

**TARİHİ YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ,
HASARLAR, ONARIM VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İnş. Müh. Hasan Ali MAHREBEL
(501041056)**

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Çalışmanın tamamlanması sırasında yardımlarını ve yorumlarını esirgemeyen, her aşamada yapıcı eleştirileri ile tezimin genel çerçevesini belirleyen, bu dönem içerisinde kişisel ve mesleki gelişimime büyük katkıda bulunan tez danışmanım Doç. Dr. Turgut Öztürk:’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın gelişmesi sırasında manevi ve teknik desteklerini esirgemeyen Art-Yol Müh. çalışanlarına ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Her şeyden öte, yıllardır bana olan güvenlerini, inançlarını ve sevgilerini hiçbir zaman kaybetmeden, akademik çalışmalarımı sonuna kadar destekleyen, en büyük güç kaynağım sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarak, bu çalışmamı aileme ithaf ederim.

Haziran 2006

Hasan Ali MAHREBEL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KÜLTÜREL VARLIKLARIN KORUNMASI, DEĞERLENDİRİLMESİ	3
3. TARİHİ YAPI TÜRLERİ	11
4. TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN MALZEME VE ÖZELLİKLERİ	15
4.1. Doğal Taş Malzeme	15
4.2. Harçlar	16
4.2.1. Kireç Harcı ve Sıvaları	16
4.2.2. Horasan Harcı ve Sıvaları	18
4.3. Kargir Malzeme	22
4.4. Ahşap Malzeme	22
4.5. Tuğla	22
5. TARİHİ YAPI OLUŞTURAN TAŞIYICI SİSTEMLER	23
5.1. Kemerler	23
5.2. Tonozlar	26
5.3. Kubbeler	27
5.4. Sütunlar ve Ayaklar	28
5.5. Duvarlar	30
5.6. Temeller	31
5.7. Döşemeler	32
5.7.1. Ahşap Döşemeler	33
5.7.2. Adi Volta Döşeme	34
5.7.3. Volta Döşeme	35

6. TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TÜRLERİ VE MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	36
6.1. Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri	36
6.1.1. Zeminden Kaynaklanan Hasarlar	36
6.1.2. Taşıyıcı Sistem Tasarımındaki Hatalar	39
6.1.3. Hatalı Malzeme Kullanımı	39
6.1.4. Kötü İşçilik ve Detay Kullanımı	40
6.1.5. Uzun Süreli Doğal Etkenler	40
6.1.6. Doğal Etkenler	41
6.1.7. İnsanların Neden Olduğu Hasarlar	41
6.1.8. Hava Kirliliği	41
6.1.9. Trafik	42
6.2. Tarihi Yapılarda Hasar Tespit Yöntemleri	42
6.2.1. Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi Çalışmaları	43
7. YIĞMA KARGİR BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ	50
7.1. Deprem Yüklerinin Hesaplanması ve Genel Kurallar	50
7.2. Deprem Güvenliğinin İncelenmesi	56
8. TARİHİ YAPILARDA UYGULANAN ONARIM VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ	60
8.1. Sağlamlaştırma	60
8.1.1. Tarihi Yapının Yapıldığı Malzemesinin Güçlendirilmesi	60
8.1.2. Taşıyıcı Sistemin Sağlamlaştırılması	71
8.1.3. Zeminin Sağlamlaştırılması	78
8.1.3.1. Temel Altı Zemininin Islahı	78
8.1.3.2. Temelin Güçlendirilmesi	80
8.2. Bütünleme	82
8.3. Yenileme	82
8.4. Yeniden Yapım	83
8.5. Temizleme	83
8.6. Taşıma	85
9. YAPILAN UYGULAMA ÖRNEKLERİ	87
9.1. Edirne Muradiye Camisi	87
9.1.1. Yapının Yeri ve Özellikleri	87
9.1.2. Zemin Durumu ve Temel Sistemi	89
9.1.3. Yapının Mevcut Durumu	90
9.1.4. Yapıya Uygulanan Güçlendirme Yöntemi	91

9.1.5. Değerlendirme	92
9.2. İstanbul Vefa Lisesi	92
9.2.1. Yapının Özellikleri	93
9.2.2. Yapının Mevcut Durumu	94
9.2.3. Yapıya Uygulanan Güçlendirme Yöntemi	94
9.2.4. Değerlendirme	98
9.3. Kabataş Erkek Lisesi Eğitim ve Yatakhane Binaları	98
9.3.1. Yapının Yeri ve Özellikleri	98
9.3.2. Yapının Mevcut Durumu	99
9.3.3. Zemin Durumu ve Temel Sistemi	100
9.3.4. Yapının Güçlendirilmesi	101
9.3.4.1. Zemin Islahı	101
9.3.4.2. Üst Yapının Güçlendirilmesi	101
10. SONUÇLAR	105
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ	113

KISALTMALAR

DBYBHY2006	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
GEEAYK	: Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu
TAÇ	: Türkiye Anıt Çevre ve Turizm Değerlerini Koruma Vakfı
ÇEKÜL	: Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma
CEDHEC	: Chaillot Yüksek Eğitim Merkezi
IFROA	: Fransa Sanat Eserlerinin Restorasyonu Enstitüsü
BS	: British Standarts
ASTM C	: American Society for Testing and Materials
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	: X Işını Kırınım Cihazı
FRP	: Lifli Polimer
UDAP	: Ulusal Deprem Araştırma Programı

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1.	Doğal Yapı Taşlarının Ortalama Fiziksel Özellikleri..	15
Tablo 4.2.	Tuğlaların Ortalama Fiziksel Özellikleri.....	22
Tablo 7.1.	Etkin Yer İvme Katsayısı.....	52
Tablo 7.2	Bina Önem Katsayısı.....	52
Tablo 7.3	Hareketli Yük Katılım Katsayısı.....	53
Tablo 7.4	İzin Verilen En Çok Kat Sayısı.....	53
Tablo 7.5	Duvar Malzemesi ve Harç Sınıfına Bağlı Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi	58
Tablo 7.6	Yığma Duvarların Basınç Emniyet Gerilmesi.....	58
Tablo 7.7	Narinlik Oranına Göre Düşey Yük Emniyet Gerilmelerini Azaltma Katsayısı.....	58
Tablo 7.8	Duvarların Çatlama Dayanımları	59
Tablo 8.1	Lifli Polimer ve Çelik Malzemelerin Karşılaştırılması	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1 : Ortaköy Camisi-İstanbul	11
Şekil 3.2 : St.Peter Katedrali-Bremen	11
Şekil 3.3 : Dört Kilise-Artvin	11
Şekil 3.4 : Dolmabahçe Saat Kulesi-İstanbul	11
Şekil 3.5 : Hamam-Sivas	11
Şekil 3.6 : Aspendos-Antalya	11
Şekil 3.7 : Ergene Köprüsü-Edirne	12
Şekil 3.8 : Godstow Köprüsü-İngiltere	12
Şekil 3.9 : Deniz Feneri	12
Şekil 3.10: Gökmedrese-Sivas	12
Şekil 3.11: Müze-Almanya	12
Şekil 3.12: Sarıhan-Nevşehir	12
Şekil 3.13: Han-Sivas	12
Şekil 3.14: Panteon-Roma	13
Şekil 3.15: Çırağan Sarayı-İstanbul	13
Şekil 3.16: Bunratty Kalesi-İrlanda	13
Şekil 3.17: Selimiye Kışlası-İstanbul	13
Şekil 3.18: Galata Kulesi-İstanbul	13
Şekil 3.19: Filizi Köşk-İstanbul	13
Şekil 3.20: Küçüksu Kasrı	13
Şekil 3.21: Piramit-Mısır	14
Şekil 3.22: Türbe-Sivas	14
Şekil 5.1 : Kemerin Muhtelif Kısımlarının İsimleri	23
Şekil 5.2 : Elhamra Sarayı	24
Şekil 5.3 : Kemer Yapım Şekilleri	25
Şekil 5.4 : Segovia/İtalya 128 Gözlü Su Kemer	26
Şekil 5.5 : Lennox Hastanesi-İngiltere	26
Şekil 5.6 : Gloucester Katedrali	27
Şekil 5.7 : Yunanistan'daki Sütunlu Yapılar	28
Şekil 5.8 : Sütun Başındaki Mesnetlenme Sistemi	28
Şekil 5.9 : Elhamra Sarayı	29
Şekil 5.10: Ayak Detayı	29
Şekil 5.11: Tarihi Yapılardaki Sütun Ve Ayak Kullanımı	30
Şekil 5.12: Mesnetlenme Şekilleri	30
Şekil 5.13: Duvar Kuşaklaması	31
Şekil 5.14: Ayrık Temel	32
Şekil 5.15: Ahşap Döşeme	33
Şekil 5.16: Ahşap Döşeme-Duvar Birleşim Planı	33
Şekil 5.17: Adi Volta Döşeme	34
Şekil 5.18: Düz Tavanlı Adi Volta Döşeme	34
Şekil 5.19: Volta Döşeme	35

Şekil 5.20: Volta Döşeme Duvar Birleşim Detayı	35
Şekil 6.1 : Duvarlarda Görülen Çatlaklar	37
Şekil 6.2 : Yüzey Sertliğinin Ölçülmesi	44
Şekil 6.3 : Doğrudan-Dolaylı Ölçüm	45
Şekil 6.4 : Çatlak Derinliğinin ve Yönünün Araştırılması	45
Şekil 6.5 : Tek Plak İle Çözüm	47
Şekil 6.6 : Çift Plak İle Çözüm	47
Şekil 6.7 : Yerinde Kayma Deneyi	48
Şekil 7.1 : Spektrum Katsayısı Eğrisi	53
Şekil 7.2 : Yığma Yapıda (0.25 I)m/m ² durumu	54
Şekil 7.3 : Taşıyıcı Duvarların En Büyük Desteklenmemiş Uzunluğu	55
Şekil 7.4 : Taşıyıcı Duvar Boşlukları	56
Şekil 8.1 : Mevcut Ahşap Döşemenin Üzerine Uygulanan İkinci Ahşap Katman	61
Şekil 8.2 : Mevcut Ahşap Döşemenin Üzerine Uygulanan Betonarme Katman	62
Şekil 8.3 : Tek Doğrultuda Çalışan Volta Döşeme	62
Şekil 8.4 : Uygulama 1	63
Şekil 8.5 : Uygulama 2	64
Şekil 8.6 : Çatlaklarda Epoksi Harcı Uygulanması	65
Şekil 8.7 : Duvardaki Çatlakların Çelik Bar ya da Çelik Dikiş Elemanı İle Giderilmesi	65
Şekil 8.8 : Çatlak Bölgesinin Onarılması	66
Şekil 8.9 : Duvarda Oluşabilecek Kamburlaşma	66
Şekil 8.10: Duvardaki Hasarlı Kısımın Beton ya da Grout İle Doldurulması	67
Şekil 8.11: Tuğla Örme ya da Taş Ekleme Yöntemi	67
Şekil 8.12: Duvar Köşelerinde Oluşturulacak Kolon İçin Yapılan Hazırlık	68
Şekil 8.13: Duvarda Kolon Oluşturulması	68
Şekil 8.14: Çelik Kuşaklarla Güçlendirme	68
Şekil 8.15: Çelik Levhalarla Duvarların Kuşaklanması	69
Şekil 8.16: Çelik Levhalarla Güçlendirme	69
Şekil 8.17: Yığma Duvarlarda Lifli Polimer Uygulama Detayı	70
Şekil 8.18: Lifli Polimer Uygulaması	70
Şekil 8.19: Sismik Yalıtılmış Bina ve Normal Bina	75
Şekil 8.20: Kauçuk Esaslı Kurşun Çekirdekli İzolatör	75
Şekil 8.21: Sürtünme Esaslı Sismik İzolatör	76
Şekil 8.22: Enerji Sönümlendirici Sistemler	76
Şekil 8.23: Vibrasyon Kontrol Cihazları	77
Şekil 8.24: Birleşik Devletler Yüksek Temyiz Mahkemesi	78
Şekil 8.25: Oakland City Hall Binası, ABD	78
Şekil 8.26: Jet-grout Uygulaması	79
Şekil 8.27: Taş Ocağından Küteller Halinde Getirilen Taşların İncelenmesi	83
Şekil 8.28: İşlenmiş Taşların İstiflenmesi ve Montajı	83

Şekil 8.29: Kimyasal Madde Kullanımı	84
Şekil 8.30: Cephe Temizliği Yapılmış Binalar	85
Şekil 9.1 : Edirne Muradiye Camisi	87
Şekil 9.2 : Edirne Muradiye Camisi Zemin Kat Planı	88
Şekil 9.3 : Sondaj Çalışması	89
Şekil 9.4 : Edirne Muradiye Camisi Temel Takviye Planı	90
Şekil 9.5 : Revaklarda Görülen Dökülme ve Kılcal Çatlaklar	90
Şekil 9.6 : Edirne Muradiye Camisi Temel Detayı	91
Şekil 9.7 : İksa Çalışması Yapılmış Tip Ano	91
Şekil 9.8 : Ampatmanın Teşkili ve Kalıbın Sökülmesi	92
Şekil 9.9 : Vefa Lisesi'nin Üstten Görünüşü	93
Şekil 9.10: İki ve Üç Duvarın Birleşim Yerine Ait Püskürtme Beton Detayı	94
Şekil 9.11: Farklı Kalınlıklı Duvarlarda Uygulanan Püskürtme Beton Detayı	95
Şekil 9.12: Döşeme Seviyesinde Püskürtme Beton ve Çelik Hasırların Durumu	95
Şekil 9.13: Vefa Lisesi Güçlendirme Kalıp Planı	96
Şekil 9.14: Teşkil Edilen Betonarme Temel Detayı	97
Şekil 9.15: Mevcut Duvarlardaki Boşlukların Daraltılması	97
Şekil 9.16: Kabataş Erkek Lisesi	98
Şekil 9.17: Eğitim Binası Ön Cephe Muayene Çukuru	99
Şekil 9.18: Kabataş Eğitim Binası Taşıyıcı Duvarlarındaki Çatlaklar	99
Şekil 9.19: Betonarme Kuşak Perde Detayı	101
Şekil 9.20: Eğitim Binası Kuşaklama Perdesi Kazısı	102
Şekil 9.21: Temel Donatılarının Yerleştirilmesi	102
Şekil 9.22: Kuşak Perdesi İçine Bırakılan Betonarme Kirişler	103
Şekil 9.23: Püskürtme Beton ve Çelik Hasır Takviye Detayı	104
Şekil 9.24: Shotcrete Öncesi Duvar Sıvalarının Kaldırılması	104

KISALTMALAR

γ	: Birim Hacim Ağırlığı
H	: Yapı Yüksekliği
H_i	: İ'inci Katın Zeminden Yüksekliği
ΔF_N	: Binanın N'inci Katına Etkiyen Ek Eşdeğer Deprem Yüğü
Δl	: Boy Değişimi
t	: Ses Geçiş Süresi
V	: Ses Geçiş Hızı
n	: Porozite
w	: Su Muhtevası
E	: Elastisite Modülü
σ	: Duvar Düşey Gerilmesi
τ	: Kayma Gerilmesi
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
A_o	: Etkin Yer İvme Katsayısı
I	: Bina Önem Katsayısı
n	: Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı
G_i	: Sabit Yüğü
Q_i	: Hareketli Yüğü
W	: Binanın Toplam Ağırlığı
W_i	: İ'inci katın Ağırlığı
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü
$R_a(T)$	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
f_d	: Duvar Basınç Dayanımı
h_s	: Hacimce Su Emme
a_s	: Ağırlıkça Su Emme
β	: Boşluklu Birim Hacim Ağırlığı
V_s	: Duvarın Kesme Kuvveti
f_{em}	: Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi
τ_{em}	: Duvar Kayma Emniyet Gerilmesi
τ_o	: Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi
μ	: Sürtünme Katsayısı

TARİHİ YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ, HASARLAR, ONARIM VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ

ÖZET

Tarihi yapılar, üzerinde bulundukları coğrafyanın sosyolojik, ekonomik, kültürel ve politik öğelerini bünyesinde barındırır. Bu yapıların korunması ve gelecek kuşaklara aktarılması, eğitim, bilgi ve sürekli bakımla mümkündür. Ülkemizde ve Dünya’da bu eserlerin gerektiği gibi korunamadığını biliyoruz. Doğal afetler, olumsuz çevre koşulları ve fiziksel-kimyasal bozulmaların yanında, insanoğlunun bu yapılara karşı aldığı tavır da tarihi yapıların yok olma sürecini hızlandırmaktadır.

Ülkemiz dünya kültür mirasının en nadide parçalarını bünyesinde barındırmaktadır. Sahip olduğumuz miras, bugün için iyi korunuyor mu? Bu konuda ne kadar bilgi ve tecrübeye sahibiz? Gerekli kanun ve yönetmeliklere sahip miyiz ve bunları günün teknolojik gelişmelerine adapte edebiliyor muyuz? Beklide en önemlisi bu yapıları koruyacak ve rehabilite edecek finans kaynaklarına sahip miyiz? Sorularına cevap aramak, bu çalışmanın özünü oluşturmaktadır.

Bu inceleme kapsamında,

- Tarihi yapının tanımı, geçmişten günümüze koruma kavramının nasıl algılandığı ve ne gibi adımların atıldığı,
- Tarihi yapı türleri, tarihi yapılarda kullanılan malzeme ve özellikleri
- Tarihi yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem özellikleri, bu yapılarda meydana gelen hasarlar ve günümüzde uygulanan hasar tespit yöntemleri
- Yığma kargir binaların, deprem yönetmeliğinde belirtilen koşullar çerçevesinde deprem güvenliğinin incelenmesi
- Tarihi yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme teknikleri incelenmiştir. Çalışmanın son bölümünde tarihi yığma kargir üç binada uygulanan güçlendirme teknikleri hakkında bilgi verilmiştir.

PROPERTIES, DAMAGES, STRUCTURES, REPAIRING and STRENGTHENING TECHNIQUES IN HISTORICAL BUILDINGS

SUMMARY

Historical Buildings comprise of the social, economical, cultural and political elements of their local geography which they stand on. The way to protect and pass these on to next generations is possible by education, knowledge and continuous maintenance. We know that, these masterpieces are not protected the way they should be, both in our country and around the world. The attitude the humankind has against these masterpieces speed up the vanishing process of these, along with natural disasters, negative environmental conditions and physical-chemical deformations.

Our Country shelters in some of the rarest masterpieces of world's cultural inheritance. The inheritance that we have, is it being will protected today? How much knowledge and experience do we have about this issue? Do we have the necessary laws also regulations and are we able to adapt these to new technological developments? Most importantly, do we have the financial resources to protect and rehabilitate these buildings? Searching for answers to these questions, constitutes the core of this study.

In this study, the following issues have been analyzed ,

- The defininition of Historical Buildings, how the concept of the protection is perceived from past to present and what steps are taken.
- Types of Historical Buildings, the materials used in historical buildings and their properties.
- The construction properties which constitute historical buildings, the damages which occur in these constructions.

- The calculation of earthquake loads according to the 2006 Turkish Earthquake Code was summarized and the vulnerability of the buildings has been examined.
- Three historic buildings were examined and the strengthening methods have been investigated.
- The evaluation of the study and the conclusions were summarized in last chapter.

1. GİRİŞ

Tarihi yapılar kültürel mirasımızın en önemli parçalarıdır, en iyi şekilde korunmalı ve değerlendirilmelidir. Tarihi yapıları oluşturan ana malzemeler taş, tuğla ve bunları birbirine bağlayan harçtır. Bu malzemelerle inşa edilen ve yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlar kubbe, tonoz, kemer, pandantif, sütun ve duvarlardır.

Tarihi yapıların servis sürelerini belirleyen iki ana etken vardır. Bunlar, zemin problemleri ve depremlerdir. Bunların yanında çevre ve doğa şartları, insanların neden olduğu hasarlar, bu süreci ikinci derecede etkileyen faktörlerin başında gelir. Uzun yıllar ayakta kalabilmeyi başarmış bir yapı için, genellikle zemin-yapı etkileşimi belli bir dengeye ulaştığı düşünülür ve dışarıdan bir müdahale yoksa fazla bir zemin hareketi beklenmez. Yalnız, depremlerin geçmişte pek çok tarihi yapıyı yıktığı düşünülürse, ağır kütleyle sahip bu yapılar için her zaman büyük bir tehlike arz ettiği gerçeği unutulmamalıdır.

Tarihi yapılar, geçmiş ile bugün, bugün ile gelecek arasında önemli bir işlevi de yerine getirirler. Geçmişteki sosyolojik, ekonomik, politik ve dinsel yaşam, tarihi yapıların gövdesini oluşturur. Bugün elimizde bulunan bu miras için planlama ve koruma stratejisini etkin hale getirmek birincil vazifemiz olmalıdır. Ne yazık ki ülkemizde tarihi yapıların çoğu ihmal, yanlış strateji, kasıt ve bilgisizlikle tahrip edilmiş ve pek çoğu kullanılamayacak hale getirilmiştir. Bunun yanında yangınlar, su baskınları, insanların vandalizmi gibi etkenler de bu süreci tetiklemiştir. Osmanlı'dan Cumhuriyet'e bırakılan miras, vakıf müessesesinin ve koruma amaçlı çıkarılan talimnamelerin gözetiminde, kendi içinde kontrol mekanizması olan ve kendi bütçesiyle iş gören bir vaziyette iken; Cumhuriyet'in ilk otuz yılı ve çok partili hayattan günümüze geçen süreçte, yapılan yanlışlar ve bu eserlere takınılan tavırlar, atılan iyi adımların ve bu iş için kurulan kurumların her zaman önüne geçmiştir.

Ülkemizdeki tarihi yapıların büyük bir bölümü, iyi durumda değildir. Depremler, zemin kaynaklı problemler, yangınlar, çevre faktörlerinin oluşturduğu fiziksel ve kimyasal bozulmalar, bu yapıların taşıyıcı sistem özelliklerini ve görüntülerini olumsuz yönde etkilemiştir. Bunun yanında taşıyıcı sistemindeki düzensizlik ve

süreksizlikler nedeniyle pek çok tarihi yapıda çatlaklar ve onun sonucu kısmen veya tamamen yıkılma gibi sonuçlar ortaya çıkmıştır. Çatlaklara ve sistemin taşıyıcı sistemine yapılan bilinçsiz ve yanlış onarım girişimleri, bu hasarların nedenleri araştırılmadan yapıldığı için olumlu sonuç vermeyecektir. Hasar görmüş tarihi bir binayı güçlendirmeden önce, yapının zemin özellikleri, taşıyıcı sistemi, kullanılan malzemeler, hatta ve hatta yapının tarihi niteliği iyice incelenmeli, bu çalışmaların sonucunda yapılacak müdahale ve güçlendirmeye karar verilmelidir. Gerekli incelemelerin yapılmaması durumunda, koruma niyetiyle başlanılan iş istenmeyen hasarlara sebebiyet verebilir. Bu nedenle, çok geç olmadan tarihi yapıların bilinçli bir şekilde korunması ve güçlendirilmesi gerekir. Bunu yaparken maliyeti ve ekonomiyi, biraz göz ardı etmemiz gerekecek.

Bu çalışmada amaçlanan esas ilke, tarihi yapıların dinamik ve statik etkiler altında, günümüzden geleceğe en iyi şekilde aktarılmasını sağlayacak güçlendirme yöntemleri hakkında bilgi vermektir. İlk bölümden itibaren Osmanlı'dan Cumhuriyet'e ve oradan da günümüze kadar olan süreçte bu yapıların nasıl ve ne şekilde korunduğu, çıkarılan kanun ve yönetmeliklerle ne gibi iyileştirmeler yapıldığı üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde tarihi yapı türleri malzemelerine, taşıyıcı sistemlerine ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmanın akabinde tarihi yapıyı oluşturan malzemelerin fiziksel ve kimyasal yapıları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, taşıyıcı sistem özellikleri, meydana gelen hasarlar ve günümüzde uygulanan hasar tespit yöntemleri açıklanmıştır. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik içerisinde geçen yığma binalar ilgili bölüm, bu tür yapıların deprem güvenliği yönüyle irdelenmiştir. Sekizinci bölümde tarihi yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme teknikleri irdelenmiştir. Son bölümde örnek üç tarihi yığma kargir yapı ele alınarak, izlenilen güçlendirme teknikleri açıklanmaya çalışılmıştır.

2. KÜLTÜREL VARLIKLARIN KORUNMASI, DEĞERLENDİRİLMESİ

Değişik nitelikteki toplumlar gerek kendilerinden önceki gerekse kendi dönemlerinde ürettikleri ve bugün kültür varlığı olarak tanımladığımız taşınır ve taşınmazlara karşı olumlu ya da olumsuz değişik tavırlar takınmıştır. Birçok uygarlığın binlerce yıldan bu yana mimari yapıtlar ve bu yapıtları barındıran kentler oluşturduğu Anadolu'nun bu zengin mirasının korunması, değerlendirilmesi ve bizden sonraki nesillere aktarılması görevi, kısaca “koruma” olarak adlandırdığımız bir sektörün oluşması ve gelişmesine neden olmuştur. Günümüzde korumanın gerekliliği tartışılmamaktadır; ancak korumayı gerçekleştirmek için gerekli ilke ve uygulamaya yönelik politikalar ile kullanılacak parasal, örgütsel, eğitsel vb. araçların özlenen düzeye ulaşmadığı da bir gerçektir.

Cumhuriyet’e Bırakılan Miras

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

Cumhuriyet Dönemi

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

İlk otuz yıl : 1920-1950

Cumhuriyetin kurulmasından sonra eski eserler gerek mülkiyeti ve gerekse bakım ve onarım sorumlulukları, değişik kurumlara verilmiştir. Buna göre Halifeliğin kaldırılmasını öngören kanun uyarınca, saraylar, kasırlar ve bununla ilgili tüm taşınmaz ve değer içeren taşınır eserler Türkiye Büyük Millet Meclisi yönetimine bırakılmış, “Tevhid-i Tedrisat Kanunu” ile tüm medrese arsaları Maarif Vekaletine devredilmiş; tekke, zaviye ve türbeler, 1925 yılında çıkartılan “Tekke ve Zaviyelerle Türbelerin Seddine ve Türbedarlıklar ile Birtakım Ünvanların Men ve Ilgasına Dair” yasayla kapatılmış, değerli türbelerin yönetim ve korunması Maarif Vekaletine bırakılmış; bir bölüm Cami çeşitli nedenlerle satılmış; 1930 tarihli “Belediyeler Kanunu” ile kale ve kuleler Belediyelere devredilmiştir. Bu durum, bazı olumsuzluklar yaratmıştır. Örneğin, eski eserler ve koruma konusunda uzmanlıkları bulunmayan kişiler olumsuz kararları üretebilmiş, parasal kaynaklar ve personel, kuruluşlar arasında dağıtılarak, güç bölünmüş ve zayıflatılmıştır.

1930’lu yılların başında oluşturulan Antikiteler ve Müzeler Müdürlüğünün hizmetlerinin çok dar bir kadro ile yürütülemeyeceği anlaşıldığından, 1944 yılında “Eski Eserler ve Müzeler Umum Müdürlüğü” kurulmuştur. Bu birim, gelişmelerin gerektirdiği küçük değişimler geçirerek, 1989 yılına değin hizmet verecektir.

1935 yılında Atatürk’ün ulusal arkeolojik etkinliklere ağırlık veren ve bu yoldan koruma hareketlerine ivme kazandırmayı amaçlayan, bir dizi ilke belirlediği görülmektedir. Dönemine göre oldukça düzeyli nitelikli programların oluşmasını öngören ve bu niteliğiyle bir atılımın öncüsü olabilecek bu harekete karşın 1935 yılı, bir başka olumsuz düzenlemeye de sahne olacaktır. Bu olumsuzluğun kökeninde 2845 sayılı “Cami ve Mescitlerin Tasnifine ve Tasnif Harici Kalacak Cami ve

Mescit Hademesine Verilecek Muassasat Hakkındaki Yasa” ile cami ve mescitlerin sınıflandırılması ve bunun sonucunda sınıflama dışında kalacak olanların satışı yer almaktadır. Ülke genelinde yapılan envanter çalışmaları sonucu saptanan 3456 caminin 1000 kadarının tarihi ve mimari değeri olduğu belirlenmiş, 914 cami ise “kadro harici” olarak belirlenmiştir.

1940 yılına kadar yerel yönetimlerin koruma olgusuna yaklaşımları ve gerçekleştirdikleri etkinlikler değerlendirildiğinde, doyurucu bir sonuca varmak olası değildir. Çok kıymetli milli eserlerimiz 1933 yılında çıkan “Belediye Yapı ve Yollar Kanunu” na göre, korunması istenen eski eserler imar planında işaretlenecek şartı getirilirken geri kalan özel mülkiyetteki kapalıçarşı, bedesten, saraçhane gibi yapılar mülk sahiplerinin insiyatiflerine bırakılması uygun görülmüş, sonuçta bu eserler yıkılmış ve yıktırılmıştır.

Bu dönemde sivil toplum örgütlerinin iyi niyetli yaklaşımları eski eserlerin korunmasında bir kalkan görevi görmüştür. İlk örgütlerden bir tanesi 1927’de İzmir’de kurulan “İzmir Asarı Atika Muhipleri Cemiyeti”dir. 1935 yılında “Edirne ve Yöresi Eski Eserleri Sevenler Kurumu” her türlü anıt ve eseri korumak ve bu amaca yönelik yayınlarda bulunmak için çaba sarf etmiş kurumlardan bazılarıdır.

1950 ve sonrası

1951 yılında kurulan Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu (GEEAYK), hem ilke koyan hem de uygulamaya yönelik karar alan ve yasayla oluşturulmuş ilk kurumdur. Üyeliğinin ömür boyu olması, üyelerin, tamamen kendi görüş, bilgi ve deneyimleri doğrultusunda karar verebilmelerine olanak sağlayan çok önemli bir husustur. 1973 yılında kabul edilen ve Cumhuriyet tarihinin ilk koruma mevzuatı olma özelliği taşıyan 1710 sayılı “Eski Eserler Yasası” ise, GEEAYK’nın çevre ölçeğindeki korumayla, bu kez yasal dayanakları çok daha kuvvetli olarak ilgilenmesi sağlanmıştır. İmar yasasında kimi değişiklikler yapan 1605 sayılı yasada ise, çevre ölçeğindeki korumaya ilişkin daha ayrıntılı hükümler getirilmiştir. Buna göre , ... eski eser veya tarihi sanat yapılarının ve bunlarla bir bütünlük teşkil etmek üzere muhafazası gerekli çeşme, eski sokak ve meydancıkların muhafazasına dair esaslar, GEEAYK’da mütaalası alınarak... çeşitli Bakanlıklar tarafından ortak olarak oluşturulacaktır.

1973 yılında 1710 sayılı yasanın, gerek getirdiği tanımlar, gerekse uygulamaya yönelik hükümleriyle birçok “İLK” i içermektedir. “Sit” ve “koruma alanı” tanımı, bir alan ya da yapının eski eser kimliği kazanması için gerekli sürecin tamamlanması, GEEAYK’a tescil ve onarım kararlarını alma yetkisi verilmesi, imar planlarının yapımında GEEAYK’ ın görüşünün alınma zorunluluğu ve bu planların korumayı sağlamak amacıyla değiştirilebileceği bu “ilk”lerin bir bölümünü oluşturur. Bunların dışında, devletin, mal sahiplerine onarım için parasal ve teknik yardım yapması çağdaş yaklaşımlar olarak değerlendirilmelidir. Yasanın, yeterli kurumsal, parasal ve örgütsel alt yapı oluşturulmadan çıkartılması, bu yasanın öngördüğü yeni etkinlikleri yeterince uygulayacak deneyim, bilgi birikimi, uzmanlaşma, bütçe olanakları ve yönetim yapısına sahip olunmaması ise olumsuz noktalar olarak gösterilebilir.

Ülkenin koruma gündemindeki konuların çeşitlenmesi ve çoğalması sonucu 1989 yılında, Eski Eserler ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 2 ayrı Genel Müdürlük halinde yeniden örgütlenmiştir. Bu bölünme sonucu oluşan birimlerden ilki olan “Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü”, taşınır ve taşınmaz kültür varlıklarının arkeolojik araştırma ve kazılarla açığa çıkarılmasını, korunmasını ve değerlendirilmesini sağlamak, müzeler ve koruma laboratuvarları kurmak, müzelerin geliştirilmesi, kültür ve tabiat varlıklarının restorasyonu için gerekli önlemleri almakla görevlendirilmiştir. Genel Müdürlük bu hüviyetiyle yatırım ve uygulama ağırlıklı bir konumdadır. İkinci birim olan “Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü” ise, Koruma Yüksek Kurulu ve Koruma Kurulları kararlarının alınması ve uygulanması ile ilgili işlemleri yürütmek, buna yönelik olarak, araştırma, inceleme, belgeleme ve koruma planlamasına yönelik hizmetleri yapmakla ve koruma kültürünün geliştirilmesini sağlamakla görevlendirilmiştir. Genel Müdürlük, 1990 yılına kadar 4544 cami ve mescit, 273 medrese, darüşşifa ve bimarhane, 410 han ve kervansaray, 307 zaviye, imaret ve tekke, 1164 türbe ve 300 adet sübyan mektebi, sebil ve şadırvan belgelemiştir.

Korumanın çeşitli boyutlarıyla dolaylı olarak ilgilenen Kamu Kurum ve Kuruluşları da vardır. Bunların bir bölümü, kendilerine özgü yasalarından aldıkları yetkileri kullanmakta, bir bölümü ise daha genel içerikli yasalardan yola çıkarak korumaya katkıda bulunmaktadır. Bu kuruluşlardan belli başlıları TBMM Milli Saraylar Daire Başkanlığı, Maliye Bakanlığı - Milli Emlak Genel Müdürlüğü, Bayındırlık ve

İskan Bakanlığı (İmar Yasası, Kıyı Yasası), Orman Bakanlığı - Milli Parklar Genel Müdürlüğü (Milli Parklar Yasası), Turizm Bakanlığı (Turizmi Teşvik Yasası), Çevre Bakanlığı (Çevre Yasası), Çevre Bakanlığı - Özel Çevre Koruma Kurulu Başkanlığıdır.

1960'lara gelinceye kadar, taşınır ya da taşınmaz kültür varlıklarının korunması konusunda eğitim veren bir kuruluş bulunmamaktaydı. Bu alanda çalışanlar, çoğunlukla, kişisel ilgilerini usta-çırak ilişkileri içerisinde geliştirmiş ve korumanın çeşitli alt başlıklarında deneyim kazanmışlardı. Köken meslek olarak ise, arkeolog, sanat tarihçi ve mimarların çoğunlukta olduğu görülmektedir. Türkiye'de koruma eğitimi ilk kez 1966 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi bünyesinde başlatılmıştır. ODTÜ'den sonra, sırasıyla, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Devlet Güzel Sanatlar Akademisi (Mimar Sinan Üniversitesi) ve Dokuz Eylül Üniversitesi'nde de Yüksek Lisans eğitimi veren bölümler açılmıştır. 1990'lı yıllara doğru, bu kez, uygulamaya yönelik eleman yetiştirilmesinden yola çıkılarak 2 yıllık Meslek Yüksek Okulları kurulmaya başlanmıştır. Bu okullar, kendilerine özgü programlar oluşturmuşlar ve belli konularda uzmanlaşmayı yeğler bir tutum içine girmişlerdir. Halen, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Mimar Sinan Üniversitesi bünyesinde kurulan Meslek Yüksek Okulları dışında, Edirne'de Trakya Üniversitesi, Safranbolu'da Karaelmas Üniversitesi, Ankara'da Ankara Üniversitesi'ne bağlı meslek yüksek okulları bulunmaktadır.

Yerel yönetimlerin gerek Valilikler gerekse Belediyeler olarak, koruma konusunda başarılı bir grafik çizdiklerini söylemek zordur. 1950'li yıllarda hız kazanan kentleşme olgusu, imar hareketlerini ön plana çıkarmış, bu süreçte kültürel ve doğal değerlerin korunması ve geliştirilmesine gereken özen gösterilmemiştir.

Bu dönemde kurulan dernekler, Bursa Eski Eserleri Sevenler Derneği, Tarihi Evleri Koruma Derneği, Türkiye Anıt Çevre ve Turizm Değerlerini Koruma (TAÇ) Vakfı, Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma (ÇEKÜL) vb.dir. Bu dernekler gerek kültürel gerekse doğal değerlerin korunması ve geliştirilmesi konusunda etkin faaliyet göstermişlerdir.

Türkiye'nin İmzaladığı Uluslararası Sözleşme ve Protokoller

Taraf olduğumuz temel belgelerden ilki, 1982 yılında, 2658 sayılı yasayla kabul edilmiş bulunan “Dünya Kültürel ve Doğal Mirasının Korunmasına Dair Sözleşme”dir. UNESCO’nun, 1972 yılında Paris’te toplanan 17. Genel Kurulunda kabul edilen bu sözleşme, kültürel ve doğal mirasın sadece o ülke insanların değil, tüm dünyanın ortak malı olduğu kavramını getirmiş ve üye ülkeleri, “Kültürel ve doğal mirasa, toplumun yaşamında bir işlev vermeyi ve bu mirasın korunmasını kapsamlı planlama programlarına dahil etmeyi amaçlayan genel bir politika benimsemeye” çağırmıştır.

Taraf olduğumuz ikinci sözleşme, 1989 yılında onaylanan “Avrupa Mimari Mirasının Korunması Sözleşmesi”dir. 1985 yılında, Granada’da Avrupa Konseyine üye ülkeler tarafından kabul edilen bu sözleşmeye göre, ülkeler, mimari mirasın korunması için yasal önlemler almayı ve bu önlemler çerçevesinde her ülkeye ve bölgeye özgü yöntemlerle, anıtları, bina guruplarını ve siteleri korumayı üstlenmiş bulunmaktadır.

Türkiye, yukarıda sıralanan temel belgelerin yanında, aşağıda bir bölümü verilen uluslararası belgelere de taraf olarak imza koymuş bulunmaktadır:

Silahlı bir çatışma halinde, Kültür mallarının korunmasına ilişkin sözleşme, La Haye/1954

Kültür Varlıklarının kanunsuz ithal, ihraç ve mülkiyet transferinin önlenmesi ve yasaklanması için alınacak önlemlere ilişkin sözleşme, Paris/1970

Özellikle su kuşları yaşama ortamı olarak uluslararası öneme sahip sulak alanlar hakkında sözleşme, Ramsar/1971

Avrupa’nın yaban hayatı ve yaşama ortamlarını koruma sözleşmesi, Bern /1979

Akdeniz’de Özel Koruma Alanlarına ilişkin protokol, Cenevre/1982

Arkeolojik Mirasın korunmasına ilişkin Avrupa Sözleşmesi, Malta/1992 **(Madran, 2001).**

Ülkemizin Tarihi Yapılara bakış açısını ve uygulamaya çalıştığı iyi niyetli girişimleri kısaca özetledikten sonra, bu konuda söz sahibi ülkelerden biri olan Fransa’nın tecrübelerinden bahsederek, konuyu sığ tartışmalardan uzaklaştırıp, bilimsel ve gerçekçi bir platforma oturtabiliriz. Fransa, her yıl 75 milyon turistin ziyaret ettiği bir ülkedir. Bunun nedenlerinden belki de en önemlisi dünyanın en iyi korunmuş tarihi miraslarına sahip olmasından ileri geliyor olmasıdır. Kültür mirası

kavramı Fransız Devrimi'nden doğmuştur ve kraliyet döneminin, Kilise'nin ve soyluların taşınır ve taşınmaz mal varlıklarına Eski Rejim'in sembolleri gözüyle bakılıp, yok edilmemeleri ve fakat Ulus'un Malvarlıkları olarak, oldukları gibi korunmaları gerektiği bilincinin kazanılmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu kavram önce tarihî anıt kavramında ortaya çıkarmış; anıtın, bir toplumun anısını taşıyan ve önem verdiği değerleri temsil eden simgesel bir unsuru olduğu görüşü benimsenmiştir. Fransa'da 15 000 i sınıflandırılmış, 25 000 i ek envantere kayıtlı olmak üzere 40 000 civarında tarihi yapı korunmaktadır.

Fransa'da Kültürden Sorumlu Bakanlık, yetkin meslek adamları yetiştirmek amacıyla, üç büyük dalda uzmanlık ve eğitim sağlayan şu kurumlardan yararlanmaktadır:

- (Her iki yılda bir, 100 civarında mezun veren) Chaillot Yüksek Eğitim Merkezi (CEDHEC), tarihî yapı uzmanı mimarlar yetiştirmektedir. Her ne kadar bu eğitim kurumu şimdilik, hızla gelişen pazar karşısında, öncelikle liberal kesimin ihtiyaçlarını karşılamakta ise de, geleceğin Tarihî Anıtlar baş mimarlarının olduğu kadar Fransa Yapıları mimarlarının da kaynağı bir eğitim kurumu durumundadır. Tarihî Anıtlar baş mimarları olarak ve Fransa Yapılarında çalışacak mimarlar, devletin mimarlık ve şehircilikle ilgili kurumlarına sınavla alınıp, CEDHEC (Chaillot Yüksek Eğitim Merkezi) de bir yıl boyunca stajyer memur olarak eğitim görmektedirler.
- Kültür mirası Ulusal Okulu : Uygulama okulu olup, sınavla işe alındıktan sonra, devlete ait kültür varlıklarıyla ilgili beş ana kolda (Müzeler, arşivler, arkeoloji, kültür varlıklarının saptanması ve sayımı, tarihî anıtlar) müdürlük veya yöneticilik yapacak kişilerle birlikte, yerele ait kültür mirası müdürü olarak işe alınıp bölge, il ve ilçe idarelerinde çalışacak kişileri eğitir.
- Fransa Sanat Eserlerinin Restorasyonu Enstitüsü (IFROA) ; çok değerli eserlerin restorasyonu için serbest çalışacak uzman zanaatçılar yetiştirir. Bu son iki okul Fransız Kültür mirası Enstitüsü bünyesine dahil olmuşlardır.

Fransa'nın kültür varlıkları hakkındaki devlet politikası kısaca şudur : “Kültür mirasının korunması, genel anlamda ulusal önem taşır ve bu yüzden devletin sorumluluğuna girer. Buna karşılık, etkin biçimde korunması ve işletilmesi ancak

gereken düzeydeki sorumlularca yürütüldüğünde mümkün olabilir”. “Kültür mirası bizden öncekilerin yaşamlarından bize doğrudan kalandır ve tanıklık ettiği o yaşamdır. Onu muhafaza etmek, sonsuza kadar olduğu gibi bırakmak demek değildir. Kültür mirasının korunması resmi dondurmak demek değildir. Bizi geçmişe bağlayan ama geleceğe doğru ilerlerken bize eşlik edeni hayatta tutmak demektir” **(Vincent, 2002).**

3. TARİHİ YAPI TÜRLERİ

Yapı türlerinin standart bir sınıflandırma sistemi bulunmamaktadır. Ana başlıklar halinde tarihi yapı türlerini üç grupta toplarsak, bunlar :

1. Malzemelerine Göre (Taş, tuğla, ahşap, çelik, karma yapılar)
2. Taşıyıcı Sistemlerine Göre (Yığma-kargir, ahşap, kerpiç, çelik, karma sistemler)
3. Kullanım Amaçlarına Göre
 - Dini Yapılar (Cami, kilise, sinagog, katedral, tapınak)



Şekil 3.1 :

Ortaköy Camisi-İstanbul



Şekil 3.2 :

St.Peter Katedrali-Bremen



Şekil 3.3 :

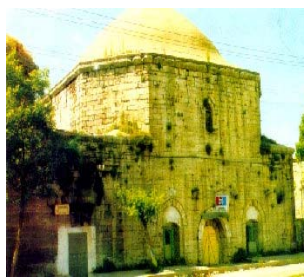
Dört Kilise-Artvin

- Sağlık, Sosyal Hizmet ve Kültürel Yapılar (Hastane, hamam, tiyatro, saat kulesi)



Şekil 3.4 :

Dolmabahçe-İstanbul



Şekil 3.5 :

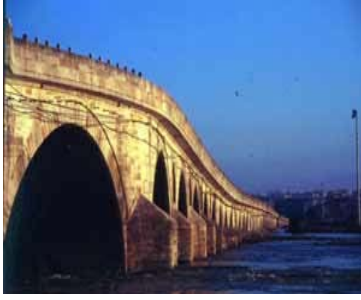
Hamam-Sivas



Şekil 3.6 :

Aspendos-Antalya

- Ulaştırma Yapıları (Su kemeri, köprü, demiryolu istasyonları, deniz fenerleri)



Şekil 3.7 :

Ergene Köprüsü-Edirne



Şekil 3.8 :

Godstow Köprüsü-İngiltere



Şekil 3.9 :

Deniz Feneri

- Eğitim Yapıları (Enderun, medrese, külliye, kütüphane, müze, okul, üniversite)



Şekil 3.10 :

Gökmedrese-Sivas



Şekil 3.11 :

Müze-Almanya

- Ticaret Yapıları (Bedesten, Kervansaray, Han)



Şekil 3.12 :

Sarıhan-Nevşehir



Şekil 3.13 :

Han-Sivas

- İdari Yapılar (Panteon, saraylar, meclis binaları)



Şekil 3.14 :

Panteon-Roma



Şekil 3.15 :

Çırağan Sarayı-İstanbul

- Savunma Yapıları (Kale, şato, kışla, kule)



Şekil 3.16 :

Bunratty Kalesi-İrlanda



Şekil 3.17 :

Selimiye Kışlası-İstanbul



Şekil 3.18 :

Galata Kulesi-İstanbul

- Sivil Yapılar (Köşk, kasır, geleneksel evler)



Şekil 3.19 :

Filizi Köşk-İstanbul



Şekil 3.20 :

Küçüksu Kasrı-İstanbul

- Özel Yapılar ve diğ. (Piramitler, höyükler, türbeler, mezarlıklar)



Şekil 3.21 :
Piramit-Mısır



Şekil 3.22 :
Türbe-Sivas

4. TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN MALZEME VE ÖZELLİKLERİ

4.1 Doğal Taş Malzeme

Taş, en eski yapı malzemelerinden birisidir ve kalıcı olması düşünülen yapıların inşasında özellikle tercih edilmiştir. Tarihi yapılarda taşın yaygın olarak kullanılmasının nedeni, hemen hemen her yerde ve arazi koşullarında kolaylıkla temin edilebilir olmasıdır (Ünay, 2002).

Doğal taş, taşıma gücü ve basınç dayanımı yüksek; çekme dayanımı zayıf olan bir malzemedir. Bu özelliğinden dolayı, yalnız basınç kuvveti alan kemerler, tonozlar ve kubbelerde kullanılması uygundur. Basınç yüklerini alan duvarlar ve ayaklar da taş malzemeden yapılmıştır. Basınç altında bazı taşların deformasyonu, betonla benzer özellikler gösterir. Betonun elastisite modülü $E = (14\sim30) \times 10^3$ MPa iken, granitin elastisite modülü $E = (15\sim70) \times 10^3$ MPa mertebesindedir. Elastisite modülünün bilinmesi, taşıyıcı elemanın yüklenmesi sonucu yaptığı sehim hesabı için gereklidir (Çamlıbel, 2000a).

Tablo.4.1 : Doğal Yapı Taşlarının Ortalama Fiziksel Özellikleri

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

Taşlarda genleşme çatlaklarına da rastlanır. Bu durum; çekme gerilmelerinin, malzemenin çekme mukavemetini geçmesi halinde meydana gelir. Taşlarda, dış etkenlerden (sıcaklık değişimleri, rüzgar, su...) kaynaklanan çatlaklar, aşınmalar ve bozulmalar meydana gelebilir.

Küfeki taşı, %93-100 oranında CaCO_3 içermektedir. Yalnız örgü ve dış cephe kaplama malzemesi olarak değil, iç mekanlarda, duvarlarda, taşıyıcı öğelerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, mihraplarda ve parmaklıklarda kullanılmıştır.

Bakırköy, Sefaköy, Sazlıbosna, Haznedar, Yenibosna civarındaki taş ocaklarından çıkarılan bu taş, ocaktan ilk çıkarıldığında birim hacim ağırlığı $\gamma=2.2 \text{ t/m}^2$, porozitesi = %12-13, su emmesi $w= \%1.5$ (ağırlıkça), basınç dayanımı $f = 20\text{-}30 \text{ MPa}$ (15 cm^3) tür. Atmosfer koşullarında bekletildiğinde bünyesine CO_2 alarak hızlı karbonatlaşma süreci ile boşlukların bir bölümü kalsiyum bikarbonat ile dolar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, porozitesi azalır birim hacim ağırlığı artarken, su emmesi azalır. Söz konusu karbonatlaşma sonucunda basınç dayanımındaki artışın gelişimi beton ile büyük benzerlik gösterir. Yapılan deneylerde, ocaktan çıktıktan otuz gün sonra dayanımının 45 MPa olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, basınç dayanımı/çekme dayanımı oranı 11-12 olarak belirlenmiştir. Bu değer, enerji yutma kapasitesi yüksek başka bir deyişle sünek malzeme yapısını işaret etmektedir (Arıoğlu ve diğ. 1999).

4.2. Harçlar

4.2.1. Kireç Harcı ve Sıvaları

Kireç kullanılarak elde edilen sıva ve harçlar, Eski Yunan, Roma ve onu izleyen dönemlerden, çimentonun bulunmasına kadar geçen sürede, yapıların inşalarında kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak kireç, dolgu malzemesi olarak da agregaların karıştırılmasıyla kireç harcı ve sıvaları elde edilir. Kireç harçlarının hazırlanmasında kirecin veya harcın özelliklerini geliştirmek amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin katıldığı da bilinmektedir (Böke ve diğ. 2004)

Kirecin hammaddesi, kalsiyum karbonat (CaCO_3) minerallerinden oluşan kireç taşlarıdır. Bu taşlar ısı ile kalsine olup karbondioksit gazının (CO_2) yapıdan ayrılması sonucunda kalsiyum okside (CaO) dönüşürler. Elde edilen bu ürüne sönmemiş kireç adı verilir. Kalsinasyon sonucunda elde edilen sönmemiş kireç (CaO), su veya havada bulunan nem ile reaksiyona girerek kalsiyum hidroksite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dönüşmektedir. Bu ürün, sönmüş kireç olarak adlandırılmaktadır. Kirecin sönmesi için havada %15 oranında nisbi nemin olması yeterlidir Boynton (1980). Kirecin kalitesini etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Kireç taşlarının yumru büyüklüğü, gözenekliliği, kalsiyum karbonat kristallerinin büyüklüğü sönmemiş kirecin reaktifliğine etki eden en temel etkenlerdir. Bu etkenlerin yanı sıra, su/kireç oranları, sönmemiş kirecin saflığı, parçacık büyüklüğü, karıştırma, söndürmede

kullanılan suyun saflığı da kirecin özelliğini etkilemektedir (**McClellan ve Eades, 1970**).

Söndürülmüş kirecin uzun yıllar hava ile temas etmeden bekletildikten sonra kullanılması, Roma ve onu izleyen dönemlerden bu yana bilinmektedir. Roma döneminde kirecin en az üç yıl bekletildikten sonra kullanılması gerektiği ileri sürülmüştür **Peter (1850)**. Kirecin bekletilme süresi uzadıkça, plastik özelliği ve su tutma kapasitesi artmaktadır (**Cowper, 1850**).

Agregalar, kireç harcı ve sıvalarının yapımında dolgu malzemesi olarak kullanılırlar, kireç ile reaksiyona girmeyen (etkisiz) ve reaksiyona giren (puzolan) agregalar olarak sınıflandırılabilirler. Etkisiz agregalar, taş ocağı, dere ve denizlerden elde edilen agregalardır. Puzolanik agregalar kireç ile reaksiyona girerek harç ve sıvaların nemli ortamlarda, hatta su altında da sertleşmesini sağlayan amorf silikatlar ve alüminatlardan oluşan agregalardır. Puzolanlar doğal ve yapay olarak iki grupta incelenebilir. Doğal puzolanlar (tuf, tras, opal vb.) genelde volkanik küllerden oluşmaktadır. Tuğla, kiremit vb. pişirilmiş malzemeler ise yapay puzolan olarak birçok tarihi yapının harç ve sıvalarında kullanılmıştır (**Lea, 1940**).

Kireç harçlarının hazırlanmasında kirecin veya harcın fiziksel özelliklerini geliştirmek, karbonatlaşmayı hızlandırmak amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin katıldığı bilinmektedir. Bunlardan bazıları, kan, yumurta, peynir, gübre, arap zıkkı, hayvan tutkalı, bitki suları, kazein gibi malzemelerdir (**Sickels, 1981**).

Katkı malzemelerinden arap zıkkı, hayvan tutkalı ve incirin sütlü suyu yapışkan olarak kullanılmıştır. Çavdar hamuru, domuz yağı, kesik süt, kan ve yumurta beyazı kirecin daha çabuk sertleşmesini sağlamaktadır. Arpa, idrar ve hayvan tüyleri dayanıklılığı arttırmaktadır. Şeker, suyun donma-erime periyotlarında meydana getirdiği bozulmaları yavaşlatmaktadır. Balmumu, harçtaki büzülmeyi önlemektedir. Yumurta akı, hayvan tutkalı, şeker, süt, keten tohumu gibi yağlar ise kirecin plastik özelliğini arttırıp kırılabilirliği azaltarak, harcın çalışabilirliğini arttırmaktadırlar (**Medici ve diğ, 2000**).

Kireç harç ve sıvaların sertleşmesi, kirecin havada bulunan karbondioksit gazı ile karbonatlaşması sonucu gerçekleşmektedir. Karbonatlaşma, gaz-sıvı-katı reaksiyonu ile açıklanabilir **Moorehead (1986)**. Gaz halindeki karbondioksit (CO_2) kirecin yüzeyindeki veya gözeneklerindeki yoğunlaşmış su (H_2O) içinde çözünür. Bu çözünmede, hidrojen iyonu (H^+), bikarbonat (HCO_3^-) ve karbonat (CO_3^{2-}) iyonları oluşarak su asidik hale gelir. Oluşan asidik suda kireç (Ca(OH)_2) çözünerek kalsiyum (Ca^{+2}) iyonları oluşur. Ca^{+2} iyonları ile CO_3^{2-} iyonları birleşerek kalsiyum karbonatı ($\text{Ca(CO}_3\text{)}$) oluşturur.

Karbonatlaşma kirecin dış yüzeyinden iç yüzeyine doğru olmaktadır. Bu nedenle, kireç harçlarının ve sıvalarının kalınlığı, kireç/agrega oranları, agrega dağılımları, karıştırma ve bunların sonucunda oluşan gözenekli yapı karbonatlaşmaya etki etmektedir (**Böke, ve diğ. 2004**).

4.2.2. Horasan Harcı ve Sıvaları

Topraktan elde edilen tuğlanın ve kerpicingin, yapı malzemesi olarak kullanılması harcın doğmasına neden olmuştur. Tarihte ilk olarak çamur kullanılmıştır. Çamurun ardından, Romalılarla birlikte, kireç harcı kullanılmaya başlanmıştır. Kireç harcından sonra, kum kireç karışımının içine pişmiş kil veya puzolan denilen volkanik tüfün karıştırılması ile su karşısında sertleşen bir bağlayıcı elde edilmiştir. Tarihi yığma-kargir yapılarda özellikle, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı mimarisinde ise horasan harcı adı verilen bağlayıcı kullanılmıştır (**Kuban, 1998**).

Kireç harçları hidrolik ve hidrolik olmayanlar olarak iki grupta tanımlanmaktadır. Hidrolik olmayanlar, kireç ile etkisiz agregaların karışımıyla elde edilmektedir. Bu harçlar; kirecin, havanın karbondioksiti ile kalsiyum karbonata dönüşmesi sonucu sertleşmektedir. Hidrolik harçlar ise hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanların karıştırılmasıyla elde edilmektedir **Lea (1940)**. Hidrolik kireç kullanılarak elde edilen harçlar, kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi ve içinde bulundurduğu kalsiyum alüminat silikatların su ile kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat hidratların oluşturması sonucu sertleşmektedir. Puzolan kullanılarak elde edilen hidrolik harçlarda ise kireç, puzolanlar ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum alüminat hidrat vb. ürünleri oluşturur **Lea (1940)**. Hidrolik harçların mukavemetleri, oluşan bu ürünlerden dolayı hidrolik olmayanlardan daha büyüktür (**Lea, 1940, Akman ve diğ, 1986, Tunçoku, 2001**).

Kirecin puzolanlarla olan reaksiyonu için ortamda suyun bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, hidrolik harçlar su altında da mukavemet kazanabilmektedir. Yüzey alanı büyük puzolan kullanımı **Shi ve Day (2001)**, ortam sıcaklığının yüksek olması **Shi ve Day (1993)**, karışıma alçı eklenmesi, bu harçların sertleşme sürecini hızlandırarak daha büyük basınç dayanımına sahip olmalarını sağlamaktadır (**Lea, 1940**).

Tuğla, kiremit ve benzeri malzemeler, kireç ile karıştırılarak birçok tarihi yapının harç ve sıva malzemesinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu harç ve sıvalar hidrolik olup ülkemizde, horasan harcı ve sıvaları olarak bilinmektedir. Horasan, kırılmış öğütülmüş kiremit ve tuğla tozu benzeri pişmiş kildir. Horasan harcı ise, horasan ve kireç (hava kireci) ile üretilen harca denir. Horasan deyimi, İran'ın doğusundaki Horasan bölgesinden gelmektedir. Bu harçlar Roma döneminde 'Cocciopesto' **Massazza ve Pezzuoli (1981)**, Hindistan'da 'Surkhi' **Spence (1974)**, Arap ülkelerinde 'Homra', Yunanistan'da 'Korassa' adını almaktadır. Günümüzde Suudi Arabistan'da betona horasan denilmektedir (**Çamlıbel, 1998**).

Horasan'ın dayanımı, kirecin kalitesine ve tuğla tozunun inceliğine bağlıdır. Horasan harcının dayanımının yüksek olması, harca katılan ince çakıl takviyesi ile orantılıdır. Bunun nedeni; harca katılan kirecin zamanla sertleşmesi olayıdır.. Ayrıca horasan harcının içine rötreyi engellemesi için saman da katılabilir.

Horasan çok geç sertleşen bir malzemedir. Dayanımını çok uzun zamanda kazanır. Malzemenin bu özelliğini bilen eski mimarlar yapının temelini bitirdikten sonra üst yapıya başlamaları için, uzun bir süre yapıma ara verirlerdi. Horasanın sertleşme sürecini azaltmak ve dayanımını kısa sürede kazanabilmesi için çeşitli katkı maddeleri kullanılabilir (**Saraç, 2003**).

Hidrolik özelliklerinden dolayı bu harç ve sıvalar Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemi sarnıç, su kuyusu, su kemerleri ve hamam yapılarında kullanılmıştır (**Akman ve diğ, 1986, Güleç ve Tulun, 1996, Böke ve diğ, 1999, Moropoulou ve diğ. 2000a, Moropoulou ve diğ. 2002a**).

Horasan harçlarının özellikleri bir çok tarihi yapıdan alınan örneklerde incelenmiştir. Bunlardan Rodos, Venedik ve Girit'teki bazı Bizans ve daha geç dönem yapıları ile İstanbul'da Ayasofya'da kullanılan horasan harçlarının, kireç/tuğla tozu oranlarının 1:4 ile 1:2 arasında değiştiği saptanmıştır (**Livingston,**

1993, Moropoulou ve diğ, 1995 ve 2000b, Güleç ve Tulun, 1996, Biscontin ve diğ, 1995 ve 1996).

Agrega olarak kullanılan tuğlaların yoğunlukları, kireç taşı, granit, bazalt vb. agregalardan daha düşüktür. Bu nedenle, horasan harçları daha hafif ve daha yüksek çekme dayanımına sahiptir. Ayasofya'nın kubbesinde kullanılan horasan harçları bu durumu örneklemektedir. Horasan harçlarının yanı sıra kubbede kullanılan tuğlaların da çok gözenekli ve düşük yoğunlukta olması, kubbenin depreme daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır **Livingston (1993), Moropoulou ve diğ (2002a)**. Bunun yanında harç kalınlığı ince olan yapılarda üst yapıdaki taşıyıcı sistem dayanımı daha yüksektir. Diğer yapılara oranla ince horasan harçlı yapılar, daha az hasar görmüşlerdir.

Ülkemizde horasan harçları ve sıvaları üzerine yapılmış çalışmalar sınırlı sayıdadır. Konu ile ilgili ilk çalışma, Süheyl Akman ve arkadaşları tarafından yapılmıştır **Akman ve diğ (1986)**. Bu çalışmada, Bizans devrinden kalma bir sarnıçta kullanılan horasan harçlarının basınç dayanım değerleri belirlenmiş ve onarım amaçlı horasan harçları üretilerek bunların basınç dayanım özellikleri incelenmiştir. Bu çalışma, aynı zamanda horasan harçlarıyla ilgili eski yazılı kaynakları içermesi bakımından da önemli bir çalışmadır. Onarım amaçlı horasan harcı hazırlamaya yönelik çalışmaların kısa süreli olması ve kireç ile karıştırılan tuğlaların doğru seçilememesinden dolayı amacına ulaştığını söylemek güçtür **(Böke, ve diğ. 2004)**.

Osmanlı döneminde horasan harcı hazırlamada kullanılacak tuğlaların yeni ve iyi pişirilmiş olması koşulu şartnamelerde belirtilmiştir **Denel (1982), Akman ve diğ (1986)**. Buradaki iyi pişirilme, tuğlaların hammaddesi olan killerin tamamının amorf hale dönüşümünün sağlanmasının gerekliliği ile açıklanabilir **Böke, H., ve diğ. (2004)**. En fazla amorf malzemenin elde edildiği sıcaklığın 550-600 °C da gerçekleştiği bilinmektedir **Moropoulou ve diğ (2002a)**. Yeni pişirilmiş olması ise tuğlanın su ile temas etmeden kullanılarak reaktifliğini yitirmemesinin gerekliliği ile açıklanabilir, çünkü su ile aktif hale gelen amorf silikatlar, silisik asit üreterek tuğlada olması muhtemel karbonatlarla reaksiyona girerek reaktifliğini yitirmektedir **Lynch ve diğ (2002)**. Bu koşulların eski şartnamelerde yer alması, horasan harcı ve sıvası hazırlanması ile ilgili oluşan yılların deneyimini ve birikimini ifade

etmektedir. Bu birikim, çimentonun yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte yok olmuştur (**Böke, ve diğ. 2004**).

Horasan harcı ve sıvası hazırlamada kullanılacak modern veya geleneksel yöntemlerle üretilen tuğlaların puzolanik olup olmadıklarının kontrol edilmesi, harç ve sıva hazırlamada kullanılacak tuğlaların puzolanik özelliğe sahip olması gerekmektedir. Bu özellik, harç ve sıvaların hidrolik olmasını sağlayan en temel özelliktir. Ülkemizde yürütülen koruma çalışmalarında bu konu göz ardı edilmekte, günümüzde üretilen modern tuğla veya harman tuğlalarının horasan harcı ve sıvası yapımı için uygun olduğu sanılmaktadır (**Böke, ve diğ. 2004**).

Horasan harcıyla ilgili yapılan araştırmalarda aynı amaçlı; fakat değişik adlarla anılan karışımlar saptanmıştır. Bunlar,

1. Geleneksel Horasan Harcı :

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

2. Kum Horasan Harcı :

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

3. Lökün :

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

4. Horasan Sıvası :

- a) Yumurta akı + Alçı + Tuz + Kireç
- b) 2 Horasan + $\frac{1}{2}$ Perdah kumu + $\frac{1}{2}$ Beyaz çimento + $\frac{1}{2}$ Kireç şerbeti (öneri) olarak sınıflandırılmıştır (**Eriç ve diğ. 1990**)

4.3 Kargir Malzeme

Doğal taş veya pişmiş toprağın (tuğlanın), bir bağlayıcı harçla birlikte kullanılması ile elde edilen malzemeye kargir adı verilir. Monolitik taşıyıcı elemanlar (duvar, destekler), kemer, tonoz ve kubbe vb. kargir malzeme ile yapılır. Kargir malzeme, heterojen bir malzemedir. Birim ağırlığı 21 ~ 22 kN/m³ arasında değişmektedir.

Kargir malzemenin taşıma gücü, yapımında gösterilen özene, yapı taşına, harca, yapım tekniğine, çevre şartlarına ve zamana bağlıdır (**Çamlıbel, 2000a**).

Kargir malzeme, basınca belli limitlerde dayanır. Kargirin çekmeye karşı dayanımı çok azdır. Kargir malzemenin mukavemeti, içindeki bağlayıcı harcın mukavemetine eşdeğerdir. Bağlayıcı kireç harcı olan kargir malzemede basınç emniyet gerilmesi, $\sigma = 0,2 - 0,6$ MPa, horosan harçlı kargir malzeme de ise tahmini $\sigma = 1,5 \sim 3$ MPa mertebesindedir. Horosanın dayanımının, düşük dozajlı bir çimento harcın dayanımı civarında olması gerektiği varsayımı yapılabilir (**Saraç, 2003**).

4.4. Ahşap Malzeme

İşlenmesi ve taşınması kolay bir malzeme olan ahşap, yalnız konut mimarisinde yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Hafif, çekme, basınç ve eğilmeye karşı dayanımı olduğundan büyük açıklıklar ahşapla rahatça geçilmiştir. Tarihi yığma kargir yapılarda tavan ve döşeme taşıyıcı sistemi malzemesi olarak ahşap kullanılmıştır. Ayrıca çekmeye karşı dayanımından dolayı duvarlarda hatıl olarak, eğilmeye karşı dayanımından dolayı çıkma (saçak, cumba, taşma) olarak kullanılmıştır.

4.5. Tuğla

Tarihi yapılarda, pişirilmiş kilden üretilen tuğlayı oluşturan malzemeler genellikle dere yataklarında yüzeysel olarak biriken kum taşlarının kalıntılarından elde edilirdi. Pişmiş kilden üretilen tuğlalar, görünüşleri ve işlevlerine göre sınıflandırılır; fırınlarda yüksek ısı altında pişirilir; fırın teknolojisinin bulunmadığı yerlerde ise güneş ısısından yararlanılarak üretildiği bilinmektedir.

Tuğlayı oluşturan malzemenin kalitesi, kullanılan harç ve tuğlanın örülme düzeni; tuğlanın dayanımını belirler. Tuğlaların basınç dayanımı, malzeme özelliklerine bağlı olarak 10 MPa dan 30 MPa a kadar değişir. İyi fırınlanmış tuğla, iyi fırınlanmamış tuğlaya göre üç kat daha fazla dayanıma sahip olabilir. Genel olarak tuğlanın çekme dayanımı basınç dayanımının %10'u, kayma dayanımı ise basınç dayanımının %30'u kadardır (**Ünay, 2002**).

Tablo.4.2 : Tuğlaların Ortalama Fiziksel Özellikleri

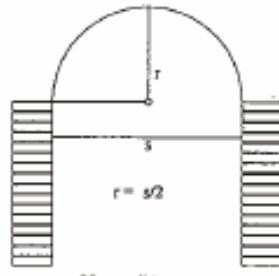
Basınç Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kayma Dayanımı (MPa)
10-30	2,5-5	10-20



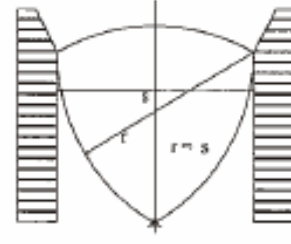
Şekil 5.2 : Elhamra Sarayı-İspanya

Düşey yükün şiddetinin yatay yükten büyük olması sonucu, kesit içerisindeki çekme kuvvetlerinin şiddeti azalır. Kemerlerde kesit boyutlarının oldukça büyük olmasının sebebi, taş veya tuğla kemerlerin kendi ağırlıklarının, kemerin stabilitesine sağladığı avantajdır. Kemerin herhangi bir noktasında oluşacak çekme kuvveti; zaten, çekme kuvvetlerine karşı çok zayıf olan taş veya tuğlanın çatlamasına sebep olacaktır.

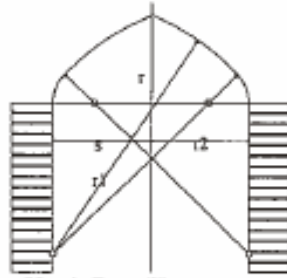
Çatlakların az veya birden fazla olması her zaman kemerin stabilitesinin bozulmasına neden olmayabilir. Kemerlerin stabilitesinin bozulmasına neden olan en büyük etken, mesnetlerin açıklık yönünde açılmasıdır. Bu yüzden, pek çok tarihi yapının taş, tuğla kemerlerinde ahşap veya metal gergi çubuğu kullanılmıştır. Gergi çubukları iki ayak, bir ayak bir duvar veya iki duvar arasında kullanılmıştır. Taşıyıcı öğeler üzerine, üst örtünün üzengi seviyesinde veya hemen altında bulunan taş oyulmuş yuva ya da duvar içerisine bırakılmış boşluklara mesnetlendirilmişlerdir. Bu gergi çubuklarının bir başka özelliği ise de, ayakların kemer itkisinden etkilenmesini önlemektir. Gergi ile bağlanması istenmeyen durumlarda, duvarlara payandalarla desteklenmiş ayaklar uzatılarak, eksenleri doğrultusunda, kemer mesnetleri üzerine ağırlık kütleleri asılmıştır (Ünay, 2002).



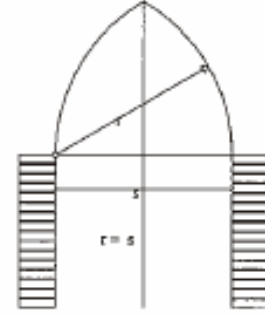
Tam Kemer



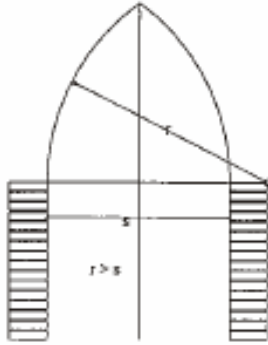
Basık Kemer



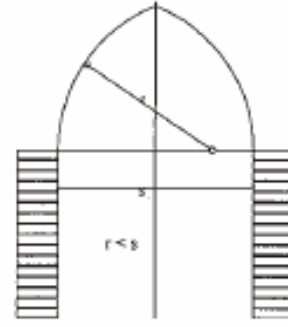
Kırık Düz Kemer



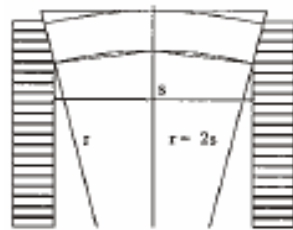
Sivri Kemer (Merkezi Üzengide)
Basık Sivri Kemer



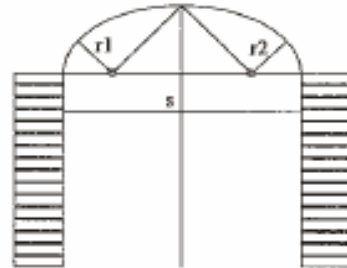
Sivri Kemer
(Merkezi Üzengi Dışında)



Sivri Kemer
(merkezi üzengi ve eksen arasında)



Basık Sivri Kemer
(4 merkezli)



Basık Sepet Kulpu Kemer

Şekil 5.3 : Kemer Yapım Şekilleri



Şekil 5.4 : Segovia/İtalya (128 Gözlü Su Kemer)

5.2. Tonozlar

Tonoz, bir kemerin kendi düzleminde, dik doğrultusunda ötelenmesi sonucu meydana gelen; yükleri, kemerlerin yük taşıma prensibi ilkesine göre taşıyan, aynı zamanda da kabuk özelliği gösteren tek eğrilikli yapı elemanıdır. Tonozlarda, basınç kuvvetlerinden ötürü basınç gerilmeleri oluşur (**Ünay, 2002**).

Tonoz çeşitleri; ilkel tonoz, beşik tonoz, çapraz tonoz ve manastır tonozu olmak üzere dört çeşittir. Tonoz, kendi ağırlığı ile birlikte üzerindeki kaplama yüklerini de taşır. Bir tonozun kesiti, aynı eğrilikteki bir kemerin eşdeğeridir. Tonoz mesnetlerinde oluşan yanal kuvvetler, temellere doğru kalınlaştırılmış duvarlar, kemerlerde olduğu gibi gergiler veya payandalarla taşınır (**Saraç, 2003**).



Şekil 5.5 : Lennox Hastanesi-İngiltere

5.3. Kubbeler

Kubbe, bir kemerin simetri eksenini etrafında dönmesiyle elde edilir. Kuvvetleri pozitif çift eğrilikli yüzeylerde taşıyan kabuklardır. Tromp (tonoz mesnet), pandantif (küresel mesnet) ve Türk üçgeni, kubbeli mekan örtüsünde geçit elemanı olarak kullanılan en sık karşılaşılan formların başında gelmektedir (**Kuban, 1998**).

Tarihi yığma kargir yapılarda kubbeler, küre parçası olarak yapılmışlardır. Kargirin çekmeye karşı gösterdiği olumsuz performans, kubbe içinde yapılan pencerelerin oluşturduğu çekme gerilmeleri; bu iki olayın sonucunda pencerelerin bulunduğu noktalarda kubbede çatlakların oluşmasına sebebiyet verir (**Penelis ve diğ. 1984**).

Kubbenin tabanında oluşacak çekme gerilmelerine karşı alınacak en hayati önlem, bölgenin çekme gerilmelerine dayanıklı bir malzemeden yapılmış bir çember ile kuşatılmasıdır. Büyük kubbeli yapılardaki kasnaklar masif ve ağır yapıyla, bu bölgede oluşacak çekme kuvvetlerini etkisiz hale getirirler (**Ünay, 2002**).



Şekil 5.6 : Gloucester Katedrali-İngiltere

Kubbenin yükü, kubbe ayakları vasıtasıyla mesnet yüklerinin düşey bileşenlerini kemerlere; yanal bileşenleri ise kemer düzlemlerine dik doğrultuda yerleştirilmiş yarım kemerler veya payandalarla alınır. Kubbeden kemerlere taşınan düşey yüklerin kemer düzlemi içindeki itkileri de gergilerle alınır (**Saraç, 2003**).

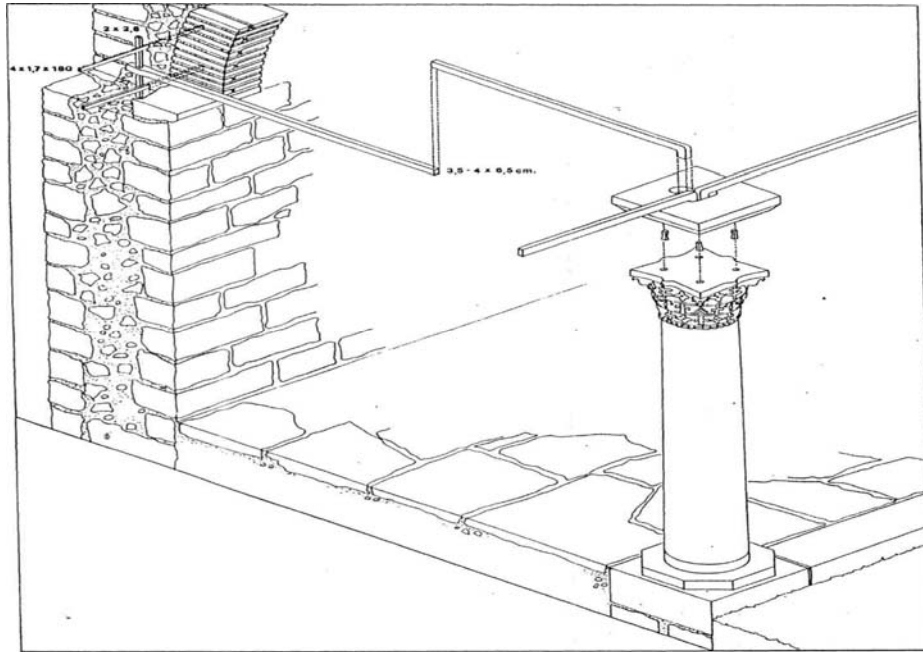
5.4. Sütunlar ve Ayaklar

Mekan örtü yüklerinin tekil noktalardan iletilmesi hallerinde, düşey taşıyıcılar ayak ve sütunlardan oluşur. Sütunlar yekpare ya da birkaç blok taş ile oluşturulmuş düşey yapı elemanlarıdır.



Şekil 5.7 : Yunanistan'daki Sütunlu Yapılar

Birkaç blokla oluşturulduklarında, ağaç veya bronz kenetler yardımıyla birleştirilirler. Daha çok kare, çokgen ve daire kesitli olan sütunların taşıdığı kiriş ya da kemer yükünü toplamak için sütun başlığı, yükü altındaki yapı elemanına yaymak için sütun tabanı yapılır (Çamlıbel, 2000).

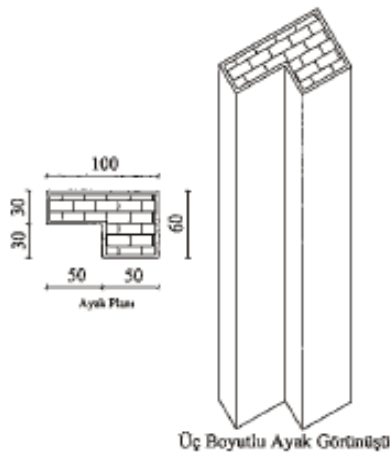


Şekil 5.8 : Sütun Başındaki Mesnetlenme Sistemi



Şekil 5.9 : Elhamra Sarayı-İspanya

Ayaklar, en kesiti sütunlardan daha büyük; duvar gibi örülerek yapılan düşey taşıyıcılardır. Mekan örtüsünün formu ve kullanım amacına ve yüklerin iletiliş biçimlerine göre karmaşık bir geometride imal edilmişlerdir (Çamlıbel, 2000).



Şekil 5.10 : Ayak detayı

Ana taşıyıcı ayaklarda meydana gelebilecek bir çatlak veya mafsall oluşumu, yapının stabilitesini bozarak tamamen yıkılmasına neden olabilir. Bu sebeple, bu tür elemanlarda kesitin eğilme eksenine dik doğrultudaki boyutunun üçte birinden fazla bir bölümde çekme gerilmesi oluşmayacak çok büyük kesit boyutlarına ihtiyaç vardır. Tarihi yapılarda görünen büyük kesite sahip sütun ve ayakların, geçmişte

yıkılan yapılardan alınan derslere göre bu şekilde yapıldığı anlaşılmaktadır (Ünay, 2002).



Finike



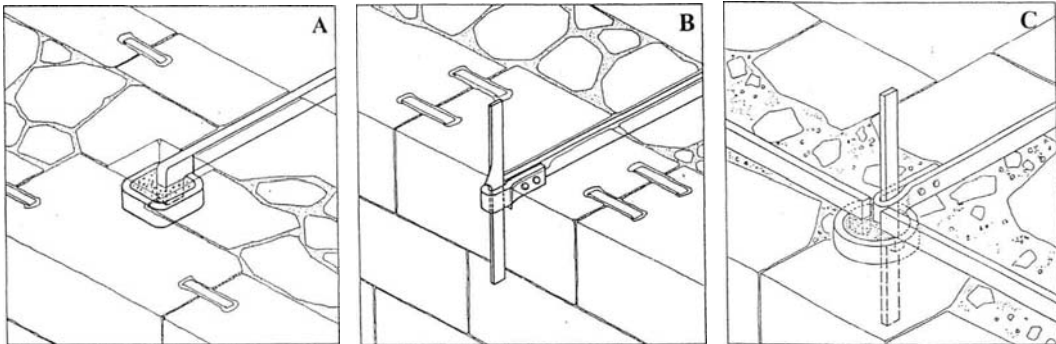
Yunanistan

Şekil 5.11 : Tarihi Yapılardaki Sütun ve Ayak Kullanımı

5.5. Duvarlar

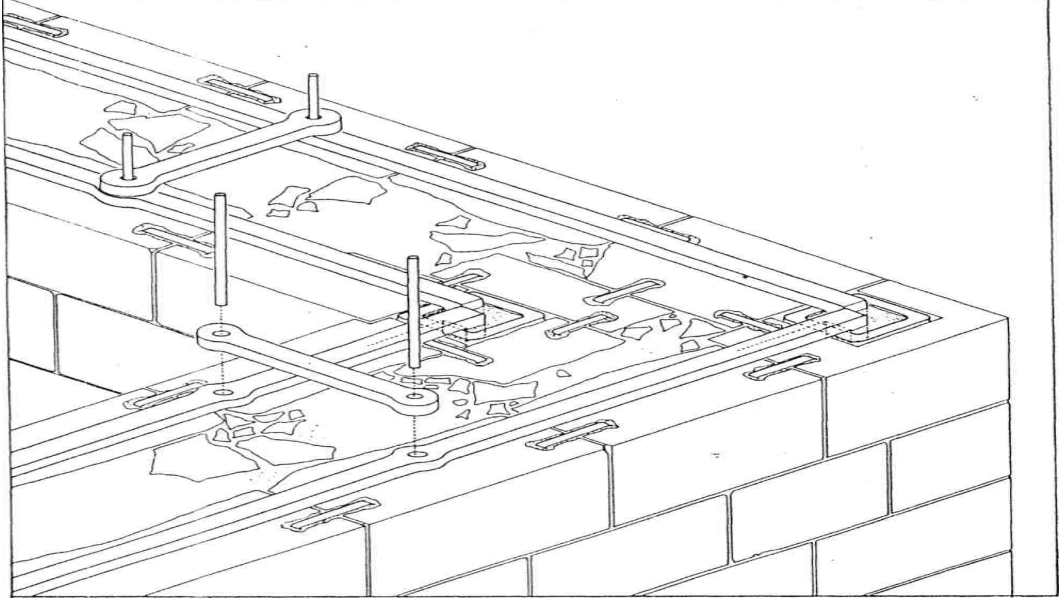
Duvarlar, mekan örtüsünden gelen yükleri zemine ileten; malzemelerine göre taş, tuğla, kerpiç olarak sınıflandırabileceğimiz düşey düzlemsel elemanlardır (Bayülke, 1978).

Duvarın boyutlarını belirleyen faktörler; duvara üst yapıdan gelen eğik ve düşey yükler, yanal deprem yükleri, malzeme cinsi, kapı-pencere boyutlarıdır. Duvarın düşey ve yatay yükleri alabilmesi için, bir bütün halinde çalışması gerekir. Duvarın bütünlüğünün sağlanması için yani gerilmeleri duvar kesitinde düzgün yayılı olarak dağıtmak, diyafram etkisi yaratmak amacıyla taş ve tuğlalar birbirine harç, kenet ve hatıllarla bağlanmıştır.



Şekil 5.12 : Mesnetlenme Şekilleri

Tarihi yapıların duvar örgülerinde karşılaşılan mesnetlenme şekilleri (Şekil 5.12) de verilmiştir. Burada A. Simitli mesnetlenme, B. Açık kılıçlı mesnetlenme, C. Simitli mesnete kılıçlı bağlantı durumudur.



Şekil 5.13 : Duvar Kuşaklaması

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

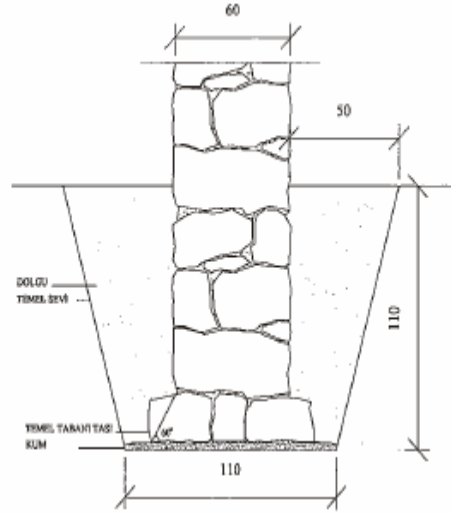
Duvar boyutlarının çok büyük seçilmesinin sebebi, yükten dolayı oluşabilecek çekme gerilmelerini sıfıra yaklaştırmak, basınç gerilmelerini aynı oranda arttırmaktır. Bunun neticesi olarak, iç mekana ışık vermek amacıyla açılan pencere boşlukları ile zayıflayan duvarlar, değişik mimari ve geometriye sahip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

5.6. Temeller

Temeller, yapının kendi ağırlığını, kullanım yüklerini, kar, rüzgar ve deprem yüklerini zemine ileten taşıyıcı elemanlardır (**Bayülke, 1992**).

Yapı tekniğinin günümüz şartlarına göre çok ilkel kaldığı, tarihi yapı temellerine bakılırsa, bugünkü anlamda temel atma olanaklarından bahsedilemez ve temel türleri de birkaç adedi geçmez. Bunları basit olarak şöyle sınıflandırabiliriz:

- Sağlam zeminlerde genellikle sığ temeller (yüzeysel temel) yapılmıştır. Bu temeller; ayak ve sütunların altına gelen ayırık temeller (Şekil 5.14)



Şekil 5.14 : Ayırık Temel

gibi veya sürekli duvar altlarına gelen sürekli temeller den oluşur.

Ayrık ve sürekli temellerin, farklı boyutta yatay olarak konmuş ahşap elemanların oluşturduğu bir (ızgara) ya mesnetlendirildiği görülmektedir. Izgara sistemi, yapı yüklerinin daha büyük bir temel alanı boyunca zemine iletilmesi görevini üstlenmiştir.

- Derin temeller (ahşap kazıklı temeller), dolgu veya yumuşak zeminlerde, daha çok su içinde inşaa edilen yapılarda kullanılmış, aynı zamanda bu yapılar zemine çakılan kazıkların oluşturduğu bir temel sistemine oturtulmuştur. Kazık başlarının ahşap bir ızgara ile bağlandığı da görülür. Ahşap kazıkların genellikle su içinde bulunması ve hava ile temas etmemiş olması, bozulma ve çürüme olayını geciktirmiş hatta ve hatta sıfıra indirmiştir (Çamlıbel, 2000).

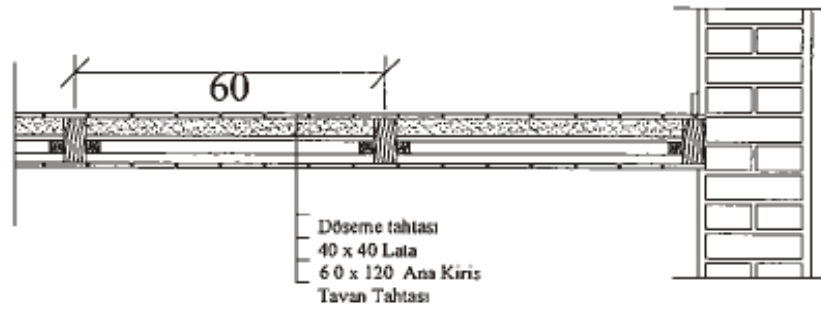
5.7. Döşemeler

Döşemeler, binanın iki katını, yapının oturduğu zeminle kapalı hacmi ya da en üst kat ile dış mekanı, ayırma görevi üstlenen yatay taşıyıcı yapı elemanıdır. Yapı döşemeleri, inşa edildikleri malzemenin cinsine göre ahşap, kargir döşeme gibi isimlendirilir (Soygeniş, 1999).

Döşemeler düşey yükler altında, çeşitli yük aktarım şekilleri dışında yapının genel davranışını etkilemezler; fakat deprem sırasında diyafram etkisi nedeniyle yatay yük aktarımı bakımından döşemelerin önemi artar. Döşemenin olmaması ya da boşlukların bulunması binada düzensiz plan oluşturur ve yapının depreme karşı davranışını olumsuz etkiler (Ünay, 2002).

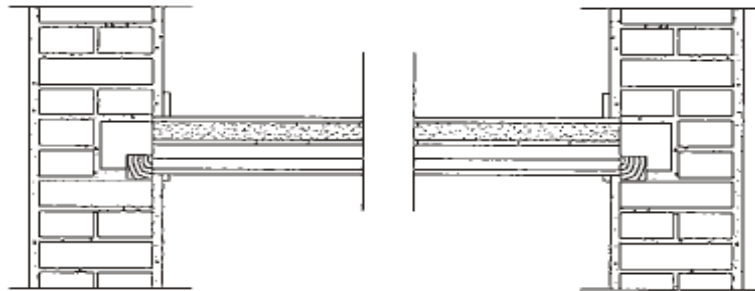
5.7.1. Ahşap Döşemeler

Ahşap döşemelerde taşıyıcı elemanlar ahşap kirişlerdir. Kiriş kesitlerinin açıklığa ve taşıyacağı yüke uygun seçilmemeleri halinde sallanması, kat döşemelerinin sesi kolay iletmesi ve ahşap döşemenin yangın sırasındaki davranışı gibi birtakım sakıncalı durumlar, ahşap döşemelerin dezavantajlarıdır.



Şekil 5.15 : Ahşap Döşeme

Ahşap döşemelerin altındaki ahşap kirişler, açıklıkların kısa yönüne göre 0.60 – 0.80 m aralıklarla atılmalıdır. Açıklık büyük ise bu döşeme kirişleri ana kirişlere oturtulur. Ahşap döşemenin tavanını sıva yapmak için bu kirişlerin altına sıva teli çakılır ve sıva sıvanır.

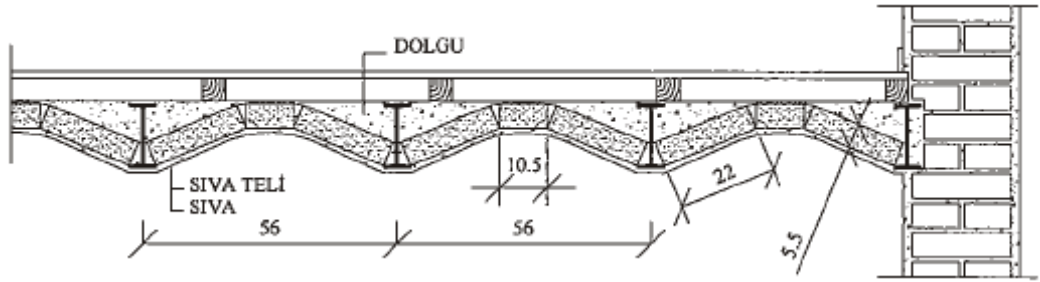


Şekil 5.16 : Ahşap Döşeme-Duvar Birleşim Planı

Ahşap döşemenin, zemin katlarda çürümesini engellemek için temel duvarlarında toprak ile döşeme arasında kalan mesafe içinde yer yer karşılıklı delikler bırakılır (Ulkay, 1978, Kanca, 2004).

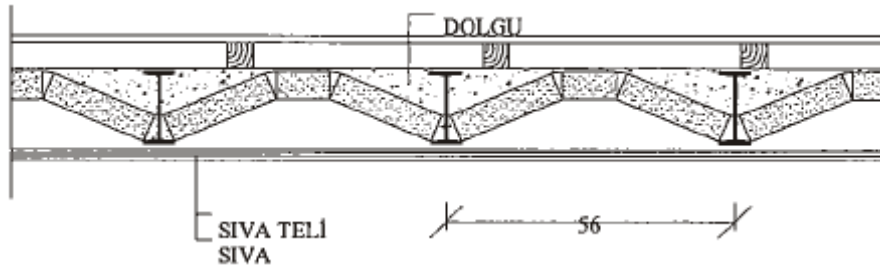
5.7.2. Adi Volta Döşeme

0.50 – 0.56 m. aks aralığında bir dizilmiş olan NPI profiller arasına üç tuğladan yapılan tonoz döşemedir. Tuğlaları bağlayıcı olarak genellikle çimento harcı veya yapının yaşına uygun olarak özel karışım harçları kullanılmıştır. Tuğlaların üstü putrel başlıklarının seviyesine kadar curuf betonu ile doldurularak tesviye edilir ve döşeme kaplaması yapılır. Putrellerin altı sıva teli ile kaplanarak tuğlalarla birlikte sıvanmasının yanı sıra yalnız tuğlaların altı sıvanıp putrellerin altı yağlı boya ile de boyanabilir.



Şekil 5.17 : Adi Volta Döşeme

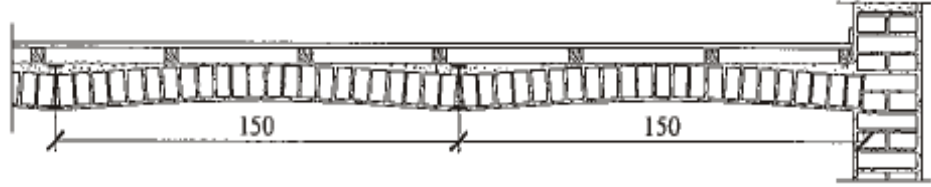
Eğer düz bir tavan istenilirse, putrelden putrele sıva teli kaplanarak, üstü sıva ile sıvanır. Adi volta döşemeler duvar kenarlarında putrelle başlatılır, duvara tonoz sistemi oturtularak başlatılmaz (Ulkay, 1978, Kanca, 2004).



Şekil 5.18 : Düz Tavanlı Adi Volta Döşeme

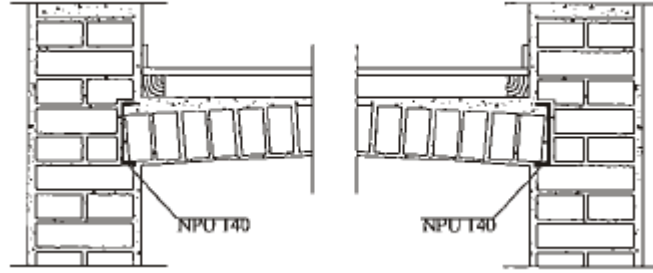
5.7.3. Volta Döşeme

1.50 m. aks aralığında dizilmiş putreller arasına kalıp yapılarak, tuğlalarla tonoz şeklinde inşa edilir. Kalıplar, profillere asılan kancalara oturtulurlar. Bu döşemelerde duvar dibinde başlangıcın profille başlamasına ihtiyaç yoktur. Tonoz, duvara oturtulur. Tonoz örgüsünde bağlayıcı olarak, yapım yılı dikkate alındığında çimento yada özel karışım harçları kullanıldığı görülür.



Şekil 5.19 : Volta Döşeme

Dolgu malzemesi olarak curuf betonu kullanıldığında putrellerin üstünü örtecek kalınlıkta yapılması uygundur (Yücesoy, 2001, Kanca, 2004).



Şekil 5.20 : Volta Döşeme Duvar Birleşim Detayı

6. TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TÜRLERİ ve MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu bölümde tarihi yapılarda meydana gelen hasar türleri, nedenleriyle birlikte incelenmiştir, bölümün sonunda ek olarak tarihi yapılarda uygulanan hasar tespit yöntemlerine kısaca değinilmiştir.

6.1. TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TÜRLERİ

6.1.1. Zeminden Kaynaklanan Hasarlar

Tarihi yapılarda görülen zemin kaynaklı hasarları altı grupta toplarsak, bunlar; oturmalar, ayrışmalar, kabarma ve şişme, parça kopması, çatlaklar ve kaymalardır.

Oturmalar, yeterli zemin kırılması güvenliği altında zemin tabakalarının, farklı büyüklük ve yönde etkileyen kuvvetlerin etkisiyle sıkışması sonucu oluşur. Yatay kuvvetler de oturmalarla neden olabilir. Düzgün oturmalar, yapının stabilitesini ve kullanım süresini genellikle tehlikeye sokmaz ve hiçbir oturma hasarı da doğurmaz. Zemin kırılması tehlikesi, zeminin kesme direncinin artması, temel derinliğinin ve genişliğinin azalması, yükün eksantrisitesi ve eğimin büyümesi ile artar. Ayrıca, zeminin birim hacim ağırlığının azalması ve yer altı su düzeyinin yükselmesi zemin kırılması tehlikesini artırır (Köseoğlu, 1986).

Temel oturmalarının başlıca nedenlerini şöyle sıralayabiliriz.

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

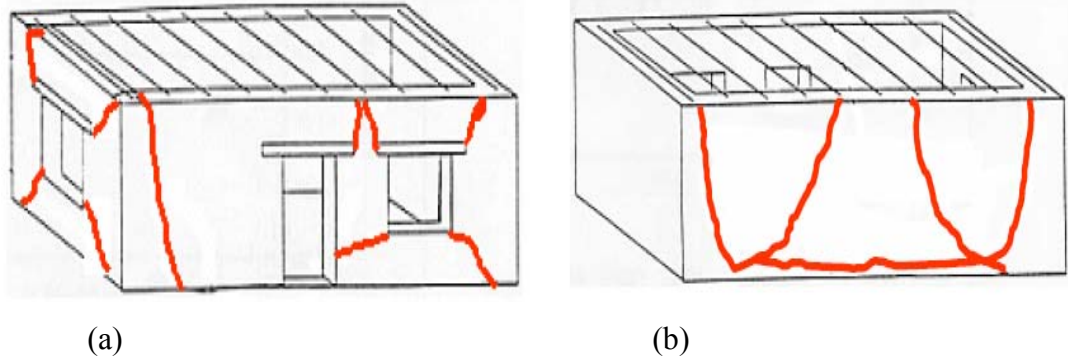
Ayrışmaya neden olan hasarları fiziksel ve kimyasal olarak ikiye ayırabiliriz. Dış ortamdan kaynaklanan sülfat etkisi kimyasal etki, donma-çözülme olayından kaynaklı etkiler ise fiziksel etki olarak adlandırılır. Ayrışma hasarına neden olabilecek kimyasal etkiler daha derin bölgelere yayılırken, donma-çözülme sonucu oluşan hasar yüzeyseldir. Bu hasar durumunda meydana gelen yoğun çatlama

belirtilerinde kimyasal etkiler araştırılmalıdır. Çatlakların tekil veya seyrek görülmesi durumunda sıcaklık değişimlerinin etkisi göz ardı edilmemelidir.

Parça kopmasına neden olan etkiler incelenirken hasara sebep olabilecek atmosfer etkisi, iç sıcaklık yükselmesi, kimyasal reaksiyonlar gibi faktörlerin yanı sıra deprem ve benzeri şok dalgalarının da etkisi üzerinde düşünülmelidir (**Namlı, 2001**).

Çatlaklar, yapıda oluşan hareketlerin yapı malzemesi üzerinde, bu hal için beklenen deformasyon sınırını aşması ve nihayetinde bununla alakalı meydana gelen gerilmelerin, malzemenin mukavemet sınırını aşması halinde oluşurlar. Yapının çekme ve kayma gerilmelerine karşı en zayıf olduğu; çekme ve kayma zorlanmalarının maksimum olduğu bölgelerde çatlaklar meydana gelir.

Duvarlarda oluşan çatlaklar, gerilme yoğunluğu yüksek bölgelerde gözlenir. Kapı ve pencere kenarındaki çatlaklar, duvar düzlemine dik eğilme ya da düzlemi doğrultusunda oluşan kayma gerilmeleri nedeniyle oluşur (Şekil 6.1b). Kapı ve pencere boşluğu olmayan uzun duvarlarda, duvar düzlemine dik kuvvetler alt bölgede yatay çatlaklar ile duvar birleşimlerinde düşey ya da diyagonal çatlaklar oluşturur (Şekil 6.1a).



Şekil 6.1 : Duvarlarda Görülen Çatlaklar

Basınç ve kayma gerilmelerinin yoğunlaştığı bölgelerde paralel çatlaklara, çekme gerilmelerinin olduğu bölgelerde ise genellikle tekil çatlaklara rastlanır.

Çatlağa neden olan oturmaları, üniform ve farklı oturma olarak iki bölümde incelemek mümkündür. Farklı oturmalar, kendi içerisinde tek taraflı oturma, yapının bel vermesi, yapı altındaki zeminin yanlara kaçması alt başlıklarında incelenebilir.

Üniform Oturma, yapının temel tabanının, sıkışma sonucunda ilk konumu gibi paralel oturup düzlem kalması durumuna denir. Oturma sırasında taban, düzlem

halini korumakla birlikte ilk konumuna paralel kalmazsa bu duruma üniform yatma veya devrilme denir. Bu durumda çatlağın meydana gelmemesi için yapı ya yeteri kadar esnek ya da yapının temelinin oluşacak sehimplere karşı koyacak kadar rijit olması gerekir.

Farklı Oturma, yapılarda hasar oluşumuna sebep olan en tehlikeli oturma şeklidir. Yapı temeli altında meydana gelen lokal oturmalar ve temellerin farklı oturması, yapı duvarlarında çatlaklara sebep olur.

- a) Tek taraflı oturmalar, bir yapıya ait iki ayrı kısmın ağırlıkları farklı ise ağır kısmın altındaki zeminde daha fazla sıkışma olacağından irtibat duvarında kesme çatlakları oluşur. Bu çatlaklar, yapı malzemesinin çekme mukavemeti derecesine göre farklı şekillerde görülür. Çekme mukavemeti düşük ise hemen hemen düşey, büyük olması halinde belli bir eğime sahip olur ve oturmanın fazla olduğu tarafa doğru yükselir
- b) Yapının bel vermesi, tarihi bir yapıda basınç, özellikle yapının ortasında etkisini gösterir, bu yüzden homojen bir zeminde maksimum oturma yapının orta kısmında meydana gelir, bu olaya binanın bel vermesi de denilir.
- c) Yapı altındaki zeminin yanlara kaçması, vadi sırtı ve tepe gibi yerlerde inşa edilmiş yapılarda temel zemininin yanlara kaçmasından dolayı kenar kısımlarda ortaya nazaran daha fazla oturmalar meydana gelir. Kenarlardaki zeminin kaçması üst yapının üst kısımlarında uzama tarzında zorlanmaya neden olacağından düşey yönlü çekme çatlakları oluşur (Namlı, 2001).

Kayma, taban kesit yüzeyindeki yatay bileşen veya bunun altında bir kesit yüzeyinden etki eden bileşke kuvvet, karşı koyucu kesme kuvvetinden daha büyükse, yapıda kayma oluşur. Kayma tehlikesi, yapı önündeki toprak direnci yardımıyla azaltılır.

6.1.2. Taşıyıcı Sistem Tasarımındaki Hatalar

Binaların ilk tasarımından kaynaklı, taşıyıcı sistemleriyle alakalı boyutlandırma hataları varsa; örneğin duvar, ayak, payanda gibi taşıyıcılar yatay ve düşey yükleri karşılayacak kesitlerde yapılmamışlarsa ciddi hasarlar ortaya çıkabilir. Kesitleri yetersiz bir duvar zamanla bel verir, aynı durum payandalarda da ortaya çıkarsa destek verdiği kemer, tonoz ve kubbede açılmalara, hatta sistemde yıkılmalara

neden olabilir. Taşıyıcı sistemi hatalı tasarlanmış olan anıtların belki de en görkemlisi İstanbul Ayasofyası'dır. İlk tasarımında şimdiki kubbesinden çok alçak bir yelken tonozla örtülen bina, 31 m. açıklığında bir kubbeyi destekleyecek payanda düzenine sahip olmadığı ve çok hızlı inşa edildiği için kubbenin itkisiyle yan duvarlarda açılmalar olmuş ve kubbe geçirdiği ilk deprem sonrasında çökmüştür (MS. 558).

6.1.3. Hatalı Malzeme Kullanımı

Anadolu'nun birçok ören yerinde ve dünya üzerinde kurulmuş pek çok antik şehir kalıntılarında rastlanan tapınak, tiyatro gibi yapıtların özenle seçilen malzemelerle ve iri boyutlu dayanıklı taşlarla inşa edilmeleri sonucu günümüze kadar gelebilmişlerdir. Mimar Sinan İstanbul'un genel görünümünü etkileyen Şehzade, Süleymaniye, Mihrimah Sultan külliyelerini, Osmanlı döneminde Bakırköy çevresinde çıkarılan küfeki taşının yoğun ve homojen tabakalarından hazırlanan bloklarla inşa etmiştir.

Kullanılan malzemelerin (taş, tuğla, kerpici, ağaç) iyi nitelikli olmaması, yapıların bozulmasını hızlandırmaktadır. Örnek olarak, taşın muhteviyatında kil tabakasının bulunması hızlı aşınmaya yol açar. Taşın binada doğadaki tabakalaşmasına uygun olarak yer alması da önemlidir. İşlenmeleri sırasında cepheye gelecek kısımlarına dikkat edilmeli, tabakasına başka bir deyişle suyuna göre biçimlendirilmelidir. Eğer blok, taşın suyuna ters olarak hazırlanır ve tabakalaşmasına dikkat edilmeden yerine konursa, bozulma tabakaların cepheden geriye doğru katman katman dökülmesi şeklinde olur. Tuğla yapılarda da tuğlanın iyi pişirilmiş olması yapının dayanımını arttıran önemli bir etkidir. Kötü tuğlalardan yapılan duvarlarda hızlı aşınma, dökülme, çukur oluşumu biçiminde yüzey kayıpları, ayrışma, dağılma şeklinde hasarlar gözlenir (www.restorasyon.org).

6.1.4. Kötü İşçilik ve Detay Kullanımı

Yapıyı oluşturan bileşenlerin dayanımları açısından uygun bir bağlayıcı malzeme ve teknikle birleştirilmeleri önemlidir. Kenet ve mil gibi kesme taş yapılarda blokları birleştirmek için kullanılan elemanların iyi izole edilmemeleri nedeniyle, derzlerden içeri giren su, demirden yapılmış bu malzemelerin paslanmasına neden olmaktadır. Paslanma sırasında hacmi büyüyen kenet ve miller, yarattıkları iç gerilimle

birleştirdikleri duvar bloğunu veya sütun başlığı gibi mimari bileşenleri çatlatmakta, müdahale edilmeyip bozulma ilerlediğinde, mimari öge parçalanmaktadır.

6.1.5. Uzun Süreli Doğal Etkenler

Doğanın değişik etkileri altında, tarihi özelliğe sahip yapıların rutin bakımlarının aksatılmasının bu yapılarda oluşacak hasarları tetikler. Isı farkları, donma çözünme döngüleriyle malzemeler yorulur, yıpranır ;sıcak yaz günlerinde aşırı sıcak karşısında genleşen malzemeler, soğuk kış günlerinde dona maruz kalır.

Suyun, kapilarite ile bina içindeki hareketi de yapı malzemelerinde hasara neden olmaktadır. Zeminden yükselen nem taşıyıcı sisteme gelen yükü fazlalaştırdığı gibi, ayrıca içinde taşıdığı tuzların duvar yüzeyinde buharlaşması sonucu çiçeklenmelere, duvarın fiziksel ve kimyasal yapısını bozucu etkilere neden olabilmektedir.

Yağmur sularının bozulan bir çatı kaplaması veya deresinden dolayı binadan hızla uzaklaştırılamaması, yosun ve otların gelişmesine uygun ortamı hazırlar. Bozuk olan ayrıntı çevresinde yosunlar yerleşir, ahşap çatı ve döşemelerde mantarlar gelişir. Ciddi hasarların başlangıcı olabilecek bu bozulmaların sürekli bakımla giderilmesi gerekir.

Rüzgarın taşıyarak getirdiği ve çatılara, duvar oyuklarına, boşalmış derzlere yerleştirdiği tohumların gelişmesiyle birçok bakımsız binanın cephesinde, üstünde incir, aylandız gibi ağaçların kök salıp geliştiği gözlenmektedir. Rüzgar, özellikle deniz tuzu ve kumlarla birlikte etkidiğinde hızlı ve ciddi yüzey aşınmalarına neden olabilmektedir.

Kuşlar, böcekler, fareler gibi hayvanlar da anıtlara zarar veren etkinliklerde bulunur. Liken ve mikroorganizmalar taşların üzerine yerleşerek onların bozulmasına neden olurlar (www.restorasyon.org).

6.1.6. Doğal Afetler

Tarihi yapıların kütlece ağır ve sistem özellikleri bakımından rijit olmaları, deprem etkilerine karşı rijit cisim davranışı göstermelerine sebebiyet verir. Yatay zemin hareketleri sonucu her bir nokta yaklaşık aynı deplasmanı yapar. Titreşim periyotları $T = 0.15 - 0.45$ sn. arasında değişir. Ağır olmaları neticesinde etkiyen deprem kuvvetleri de çok büyük olur. Zemin hakim periyodunun yapının titreşim periyoduna yakın olduğu durumlarda rezonans söz konusu olur, özellikle ağırlık

merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste çakışmaması ve binadaki asimetrik özellikler depremin etkisiyle oluşacak burulma etkilerine davetiye çıkarır.

Deprem tarihi yapılar üzerindeki ikinci şok etkisi ise, deprem dalgalarının zemin boşluk suyu basıncını arttırması, çok ince daneli ve üniform kum zeminlerinin sıvı gibi davranmasıdır. Bu olaya sıvılaşma (liquefaction) adı verilmektedir. Sıvılaşmış zemin yapıyı taşıyamaz ve göçer (Namlı, 2001).

Toprak kayması, sel, tayfun, yanardağ patlaması gibi olaylar da tarihi çevrelerin, anıtların hasar görmesine neden olmaktadır. Akarsu yanında kurulmuş tarihi yerleşimlerin uğradığı afetlerin başında seller gelir. Edirne, Amasya gibi tarihi kentlerimizde anıtlar yüzyıllar boyunca bahar dönemlerinde taşkınlardan etkilenmişlerdir. Hızlı, güçlü akıntılar, seller köprü ayaklarında hasarlara neden olurlar.

6.1.7. İnsanların Neden Olduğu Hasarlar

Bakımsızlık, terk etme, kasıtlı tahrip gibi eylemlerle insanlar da tarihi yapıların hasar görmelerine hatta yok olmalarına sebebiyet verirler. Kötü kullanım, yapının harap olma sürecini hızlandıran önemli bir etkindir. Tarihi yapılarda bilinçsizce yapılan değişiklikler, taşıyıcı sistem düzeninde aşırı yükleme veya süreksizliklere neden olmaktadır.

6.1.8. Hava Kirliliği

Atmosferi kirleten sanayi atıkları, ısınma sistemleri, kömürle çalışan vapurlar, motorlu taşıtlardan çıkan zararlı gazlar, yapıların üzerinde kirli bir tabakanın oluşmasına, ayrıca taşları eriten asit yağmuruna neden olmaktadır. Havadaki karbondioksit, kükürt dioksit ve kükürt trioksit gazlarının yağmur suyunda erimesiyle taşları eriten asitler oluşmaktadır. Islanan yüzeylerdeki bezemeler asidin aşındırıcı etkisiyle ayrıntılarını yitirmektedir. Arada sırada ıslanan cephelerde ise kara, geçirimsiz bir tabaka oluşur. Cephelerde biriken kurum mimari ayrıntıların algılanmasını engellemekte, bu kir tabakası altında kalan taşlar özelliklerini yitirerek erimekteirler. Zamanla kabaran, dökülen kabuklar sülfatlaşma belirtisi gösterir. Gözenekleri kalsiyum sülfatla dolan taşlar, bozulma derinliğine bağlı olarak, yüzeyden ıslanma alanı sınırına kadar, tabaka halinde dökülür.

6.1.9. Trafik

Tarihi kentlerin insan ve at arabası trafiğine göre düzenlenmiş olan sokak dokusunun kamyon ve benzeri ağır taşıt trafiğine açılması, bu yollar çevresindeki yapılarda titreşimler ve temellere yapılan baskı sonucu ortaya çıkan hasarlara neden olmaktadır. Dar sokakların köşeleri, tarihi kapılar da turist otobüslerinin veya kamyonların sürtünmeleri sonucu çizilmekte, zarar görmektedir. Korunması istenen kentsel dokularda gerekli plan kararları alınarak yayalaştırma bölgeleri oluşturmak, trafiği denetlemek, daha uygun yerlere kaydırmak gerekmektedir (www.restorasyon.org).

6.2.TARİHİ YAPILARDA HASAR TESPİT YÖNTEMLERİ

Tarihi bir yapıyı oluşturan doğal taş, tuğla, kerpiç, horasan harcı gibi malzemelerin basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür. Deprem kuvvetlerinden veya zeminde meydana gelen değişiklikler sonucunda oluşan çekme gerilmelerini, gevrek davranış sergilemelerinden ötürü karşılayamazlar. Bunun sonucunda, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan sütun, kubbe, tonoz, ayak, duvar gibi elemanlarda çatlaklar ve hasarlar oluşur. Bunlara ek olarak, sıcaklık değişimi, nem, yağış, donma-çözülme gibi olaylar, çevre kirliliğinin neden olduğu sülfat ve klorür içeren eriyiklerin yıpratıcı etkileri, amaç dışı ve bilinçsiz kullanım, bilgisiz ve gelişigüzel onarımlarla yapıya ciddi zararlar verilmekte, yapının servis ömrü azaltılmaktadır. Tarihi bir yapının onarım ve/veya güçlendirilmesine karar verilmeden önce, hasarların ve yapının son halinin tespiti için bazı çalışmalar yapılmalıdır.

- Yapı, yapımından günümüze kadar, özellikle son durumu etraflıca araştırılmalı, servis ömrü boyunca geçirdiği onarım, yenileme, takviyeler gözden geçirilmeli, varsa projesi ile karşılaştırılmalı, projesi yok ise rölöve projesi hazırlanmalı,
- Yapıdaki hasarlar projeye işlenmeli, hasar oluşumu ile ilgili olasılıklar değerlendirilmeli, gözlem ve ölçümlerle hasarlar, izlenmeli ve kaydedilmeli,
- Yapının yükseldiği zemin ve bu zeminin çevresi ile birlikte değerlendirilmesi için gerekli ölçüm ve deneyler yapılmalı,

- Malzeme özellikleri, yerinde yapılacak ölçümlerle ve yapıdan alınan numunelerin laboratuvar ortamında yapılacak deneyler sonucunda belirlenmeli, onarım veya güçlendirmede kullanılacak malzemeler önerilmeli,
- Toplanan veriler doğrultusunda, hasar nedenleri ve yapının son durumu açıklanmalı, onarım ve/veya güçlendirilmesine karar verilmeli,
- Yapının onarımına veya güçlendirilmesine karar verilmiş ise yapının kimliğine ve tarihi geçmişine, en az müdahale edilecek bir anlayış benimsenerek, ulusal ve uluslararası yasa ve yönetmeliklere uygun olarak güçlendirme projesi hazırlanmalı,
- Uygulamanın uzman denetiminde ve aslına uygun malzemeler kullanılarak gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

6.2.1. Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi Çalışmaları

Tarihi yapılarda basınç gerilmesi seviyesinin, taş ve tuğla ile harç arasındaki kayma gerilmesinin, elastisite modülünün ve malzeme kalitesinin belirlenmesi için yaygın olarak sertlik, ultrases, flatjack vb. tahribatsız deney yöntemlerinden yararlanılır. Tahribatsız deney yapılan elemanlardan alınan karot numuneleri ile karot alınamayan malzemelerden laboratuvar ortamında numune hazırlanması için örnekler alınır, deneyler yapılır. Deneylerden elde edilen sonuçlar ile tahribatsız deney sonuçları, birlikte değerlendirilir, böylece tarihi yapının ve onu oluşturan malzemelerin performansı belirlenir. Çatlakların derinliği ve yönü ultrases ölçümleri ile araştırılır.

a) Sertlik ve Ölçümü

Malzemelerin en önemli mekanik özellikleri, süneklik, elastisite, dayanım, tokluk ve sertliktir. Sertlik, bir malzemenin yüzeyine batırılan sert bir cisme karşı gösterdiği dirençtir, cismin dayanımı hakkında bir fikir verir; ancak dayanım yada süneklik belirli bir karakteristiği tam olarak ifade etmez. Sertliğin belirlenmesi ile malzemenin kökeni hakkında bilgi edinilir, farklı iki numunenin aynı malzemeye ait olup olmadığı anlaşılır. Sertlik deneylerinin yapılması kolaydır, deneyde malzeme tahrip edilmez. Sertlik değerinden malzemenin iç yapısına bağlı özelliklere

geçilebilmesi için cismin homojen olması, yüzey özelliklerinin iç yapıdan farklı olmaması gerekir (Aköz, 2005).

Seramik bünyeli, gözenekli yapı malzemelerinde sertliğin belirlenmesi için çoğunlukla geri sıçramanın ölçülmesi prensibine dayanan N tipi veya P tipi Schmit çekicinden yararlanılır. Bunlardan, N tipinde, bir bilye, P tipinde ise bir pandül, arkasında bulunan yay yardımı ile yüzeye fırlatılır. Bilye veya pandül taş cismin yüzeyine çarptıktan sonra geri sıçrar, geri sıçrama ne kadar büyükse sertlik o kadar yüksektir. Elemanın yüzeyindeki sıva veya kaplama kaldırıldıktan sonra değişik noktalara en az 10 vuruş yapılmalı, maksimum vuruş değeri ile minimum vuruş değeri arasındaki fark 10'dan küçük olmalıdır (Postacıoğlu, 1981).



N tipi Schmit Çekici

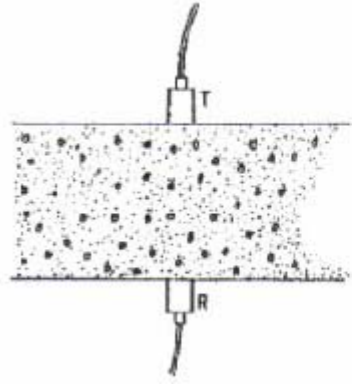


P tipi Schmit Çekici

Şekil 6.2 : Yüzey Sertliğinin Ölçülmesi

b) Ultrases Ölçümü

Frekansı 16.000'in üzerinde olan ve insan kulağı tarafından işitilmeyen ultrases dalgaları katı, sıvı ve gaz içinde belirli bir hız ile yayılır. Ultrases dalgaları da ışık dalgaları gibi yayılır, yansır, kırılır ve difraksiyona uğrar. Ultrases deney tekniğinde, ses dalgaları cisme boşluk bırakılmaksızın temas ettirilen piezoelektrik transduser ile gönderilir ve aynı özellikteki transduser yardımı ile alınır. Alıcı ve verici probalar arasındaki ses dalgalarının iletim süresi ve hızı zaman ölçer devre ile ölçülür. Cismin yoğunluğu düşük ise ve/veya bünyesinde çatlaklar var ise ses dalgalarının yayılımı ve dolayısıyla ses geçiş hızı düşük olur (Postacıoğlu, 1981).



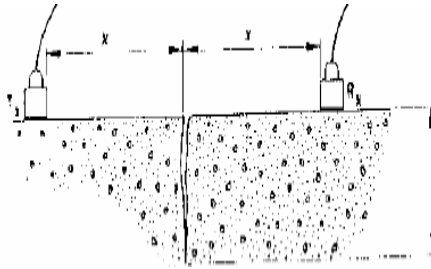
(a). Doğrudan Ölçüm



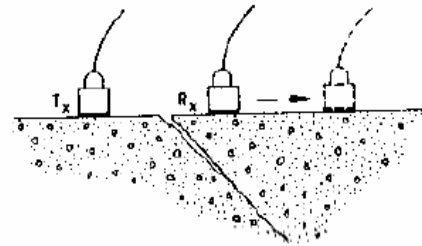
(b) Dolaylı Ölçüm

Şekil 6.3 : Doğrudan – Dolaylı Ölçüm

Ultras ses aleti ile Şekil 6.3(a)'da görüldüğü gibi karşılıklı yüzelerde doğrudan veya aynı yüzden Şekil 6.3(b) dolaylı ölçüm yapılarak ses geçiş süresi (t , μs) ölçülür ve ses geçiş hızı (V , km/s) hesaplanır. Ses geçiş hızının yüksek, boşlukların az, dolayısıyla dayanımın yüksek olduğu anlamına gelir; ancak bu deney dayanımının belirlenmesi için tek başına yeterli değildir. Diğer ölçümle birlikte değerlendirilir. Özellikle çelik yapılarda çatlak oluşumunu izlemek için, gözlem yapılacak bölgelere probalar yerleştirilir, ses geçiş süresi sürekli ölçülür ve kaydedilir. Ultras ses geçiş süresindeki kayıtlar izlenerek çatlak oluşumu tespit edilir.



(a) Çatlak Derinliği Araştırması



(b) Çatlak Yönünün Araştırılması

Şekil 6.4 : Çatlak Derinliğinin ve Yönünün Araştırılması

Çatlak derinliğinin ve çatlak yönünün araştırılması amacı ile çatlak bölgelerinde BS1881 : Part 203: 1986'ya uygun olarak (Şekil 6.4(a) ve 6.4(b))'de görüldüğü gibi belirlenen noktalarda, probaların yeri değiştirilmek suretiyle ses geçiş süreleri t_1 , t_2 , t_3 , t_4 (μs) ölçülür, gerekli hesaplar yapılarak çatlak derinliği ve yönü belirlenir (Aköz, 2005).

c) Radyoaktif Metodlar

Malzemelerin incelenmesi için 1950'lerde radyoaktif deney metodu geliştirilmiştir. Bu metodun esası, elektromanyetik radyasyon üreten ve yayan kaynak ile radyasyonun eleman içinden geçmesi için geçen zaman aralığını ölçen sensörden oluşmaktadır. Bu teknikte sistem, sensör, özel fotoğraf filmi formunda ise radyografi, gelen radyasyonu elektrik dalgalarına çevirir özellikte ise radyometri olarak adlandırılır. Malzemelerin iç yapısındaki elementler ile ilgili radyografik araştırmalar için başlangıçta, 1940'ların sonunda, X ışınları kullanılmasına odaklanılmış; ancak 1950'lerde dikkatler gama ışınlarına yönelmiştir. İki ışının radyasyon yayma özelliğindeki temel fark, radyasyonun üretim kaynağı ve yayılım özelliğidir. X ışınları, yüksek voltajlı elektronik aletler ile üretilir, gama ışınları ise, radyoaktif izotopların bölünmesi sonucu açığa çıkan yan ürünlerdir (**Carino, 1991**).

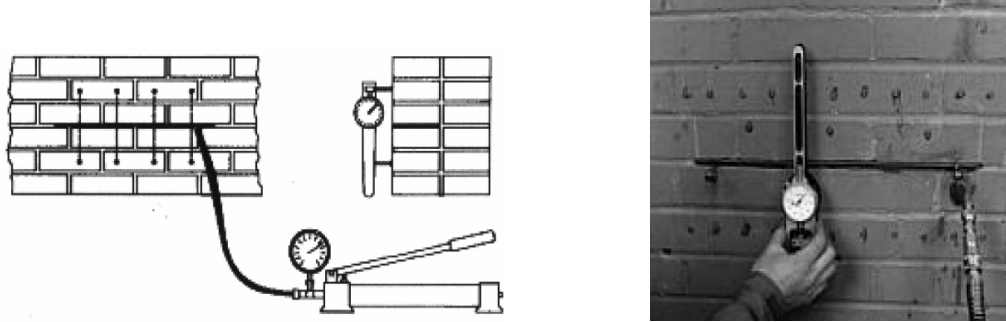
d) İnfrared Tomografi Yöntemi

İnfrared Tomografi Yöntemi, kızılötesi ışınlar ile yüzey sıcaklığı ölçülerek yüzeye yakın hasarlı bölgelerin belirlendiği bir tekniktir. Bu tekniğin esası, yüzeyin sıcaklığına bağlı olarak belirli bir yoğunlukta elektromanyetik radyasyon yaymasına dayanır. Yüzey, yaklaşık oda sıcaklığında iken radyasyon, elektromanyetik spektrumunun (infrared) kızılötesi ışınlar bölgesindedir. Eğer elemanda dışarıdan içeriye veya içinden dışarıya bir ısı akışı var ise, kusurlu bölgeler çevresindeki malzeme farklı termal iletkenlik gösterdiği için bu durum ısı akışını etkiler, ısı akışı farklılığı nedeni ile yüzey sıcaklığı üniform olmaz. Yüzey sıcaklığı ölçülerek kusurun varlığı anlaşılır, yeri belirlenir. Pratikte yüzey sıcaklığı, video kamera sistemine benzer şekilde çalışan infrared tarayıcılar yardımı ile ölçülür (**Carino, 1991**).

e) Yerinde Basınç Deneyi

Yığılma yapılarında, ASTM C 1196-92 (Reapproved 1997)'ye uygun olarak gerçekleştirilen yerinde basınç deneyinde; elemana uygulanan kuvvetin (P,kN) ve kuvvete karşılık gelen boy değişiminin (Δl , mm) ölçülmesine olanak sağlayan flatjack deney düzeneğinden yararlanılır. Bu deney düzeneği, (Şekil 6.5 ve 6.6)'de görüldüğü gibi basınç uygulayan bir kompresör ve bir basınç ölçer, basınç kuvvetini

yüzeye uygulamaya yarayan plaklar, deplasmanı ölçmeye yarayan komparatör ve komparatörü tespit etmeye yarayan pimlerden oluşmaktadır.



Şekil 6.5 : Tek Plak İle Çözüm



Şekil 6.6 : Çift Plak İle Çözüm

Deneyin uygulanmasında, öncelikle deplasmanların ölçüleceği pimler, şablona uygun olarak yapıştırılır; başlangıçtaki uzaklık (L_0 , mm) ölçülür. Elemanda, tercihen yatay derzde plağın yerleştirileceği bölge, matkap ile açılır, harç kaldırıldığı için yapının zati yükü nedeni ile ölçüm bölgesinde meydana gelen boy değişiminin belirlenmesi için pimler arasındaki mesafe (Δl , mm) tekrar ölçülür. Açılan bölgeye plak yerleştirilir, gerekli bağlantılar yapılır, kuvvet uygulanır, belirli aralıklarla kuvvet ve deplasmanlar ölçülür. Deneylerden gerilme ve şekil değiştirmeler, elastisite modülü (E , MPa) ve ölçüm yapılan bölgedeki gerilme seviyesi belirlenir. Bu gerilme seviyesi, şekil değiştirmenin başlangıçtaki değerine ulaştığı gerilme seviyesi olarak kabul edilir (Aköz, 2005).

f) Yerde Kayma Deneyi

Yığma yapıdaki kayma dayanımının ASTM C 1531-03 (American Society for Testing and Materials)'e uygun olarak belirlendiği deney seti, kuvvet uygulayan

kompresör, kuvvet ölçer ve deplasmanı tespit eden transducer'den oluşmaktadır. Deneyin uygulanmasında (Şekil 6.7)'da görüldüğü gibi ölçüm yapılacak bölgenin iki tarafı açılır, bir taraftan yatay kuvvet (P_y , kN) uygulanır, diğer tarafa yerleştirilen transduserin deplasmanı kaydettiği andaki kayma gerilmesi, yapıdaki kayma dayanımı olarak tespit edilir.



Şekil 6.7 : Yerde Kayma Deneyi

g) Yapıdan Numune Alınması

Tahribatsız ölçümlerin yapıldığı bölgelerde, karot alınacak yerler belirlenir TS10465 (1992), yeterli sayıda 50 mm çapında, h (mm) yüksekliğinde karot numune çıkarılır, numune kodlanarak plastik torba içerisinde korumaya alınır. Laboratuara getirilen karotların ortama açık yüzeyinden minimum 3cm kalınlığında parça kesilir, karot alınan bölgeler, tekniğine uygun olarak kapatılırken, bu parça yüzeye kapak olarak yerleştirilir, karot olarak alınan bölgelerin görüntü olarak algılanması da önlenir (Aköz, 2005).

h) Laboratuar Çalışması

Yapıdan alınan taş numuneler, deneye hazırlık açısından birbirine paralel iki başı, çap/yükseklik oranı 1/1 olacak şekilde taş kesme aleti ile düzeltilir. Bu numuneler, ortalama 48 saat süre ile sıcaklığı 20 ± 2 °C , bağıl nemi $\%65 \pm 5$ olan rüzgarsız laboratuar ortamında bekletilir. Numunelerin çapı ve yüksekliği ölçülür, birim ağırlığının belirlenmesi için tartılır, ses geçiş süresi ölçülür. Ölçüm ve tartım işleminden sonra düzeltilen yüzeylere alçı, çimento karışımı hamur ile toplam 5-6 mm kalınlığında başlık yapılır. Başlığın sertleşmesinden sonra başlıklı yükseklik (h ,mm) ölçülür. Bu numunelerde tek eksenli basınç deneyi yapılır, basınç etkisinde

meydana gelen boy değişimi (Δl , mm), yük-boy değişimi ve kırma yükü (P_k , kN) belirlenir, basınç mukavemeti (f_c , N/mm²) hesaplanır (Aköz, 2005).

Alındığı yapıya ve elemana göre kodlanmış olarak plastik torba içinde laboratuara getirilen tuğla örneklerinden mekanik deneyler için TS 4563 ve TS 705'e uygun olarak hazırlanan numunelerde, tek eksenli basınç deneyi yapılır, kırma yükü (P_k , kN) belirlenir, kırma yükünün kuvvet uygulanan yüzeye oranlanması ile basınç dayanımı (f_b , N/mm²) hesaplanır. Deney sonuçlarının verildiği çizelgede tuğlaların dar kenarı, uzun kenarı ve kalınlığı da verilir. Fiziksel deneyler için hazırlanan numunelerde kılcal su emme ve ağırlıkça su emme deneyleri yapılır, deney sonuçlarından boşluklu birim hacim ağırlık (β , gr/cm³), ağırlıkça su emme (a_s , %), hacimce su emme (h_s , %) ve kılcal su emme katsayıları (K , cm²/s) belirlenir. Fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenen malzemelerin, onarımda kullanılacak malzeme ile uyumunun araştırılması amacı ile taş, tuğla ve özellikle harç numunelerinin mikro-yapısal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla XRD ve SEM-EDX analizleri (bu analizler tuğlaların minerolojik yapılarının ve morfolojilerinin tespitinde kullanılır) yapılır (Aköz, 2005).

Sonuç olarak, yapılan deneylerin ve analizlerin birlikte değerlendirilmesi esas olmalıdır. Bu amaçla önce

- Yerinde aynı yüzeyde yapılan (dolaylı) ultrases ölçümlerin (V_y , m/ μ s) ile, karot numuneleri ile yapılan (doğrudan) ölçümlere (V_K) dönüştürülmesi amacı ile, bu iki ölçüm değerleri arasında istatistiksel ilişki araştırılmalı.

$$V_K = f(V_y)$$

- Karotlara ait eşdeğer küp dayanımı (f_{EK} , N/mm²) belirlenir Arıoğlu (1998). Dayanım ile karotlara ait ses geçiş hızı (V_K , mm/ μ sn) ve karotun alındığı elemanda ölçülmüş olan yüzey sertliği değeri (R) arasında istatistiksel ilişki araştırılır, basınç dayanımının teorik olarak belirlenmesine yarayacak bağıntı elde edilir.

$$f_{teo} = f(R, V_K)$$

- Bu bağıntılardan yararlanarak, tahribatsız ölçüm yapılmış; ancak karot alınmamış bölgelere ait basınç dayanımı belirlenir (Aköz, 2005).

7. YIĞMA KARGİR BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ

Deprem bölgelerinde yapılacak olan hem düşey, hem de yatay yükler için tüm taşıyıcı sistemi doğal ve yapay malzemeli taşıyıcı duvarlar ile oluşturulan yığma kargir binaların veya bina türü yapıların boyutlandırılması ve donatılması DBYBHY2006 göre yapılacaktır. Yönetmelikte yer alan minimum kurallar ve sınırlandırmalar, yapının kat sayısı, taşıyıcı duvar kalınlıkları, kapı ve pencere boşluklarının boyutları, taşıyıcı duvar mesnetlenmemiş uzunluğu, lento ve hatıl boyutlarını kapsamaktadır. Yönetmelik bu minimum kuralların yerine getirilmesi durumunda, ayrı bir deprem yükü çözümlemesine ihtiyaç olmadığı ve çözümlemenin sadece yapının davranışının belirlenmesi bakımından yapılabileceğini bildirmektedir. Deprem çözümlemesi durumunda eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabilir ve toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) hesabı betonarme binalarda olduğu gibi yapılabilir.

7.1. Deprem Yüklerinin Hesaplanması ve Genel Kurallar

Yığma kargir yapılarda deprem güvenliğini belirlemek amacıyla projelendirmeye esas olan deprem yükleri şu şekilde hesaplanır;

$$V_t = A_o \times S(T_1) \times I \times W / R_a(T_1) \quad (7.1)$$

$$W = \sum W_i = \sum (G_i + n Q_i)$$

$$V_t = \text{Eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)}$$

$$A_o = \text{Etkin yer ivme katsayısı}$$

$$S(T_1) = \text{Spektrum katsayısı}$$

$$I = \text{Bina önem katsayısı}$$

$$W = \text{Bina toplam ağırlığı}$$

$$R_a(T_1) = \text{Deprem yükü azaltma katsayısı}$$

$$G_i = \text{Sabit yükler}$$

$$Q_i = \text{Hareketli yükler}$$

Yapının katlarına gelen yatay yükler yine deprem yönetmeliklerinde öngörüldüğü gibi kat ağırlıkları ve yükseklikleri ile orantılı olarak hesaplanır.

Katlara gelen yatay yükler ise;

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j}, \quad \Delta F_N = 0.0075 N V_t, \quad V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (7.2)$$

(7.2) denklemlerinden bulunur. Bu bağıntılarda,

V_t : Eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

F_i : i 'inci kata gelen yatay yükü, (toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N 'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına ile dağıtılacaktır).

ΔF_N : Binanın N 'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

W : toplam yapı ağırlığını,

W_i : i 'inci katın ağırlığını,

H_i : i 'inci katın zeminden yüksekliğini göstermektedir.

Etkin yer ivme kat sayısı belirlenir. (ABYYHY2006) esas alınarak bina hangi deprem bölgesindeyse o bölgeye uygun Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o) Tablo 7.1.'den belirlenir.

Tablo 7.1 : Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o)

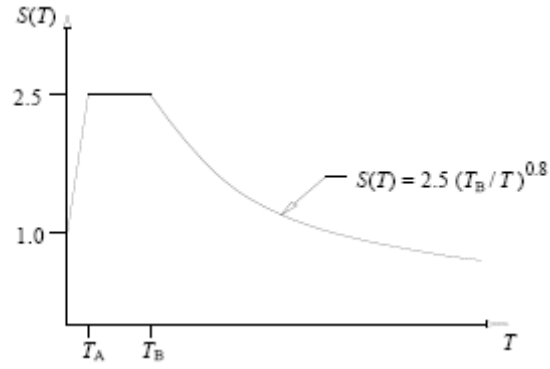
Deprem Bölgesi	En Çok Kat Sayısı
1	2
2 , 3	3
4	4

Bina önem katsayısı (I) belirlenir. (ABYYHY2006)'da öngörülen değerler esas alınarak, binanın kullanım amacına veya türüne bağlı olarak bina önem katsayısı Tablo 2.9'den belirlenir.

Tablo 7.2 : Bina Önem Katsayısı (I)

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

Spektrum katsayısı $S(T)$, yığma kargir yapılarda, (ABYYHY2006)'da yer alan Bölüm 5 esas alınarak 2.5 olarak alınır.



Şekil 7.1 : Spektrum Katsayısı Eğrisi

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1)=2.0$ alınarak eşdeğer deprem yükü hesaplanmalıdır.

Hareketli yük katılım katsayısı belirlenir. Hareketli yük katılım katsayısı (n) binanın kullanım amacına bağlı olarak Tablo 2.8'den belirlenir.

Tablo 7.3 : Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Yönetmelikte bina kat adedi tablo 7.4 de verildiği gibi sınırlandırılmıştır. En çok kat sayıları, zemin kat ile üstündeki tam katların toplamıdır. Ek olarak, bir bodrum kat ve normal katın alanının %25 ini geçmeyen bir çatı katına da izin verilmektedir.

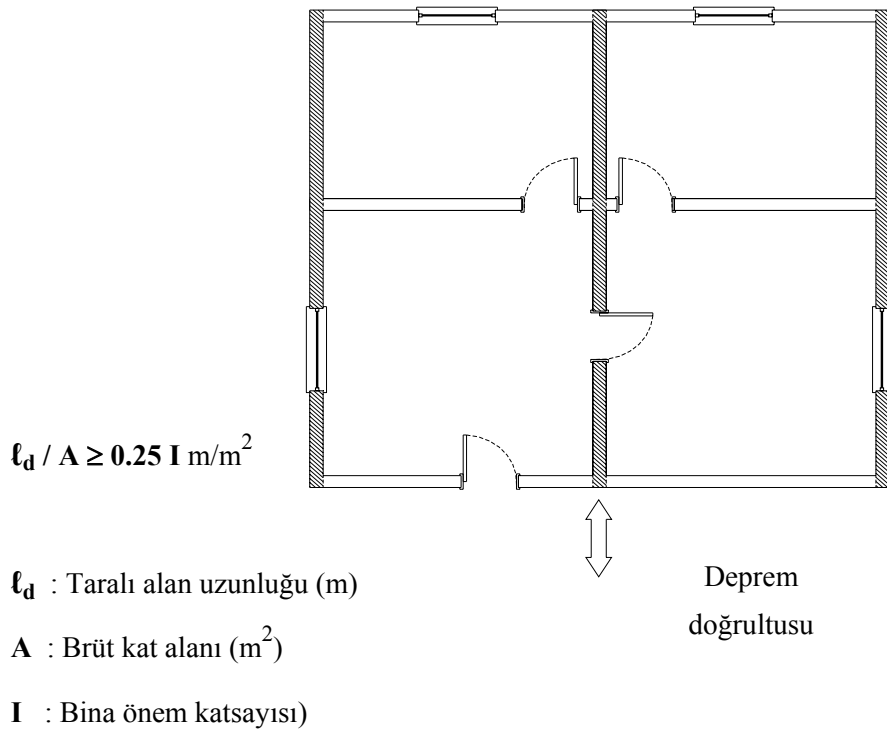
Tablo 7.4- İzin Verilen En Çok Kat Sayısı

Deprem Bölgesi	En Çok Kat Sayısı
1	2

2 , 3	3
4	4

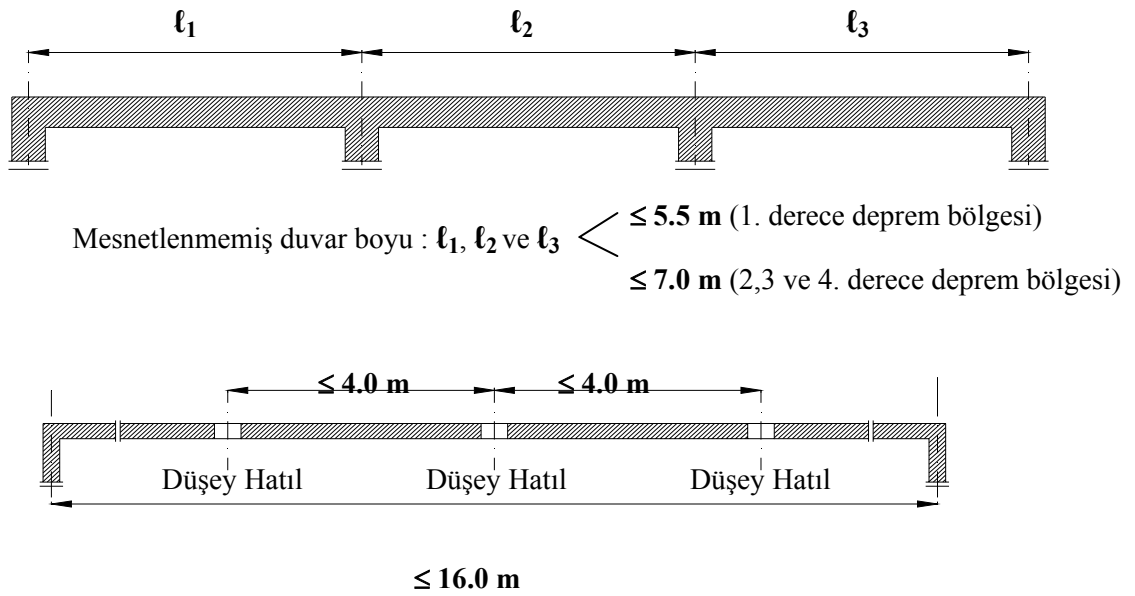
Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak doğal ve yapay kargir birimlerinin en düşük basınç dayanımı, brüt basınç alanına göre, en az 5 MPa ve bodrum katlarda kullanılacak taşların da minimum basınç dayanımının 10 MPa, bodrum katlarda beton duvar yapılması durumunda kullanılacak en düşük beton kalitesi C16 olması gerektiği öngörülmüştür.

Yığma yapıda planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları hariç olmak üzere, toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşemeler hariç) oranı (**0.25 I**) m/m² 'den daha az olmayacağı belirtilmiştir (Şekil 7.2). Burada **I**, bina önem katsayısıdır.



Şekil 7.2 : Taşıyıcı Duvarlarda Toplam Uzunluk Sınırı

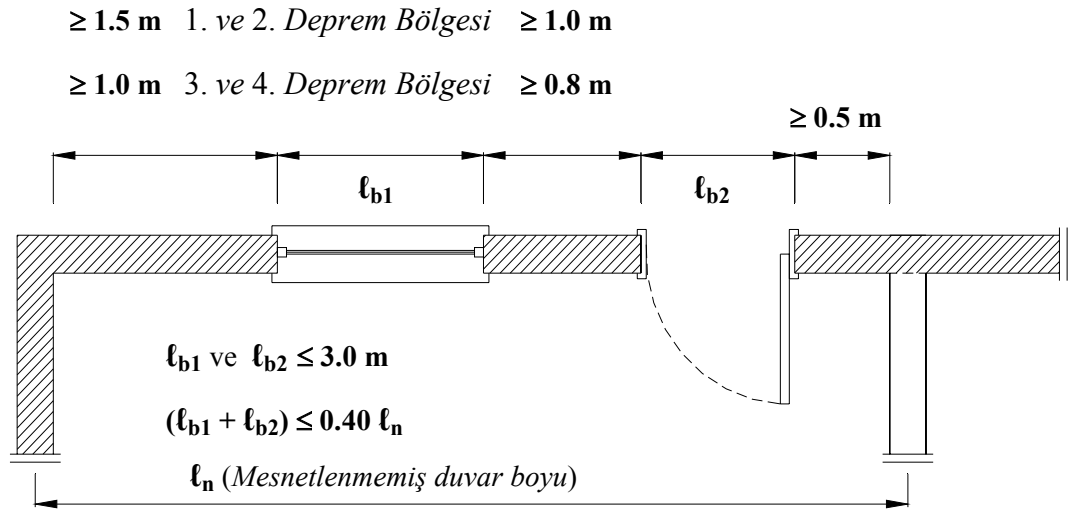
Herhangi bir taşıyıcı duvarın, planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmemiş uzunluğu, birinci derece deprem bölgesinde 5.5 m'yi, diğer deprem bölgelerinde ise 7.0 m'yi geçmemesi belirtilmiştir. Bu koşulun sağlanmaması durumunda, bina köşelerinde ve planda eksenden eksene aralıkları 4.0 m'yi geçmemek üzere kat yüksekliğince betonarme düşey hatılların yapılması öngörülmüştür. Ancak bu tür duvarların mesnetlenmemiş uzunluğu 16m'den fazla olmayacaktır.



Şekil 7.3 : Taşıyıcı Duvarların En Büyük Desteklenmemiş Uzunluğu

Bina köşesine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.5 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise 1.0 m'den az olmaması, bina köşeleri dışında, pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.0 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise 0.8 m'den az olmaması, bina köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu, tüm deprem bölgelerinde 0.50 m'den az olmaması öngörülmüştür. Kapı ve pencere boşluklarının herbirinin plandaki uzunluğu 3.0 m'den fazla olmaması, taşıyıcı duvarın mesnetlenmemiş

uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı, mesnetlenmemiş duvar uzunluğunun %40'ından fazla olmaması koşulu istenmiştir. Pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan kısımlarının her birinin uzunluğu, serbest lento açıklığının %15'inden ve 0.20m den az olmaması, yatay ve düşey hatılların genişliği taşıyıcı duvar genişliğine eşit olması, yüksekliği ise 0.20m'den az olmaması öngörülmüştür.



Şekil 7.4 : Taşıyıcı Duvar Boşlukları

7.2. Deprem Güvenliğinin İncelenmesi

Yığma yapılarda kullanılan harcın kayma dayanımı ve duvar malzemesinin çekme dayanımı genellikle düşüktür. Hasarlar, deprem etkisiyle duvarlarda oluşan kayma gerilmeleri dolayısıyla çekme gerilmelerinin meydana getirdiği çatlak, ayrılma ve dağılmadır. Bunun yanında yapının ağır ve rijit özellikte olması, büyük deprem kuvvetine maruz kalmasına neden olur. Yığma yapının çekme ve basınç altındaki sünek olmayan davranışı, yapının önemli bir plastik şekil değiştirme göstermeden ani göçmesine sebep olur. Büyük pencere ve kapı boşlukları, planda duvar düzeninin simetriden ayrılması, ilave gerilme yığılmalarına dolayısıyla hasarın artmasına sebep olur. Bunun yanında yapım kusurları, derzlerin harçla doldurulmaması, duvarların düşeyden ayrılması da önemli hasar nedenlerindendir.

Deprem hareketinin iki doğrultuda bulunması nedeniyle, yığma yapıda taşıyıcı duvarlar, duvar düzleminde ve düzlem dışında zorlanmalara maruz kalırlar. Deprem güvenliği hesaplarında ayrıntı derecesine bağlı olarak üç seviyede inceleme yapılması mümkündür. Birinci çözümleme seviyesinde yatay deprem kuvveti yönetmelikte öngörüldüğü gibi hesaplanır ve katlara dağıtılır. Kat kesme kuvvetleri de deprem doğrultusundaki duvarlara, alanları ile orantılı paylaştırılarak, kayma gerilmeleri hesaplanır. Bulunan kayma gerilmeleri, müsaade edilen sınır gerilme değerleriyle karşılaştırılarak, katın deprem güvenliğine karar verilir. İkinci çözümleme seviyesinde, duvarların pencere ve kapı boşlukları olan ve olmayan parçaları ayrı ayrı hesaba katılarak paylaşım sağlanır. Kayma şekil değiştirmesi yanında eğilme momentinin katkısı da hesaba katılır. Üçüncü inceleme seviyesi, tüm sistemin üç boyutlu, sonlu elemanlarla modellenmesidir. Bu seviyede deprem kaydı kullanılarak dinamik bir inceleme de yapılabilir. Bunun yanında kat düzleminde doğan burulma momenti de göz önüne alınabilir. Ancak, yığma duvarlarını planda düzgün dağılması durumunda bu etki önemli olmaz. Yapılan kıyaslamada, bulunan kayma gerilmeleri izin verilen değeri geçmiyorsa, binanın yeterli deprem güvenliğinin olduğuna karar verilir (Celep ve Kumbasar, 2000).

DBYBHY2006 da öngörülen duvar gerilme hesabı

Bu yöntemde hesaplanacak düşey yükler ve deprem hesap yüklerinin etkisi altında oluşacak basınç ve kayma gerilmelerinin, duvarda kullanılan yığma duvar cinsine göre izin verilen basınç ve kayma gerilmelerini aşmadığı, gerilmelerin aşıldığı durumda, taşıyıcı dolu duvar alanları arttırılması ve yeniden hesap yapılması istenmektedir. Kerpiç duvarlı yığma binalarda gerilme hesabı istenmemektedir.

Düşey gerilme hesabında, duvarlarda oluşan basınç gerilmelerinin yığma duvar cinsine göre izin verilen gerilmelerle karşılaştırılması istenmektedir. Bu hesapta duvarlardan ve döşemelerden gelen yükler, duvardaki kapı ve pencere boşluk en kesitleri kadar azaltılmış duvar alanlarına bölünecek, buradan çıkan gerilme değeri, duvar cinsine göre verilen basınç gerilmesinden büyük olmaması koşulu aranacaktır.

Duvarlarda izin verilen basınç emniyet gerilmesi, yönetmelikte belirtilmiş çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir.

1. Duvarlarda kullanılan harç sınıfına ve duvar malzemesinin TS-2510'da verilen ortalama serbest basınç dayanımına bağlı olarak, duvar emniyet gerilmesi tablo 7.5 den alınabilir.

Tablo 7.5 : Harç Sınıfına Bağlı Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi

Duvar Malzemesi Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	Duvarda Kullanılan Harç Sınıfı (MPa)				
	A (15)	B (11)	C (5)	D (2)	E (0.5)
25	1.8	1.4	1.2	1.0	0.8
16	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7
11	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

2. Duvarda kullanılan kargirin birim basınç dayanımı belli değilse veya duvar dayanım deneyi yapılmamışsa duvarda kullanılan kargir birim basınç emniyet gerilmesi tablo 7.6 ten alınır.

Tablo 7.6 : Yığma Duvarların Basınç Emniyet Gerilmesi

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi	Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi f_{em} (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı % 35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	1.0
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35- 45 arasında, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı % 45'den çok, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.5

Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.3
Gazbeton (tutkal ile)	0.6
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.8

Duvar basınç emniyet gerilmeleri, duvarların narinlik oranlarına göre tablo 7.7 de verilen miktarlar kadar azaltılır.

Tablo 7.7 : Narinlik Oranına Göre Düşey Yük Emniyet Gerilmelerini Azaltma Katsayıları

Narinlik h/t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Azaltma Katsayısı	1.0	0.95	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51

Kayma gerilme hesabında, görelî kayma rijitliği ve duvar eksenlerinin kayma rijitliğinden gidilerek binanın kayma rijitlik merkezi hesaplanması istenmektedir. Bir duvar ekseninin kayma rijitliği, o eksendeki duvar parçalarının kayma rijitliklerinin toplamıdır. Burada yığma binanın her duvar eksenindeki kapı veya pencere boşlukları arasında kalan duvar parçalarının görelî kayma rijitliği $k A / h$ ifadesinden hesaplanacaktır. A, dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı, h dolu duvar parçasının her iki yanındaki boşlukların yüksekliğinin en küçük olanıdır. Duvarın en kesiti dikdörtgen ise $k = 1.0$, duvarın uç elemanı varsa veya duvarın ucunda duvara dik doğrultuda bir dış ya da payanda duvar varsa $k = 1.2$ alınması istenmektedir. Ayrıca yönetmelikte, duvarlara gelen kesme kuvveti ve kat burulma momenti de göz önüne alınarak, binanın birbirine dik her iki eksenî doğrultusunda hesaplanması istenmektedir. Son olarak, duvara gelen deprem kuvveti duvar yatay en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan kayma gerilmesinin bulunması ve denklem (5.1)'den bulunacak duvar kayma emniyet gerilmesi τ_{em} ile karşılaştırılması istenmektedir.

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu\sigma \quad (7.3)$$

Bu denklemde τ_{em} = duvar kayma emniyet gerilmesi (MPa), τ_o = duvar çatlama emniyet gerilmesi (MPa), μ = sürtünme katsayısı (0.5 olarak alınabilir), σ duvar düşey gerilmesi (MPa)'dir. Duvarda kullanılan kargir birim cinsine göre duvar çatlama dayanımı τ_o değeri tablo 7.8'den alınacaktır.

Tablo 7.8 : Duvarların Çatlama Dayanımları (τ_o)

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

Duvar yapımında kullanılan kargir birim elastisite modülü (E_d) denk.(7.4) ile hesaplanacaktır. f_d duvar basınç dayanımıdır.

$$E_d = 200 f_d \quad (7.4)$$

8. TARİHİ YAPILARDA UYGULANAN ONARIM VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ

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

8.1. Sağlamlaştırma

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

8.1.1. Tarihi Yapının Yapıldığı Malzemesinin Sağlamlaştırılması

Tarihi yapılar, inşa edildikleri yörenin olanaklarına ve geleneklere bağlı olarak kerpiç, tuğla, ağaç, taş gibi doğal kökenli malzemelerle yapılmışlardır. Zamanın acımasızlığı, doğal ve yapay etkenlerinde etkisiyle bu malzemelerde bozulmalar meydana gelir.

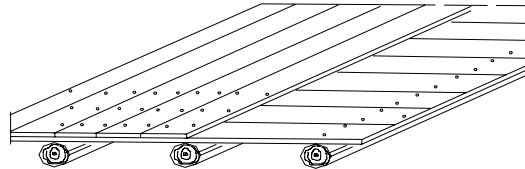
Kerpiç malzemenin sağlamlaştırılması : Eski koruma uygulamalarında, kerpiç üzerine zift sürülerek ya da üstleri harçla sıvanarak korunmaya çalışılmıştır. Kerpiç malzemenin renk ve dokusuna uyum sağlamayan bu yöntem günümüzde terkedilmiştir. Günümüzde kerpiç kalıntıları, binlerce yıldır Anadolu'da uygulandığı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

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

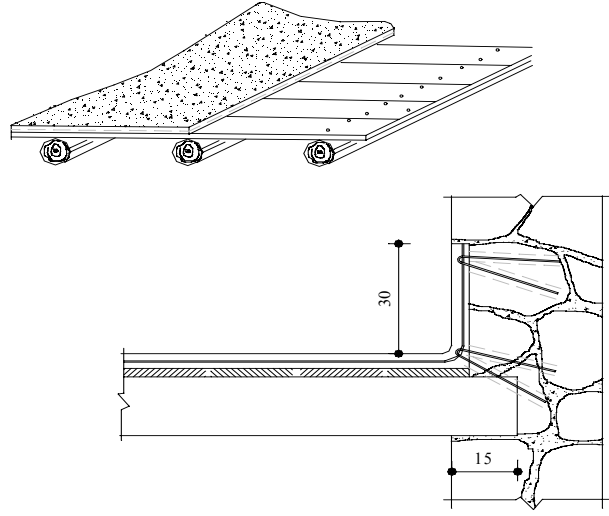
Ahşap döşemeler genelde iki ve tek katlı yapılarda görülmektedir. Bu tür döşemeler için söz konusu iyileştirme yöntemi; genelde mevcut taşıyıcı döşemenin gözden geçirilip, taşıyıcılık özelliklerini yitirmiş parçaların değiştirilmesidir. Taşıyıcı vasfı istenilen özellikte olmayan döşeme elemanlarının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

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

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

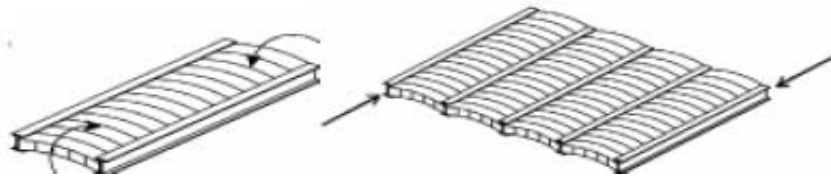


Şekil 8.1 : Mevcut Ahşap Döşemenin Üzerine Uygulanan İkinci Ahşap Katman



Şekil 8.2 : Mevcut Ahşap Döşemenin Üzerine Uygulanan Betonarme Katman

Volta döşemeler, çelik kirişler arasına normal tuğlaların kemer şeklinde örülmesiyle elde edilen, tek doğrultuda çalışan bir döşeme çeşididir (Şekil 8.3). Düşey döşeme yüklerini tuğla tonoz kemerleri basınca çalışarak uzun doğrultudaki çelik kirişlere, kirişler de üzerine oturduğu duvarlara ya da kirişlere aktarır. Yatay deprem yükleri altında çelik profiller kayabilir, tuğla kemerler, düzlemine dik ve düzlemi doğrultusundaki eğilme ile zayıflayabilir, çelik kirişlerle tuğla arasında dinamik etkileşim olabilir ve sistem bir diyafram çalışması göstermeyebilir **Arun (2005)**. Volta döşemelerde kemer açıklığının kiriş açıklığının $1/3$ 'ünden büyük olmaması istenir. Döşemenin diyafram etkisi gösterememesi, kemer açıklığının kiriş açıklığının $1/3$ 'ünden büyük olması vb. durumlarda, volta döşemelerde uygulanacak güçlendirme çeşidi çelik çubuk ya da profiller yardımıyla döşemenin altına X şeklinde bağlantılar yapılmasıyla olabilir.



Şekil 8.3 : Tek Doğrultuda Çalışan Volta Döşeme

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

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

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



Şekil 8.4 : Uygulama 1

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



Şekil 8.5 : Uygulama 2

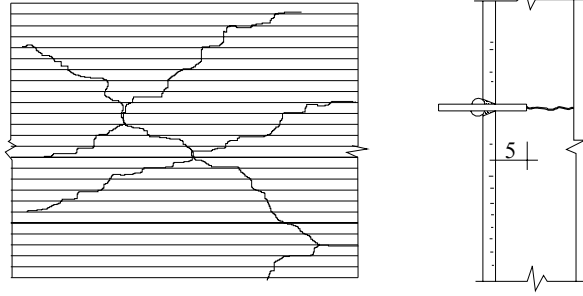
Taş öğelerde meydana gelen en belirgin bozulma, çatlaklardır. Bu bölümü küçük çatlakların ve geniş çatlakların onarımı olarak ikiye ayırabiliriz.

Küçük çatlakların onarımı : 0.2 mm den küçük çatlakların onarımına ihtiyaç yoktur. 0.3 mm den büyük 3 mm den küçük çatlakların onarımı için epoksi harcı kullanılabilir (Şekil 8.6).

Bu uygulamada şu adımlar izlenir:

- Çatlakların etrafından son kat (sıva...), temizlenerek uzaklaştırılır, sonra hava jeti veya su jeti ile tozlar ve kalan harçlar veya maddeler kırığın etrafından temizlenir.
- Deliğin 5 cm içine doğru meme ucu uzatılır.
- Meme ucunun bulunduğu yer enjeksiyon macunu ile kapatılır.
- Macun iyice sertleştikten sonra kırık epoksi ile doldurulur. Uygulanan enjeksiyon 3 Mpa basınçta uygulanmalıdır **Gavrilovic ve diğ. (1983).**

- Bu işlemlerden sonra çatlak tekrar hava jeli ile temizlenir.



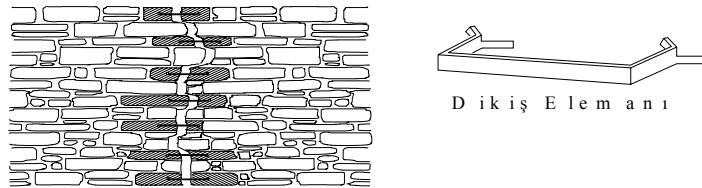
Şekil 8.6 : Çatlaklarda Epoksi Harcı Uygulanması

Uygulanacak epoksi malzemenin özellikleri;

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

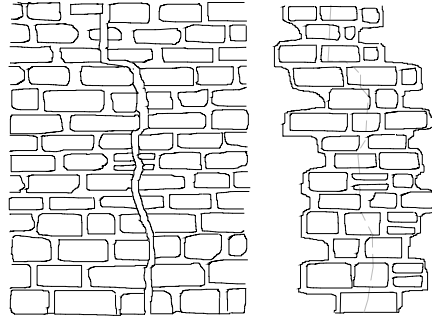
Geniş çatlakların onarımı : Çatlak eğer 3 mm den büyük ise grout enjeksiyonu da uygulanabilir; ama çatlaklar 10 mm den büyükse veya duvarı oluşturan taş ya da tuğlalar düşmüşse, daha geniş bir uygulama gerekecektir. Uygulanacak metod bir çeşit duvar güçlendirme yöntemi olarak tanımlanabilir.

Düşey çatlaklarda çatlağa bitişik taş ya da tuğlalar çıkarılır ve dikiş elemanları ya da çelik barlar eklenir, taş – tuğla duvarın boşlukları, betonla ya da zengin çimento grout ile birlikte uygun olarak doldurulur (Şekil 8.7). Bu yöntem duvarın diğer yüzünde de uygulanmalıdır (**Gavrilovic ve diğ. 1983**).



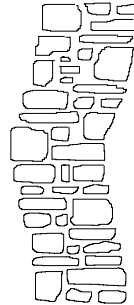
Şekil.8.7 : Duvardaki Çatlakların Çelik Bar ya da Dikiş Elemanı İle Giderilmesi

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

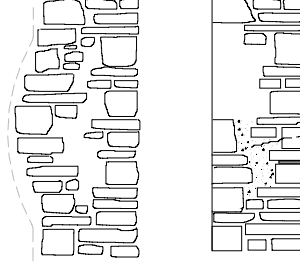


Şekil 8.8 : Çatlak Bölgesinin Onarılması

Yığma duvar büyük ölçüde zarar görmüşse, mesela sürekli yanal çarpıklıklar, bükülmeler veya duvar genişliğinde baştan başa meydana gelen kamburlaşmalar (Şekil 8.9), gibi problemlili duvar parçaları tümüyle uzaklaştırılır ve duvarın o kısmı yeniden yapılır. Dağılmış ya da kamburlaşmış durumda olan duvarlar eğer kalıp kurulacak kadar stabil ise, duvarın tamamen yeniden yapılmasından kaçınılmalıdır. Uygulamada duvarın hasarlı kısmı uzaklaştırılır, hasarlı kısmın boşlukları beton ya da çimento grout ile doldurulur (Şekil 8.10).



Şekil 8.9 : Duvarda Oluşabilecek Kamburlaşma

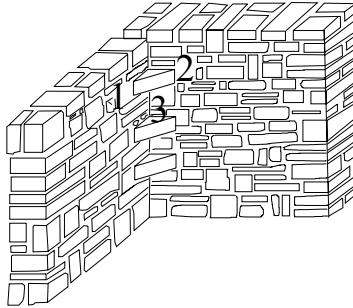


Şekil 8.10 : Duvardaki Hasarlı Kısımın Beton ya da Grout İle Doldurulması

Duvar birleşimlerinde onarım ve güçlendirme : Duvar birleşimleri statik (işletme yükleri, çarpma etkileri, trafik) ve dinamik etkiler (deprem) altında, yetersiz bağlantı veya bağlantıların yeterli dayanımda olmaması sonucunda, geniş düşey kırıklar veya ayrılmalar oluşabilir.

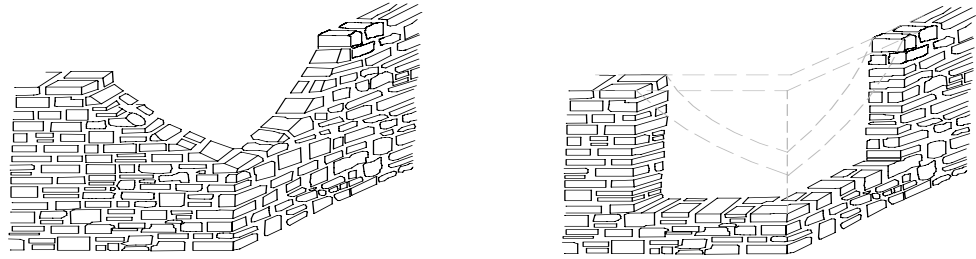
Duvardaki birleşimleri iyileştirmek için birçok metod vardır. Günümüzde en sık kullanılan yöntemleri şu başlıklar altında sıralayabiliriz, taş veya tuğla ekleme, çelik levhalarla sarılarak güçlendirme, lifli polimer ile güçlendirme.

Tuğla örme veya kırık boyunca taş eklemek kullanılan bir yöntemdir (Şekil 8.11). Bitişik (komşu) tuğla veya taş 1 ve 2 numaralı yerde gösterildiği gibi çıkarılır ve yeni tuğla veya taş 3 numarada gösterildiği gibi yerleştirilir. Taş yerleştirilirken yüksek çimento grout ile içine yerleştirilir ve iki duvar arasındaki boşluk zengin grout ile doldurulur.

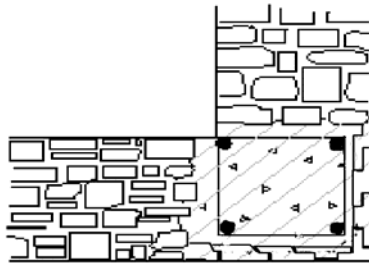


Şekil 8.11 : Tuğla Örme ya da Taş Ekleme Yöntemi

Eğer köşe tamamen kopmuşsa, mevcut duvarı güçlendirmek için; ilk önce çatı veya taşıyıcı sistem geçici desteğe alınmalıdır, sonra yığma duvardaki ek yerler çıkarılmalı ve temizlenmelidir. Betonarme donatısı hazırlanıp köşe duvarların içine bağlanmalıdır. Bu uygulama duvar birleşimini de güçlendirebilir(Şekil 8.12). Uygulaması yapılacak olan bu çeşit kolonlar minimum 4 ϕ 16 boyuna donatılı ve ϕ 8/20 etriyeli olmalıdır (Şekil 8.13) (Saraç, 2003).



Şekil 8.12 : Duvar Köşelerinde Oluşturulacak Kolon İçin Yapılan Hazırlık



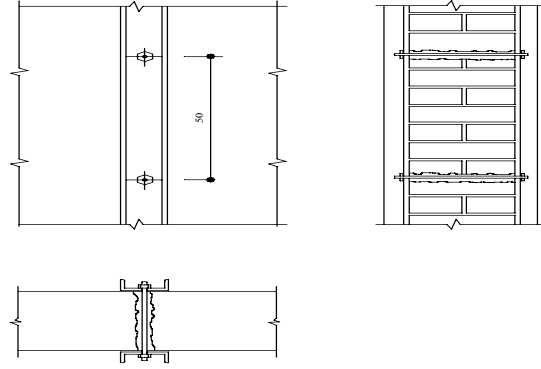
Şekil 8.13 : Duvarda Kolon Oluşturulması

Diğer bir yöntem, duvarlar çelik levhalarla kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde çatıya veya döşeme diyaframlarına monte edilerek kullanılan çelik levhalarla güçlendirilmesidir **Gavrilovic ve diğ. (1983)**.

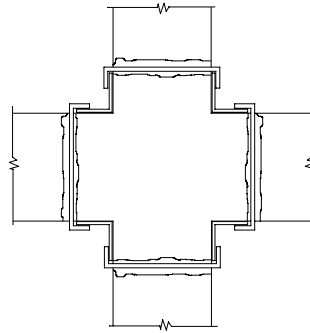


Şekil 8.14 : Çelik Kuşaklarla Güçlendirme

Bu çeşit kuşaklama dikey kuvvetlere karşı duvarı güçlendirir fakat, duvarı yatay (düzlem) kuvvetlere karşı güçlendirmez. (Şekil 8.15), tipik bir uygulamayı göstermektedir.



Şekil 8.15 : Çelik Levhalarla Duvarın Kuşaklanması



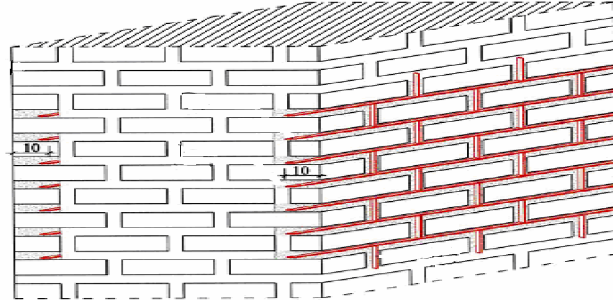
Şekil 8.16 : Çelik Levhalarla Güçlendirme

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

Tablo 8.1 : Lifli Polimer ve Çelik Malzemelerin Karşılaştırılması

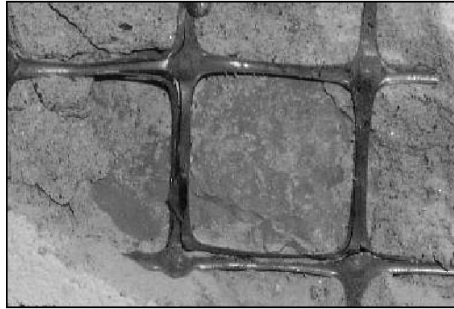
Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Çekme Dayanımı (MPa)
Cam	50-70	2000-3000
Aramid	65-120	2410-3150
Karbon	135-190	2400-5700
Çelik	200	220-460

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



Şekil 8.17 : Yığma Duvarda Lifli Polimer Uygulama Detayı

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



Şekil 8.18 : Lifli Polimer Uygulanması

8.1.2. Taşıyıcı Sistemin Sağlamlaştırılması

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

Destekleme - payandalama

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

Çemberleme, bağlantı çubukları- gergi uygulanması

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

Kesit genişletme - mantolama

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

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

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

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

Projesine uygun olarak takviye yapılacak bina köşe bölgelerinin işaretlenmesi yapılır, bu bölgeler içindeki sıvalar kaldırılır, derz aralıkları kısmen açılır, yüzey yabancı maddelerden olabildiğince temizlendikten sonra çimento şerbeti püskürtülerek yüzey hazırlığı yapıp gerekli ankraj delikleri açılır. Ankraj delikleri toz ve nemden arındırıldıktan sonra, ankraj çubukları projesine uygun olarak dolu tuğla veya taş duvarlarda epoksi ile yerleştirilir. Duvar yüzeyine ankrajlar (örneğin:metrekarede 4 adet) yerleştirilerek hasır çelik monte edilir. Öngörülen yerlere özenle yerleştirilen donatılar aderansı zayıflatacak her türlü kirden arındırılmış, temiz olmalıdır. Hasır çeliklerde bindirmeler bir veya bir buçuk göz olacak şekilde yapılır. Hasır donatının mevcut duvarlardan belirli bir uzaklıkta tutulabilmesi için mesafe ayarlayıcılar kullanılmalıdır. Hasır çelikler gevşek olmadan sıkı bir şekilde tespit edilmelidir. Bu işlemler bittikten sonra püskürtme beton uygulaması (shotcrete) yapılır **(Saraç, 2003)**.

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

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

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

Üst katlar duvarlarının çatı altında yeterince karşılıklı bağlanmasını sağlayacak ve varsa orijinal tavanı bozmayacak bir sağlamlaştırma ve güçlendirme şeklinin araştırılması gereklidir. Shotcrete uygulaması eğer tavan süslemeleri varsa bu süslemelere zarar verebileceği için, o katta hasır çelik yerleştirilmeli ve 450 çimento dozlu bir sıva ile güçlendirilmelidir (**Saraç, 2003**).

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

Sismik Yalıtım

Taban yalıtımının temel ilkesi; yapıların ve kuvvetli yer hareketlerinin özellikleri göz önüne alarak; yapıların rijitliklerini azaltıp periyotlarını uzatmak, sönümlerini artırarak yapılara daha küçük yatay yüklerin gelmesini sağlamak, yapıların orta şiddetli depremlerdeki hasarının önlenmesi ve çok şiddetli depremlerdeki hasarının daha küçük boyutlara indirilmesidir (**Bayülke, 2002**).

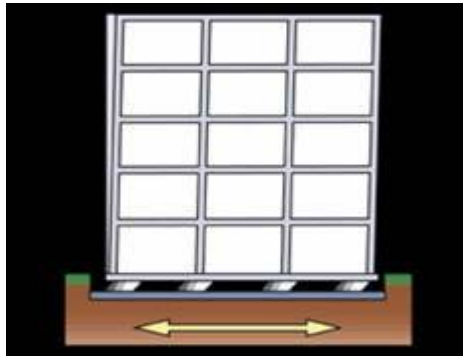
Taban yalıtımı depreme karşı yeterli dayanımı olmayan anıtsal değeri olan tarihi yapılarda ve kullanımında hiçbir aksamanın olmaması gereken yapılarda kullanılmaktadır. Bu yapılarda:

- Depremde yapıya gelecek yüklerin düzeyi, yapının yetersiz olan deprem dayanımının altına temel yalıtımı yoluyla indirilebilir.

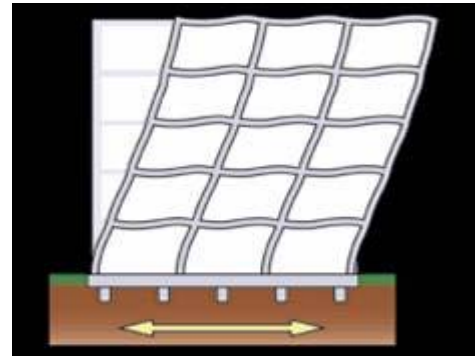
- Yapının bütün katlarının güçlendirilmesi yerine yalnız temel yalıtımı ile kullanımı etkilenmez. Mimari özellikleri bozulmaz.
- Klasik güçlendirme yöntemleri (perde duvar ve kolon eklenmesi ile güçlendirme), yapının değerli ve yeniden yapılamayacak iç kaplamalarının, fresk ve tavan ya da duvar resimlerinin yıkımına yol açar. Özellikle tarihi yapılarda bu duruma izin verilemez.
- Taban yalıtımı ile sağlanan deprem yükündeki azalma miktarı yeterli olmayabilir. Ancak taban yalıtımı yapılması ile gereken güçlendirmenin düzeyi azaltılabilir.
- Bunlara ek olarak, yüksek can güvenliği ve minimum bakım gereksinimi ve şiddetli depremlerden sonra bile hemen kullanım gibi önemli faktörlerin gözardı edilmemesi gerekir (**Saraç, 2003**).

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

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



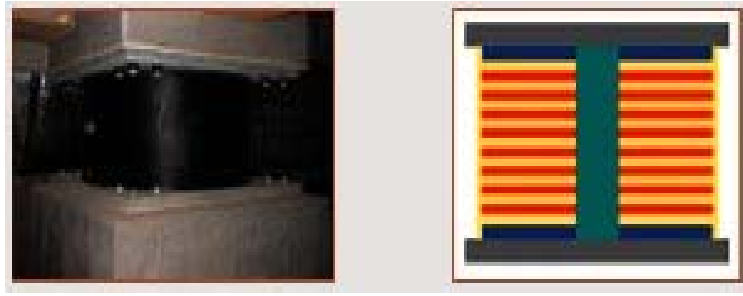
Sisimik Yalıtılmış Yapı



Normal Yapı

Şekil 8.19 : Sismik Yalıtılmış Bina ve Normal Bina

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



Şekil 8.20 : Kauçuk Esaslı Kurşun Çekirdekli İzolatör

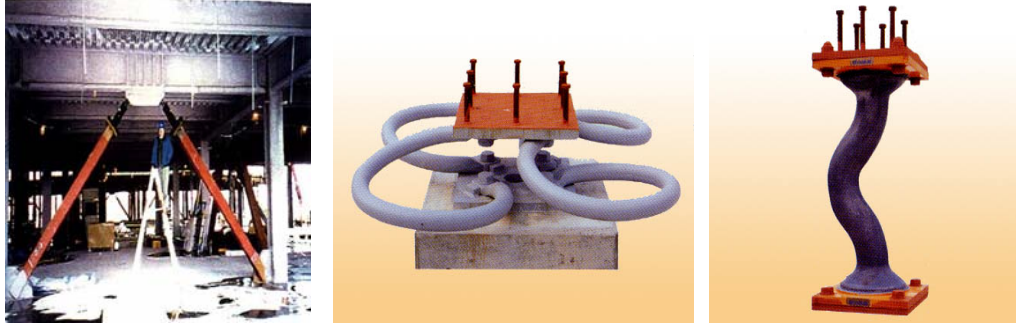
Sürtünme Esaslı Sismik İzolatörler – Friction Pendulum : Özel metaller kullanılarak iç bükey küresel yüzey üzerinde kayabilen mesnet elemanı bu yatay hareket sırasında binayı yükselten bir özelliği olduğundan gelen enerjiyi sönümlemekte ve deprem etkisini %80 oranında azaltmaktadır.



Şekil 8.21 : Sürtünme Esaslı Sismik İzolatörler

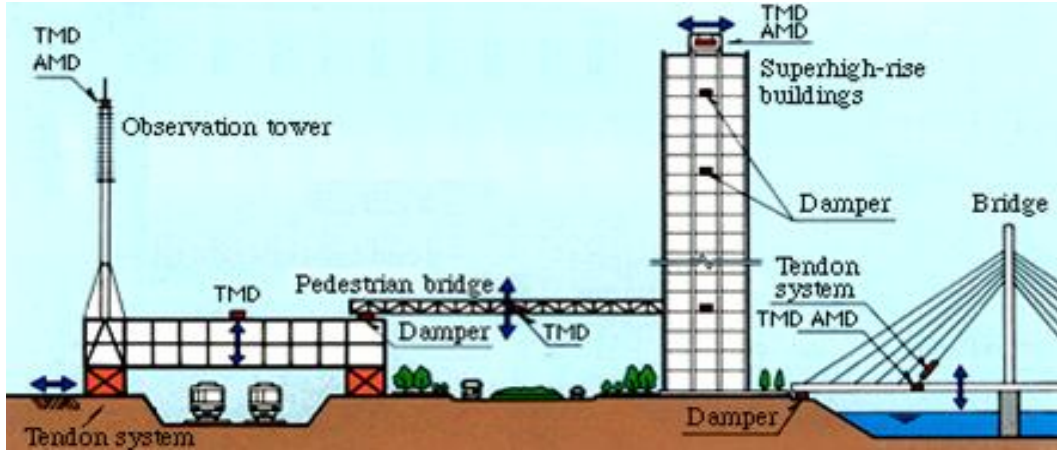
Kolon altına yerleştirilen sürtünme esaslı sismik izolatör, içbükey %5'lik sürtünmeli yüzeyi sayesinde tabandan gelen deprem yüklerinin yapıya %5'lik kısmını aktarır. Deprem enerjisini içbükey kısım sarkaç prensibine dayanarak yapının ağırlığını kullanarak sönümler.

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



Şekil 8.22 : Enerji Sönümlendirici Sistemler (viskoz esaslı, çelik, kurşun çekme)

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



Şekil 8.23 : Vibrasyon Kontrol Cihazları

Yapı tabanına konulacak yalıtım araçlarının:

- Düşey yönde rijitliği büyük olmalıdır. Böylece düşey yönde tabanda rijit kütle olarak dönmesi azaltılmalıdır.

- Yalıtım araçları yapının düşey yükünü normal kullanım koşullarında büyük güvenlikle taşıyabilmelidir.
- Uzun süre dayanıklı olmalıdır.

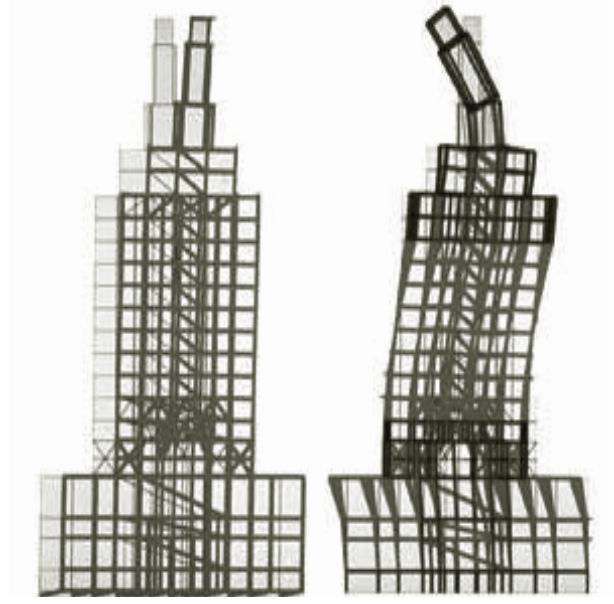
Tüm bu pozitif yönlerinin yanında, sismik yalıtım araçlarının kullanılmasının uygun olmadığı yerler de vardır. Bunlar :

- Yapıların periyotlarının uzatılması yumuşak zeminde inşa edilmiş yapılar için zararlıdır. Yumuşak zeminlerde sismik izolasyon konularak yapı periyodunun arttırılması halinde yapıya gelecek deprem yükü artacaktır.
- Bitişik nizam yapılarda sismik izolasyon yapılması uygun değildir (**Coşkun, 2005**).

Dünyada bu uygulamanın yapıldığı birçok yapı bulunmaktadır. Birleşik Devletler Yüksek Temyiz Mahkemesi Binası, Oakland City Hall, Çin Halk Cumhuriyeti Shan Tou şehir müzesi; örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 8.24 : Birleşik Devletler Yüksek Temyiz Mahkemesi



Şekil 8.25 : Oakland City Hall Binası, ABD

8.1.3. Zeminin Sağlamlaştırılması

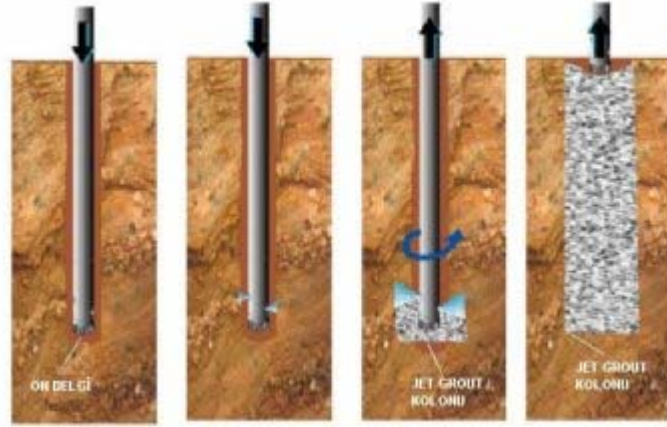
Zeminin sağlamlaştırılması, temel altı zemininin ıslahı ve temelin güçlendirilmesi olarak iki alt başlıkta incelenmiştir.

8.1.3.1. Temel Altı Zemininin Islahı

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

Jet-Grout Uygulanması

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



Şekil 8.26 : Jet-Grout Uygulaması

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

Enjeksiyon Uygulaması

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

1. **Hydrofracture Enjeksiyonu** : Hydrofracture enjeksiyonu genellikle çökelmiş zeminlerde uygulanır. Çimento esaslı harçla zemin 10–15 kg/cm²'ye kadar bir basınç altında paralanır. Böylece zemin içinde enjeksiyon mercekleri ve tabakaları oluşur. Birbirleri ile bağlantılı olmayan boşluklar doldurulur, hatta zemin bir miktar sıkışır. Paralanmanın başladığı, enjeksiyon basıncının düşmesi ile anlaşılır. (Toğrol, 1994)
2. **Sıkılama Enjeksiyonu** : Gevşek veya örselenmemiş zeminleri sıkıştırmak ve zeminin birim hacim ağırlığını artırmak için kullanılır. Zemin –

çimento büyük bir basınçla (35 kg/cm²) zemine basılır ve yoğun bir kütle oluşması sağlanır.

3. Geçirimsizlik Enjeksiyonu : Çok ince boşluklu – çatlaklı zeminlerde silikat esaslı ve reçine esaslı harçlar uygulanarak uygulanan enjeksiyon biçimidir.

8.1.3.2. Temelin Güçlendirilmesi

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

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

Eğer temelin oturmalarla karşı takviyesi gerekiyorsa temel yükleri, oturmalarla etkilenmeyecek bir derinliğe aktarılmalıdır. Bunun için arazi profilinin ve zemin özelliklerinin bilinmesi gerekir. Öte yandan, temelin takviye edilmesini gerektiren neden iyice belirlenmelidir (**Saraç, 2003**).

Geleneksel Yöntemler

Geleneksel temel takviye yöntemleri ile temelin genişletilmesi ve/veya derinleştirilmesi yoluyla temel davranışının iyileştirilmesine çalışılır. Bu yöntemin esası, kazı yapılarak mevcut temel altına ilave beton kütle oluşturmaktır. Kazı derinliğinin fazla olması veya yer altı suyunun meydana getirdiği sorunlar nedeniyle bu yöntem her zaman uygulanamayabilir. Yer altı suyunun oluşturduğu zorluklar nedeniyle de ekonomik olmaktan çıkabilir ya da yapı yükleri çok büyüktür, ilave bir beton kütlesi kabul edilemeyecek oturmalarla neden olabilir.

Sürekli bir sölmin takviyesi için temelin altı anolar halinde kazılır. Desteksiz bırakılabilecek uzunluk, usulüne uygun inşa edilmiş tuğla duvarlarda 1.50 ~ 2.00 m.'yi geçmemelidir. Herhangi bir aşamada desteksiz kalacak uzunluk, yapı uzunluğunun dörtte birinden fazla olmamalıdır. Betonlama, mevcut temelin en az 5–10 cm altına gelene kadar yapılmalıdır. Mevcut temelin altına inen kuşak

perdesinin mevcut temelle bağlantısı epoksili ankrajlar ile yapılmalıdır (**Toğrol, 1994**).

Temel Yüklerinin Daha Derindeki Taşıyıcı Tabakalara Aktarılması

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

1. **İtme (burgulu) kazıklar** : Genellikle kuzey ülkelerinde, kohezyonsuz zeminlerde kullanılırlar. İlke olarak kısa parçalar halinde bir kriko vasıtasıyla, 20~60 cm. çapında ve 0.50~1.50 m. parçalar halinde zemine itilerek sokulur. Kuvvet doğrudan itme (burgulu) kazığın ucunda olduğu için zemine doğrudan inebilmektedir. Zeminde boşluk oranını azaltır. İtme (burgulu) kazık zemine sokulduktan sonra ucu mevcut yapıya bir başlıkla bağlanır. İtme kazık yöntemi temel takviyesi gerektiren yapılarda kullanılabilecek, diğer takviye yöntemlerine göre birçok avantajı bulunan bir yöntemdir. İtme kazık imalatı sırasında her bir kazığın taşıma kapasitesinin belirlenebilmesi bu yöntemi diğer yöntemlere göre daha güvenilir kılmaktadır. İtme kazık, yer altı su seviyesinin yüksek olduğu, ana kayanın çok derinlerde olduğu zemin şartlarında da uygulanabilmektedir (Namlı, 2001).
2. **Jet-Grouting** : Jet-grout, zeminin iyileştirilmesinde kullanıldığı gibi yapı yüklerinin daha derinlerdeki tabakalara aktarılmasında da kullanılan, bir zeminle çimento harcının karıştırılması yöntemidir. Bu yöntemde önce, zemin içinde ufak çaplı (90 mm) bir delik delinerek belli bir derinliğe erişilir. Sonra delgi borusu yukarıya çekilirken zemin, basınçlı çimento harcı püskürtülerek parçalanır, harçla karıştırılarak bir zemin – çimento kolonu oluşturulur.

8.2. Bütünleme

Bir bölümü hasar görmüş, ya da yok olmuş yapı ve öğeleri ilk tasarımlarındaki bütünlüğe kavuşturacak biçimde geleneksel, ya da çağdaş malzeme kullanarak tamamlama işlemine denir. Yıkık durumda göze hoş gelmeyen bir yapı

bütünlenerek, hem estetik bütünlüğüne kavuşur, kullanılabilir duruma getirilir, hem de tümüyle yok olmaktan kurtarılabilir.

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

8.3. Yenileme

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

8.4. Yeniden Yapım

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



Şekil 8.27 : Taş Ocağından Kütleler Halinde Getirilen Taşların İşlenmesi

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



Şekil 8.28 : İşlenmiş Taşların İstiflenmesi ve Montajı

8.5. Temizleme

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

Tarihi binaların cephelerinin temizliği, dikkatli yapılması gereken bir işlemdir; özensiz yapıldığında yüzeye zarar verir, bozulmayı hızlandırır. Temizliğin hangi teknikle yapılmasının uygun olduğuna karar verilebilmesi için önce cepheyi

oluşturan malzemenin türü, kir tabakasının niteliği, yüzey bozulmaları ve yapının bulunduğu ortamın özellikleri incelenir. Temizleme işlemi sırasında yalnız kir tabakasının kaldırılmasına, taş veya tuğla yüzeyin tahrip edilmemesine özen gösterilmelidir.

Ev ve fabrika bacalarından çıkan kurum ve is, otomobil egzozlarından çıkan zehirli gazlar havayı kirletir ve binaların cephelerinin kararmasına neden olurlar. Koyu bir kir tabakası mimari güzellikleri gizler. Cephe temizliği turizm açısından da önemlidir. Bakımlı, temiz cepheli tarihi çevreler daha çekici olduklarından, Londra, Paris, Roma gibi kentlerde cephe temizlikleri periyodik olarak ele alınmaktadır.

Cephe temizliği, kendi içerisinde mekanik, kimyasal temizlik, suyla yıkama, emici kil ve kağıt hamurları uygulama, emici jeller uygulaması olarak sınıflandırılabilir.



cephenin yıkanması



temizlenmiş ve kirli yüzeyler farkı

Şekil 8.29 : Kimyasal Madde Kullanımı

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

Cephe temizliğinde dikkat edilmesi gereken nokta, kullanılan malzemelerin asidik özellikte olup olmadığıdır. Yapı taşları bazik özellikte olduğundan asit, taşın dış yüzeyindeki tarihi tabakayı yani patinasını yok ederek taşın korunmasız kalmasına neden olur. Bu da cephenin daha kısa bir sürede bozulmasına ve dağılmasına neden olur.



Şekil 8.30 : Cephe Temizliği Yapılmış Binalar

Eser yüzeyinde oluşan kir tabakasının yumuşatılması için, bina cephesine her kata noktasal delikleri olan yassı hortumlar takılarak, 3-4 saat kesintisiz ıslak uygulama yapılır. Bu uygulama eserin yüzeyindeki toz tabakasını alacağı gibi, eserin derinlerine işleyen sülfatı da yumuşatacaktır. Bu işlem sonunda yüzey yumuşak fırçalarla fırçalanmalıdır. Bu uygulamadan sonra, tamamen bazik olan (PH=9) amonyum bikarbonat çözeltisi tüm yüzeye yumuşak fırçalarla sürülerek, hava almayacak şekilde kapatılmalıdır. Bu işlem belli modüller halinde tekrarlanacaktır. Çözelti eser yüzeyinde 6-7 saat bekledikten sonra max. 4 bar basınçlı su ile sis şeklinde yıkanır (www.restorasyon.org).

8.6. Taşıma

Taşıma işlemi, tarihi yapının boyutlarına, malzemesine ve yapım tekniğine uygun metodlarla yapılmalıdır. En kolay ve tercih edileni, tarihi yapının tüm elemanlarının numaralanarak sökülmesi, başka bir yerde kurulmasıdır. Ahşap yapılar bu uygulama için çok elverişlidir. Yerinde korunamayacak taş yapılar, taşınmadan önce ayrıntılı rölöveleri yapılır ve fotoğrafları çekilir, iç ve dış cepheler üzerindeki her taş sırası ve her taş numaralandırılır; taşların birbirleriyle ilişkisini göstermek üzere her sırayı kat eden yatay ve her taşın komşularıyla ilişkisini belirleyen düşey çizgiler çizilir; genel durum ve ayrıntı fotoğrafları çekilir. Sonra yapı özenle sökülür ve yeni konumunda yatay sıralar karışmayacak biçimde düzenli olarak istiflenir. Söküm sırasında dağılan, yeniden kullanılamayacak durumda olan blokların yerine benzer malzemeden yenisi hazırlanır ve önceki numaralama düzenine uygun olarak parçalar hazırlanan temel üzerinde birleştirilir. Bu teknik, kesme taştan yapılmış yapıların taşınmasında uygulanmaya elverişlidir. Moloz taşla yapılmış binaları bu teknikle taşımak olası değildir. Söküm sırasında dağılan taşları tekrar aynı ilişkiler içinde birleştirmek çok zahmetli, hatta olanaksızdır. Tarihi yapının en az hasarla taşınmasına olanak veren bu teknik ileri mühendislik bilgisi gerektirir.

9. YAPILAN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

9.1. Edirne Muradiye Camisi

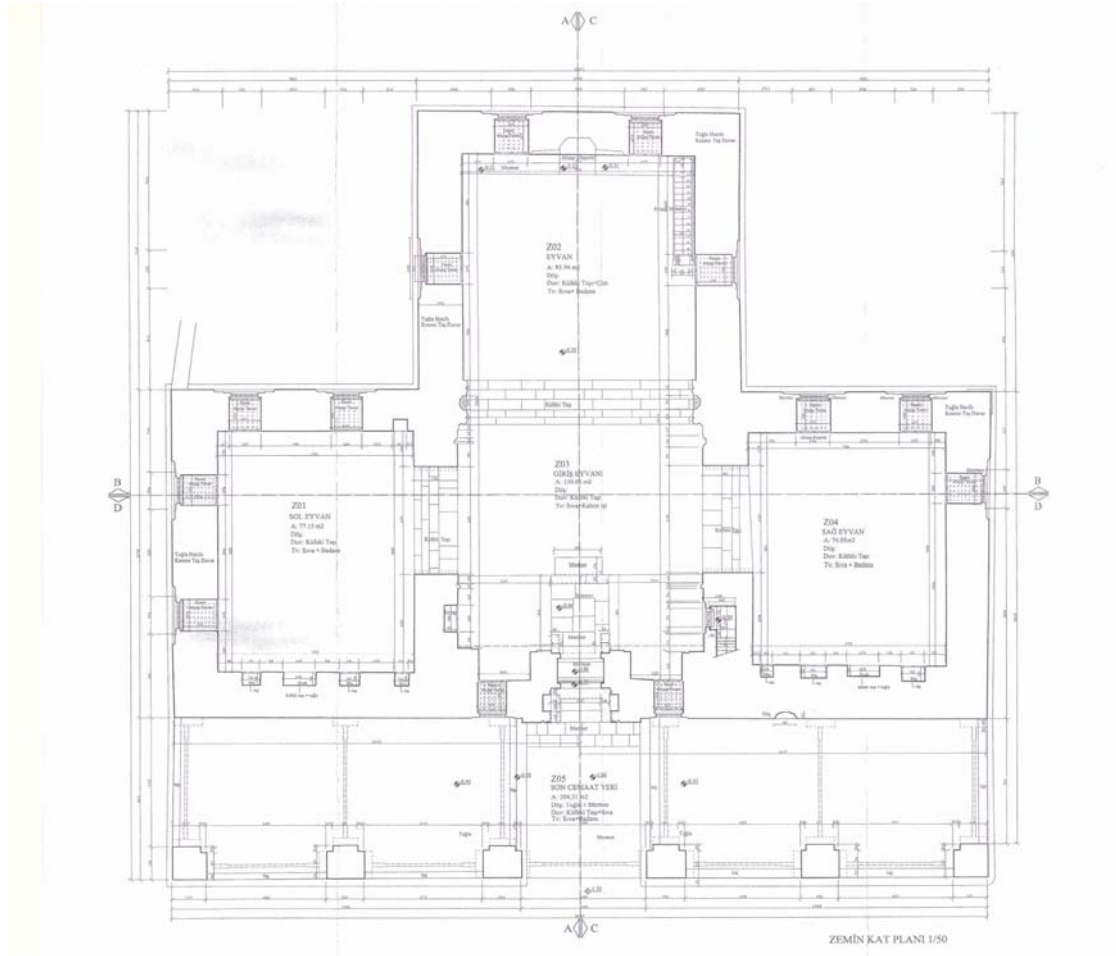
9.1.1. Yapının Yeri ve Özellikleri

İkinci Murad'ın 1426-1428 yılları arasında yaptırdığı Muradiye Camisi (Şekil 8.1), şehrin kuzeydoğusunda, Muradiye mahallesi ve Sarayıçi'ne bakan bir tepe üzerindedir. Mimarı bilinmemektedir. T harfi biçiminde olan ve kaynaklarda 'Kanatlı Cami' şeklinde tanımlanan bir imar planı vardır. İlk örneği 1330 yılında İznik'te görülen bu cami planı birçok Osmanlı kentinde 16. yüzyıl sonuna dek yapılan camilerde görülür.



Şekil 9.1 : Edirne Muradiye Camisi

Kuzey cephesinde payelere oturan ve tuğladan yapılmış beş sivri kemerin oluşturduğu giriş revağı yer almaktadır. Giriş revağı kemerlerindeki tuğla malzeme dışında tamamen düzgün kesme taş kullanılmıştır. Arka arkaya iki büyük kubbe ve yanlarda birer küçük kubbe olmak üzere dört kubbesi vardır. Son cemaat yeri dört köşeli altı sütun üzerine beş gözlü olup, bu alan beş küçük kubbeye örtülüdür (Şekil 9.2).



Şekil 9.2 : Edirne Muradiye Camisi Zemin Kat Planı

İkinci Murad, Mevlana Celalettin-i Rumi'yi caminin bugünkü yerinde görür, rüyadan çok etkilenir ve alana Mevlevihane inşa edilmesine dair ferman yazdırır. Mevlevihane daha sonra camiye çevrilir. İç mekanı süsleyen muhteşem çinileri, kalem işi duvar resimleri ve tamamen küfeki taşıyla inşa edilmiş cami, dış süsleme açısından sade bir görünüm arzeder. Osmanlı'da ibadetlerden sonra cemaate ikram edilmek üzere şerbet dağıtma işlemi ilk defa Muradiye Camisi musluklarından akıtılarak başlanmıştır.

Muradiye Camisi'nin yeşil renkli çinilerle süslü ilk minaresi 1752 depremi yıkılmış, yerine çinisiz 1754 yılında I.Mahmut tarafından bugünkü tek şerefeli minare yaptırılmıştır.

9.1.2. Zemin Durumu ve Temel Sistemi

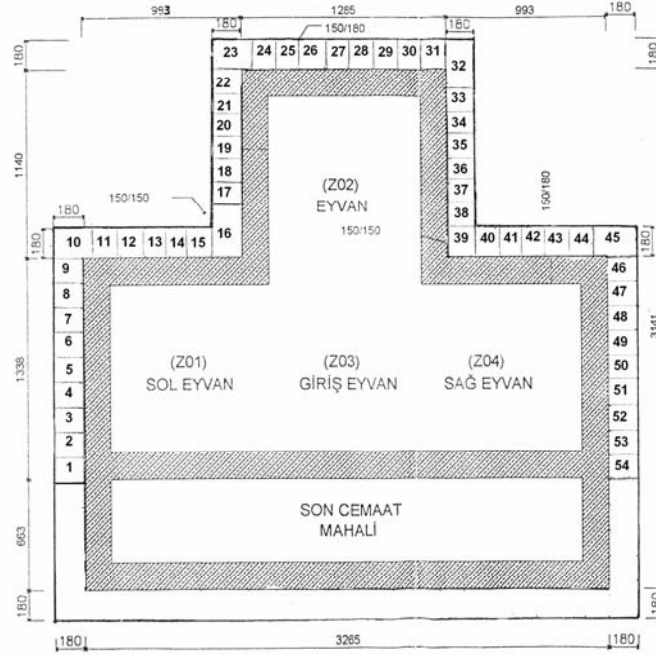
Yapılan sondaj çalışmasında, zemin yüzeyinden olmak üzere 0.80 m ile 2.00 m derinlikler arası siltli kum, killi kum ve kil bantlarından oluşan alüvyon zemin belirlenmiştir. 2.00 m ile 4.20 m derinlikler arası ise sıkı-çok sıkı yerleşime sahip çakıllı kum tabakası geçilmiş ve sondaj bu tabaka içinde sona erdirilmiştir (Şekil 9.3).



Şekil 9.3 : Sondaj Çalışması

Sondaj sırasında alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçları ve arazi deneylerinden yararlanılarak hazırlanan rapor doğrultusunda Cami'nin mevcut temelinden 2.00 m aşağısında sağlam zemin bulgularına ulaşılmıştır.

Yapının temel sisteminin niteliği ve boyutlarını belirlemek için açılan muayene çukurunda, temel derinliğinin 230 cm olduğu, temelinin büyük çaplı taş duvarlardan oluştuğu ve siltli kum, killi kum, silt ve kil bantlarından oluşan alüvyon tabakasına oturduğu görülmüştür. Yetersiz temel ve temel derinliğine bağlı mahsurların ortadan kaldırılması amacıyla, mevcut temellerin altına inen ve Cami'yi çevreleyen betonarme temeller öngörülmüştür (Şekil 9.4).



Şekil 9.4 : Edirne Muradiye Camisi Temel Takviye Planı

9.1.3. Yapının Mevcut Durumu

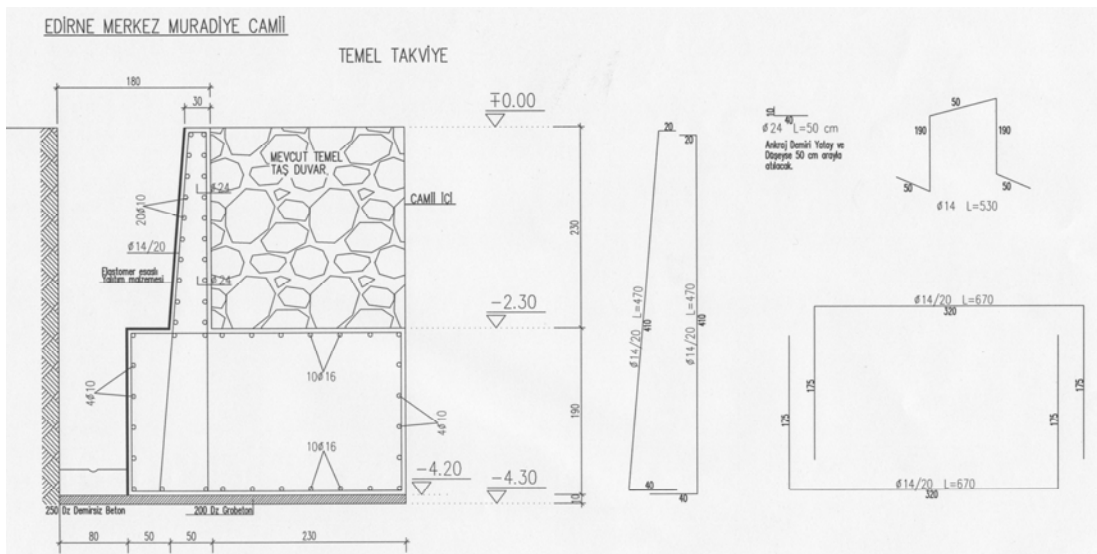
Edirne Muradiye Camisi, 12.85 m x 31.41 m boyutlarında geometrik olarak düzensiz bir yapıdır. Tek katlı bir yapı olduğundan düşeyde süreksizlik söz konusu değildir. Dış duvarlar 150-170 cm kalınlığındadır. Yapının ön inceleme aşamasında, meydana gelen depremler nedeni ile kuzey bölümündeki revaklarda dökülmeler ve kılcal çatlaklar olduğu gözlenmiştir (Şekil 9.5).



Şekil 9.5 : Revaklarda Görülen Dökülme ve Kılcal Çatlaklar

9.1.4. Yapıya Uygulanan Güçlendirme Yöntemi

Dış duvarların yeterince büyük kesitte olması ve yapıldığı günden bu yana kalkan duvarlarda herhangi bir problemin olmaması, yapıda düşey yüklerden dolayı bir yetersizliğinin olmadığını, geçirdiği yıkıcı depremlere rağmen ayakta kalabilmiş olması, taşıyıcı elemanlarda oluşan maksimum basınç gerilmelerinin, inşa edildiği malzemenin basınç gerilmesini geçmediğini gösterir. Bu tespitler uyarınca yetersiz temel derinliğini giderici, yapının son cemaat mahali hariç, yapı etrafına ve köşelerine gelen bölgelere, (Şekil 9.6) betonarme temel yapılması kararı alınmıştır.



Şekil 9.6 : Edirne Muradiye Camisi, Temel Detayı

150 ve 180 cm ebatlarında anolar, planda işaretlenen yerlere şaşırtmalı olarak kazıldı ve gerekli iksa çalışmaları (Şekil 9.7) yapılarak hazır hale getirildi.



Şekil 9.7 : İksa Çalışması Yapılmış Tip Ano

Projesine uygun olarak başlatılan imalat sırasında, titizlik ve ustalık gerektiren bir dizi önlem alınmış, öngörülen süreler içerisinde, doğa ve çevre şartları da göz önüne alınarak imalatın süresini etkileyecek gecikme ve yanlış uygulama hataları minimize edilmiş, can güvenliği öncelikli olmak üzere kontrollü ve itinalı bir çalışma sergilenmeye çalışılmıştır.



Şekil 9.8 : Ampatmanın Teşkili ve Kalıbın Sökülmesi

Demirlerin dizilmesi, kalıbın çakılması ile betona hazır hale getirilen temel, son kontrollerin ardından betonlanmıştır. Kalıpların sökülmesinin ardından takviye temel ön yüzünün görüntüsü (Şekil 9.8) gibidir.

9.1.5. Değerlendirme

Edirne Muradiye Camisi'nde izlenilen yöntem, mevcut yapının oturduğu zeminin yumuşak karakterli olması sebebiyle bugünden işaretlerini verdiği kılcal çatlak ve oturmaların önüne geçmek, bu amaçla çıkılan yolda mevcut temelin 2 m altında bulunan sert zemine bu temeli indirmektir. Tarihi dokusuna zarar vermeden yapılan temel takviye yöntemi, benzer problemle karşılaşılan değişik tarihi yapılar için uygulanabilir bir yöntemdir.

9.2.İstanbul Vefa Lisesi

Vefa Lisesi, 1872 yılında kurulmuş, ülkemizin en eski okullarından birisidir. 17 Ağustos 1999 depremi sonrası orta bina hasar görerek kapatılmış, 2001-2002 yılında onarılarak hizmete girmiştir.



Şekil 9.9 : Vefa Lisesinin Üstten Görünüşü

9.2.1. Yapının Özellikleri

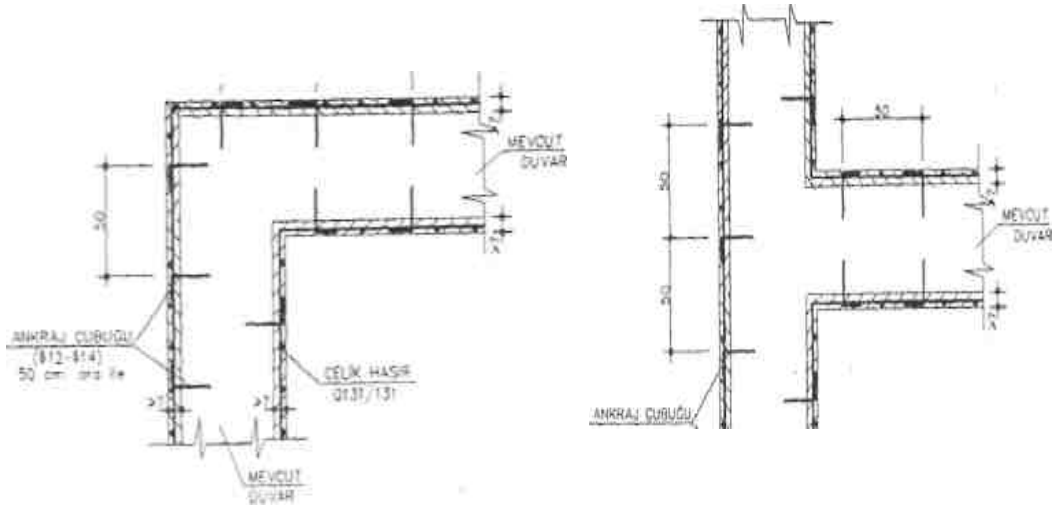
İstanbul Vefa Lisesi'nin yığma ve tarihi olan orta binası bir bloktan ibarettir. Bina zemin+ iki normal katlı (toplam üç kat) olup , kat yükseklikleri alt iki katta 5.00 m ve üst katta 5.50 m dir. Bina cephelerinde çıkmalar olmayıp, girintiler mevcuttur. Yapının taşıyıcı sistemi yığma duvarlar, döşemeler, kiriş ve hatıllar, merdivenler ve temellerden oluşmaktadır. Katlar boyunca üst üste gelen taşıyıcı duvar kalınlıkları zemin katta 50~60 cm, normal katlarda 30~50 cm dir. Binanın döşeme sistemi duvarlara mesnetli 27 cm yükseklikli kılıcına duran ahşap nervürler ve bunların üst ve alt kaplama tahtaları yardımıyla teşkil edilmiştir. Merdiven sahanlığı ve buna birleşen dar alanlarda volta döşeme sistemi uygulanmıştır. En üst katta sonradan betonarme plak döşeme ve ve sarkan kiriş sistemi oluşturulmuştur. Kiriş ve hatıllar betonarme olup duvar genişliğindedir. Merdiven sistemi, ara kat sahanlığına kadar iki çıkış kolu ve buradan kat sahanlığına ulaşmayı temin eden bir çıkış plağı ile oluşturulmuştur. Merdiven kolları ve sahanlık döşemelerinin ana taşıyıcıları çelik I profilleri ile teşkil edilmiştir. Çelik profiller yüklerini yığma taşıyıcı duvarlara aktarmaktadırlar. Basamaklar bağlı bulundukları merdiven kovası duvarları ile ankastreye yakın bir bağlantı durumundadır. Yığma duvarların altında 3.20 m derinliğe kadar inen taş duvarlar mevcuttur. Bu duvarlarda alttan 120 cm mesafede 30 cm yükseklikli ince yığma tuğlalardan hatıl ve en üstte de 27 cm yükseklikli taş hatıl yer almaktadır.

9.2.2. Yapının Mevcut Durumu

Yapılan incelemeler sırasında sıva dökülmeleri dışında herhangi bir yapısal hasar bulunmadığı, ancak yapının kat adedi ve yükseklikleri, taşıyıcı duvarlardaki kapı ve pencere boşluklarının boyut ve konumları bakımından 1998 Deprem Yönetmeliği esaslarına uygun olmadığı belirlenmiştir. 1998 Deprem Yönetmeliğine göre binanın birinci derece deprem bölgesinde yer alması, okul olması nedeniyle bina önem katsayısının yüksek oluşu göz önünde bulundurularak güçlendirilmesine karar verilmiştir.

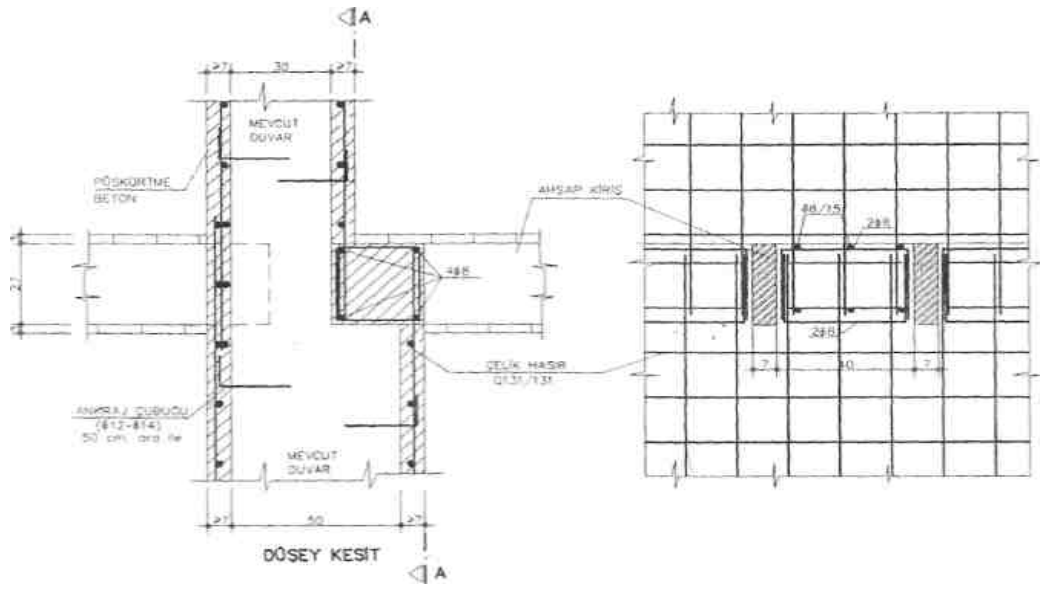
9.2.3. Yapıya Uygulanan Güçlendirme Yöntemi

Yapının uzun yıllar ayakta kaldığı da göz önüne alınarak kat adedinde azaltma yapılmaksızın, mevcut hacimleri koruma koşulu ile 1998 Deprem Yönetmeliği esaslarına göre güçlendirilmiştir. Kayma gerilme hesabı sonucu, izin verilen sınır değerlerin üstünde bulunan hesap neticesinde, tüm taşıyıcı duvarların her iki yüzüne ve bütün katlarda devam edecek şekilde püskürtme beton uygulaması uygun görülmüştür.



Şekil 9.10 : İki ve Üç Duvarın Birleşim Yerine Ait Püskürtme Beton Detayı

Bu tabakalara konulan çelik hasırlar ankraj çubukları ile duvarlara monte edilmiştir. İki ve üç duvarın birleşim yerine ait detaylar (Şekil 9.10)'de gösterilmiştir.



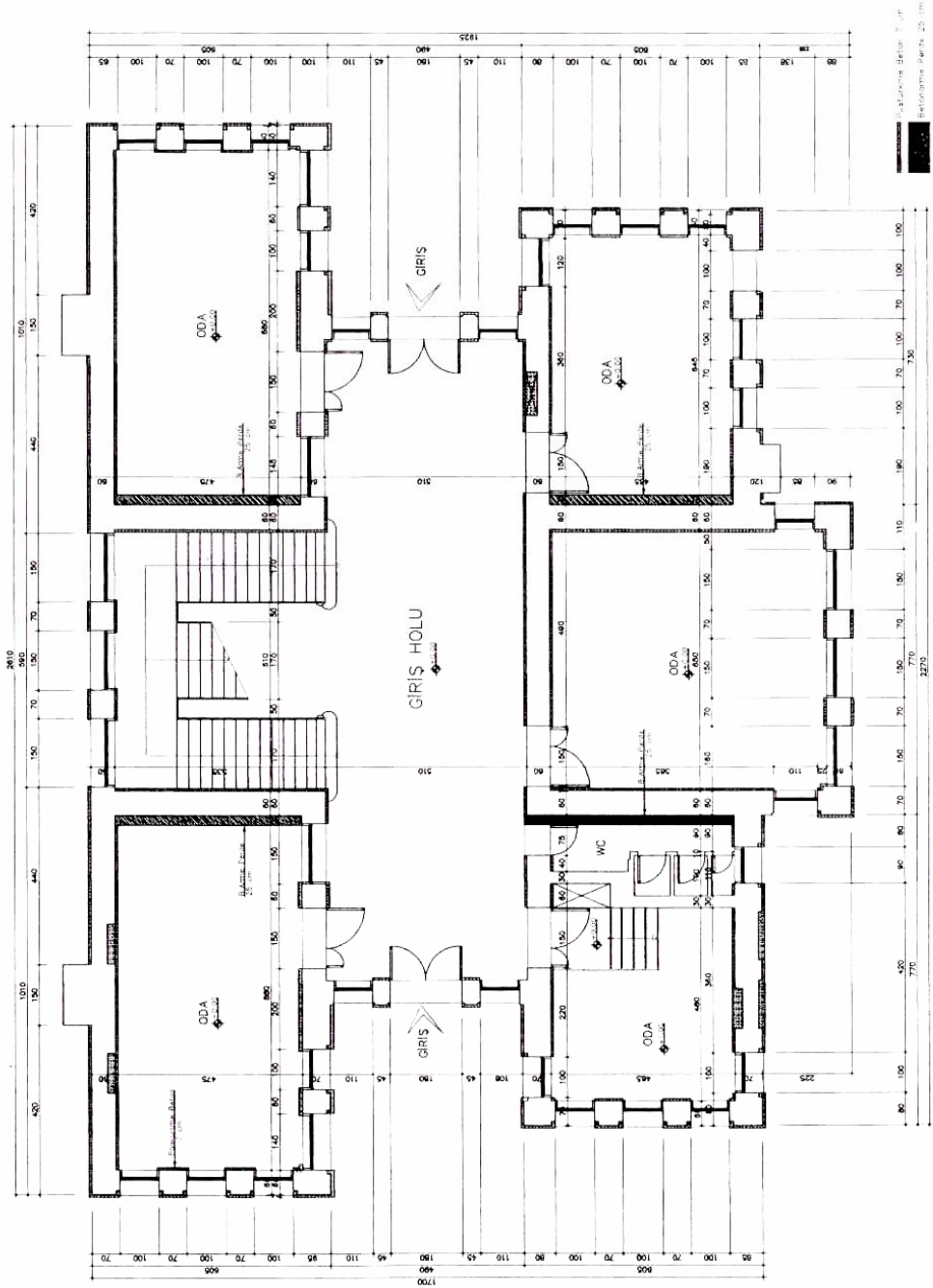
Şekil 9.11 : Farklı Kalınlıklı Duvarlarda Uygulanan Püskürtme Beton Detayı

Püskürtme beton ile çelik hasırların döşeme seviyesindeki durumu (Şekil 9.11 ve 9.12)'de verilmiştir.



Şekil 9.12 : Döşeme Seviyesinde Püskürtme Beton ve Çelik Hasırların Durumu

Binanın kısa doğrultusundaki taşıyıcı sistemi yetersiz kaldığından bu doğrultudaki dört adet duvarın birer yüzüne 25 cm kalınlıklı betonarme duvar eklemek suretiyle deprem etkileri alınmıştır (Şekil 9.13).



Şekil 9.13 : Vefa Lisesi Güçlendirme Kalıp Planı

Yeni betonarme duvar ve püskürtme betonların tabanında betonarme temel teşkil edilerek (Şekil 9.14) etkiler zemine aktarılmıştır.

9.2.4. Değerlendirme

Beklenen olası bir depremde hasar görmesi muhtemel bir yapının deprem öncesi iyileştirilmesi veya güçlendirilmesi maliyeti, deprem sonrası orta hasar görmüş bir yapının güçlendirilmesi veya ağır hasar gören bir yapının yenilenmesinden çok daha ekonomik olup olası can kayıplarını en aza indirecektir. Güçlendirme veya iyileştirme için seçilecek sistemin amaca uygun ve mevcut taşıyıcı sistemle uyumlu olması, birleşimlerin yük aktarabilecek şekilde teşkil edilmesine dikkat edilmesi, ilave sistemin özellikle düşeyde sürekliliğinin sağlanması ve deprem etkilerinin güvenle zemine aktarılması gerekmektedir.

9.3. Kabataş Erkek Lisesi Eğitim ve Yatakhane Binaları

9.3.1. Yapının Yeri ve Özellikleri

Kabataş Erkek Lisesi okul ve yatakhane binaları 1867 – 1875 yılları arasında Feriye Sarayları serisi içinde, denizden kazanılan dolgu üzerine inşa edilmişlerdir. Denize paralel inşa edilmiş yapılar (Şekil 9.16) 2. derecede önemli yapılardandır.



Şekil 9.16 : Kabataş Erkek Lisesi

9.3.2. Yapının Mevcut Durumu

Yapı temelinde kullanılan ahşap kazıkların, yer altı suyunun etkisiyle tamamen çürüdüğü, ayrıca temellerin binanın boyutları ile orantılı olmadığı, açılan muayene çukurları (Şekil 9.17) ile tespit edilmiştir.



Şekil 9.17 : Eğitim Binası Ön Cephe Muayene Çukuru; Temelin Sıgılgı ve Ayrışmış Ahşap Kazıklar Görülmekte.

Temellerde malzeme olarak genelde porozitesi yüksek, mukavemeti düşük Bakırköy kalkerleri kullanıldığı tespit edilmiş, bu kalkerlerin basınç ve deniz suyu etkisiyle mukavemetini önemli ölçüde kaybettikleri düşünülmektedir. Dış duvarlar kireç harçlı tuğla olup, dışındaki sıvaya taş duvar süsü verilmiştir. Meydana gelen depremde duvarlarda çatlaklar meydana gelmiştir



Şekil 9.18 : Kabataş Erkek Lisesi Eğitim Binası, Taşıyıcı Duvarlarındaki Çatlaklar

Ayrıca ana taşıyıcı duvar içerisine konulan düşeyde kılıçlama tabir edilen, yatayda ise iç gergi halinde duvara bütünlük kazandıran dövme demir aksam korozyona uğramıştır.

Taş bloklu rıhtım gerisinde, denizin yarattığı oyulmalara ve temel altı zemininin yer yer yıkanma durumuna mani olmak amacıyla 1960 yılında palplanşlarla rıhtım genişletilerek sahil koruması sağlanmış ve bu sistem bugün işlevini yerine getirir durumda bulunmuştur. Palplanşlar yer yer geriye anklajlarla bağlanmış, kazanılan yüzeyler korunmuş, denizin yıkama etkisi büyük ölçüde önlenmiştir.

9.3.3. Zemin Durumu ve Temel Sistemi

İnceleme alanında yapılan sondajlarda; en üstte yer alan dolgu ve kumlu kabuk altında, İstanbul ve çevresinde geniş alanlar kaplayan Üst Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu yer almakta, genel olarak kumtaşı – kilitaşı kalker aralanmalarından oluşmaktadır. Yatakhane binasının ön tarafında, dolgu seviyesi ortalama 12.0 m, geride ise 2.60 – 3.00 m kalınlıktadır. Yatakhane'nin arka tarafında ise kumtaşı – kilitaşı tabakası yüzeye yaklaşmakta ve birçok mahalde dolgu tamamen kayaya oturmuştur.

Yer Altı Suyu Durumu

Yer altı su seviyesi boğaz su seviyesinin etkisi altındadır. Ayrıca Ortaköy yolu tarafından gelen çatlak ve dolgu suları, boğaza akışta karşılaştıkları direnç nedeni ile, saray altında su seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Muayene çukurlarında yer altı suyuna zemin yüzeyinde genelde 1.40 m derinliklerde rastlanmış ve su seviyesi oldukça kısa sürelerde 0.70 – 0.80 m derinliklere kadar yükselmiştir.

Üst Yapı Yönünden Depremsellik

Kargir temeller sığ ve yer yer niteliklerini büyük ölçüde yitirdikleri tespit edilmiştir. Zemin suyunun yarattığı kapilarite ve çatlaklar kanalı ile inen suyun da etkisi ile yüksek basınç etkisindeki duvarlarda tuğlaların ayrışmaya uğradıkları tespit edilmiştir. 1. kat ve 2. kat döşemelerinin betonarmeye çevrilmesi sırasında yatay yönlü yeterli bir bağlantı sağlanmadığı belirlenmiştir.

9.3.4. Yapının Güçlendirilmesi

9.3.4.1. Zemin Islahı

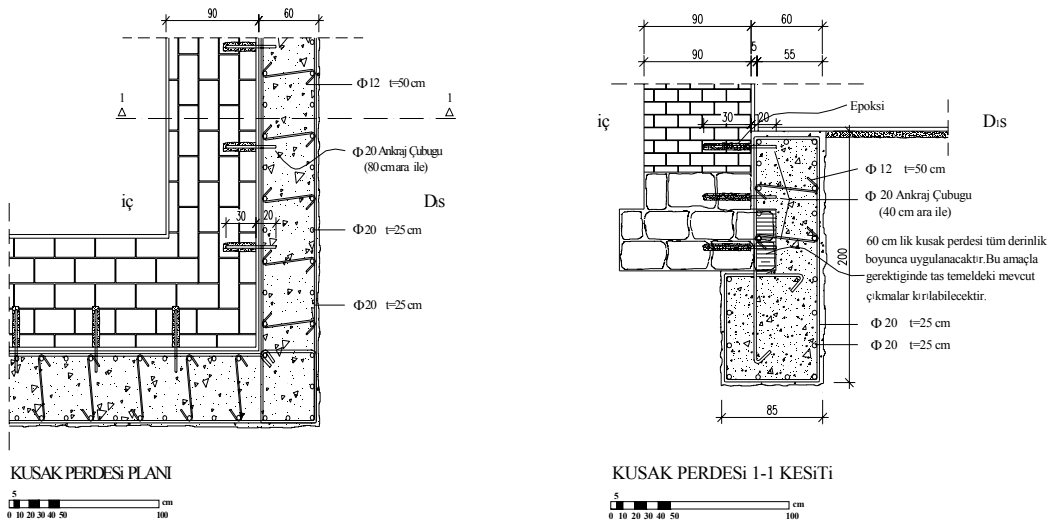
Öncelikle okul binasında, , zemin seviyesinde jetgrout ve çimento enjeksiyonu yapılarak zemin ıslahı yapılması öngörülmüştür. Çimento enjeksiyonu esnasında bilhassa sıvılaşmaya müsait gevşek, kabuklu kum zonda jetgrout etkisi nedeni ile basınçların bir miktar arttırılması gerekli olmuştur. Yatakhane binasında da okul binası gibi jetgrout ve çimento enjeksiyonu yapılarak zemin ıslahı yapılması öngörülmüştür.

9.3.4.2. Üst Yapının Güçlendirilmesi

Üst yapının güçlendirilmesi; temellerin güçlendirilmesi, taşıyıcı duvarların güçlendirilmesi olmak üzere üç başlıkta uygulamaya konulmuştur.

a) Temellerin güçlendirilmesi

Temellerin güçlendirilmesinde ortalama 60.0 cm kalınlığında ön cephede 2.0 m'ye arka cephede ise en az 1.50 m'ye varan ve mevcut temellerin kısmen altına girecek şekilde yapıları çevreleyen, (Şekil 9.19)'da detaylandırıldığı gibi bir betonarme kuşak perdesi öngörülmüştür.



Şekil 9.19 : Betonarme Kuşak Perde Detayı

Beton sınıfı BS25 ve beton çeliği St III olarak dikkate alınmıştır. Uygulamada (Triksiyum alüminat) değeri düşük çimento kullanılması, deniz suyu etkisinden dolayı öngörülmüştür. Temel takviyesi çukur kazısı, dolgunun kalitesizliğine bağlı

olarak farklı genişlikte olabilmış, genelde mevcut temel alt seviyelerinden itibaren yer altı suyu ile karşılaşmıştır.



Şekil 9.20 : Eğitim Binası Kuşaklama Perdesi Kazısı; Yetersiz Temel Derinliği, Kötü Temel Malzemesi , Olumsuz Zemin Yapısı

Yer yer kazı çevresinde geçici iksa yapılması zorunluluğu doğmuştur. Mevcut temel duvarı yüzeylerinin temizliğine dikkat edilmiş ve mevcut temellere en az 30.0 – 35.0 cm girecek şekilde ve dış betonarmenin içinde en az 35.0 – 40.0 cm kalacak şekilde 50.0 cm düşey aralıklı yatayda da 40.0 cm – 50.0 cm aralıklı Φ 20 çelikle epoksili ankrajlar yapılmıştır.



Şekil 9.21 : Temel Donatılarının Yerleştirilmesi

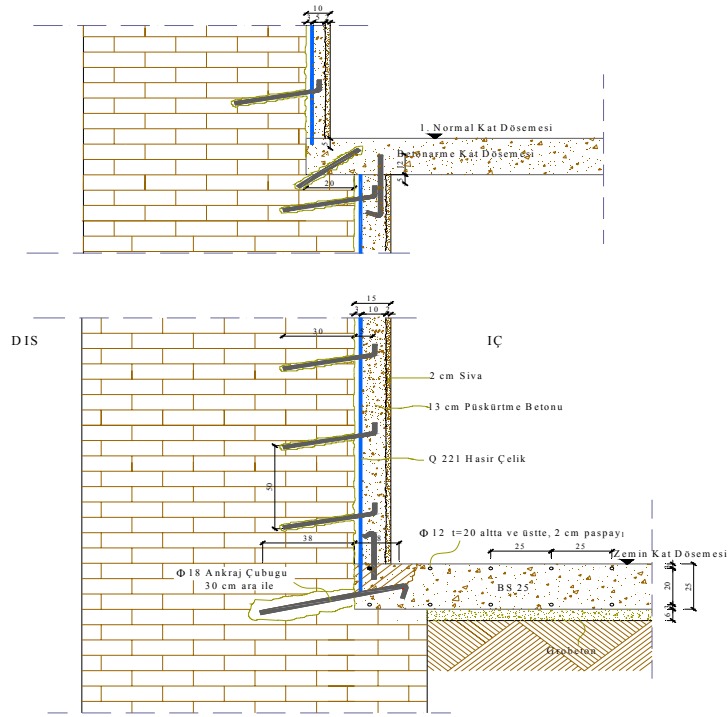
Yapıların ön cephelerinde deniz kenarındaki palplanşların ankraj demirlerinin sarıldığı betonarme korumaları kırılmamış ve kuşak perdesi içinde bırakılmıştır



Şekil 9.22 : Kuşak Perdesi İçine Bırakılan Betonarme Kirişler ve Temel Takviyesi
Tamamlanan Kuşak Perdesi Betonu

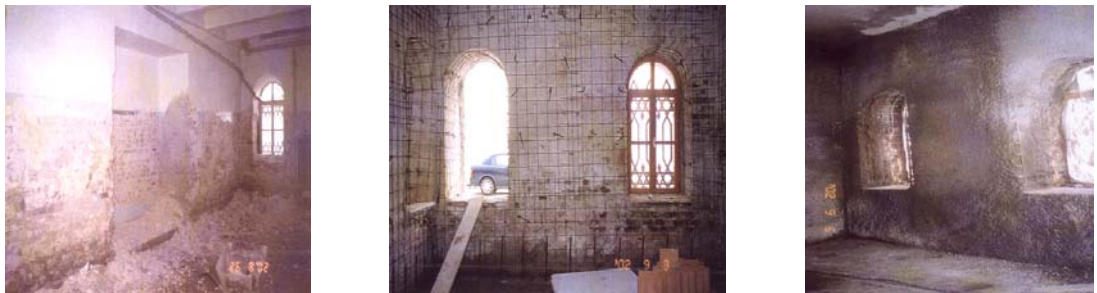
b) Taşıyıcı duvarlarının güçlendirilmesi

Kargir üst yapı taşıyıcı duvarlarının, zemin seviyesinde karşılıklı bağlantılı olmadığı saptandığından, bu taşıyıcı duvarların iç kuşaklarına oturan ve bu duvarlara epoksili ankrajlarla bağlanan 25.0 – 30.0 cm kalınlığında bir betonarme döşeme ile taşıyıcı duvarların bağlanması öngörülmüştür. Zemin döşemesinde kalınlıkları 35 – 40 cm’yi bulan dolgular uzaklaştırılmış ve 90 cm’lik duvarların 20 – 30 cm’lik iç nişleri açığa çıkarılmıştır. Bu nişlere konulan 35.0 – 40.0 cm dış duvar içinde kalan epoksili ankrajlar ile duvarları birbirine bağlayan 20.0 cm yatayda aralıklı, düşeyde 25.0 cm mesafeli iki sıra $\Phi 12$ donatı yerleştirilerek aralarına $\emptyset 150$ pimaş boru konularak enjeksiyonun ve jetgroutın yapılmasına imkan verecek şekilde donatı yerleştirilmiştir ve slump kontrollü BS25 kalitesinde beton dökülmüştür. Bu döşeme sayesinde taşıyıcı duvarların yatay bağlantıları sağlanmış, ayrıca toplam 30.0 cm’yi bulan betonarme döşemenin de zemin taşıma gücüne yardımcı olması sağlanmıştır. Duvar yüzlerine getirilen shotcrete perdeler de bu döşemeye dikine yerleştirilen ankrajlarla düşeyde ve yatayda bir bağlantı sağlanılmıştır.



Şekil 9.23 : Püskürtme Beton ve Çelik Hasır Takviye Detayı

Bütün katlarda taşıyıcı duvarlarda bir veya iki taraflı Q221 hasır çelik donatı, duvarlara epoksili ankrajlarla bağlanıp en az 10.0 cm kalınlığında püskürtme betonlu bir takviye yapılması öngörülmüştür (Şekil 9.23). Duvar yüzlerine Q221 hasır çelikleri, birbirlerine en az 20.0 cm bindirme sureti ile ek yaparak yerleştirilmiş, ek yerleri ve ankrajlara sıkı bir şekilde hasır çelikler bağlanmıştır.



Şekil 9.24 : Shotcrete Öncesi Duvar Sıvalarının Kaldırılması, Duvarlara Çelik Hasır ve Ankrajların Yerleştirilmesi ve Püskürtme Betonunun Tamamlanması

Bu işlemlerden önce, (Şekil 9.24)'te gösterildiği gibi duvar yüzleri iyice temizlenmiş tuğlalara yapışmış olan harçlar kaldırılmış ve bilhassa denize dik yöndeki taşıyıcı duvarlar üzerindeki zayıf harçlı bölgeler alınmış ve duvar hafif nemlendirilmiş halde shotcrete uygulaması yapılmıştır.

10. SONUÇLAR

Tarihi yapıların güçlendirme çalışmasının çıkış noktasını, ülkeler ve milletler için anıtsal, tarihsel ve hatta psikolojik değeri olan kültürel miras türü yapıların, geleceğe en doğru şekilde aktarma çabası oluşturmaktadır.

Daha açık bir ifadeyle, yapıyı özgün haliyle değerlendirip, ömrünü uzatmak esas amaç olmalıdır. Bunu başarmak için, yapı hakkında şu beş koşul yeterince irdelenmelidir:

1. Yapı Fiziği : Yapıdaki enerji ve madde akışı
2. Yapı kimyası : Yapıda mevcut ve muhtemel kimyasal reaksiyonlar
3. Yapı statığı/dinamiği : Yapının statik ve dinamik yükler altında davranışı; yapının, bünyesine eklenen ilavelere karşı gösterdiği tepki
4. Malzeme parametreleri : Yapıyı oluşturan malzemelerin mineralojik ve morfolojik özellikleri ile değişik yük ve etkiler altında malzemenin davranışı
5. Yapının mimari ve taşıyıcı sistem bütünlüğü
6. Bu veriler ışığında yapılacak müdahaleler, aşağıdaki -olmazsa olmaz- koşulları sağlamalıdır.
 - Uyum : Kullanılacak yöntem ve malzemeler yapı ile uyum içinde olmalıdır. Doku uyumsuzluğu ile birlikte yapıyı çürümeye ve/veya çökmeye götürecek müdahalelerden sakınılmalıdır.
 - Dayanıklılık : Onarımların ömrü, yapının ömrü kadar olmalı; bu başırlamıyorsa belli aralıklarla tekrarlanabilecek nitelikte olmalıdır.
 - Geriye dönülebilirlik : İyi niyetle başlanan onarım ve güçlendirme işi, yapılabilecek herhangi bir hata sonucunda kötü sonuçları da beraberinde getirebilir. Uzmanlık ve tecrübe gerektiren bu husus için, seçilen tekniğin geri dönülebilirlik esnekliği de göz ardı edilmemelidir.

- Etkinlik : Müdahale yönteminin istenilen sonuca ulaştığı, deneyler ve hesaplarla kanıtlanmalıdır (**Mutlu, 2006**).

Tarihi bir yapıyı güçlendirirken ,

1. Yapının mevcut durumunu tehlikeye düşürmeyecek bir güçlendirme yöntemi düşünülmelidir, bununla birlikte uygulanması zorunlu fakat yapı için tehlikeli olabilecek uygulamalarda mevcut durumu tehlikeye sokmamak için geçici önlemler düşünülmelidir.
2. Yapının üzerinde bulunduğu zemin koşulları iyileştirilmeli; temel zemininin ıslahı yapılmalıdır. Üst yapıyı oluşturan temel sistemi, kat döşemeleri, iç dış duvarlar, çatı ve çatı katı tek tek yeterli güvenlik düzeyine ulaşacak şekilde güçlendirilmelidir.

Kültür mirasını insanlığın ortak malı sayan anlayışlar giderek yaygınlaşıyor. Bu mirasın önemli bir bölümünü toprakları üstünde barındıran Türkiye için koruma, bu nedenle de büyük önem taşımaktadır. Tarihi kentlerin ve yerleşimlerin fiziksel, işlevsel ve ekonomik niteliklerini yitirme tehlikelerine karşı, bu kentlerin yeniden canlandırılması, soylulaştırılması, yeni işlevlerle zenginleştirilmesi gerekir **Dorath (2000)**. Devleti, yerel yönetimleri, sivil örgütleri, meslek kuruluşlarını bu konuda harekete geçirebilecek en güvenilir itici gücün, halkın bu alanda bilinç düzeyinin yükselmesi olduğu unutulmamalıdır. Her alanda olduğu gibi bu konuda da yükün büyüğü eğitim kurumlarına düşmektedir (**Keleş, 2003**).

Son olarak, Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP), Şubat 2005 te yayınlanmış ve tarihi yapılarla ilgili şu konulara değinilmiştir.

- Büyük bir bölümü yığma, ahşap ve bunların karışımından oluşan mevcut tarihi yapıların düşey yükler ve deprem etkileri altında taşıyıcı sistem güvenliklerinin belirlenmesi.
- Yeterli güvenliğe sahip olmayan tarihi yapılar için güçlendirme yöntemlerinin belirlenmesi.
- Tarihi yapılarda onarım ve güçlendirme uygulamalarında uyulacak kuralların oluşturulması.

Üç ana başlık altında toplanan bu konuların, temennide kalmaması, tarihi yapılar ile ilgili yönetmeliğin hazırlanması ve hayata geçirilmesi gerekmektedir. Dünya mirası olarak kabul edilen bu yapıların, sürekli bakım ve onarıma ihtiyaç duydukları bir gerçektir. Tarihi yapıları korumanın bir masrafı olacağı kesindir; fakat onun getireceği yarar, para ile ölçülemez.

KAYNAKLAR

- Akman, M.S., Güner, A., Aksoy, İ.H.,** 1986. The History and Properties of Khorosan Mortar and Concrete, Turkish and Islamic Science and Technology in the 16th.Century, Vol. I, s.101-112, I.T.U. Research Center of History of Science and Technology, İstanbul.
- Aköz, F.,** 2005. YGDA 2005-Yığma Kagir Yapılarda Hasar Tespiti, ODTÜ, Ankara
- Arun, G.,** 2005.YGDA 2005-Yığma Kagir Yapı Davranışı, ODTÜ, Ankara
- Arıoğlu, E., Arıoğlu, N.,** 1998. Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Arıoğlu, N., Tuğrul, A., Zarif, İ.H., Girgin, C. ve Arıoğlu, E.,** 1999. Küfeki taşının dayanıklılık analizi: Şehzade Camisi Örneği-I, Yapı Dergisi, No.214, 109-113.
- ASTM C 1196-92** (Reapproved 1997). Standart Test Method for In Situ Compresive Stress Within Solid Unit Masonary Estimated Using Flatjack Measurements.
- ASTM C 1531-03.** Standart Test Method for In Situ Measurement of Masonary Joint Shear Strength Index.
- Bayülke, N.,** 1992. Yığma Yapılar, T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara
- Bayülke, N.,** 2002. Yapıların Deprem Titreşimlerinden Yalıtımı, Sistem Ofset Yayınları, İstanbul.
- Bildiriler Kitabı,** 2002. Prof.Dr. Kemal Özden’i Anma Semineri, Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Alanında Gelişmeler.
- Binan, M.,** 1990. Ahşap Çatılar, Doğan Ofset, İstanbul
- Boynton, R.S.,** 1980. Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd Edition, John Willey & Sons, New York
- Böke, H., Saltık, E.N., Güçhan N.Ş., Özgönül, N.,** 1999. Osmanlı Dönemi Yapılarında Kullanılan Horasan Sıvaların Özelliklerinin Belirlenmesi, AFP projesi, 98.02.01.08, ODTÜ.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B.,** 2004. Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri, Yapı Dergisi, İstanbul

- Carino, N.J.**, 1991. Nondestructive Testing Of Concrete: History and Challenges, Concrete Technology Past, Present, and Future, Proceeding of V.Mohan Malhotra Symposium, sp-144-30 pp 623-678.
- Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, II. Baskı, İstanbul.
- Cowper, A.**, 1998. Lime and Lime Mortars, Donhead Publishing Ltd, Dorset (first published in 1927 for the Building Research Station by HM Stationary Office, London
- Çamlıbel, N.**, 1998. Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, İstanbul
- Çamlıbel, N.**, 2000. Temellerin Takviyesi, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Çamlıbel, N.**, 2000. Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, Birsen Yayınevi, İstanbul (a)
- DBYBHY**
- Denel, S.**, 1982. Batılılaşma Sürecinde İstanbul'da Tasarım, Dış Mekanlarda Değişim ve Nedenleri, ODTÜ Yayını, s.XL-XLV. Ankara.(Ebniye Beyannamesi, 28 Zilhicce 1264/1848).
- Dorath, N.**, 2000. A model of Conservation and Revitalization of Historic Urban Quarters in Northern Cyprus, (Unpublished Ph.D.Dissertation), Easten Mediterranean University, Gazimagusa.
- Eriç, M., Ünver, A., Ersoy, Y.H.**, 1990. Horasan Harcının Günümüzde de Kullanımını Sağlamak Amacıyla Yapılan Bir Araştırma. İstanbul.
- Gavrilovic, P., İgnatiev, N., Kremezis, P., Laszlo, N., Nedli, P., and Özmen, G.**, 1983. Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick – Masonry Buildings, Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region, Vienna.
- Kanca, A.G.**, 2004. Yığma Yapıların Depreme Karşı Dayanımları Beyoğlu Postane Hizmet Binası ve Beyoğlu Han Binası, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Keleş, R.**, 2003. Kültür Mirası İnsanlığın Ortak Malıdır, Mimar.İst. 2003/4
- Köseoğlu, S.**, 1986. Temeller Statiği ve Konstrüksiyonu II Yüzeysel Temeller, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul
- Kuban, D.**, 1998. Mimarlık Kavramları, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

- Lea, F.M.,** 1940. Investigations on Puzzolanas, Building Research, Technical Papers No. 27, s.1-63.
- Livingston, R.,** 1993. Materials Analysis of the Masonary of the Hagia Sophia Basilica, Structural Repair and Maintenance of Historic Buildings, II, s.15-32. (ed.C.A.Brebbia, R.J.B Frewer), Computational Mechanics Publications, Southampton, U.K.
- Lynch, G., Watt, D., Colston, B.,** 2002. The Conservation and Repair of Historic Decorative Brickwork, Proceedings of the RICS Foundation Construction and Building Research Conference, Nottingham Trent University, 5-6 September 2002
- Mardan, E.,** 2001. Kültürel Varlıkların Korunması, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara
- Massazza, F., Pezzuoli, M.,** 1981. Some Teachings of a Roman Concrete Mortars, Cement and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, Proceedings of Symposium in Rome, s.219-245.
- McClellan, G.H., Eades, J.L.,** 1970. The Texture Evolution of Limestone Calcinas, ASTM Special Technical Publication 472, American Society for Testing and Materials, s.209-227, Philadelphia.
- Medici, F., Piga, L., Rinaldi, G.,** 2000. Behaviour of Polyaminophenolic Additives in the Granulation of Lime and Fly-Ash, Waste Management, 20, s.491-498.
- Moorehead, D, R.,** 1986. Cemantation bye the Carbonation of Hydrated Lime, Cement and Concrete Research, 16, s.700-708.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K.,** 1995. Characterization of Ancient, Byzantine and Later Historic Mortars by Thermal and X-ray Diffraction Techniques, Thermochemica Acta, 269/270, s.779-795.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K.,** 2000a. Investigation of the Technology of Historic Mortars, Journal of Cultural Heritage, 1, s.45-58.
- Moropoulou, A., Cakmak, A., Biscontin, G., Bakolas, A., Zendri,E.,** 2002a. Advanced Byzantine Cement Based Composites Resisting Earthquake Stresses : The Crushed Brick-Lime Mortars of Justinians's Hagia Sophia, Construction and Building Materials, 16, s.543-552.

- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K.,** 2000b. Physico-chemical and Cohesion Bonds in Joint Mortars Imparting Durability to the Historic Structures, *Construction and Building Materials*, 14, s.35-46.
- Mutlu, M.Ü.,** 2006. Kişisel Görüşme
- Namlı, M.,** 2001. Tarihi Yapıların Temel Sistemleri ve Temel Takviyesi Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul
- Penelis, G., Venkov, V., Zambas, C., Csak, B., Popp, T., and Kuban, D.,** 1984. Repair and Strengthening of Historical Monuments and Buildings in Urban Nuclei, *Building Construction under Seismic Conditions in the Balkan Region*, Vienna.
- Peter, N.,** 1850. *Encyclopedia of Architecture*, 2 Vol., Fry & Co., New York
- Postacıoğlu, B.,** 1981. Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri-İç Yapı ve Mekanik Özellikler Cilt 1, İTÜ Matbaası
- Saraç, M.M.,** 2003. Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul
- Shi, C., Day, L.R.,** 1993. Acceleration of Strength Gain of Lime – Pozzolan Cements by Thermal Activation, *Cement and Concrete Research*, 23, s.824-832 .
- Shi, C., Day, L.R.,** 2001. Comparison of Different Methods for Enhancing Reactivity of Pozzolans, *Cement and Concrete Research*, 31, s.813-818.
- Sickels, L.B.,** 1981. Organics and Synthetics: Their Use as Additives in Mortars, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, *Proceedings of Symposium in Rome*, s.25-52, Rome
- Soygeniş, M.,** 1999. Yapı 2, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Spence, R.,** 1974. Lime and Surkhi Manufacture in India, *Appropriate Technology*, 1 (4), s.6-8.
- Toğrol, E.,** 1994. Temel Takviyesi Yöntemlerine yeni bir bakış, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği V. Ulusal Kongresi*, ODTÜ, Ankara, cilt III, 887-917.
- Toğrol, E., Özkan M.T., Ören, F., Özbatır, M.,** 1996. Fethi Ahmet Paşa Yalısı Temel Takviyesi, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Altıncı*

Ulusal Kongresi, Dokuz Eylül Üniversitesi Matbaası, İzmir, 426 - 431.

TS 704, 1979. Harman Tuğlası (Duvarlar için)

TS 705, 1985. Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli

TS 2510, 1977. Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları

TS 4563, 1998. Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Yatay Delikli

TS 10465, 1992. Beton Deney Metodları, Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini, Tahribatlı Metod.

Tunçoku, S.S., 2001. Characterization of Masonary Mortars Used in Some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir Yayınlanmamış Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Ulkay, S., 1978. Yapı Bilgisi, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul

UDAP, 2005. Ulusal Deprem Araştırma Programı, Strateji, Araştırma Alanları ve Ar-Ge Konuları Hazırlık Raporu, Ulusal Deprem Konseyi

Ünay, A.İ., 2000. Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı, ODTÜ, Ankara

Vincent, J. M., 2002. Kültür Mirasının Korunması ve Değerlendirilmesi

Yücesoy, L., 2001. Temeller Duvarlar Döşemeler, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, Birsen Yayınevi, 2. Baskı, İstanbul.

www.restorasyon.org

www.hatgroup.com

www.tolaymuhendislik.com

www.shunya.net

www.google.com

ÖZGEÇMİŞ

10.05.1977 yılında Rize/Merkez’de doğan Hasan Ali MAHREBEL, sırası ile Çayeli 9 Mart İlkokulu, Çayeli Ortaokulu ve Çayeli Lisesi’ni bitirmiş, 1996 yılında girdiği Samsun 19 Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 2000 yılında mezun olmuştur. Mart 2002-Temmuz 2003 yılları arasında Yedek Subay (16 ay) İstihkam Savaş Takım Komutanı olarak, askerlik görevini yerine getirmiştir. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Yapı Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans yapmaya hak kazanmıştır. Halen eğitimine devam etmektedir.