı bölümünde başlanmıştır. Bunlardan ilki, dış duvarları rüzgar ve yağmur etkisiyle çok hasar görmüş olan ve ivedilikle korunması gereken mihrap bölümü, diğerleri de “chapelle des macchabes” olmuştur. Ayrıca, bozulma sürecinin hızlanmasının başlıca nedenlerinden olan çatının su artma sistemindeki arızaların onarımına başlanmıştır. Bir sonraki aşama, zemindeki arkeolojik kazılar olmuştur ve katedralin inşasından önceki alanda bulunan yapılar tüm evreleri ile katmanlar halinde ortaya çıkarılmıştır. Döşeme kapatıldıktan sonra iç duvarlarının restorasyonuna başlanmıştır (Şekil 6.4).

Yapılan ön araştırmalar ve rölöve çalışmalarının sonucunda yan sahanların iç duvarlarında ve nefin ayaklarında yaklaşık 38 cm. düşeyden kaçma belirlenmiştir (Şekil 6.7). Kazı sonucunda da, temellerde yapının stabilitesi açısından tehlike oluşturabilecek çatlaklar olduğu görülmüştür. Jeologların yaptığı sondajlar, temelleri dışında yaklaşık 26 bin ton ağırlığında olduğu saptanan yapının değişken bir zemine oturduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle temellerin güçlendirilmesi konusu, yapının temeldeki stabilitesi sağlanmadan üst yapının restorasyonunun bir işe yaramayacağı düşüncesi öncelik kazanmıştır. Katedralin kumluk bir tepenin üzerinde yer alması ve temellerinin yapının ağırlığına oranla küçük yapılmış olması yapının ağırlığının zemine aktarılması gereğini doğurmuştur. Uzmanlar, çimento enjeksiyonu-metal mikrokazıklardan oluşan bir konsolidasyon sistemine karar vermişlerdir. Sonuç olarak 10 cm. çapındaki bu kazıkların mevcut temelleri geçerek 10-12m’de jeolojik olarak stabil olduğu tespit edilen zemine ankre edilmeleri yöntemi seçilmiştir (Şekil 6.8).

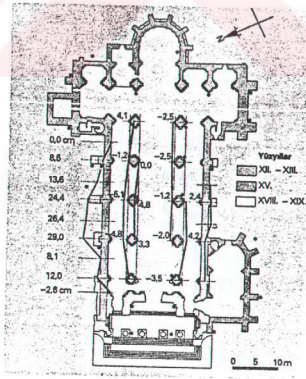
399 adet mikro kazık, proje üzerinde öngörülen yerlere, özellikle temellerin zayıf olduğu bölgelere yoğunlaşarak yerleştirilmiştir (Şekil 6.9).



ŞEKİL 6.7 Batı cephesi
(Eyüpgiller, 1998, s. 94)



ŞEKİL 6.8 Mikrokazıkların yerlerini
gösteren plan ve kesit
(Eyüpgiller, 1998, s. 95)



ŞEKİL 6.9 Kronolojik analiz paftası
ve sondaj yerlerini gösteren plan
(Eyüpgiller, 1998, s. 95)

Arkeolojik alanın üstünü de örtecek yeni döşeme strüktürünün seçimi, katedralin restorasyonun kritik kararlarından biri olmuştur. Çeşitli sorunların çözümü bu tercihe bağlanmıştır. Katedralin stabilitesi açısından, yeni döşemenin kargir ayakları birbirine bağlanarak rijit bir sistem oluşturulması sağlanmıştır. Yapılan seçim, öngermeyi prefabrik döşemeyi taşıyan metal putrellerden oluşan kompozit bir konstrüksiyon olmuştur. Bu strüktür üzerine beton bir döşeme, tüm elemanları birleştirmek ve rijitliğini arttırmak amacıyla yerleştirilmiştir. Temellerin konsolüdasyonu ve döşeme ile ilgili sorunların çözülmesinden sonra nef içerisinde iç duvarların restorasyonuna başlanmış, bu amaçla toplam 5000 metrekare alana yapı iskelesi kurulmuştur. Taşların kilolarca kabuksuz ekmek içi kullanılarak temizlenmesinin ardından çoğunlukla iyi durumda olduğu anlaşılmıştır. Ancak sütun başlıklarında bozulmalar olduğu tespit edilmiştir. Ekotoksikoloji laboratuvarı başlıklardaki bozulmaları, yapısındaki aşınma fenomenini inceleyerek tanımlamıştır.

Restorasyon öncesinde yapıda yeralan kömür tozu ile beslenen ısıtma sisteminin bu bozulmaya neden olduğu anlaşılmıştır. Kömür partikülleri, havanın doğal konveksiyonu ile başlıklarda çökelti bırakarak, başlıkların çıkıntı bölümlerinde korozyona neden olmuştur. İç mekandaki çalışmaların tamamlanması ardından yapının çatısı ve cepheleri alınmıştır.

Bir sonraki aşama ise kulelerin restorasyonu olmuştur. Genel olarak, su sızmasından zarar gören taşların yenilenmesi, su oluklarının değiştirilmesi ve su geçirimsizliğinin sağlanması olmuştur. Kuzeydeki kulenin tepeliğinin taş örgüsü dağılmak üzere olduğundan, bütün olarak yeniden derlenmiştir.

Katedralin, restorasyon çalışmaları 1991 yılında tamamlanmıştır.

6.2 Efes'teki Celsius Kitaplığı'nda Anastylosis Uygulaması

Arkeolog W. M.Strocka, Y. Mimar F. Hueber

Celsius kitaplığı, giriş merdiveni aracılığı ile oluşturulmuş bir podyum üzerinde iki katlı 21 m. genişliğinde 16 m. yüksekliğindeki duvarlarla meydana getirilmiştir (Şekil 6.10). Ön cephede, üç kapı ve kapılar üzerinde yer alan üç pencere bulunmaktadır. Bu üç aks ve aralarındaki alanlar her katta sekiz plasterle sınırlandırılmıştır. Kapılar ve pencereler bu üst yapı elemanlarını taşımaktadır. Kapılar arasında yer alan serbest alanlara, içlerinde heykellerin bulunduğu nişler yerleştirilmiştir. Sütunlar, küçük kare kaideler üzerinde yükselmekte ve kompozit başlıkları taşımaktadır. Kitaplığın üç giriş kapısı sürprizli bir biçimde okuma salonuna açılır. Bu okuma salonunu çevreleyen bir podyum bulunmaktadır.

Celsius kitaplığı, M.S. 114 yıllarında yapılmaya başlanmış ve üç veya dört yıl sonunda bitirilmiştir. Kitaplık, yalnızca 150 yıl amacına hizmet etmiş ve M.S. 3. yy'n ortasında tahrip edilmiştir. M.S. 262'deki Got yağmaları sırasında hasar görmüş olan yapı, M.S. 5. yy'da Efes kenti yöresel hükümeti tarafından alınan bir kararla belirli bir noktaya kadar onarılmıştır.



ŞEKİL 6.10 Efes Celcius Kitaplığı genel görünüş

(Strocka, 1979, s. 170)

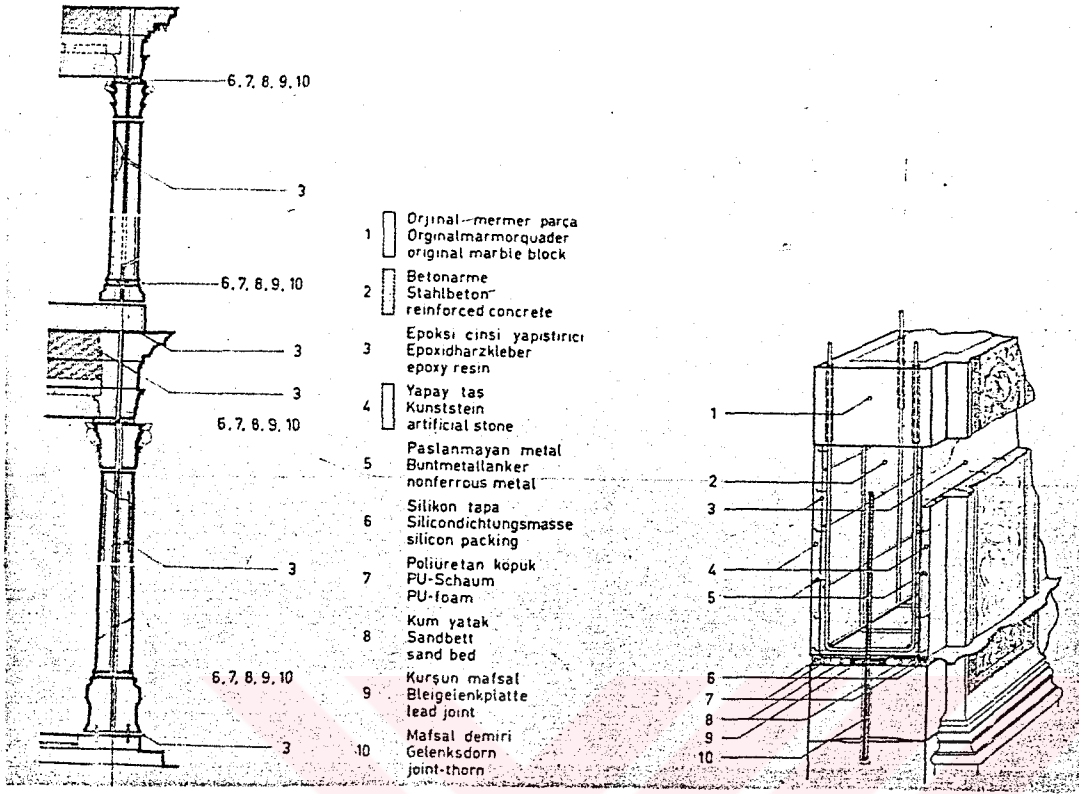
1903 yılında yapılan kazılara dayanılarak, görkemli giriş cephesinin Ortaçağ döneminde olan depremlerde yıkılmış olabileceği düşünülmektedir. Kazı çalışmaları sonucunda Avusturyalı mimar Wilberg tarafından Celsius kitaplığının cephe rekonstrüksiyonu hazırlanmıştır. Bu çalışmadan etkilenen Arkeolog W.M. Strocka, Avusturyalı Mimar F. Hueber ile birlikte kazı çalışmalarını başlatmıştır. Önce taşların bulundukları yerlere göre rölöveleri hazırlanıp, fotoğrafları çekilmiştir. Bulunan çok sayıda taşın yapıdaki yerini tespit etmek amacıyla büyük bir alana gereksinim duyulmuş ve taşlar, bu alana taşınmıştır. Taşlar bulundukları yerlere göre sıralanıp numaralandırılmıştır.

Temizlenen taşlar, iki yüzü delinerek çelik bağlaçlar aracılığı ile birbirine bağlanmıştır. Bu bağlaçlar, dış etkilere karşı polyester veya epoksi ile doldurulmuştur. Taşların birleşim yüzeyleri keski ile yontularak bir tür yatak meydana getirilmiştir.

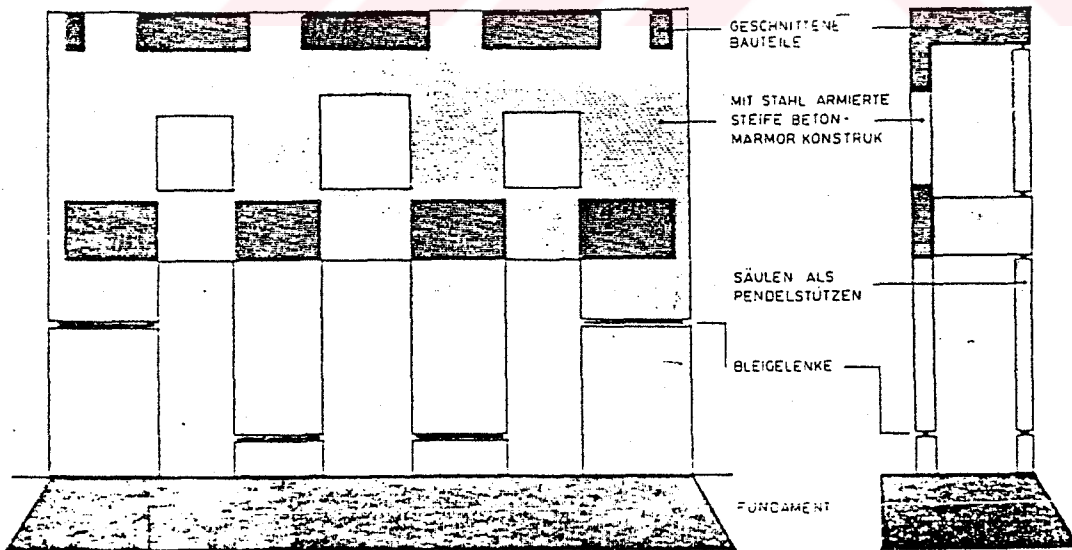
En büyük zorluk bulunan sütun parçalarının birleştirilmesinde çekilmiştir. Symina mermerinden yapılmış olan 16 adet sütun, parçalar halinde bulunduklarından dolayı çok dikkatli bir şekilde birleştirilmiştir. Eksik parçanın tamamlanması, için polyester ve fiberglastan yapılan kalıplar içine özel boya karışımı betondan dökülmüştür. Temellerin durumunu araştırmak amacıyla kazılar yapılmış ve bulgular doğrultusunda sağlamlaştırmaya yönelik taslaklar hazırlanmıştır. Bu çalışmalar mimar ve statik mühendisleri tarafından yapılmıştır (Şekil 6.11).

Prensip olarak ana taşıyıcı sistem duvarlar içine yerleştirilen bir betonarme çerçeve ve ona bağlı konsollardan oluşmaktadır (Şekil 6.12). Ön cephe ve sütunların içine yerleştirilen kurşun mafsallar yatay yer sarsıntısına (deprem) karşı önlem olarak yapılmıştır. Bu mafsallar, konstrüksiyonun 9-12 derece arasında değişen deprem şiddetine karşı dayanıklılığı sağlanmıştır.

Kayıp arka yüz blokları yerine beton kütleler konularak mermer benzeri plakalar ile kaplanmıştır. Ön cephenin sağında ve solunda betondan yapılmış olan koruma kirişleri kitaplığın kenar duvarı içine sokulup tuğla ile kaplanarak duvarın içine gizlenmiştir (Şekil 6.13-17). Üst cephe, beton kirişlerin üstüne yerleştirilmeden önce iskele aracılığı ile askıya alınıp titizlikle yerine konulmuştur.



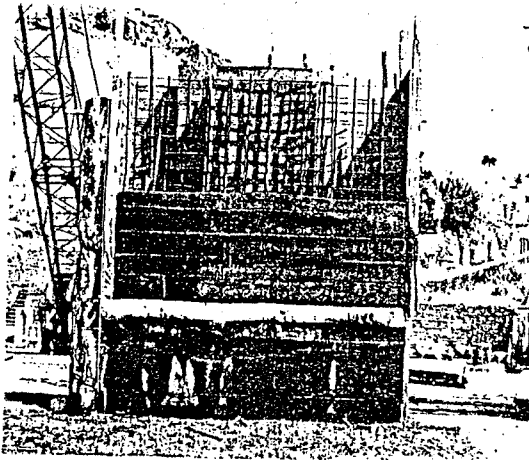
ŞEKİL 6.11 Efes Celcius Kitaplığı statik onarım tasarımı
(Strocka, 1979, s. 172)



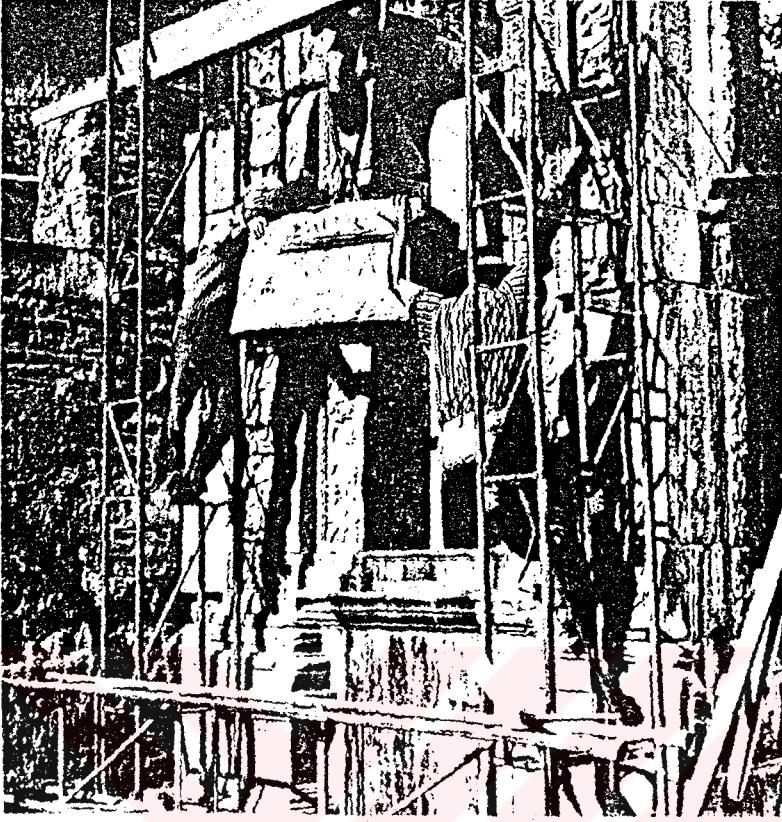
ŞEKİL 6.12 Celcius kitaplığı restorasyonunda uygulanan taşıyıcı sistem şeması
(Strocka, 1979, s. 172)



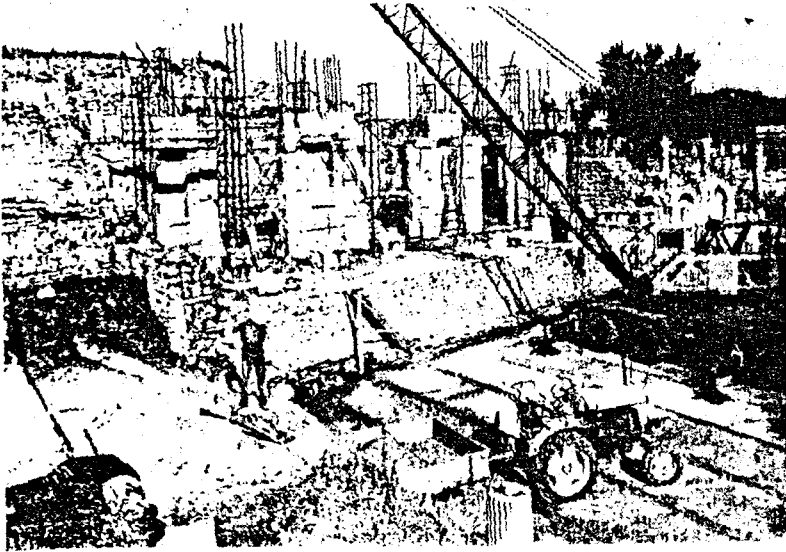
ŞEKİL 6.13 1970 yılında ön cephenin yandan ve üçlü girişin görünüşü
(Strocka, 1979, s. 173)



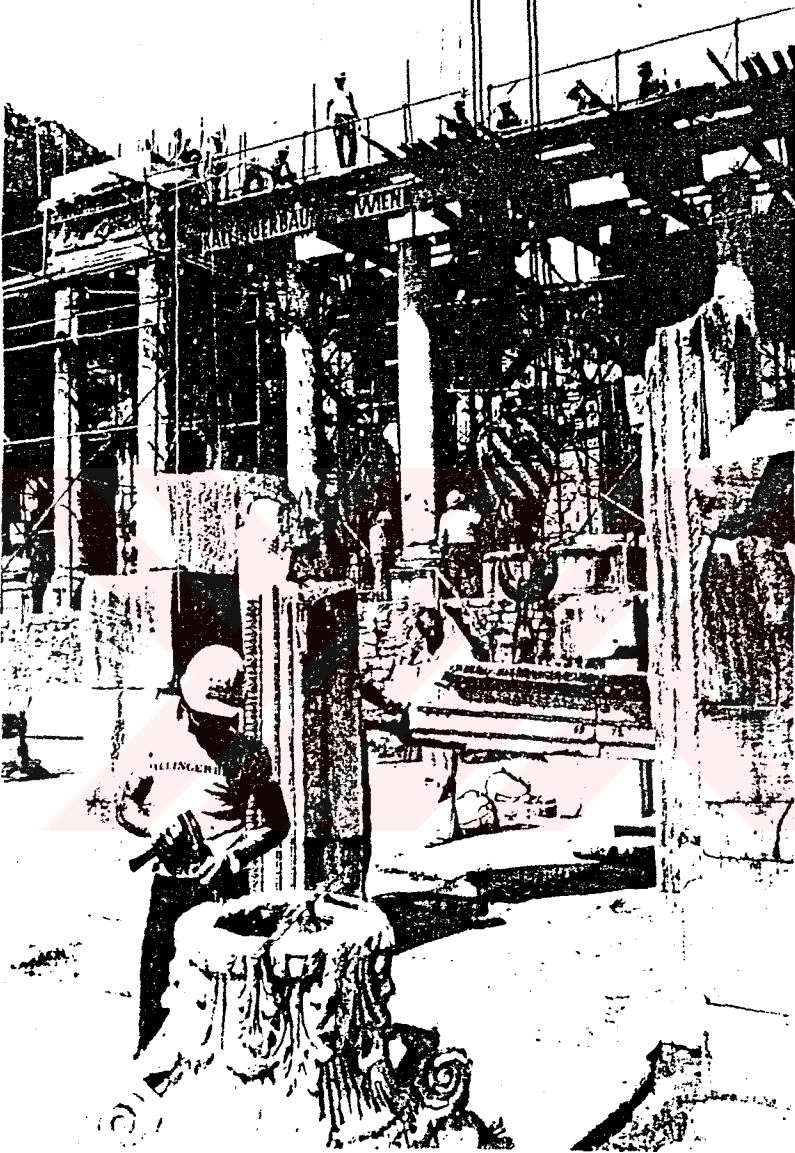
ŞEKİL 6.14 Cephenin sağlamlaştırılması işlemi, yandan görünüş
(Strocka, 1979, s. 176)



ŞEKİL 6.15 1973 yılı ön cephe çalışmaları
(Strocka, 1979, s. 176)



ŞEKİL 6.16 Cephenin 1973 yılındaki görünüşü
(Strocka, 1979, s. 177)



ŞEKİL 6.17 Ön cephenin 1975 yılındaki görünümü ve onarım sırasında dökülen bir kompozit başlık
(Strocka, 1979, s. 178)

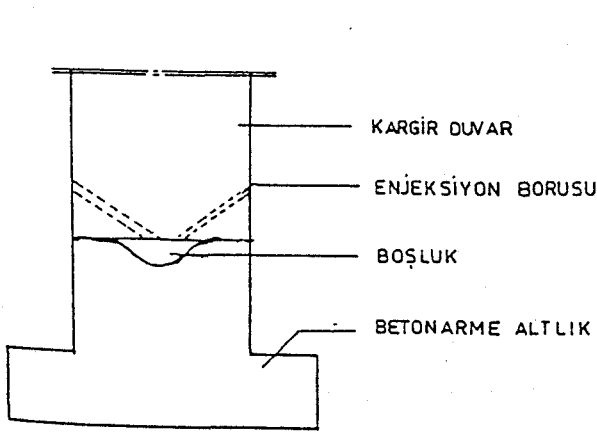
6.3 İstanbul Four Seasons Oteli Yenileme Projesinde Taşıyıcı Sistem Sorunları

Ana girişi üzerinde bulunan mermer kitabeleri (Dersaadet Cinayet Tevkifhanesi 1337)'inde belirtildiğine göre yapı 1918-1919 yılında yapılmıştır. Mimarı kesin olarak bilinmemekle birlikte bazı kaynaklarda Mimar Kemaleddin Bey, diğerlerinde Mimar Vedat Tek'den söz edilmektedir.

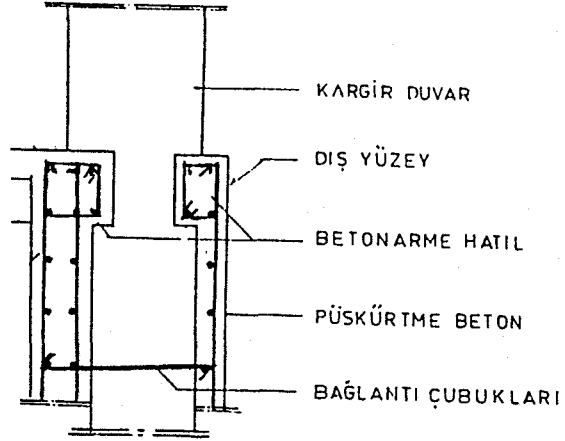
İstanbul Four Seasons Oteli Ayasofya Müzesi, Sultan Ahmet Camisi, Üçüncü Ahmet Çeşmesi ve Sultan Ahmet Oteli arasındaki 20.000 metrekare alanda bulunmaktadır (Şekil 6.18). Çağdaş anlamda cezaevi olarak inşa edilmiş ve 1000 kişi kapasitelidir. Yapı Türk neoklasik üslubunun özelliklerini taşımaktadır.



ŞEKİL 6.18 Four Seasons Oteli önden görünüş

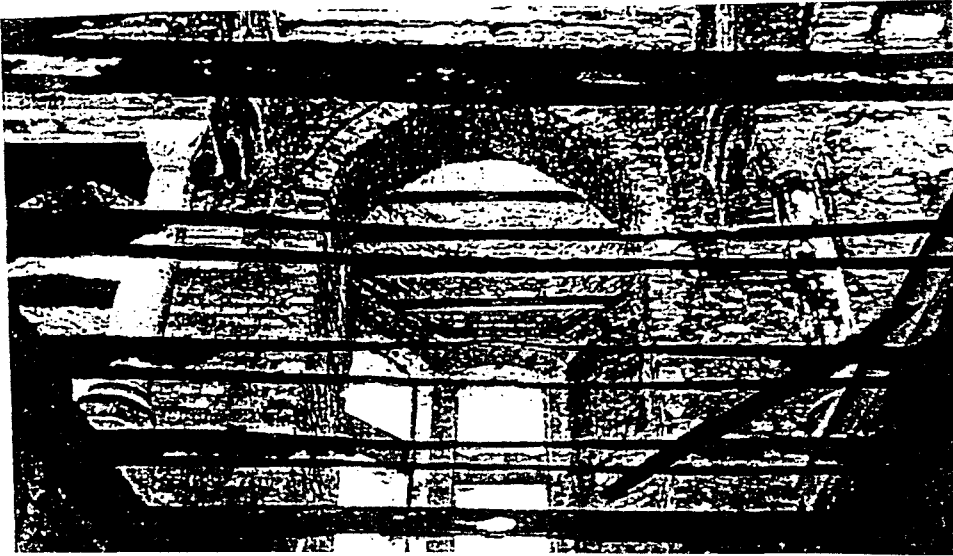


ŞEKİL 6.19 Taş duvarlarda iyileştirme
(Özgen & Özgen, 1997, s. 1037)

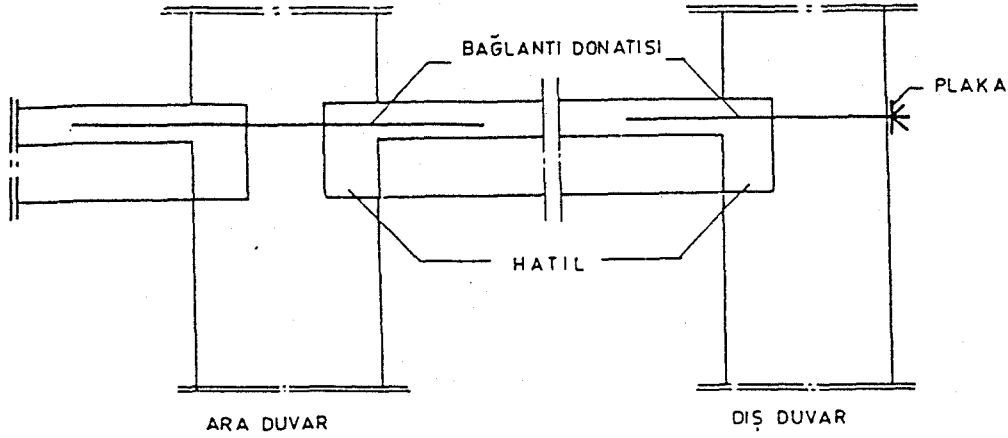


ŞEKİL 6.20 Taş duvarlarda güçlendirme
(Özgen & Özgen, 1997, s. 1038)

Binanın düşey taşıyıcı elemanları yığma kargir, bodrum taş, üst katlar ise tuğla olarak yapılmıştır (Şekil 6.19-20). Yatay taşıyıcılar (döşemeler) ise, 60 cm aralıkla yerleştirilmiş çelik profiller arasına blok tuğlalar konularak volta sistem oluşturulmuştur (Şekil 6.21). Daha sonraki dönemlerde yapılan onarımlarda taşıyıcı özelliğini yitirmiş olan döşemeler betonarmeye dönüştürülmüştür (Şekil 6-22). Bazı mekanlarda taşıyıcı tuğla ve taş duvarlar kaldırılmış ve üstten gelen yükleri karşılamak üzere I profiller yerleştirilmiştir.



ŞEKİL 6.21 Volta döşeme kirişlerinin durumu
(Özgen & Özgen, 1997, s. 1038)



ŞEKİL 6.22 Betonarme döşemelerin düzenlenmesi
(Özgen & Özgen, 1997, s. 1039)

1982 yılına kadar cezaevi olarak hizmet veren bina, kullanım ve kapasite farklılıkları nedeni ile değişikliklere uğramıştır. Tevkifhane sokağına bakan ön giriş cephesi özgün olarak günümüze ulaşmıştır. Bu cephede taş işçiliği, ahşap işçiliği ve çiniler orijinaldir.

Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulunun 1967 yılında aldığı karar doğrultusunda, cepheleri aynen korunmak şartı ile iç bölümlerde gerekli restorasyonu çalışmalarının yapılmasına izin verilmiştir. Turizm Bakanlığının 1992 yılında binayı 49 yılına Sultan Ahmet Turizm'e kiralamasından sonra onarım çalışmalarına başlanmıştır.

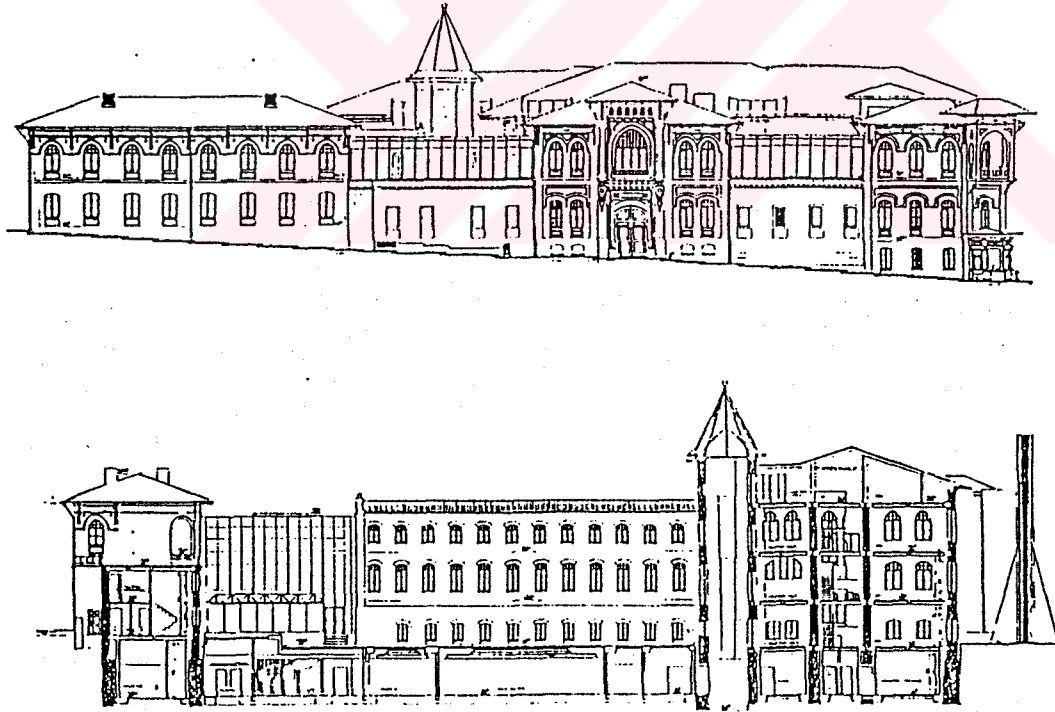
Restorasyon çalışmalarına başlanmadan önce yapılan incelemelerde düşey taşıyıcıların genel olarak yeterli olduğu saptanmış, ancak tüm bölümlerde yerel bozulmalara rastlanmıştır (Şekil 6.23).

Binanın bodrum katı duvarlarında hatıl olarak kullanılmış ahşap bölümler rutubetin etkisiyle çürümüş ve duvarların içinde büyük boşlukların oluşmasına neden olmuştur. Onarım çalışmaları sırasında bu boşluklar ahşap artıklarından temizlenip çimento enjeksiyonu ile doldurulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda temel duvarlarının düzgün bir tabana oturmadığı saptanmıştır ve sağlam bir taban oluşturmak için duvarın iki tarafından beton enjekte edilerek gerekli şartlar sağlanmıştır.

Bu işlem sırasında duvar kalınlığı ve ortada hava sıkışması endişesi ile yapılan betonun yeterince kaynaşmayacağı düşünülerek iki taraftan açılan deliklerden çimento şerbeti enjekte edilmiştir.

Bodrum kat duvarlarının zemin içinde kalan bölümleri incelendiğinde, harcın bozularak bağlayıcı özelliğini yitirdiği saptanmıştır. Bu amaçla duvarların iki tarafına püskürtme beton ve normal perde duvarlar eklenmiştir. Bu perde duvarları birbirine bağlanmak için duvar içinden geçirilen donatı çubukları kullanılmıştır.

Yenileme çalışmaları sırasında bazı taşıyıcı duvar bölümlerinin kaldırıldığı gözlenmiş ve böylece ortaya çıkan bu boşluklar betonarme düşey hatılları eklenerek güçlendirilmiştir.



ŞEKİL 6.23 Otelden görünüş ve kesit (Restorasyon projesi)
(Özgen & Özgen, 1997, s. 1040)

Tuğladan oluşan bazı duvarlarda da hasarlar tespit edilmiştir. Bu bölümler tek tek saptanarak yenilenmiştir.

Döşemeler incelendiğinde ise özgün hali volta olan döşemelerin yer yer betonarme ile değiştirildiği gözlenmiştir. Volta döşemeyi taşıyan profillerin duvar yapılırken yerleştirildiği ve 10x 60 mm boyunda yatay lamalarla duvar içine birbirine, 32'lik kılıçlarla da duvar dışına bağlandığı anlaşılmıştır. Bu profillerde, döşemeyi oluşturan tuğlalarda bozulmalar görülmüştür. Ayrıca, daha önce yapılan onarımlarda volta döşemenin betonarme ile değiştirilmiş olan kısımlarında bozulmalara rastlanmıştır.

Döşeme ile ilgili bu tespit çalışmalarından sonra sistemin tümü ile yenilenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Bu doğrultuda volta döşeme, çelik kiriş ve betonarme plaktan oluşan kompozit sistem bloklu betonarme döşeme tipleri olarak iki alternatif üzerinde durulmuştur. Her birinin avantaj ve dezavantajları değerlendirilerek bloklu betonarme döşeme yapılmasına karar verilmiştir. Bu döşemenin uygulanması için kat hizalarında, hatıllar için duvarlarda boşluklar açılmış ve her hacimde ayrı döşeme yapılmıştır. Bu döşemeler aynı zamanda duvar içinden geçirilen donatı çubukları aracılığı ile birbirine, dış cephelerde ise lamalarla duvarlara bağlanmıştır.

Bu yöntem, monolitikliğin sağlanması açısından önemlidir. Binanın ahşap oturtma olan çatısı yıpranmış ve üstten sızan suların etkisi ile bozulmalara neden olmuştur. Restorasyon projesi kapsamında çatı arası odalarının yapılmasına karar verilmiş ve gelecek ek yüklerden mevcut taşıyıcıların etkilenmemesi amacıyla çelik taşıyıcı sistem seçilmiştir. Bu doğrultuda çatı yüzeyi, çatı altındaki taşıyıcı duvarlar üzerine yapılan hatıllara oturtulan, çelik kolonlara mesnetli eğik kirişlere oturtulmuştur.

Sonuç olarak, binanın yer aldığı tarihi çevrenin dokusuna uygun bir şehir oteli kimliği kazandırılması amacıyla yürütülmüş olan çalışmalardan olumlu sonuçları alınmıştır. Bina, sınırları dışında ve avluda tüm eklentiler kaldırılarak özgün durumuna dönüştürülmesi ile temel özellikleri korunarak, gelecek kuşaklara bir miras olarak iletilmesi sağlanmıştır.



ŞEKİL 6.24 Orta avludan görünüş
(Özgen & Özgen, 1997, s. 1041)

6.4 Bodrum Tepecik Camii- Zeminden Gelen Rutubetin Kesilmesi Uygulaması

Vakıflar Genel Müdürlüğünün mülkiyetinde olan Bodrum Tepecik Camii'nde, zemininden gelen rutubetin kesilmesi hava sirkülasyonu sağlanarak ve araya yalıtım malzemesi yerleştirilerek sağlanmıştır.

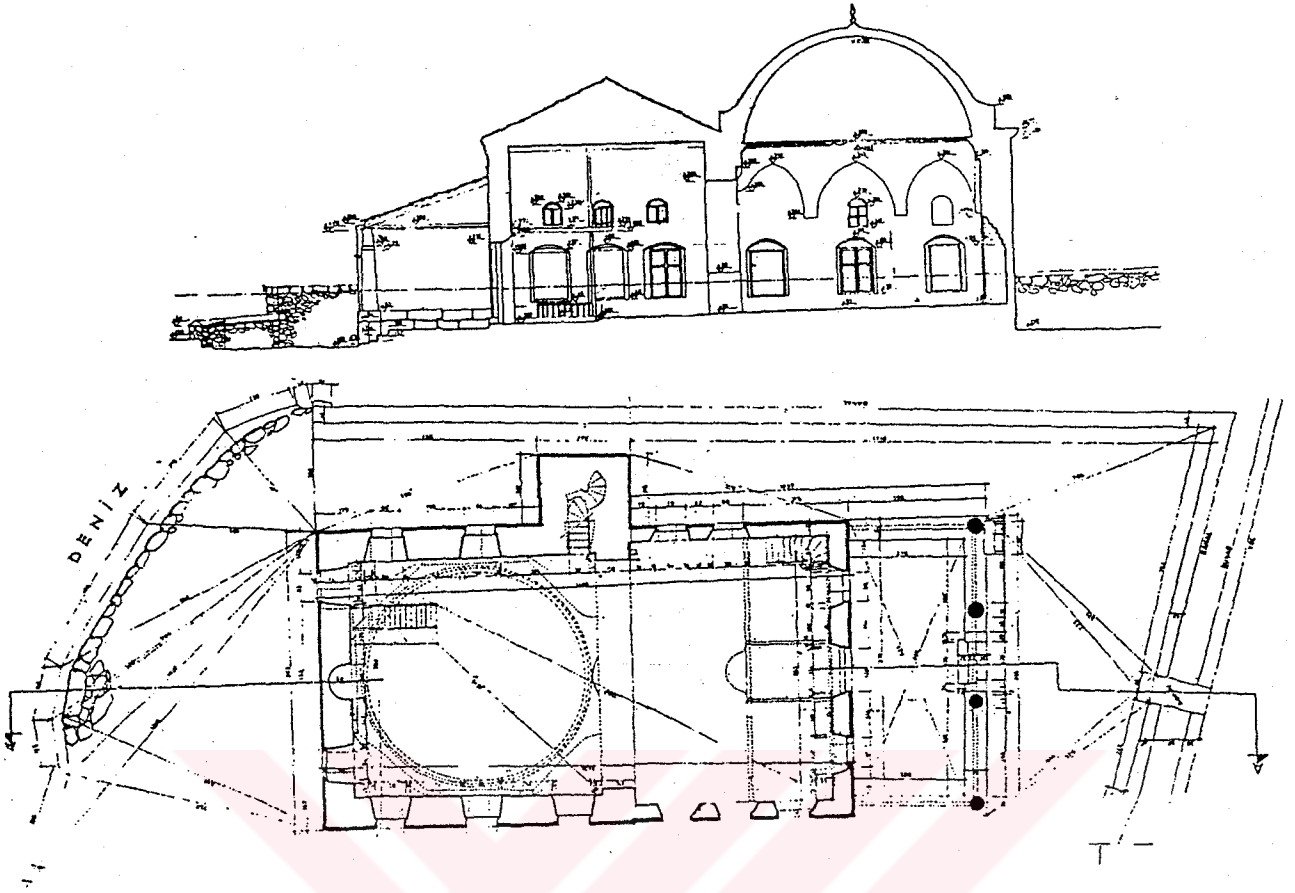
Yöntemin belirlenmesinde rutubetin yüksek olduğu yerleşimlerdeki eski yapılarda uygulanmış olan zeminden gelen rutubetin hava sirkülasyonu sağlanarak önlenmesi yöntemi örnek alınmıştır. Bodrum Tepecik Camii kitabesindeki yazıya göre miladi 1691 yılında yapılmıştır. Cami 142 metrekare taban alanına oturmakta ve üç hacimden oluşmaktadır.

Birinci hacim kubbeli, ikincisi çatılı, üçüncüsü ise üç yönü açık sundurma çatı ile kapatılmıştır. Birinci ve ikinci hacimler müşterek kapılı ve birbirinden içteki kemerlerle ayrılmıştır.

Kaya zemin üzerine temelsiz moloz duvarlarla inşa edilmiştir. Cami duvarlarında dört metreye kadar nem yükselmektedir. İç zeminde 60-70 cm. dolgu üzerine çürüdükçe değiştirilmiş ahşap döşemesi bulunmaktadır. Birinci hacim duvar kalınlığı 1 m'dir. İkinci hacmin duvar kalınlığı ise 0,65 m.dir. 1 m. kalınlıktaki ve değişik sertlikteki moloz duvarların mekanik testereler ile kesilmesi yapının özelliğinden dolayı çok zor olacağından kesme işlemi murç kalem, madırğa türü el aletleri ile 25 cm. yükseklikteki duvar kalınlığına kadar yapılmıştır (Şekil 6.25).

Yalıtım malzemesi seçimi için yapılan araştırmada en uygun malzemenin Vakıflar Genel Müdürlüğünün hurda malzemeden kendi ocaklarında 1x1,5 m. ölçülerinde 2-3 mm kalınlıkta ürettiği kurşun levhalar seçilmiştir. Duvar kesitinde yüksekliğin 25 cm. kurşun levhanın ise 2-3 mm kalınlığında olmasından dolayı, kalan boşluklar beton ile doldurulmuştur.

Duvarlarda kademeli olarak yapılmış uygulamanın alt kısmı alt modül, üst kısmı ise üst modül olarak belirlenmiştir. Modüllerin uzunlukları kurşun levhalara göre fire vermeyecek şekilde hesaplanmış ve alt modül 2 m. üst modül ise 1,5 m olarak belirlenip üst modüller kenarlarından alt modüllere oturtulmuştur.



ŞEKİL 6.25 Cami restorasyon projesi kesitleri
(Erincin, 1986, s. 22)

Uygulamaya, cami içindeki ve dışındaki sıvaların sökülmesi, duvar dışında çalışmak için geniş kanalların açılması ve cami içi kotunun dış zemin kotuna kadar indirilmesi ile başlanmıştır. Modüller, duvarın iç ve dış alt yüzeylerine hortum terazisi ile taşınıp çizilmiştir. Kesilecek modüllerin üzerinde içten ve dıştan duvar yüzeyinde geçici ahşap hatıl yapılmış ve zemine oturtulan ahşap payandalarla düşey yükler askıya alınmıştır. Cami içindeki kemer ayrıca askıya alınmıştır. Bütün modüllerin uçları beton dökümü için daha yüksek açılmıştır. Duvarlarda 2 m. uzunluğundaki bir alt modül tamamen boşaltılmış, alt ve iki yanına tasfiye betonu yapılmıştır. Birbirine eklenerek ve kenarlarından 35 cm'lik kısmı 90 derece bükülmüş, iki ucuna kurşun tasfiye betonu üzerine oturtularak, hazırlanan betonarme hatıl donatısı kurşun levha üzerine yerleştirilmiştir.

Üst modüller tek tek boşaltılmış ve duvar kalınlığının alt yüzüne tesviye betonu yapılmıştır. Alt modüllerden çıkan iki kurşun levhanın uçları bükülerek yerde hazırlanan iki ucu kıvrılmış kurşun levha ile duvara yerleştirilmiştir.

Betonarme donatı kalıp ve beton dökme işlemi alt modüllerde olduğu gibi yapılmıştır. Alt ve üst modüllerdeki çalışmalar tamamlandığında, duvarda dış zemine yakın bölümlerde duvar kalınlığı kadar, kademeli olarak ve devamlılık sağlayacak şekilde kurşun levha ve betonarme hatıl yapılmıştır.

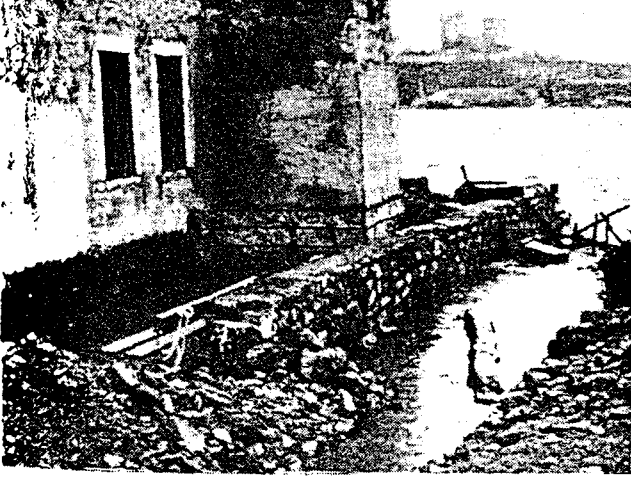
Cami duvarlarından sonra iç döşemeden gelen nemin önlenmesi için döşeme altında hava sirkülasyonunun sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla dış zemin kotuna indirilen iç döşeme içerisinde aralıklı moloz duvarcıklar örülmüştür.

Ana duvarlardaki uygulamada modül betonları dökülürken, çeşitli yerlerde 10x10 cm. ölçüsünde delikler bırakılmış ve daha sonra bu yerlere dıştan delikli taş kapaklar konulmuştur.

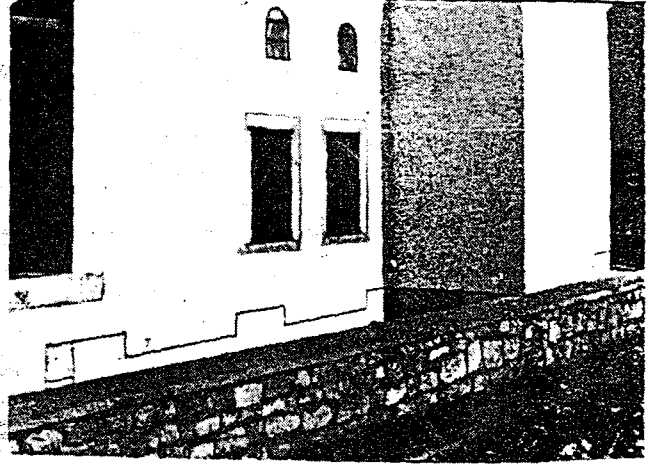
Cami içerisine 5-10 cm. kalınlıkta kum tabaka serilmiştir. İçteki moloz duvarcıkların üstüne ahşap kirişli döşeme yapılmış ve modüllerdeki delikler aracılığı ile döşeme altındaki havanın sirkülasyonu sağlanmıştır. Ahşap döşeme altında bırakılan boşluk 60 cm'dir.

Dışarıdan açık drenaj yapılarak duvara yerleştirilen kurşun levha altında kalan duvarın hava ile teması, içte ve dışta daha fazla yüzeyde sağlanmıştır. Duvarın iç yüzeyinde ve dış cephede yapılan sıva, kurşun levhanın geçtiği kademeli çizgiden 5 cm. genişlikte sıva kalınlığı kadar kesilmiştir. Sıvada fuga açılmasındaki amaç, estetikle birlikte sıvadan yükselecek nemin kesilmesidir.

Yapının onarım öncesi ve onarım sonrası durumunu belgeleyen fotoğraflarda da görüleceği gibi uygulamadan olumlu sonuç alınmıştır (Şekil 6.26).



ŞEKİL 6.26 Bodrum Tepecik Camii
restorasyon öncesi
(Erincin, 1986, s. 21)



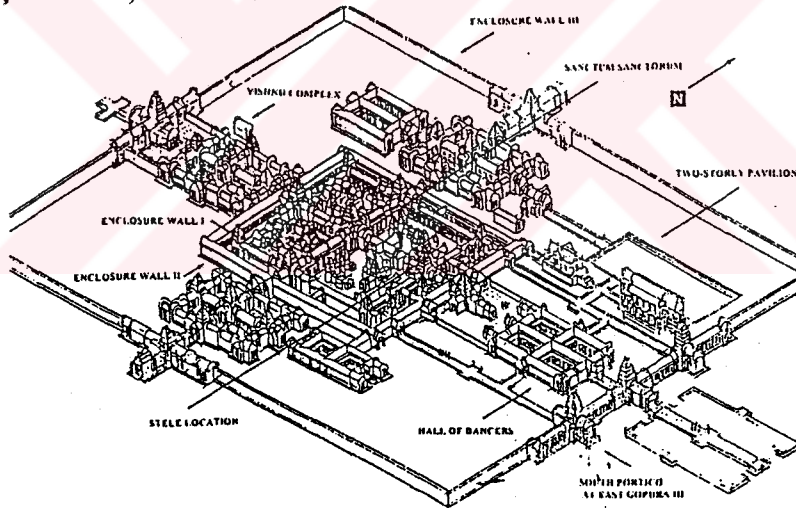
ŞEKİL 6.27 Bodrum Tepecik Camii
restorasyon sonrası
(Erincin, 1986, s. 21)

6.5 Preah Khan'daki Yapıların Strüktürel Tamir, Güçlendirme ve Onarım Çalışmaları (Anghor-Cambodia)

Tarihi Anghor şehri, kuzeybatı Kamboçya'nın Tonle Sap Nehri yakınında bulunmaktadır. Tropikal orman içinde yer alan Anghor büyük bir uygarlığın kalıntısıdır. Büyük bir dini merkez olan Anghor (9-15. yy) Khmer İmparatorluğunun başkentidir.

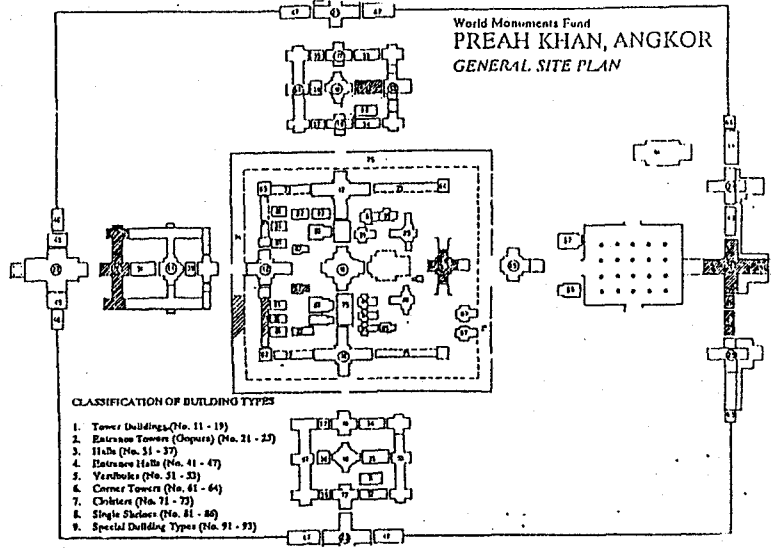
Burada bulunan anıtlar Khmer uygarlığının tarihi ve yerleşimi hakkında bilgi vermektedir. Anghor'daki mimari kronolojik olarak dört döneme ayrılmaktadır: Klasik Öncesi (802-921), Geleneksel (921-968), Klasik (967-1181) ve Geç Klasik (1181-1295).

Khmer mimarisinde, Hint etkisinden söz etmek mümkündür. Juyavarman VII tarafından kurulmuş olan Preah Khan 55 hektar üzerine yerleşmiştir. İlk başta manastır olarak kullanılmış olan bu tapınak kompleksi, daha sonra öğrenme merkezi olarak da kullanılmıştır (Şekil 6.28).



ŞEKİL 6.28 Preah Khan Tapınağı kompleksi
(Gavrilovic ve ark, 1997, s. 616)

Kompleks dört duvar grubundan oluşmaktadır. Analizler sonucunda detaylı bir yapısal sistem sınıflandırması yapılmış ve yapı tipleri dokuz ana grupta toplanmıştır. Bunlar kuleler, giriş kuleleri , holler, giriş holler, vestibuller, köşe kuleleri, revak, geçitler, tapınaklar ve özel yapı tipleri (kuş kuleleri) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 6.29). Preah Khan kompleksinde yapılan tespit çalışması sonucunda yapıların hasar durumları tespit edilmiş ve bu veriler konservasyon yönteminin belirlenmesinde etkin olmuştur.



ŞEKİL 6.29 Bina tiplerinin sınıflandırması
(Gavrilovic ve ark, 1997, s. 617)

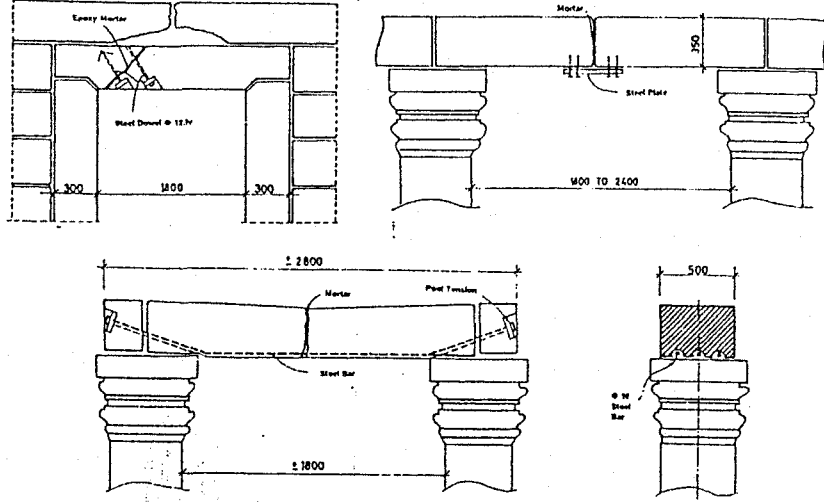
Yapılan incelemelerde elde edilen ilginç sonuçlardan biri de duvar , kolon , kiriş gibi öğelerin yıpranmasında nedenin yükler olmayıp, yüksek nemin bitki köklerinin gelişimine uygun ortam sağlamış olmasıdır. Strüktürel stabilizasyon ve tamir metotları yapısal sistemin özellikleri doğrultusunda belirlenerek her yapıda onarım için standart teknikler belirlenmiştir. Müdahale yöntemleri, konservasyon ilkeleri doğrultusunda ortaya konmuştur. Bunlar.:

1. Mümkün olan minimum müdahale ile sağlamlaştırmanın gerçekleştirilmesi,
2. Görünmez metotlar ile onarım ve sağlamlaştırmanın uygulanması,
3. Kullanılan malzemenin maksimum dayanım ve ana yapısal elemanlarda minimum etkileşim içinde olması,
4. Mümkün olduğunca geriye dönüşebilir malzeme kullanılması,
5. Kullanılacak malzemenin iklim değişikliklerine uyum sağlayabilmesi.

Bu ilkeler doğrultusunda, konservasyon çalışmalarına başlanmıştır. Sağlamlaştırma işlemlerinde özellikle mevcut malzemeler kullanılmış ve dışarıdan sadece iki malzeme getirilmiştir: Paslanmaz çelik ve epoxid. Kirişler, dayanımı az bir malzeme olan kum taşından yapılmıştır. Kirişlerde iki tür hasara rastlanmıştır:

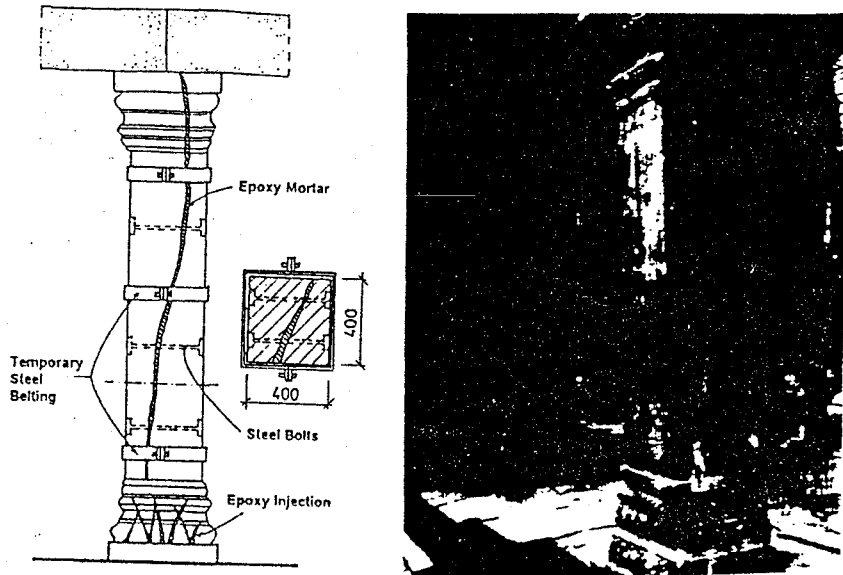
- Diagonal çatlaklar: Kirişin mesnet noktalarında ve kapı pencere kenarlarında gözlenmiştir.
- Düşey çatlaklar: Kirişlerin orta bölgesinde rastlanmıştır.

Bu çatlakları kapatmada görünmez yöntemlerin uygulanmasına karar verilmiş ve bu doğrultuda plaklar, gerilim uygulanmış çelik teller ve epoksi reçinesi kullanılmıştır.



ŞEKİL 6.30 Kirişlerin makaslama ve eğilme yetersizliklerine karşı onarımı ve güçlendirilmesi (Gavrilovic ve ark, 1997, s. 620)

Kompleksin simgesel öğelerinden olan kolonların öncelikle Preah Khan ayağı'nın kaldırılmasına karar verilmiştir. Bu kolonlarda bulunan değişik boyuttaki düşey çatlakları kapatmakta çelik kemerleme sistemi kullanılmıştır.

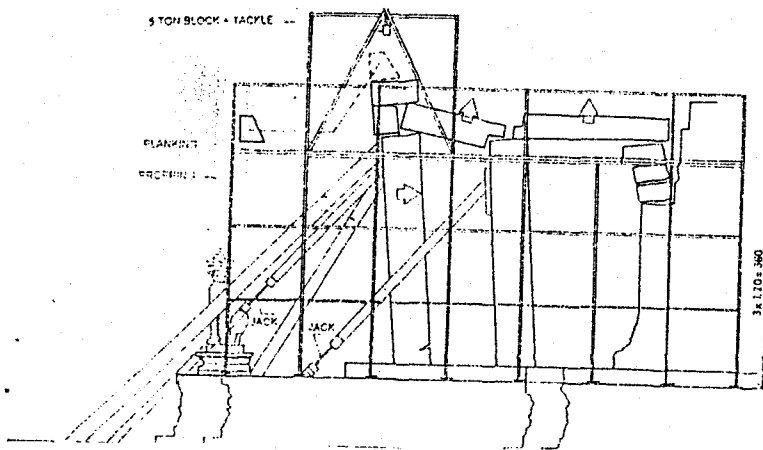


ŞEKİL 6.31 Sütunların paslanmaz çelik ve epoksi materyalleri ile güçlendirilmesi (Gavrilovic ve ark, 1997, s. 620)

Bazı bölümlerde kısmi yıkımlara rastlanmış ve bunun nedeninin kemerlerin yanlış yerleştirilmesinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Ciddi deformasyonlar sonucunda yer değiştirmiş taşların yerlerine yerleştirilmesinde hidrolik krikolar kullanılmıştır. Yerine konulmuş parçaların birleşmesini sağlamak ve kaymasını önlemek için çelik iğne ve plaklar ile desteklenmiştir (Şekil 6.31). En tipik hasar şekli olan düşey çatlaklarda lokal stabilizasyon uygulanmıştır.

Saptanmış olan dokuz yapı tipi ayrı ayrı ele alınarak herbirinde farklı konsolidasyon yöntemleri uygulanmıştır. Güney South Portico'nun doğu tarafında bulunan Copura 3 Preah Khan kompleks girişinin bir parçasıdır. 1992 yılında alanın ormandan ayıklanması sonunda 20 yıl aradan sonra 4 kolon, kirişleri ve birkaç çatı parçası kalmıştır. Orijinal çatının taşları çökmüş ve giriş kolonları da parçalanarak dağılmıştır (Şekil 6.32).

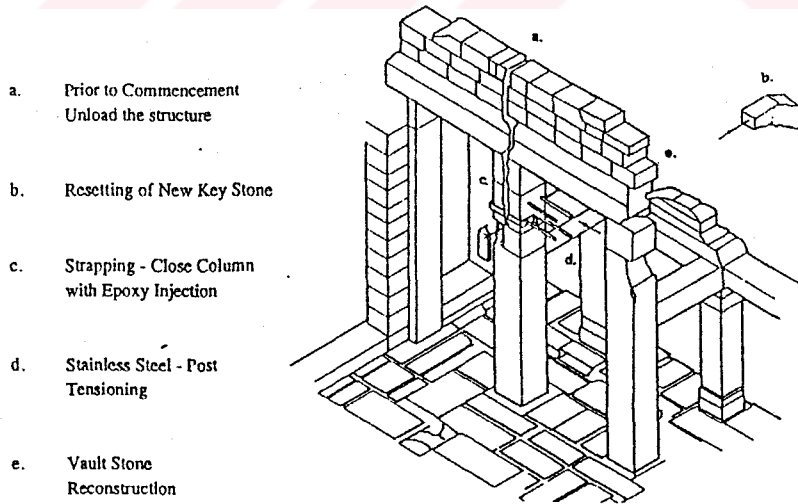
Gopura III bölümünün konsolidasyon çalışmaları 4 Ocak 1994 yılında başlamıştır. Hidrolik krikolar yardımı ile kolonlar dikey pozisyona getirilmiştir (Şekil 6.32). Bu işlem hidrolik krikolar aynı anda çalıştırılarak sağlanmıştır. Kolonlar dikey pozisyona getirilip, stabil bir baza oturtulduktan sonra çimento enjeksiyonu ile güçlendirilmesi sağlanmıştır (Şekil 6.32).



ŞEKİL 6.32 Güney girişinin stabilizasyonunun sağlanması
(Gavrilovic ve ark, 1997, s. 623)

Güneydoğu kısmında dansçıların holü olarak bilinen bölüm en çok zarar görmüş bölgedir. Eğer kolonlar biraz daha akstan saparsa çökmelerin meydana gelebileceği düşünülmüştür. Bu durum karşısında acil önlemler almak için çalışmalar başlatılmıştır. Öncelikli olarak ölçümler doğrultusunda çizimler yapılmış, fotoğraflar çekilmiş ve gerekli analizler yapılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda konsolidasyon yöntemi seçilmiştir. Kolonların onarımı hidrolik krikolar yardımı ile takviye edilerek yükler azaltılmış ve yerine yerleştirilmiştir. Aynı şekilde kirişler de düzeltilmiştir. Kolonların üst tarafında bulunan çatlaklar, çelik kemerler ile onarılmıştır. Dikey çatlakların bulunduğu bölümlerde kolonlar çatlak boyunca delinerek paslanmaz çelik ile “Sikadur 732” epoksi harcı köşelerden çatlakların içine yerleştirilmiştir. Daha sonra “Sikadur 752” epoksi reçinesi enjeksiyonu yapılmıştır. Kayıp taşlar yerine kesilmiş taşlar kullanılmıştır. Bunlar da aynı şekilde paslanmaz çelik ve epoksi reçineleri ile onarılmıştır (Şekil 6.33).

Sonuç olarak Ankhor'daki onarım çalışmaları, yapılan analizler sonucunda yapı öğeleri ve yapı tipleri olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Burada metot seçimi bu veriler doğrultusunda belirlenmiştir. Hasar durumuna göre her yapıda farklı bir yöntem uygulanmıştır.

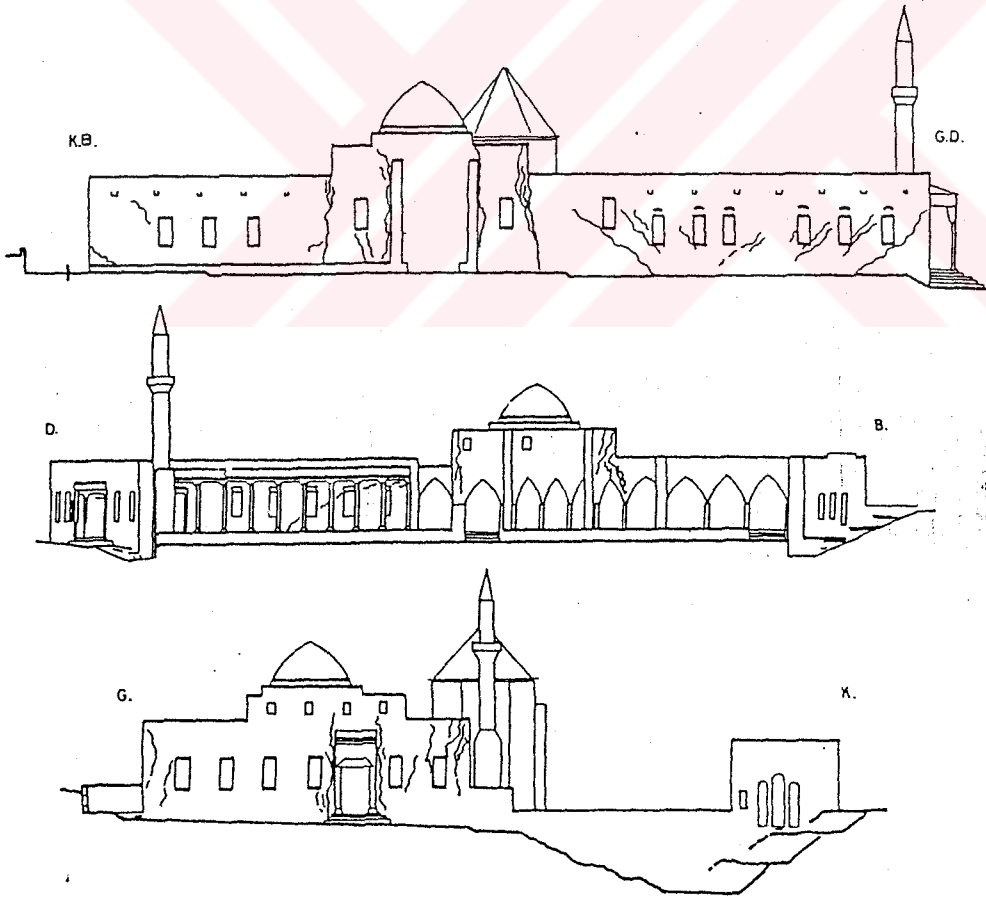


ŞEKİL 6.33 Dansçı girişinin sağlamlaştırılması
(Gavrilovic ve ark, 1997, s. 623)

6.6 Konya Alaaddin Camiinde Restorasyon Uygulaması

Konya Alaaddin Camii, şehir merkezindeki bir tepe ve muhtemelen eski bir höyük olduğu bilinen Alaaddin Tepesi üzerine inşa edilmiştir. Anadolu Selçuklu Mimarisi tarzında XII. yy. ortalarında yapıldığı kesin olarak bilinen en eski Selçuklu Camii'dir. Caminin yapımına, Selçuklu Sultanlarından I. Rüknettin Mesud (1116-1156) tarafından başlanmış, II. Kılıç Arslan (1156-1192) tarafından da tamamlanmıştır.

Camide birbirinden farklı üç bölüm bulunmaktadır. Bunlar: ortada kubbeli bölüm, kubbeli mekanın doğusunda çok sütunlu büyük bölüm ve batıda bulunan hünkar mahfilidir (Şekil 6.34). Caminin doğu bölümünde, çoğu başlıkları ile birlikte Bizans ve daha öncesi klasik devirlere ait 41 adet taş ve mermer sütun bulunmaktadır. Bu sütunlar doğu batı doğrultusunda başlık üzerine oturan tuğla kemerlerle sürekli olarak bağlanmışlardır.



ŞEKİL 6.34 Konya Alaaddin Camii restorasyon öncesi çatlak durumları
(Karaduman, 1991 ,s.90)

Orta bölümünde ve mihrap önünde kubbeli sahan bulunmaktadır. Kubbe kasnağı kemerlere oturmakta, yük akışı mihrap duvarı ve iki ayakla sağlanmaktadır. Kubbeli sahanın doğu, batı ve kuzeyinde kuzey- güney doğrultusundaki tuğla kemerlere oturan düz örtülü mekanlar yer almaktadır.

Caminin beden duvarları, kuzey cephesi, orta ve doğu bölümü haricinde, iç yüzü sıvalı moloz taş duvarlar olarak inşa edilmiştir. Caminin kuzeyinde bulunan avlu, yer yer yüksekliği 9 m.yi geçen taş duvarlarla çevrilmiştir. Cami avlusunda, biri ilk yapı zamanından kalan ongen planlı kesme taş ve tuğla malzemeden inşa edilmiş üstü açık olan iki türbe bulunmaktadır. Caminin kuzeydoğu köşesinde, dilatasyonla duvarlardan ayrılmış, kesme taş ve tuğladan inşa edilmiş minare yer almaktadır.

Tarihi boyunca birçok değişiklik geçirmiş olan Alaaddin Camii II. Murat ve II. Abdülhamit zamanında iki önemli onarım geçirmiştir. Daha sonraki dönemlerde onarımlar görmeye devam etmiş, fakat her onarım sonrasında yeni sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu durum karşısında, 1980 yılında cami ibadete kapatılarak bilimsel etüt ve projelendirme çalışmalarına dayanan köklü bir onarım yapılmasına karar verilmiştir. Daha sonra 12.5.1983 tarihinde hazırlanan onarıma ilişkin şartnamede bu çalışmaların kapsamına alınan hizmetler belirlenmiştir.

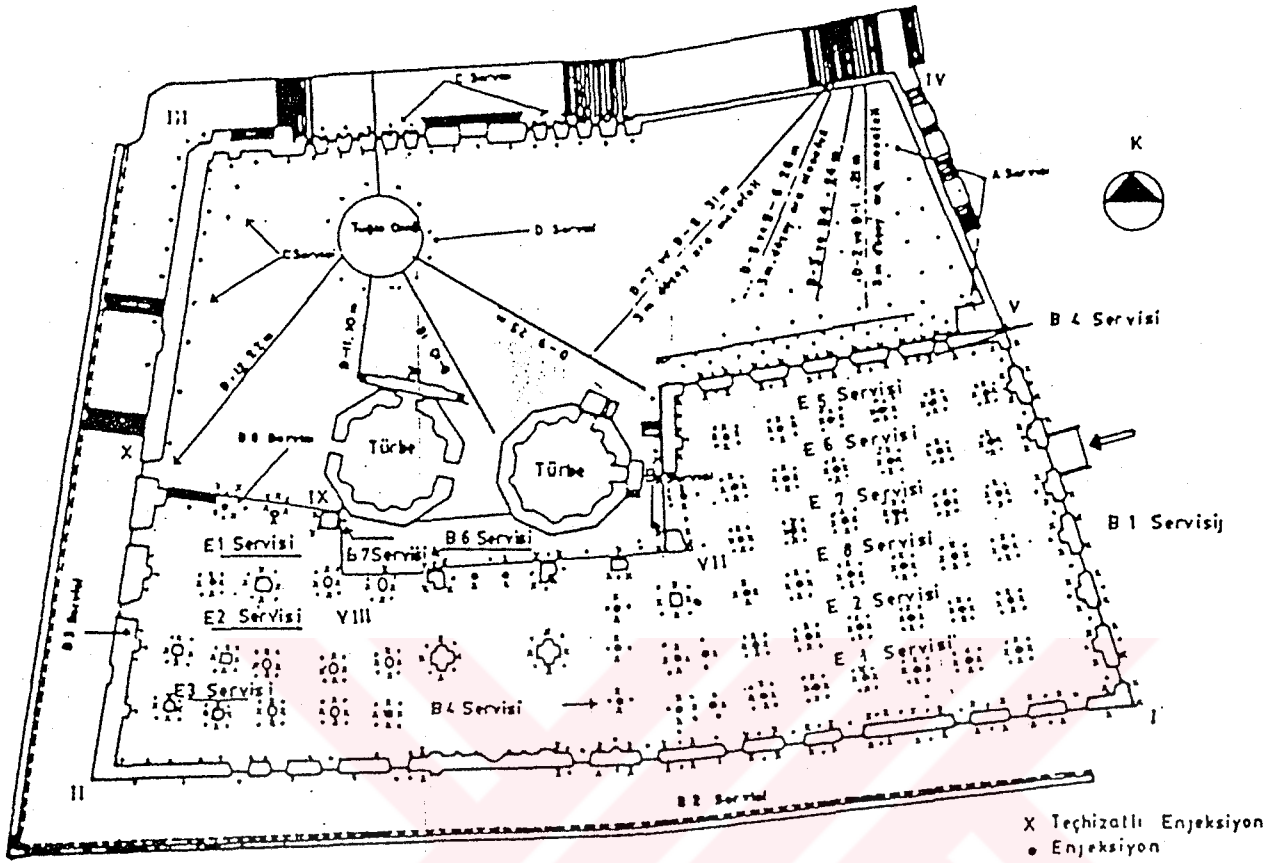
1. Zemin iyileştirme /güçlendirme çalışmaları:

- a. Zemin ile ilgili sorunların araştırılması,
- b. Zemin iyileştirme projesi düzenlenmesi,
- c. Zemin iyileştirme uygulaması sırasında danışmanlık ve denetim.

2. Yapının onarım ve güçlendirilmesi çalışmaları:

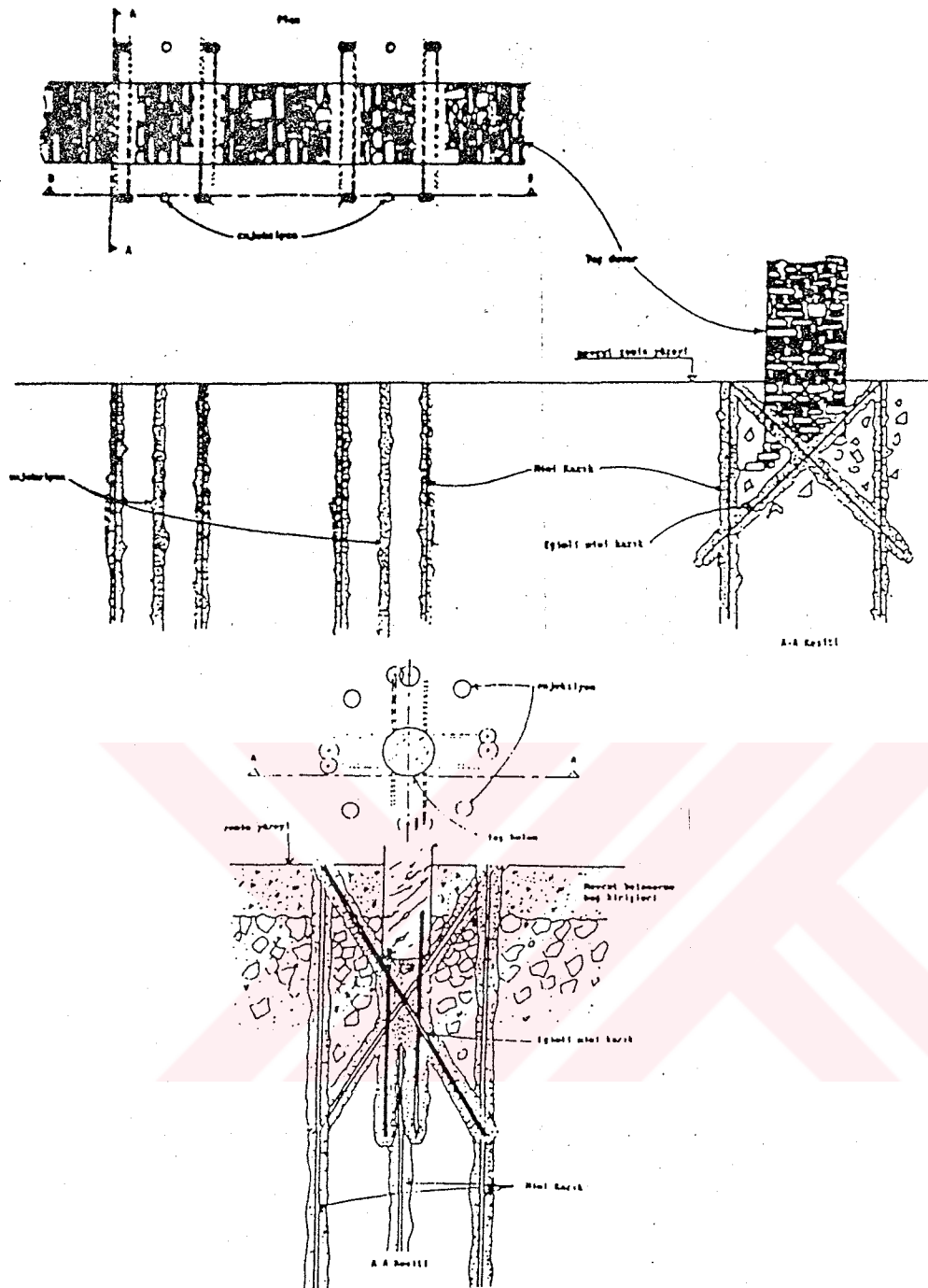
- a. Çatlak ve ötelenmelerdeki değişimlerin ölçülmesi,
- b. Taşıyıcı yapı sorunlarının araştırılması,
- c. Taşıyıcı yapı güçlendirme projesinin hazırlanması,
- d. Yapı onarımı sırasında danışmanlık ve denetim.

Alaaddin Camii taban ve temel zemini güçlendirme projesi enjeksiyon yöntemi ile zeminin ıslahı, üst yapı yüklerinin tabii zemine aktaracak teçhizatlı enjeksiyon (mini kazıklar) yapılması ve yüzey sularının drenajı olmak üzere üç ayrı yöntem ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.35-36).



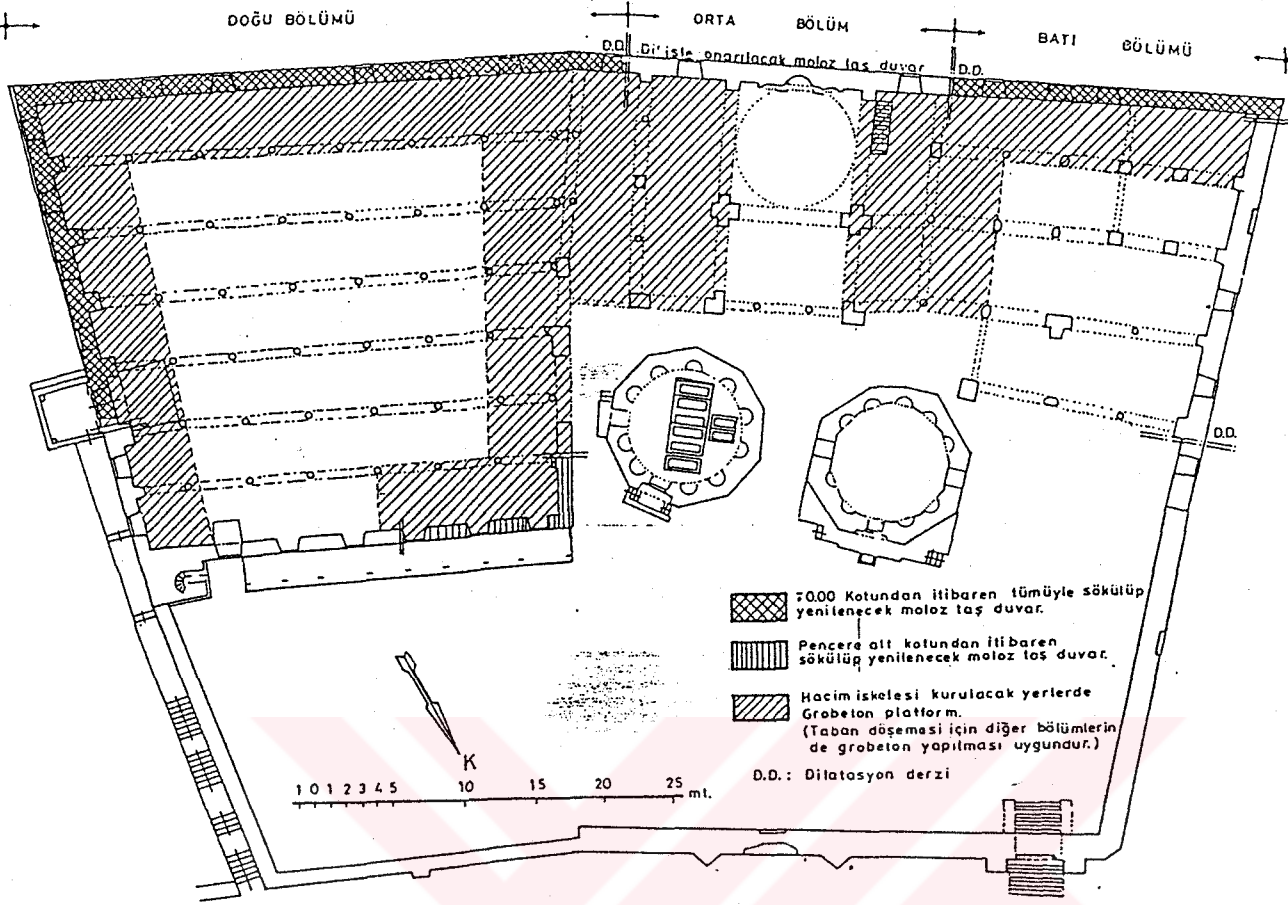
ŞEKİL 6.35 Konya Alaaddin Camii teçhizatlı enjeksiyon ve enjeksiyon detay planı
(Kaltakçı, 1991 ,s. 23)

Temel zeminini iyileştirmek amacıyla sütun etrafında ve duvar dipleri boyunca 10m. derinliğinde toplam 300 adet kuyu açılmıştır. Taban zeminini güçlendirme kuyuları dolgu derinliği +2 m. (28-30m) derinliğinde olup duvar diplerine ve cami içerisinde olmak üzere toplam 172 adet kuyu açılmıştır. Mini kazık (teçhizatlı enjeksiyon) kuyuları ise duvar diplerinde 2 m. ara ile ve sütunların etrafında herbirinde dört adet olmak üzere dolgu derinliği 2 m. 'dir. Toplam 349 adet mini kazık kuyusu açılmıştır.



ŞEKİL 6.36 Konya Alaaddin Camii mini kazık detayları
(Kaltakçı, 1991 ,s. 24)

Camideki çatlakların durumunun gözlenmesi üç ayrı ölçüm sistemi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.37). Bunlar; duvar ve kolon gibi taşıyıcı elemanlardaki çatlakların gözlenmesine yönelik ölçüm aletlerinin yerleştirilmesidir. Enjeksiyon esnasında zemindeki deformasyonları ve oturmaları gözlemeye yönelik ölçüm aletlerinin yerleştirilmiştir

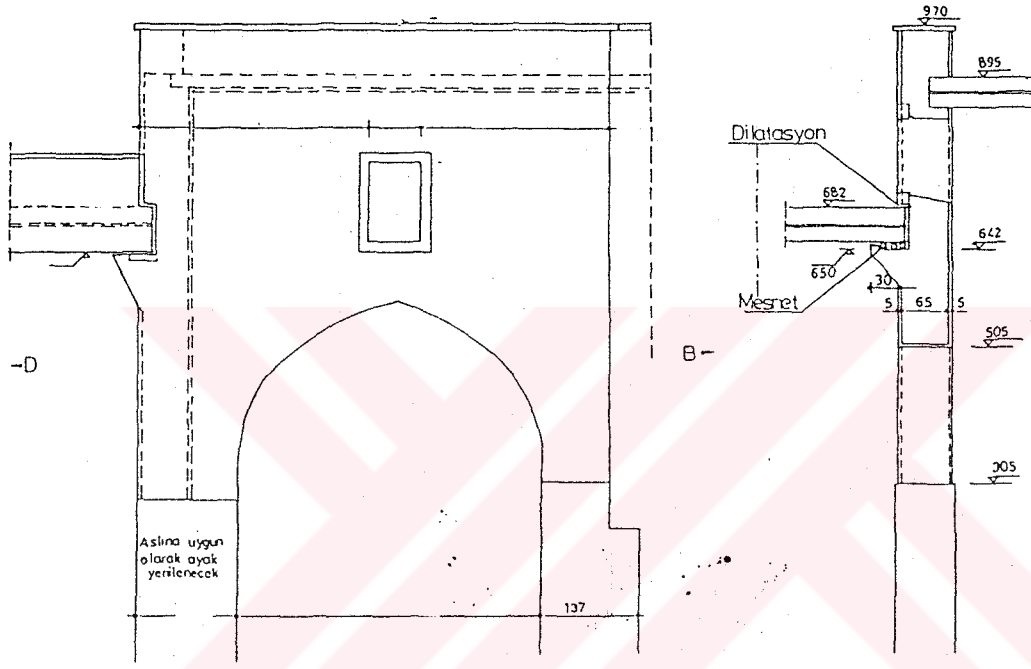


ŞEKİL 6.37 Konya Alaaddin Camii planı
(Karaduman, 1991 ,s. 91)

Bu ölçüm ve gözlemler için caminin duvar ve sütunlardaki çatlakları içten ve dıştan gözlemlenecek şekilde 0.01 mm hassasiyetle ekstansometreler kullanılmıştır. Alet okumaları hergün sürekli olarak yapılmıştır. Başlangıçta duvar ve tabanda görülen çatlak hareketlerinin, yapılan çalışmalardan sonra tamamen durduğu saptanmıştır.

Alt yapıda gerekli iyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra üst yapı onarımına geçilmiştir. Beden duvarları, kemerler ve sütunlarda yapılacak yenileme ve onarım çalışmaları sırasında güvenliğin sağlanması ve yükün aktarılması bakımından üst yapının gerekli görülmüş bölümleri ve elemanları iskele ile askıya alınmıştır. Bu iskele, çalışmaları aksatmayacak bir düzenleme ve cami zemin seviyesinde hazırlanan grobeton platform üzerine kurulmuştur.

Üç bölümden oluşan harem kısmında orta mekanın doğu ve batı bölümlerinin birleştiği güney-kuzey akslarında kemerler dilatasyon derzli olarak tasarlanmıştır. Batı bölümü birleşiminde tuğla ile kaplanmış dilatasyon derzli betonarme bir kemer oluşturulmuştur (Şekil 6.38). Orta bölümde kubbe kasnağını taşıyan kemerler temel bağlantılarında yeterli rijitliğin sağlandığı çelik iç kemerler ile desteklenmiştir. Ayrıca, orta bölümün güney beden duvarlarında oluşmuş çatlaklar dikiş ile onarılmıştır. Orta bölümde sütun ve ayak üst başlıkları ile kemer özengileri onarılarak çelik gergi çubukları özengide çelik çemberlerle bağlanmıştır (Şekil 6.39).

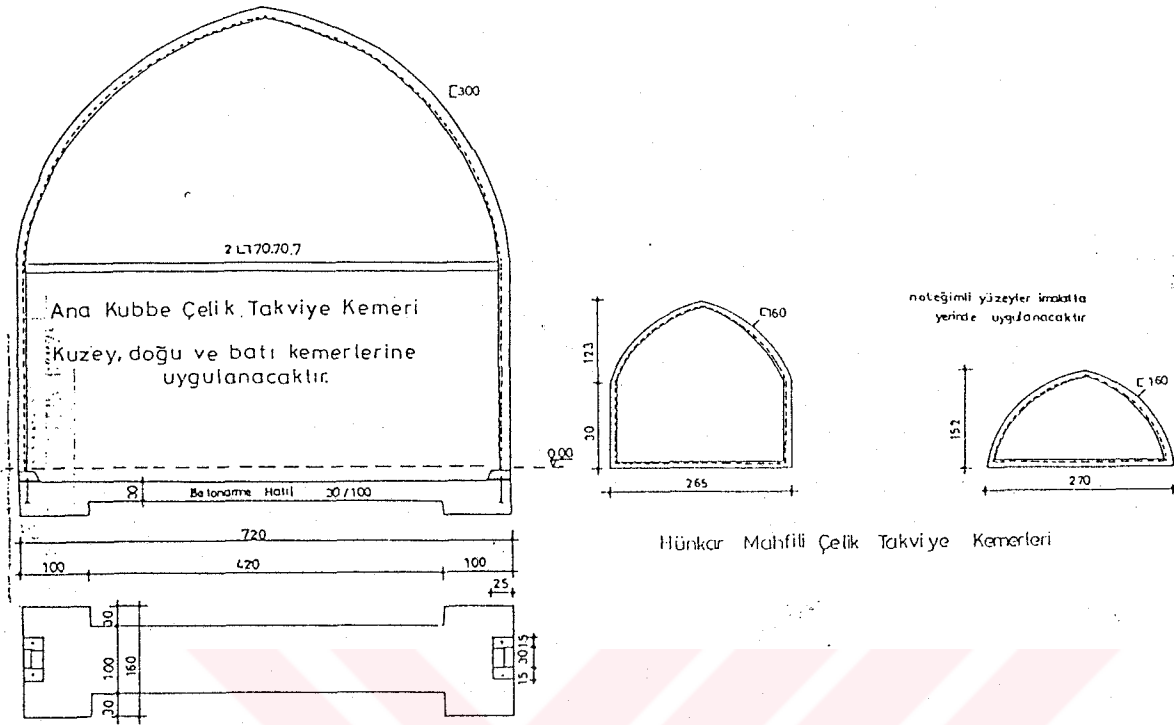


ŞEKİL 6.38 Doğu dilatasyon derzi kuzey cephesi detayı
(Karaduman, 1991 ,s.92)

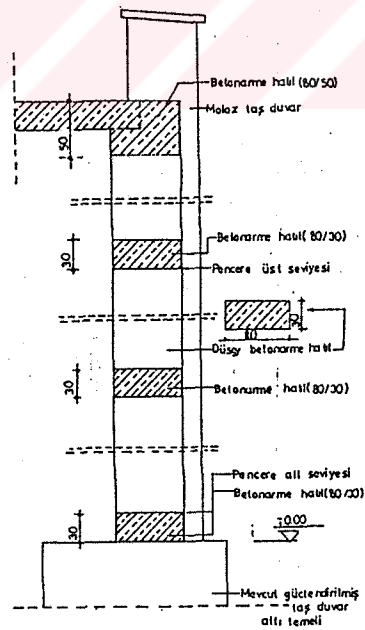
Doğu bölümü, doğu ve güney beden duvarlarının tümü, sökülüp yenilenmiştir. Bu yenileme doğuda minarenin bulunduğu kuzey-doğu köşesinden; güneyde dilatasyon derzi ile ayrılan orta bölüme kadar yapılan moloz taş duvarın bütünlüğü, yatay ve düşey hatlarıyla oluşturulan betonarme çerçeve ile sağlanmıştır. Bu yenileme işlemi yapı güvenliği açısından anolar halinde yapılmıştır (Şekil 6.40).

Bu uygulamada öncelikle temel ve taban zemini güçlendirme çalışmalarının olumlu ve güvenilir sonuçları doğrultusunda caminin en eski ve orijinal elemanlara sahip orta bölümü ile daha sonraki yıllarda yenilenmiş doğu ve batı bölümlerini de içine alan bütününe statik dengesine özen gösterilmiştir.

Bu çalışmalar sonucunda Tarihi Konya Alaaddin Camii temmuz 1995 yılında yeniden ibadete ve ziyarete açılmıştır.



ŞEKİL 6.39 Çelik takviye kemer detayları
(Karaduman, 1991 ,s. 96)



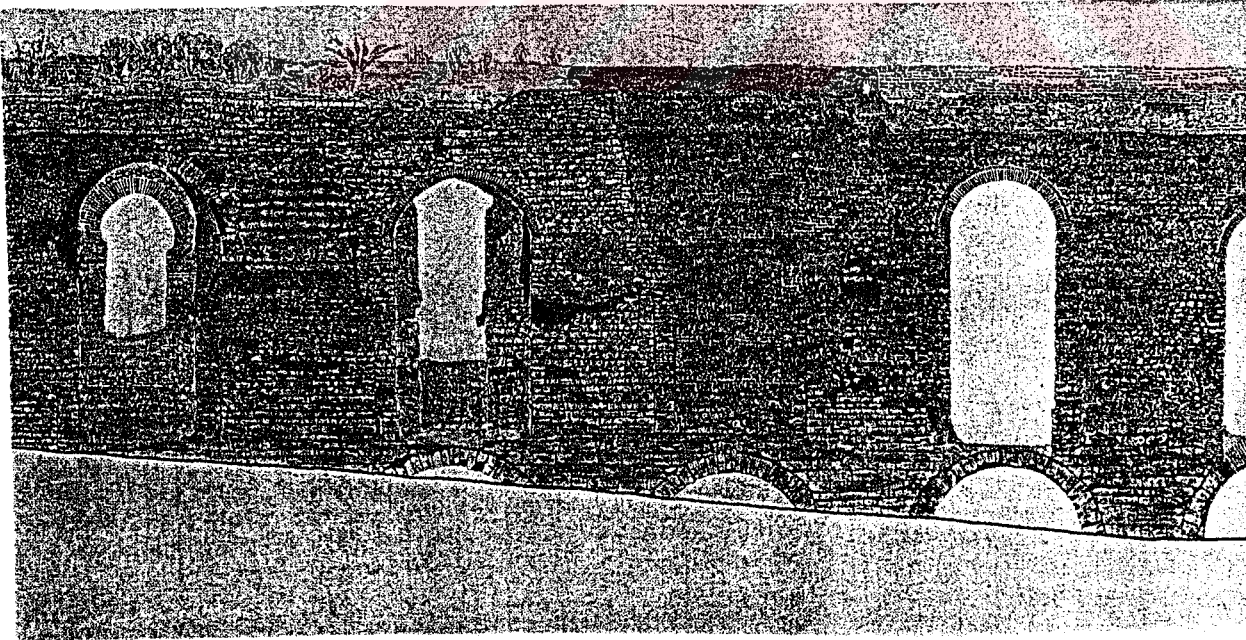
ŞEKİL 6.40 Yenilenen beden duvarlarından kesit
(Karaduman, 1991 ,s. 97)

6.7 Bozdoğan (Valens) Kemerı Restorasyon Çalışmaları

“Genel olarak I. yüzyılın ortasında 4. yüzyıla tarihlenen ve son zamanlarda İmparator Valens dönemine ait olduğu düşüncesine karşı çıkılan Bozdoğan Kemerı’nin 379-395 ‘da Theodosyus’un yaptırdığı şehir dışı su tesislerine bağlandığı düşünülmektedir” (Akıncı, 1992, s.70)

Kemer, Bizans döneminden bu yana çeşitli onarımlar geçirmiştir. 6. ve 8. yüzyıllarda onarılan kemer I. Süleyman (1520-1566) döneminde yeni su yolları geçirilerek kullanılmıştır. Yapı üzerinde bulunan kitabeye göre 1697 tarihinde II. Mustafa tarafından tamir edildiği bilinmektedir.

Bozdoğan kemerı günümüze her iki ucu ve ortasından bazı bölümler eksik olarak ulaşmıştır. Kemerin uzunluğu bazı kaynaklarda 971 m., bazılarında ise 1170 m. olarak geçmektedir. Genişliği çift katlı olduğu bölümlerde 5.00-5.65 m. arasında değişmektedir. Fatih tarafındaki bölümünde 3.64m’ye, diğer uçta ise 4.30 m’ye kadar azalmaktadır. En yüksek noktası ise 21,6 m’dir (Şekil 6.41)



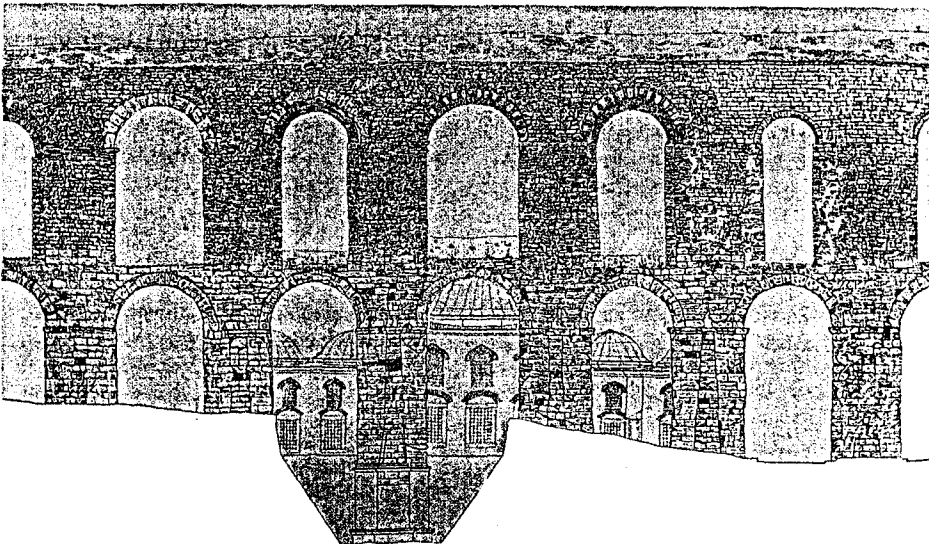
ŞEKİL 6.41 Bozdoğan (Valens) Kemerı 15-20 kemerlerarası A yüzü rölöve görünümü (Akıncı, 1992, s.71)

Ayıklarda (35-36 nolu) yapılan sondaj kazıları sonucunda yapının özgün yüksekliği 25.94m. olarak belirlenmiştir. Özgün zeminin, kötü mevcut zeminden 6.5 m. daha aşağıda olduğu anlaşılmıştır. Uç noktalarda yapılan kazılarda ise özgün kotunun 4 m daha aşağıda olduğu belirlenmiştir. Kemerin Fatih'ten Şehzade yönüne doğru binde bir eğimi olduğu saptanmıştır.

Yapının restorasyon çalışmasının proje ve uygulama danışmanlığı İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Doğan Kuban tarafından yapılmıştır. Prof. Dr. Kuban'ın kemerin restorasyon kuram ve tekniğine ilişkin belirttiği beş ilke bulunmaktadır. Bunlar:

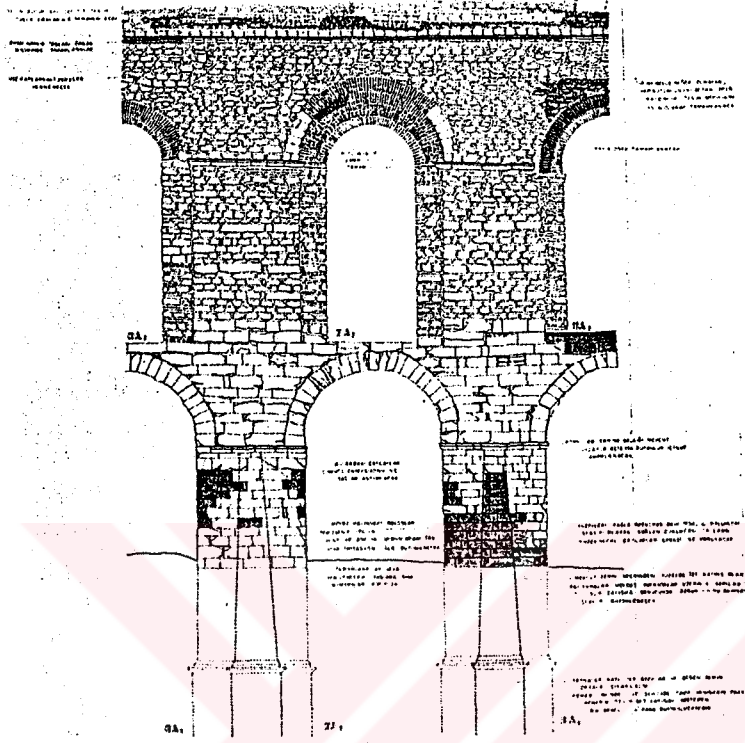
1. Yapının en iyi şekilde belgelenmesi,
2. Arkeolojik bir özellik taşıyan yapıyı konsolide ederek (üzerinde ifade ettiği tarihsel belge değeri taşıyan her türlü onarımı koruyarak) yapının ömrünü uzatacak onarımları yapmak,
3. Yapı bünyesinde mevcut tekstürün kabul edilebileceği uyumlu ve kireç ağırlıklı harç kullanmak. Özellikle Roma çağından kalan bölümlerde taş onarımını minimuma indirmek
4. Yapının özgün oranlarını ve estetik özelliklerini vurgulamak,
5. Yapının rekonstrüksiyonu için sondaj ve yapının analizini yapmak.

Bozdoğan kemerinin rölöveleri fotogrametrik ölçüm tekniğinden yararlanılarak hazırlanmıştır (Şekil 6.42).



ŞEKİL 6.42 33-39 kemerler A yüzü görünüşü
(Akıncı, 1992, s.72)

Bu rölöveler üzerinde farklı dönemler, ekler, çeşitli dönemlere ait tamirler ve bozulmalar ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir (Şekil 6.43).



ŞEKİL 6.43 Kemerin restorasyon görünümü
(Akıncı, 1992, s. 72)

Yapının strüktür ve malzemesindeki bozulma nedenleri belirlenmiştir. Bunlar:

1. Tarih içinde yapının geçirdiği deprem ve yangınlar,
2. Yapının üzerinin tamamen doğal koşullara açık olması nedeniyle, suyun yapı bünyesindeki zararları,
3. Isı değişimleri (don, kar) ve rüzgar etkisi,
4. Çeşitli dönemlerde geçirdiği onarımlarda kullanılan kötü malzeme ve işçilik sonucu oluşmuş bozulma ve deformasyonlar (ayaklarda zayıf harç dokusunun toz haline gelmesi ile oluşmuş boşluklar)
5. Botanik ve biyolojik nedenle bozulma ve tahribatlar.
6. Hayvan ve kuşların tahribatı
7. Kent içinde, yoğun trafik ortamında olması nedeniyle titreşimler sonucu bozulmalar ve atmosferik kirlenme,
8. İnsanların geçmişte ve günümüzde yaptığı tahribatlar.

Malzeme üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda kullanılan malzemenin kfeki taşı olduğu belirlenmiştir (şekil 6.44). Daha sonraki dönemlerde yapılan müdahalelerde ise; Erdek pembe-mor şirin avuş Tfleri, siyah renkli İstanbul kalkeri, yeşil-koyu gri Karamürsel d taşları, beyaz Marmara Adası mermeri gibi taşlar kullanılmıştır.



şEKİL 6.44 30-31 ayağın restorasyondan önceki oldukça harap haldeki görünümü
(Akıncı, 1992, s.73)

Gerek taş boyutları, gerekse istenilen nitelikte doğal taş bulunmaması nedeniyle, kfeki kalitesinde, yapıyla fiziksel ve estetik özellikleri açısından uyumlu imitasyon taş üretilmesine karar verilmiştir. Taşların, imitasyon taşları, doğal taşlar ve yapıdan düşmüş eski taş parçalarının kombinasyonu şeklinde uygulanması ile yapı dokusu ile bütünlük sağlanmaya çalışılmıştır.

Çimentonun eski yapılara verdiği zararlar bilindiğinden kireç yoğun harçlar kullanılmıştır. Sadece eski taş kaplamanın hiç kalmadığı bölümlerde %50'yi aşmayan oranda imento kullanılmıştır.

Yapı içindeki kısmi boşlukların doldurulmasında kireç harcı ile yapılmış Horasan harç kullanılmıştır. Ayrıca, yapıda sadece dere kumu kullanılarak yapı bünyesinde tuz oluşumu önlenmiştir.

Taşlar arasındaki bağlantılar paslanmaz çelik kenetler ile sağlanmıştır.

Daha önce belirtilen restorasyon kuram ve tekniği kapsamında yapı üzerinde bulunan değişik dönemlere ait ekler korunmuştur. Mevcut boşluklar, çeşitli nedenlerle yıkılmış veya çökmüş kısımlar bütünlendirilerek tamamlanmıştır.

Yapının konsolidasyonu açısından en önemli sorun yapının üst kısmından başlayarak suya karşı korunmasını sağlamak olmuştur. Bu amaçla yapı üzerindeki bitki kökleri gibi zararlı etkenlerden temizlendikten sonra izolasyonu yapılarak korunması sağlanmıştır. Üst yüzey Osmanlı dönemi eki olan tuğla döşemeyle tamamlanmıştır. Büyük taş yüzeylerin suya ve havaya karşı korunumunu arttırmak için özgün derzleri yenilenmiştir. Geç dönemlerde kapatılmış kemerlerin açılması için foto elastisite deneyi ile kısmi strüktürel analizler yapılmıştır. Bozdoğan kemerinin restorasyonunda yapının kimliği korunarak ömrünü uzatması ve sahip olduğu niteliğini sürdürmesi sağlanmıştır.



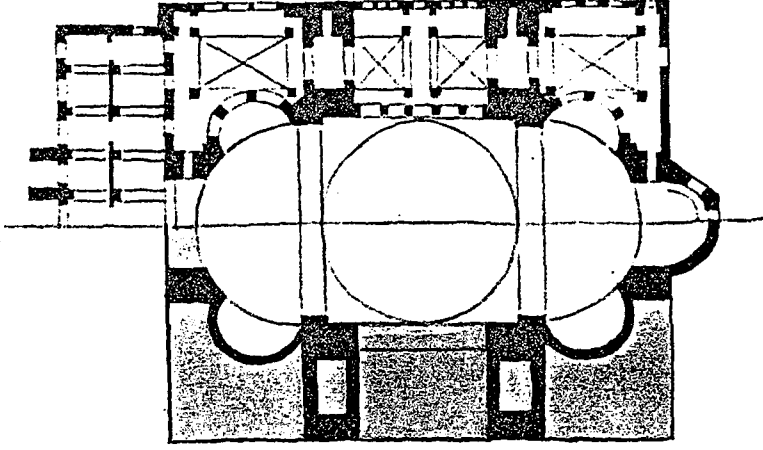
ŞEKİL 6.45 Restorasyon sonrası görünüş
(Akıncı, 1992, s.75)

6.8 Ayasofya'nın Strüktürel Sorunlarının Analizi ve Restorasyon Çalışmaları

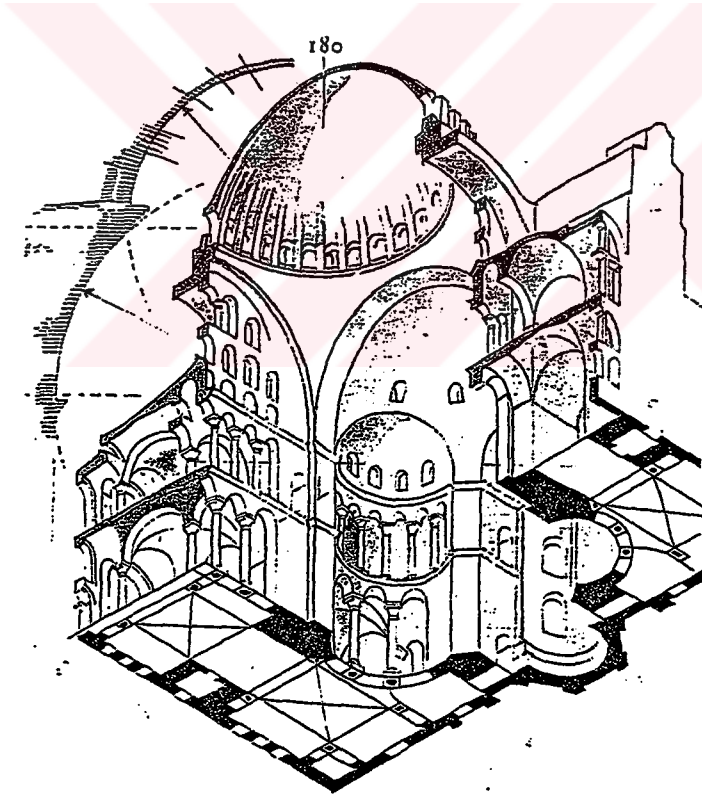
Yapımına 532 yılında başlanan ve 537 yılında tamamlanan Ayasofya döneminin en görkemli yapılarındandır (Şekil 6.46). İmparator Justinianus (521-565) tarafından görevlendirilen döneminin ünlü mimarları Milletoslu İsidorus ve Trallesli Anthemios tarafından tasarlanmıştır. Ayasofya, ana kubbe ile örtülü büyük bir orta mekan, iki yan nef, apsit, iç ve dış nartexlerden oluşan bir plan düzenine sahiptir (Şekil 6.47). Ana mekan 100x70 m. ölçüsünde olup, üzeri dört büyük pandantif yardımıyla taşınan bir kubbe ile örtülmüştür. Kubbenin yerden yüksekliği 55, 60 m; çapı kuzey-güneyde 31,87 m, doğu-batı doğrultusunda ise 30,96 m.dir. Yapının taşıyıcı elemanları dört ana ayak, dört ikincil ayak, dört ana kemer, ana kubbe ve iki yarım kubbeden oluşmaktadır (Şekil 6.48).



ŞEKİL 6.46 Genel görünüş- Ayasofya



ŞEKİL 6.47 Plan şeması
(Mansbridge, 1967, s. 74)



ŞEKİL 6.48 İzometrik perspektif
(Mansbridge, 1967, s. 79)

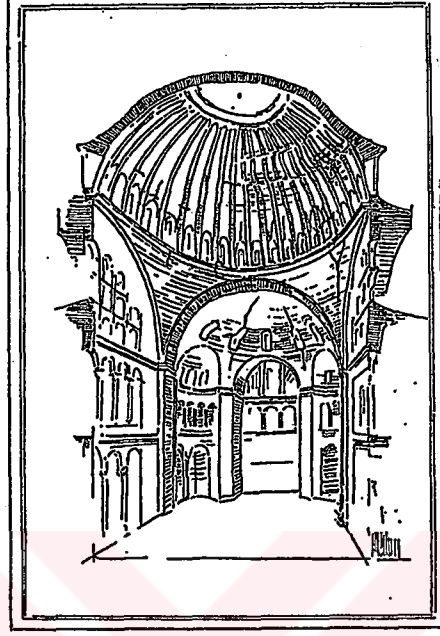
Bu ana elemanlara destek olarak kullanılmış yardımcı elemanlar ise istinat kuleleri, doğu ve batıdaki yapı kubbelerin iki yanında yer alan 4 kubbesi ve bunları destekleyen kolonlar, doğu tarafındaki mihrap kubbesi ve kolonları kuzey ve güney ana kemerlerinin altındaki tempan duvarlarla bunları tutan kolonlar yer almaktadır. Yapıda taş, tuğla ve harç kullanılmıştır. Ayaklar kemerlerin başladığı seviyeye kadar taş malzemeden tüm kubbe ve kemerler ise tuğla ve harçtan oluşturulmuştur. Malzemenin emniyet ve taşıma gücü gerilmeleri harç tarafından kontrol edilmektedir.

Yaklaşık 15 yüzyıldır ayakta duran Ayasofya tarihinde birçok depremlere maruz kalmıştır. Ana kubbe bir defa tamamen , iki defa kısmen yeniden inşa edilmiştir. Taşıyıcı sistemi çeşitli dönemlerde tamir ve takviye edilmiştir. Yapıda malzeme özelliklerinden , inşaat hızından (70 ay) ve geçmiş depremlerin etkilerinden kaynaklanan izler ve büyük deformasyonlar görülmektedir.

Ayasofya'nın günümüze ulaşması çeşitli dönemlerde yapılan onarımlar sayesinde gerçekleşmiştir. Fakat, bu onarımlara ait belgeler yok veya çok eksiktir.

Kaynaklarda belirtilen ilk onarımlar Ayasofya'nın 15. yy'da camiye çevrilmesinin ardından, 16. yy.'da 2. Selim ve 3. Murat döneminde yapıldığı bilinmektedir. 1847-1849 yılları Fossati Kardeşler tarafından yapılan onarımlara ilişkin kaynaklarda hünkar mahfili ve bezeme yenilemesi yapıldığı belirtilmektedir. Daha sonraki dönemlerde cephe düzeni değiştirilmiş yüzeyler sarıya daha sonra da kırmızıya boyanmıştır. 1894 depreminden sonra yapı büyük hasar görmüştür. Kayıtlara geçmiş bilgilere göre; D'aronco isimli bir mimarın 22 Kasım 1894 tarihinde evkaf nazırı Galip Paşa'ya gönderdiği mektupta Ayasofya'nın strüktürel sorunları ve onarımına ilişkin öneriler bulunmaktadır. Bu mektupta, ana kubbenin deformasyonu, girişin üstündeki yarım kubbenin yerinden oynamış ve ana kubbeyi taşıyan ayaklardaki çökmeler sonucu ise yapının tüm dengesinin bozulduğu, zemin katta bulunan yan tonozların kilit noktalarının çökmesiyle birinci kat döşemelerinde de oturmalara yol açtığı belirtilmiştir. Kubbenin altındaki büyük yan arkadları oluşturulan duvarların deforme olduğu ve üzerinde çatlakların olduğu söylenmektedir (Şekil 6.49). D'aronco'ya göre kubbenin eğriliğinin yaklaşık ortasındaki deformasyonun nedeni en zayıf olduğu noktaya kagir kubbenin üzerinde ahşap örtünün getirdiği yüklerdir. Cephe duvarları ve ayakların oturmaya devam etmesi ile kubbedeki deformasyonların da artacağını ve yıkılmanın kaçınılmaz

hale geleceğini vurgulamıştır. Aynı zamanda, ana kubbenin eteğindeki ayakların birçoğunda yatay çatlaklar, ana kubbede bulunan pencerelerin tonozlarındaki düşey ve oblik yarıklar, ikincil kubbelerin içindeki pilyelerdeki ve duvarlardaki eski çatlakların yeniden açılması ve genişlemesiyle oluşmuş olduğu ifade etmektedir.



ŞEKİL 6.49 1894 depreminden sonra Ayasofya’da oluşan çatlakları gösteren imzasız resim

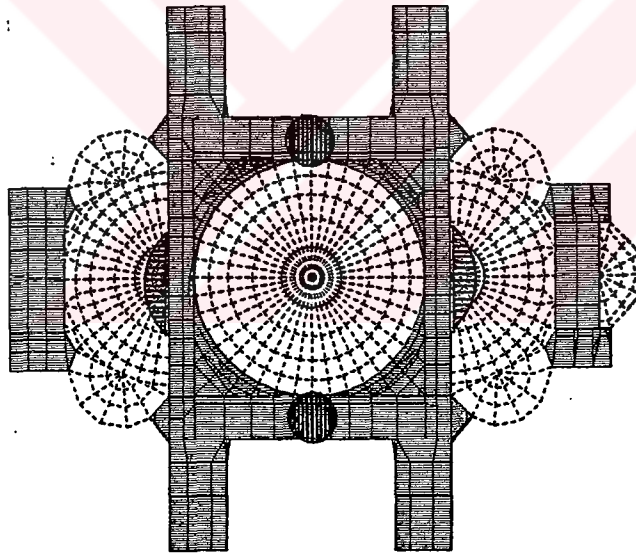
Depremden hemen sonra onarıma geçilmemiştir. Ancak, 5 yıl sonra 11 Mayıs 1899 tarihli Le Moni Teur Oriental gazetesinde onarım iskelesinin kurulmaya başlandığına dair bilgiler yer almaktadır.

Osmanlı dönemi boyunca yapının sürekli bakım ve onarımları yapılmıştır.

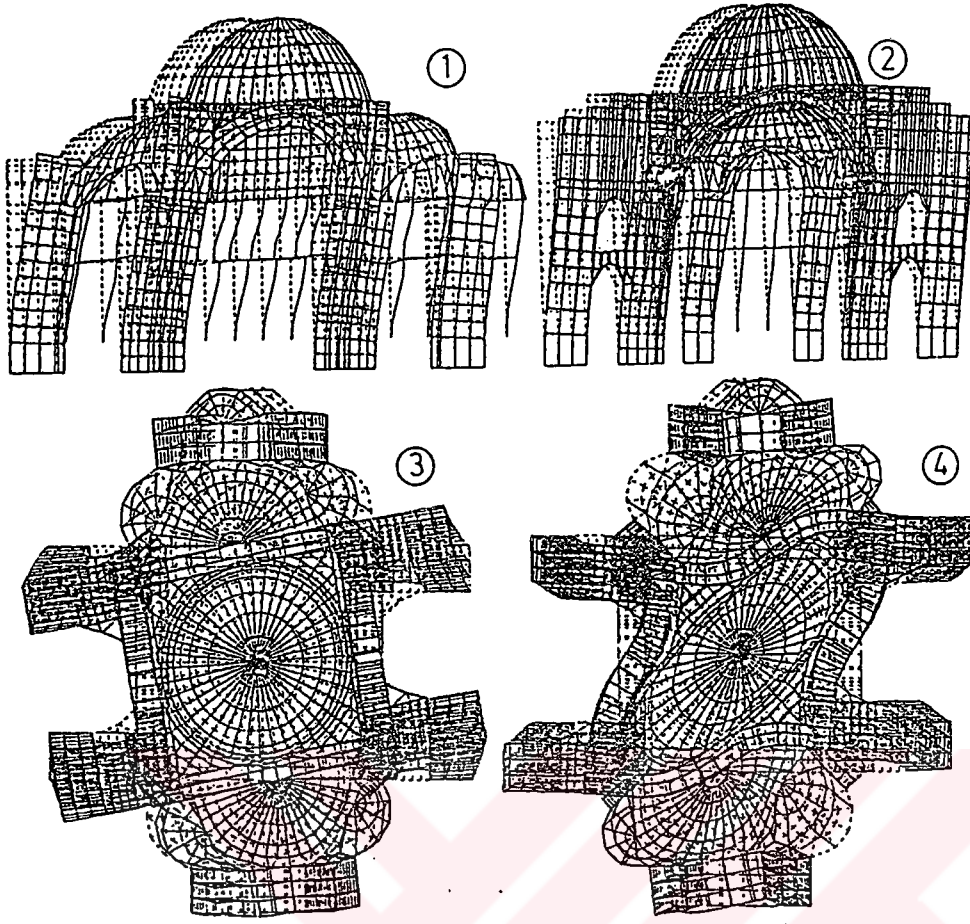
Ayasofya’nın Cumhuriyet Döneminde müzeye çevrilmesi ile strüktürel ve sanat tarihi araştırmalarının daha rahat yapılması sağlamıştır. 1937 yılından başlayarak otuz yılı aşkın araştırma yapan R. L. Van Nice çalışmalarını kapsamlı bir yayın haline getirmemiştir. Yayınlanmamış olan bu araştırmalar A.B.D. Dumbarton Oaks Bizans Araştırma Merkezi’nin arşivinde bulunmaktadır.

Ayasofya üzerine bilimsel araştırmalar farklı kişi ve kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. Bunlar, taşıyıcı sistemin deprem karşısındaki davranışı, deformasyonlar, eski onarımlar, malzemedeki kimyasal bozulmalar gibi alanları kapsamaktadır.

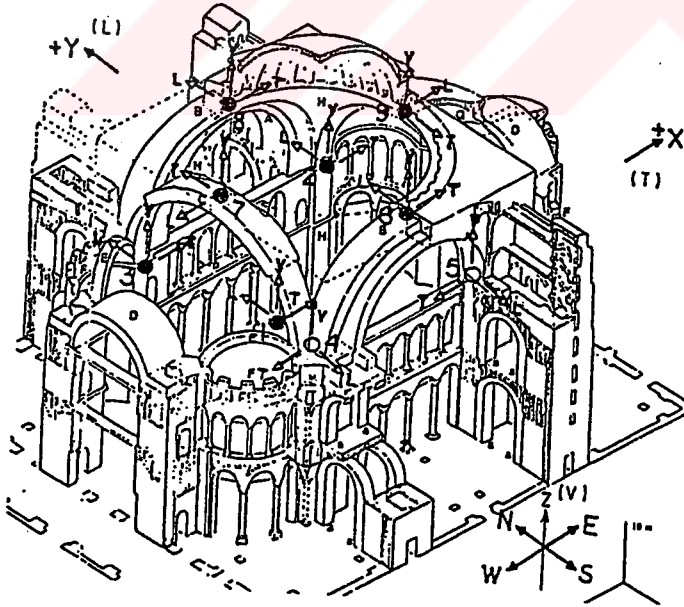
Princeton Üniversitesi'nden Prof. A. Çakmak ve Boğaziçi Üniversitesinden Prof. Dr. M. Erdik tarafından bugüne kadar sürdürülen proje kapsamında yapı strüktürünün deprem karşısındaki davranışı incelenmiş ve deprem açısından kritik olan bölgeler saptanmıştır. Yapısal analiz programına dayalı olarak yapılmış olan bilgisayar programı çalışmasıyla belirli kabuller sonucunda oluşabilecek hasarlar tespit edilmiştir. Buna göre Ayasofya'ya 20 km. güneyinde ve 7 şiddetinde bir depremin etkisi altında elemanlardaki çekme gerilmeleri, belirlenen taşıma gücü gerilimlerini belirli noktalarda aşmaktadır. Bunlar: Ana kemerler ile doğu ve batı yarım kubbelerinin üst konumlarında doğu ve batı yarım kubbelerinin ana kemere bakan kesimlerindedir. Bu bölümler, deprem açısından kritik olan bölgeleri ifade etmektedir (Şekil 6.50-51). Ayrıca, yapının deprem sırasında meydana gelecek gerçek zorlamaların tespiti amacıyla yapıya 1991 yılı ağustos ayında 30 kanallı akselometre (ivme-ölçer) şebekesi yerleştirilmiştir (Şekil 6.52).



ŞEKİL 6.50 Deprem gerilmeleri açısından kritik bölgeler (taralı bölgeler)- Ayasofya
(Erdik, 1991, s. 200)



ŞEKİL 6.51 Ayasofyanın deprem karşısındaki davranışları (Erdik,1991, s. 200)



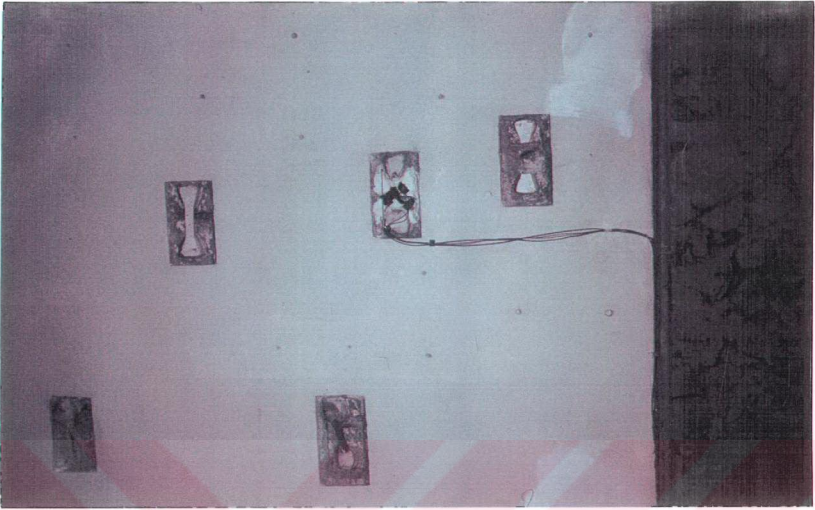
ŞEKİL 6.52 Akselometre şebekesinin konumu (Erdik,1991, s. 201)

1991-1993 yılları arasında Tsukaba Üniversitesi'nden (Japonya) Dr. K. Hidaka ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. M. Yorulmaz Başkanlığındaki bir ekip tarafından kubbenin durumu fotogrametrik yöntemle incelenmiştir. Bu ekip, ayrıca yapının strüktürü ile ilgili araştırmalar da yapmıştır.

Ayasofya içinde 31 noktaya ısı, 13 noktaya nem, ve 25 noktaya strüktürel hareket ölçümü için bilgisayar bağlantılı alıcılar yerleştirilmiştir. Bu bilgiler kaydedilerek değerlendirilmektedir. Ayrıca, metal dedektörlerle galeri ve kubbe seviyelerindeki demir takviye elemanlarının durumu araştırılmıştır. UNESCO'nun desteği ile bu konuda uzmanlaşmış İtalyan Serco-Tec firması tarafından yapılan araştırmalar sonucunda strüktürün bazı özellikleri saptanmıştır. Bu ön araştırma sırasında değişik çemberler ile desteklenmiş çatlak sütunlar ultrason tekniği ile incelenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, yer yer süreksizlikler belirlenmiştir. Bu taşıyıcıların, malzeme özelliklerinin araştırılması, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için endoskoptan yararlanılmıştır. 1 m. derinliğe kadar ulaşılarak, kagir yapının durumu incelenmiştir. Ayrıca, kubbenin kuzeydoğu çeyreğinde iki farklı dönem (6. ve 14. yy) birleşme noktalarında bağlantıların gevşek ve boşluklu olduğu anlaşılmıştır.

Kubbe mozaiklerinin termografi tekniğinden yararlanılarak yapılan araştırmalarda istenilen sonuçlara ulaşılamamıştır. Kubbeye ve kubbe eteğinde bulunan kritik noktalara, galerideki eğik sütunlardan birine ve bir gergiye olmak üzere yerleştirilen 10 adet transduserle haftada bir, sabah ve akşam yapılan ölçümler ile hareketleri kaydedilmektedir.

Çatlak genişliklerinin ısı ve nem hareketleri ile ilişkisini kurmak için dijital hidrometreler ile ölçümler yapılmaktadır (Şekil 6.53).



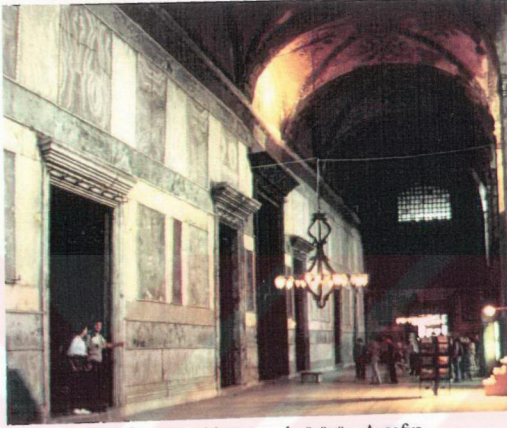
ŞEKİL 6.53 Yapıdaki hareketleri ölçmek için yerleştirilen bilgisayar bağlantılı aletler

Bu çalışmalar ile birlikte, eksikliği hissedilen mimarlık tarihi analizi, bozulma saptamaları ve ek belgeleme konularında arşiv oluşturmak amacıyla Prof. Dr. Metin Ahunbay'la birlikte İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu'na başvurularak "Ayasofya Restorasyonu İçin Ön Araştırmalar" konulu bir proje başlatılmıştır.

1993 yılında UNESCO tarafından gönderilen uzmanlardan oluşan bir ekip yapıda incelemeler yaparak rapor hazırlamıştır. Buna göre koruma hedefleri arasında; yapının depreme karşı güçlendirilmesi, mermer ve mozaik bezemelerinin korunması gerektiği vurgulanmıştır.

1894 yılında mimar D'aronco'nun da belirttiği gibi onarım çalışmalarının sağlıklı yapılabilmesi için yüzeysel bilgiler ile yetinmeyip sondaj ve kuyular ile zemin altı yapı öğeleri (temeller) hakkında daha fazla bilgi edinilmesi gerekmektedir. UNESCO tarafından görevlendirilen uzmanlar ekibi de zemin araştırmalarının önemini vurgulamakla birlikte deprem kayıtlarının yapılmasının, ana kubbenin doğu ve batı kemerlerinin açılmasını ve strüktürün depremler sırasındaki davranışının sürekli izlenmesinin gerekliliğini belirtmişlerdir.

Son olarak dünya mimari mirası listesinde bulunan ve 15 yüzyıldır ayakta kalarak günümüze ulaşan Ayasofya'nın gelecek nesillere aktarılabilmesi için gerekli hassasiyet ve ciddiyetin gösterilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.



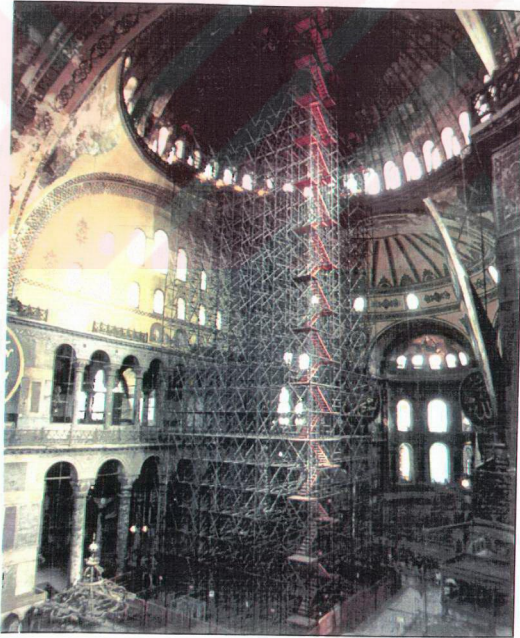
ŞEKİL 6.54 Girişten genel görünüş- Ayasofya



ŞEKİL 6.55 Ayasofya yarım kubbe



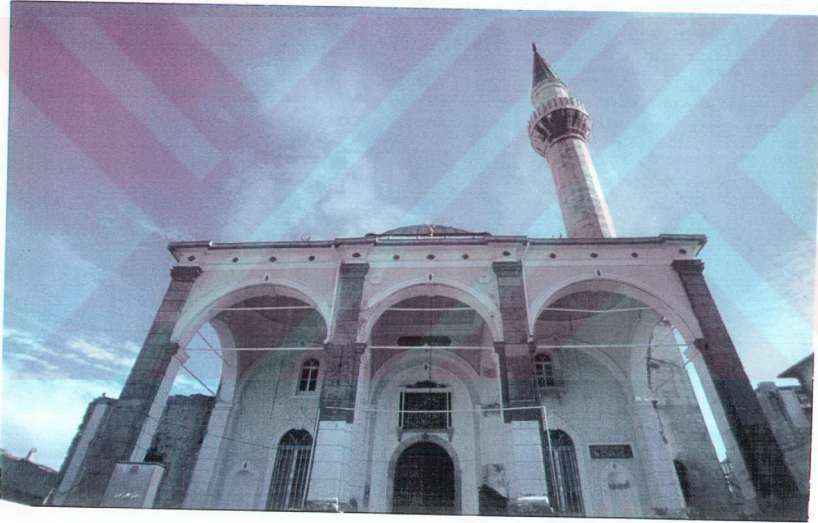
ŞEKİL 6.56 İç mekandan görünüş



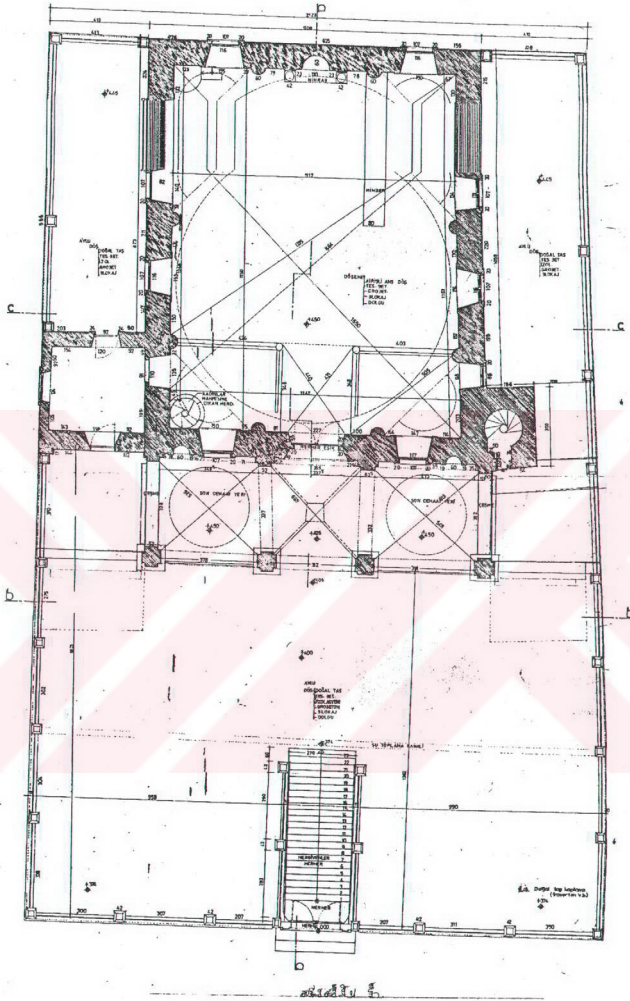
ŞEKİL 6.57 Ayasofya onarım çalışmaları

6.9 İzmir Kemeraltı Başdurak Camii'nin Onarım ve Güçlendirme Çalışmaları

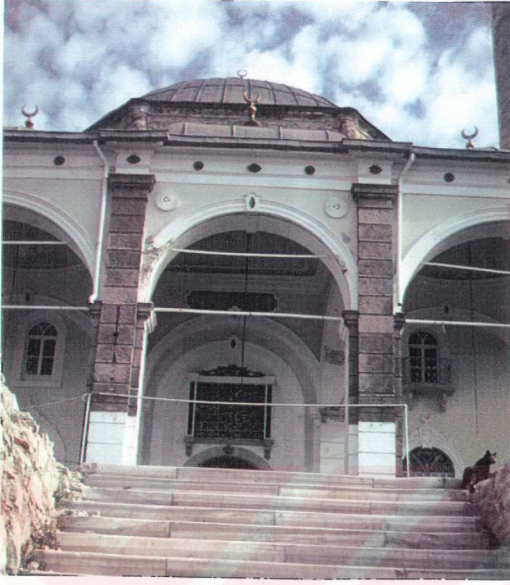
İzmir ili kent merkezinde bulunan Kemeraltı Başdurak (Hacı Hüseyin) Camii, İzmir'in önemli tarihi yapılarından biridir. Fevkani tip olan camii alt katta 27 adet dükkandan oluşmaktadır. Üst katta ise cami ve avlusu bulunmaktadır (Şekil 6.58). Alt katta bulunan dükkanlar doğu-batı doğrultusunda pasaj ile birbirine bağlanmışlardır (Şekil 6.59-60). Doğu bölümünde bulunan dükkanların üzerinde cami, batı bölümünde ise açık mahal olarak kullanılmış cami avlusu bulunmaktadır. Camiye ulaşım kuzeyde bulunan bir merdiven ile sağlanmaktadır (Şekil 6.61).



ŞEKİL 6.58 Giriş cephesi- Kemeraltı Başdurak Camii



ŞEKİL 6.60 Cami kat planı



ŞEKİL 6.61 Giriş cephesi

17. yüzyılda yapıldığı tahmin edilen Kemeraltı Başdurak Camii, bugüne kadar çeşitli değişiklikler ve onarımlar geçirmiştir. Bu onarımlara rağmen, yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlarda (duvar, kemer, tonoz vb) sorunlar meydana gelmiştir (şekil 6.62). Bu durum, yapıyı tehdit eden bir hal almıştır. Bu amaçla, Vakıflar Genel Müdürlüğü'nce caminin köklü bir onarıma alınmasına karar verilmiştir. Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fakültesi Öğretim Üyelerinden Doç. Dr. Mustafa Düzgün tarafından Başdurak Camii'nin strüktürel analiz ve hasar tespit çalışmaları yapılmıştır.

Kare planlı olan camii ile dükkanlar daire kesitli beşik tonozlardan oluşmuş döşeme ile ayrılmaktadır. Cami ise küresel kubbe ile örtülmüştür. Cami avlusu ile kuzey bölümünde bulunan dükkanlar ise "I" profillerden oluşmuş volta döşeme ile ayrılmaktadır. Taşıyıcı elemanlarda kullanılan yapı malzemesi kalker özellikle taş, tuğla ve harçtır. Bölücü ve taşıyıcı nitelikteki duvarlarda 3-4 cm. kalınlığında harç ile bağlanan taşlar, belli aralıklarla düzenlenmiş tuğla sıraları ile takviye edilmiştir. Tonoz ve kemerler birbirine 3-4 cm. kalınlığında harç ile bağlanmış tuğla elemanlardan oluşmuştur.

Taşıyıcı sistemde yer alan ayaklar, taş ve tuğladan oluşmuş almalı, bir kısmı ise kesme taş kaplanmıştır. Kemeraltı Başdurak Camii, gerek uzun yılların getirdiği doğal aşınma, gerekse zemin katta yer alan kullanıcıların taşıyıcı sistem elemanlarına yapmış oldukları tahriplerin yarattığı bozulma sonucunda strüktürel olarak zedelenmiştir. En önemli strüktürel sorun, kullanıcıların dükkanlarda yer kazanmak ve kendilerine gerekli gördükleri yerleşimi sağlamak amacıyla tonozları taşıyan duvarların bir kısmını yıkarak yaptıkları tahriptir. Ayrıca, alt kattaki taşıyıcı kemerler, bazı bölümlerde tamamen veya kısmen kaldırılmıştır. Ve bunları birbirine bağlayan gergi demirleri yok edilmiştir. Bununla da kalmayıp, taşıyıcı ayaklardan bazıları diğer mekanlara geçiş sağlamak amacıyla yıkılarak yerlerine geliş güzel kolonlar konulmuştur. Sonuç olarak, taşıyıcı sistemin dengesinde ciddi tehlikelerin yaratıldığı hazırlanan raporda belirtilmiştir. Cami avlusunun tabanını oluşturan volta döşemenin çelik I profilleri korozyondan ve aşırı yüklenmeden dolayı taşıyıcı özelliklerini yitirmişlerdir.

Yapı üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda üzerinde bulunan çatlakların nedenleri tespit edilmiştir. Buna göre, sebepler belirtilmiştir;

- Depremlerin etkisi-oluşturacağı çekme kuvvetleri
- Basınca dayanıklı olan malzemenin, çekmeye, karşı dayanıksız olması
- Zemindeki oturmalar
- Dolgu zemin olması ve yeraltı su seviyesinin yüksek olması
- Zemin taşıma gücünün az olması (IV. sınıf zemin)

Kullanılan taşıyıcı elemanlarda yapılan tespitler sonucunda onarım ve güçlendirme yöntem ve teknikleri belirlenmiştir (Şekil 6.63). Buna göre:

- 1) Taşıyıcı elemanların onarımı sırasında güvenliğin sağlanması amacıyla yapı, taşıyıcı iskele yardımıyla askıya alınması (Şekil 6.64)
- 2) Üst yapı yükünü azaltmak amacıyla:

Dış duvarlarda sonradan yapılmış tarak mozaik malzemesinin sökülerek yerine koruma malzemesinin kullanılması. Cami içi ve avluda zaman içinde birkaç tabaka haline gelmiş döşemenin tek tabaka olarak yenilenmesi. Döşemede bulunan tonozların üzerindeki dolguların kaldırılması.

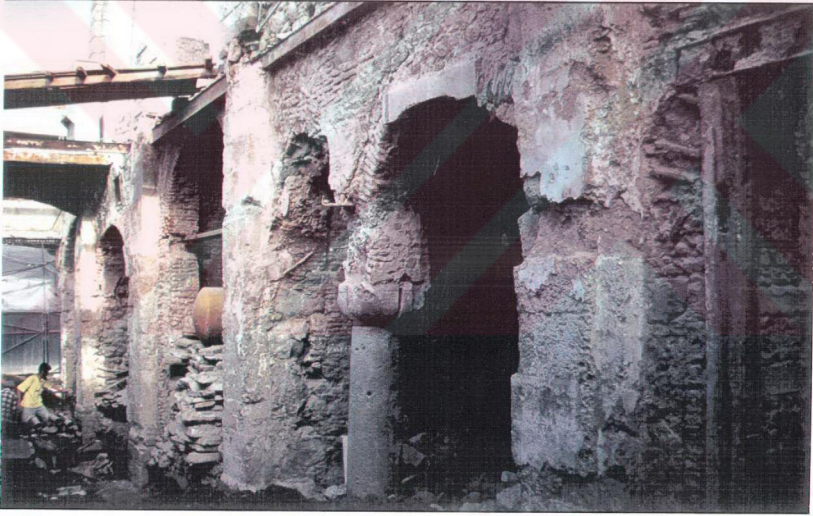
- 3) Temelde meydana gelen oturmaları önlemek amacıyla, zemin taban kotu altında tüm taşıyıcı duvar ve ayakların radye temel sistemiyle birleştirilmesi (Şekil 6.64-65).

- 4) Kaldırılmış olan beden duvarları ve ayakların orijinal enkesit ve boyutları ile yeniden yapımı.
- 5) Tonozlarda bulunan çatlakların, orijinal harç ve tuğla malzemeye benzer elemanlarla onarımı.
- 6) Küçük çatlakların çimento şerbeti veya yapıştırıcı özelliği olan yapı kimyasalları ile onarılması.
- 7) Tonoz elemanlarının üstten çelik hasırlı 5 cm. kalınlığında brüt betonarme ile kaplanması ve sıvı emülsüyon türü malzemeler ile izole edilmesi.
- 8) Volta döşemeyi oluşturan çelik I profillerin tamamen yenilenerek yapı kimyasalları ile izolasyonunun sağlanması. Tuğla elemanlarla volta döşemenin tamamlanması.
- 9) Camii iç secde ve avlu kodu alt seviyesinde kalacak şekilde tüm taşıyıcı duvarlar üzerine yapılacak, duvar genişliğindeki betonarme -kiriş ve bunların üzerine oturan plak döşeme ile birbirine bağlanması. Böylelikle temel duvar ve üst döşemenin bütünleşmesinden oluşan kutu formu ile oluşabilecek deprem kuvvetlerine karşı dayanım kazanması. Bu sistem ile döşeme yüklerinin, taşıyıcı duvarlara aktarılması sağlanarak, tonozlarda yeni çatlakların oluşumunun engellenmesi sağlanmıştır. Cami içindeki öngermeyi prefabrik kiriş taşıyıcı asmolon döşeme üzerine ve avlu döşemesini oluşturan volta döşeme üzerine düşey yükleri taşıyacak ve deprem sırasında yatay yüklere karşı sonsuz rijit davranış sağlayacak 12 cm. kalınlığında betonarme yerine döküm plak döşemenin yapılması.
- 10) Taşıyıcı kemerlerin uçlarını birbirine bağlayan eksik çelik çekme çubuklar projesine uygun olarak yeniden yapımı.
- 11) Gerek temelde, gerekse üst katta oluşturulacak betonarme kiriş ve döşemeler düşey yönde sürekli giden camii beden duvarlarına , 90°'lik karot ile belli aralıklarda açılacak boşluklar içinde yapı kimyasalları ile doldurularak ankraj çubukları ile bütünleştirilmesi (Şekil 6.66).
- 12) Camiinin zemin taban döşemesinde nem, üst kat döşemelerinde ise nem ve ısı izolasyonunun yapılması.
- 13) Camii kubbesinde meydana gelen çatlakların bölünmesini engellemek ve kubbe stabilitesini arttırmak amacıyla kurşun kaplama altında kalacak şekilde kubbe ile beden duvarlarının birleştiği kotta betonarme bir kirişin yapılması.
- 14) Zemin kat duvarlarının sıvanmadan önce bozuk, çatlamış taş, tuğla ve harçtan arındırılarak tamirlerinin yapılması. Sıvadan önce duvarın hasır çelik ile takviyesi.

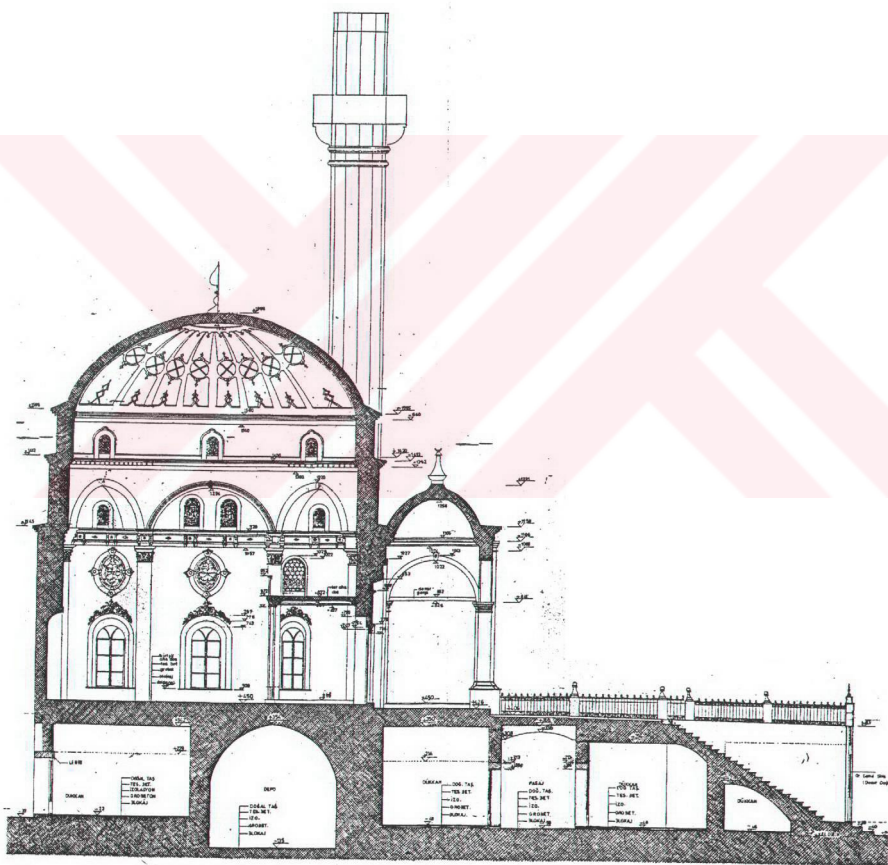
Bu kararlar doğrultusunda onarım projeleri hazırlanılarak çalışmalara başlanmıştır.

Bu çalışmalar ile yapının mevcut hali ile korunması dolayısıyla taşıyıcı sistemin korunarak sağlamlaştırılması hedeflenmiştir. Binanın aslına uygun malzemeye ve teknolojinin sunduğu, imkanlar doğrultusunda eksik kısımların tamamlanması, fakat duvar ayak gibi taşıyıcılarda yeni bir strüktürün uygulanmaması öngörülmüştür.

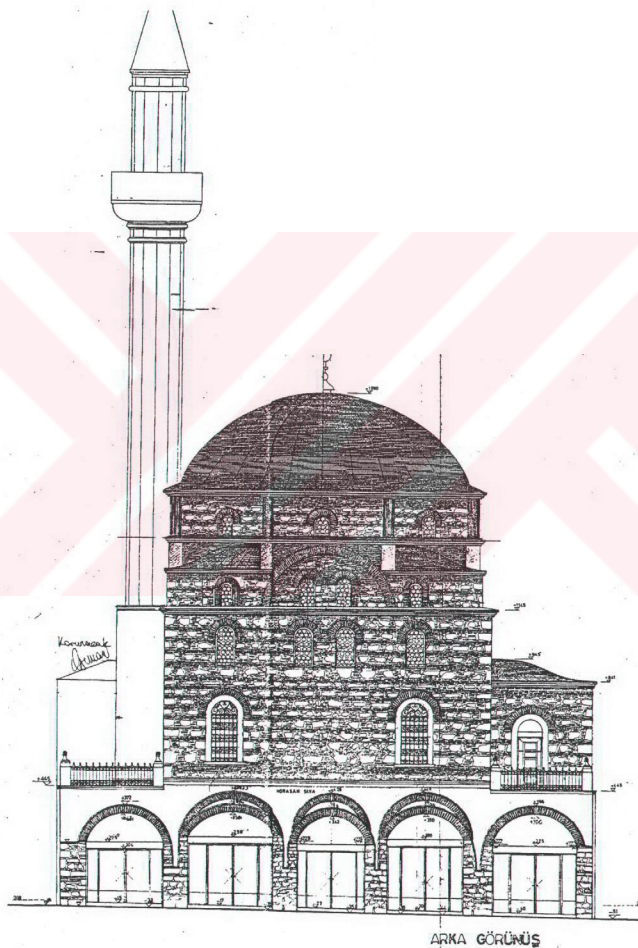
Restorasyon çalışmaları devam etmekte olan, Kemeraltı Başdurak Camii bu sağlamlaştırma ve onarımları sonucunda özgün karakteri korunarak uzun yıllar ayakta kalmaya devam edecektir.

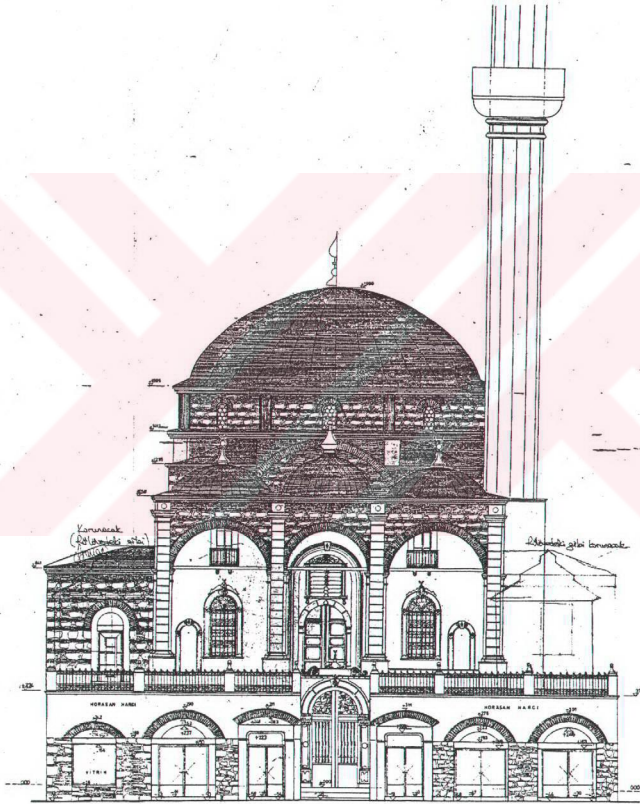


ŞEKİL 6.62 Pasajdan görüntü



AA KESİTİ 1/50





ÖN GÖRÜŞ 1/50

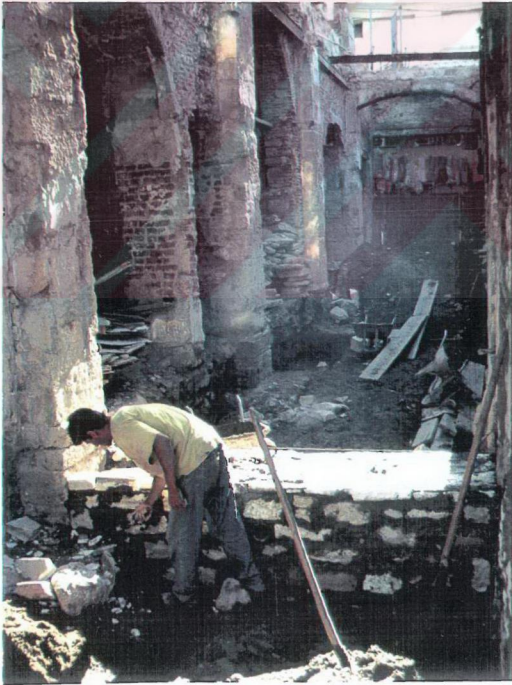


BB KESİTİ 1/50

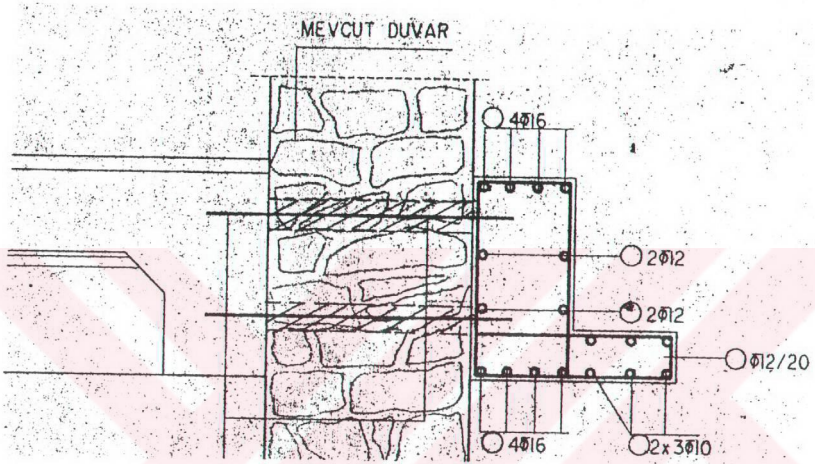
ŞEKİL 6.63 Restorasyon projesi



ŞEKİL 6.64 Temel sağlamlaştırma çalışmaları



ŞEKİL 6.65 Temel sağlamlaştırma çalışmaları



ŞEKİL 6.66 Çift taraflı kirişler ile temelin desteklenmesi

VII. BÖLÜM

RESTORASYONDA STRÜKTÜREL SORUNLAR ve TAŞ YAPILARDA KONUNUN İRDELENMESİ VE TABLOLARLA SUNUMU

Restorasyonda stürüktürel sorunlar adlı tez çalışmasında elde edilen bilgiler sonucunda, bu bölümde sorunlar ve çözüm önerileri tablosal olarak verilmiştir.

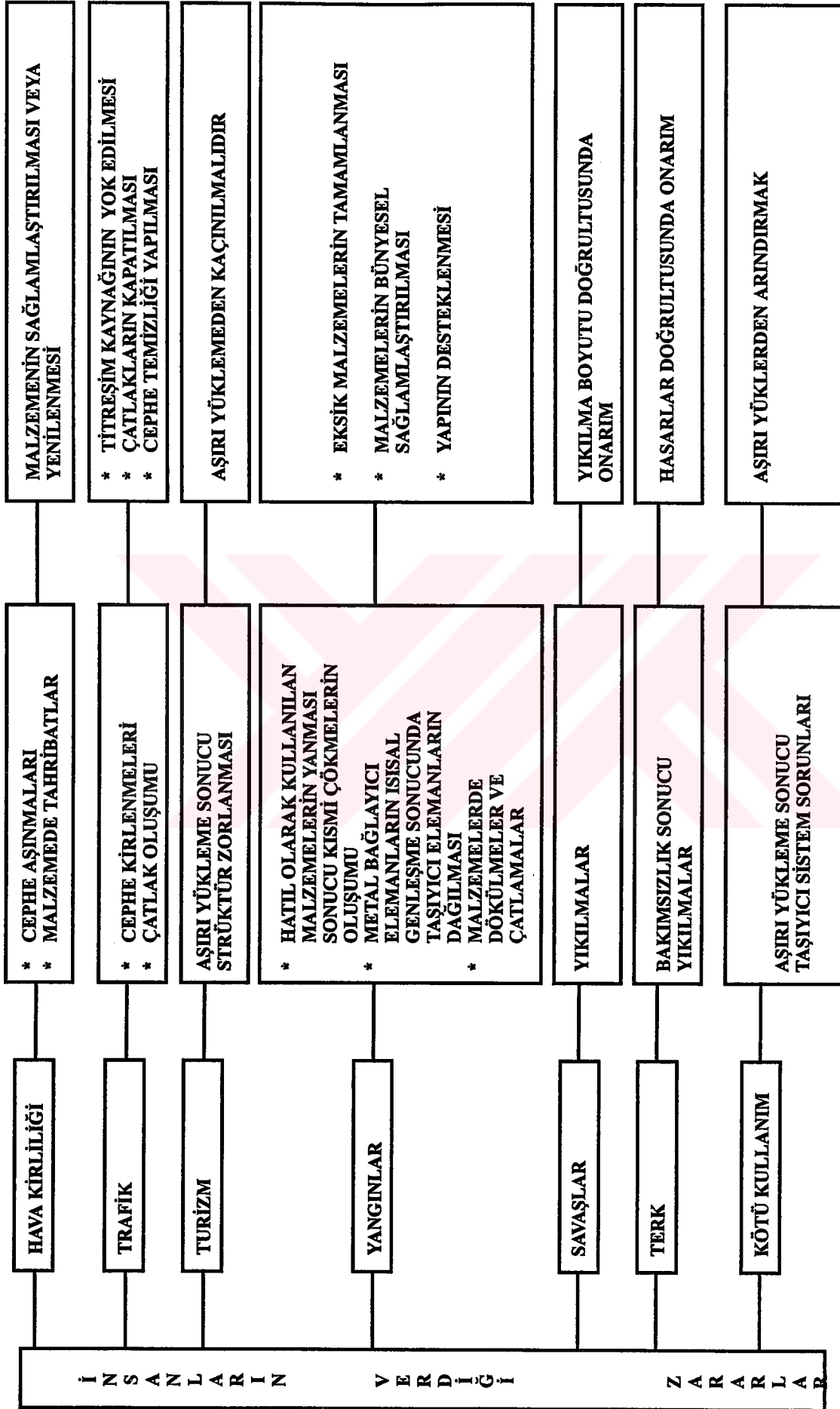


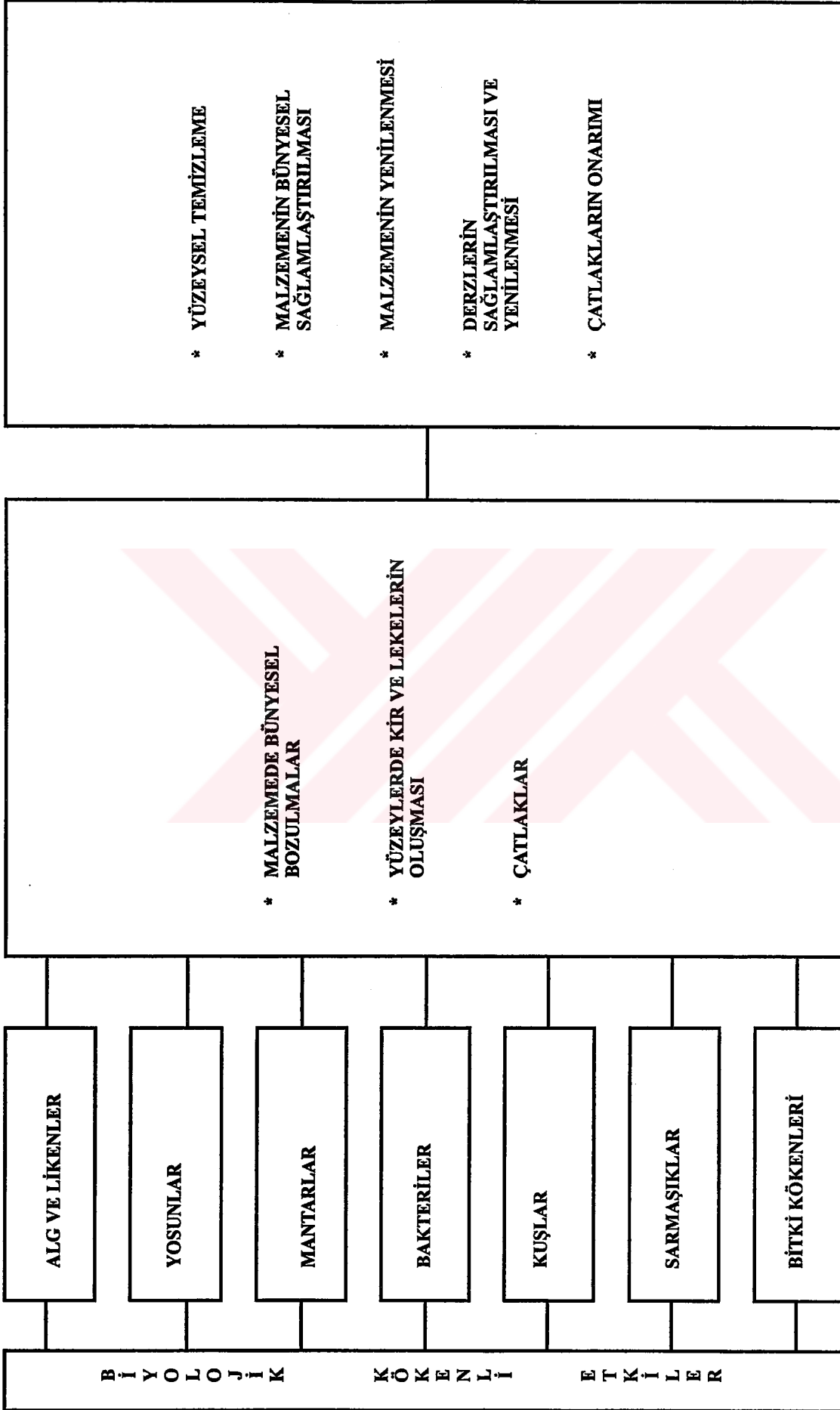
TABLO 7.2 Bozulma nedenleri, sorunlar, çözüm önerileri

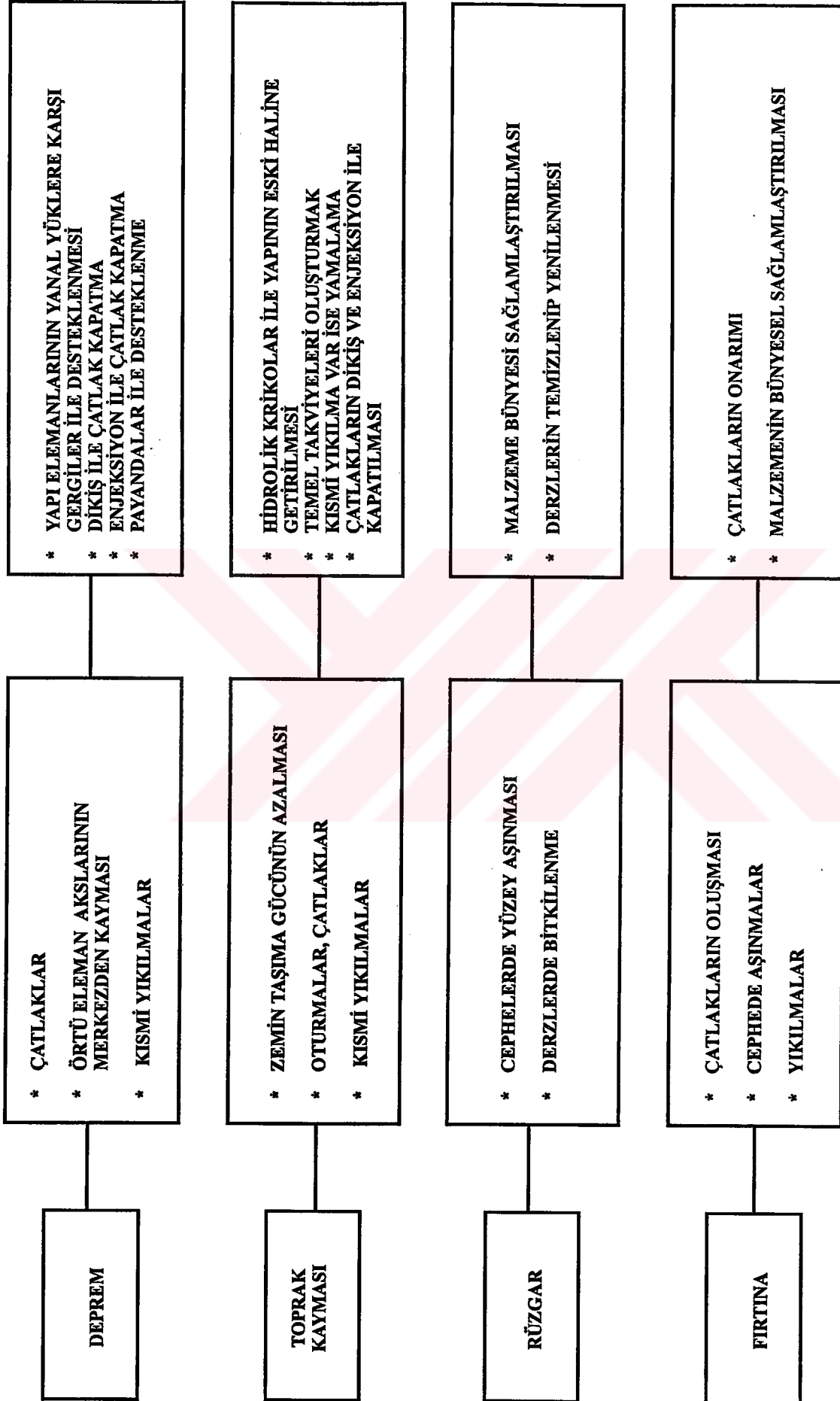
BOZULMA NEDENLERİ	SORUNLAR	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
ZEMİN ÖZELLİKLERİNDEN KAYNAKLANAN SORUNLAR	* ÇATLAKLAR * ROTASYON	* ZEMİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ * ÇATLAKLARIN KAPATILMASI * YAPI DESTEKLENEREK ESKİ HALİNE GETİRİLMESİ
TAŞIYICI SİSTEMİN TASARIMINDAKİ HATALAR	* YIKILMALAR * ÇATLAKLAR * DEFORMASYON * DÜŞEYDEN SAPMA	* ÇATLAKLARIN KAPATILMASI * PAVANLALAR İLE DESTEKLEMELER * KESİT GENİŞLETME * KİSMİ ÇÖKMELERİN YENİDEN İNŞASI İLE TAMAMLANMASI
KULLANILAN MALZEMEDEN KAYNAKLANAN HATALAR	* ÇATLAKLAR * MALZEMEDE DÖKÜLMELER * KIRILMALAR	* MALZEMENİN BÜNYESEL SAĞLAMLAŞTIRILMASI * VEYA YENİLENMESİ * ÇATLAKLARIN KAPATILMASI

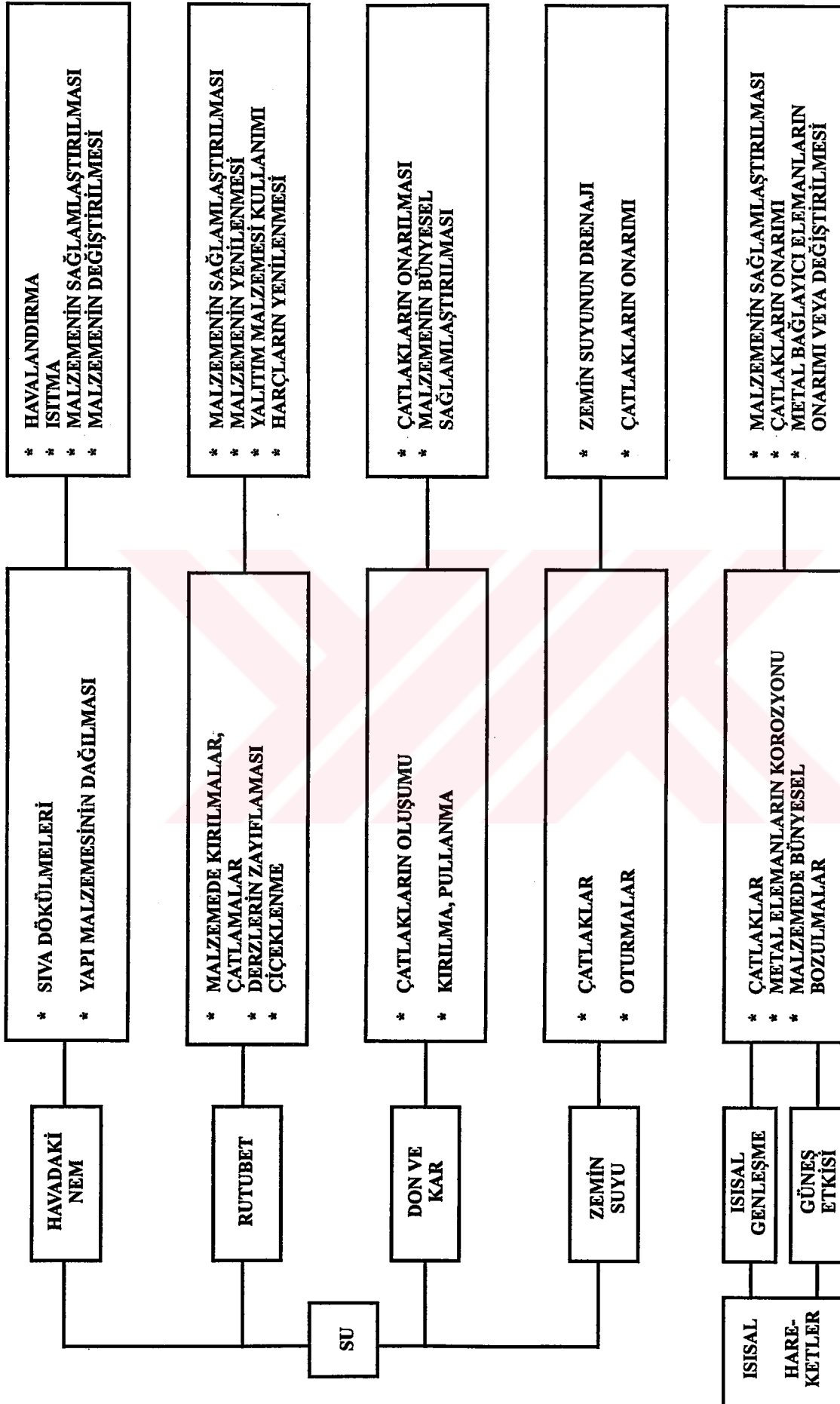
İ Ç

E T K E L E R









SONUÇ

Mimari mirasın tarihi, estetik ve teknik özelliklerinin korunması ve gelecek nesillere aktarılması ülkemiz açısından önem taşımaktadır. Bu eserlerin korunmasında, belgeleme, hasar nedenlerinin araştırılması, hasar teşhis, onarım ve güçlendirme aşamalarının herbiri bilimsel yöntemlerle incelenmelidir

Taş yapılar farklı çevresel koşulların etkisine maruz kalmaktadır. Bu etkiler sonucunda taş yapılarda belirli bozulmalar olmaktadır. Bunlar, zemin direncinin azalması, temellerin çürümesi, oturmalar sonucu çatlakların oluşması, yapı malzemesindeki bozulmalar gibi sorunlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu hasarların oluşumu taşıyıcı sistemin stabilitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Taş yapıların onarımına geçilmeden önce hasar nedenlerinin doğru teşhis edilmesi yapılan onarımların yapıya zarar vermemesi ve uzun vadeli olması açısından önemlidir. Sorunların tespitinde, üst yapı ile birlikte temel sistemi ve zemin araştırmalarının detaylı bir şekilde yapılması gerekmektedir

Bu araştırmaların gerçekleştirilmesinde bilimsel metod ve çağdaş teknolojinin sunduğu imkanlardan yararlanılmalıdır.

Tarihi yapıların korunması, belgelenmesi, hasar nedenlerinin araştırılması, teşhis onarım ve güçlendirme aşamalarının herbiri değişik alanlardaki uzmanlar tarafından (mimar koordinasyonunda) gerekli özen gösterilerek yapılmalıdır.

Taş yapılar antik çağlardan günümüze kadar değişik yöntem ve teknikler kullanılarak oluşturulmuştur. Kullanılan malzeme, teknik, yapım yılı, bulunduğu bölgenin fiziksel şartları ve buna benzer yönleri ile herbir yapı diğerinden farklıdır. Aynı zamanda maruz kaldığı bozulma etkenleri farklıdır. Restore edilecek her yapı ayrı bir problem olarak değerlendirilmeli ve buna bağlı olarak çözümler o yapıya özgü olmalıdır.

Yapının onarımında kullanılacak restorasyon yöntemlerinin seçiminde mimari eserin estetik, tarihi ve strüktürel değerlerinden taviz verilmeden uygulanabilmesine dikkat

edilmelidir. Mümkün olduğunca az müdahale ile yapının sağlamlaştırılması amaçlanmalıdır.

Yapı üzerinde oluşan bozulma nedenlerinin teşhisi gerekli yöntemler kullanılarak yapılmalıdır. Onarım yöntemleri bu doğrultuda seçilmelidir. İncelenen örneklerde de grldğu gibi, sorunların nedenleri araştırılmadan yapılan onarım çalışmaları yapıya zarar vermektedir. Aynı zamanda bu sorunlar, belirli bir süre sonra daha büyük ölçekte tekrar ortaya çıkmaktadır. Bunu önlemek amacıyla sorunların nedenleri alt ve üst yapıda olmak üzere koordineli olarak araştırılmalıdır. Yapılan çalışmaların kalıcı olabilmesi için onarım yöntemleri bu veriler doğrultusunda belirlenmelidir. Bir hekimin hastasına teşhisi gözlem ile yetinmeyip laboratuvar bulguları sonucunda belirlediği gibi, tarihi bir yapının hasar teşhisleri bilimsel veriler doğrultusunda belirlenmelidir.

Yapılan bu analizler sonucunda çevresel etkilerin yapı üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Bu bilgiler ışığında mimari mirasın korunmasının sadece detay ve yapı ölçeğinde kalmayıp, şehir ve ülke kapsamında değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ahunbay, Z. (1996), Tarihi çevre koruma ve restorasyon. İstanbul.
- Ahunbay, Z. Ayasofya restorasyonu için önaraştırmalar, Yapı, 177. 1996, s. 117-127.
- Akıncı, Ş. Bozdoğan (Valens) kemeri restorasyon çalışması, Yapı, 124. 1992, s.69-75.
- Batur, A., Tanyeli, G. (1993): 1894 depremi ve İstanbul'un tarihi yapılarındaki hasar üzerine bir örnekleme çalışması : Kapalıçarşı. II. Ulusal Deprem Mühendisleri Kongresi Kitabı. s. 244-258.
- Bizovski Z., Velkov, M. (1997) Concept of experimental determination of bearing and deformability capacity of structural walls of historic monuments, 4. Ulusal Deprem Mühendisleri Konferansı, Ankara , s. 222-243.
- Caner, E. (1983) Tarihi anıt taşlarının bozulmaları ve koruma sorunları, Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri 3, Ankara, s. 60-63.
- Çakır, S. Hava kirliliğinden kaynaklanan asit depolaması ve çevrede yaratacağı olumsuz etkiler , Çevre Dergisi, 5, 1988, s. 35-44.
- Çamlıbel, N. (1984), Geleneksel yapılarda stabilitenin iyileştirilmesi temellerin takviyesi, İstanbul.
- Çolak, A. Epoksi reçinelerin beton yapılarda kullanımı, Yapı, 202, 1998, s: 117-121.
- Düzgün, M. İzmir Kemeraltı Başdurak (Hacı Hüseyin) Camiinin restorasyonu öncesi yapılacak onarım ve güçlendirme çalışmaları ile ilgili teknik rapor-1988.
- Eldem, S.H, (1966), Yapı, Birsen yayınevi, İstanbul
- Ercan, S., Van Balen K., Patricio T. Structural restoration of the Hellenistic Nyphaium at Sagalassos in Turkey, International conference on studies in ancient structures, s: 573-583
- Erdik, M, Durukal, E. (1993). Ayasofya 'nın deprem davranışı II. ulusal deprem mühendisleri kongresi kitabı. S. 198-207.
- Ergüvanlı, K. (1978) Mühendisler için jeoloji, İstanbul.
- Eriç, M. Taş yapıların yenileme çalışmalarında beton malzemenin özellikleri açısından kullanılabilirliğin araştırılması . Restorasyon, 3, 1986, s. 61-66.
- Erincin, Ö., Eski yapılarda zeminden gelen rutubetin önlenmesi konusunda bir uygulama, Taç, 1:1, 1986, s. 21-22.

Ersen, A. Doğal yapı taşlarındaki bozulmalar ve bozulma süreçleri. Yapı 195, 1998, s. 94-97.

Eyüpgiller, K. Bir restorasyon uygulaması: Saint Pierre Katedrali, Ardamento

Mimarlık, 100+4, 1998, 92-95.

Gavrilovic, P. (1997) Methodology, methods and techniques for repair and strengthening of historical monuments and old Urban nuclei in a seismic active regions. 4. Ulusal Deprem Mühendisleri Konferansı, Ankara, s. 208-221.

Gavriloviç, P. (1993), Historic buildings and monuments , 4. Ulusal Deprem Mühendisleri Konferansı, Ankara, s. 573-588.

Gavriloviç, P., Sanday, J., Stubbs, J. (1997) Structural repair, strengthening and consolidation of the monuments at Preah Khan-Historic city of Angkor-Cambodia, International Conference on Studies in Ancient Structures, İstanbul, s. 615-624.

Gezer, M. (1963) Osmanlı devrinde İstanbul'da tahribat yapan yangınlar ve tabi afetler, Türk Sanatı Tarihi araştırma ve incelenmesi I , G.S.A. Yayını, İstanbul,

Gionata, R. (1996) Stone preservation and architectural conservation: two different perspectives. Firenze, Italy.

Gökaltun, E. Atmosferik kirliliğin yapı malzemeleri hasarına etkisi, Yapı, 198 , s. 114-117.

Gromato, A., Filareto, C., Piacenti, F., Tiano, P. (1991) 8 th international congress on deterioration and conservation of stone. Method And Materials Used For The Conservation On Monumental Works In Italy, Roma

Gürdal, E, Anıtlarda ve yapılarda kullanılmış doğal taşların bozulmaları ve korunmaları , Rölöve ve Restorasyon Dergisi, 3, 1982, s.27-29.

Hasol, D. (1993), Ansiklopedik mimarlık sözlüğü, İstanbul.

Kaltakçı, M.Y., Temizci, S. (1991) Konya Alaaddin Camiinde yapılan zemin iyileştirme ve temel güçlendirme çalışmaları ile Alaaddin Tepesinin sorunları, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi-İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sempozyumu. İzmir, s.13-25.

Karaduman, M., Kaltakçı, M.Y., Umucalılar, A. (1991) Tarihi Konya Alaaddin Camii'nin restorasyonu öncesi yapılan üst yapı onarım ve güçlendirme çalışmaları, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi-İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sempozyumu. İzmir. S.83-98.

Karaesmen, E., Karaesmen, E. (1997) Arkeosismoloji ile ilgili bazı kavramların irdelenmesi. , 4. Ulusal Deprem Mühendisleri Konferansı, Ankara, s. 612-619.

Koyunlu, A. Ayasofya restorasyonu genel sorunlar, Yapı, 1980, 105, s. 47-54.

- Kuban, D. Modern restorasyon üzerine yorumlar, Vakıflar Derg. VIII, 1971, s. 341-356.
- Kuban, D. (1993) Ansiklopedik mimarlık sözlüğü, Yem yayınları, İstanbul,
- Kuban, D. (1990) Mimarlık kavramları tarihsel perspektif içinde mimarlığın kuramsal sözlüğüne giriş. İstanbul,
- Mansbridge J. (1967) Graphic history of architecture, B.T. Batsford ltd, London.
- Mark,R. (1992) Light wind and structure. London.
- Mocan, İ, A. Kargir yapılarda onarım belirtme teknikleri, Restorasyon,12, 1993, s. 4-8.
- Özgen, K; Özgen, A (1997) İstanbul Four Seasons Oteli yenileme projesinde taşıyıcı sistem sorunları, Türkiye İnşaat Mühendisleri, 14. teknik kongresi, İzmir, s. 1035-1042.
- Özgen, K, Özgen A. (1997) İstanbul Four Seasons Oteli yenileme projesinde taşıyıcı sistem sorunları , Türkiye İnşaat Mühendisleri 14. Teknik Kongresi, İzmir. S. 1035-1038.
- Özcan, K., (1994) Yapı, İstanbul.
- Palma, C. (1991) 7 th international congress on deterioration and conservation of stone. Stone conservation cleaning and consolidation. Roma
- Selahiye, A, Aydınoglu, M.N., Erdik, M (1997) Süleymaniye Camiinin dinamik özelliklerinin deneysel ve analitik yöntemlerle belirlenmesi, 4. Ulusal Deprem Mühendisleri Konferansı, Ankara, S:284-293.
- Stročka, V.M., (Çeviren C. Özgünel) Efesteki Celsius Kitaplığı onarım çalışmaları , Belleken, XLIII, 1979, S:69-172.:
- Tanyeli, G. İstanbul teknik üniversitesi 1990 Osmanlı Mimarlığında demirin strüktüel kullanımı (15-18 yy), İstanbul.
- Türkçü, Ç. (1990) Çağdaş yapım ve strüktür sistemleri., İzmir
- Yezdani, İ., (29 Aralık 1998) Tarihi Yapılarda Deprem Riski-1500 yıllık Ayasofya Müzesinin Tamir ve Takviyesi İçin Doğru Önlemler Alınmalı, Cumhuriyet Gazetesi s.7.
- Yorulmaz, M., Restoration and structural engineering , international conference on studies ancient structures. International Conference on Studies in Ancient Structures , İstanbul, s. 527-530.