

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA ASPENDOS ANTİK TİYATROSU VE ANTALYA YİVLİ MİNARE
VE CAMİSİNİN RESTORASYON ÇALIŞMALARI SIRASINDAKİ ZEMİN
ETÜDÜNÜN ÖNEMİ**

Sinan TEK

**Danışman
Yrd.Doç. Dr. Ömür ÇİMEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOTEKNİK PROGRAMI**

ISPARTA – 2016



© 2016 [Sinan TEK]

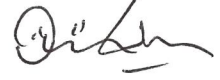
TEZ ONAYI

Sinan TEK tarafından hazırlanan “ **Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu ve Antalya Yivli Minare ve Camisinin Restorasyon Çalışmaları Sırasındaki Zemin Etüdünün Önemi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ömür ÇİMEN

Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Prof. Dr. S. Nilay KESKİN

Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr. İbrahim YİĞİT

Bülent Ecevit Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Doç.Dr.Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Sinan TEK



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	
2.1. Kültür Varlığı Tarihi Yapılarda Koruma Yaklaşımları.....	4
2.1.1. Dünyada koruma yaklaşımları	4
2.1.2. Ülkemizde koruma yaklaşımları	6
2.2. Kültür Varlığı Tarihi Yapı Türleri	7
2.3. Tarihi Yapılarda Kullanılan Yapı Malzemeleri	8
2.3.1. Doğal taş malzeme.....	8
2.3.2. Harçlar	9
2.3.2.1. Kireç harcı ve sıvaları.....	9
2.3.2.2. Horasan harcı ve sıvaları	11
2.3.3. Kâgir malzeme.....	14
2.3.4. Ahşap malzeme.....	14
2.3.5. Tuğla malzeme.....	14
2.4. Tarihi Yapıların Taşıyıcı Elemanları	15
2.4.1. Temeller.....	15
2.4.2. Düşey taşıyıcılar	16
2.4.3. Yatay taşıyıcılar (döşemeler)	16
2.4.4. Örtü elemanları	16
2.5. Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri.....	19
2.5.1. Zeminden kaynaklanan hasarlar	19
2.5.2. Taşıyıcı sistem tasarımındaki hatalar.....	22
2.5.3. Hatalı malzeme kullanımı.....	22
2.5.4. Kötü işçilik ve detay kullanımı.....	23
2.5.5. Uzun süreli doğal etkenler	23

2.5.6. Doğal afetler	24
2.5.7. İnsanların neden olduğu hasarlar	25
2.5.8. Hava kirliliği.....	25
2.5.9. Trafik	25
2.6. Tarihi Yapılara Etki eden Yükler.....	26
2.6.1. Tarihi yığma yapıların dinamik özellikleri	28
2.6.2. Depremlerin tarihi yapılar üzerindeki etkileri ve deprem hasarları	29
2.7. Tarihi Yapılarda Hasar Tespit Yöntemleri.....	34
2.7.1. Zeminle ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi.....	34
2.7.1.1. Geoteknik incelemeler.....	34
2.7.1.1.1. Zemin numuneleri alınması.....	35
2.7.1.1.2. Zemin sondajları ve sondaj sonuçlarının değerlendirilmesi	35
2.7.1.1.3. Temel oturmalarının gözlem ve değerlendirilmesi	36
2.7.1.2.4. Gözlem kuyuları.....	37
2.7.1.2.5. Yeraltı su seviyesinin belirlenmesi	37
2.7.2. Üst yapı ile ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi	38
2.7.2.1. Yapı üzerinde yapılan mekanik deneyler	38
2.7.2.2. Yapı ile ilgili yapılan araştırmalar.....	38
2.7.2.3. Yapı malzemesinin laboratuvar araştırılması	39
2.8. Tarihi Yapılarda Uygulanan Onarım ve Güçlendirme Teknikleri	39
2.8.1. Sağlamaştırma	39
2.8.1.1. Tarihi yapının yapıldığı malzemesinin güçlendirilmesi	39
2.8.1.2. Taşıyıcı sistemin sağlamaştırılması.....	47
2.8.1.3. Zeminin sağlamaştırılması	51
2.8.1.3.1. Temel altı zemininin ıslahı.....	52
2.8.1.3.2. Temelin güçlendirilmesi.....	52
2.8.2. Bütünleme.....	54
2.8.3. Yenileme.....	54
2.8.4. Yeniden yapım.....	54
2.8.5. Temizleme	55
2.8.6. Taşıma	57

3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	58
3.1. Antalya Yivli Minare ve Camii'nin Mevcut ve Yapısal Durumu.....	58
3.1.1. Yivli Minare Külliyesi ve tarihçesi.....	58
3.1.1.1.Yivli Minare Camii.....	58
3.1.1.2.Yivli Minare	60
3.1.2. Yapıda kullanılan yapı malzemeleri	61
3.1.2.1. Doğal taş malzeme.....	61
3.1.2.2.Harçlar	62
3.1.2.3. Tuğla malzeme	63
3.1.2.4. Çini malzeme.....	63
3.1.2.5. Ahşap malzeme.....	64
3.1.2.6. Spolyen malzeme.....	64
3.1.3.Yapıda oluşan hasarlar ve nedenleri	64
3.1.3.1. Deformasyon ve deplasmanlar	65
3.1.3.2. Çatlak ve yarıklar.....	66
3.1.3.3. Derz açılmaları ve boşalmaları	67
3.1.3.4. Gözlemlenen parça kayıpları	68
3.1.3.5. Nem ve tuz çıkışları.....	69
3.1.3.6. Bitkisel oluşumlar.....	69
3.1.3.7. Siyah tabaka oluşumları.....	70
3.1.4.Yapıların statik sisteminin incelenmesi	70
3.1.4.1. Yivli Minare Camii'nin statik sisteminin incelenmesi	70
3.1.4.2.Yivli Minarenin Statik Sisteminin İncelenmesi.....	71
3.1.5. Yapının zemin incelemeleri.....	73
3.1.5.1. Zemin etüt çalışmaları	73
3.1.5.2.Jeomorfolojik ve çevresel Bilgiler.....	74
3.1.5.3. İnceleme alanı mühendislik jeolojisi	75
3.1.5.4. Arazi Araştırmaları ve Deneyler.....	75
3.1.5.4.1.Sondaj Kuyuları.....	75
3.1.5.4.2.Yeraltı ve yerüstü suları.....	77
3.1.5.4.3.Arazi deneyleri	77
3.1.5.5. Laboratuvar deneyleri ve analizler	78
3.1.5.5.1.Zeminlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi.....	78
3.1.5.5.2. Zeminlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi.....	78

3.1.5.6. Mühendislik analizleri ve değerlendirmeler	79
3.2.4.6.1. Yapı-zemin ilişkisi.....	79
3.2.4.6.2. Zemin ve kaya türlerinin değerlendirilmesi.....	79
3.1.5.7. Doğal afet risklerinin değerlendirilmesi	79
3.2. Antalya Aspendos antik tiyatrosunun mevcut ve yapısal durumu	80
3.2.1. Aspendos tiyatrosunun tarihçe ve mimarisi.....	81
3.2.2. Yapıda kullanılan yapı malzemeleri	82
3.2.2.1. Doğal taş malzeme.....	82
3.2.2.2.Harçlar	84
3.2.2.3. Tuğla malzeme	85
3.2.3.Yapıda Oluşan Hasarlar ve Nedenleri	86
3.2.3.1. Deformasyon ve deplasmanlar	86
3.2.3.2. Çatlak ve yarıklar.....	89
3.2.3.3. Derz açılmaları ve boşalmaları	90
3.2.3.4. Gözlemlenen parça kayıpları	92
3.2.3.5. Nem ve tuz çıkışları	93
3.2.3.6. Bitkisel oluşumlar	94
3.2.3.7. Siyah tabaka oluşumları.....	95
3.2.4.Yapının statik sisteminin incelenmesi	95
3.2.4.1. Sahne arkası bölümünün incelenmesi.....	95
3.2.4.2.Cavea altındaki galerilerinin incelenmesi.....	99
3.2.5. Yapının zemin incelemeleri	102
3.2.5.1. Zemin etüt çalışmaları	102
3.2.5.2.Jeomorfolojik ve çevresel bilgiler	102
3.2.5.3. İnceleme alanı mühendislik jeolojisi	103
3.2.5.4. Arazi araştırmaları ve deneyler.....	104
3.2.5.4.1.Sondaj kuyuları.....	104
3.2.5.4.2.Yeraltı ve yerüstü suları.....	105
3.2.5.4.3.Arazi deneyleri	106
3.2.5.5. Laboratuvar deneyleri ve analizler	106
3.2.5.5.1.Zeminlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi.....	107
3.2.5.5.2. Zeminlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi.....	107
3.2.5.6. Mühendislik analizleri ve değerlendirmeler	108
3.2.5.7. Doğal afet risklerinin değerlendirilmesi	110

3.2.5.7.1. Deprem etkisi ve çekincesi	111
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	112
4.1. Antalya Yivli Minare ve Camisinin Mevcut ve Yapısal Durum	
İnceleme Sonuçları ve Restorasyon - Güçlendirilmesi	112
4.1.1. Yapısal ve statik inceleme sonuçları ve değerlendirmesi	112
4.1.1.1. Yapısal ve statik incelemeler sonucunda belirlenen hasarlar	113
4.1.2. Zemin etüt çalışmaları sonuçlarının geoteknik değerlendirilmesi	114
4.1.2.1. Zemin taşıma gücüne ait değerlendirme	114
4.1.2.2. Deprem etkisi	115
4.1.3. Yapının restorasyon ve güçlendirilmesi	115
4.1.3.1. Yapının yapısal güçlendirilmesi	116
4.1.3.1.1. Taban döşemesi uygulaması	117
4.1.3.1.2. Drenaj sistemi uygulaması	118
4.1.3.1.3. Enjeksiyon uygulaması	119
4.1.3.1.4. Metal kenet uygulaması	119
4.1.3.2. Yapıların restorasyonu	120
4.1.3.2.1. Örgüde eksilen kısımların tamamlanması	120
4.1.3.2.2. Derz onarımları	121
4.1.3.2.3. Duvarların bitki örtüsünden arındırılması	121
4.1.3.2.4. Neme karşı alınacak tedbirler	121
4.1.3.2.5. Birim malzemelerinin koruma ve onarımı	122
4.1.3.2.6. Niteliksiz onarımların kaldırılması	124
4.2. Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu Mevcut ve Yapısal Durum İnceleme	
Sonuçları ve Restorasyon - Güçlendirilmesi	124
4.2.1. Yapısal Ve Statik İnceleme Sonuçları ve Değerlendirmesi	124
4.2.1.1. Yapısal inceleme sonucunda belirlenen hasarlar	125
4.2.1.2. Yapının statik sisteminin inceleme sonuçları	125
4.2.2. Zemin etüt çalışmaları sonuçlarının geoteknik değerlendirilmesi	127
4.2.2.1. Zemin taşıma gücüne ait değerlendirme	127
4.2.2.2. Deprem etkisi	128
4.2.3. Yapının restorasyon ve güçlendirilmesi	129
4.2.3.1. Yapının yapısal güçlendirilmesi	129
4.2.3.2. Yapının restorasyonu	131

4.2.3.2.1.Örgüde eksilen kısımların tamamlanması	131
4.2.3.2.2.Derz onarımları	132
4.2.3.2.3.Duvarların bitki örtüsünden arındırılması	133
4.2.3.2.4. Neme karşı alınacak tedbirler.....	134
4.2.3.2.5. Taş malzemenin koruma ve onarımı	134
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	138
KAYNAKLAR	143
ÖZGEÇMİŞ	148



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANTALYA ASPENDOS ANTİK TİYATROSU VE ANTALYA YİVLİ MİNARE VE CAMİSİNİN RESTORASYON ÇALIŞMALARI SIRASINDAKİ ZEMİN ETÜDÜNÜN ÖNEMİ

Sinan TEK

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Geoteknik Programı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ömür ÇİMEN

Bu çalışmada; Antalya Yivli Minare ve Camisi ile Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu tarihi yapıları incelenmiştir. Tarihi eserler bir toplumun geçmişini anlatan en önemli kalıntılardır. Geçmiş yaşamları anlayabilmek için önemlidir. Tarihi eserlerden elde edilen veriler günümüzden binlerce yıl önce yaşamış bir toplum hakkında birçok bilgiye ulaşmamızda bize yardımcı olur. Geçmişe tanıklık yapmış tarihi eserlerin gelecek kuşaklara aktarılması için bu eserlerin korunması ve onarılması gerekir. Bu noktada zemin iyileştirmesi, restorasyon ve güçlendirme çalışmaları devreye girer. Tarihi eserin aslına uygun hale getirilmesi için yapılması gereken doğru çalışmayı kurallarına uygun bir şekilde yapmalıyız. Bilinçsizce yapılan onarımlar tarihi dokuya zarar vereceğinden yapılması uygun değildir. Eseri aslından çıkararak başka bir yapı haline getireceğinden gelecek nesillere de yanlış bilgiler aktarmış oluruz. Bu inceleme içerisinde söz konusu Tarihi yapıların tanımı; tarihi yapılarda kullanılan malzemeler ve özellikleri, tarihi yapılarda meydana gelen hasar incelenmiş ve zemin iyileştirmesi, restorasyon ve güçlendirme önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tarihi Yapılar, Restorasyon, Zemin İyileştirme, Temel Güçlendirme, Antalya Yivli Minare ve Camisi, Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu.

2016, 155 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

IMPORTANCE OF GROUND STUDIES DURING THE RESTORATION WORKS OF ASPENDOS ANCIENT THEATER-ANTALYA AND MINARET YIVLI AND ITS MOSQUE-ANTALYA

Sinan TEK

**University of Suleyman Demirel
Institute of Science
Faculty of Engineering Division of Civil Engineering
Geotechnical Programme**

Supervisor: Yrd.Doç. Dr. Ömür ÇİMEN

In this study , historical structures of the Minaret Yivli and its Mosque ,-Antalya- and Aspendos Ancient Theater -Antalya - have been observed. Historical artifacts are the most important ruins of a nation's past. And also they are important to understand of a nation's previous life. The knowledge,which obtained from the historical artifacts helps us to reach the information about the people who lived ages ago from now. In order to transfer the evidence of the historical artifacts' to the next generations, these artifacts are supposed to be protected and restored. At this point , ground improvement, restoration and strengthening work are moved in. We must do properly the historical artifacts restoration to conform to the original one according to the work rules. Inappropriate restoration will harm historic texture. As it will destroy the original structure of historical artifact , we will deliver the wrong informations to the next generations. In this study definition of historical structures,materials and specifications,which are used in them, and damages, which occurred in historical structures have been observed. Ground improvement, restoration and strengthening have been suggested.

Keywords: Historical structures; Restoration ;Ground Improvement; Ground Strengthening; The Minaret Yivli and its Mosque -Antalya ; Aspendos Ancient Theater Antalya ;

2016, 155 page

TEŞEKKÜR

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 Yrd. Doç. Dr. Ömür Çimen'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın gelişmesi sırasında manevi ve teknik desteklerini esirgemeyen Mimar Nuran Demirtaş'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarımda beni yalnız bırakmayan, Mimar Mesut Yılmaz'a teşekkür ederim.

Yıllar içinde desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen başta İnşaat mühendisi Sezgin Ramazanoğlu'na olmak üzere Antalya Vakıflar Bölge Müdürlüğü Sanat Eserleri ve Yapı İşleri Şube Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

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.

Sinan TEK
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Kemerin muhtelif kısımlarının isimleri	17
Şekil 2.2. Tonoz çeşitleri	18
Şekil 2.3. Ayasofya'nın kubbe kesiti	18
Şekil 2.4. Duvarlarda görülen çatlaklar	20
Şekil 2.5. Trafiğin yapılar üzerindeki etkisi.....	26
Şekil 2.6. Yığma yapılarda yatay kuvvetlerin dağılımı.....	29
Şekil 2.7. Döşemede oluşan gerilme dağılımı.....	30
Şekil 2.8. Yığma yapı duvarda çatlak oluşumu	30
Şekil 2.9. Çeşitli faktörlerin duvar çatlaklarına etkisi.....	31
Şekil 2.10. Yığma duvarların kırılma biçimleri	31
Şekil 2.11. Yapı köselerinin durumu	32
Şekil 2.12. Yığma yapı köşe hasar biçimleri	32
Şekil 2.13. Beden duvarların davranışı.....	33
Şekil 2.14. Yarım daire tonozda plastik mafsalların oluşması.....	34
Şekil 2.15. Çatlaklarda epoksi harcı uygulanması	41
Şekil 2.16. Duvardaki çatlakların çelik bar ya da dikiş elemanı ile giderilmesi.....	42
Şekil 2.17. Çatlak bölgesinin onarılması	42
Şekil 2.18. Duvarda oluşabilecek kamburlaşma	43
Şekil 2.19. Duvardaki hasarlı kısmın beton ya da grout ile doldurulması	43
Şekil 2.20. Tuğla örme ya da taş ekleme yöntemi	44
Şekil 2.21. Duvar köşelerinde oluşturulacak kolon için yapılan hazırlık.....	44
Şekil 2.22. Duvarda kolon oluşturulması.....	45
Şekil 2.23. Çelik levhalarla duvarın kuşaklanması	45
Şekil 2.24. Çelik levhalarla güçlendirme	45
Şekil 2.25. Yığma duvarda lifli polimer uygulama detayı.....	46
Şekil 2.26. Yığma duvarda lifli polimer uygulama detayı	46
Şekil 2.27. Sismik yalıtılmış bina ve normal bina	50
Şekil 2.28. Jet-Grout uygulaması.....	51
Şekil 2.29. Taş ocağından kütleler halinde getirilen taşların işlenmesi	55
Şekil 2.30. İşlenmiş taşların istiflenmesi ve montajı.....	55
Şekil 2.31. Kimyasal madde kullanımı	56
Şekil 2.32. Cephe temizliği yapılmış binalar	57

Şekil 3.1. Kaleiçi ve Yivli Minare Külliyesi'nin konumu	58
Şekil 3.2. Yivli Minare ve camisinin vaziyet planı.....	59
Şekil 3.3. 1935 Yılındaki caminin görünümü	59
Şekil 3.4. Yivli Minare ve caminin genel görünüm.....	60
Şekil 3.5. Yivli Minare Camii bölümünde taş malzeme kullanımı.....	61
Şekil 3.6. Yivli Minare kaidesinde kesme taş malzeme kullanımı	62
Şekil 3.7. Yivli Minare şerefe ve şerefe korkuluğunda kullanılan taş kaplamalar.....	62
Şekil 3.8. Yivli Minare çini malzeme kullanımı	63
Şekil 3.9. Dış cephede pencere lentosu olarak kullanılan Bizans dönemi spolienleri ...	64
Şekil 3.10. Yivli Minare rölöve çizimleri	65
Şekil 3.11. Yivli Minare Camii bölümündeki çatlak ve yarıklar	66
Şekil 3.12. Yivli Minare Camii bölümü duvarlarındaki çatlak ve yarıklar.....	66
Şekil 3.13. Yivli Minare iç duvarlarındaki çatlak ve yarıklar.....	67
Şekil 3.14. Yivli Minare taş duvar bölümlerinde derz açılmaları ve boşalmaları.....	67
Şekil 3.15. Yivli Minare tuğla bölümlerinde derz açılmaları ve boşalmaları	68
Şekil 3.16. Yivli Minare tuğla bölümlerindeki parça kayıpları	68
Şekil 3.17. Yivli Minare iç bölümlerindeki nem ve tuz çıkışları	69
Şekil 3.18. Yivli Minare Cami bölümündeki bitkisel oluşumlar	69
Şekil 3.19. Dış cephe bölümündeki siyah tabaka oluşumları.....	70
Şekil 3.20. Yivli Minare taşıyıcı sistem planı	71
Şekil 3.21. Antalya ili ve çevresinin genelleştirilmiş jeolojik stratigrafik kesiti	74
Şekil 3.22. Antalya ve çevresi deprem bölgeleri haritası.....	80
Şekil 3.23. Aspendos antik kenti yerleşim şeması	80
Şekil 3.24. Aspendos antik tiyatrosunun planı.....	82
Şekil 3.25. Yapıda mermer taş blok kullanımı.....	83
Şekil 3.26. Yapıda konglomera taş bloklarının kullanımı.....	83
Şekil 3.27. Yapıda kireçtaşı bloklarının kullanımı	84
Şekil 3.28. Yapıda derz harcı kullanımı.....	85
Şekil 3.29. Yapıda tuğla kullanımı.....	86
Şekil 3.30. Cavea bölümündeki oturma ve deformasyonlar	87
Şekil 3.31. Sahne binası cephesinde oluşmuş bozulma ve deformasyon.....	88
Şekil 3.32. Sahne binası duvarlarında oluşmuş deformasyonlar.....	88
Şekil 3.33. Yapıdaki 0.5 cm kadar olan çatlaklar	89
Şekil 3.34. Yapıdaki 0.5 – 2 cm. kadar olanlar çatlaklar	89

Şekil 3.35. Yapıdaki 0.5 – 2 cm. kadar olanlar çatlaklar	90
Şekil 3.36. Yapıdaki derz açılmaları.....	91
Şekil 3.37. Yapıdaki derz açılmaları taşların yatay yönde, üzeri sonradan kireçli bir harçla kapatılan (“U” şeklinde) kenet uygulaması	91
Şekil 3.38. Yapı beden duvarındaki derz boşalması	92
Şekil 3.39. Yapıda elemanlarındaki çeşitli parça kayıpları.....	93
Şekil 3.40. Yapıdaki nem ve tuz çıkışları	94
Şekil 3.41. Yapıdaki bitkisel oluşumlar	94
Şekil 3.42. Yapıdaki siyah tabaka oluşumları.....	95
Şekil 3.43. Kendi ağırlığı altında düşey gerilmeler.....	96
Şekil 3.44. Binanın kuzey köşesindeki oturmada kaynaklı çatlak ve onarım dikişleri	97
Şekil 3.45. Galeri-1 ‘in sonlu eleman modeli	100
Şekil 3.46. Galeri-1 tonozda olan en büyük gerilmeler	100
Şekil 3.47. Galeri-2 ‘in sonlu eleman modeli	101
Şekil 3.48. Galeri-2 tonozda olan en büyük gerilmeler	101
Şekil 3.49. Antalya ve çevresi deprem bölgeleri haritası.....	111
Şekil 4.1. Betonarme Çevre Hatılı Ve İç Döşeme Proje Detayı	118
Şekil 4.2. Betonarme çevre drenaj kanalları ve hatıl proje detayı.....	118
Şekil 4.3. Çatlakların enjeksiyon yöntemi ile onarımı.....	119
Şekil 4.4. Çatlak duvarın dikilerek onarılması.....	120
Şekil 4.5. FRP çubuk ve şeritlerden örnekler.....	130
Şekil 4.6. FRP çubukların uygulama detayının şematik çizimi	131

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri	9
Çizelge 2.2. Değişik adlarla anılan horsan harç karışımları.....	13
Çizelge 2.3. Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri.....	15
Çizelge 2.4. Lifli polimer ve çelik malzemelerin karşılaştırılması	46
Çizelge 3.1. Sondaj kuyu bilgileri.....	75
Çizelge 3.2. Sondaj kuyu RQD % leri	76
Çizelge 3.3. Kayaç kalitesi RQD ile J arasındaki ilişki	76
Çizelge 3.4. İzin verilebilir taşıma gücü (qa) değerleri.....	77
Çizelge 3.5. Vs kesme dalga hızına göre sınıflandırma	78
Çizelge 3.6. X (uzun yön) ve Y (Kısa yön) yönlerinde oluşan S12 ve S23 kesme gerilmeler	98
Çizelge 3.7. Duvarlarda X ve Y yönlerinde etkiyen depremi yükleri ve yapının kendi ağırlığı altında oluşan S22 gerilmeleri	99
Çizelge 3.8. Sondaj kuyu bilgileri (E: Elek analizi, A: Atterberg limitleri, q: Tek eksenli basma dayanım deneyi)	104
Çizelge 3.9. Kohezyonlu zeminlerde darbe sayısı ile kıvamlılık arasındaki bağıntı	104
Çizelge 3.10. Tek eksenli sıkışma dayanım sınıflaması	105
Çizelge 3.11. RQD yüzdesine göre kaya sınıflaması	105
Çizelge 3.12. RQD ortalama değerleri.....	105
Çizelge 3.13. Spt değerleri.....	106
Çizelge 3.14. Laboratuvar deney sonuçları tablosu	107
Çizelge 3.15. Laboratuvar deney sonuçları tablosu	107
Çizelge 3.16. Kohezyonlu (killi) zeminlerde kıvam ile serbest basınç direnci (qu) ve standart penetrasyon deneyi darbe sayısı "N" arasındaki bağıntı.....	108
Çizelge 3.17. Zemin grupları	109
Çizelge 3.18. Yerel zemin sınıfları	109
Çizelge 3.19. Spektrum karakteristik periyotlar	109
Çizelge 3.20. Etkin yer ivmesi katsayıları	110

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

c	Kohezyon
e	Boşluk oranı
N ₃₀	Standart – Penetrasyon deneyinde 30 cm’lik batma miktarı için gereken düşüş sayısı
ω	Tabii su muhtevası (%)
w _n	Doğal ağırlık (gr)
γ _n	Doğal birim hacim ağırlık (gr/cm ³)
φ	Kayma mukavemeti açısı
o	Göçme yüzeyine etkiyen normal gerilme
dh	Hacim kütlesi , değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın boşlukları dahil olmak üzere birim hacminin kütlesidir.
Gk	Değişmez kütle,taşın 110 °C (+ -) 5 °C sıcaklıktaki etüvde birbirini izleyen 4’er saatlik kurutmalar sonunda bulunan kütleleri arasındaki farkın, son tartımın % 0,1’i kadar veya daha az olduğu andaki kütlesidir.
do	Özgül kütle , değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın ,boşlukları hariç olmak üzere birim hacminin kütlesidir.
k	Doluluk oranı , değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taş ,boşlukları hariç hacminin (Vs)(dolu hacim) , boşlukları dahil hacmine (bütün hacim) oranıdır.
P	Porozite , değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın ,boşluk hacminin boşlukları dahil hacmine (bütün hacim) oranıdır.
Pg	Görünen Porozite , değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın absorbe edebildiği su miktarına tekabül eden hacminin, boşlukları dahil (bütün hacim) hacmine oranıdır.
Sk	Kütlece su emme oranı , değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın absorbe edebildiği su kütlesinin , taşın kütlesine oranıdır.
Sh	Hacimce su emme oranı , değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın absorbe edebildiği su hacminin , taşın boşlukları dahil (bütün hacim) hacmine oranıdır.
A	Kapiler su emme katsayısı (kg/(m ² *t ^{0.5}))

M	Kapiler su emme miktarı (kg/m^2)
ΔM	Diagramın doğrusal olduğu bölgede birim yüzeyden emilen kapiler su nedeniyle kütle artışı (kg/m^2)
$\Delta t^{1/2}$	Diagramın doğrusal olduğu bölgede zaman aralığı ($t^{0.5}$)'dir.
ΔM_{24}	Birim alandan emilen kapiler su nedeniyle 24 saat sonunda meydana gelen kütle artışı (kg/m^2)
$G_d = G_{dh}$	Suya doymun numunenin havadaki ağırlığı (gr)
G_{ds}	Doymun haldeki taşın su içindeki kütlesi (g) (suda)(Arşimet terazisi)
S_k	Taşın Kütlece su emme oranı (m/m , %)
$S_h : P_g$	Taşın Hacimce su emme oranı (görünen porozite, P_g) (v/v , %)
f_b	Taşın basınç muvakkemeti, kgf/cm^2 (N/mm^2)
P_k	Kırılmaya sebep olan en büyük yük, kgf (N)
A	Taşın yük uygulanan yüzünün alanı cm^2 (mm^2)
K_d	Sodyum Sülfat don kaybı (%)
G_o	Deney numunesinin başlangıç kütlesi (g)
G_1	Deneyden sonra parçalanmadan kalan deney numunesinin kütlesi (g)
d_o	Taşın özgül kütlesi (g/cm^3)
G_{pn}	(piknometre + deney numunesi) kütlesi (g)
G_p	Piknometre kütlesi (g)
G_{pns}	piknometre + deney numunesi + su kütlesi (g)
G_{ps}	Su ile dolu piknometre kütlesi (g)
F_d	Yapı Taşının basınç dayanımı
E_d	Taş duvarın elasisite modülü (kg/cm^2)
q_d	Temel sınır taşıma gücü (t/m^2)
$q_{e_{min}}$	Temel emniyetli taşıma gücü (t/m^2)
$K_1, K_2,$	Temel şekil katsayıları (Terzaghi)
N_c, N_q, N_γ	Terzaghi Taşıma gücü katsayıları
G_S	Güvenlik katsayısı
B	Temel genişliği (m)
P_o^1	Temel altındaki efektif gerilme ($D_f^* \gamma_n$) (t/m^2)

ΔH	Nihai oturma miktarı (cm ,m)
$\Delta \sigma$	Efektif gerilme artışı (kg/cm^2 , kN/m^2)
H	Tabaka kalınlığı (cm ,m)
Mv	Hacimsel sıkışma katsayısı (cm^2/kg)
q	Temel altında oluşan gerilme (t/m^2)
q _{max}	Temel altında oluşan maksimum gerilme (t/m^2)
q _{min}	Temel altında oluşan minimum gerilme (t/m^2)
H	Tabaka kalınlığı (m)
Z	Temel yüzeyinden tabaka ortasına kadar olan mesafe (m)
Is	Üniform şerit yükten oluşan gerilme artışları için gerilme azaltma katsayısı
$\Delta \sigma$	Düşey gerilme artışı (t/m^2)
m = B/z , n = A/z , K	Üniform yüklü dikdörtgen alanlarda düşey gerilme artışları için azaltma katsayısı (K) (A ve B) dikdörtgen temel boyu

1. GİRİŞ

Tarihi yapılar insanlığın çeşitli medeniyet evrelerinde değişik amaçlarla inşa ettiği, bugün insanlığın ortak mirası olarak korunması gereken ve gelecek kuşaklara aktarmak durumunda olduğumuz 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 kullanım ömürlerini 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.

Yılların yıpratıcı etkilerine ve doğal afetlere maruz kalmış tarihi yapılar genelde çok büyük sorunların etkisi altında olup, yıkılma ve yok olma riski altındadırlar. Kısmen de olsa onarılacak emniyete alınmış olan diğer kısmı da büyük çoğunlukla yanlış onarım ya da onarım döneminde uygun malzemeler bulunamaması nedeniyle ortaya çıkan sorunlarla baş etmek durumundadırlar.

Tarihi yapıların her ne şekilde olursa olsun özüne dokunulmadan, gerek taşıyıcı yapısında, gerekse süslemelerinde herhangi bir değişiklik yapmadan onarılması, takviyesi ve her türlü dış etkiye dayanıklı hale getirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu bağlamda onarım ve yenileme esnasında hiçbir elamanının orijinalinin değiştirilmemesi ya da yozlaştırılmaması gereklidir. Dolayısıyla yapılacak onarım ve takviye öğeleri orijinal elamanların içerilerine gizlenerek ya da kompozisyonlarını ıslah ederek yapılmalıdır. Tarihi yapıları güçlendirme ve takviye edilmesinde en önemli kural, yapılacak takviye ve güçlendirme elemanlarının zamanla değiştirilebilmesi, sökülüp yenilenme özelliğinde olmasıdır.

Tarihi eserlerin onarımı ile güçlendirilmelerini birbirinden ayırmak mümkün değildir. Zira güçlendirme operasyonları strüktürel onarımla birlikte yapılmalı ve taşıyıcı sistem içine gizlenmelidir. Daha sonra diğer tamirler yapılarak onarım tamamlanmalıdır. Bir tarihi eser onarımının birinci aşaması hasarların nedenlerinin doğru olarak tespit edilmesidir. Bunun için çatlak etütleri yapıp haritalanmalı ve bilgisayar modellemesi yapılarak çatlak nedeni olan çekme gerilmelerinin büyüklükleri olabildiğince sağlıklı olarak hesaplanmalı ve buna

bağlı olarak sağlıklı bir onarım-güçlendirme projesi hazırlanmalıdır. Onarıma her şeyden önce temel zemininin güçlendirilmesi ile başlanılmalıdır.

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 koruma ve restorasyon kavramlarının geçirdiği tarihsel süreç ile bu konuda çalışan mühendislerin bilmesi gereken kavramlar ile mevzuat kısaca anlatılmış, böylece koruma alanına katkıda bulunacak mühendislerde ilk önce bir koruma bilincinin oluşması hedeflenmiştir.

İkinci bölümün devamında 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 binalarla ilgili bölüm bu tür yapıların deprem güvenliği yönüyle irdelenmiştir. Devamında tarihi yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme teknikleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, Antalya Yivli Minare ve Camisi ve Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu'nda oluşan hasarların nedenleri ayrıntılı olarak araştırılması amacıyla yapıların mevcut durumu ve hasarları tespit edilmiş, temel ve zemin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla zemin

incelemesi yapılmıştır. Aspendos Antik Tiyatrosu'nun yapısal ve deprem davranışının belirlenmesi amacıyla sonlu elamanlar yöntemiyle modellemesi yapılarak incelenmiştir.

Dördüncü bölümde ise Antalya Yivli Minare ve Camisi ile Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu'nda yapılan incelemelerden elde edilen sonuçlar ve bilgilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Son olarak yapıların hasarlarını gidermek amacıyla restorasyon ve güçlendirme önerileri getirilmiş ve getirilen onarım ve güçlendirme önerilerinin ana ilkeleri belirlenmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Kültür Varlığı Tarihi Yapılarda Koruma Yaklaşımları

Kültür Varlığı Tarihi Yapılarda Korumanın, bilimsel teknik ve yöntemlerinin düşünsel kökenlerinin Avrupa’da gelişmeye başladığı ilk yıllarda Fransa, İngiltere ve İtalya’da “üslup birliğine varış” kaygısıyla yapılan gelişi güzel onarımlar tartışmalara yol açmış; tepki olarak hiç onarım yapılmamasını öneren “romantik görüş” ileri sürülmüştür. Günümüzde geçerli olan çağdaş koruma kuramının evrimi, konuyu olumsuz deneyimlerin ve gerçek sorunların ışığında irdeleyen düşünürlerin katkılarıyla tamamlanabilmiştir (Ahunbay,2011).

19. yüzyılın başlarında Avrupa’da başlayan kültür varlıklarının korunması düşüncesi, ülkemizde 19. yüzyıl sonlarında etkisini göstermeye başlamıştır. Günümüzde dünyadaki çağdaş koruma anlayışında etkili uluslararası tüzük ve yönetmeliklerde yer alan hükümler ve ilkeler ülkemizde de ilgili kurumlarca mümkün mertebe yakından izlenmekte ve ilkesel olarak benimsenmektedir.

2.1.1. Dünyada koruma yaklaşımları

Dünyada kültür varlıklarının korunması fikri ve hukuku Avrupa’da doğmuştur. Avrupa ülkelerinde özellikle anıtsal nitelik taşıyan kültür varlıklarının korunması için ilk tedbirler 18.yüzyıl sonlarında başlamış, 19. yüzyıla gelinceye dek tarihi yapılar estetik, işlevsel ve simgesel değerleriyle korunmuştur. 19. yüzyılda tüm dünya büyük bir değişime sahne olmuş, Sanayi Devrimi başlamış ve bunun sonucunda endüstrileşmenin etkisiyle tarihi bölgelerde oluşan köhneleşmeyi önlemenin yolu olarak tarihi dokunun ortadan kaldırılması uygun bulunmuş ve bu dönemde birçok tarihi yapı yok olmuştur(Gülhan ve Kayasu, 2005).

20.yüzyıla gelindiğinde tarihi yapıların korunması yönündeki çalışmalar başta İtalya ve Fransa olmak üzere Avrupa’da hızla yapılmaya başlanmıştır. 1904 yılında Madrid’de toplanan 6. Uluslararası Mimarlar Kongresi’nde mimari anıtların korunması ve onarımı için kararlar alınmıştır. Bu kararların sonucunda, anıtlar geçmiş uygarlıklara ait "ölü anıtlar" ile ilk yapım amaçlarına uygun olarak hizmetlerine devam eden "yaşayan anıtlar" olarak gruplandırılmıştır. Ölü anıtlar yok olmaları engellenecek şekilde sağlamlaştırılarak korunacak, yasayan anıtlar ise mimari bütünlüğü ve stili bozulmayacak şekilde onarılacaktır (Rüstemoğlu, 1998).

1931 yılında Atina konferansında ve aynı yıl İtalya’da çıkartılan Carte Del Restauration’da koruma ile ilgili benzerlik gösteren kararlar alınmıştır. Bu kararlar şunlardır;

- *Anıtlar onarılırken mimari bir bütünlük içinde ele alınmalı, anıtın çevresinin görünümünün korunması, bozulmasına neden olacak düzenlemelerden kaçınılması gerekir.*
- *Yıpranan anıtların korunmasında farklı disiplinlerin (fizik, kimya) ve diğer bilim dallarının da görüşleri alınacak, bir işbirliğine gidilecektir.*
- *Sağlamlaştırmada ise eski yöntemlerin yeterli olmadığı durumlarda yeni tekniklerden faydalanacaktır. Ancak bu müdahaleler son derece sade ve az olmalıdır.*

1957 yılında Fransa’nın başkenti Paris’te (Paris Kongresi), ‘Dünya Miras Antlaşması’ ile sonuçlanan büyük anıtların korunması ve kültür mirasının bütün insanlığa ait olduğu kararı da tarihi yapıların korunması yolunda büyük bir önem taşımaktadır.

Devamında 1964 yılında ülkemizin de arasında olduğu Venedik Tüzüğü çıkartılmıştır. Anayasa niteliğini taşıyan Venedik Tüzüğü, özellikle 1. maddesiyle “*korunması gerekli anıt*” kavramını, anıt ve çevresinden çok daha geniş bir boyuta taşımıştır. “*Tarihi anıt kavramı sadece bir mimari eseri içine almaz, bunun yanında belli bir uygarlığın, önemli bir gelişmenin ,tarihi bir olayın tanıklığını yapan kentsel ya da kırsal bir yerleşmeyi de kapsar. Bu kavram yalnız bir sanat eserlerini değil, ayrıca zamanın geçmesiyle kültürel anlam kazanmış daha basit eserleri de içine alır*” demektedir.

Venedik Tüzüğü’ nün restorasyon başlığı altında sıralanan ilkeleri kısaca şöyle özetlenebilir:

- *Restorasyon ile ilgili tüm işlemler ayrıntılı bir arkeolojik ve tarih araştırmasını izlemelidir. Yapının tarihi ile ilgili çalışmalarda yapının hangi tarihlerde inşaa edildiği, yapım sürecinde kesinti olup olmadığı, yapının ömründe uğradığı hasarların şeması ve mertebesi, yapıda gerçekleştirilen onarım ve güçlendirmelerin neler olduğu, yapının ve çevresinin kullanımında değişiklik olup olmadığı gibi sorulara yanıt aranmalıdır.*
- *Yapının onarım ve güçlendirilmesinde geleneksel yöntemlerin yetersiz kalması durumunda yeterliliği bilimsel bilgiler ve deneylerle gösterilmiş çağdaş yöntemler kullanılabilir. Restorasyonda uygunluğu tam olarak gösterilmemiş bir yöntemin kullanılması durumunda yapılacak işlemin geriye dönüştürülebilecek ya da gerektiğinde sökülüp düzeltilebilecek şekilde olması önerilmektedir. Restorasyonda her zaman özgün yapım yöntemlerinin ve malzeme özelliklerinin kullanılması tercih edilmelidir.*

- *Yapıda değişik periyotlara ait katkılar korunmalıdır. Restorasyonun amacı, tarzının ilk yapıldığı andaki şekline dönüştürülmesi değildir.*
- *Eksik parçalar ve bölümler, yapıya, yanlış anlamaya neden olmayacak ve özgün yapıdan farklı anlaşılabilecek şekilde birleştirilebilir.*
- *Restorasyon işlemi sırasında yapılan tüm işlemler ve uygulanan teknikler ayrıntılı biçimde belgelenmelidir.*

Bu tüzüğün ardından 1965 yılında kurulan "Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi" (ICOMOS) de, koruma konusunda alınan kararların takipçisi olan en önemli uluslar arası örgüttür. Kuruluşunda 15 üyenin yer aldığı ICOMOS, bugün içinde Türkiye'nin de üyesi bulunduğu (1974'den bu yana) uluslararası görüş alışverişlerinin yapıldığı bir ortam hazırlamaktadır. 1973 yılında alınan kararla, 1975 mimari miras yılı kutlamaları ve Amsterdam kongresi, Venedik tüzüğünün yerine geçmek üzere hazırlanmış bir çalışmadır. Burada Venedik tüzüğünden farklı olarak tek yapı yerine tarihi çevre ele alınmakta, ekonomik koşulların ve toplumsal yapının bütünlüğü gündeme getirilmektedir. ICOMOS'un uluslararası girişimlerinin yanında Unesco da, Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü olarak konuyla ilgili önemli çabalarda bulunmaktadır (Dalkılıç, 2004).

2.1.2. Ülkemizde koruma yaklaşımları

1924 yılında hükümet, 1917 yılında oluşturulan "Asar-ı Atika Encümen-i Daimisi" tüzüğünü, "İstanbul'da Müteşekkil Muhafaza-i Asar-ı Atika Encümeninin Teşkilat ve Vazifelerine Dair Talimatname" olarak değiştirerek 1. İstanbul Eski Eserler Encümeni'ni onaylar (Rüstemoğlu, 1998).

1940'lı yıllarda kurulan II. İstanbul Eski Eserler Encümeni'nin kuruluşunun bir yasaya dayanmaması nedeniyle ortaya çıkan güçlükler zaman içinde yasal bir kurulun doğmasına neden olmuş, 1951 yılında 5805 sayılı yasa ile Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu'nu doğurmuştur. Bu kurulun bünyesinde arkeolog, sanat tarihçisi, tarihçi, mimar ve Müzeler Genel Müdürü ile Vakıflar Genel Müdürü yer almıştır. Bu kurulun bünyesinde henüz şehirciler yoktur. 5805 sayılı Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu'nun (GEEAYK) oluşturulmasına dair yasanın çıktığı döneme kadar sadece eski eser tespiti yapılmaktadır. Bu tarihten sonra tespit ve tescil işlemleri artmıştır.

1960'lı yıllar dünyada koruma anlayışının önemli değişimlere uğradığı yıllara denk gelirken, Türkiye'de ise 1960'lı yıllar ülke yönetiminde de yeni bir dönemin başladığı yıllardır ve bu dönemin koruma konusunda en önemli olayı 1961 Anayasa'sıdır. Anayasanın 50. Maddesine

göre devlet, tarih ve kültür değeri olan eser ve anıtları korumakla yükümlüdür (restoratürk, 2011).

25.04.1973 ve 1710 sayılı “Eski Eserler” yasası ile tarihi eserlerin korunmasına ciddi ilk adım atılmıştır. Bu kanunun yürürlüğe girmesiyle birlikte kültürel miras ve kültürel çevremizin korunması ile ilgili çalışmalar 5805 ve 1710 sayılı yasalar kapsamında sürdürülmüştür. Bu kanunla taşınır ve taşınmaz eski eserlerin ayrıca, anıt, külliye, tarihi sit, arkeolojik sit, tabii sit kavramlarının ilk defa ayrıntılı tanımları ve kapsamaları belirtilmiştir (restoratürk, 2011).

1710 sayılı Eski Eserler Kanunu, 21 Temmuz 1983 yılında yürürlükten kaldırılmış, yerine 2863 Sayılı “Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu” yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla korunması gerekli taşınmaz kültür ve doğa varlıkları yeniden saptanmış ve GEEAYK kaldırılmıştır.

1987 yılında ise bu yasanın bazı maddelerindeki değişikliğe ilişkin 3386 sayılı yasa yürürlüğe girmiştir. 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu’nda "Anıt" kavramı değiştirilerek "Kültür Varlıkları" tanımlaması yapılmıştır.

Günümüzde tarihi yapıların restorasyonu ve korunması konusunda ilgili çeşitli kamu ve kamu dışı kuruluşlar bulunmaktadır. Her kuruluş kendileriyle ilgili eserlerdeki süreci 2863, 3386 ve 5734 sayılı kanun hükümleri çerçevesinde yürütmektedir. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Vakıflar Genel Müdürlüğü, Karayolları Genel Müdürlüğü, Özel İdareler, Milli Parklar Dairesi, Belediyeler, çeşitli yasal vakıflar ve dernekler ile özel mülk sahipleri de restorasyon konusunda çalışmalar yapmaktadır. T.C. Anayasası’nın 63. Maddesi’nde ‘*Devlet tarih, kültür ve tabiat varlıklarının ve değerlerinin korunmasını sağlar, bu amaçla destekleyici ve teşvik edici tedbirleri getirmiştir*’ ifadesi bulunmaktadır (Saraç, 2000).

2.2. Kültür Varlığı Tarihi Yapı Türleri

Kültür varlığı olarak kabul edilen tarihi yapıları, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu’nun 660 sayılı ilke kararında iki guruba ayrılarak ele alınmıştır. İlk gurubu “*kendi başlarına bir tarihi ve estetik değer taşıyan*” yapılar olarak tanımlanan anıtsal yapılar oluşturmaktadır, ikinci gurubu ise “*kentlerin tarihi kimliğini oluşturan kentsel sitlerin öğeleri*” olarak tanımlanan çevresel değerli yapılar oluşturmaktadır (Madran ve Özgönül, 2011). İlk gurubu oluşturan anıtsal yapıları, Haydarpaşa Garı, Süleymaniye Camii, Divriği Ulucami’si, Ayasofya, Didim Apollon Tapınağı ve Aspendos Tiyatrosu gibi insanların

öyaşadıkları dönemlerde, kültürlerini yansıttıkları ve çeşitli işlevlere yönelik tek başına ya da içindeki birçok yapıyla beraber bir külliyeinin parçası olarak inşa ettikleri yapılar örnek verilebilir. İkinci gurubu oluşturan çevresel değerli yapılara ise, Safranbolu kenti, Mardin kenti, Efes antik kenti ve Çatal Höyük gibi farklı dönemlerde yaşamış olan insanların kültürlerini yansıtan, kentlerin dokusunu oluşturan sivil mimarlık ürünü konut/konut gurupları örnek verilebilir.

Kültür varlığı olarak kabul edilen tarihi yapılarını standart bir sınıflandırma sistemi bulunmamaktadır. Ancak bir sınıflandırma yapacak olur isek; malzemelerine türüne göre (taş, tuğla, ahşap, çelik, karma yapılar), taşıyıcı sistem türüne göre ve kullanım türüne göre (dini yapılar, sağlık yapıları, kültür yapıları, ulaştırma yapıları, eğitim yapıları, ticaret yapıları, idari yapılar, savunma yapıları, özel yapılar ve diğer yapılar) olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırma yapabiliriz.

2.3. Tarihi Yapılarda Kullanılan Yapı Malzemeleri

2.3.1. Doğal taş malzeme

Doğal taş, insanlar tarafından bilinen ve kullanılan en eski yapı malzemelerinden birisidir. 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 $E = (14\sim30) \times 10^3 \text{ MPa}$ iken, granitin elastisite modülü $E = (15\sim70) \times 10^3 \text{ MPa}$ mertebesindedir. Elastisite modülünün bilinmesi taşıyıcı elemanın yüklenmesi sonucu yaptığı sehîm hesabı için gereklidir (Çamlıbel, 2000).

Çizelge 2.1. Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (MPa)	KaymaDayanımı (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	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, rüzgâr, su...) kaynaklanan çatlaklar, aşınmalar ve bozulmalar meydana gelebilir.

Tarihi yapıların restorasyonunda kullanılacak taşlar ocak taşı olmalı ve bünyelerinde çatlak kısımlar olmamalıdır. Ocak taşı hazırlanmasında dinamit kullanılmalıdır. Hava etkisi ile ayrılmış veya ayrılmaya başlamış kısımlar bulunmamalıdır. Ocağın yüzeyinden çıkarılan taşların bozulmuş veya rengi değişmiş kısımları taş ocağında temizlenmelidir. Bünyeleri bozulmuş, rengi değişmiş taşlar inşaat mahalline getirilmemelidir. Yapı yerine getirilmiş taşlarda hiçbir yerinde bozulmuş, ayrılmış veya renk değiştirmiş parçasının olmaması şarttır.

2.3.2. Harçlar

2.3.2.1. 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 vd., 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 (Ca(OH)_2) dönüşmektedir. Bu ürün, sönmüş kireç olarak

adlandırılmaktadır. Kirecin sönmesi için havada %15 oranında nisbi nemin olması yeterlidir (Boynnton, 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 yanısıra, 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, 1998).

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 (tüf, 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 zıncı, hayvan tutkalı, bitki suları, kazein gibi malzemelerdir (Sickels, 1981).

Katkı malzemelerinden arap zıncı, 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 kırılganlığı azaltarak harcın çalışabilirliğini arttırmaktadırlar (Medici vd., 2000).

2.3.2.2.Horasan harcı ve sıvaları

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 vd., 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 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 ise 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 yapımı ara verirlerdi. Horasanın sertleşme sürecini azaltmak ve dayanımını kısa sürede kazanabilmesini sağlamak 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 vd., 1986; Böke vd., 1999; Moropoulou vd., 2000; Moropoulou vd., 2002).

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 (Akman vd., 1986; Böke vd., 1999; Moropoulou vd., 2000; Moropoulou vd., 2002).

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 oluşu kubbenin depreme daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır (Livingston, 1993; Moropoulou vd., 2002).

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 Akman vd. tarafından yapılmıştır (Akman vd., 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 önemlidir. Onarım amaçlı horasan harcı hazırlamaya yönelik çalışmaların kısa süreli olması ve kireç ile karıştırılan tuğlaların doğru seçilememesinden dolayı amacına ulaştığını söylemek güçtür (Böke vd., 2004).

Osmanlı döneminde horasan harcı hazırlamada kullanılacak tuğlaların yeni ve iyi pişirilmiş olması koşulu şartnamelerde belirtilmiştir (Denel,1982). Buradaki iyi pişirilme, tuğlaların hammaddesi olan killerin tamamının amorf hale dönüşümünün sağlanmasının gerekliliği ile açıklanabilir (Böke vd., 2004). En fazla amorf malzemenin elde edildiği sıcaklığın 550-600 °C da gerçekleştiği bilinmektedir (Moropoulou vd., 2002). 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 vd., 2002). Bu koşulların eski şartnamelerde yer alması, horasan harcı ve sıvasının hazırlanmasıyla ilgili oluşan yılların deneyimini ve birikimini ifade etmektedir. Bu birikim çimentonun yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte yok olmuştur (Böke vd., 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 vd., 2004).

Horasan harcıyla ilgili yapılan araştırmalarda aynı amaçlı fakat değişik adlarla anılan karışımlar saptanmıştır. Bu horasan harç karışımları aşağıda Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Değişik adlarla anılan horasan harç karışımları (Eriç vd., 1990).

Horasan Harç Karışımları			
1. Geleneksel Horasan Harcı	2. Kum Horasan Harcı	3. Lökün	4. Horasan Sıvası
a) Dinlendirilmiş kireç + Yumurta akı + Horasan pirinci + Su b) 1 Kireç Kaymağı + 1 Yıkanmış kavrulmuş kum + ½ Alçı + Su c) 2 Kireç + 1 Horasan + Bir miktar dişli kum + Bir miktar meşe külü + Su	a) Dövülmüş kireç + Yumurta akı + Kum + Horasan pirinci + Su olup, karma süresi uzundur.	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	a) Yumurta akı + Alçı + Tuz + Kireç b) 2 Horasan + ½ Perdah kumu + ½ Beyaz çimento + ½ Kireç şerbeti (öneri)

2.3.3. Kâgir malzeme

Doğal taş veya pişmiş toprağın (tuğlanın) bir bağlayıcı harçla birlikte kullanılması ile elde edilen malzemeye kâgir adı verilir. Monolitik taşıyıcı elemanlar (duvar, destekler), kemer, tonoz, kubbe vb. kâgir malzeme ile yapılır. Kâgir malzeme heterojen bir malzemedir. Birim ağırlığı 21 ~ 22 kN/m³ arasında değişmektedir. Kâgir malzemenin taşıma gücü yapımında gösterilen özene, yapı taşına, harca, yapım tekniğine, çevre şartlarına ve zamana bağlıdır (Çamlıbel, 2000).

Kâgir malzeme, basınca belli limitlerde dayanır. Kâgirin çekmeye karşı dayanımı çok az ve bu malzemenin mukavemeti, içindeki bağlayıcı harcın mukavemetine eşdeğerdir. Bağlayıcı kireç harcı olan kâgir malzemede basınç emniyet gerilmesi, $\sigma = 0.2 - 0.6$ MPa, horasan harçlı kâgir malzeme de ise tahmini $\sigma = 1.5 \sim 3$ MPa mertebesindedir. Horasanın dayanımının, düşük dozajlı bir çimento harcın dayanımı civarında olması gerektiği varsayımı yapılabilir (Saraç, 2003).

2.3.4. Ahşap malzeme

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

2.3.5. Tuğla malzeme

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

Tuğlayı oluşturan malzemenin kalitesini kullanılan harç ve tuğlanın örülme düzeni tuğlanın dayanımını belirler. Tuğlaların basınç dayanımı malzeme özelliklerine bağlı olarak 10 MPa' dan 30 MPa' ya 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).

Çizelge 2.3. Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri.

Basınç Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kayma Dayanımı (MPa)
10-30	2.5-5	10-20

2.4. Tarihi Yapıların Taşıyıcı Elemanları

Genel olarak yapıların taşıyıcı sistemini oluşturan yapısal elemanların asıl görevi, üzerlerine etki eden yükleri temele oradan da oturduğu doğal zemine aktarmaktır. Taşıyıcı sistem bir yapının genel formunu ve fonksiyonunu belirleyen bir unsurdur. Bir yapının yapısal formu, örttüğü mekanın geometrik şekli olarak tanımlanabilir.

Tarihi yapılarda taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elemanları temeller, düşey taşıyıcı elemanlar, yatay taşıyıcı elemanlar ve örtü elemanları olmak üzere dört başlık altında toplayarak incelenebilir.

2.4.1. Temeller

Temeller yapının kendi ağırlığını, kullanım yüklerini, kar, rüzgar ve deprem yüklerini zemine ileten taşıyıcı elemanlardır (Bayülke, 1992). Tarihi yapılarda kullanılan temel sistemleri günümüzdeki yapı temellerinden oldukça farklıdır. Eski çağlarda yapı tekniği ilkel olduğundan bugünkü anlamda temel sistemlerinden söz edilemez (Çamlıbel, 2000). Tarihi yapı temellerini basit olarak yüzeysel temeller ve derin temeller olarak iki türde toplayabiliriz.

Yüzeysel temeller genellikle sağlam zeminlerde yapılmış olup, bu temel türleri ayrı ve sürekli olabilmektedir. Ayrı temeller ayak ve kolon altındaki bölümlerde kullanılmış, duvarların altında ise sürekli temeller tercih edilmiştir. Ayrı 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 dolgu, yumuşak veya sulu zeminlerde zemine çakılan kazıkların oluşturduğu bir temel sistemidir. Bazı örneklerde kazıklar ahşap bir ızgara ile birbirine bağlanmıştır

(Bahtiyar, 1998). Ahşap kazıklar genellikle su içerisinde bulunduğundan ve hava ile temas etmediğinden bozulmamıştır (Çamlıbel, 2000).

2.4.2. Düşey taşıyıcılar

Düşey taşıyıcılar sürekli ve tekil taşıyıcılar olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu elemanlar üst örtüden gelen yükleri temellere aktarırlar.

Sürekli taşıyıcı elemanlar (duvarlar), yüklerin temellere aktarılmasında aracı görevinde bulunan duvarların, öncelikle yeterli dayanıklılığa sahip olması gerekmektedir. Duvarın kesitini belirleyen faktörler, mekân örtüsünden gelen eğik ve yanal deprem yükleridir. Bu nedenle geleneksel yapılarda duvar genişliği arttırılmıştır.

Sütun ve ayaklar mekân örtü yüklerinin tekil noktalardan iletilmesi halinde düşey taşıyıcılar ayak ve sütunlardan oluşur. Bu elemanlar biçimlerine göre ayak veya sütun (kolon) olarak adlandırılmaktadır. Sütun (kolon), genellikle tek parçalıdır. Ayak ise en kesiti daha büyük olan ve duvar gibi örülerek yapılan bir düşey taşıyıcıdır.

2.4.3. Yatay taşıyıcılar (döşemeler)

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

Taş yapılarda kullanılmış olan diğer bir döşeme türü ise ahşap kirişli döşemelerdir. Bunlar belirli aralıklarla enine ve boyuna atılmış olan ahşap kirişlerden oluşmaktadırlar. Bu kirişlerin üzeri yine ahşap ile kaplanmaktadır (Bahtiyar, 1998).

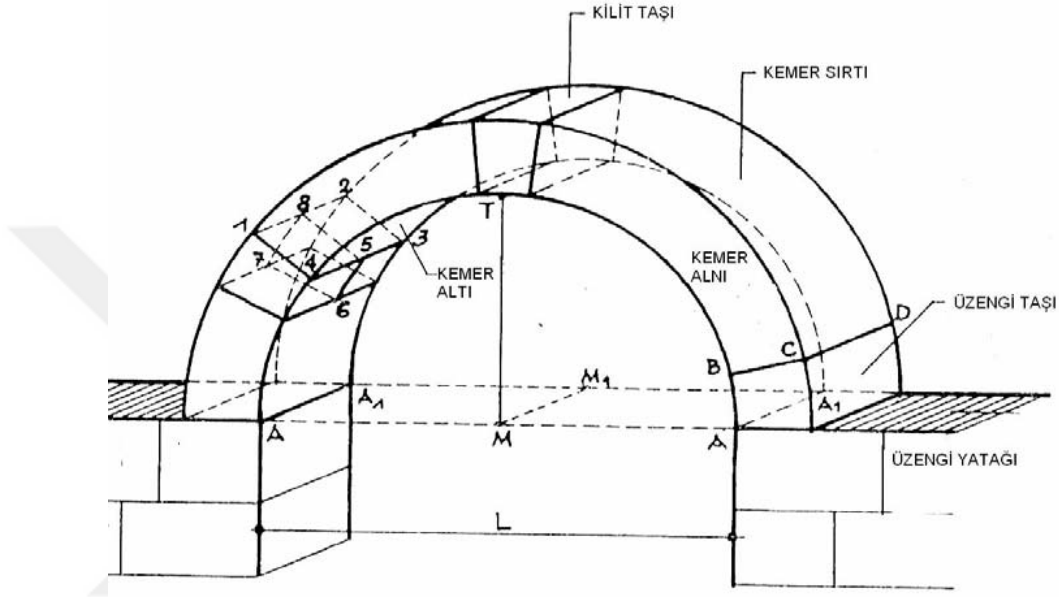
2.4.4. Örtü elemanları

Örtü sisteminin belirlenmesindeki en önemli etken, desteksiz olarak en büyük açıklığı geçebilmek olmuştur. Bu amaçla her devirde değişik taşıyıcı sistemler denenmiştir. Örtü elemanı olarak kemer, kubbe ve tonoz kullanılmıştır.

Kemer, iki sütun veya iki ayak arasındaki bir açıklığın üstünü örtmek için uçları bu sütun veya ayaklara oturmak üzere yay şeklinde yapılan ahşap, maden ya da kâgir yapı elemanıdır.

Mesnetlerinde gergi çekme çubukları olabildiği gibi gergi elemansız da yapılabilmektedir. Gergi çubuksuz yapıların mutlaka güçlü duvarlara oturtulmuş olmaları şarttır veya ayak kısımlarında ağırlık kuleleri gerekmektedir.

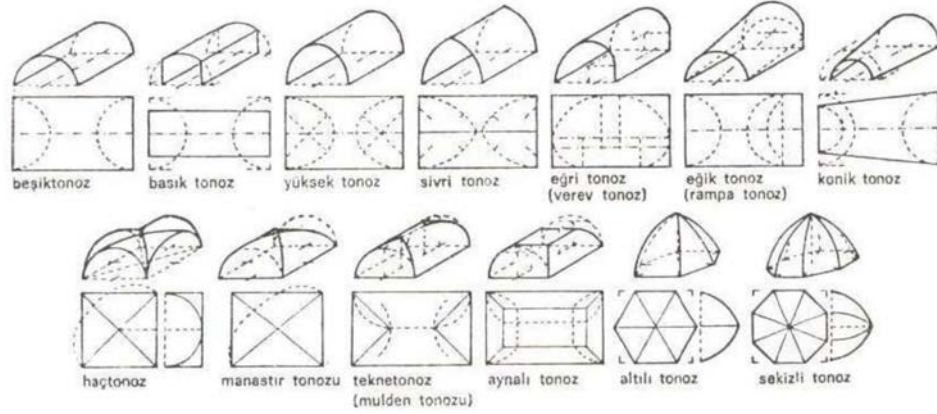
Tarihi yapılarda hep uygulanan dış yüzeyi taş kaplamalı tuğla duvar kemerler, deprem bölgelerinde mutlaka takviye edilmelidir (Şekil 2.1.) (Bahtiyar, 1998).



Şekil 2.1. Kemerin muhtelif kısımlarının isimleri

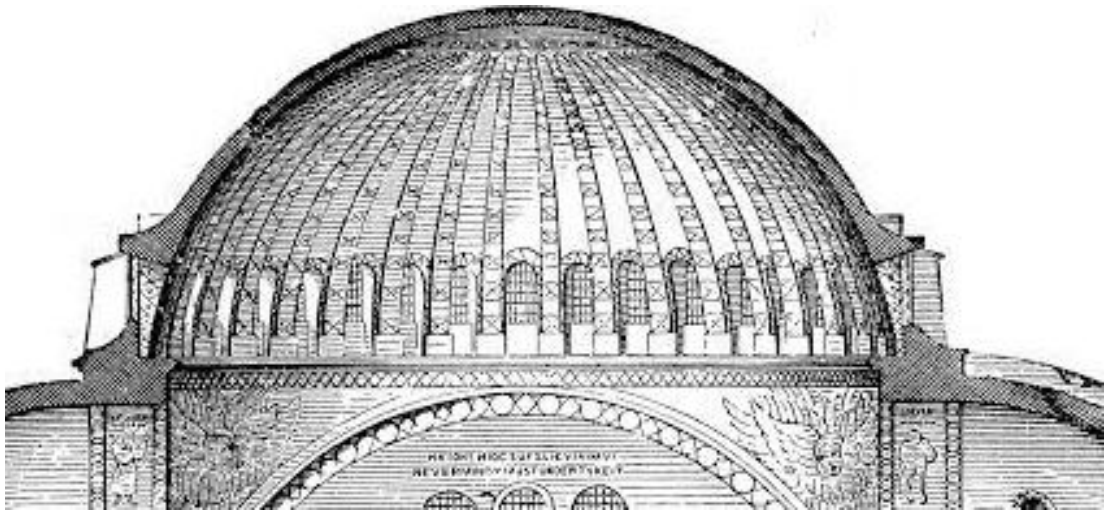
Tonoz, bir kemerin kendi düzleminde, dik doğrultusunda ötelenmesi sonucu meydana gelen ve yükleri, kemerlerin yük taşıma prensibi ilkesine göre taşıyan, aynı zamanda da kabuk özelliği gösteren tek eğrilikli yapı elemanıdır. Tonozlarda basınç kuvvetlerinden ötürü basınç gerilmeleri oluşur (Ünay, 2002).

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 (Şekil 2.2.) (Saraç, 2003).



Şekil 2.2. Tonoz çeşitleri.

Kubbe, bir kemerin yayının tepe noktasından inen dik eksenin çevresinde dönmesi ile meydana gelir. Kubbeler mesnetlerinde sürekli taşıyıcı elemana gerek duyar. Bu nedenle dairesel bir mesnede oturması gerekir. Dairesel mesneden dış çemberi boyunca çekme kuvveti mevcuttur. Kubbenin basıklığı kubbe yüksekliğinin kubbe çapına oranıdır. Basıklık arttıkça yatay yük vektörel düzlenmekte, yük değeri artmaktadır. Kubbenin bu yapısal özelliğini bilerek oluşturduğu kuvvetleri iyi mesnetlendirmek gerekmektedir. Kubbe yapıların en ağır kütleleridir. Oturdıkları yapı sisteminin her iki yönde simetrik oluşması gerekmektedir. Sistemin tam simetrik olmadığı kubbeli yapılarda büyük burulmalar oluşur (Şekil 2.3.) (Bahtiyar, 1998).



Şekil 2.3. Ayasofya'nın kubbe kesiti.

2.5. Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri

2.5.1. Zeminden kaynaklanan hasarlar

Tarihi yapıda olması muhtemel zemin deformasyonlarının yeterli şekilde araştırılmamasının sebeplerinden en önemlisi yapının yüzlerce yıldır aynı zemine oturduğu ve bu sebepten zemin oturmalarının son bulmuş olması gerektiği düşüncesidir. Bundan ötürü de yapıda artık oturma probleminin olamayacağı düşüncesidir. Bu düşüncenin kısmen geçersiz olduğu çoğu tarihi yapıda yapılan incelemeler sonucunda anlaşılmıştır.

Söz konusu tarihi yapıların çok uzun yıllar önce inşa edildikleri dikkate alınarak, ilk yapım tarihinde zemine uygulanan gerilmeler altında oturmaların tamamlanmış olacağı göz önüne alınmalıdır. Dolayısıyla, sonradan ortaya çıkan oturmaların, temel zemininde ve temel elemanlarında bozulmalara yol açabilecek nedenlerden veya zemine aktarılan gerilmelerdeki artışlardan kaynaklanması olasılığı daha gerçekçi görünmektedir (Özaydın, 2013).

Tarihi yapılarda, üst yapıdan aktarılan gerilmelerde artış olmadığı halde temel taşıma gücüne ilişkin sorunlar ortaya çıkması durumunda, zemin özelliklerinde bozulma veya temel altı zeminde stabilite bozukluklarının meydana gelmesi olasılığı yanında, temel derinliğinin azalmasına yol açan nedenler gibi çevresel değişikliklerin etkileri de araştırılmalıdır (Özaydın, 2013).

Tarihi yapılarda görülen zemin kaynaklı hasarlar; oturmalar, ayrışmalar, kabarma ve şişme, parça kopması, çatlaklar ve kaymalardır. Oturmalar, yeterli zemin kırılması güvenliği altında zemin tabakalarının, farklı büyüklük ve yönde etkiyen kuvvetlerin etkisiyle sıkışması sonucu oluşur. Yatay kuvvetler de oturmalar 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).

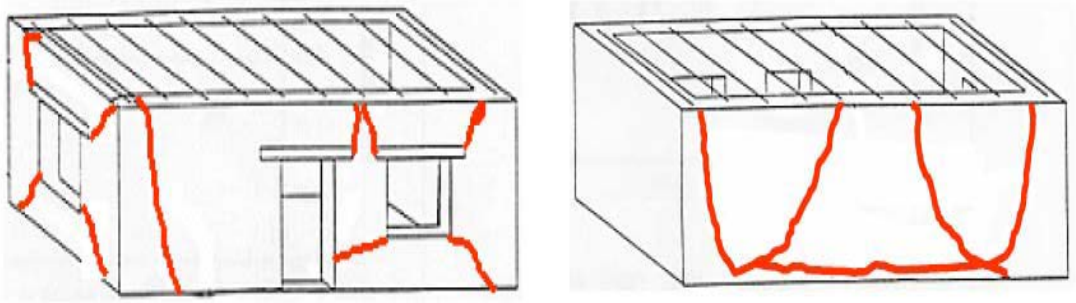
Temel oturmalarının başlıca nedenleri; yer altı suyunun alçalıp yükselmesi, yapıdaki yük sisteminin değişmesi veya yapıda yapılacak değişiklikler, kazıkların deformasyonu, hava ile teması veya çevre faktörleri sonucu çürümesi, yapı çevresinde yapılan kazılar, etrafında bırakılan çukurlar ve dinamik etkiler, titreşimler olarak sıralayabiliriz (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 düşünölmelidir (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 2.4a). 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 2.4b).



(a)

(b)

Şekil 2.4. Duvarlarda görölen çatlaklar

Basınç ve kayma gerilmelerinin yoğunlaştığı bölgelerde paralel çatlaklara, çekme gerilmelerinin oluştuğu 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. Taban oturma esnasında 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 durumu 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 nazaranda 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.

2.5.2. Taşıyıcı sistem tasarımındaki hatalar

Yapıların inşası sırasında yetersiz kesitlerin seçilmesi, temellerin farklı kotlara oturtulması, yük dağılımının iyi yapılmaması gibi strüktürel tasarım hataları yapıda zaman içinde ciddi hasarlara neden olabilir. 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 anıtlara İstanbul Ayasofya güzel bir örnektir. 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 MS. 558 yılında geçirdiği ilk deprem sonrasında çökmüştür.

2.5.3. 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. Ancak tarihi yapılar inşa edildikleri dönemin siyasi, ekonomik ve benzeri nedenlerden dolayı iyi malzeme ile inşa edilmemiş olabildikleri de unutulmamalıdır.

Kullanılan malzemelerin (taş, tuğla, kerpiç, ağaç) iyi nitelikli olmaması yapıların bozulmasını hızlandırmaktadır. Örnek olarak taşın muhteşimiyatında 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.

Tarihi yapılarda en çok kullanılan doğal malzeme taştır. Taşın mineralojik yapısı itibariyle bünyesel dayanıklılığı yeterli olsa bile bazen ona uygun olmayan kimyasal yapıdaki harçlarla birlikte kullanımı durumunda sorunlar çıkabilir. Farklı özellik ve birleşimlere sahip taşlardan yapılmış mimari elemanların, üst üste kullanılmaları durumunda birbirini etkilemeleri

sonucu bozulmaları hızlanarak taş eser üzerinde dökülmeler ve lekeler meydana gelir (Erguvanlı, 1978). Yapının inşa aşamasında nakliye unsurunun zor olduğu şartlarda yakın ocaklardan temin edilen farklı nitelikteki taşların yapıda birlikte kullanılması birbirleri arasında olumsuz etkileşimlere yol açarak yapının stabilitesini bozucu sonuçlar doğurabilmektedir.

2.5.4. Kötü işçilik 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.

2.5.5. 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 fazlaştırdığı 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 ve üstünde incir, aylandız gibi

ağaçların kök salıp geliştiği gözlenmektedir. Rüzgar, özellikle deniz tuzu ve kumlarla birlikte 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.

2.5.6. Doğal afetler

Tarihi yapılarda, inşa edilmiş oldukları yer kabuğunda ve atmosferde oluşan doğa olayları çok büyük kuvvetler ortaya çıkarırlar. Bu kuvvetler mimari kalıntı ve eserlerin fiziksel bütünlüğünün bozulmasına neden olan büyük yapısal hasarlara neden olmaktadır. Doğal afetler olarak deprem, volkanik patlama, toprak kayması, çığ düşmesi, su baskınları ve fırtına gibi doğa olayları sayılabilir

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 etkileyen 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.

Depremin 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 taşkınlarından etkilenmişlerdir. Hızlı ve güçlü akıntılar, seller köprü ayaklarında hasarlara neden olurlar.

2.5.7. İnsanların neden olduğu hasarlar

Arkeolojik alandaki mimari kalıntı ve eserleri, inşa edilmiş olan insan, hatalı tasarım, hatalı kullanım, kirlilik, Vandalizm, savaş, yangın turizm gibi etkenlerle, onun

bozulmasında yine büyük rol oynar (Orbaşlı, 2008). Bunlar insan kaynaklı bozulma nedenleri olarak sıralanabilir (Zakar ve Eyüpgiller, 2015).

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

2.5.8. Hava kirliliği

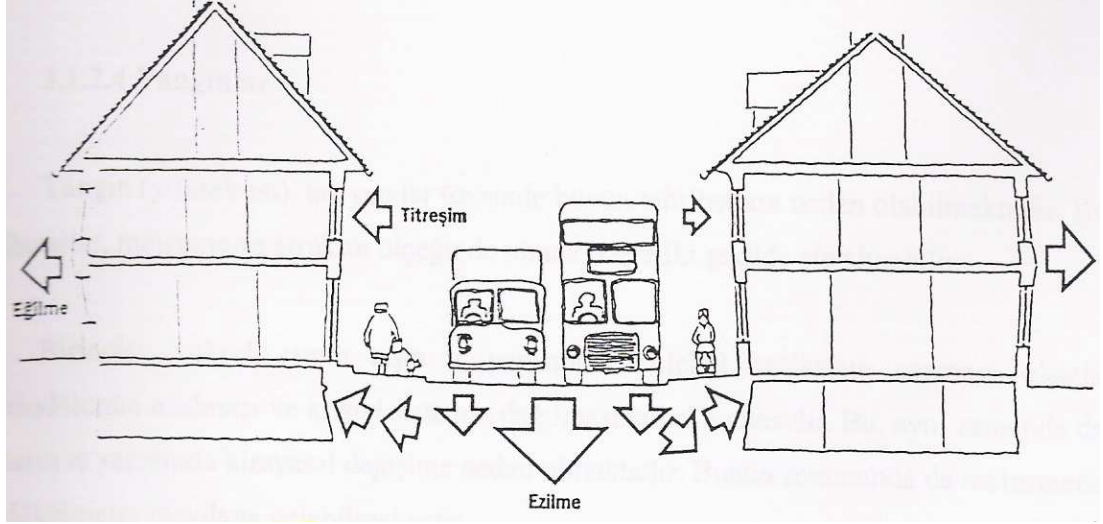
Endüstriyel gelişme, yeni yapılaşma, ulaşım gibi faktörler hava kirliliğinin giderek artmasında büyük rol oynamıştır. Atmosferik kirlenmenin ana nedenleri; fabrika, santral bacaları veya araba egzozlarından çıkan partiküller (tozlar, kumlar), dumanlar (kurum, is) ve zehirli gazlardır. Kirlenmeye bağlı olarak atmosferin doğal bileşiminin değişmesi bu olgunun yağmur ve kar suyu içine nüfuz edip bu doğa olayları meydana geldiğinde yapıların cephesinde siyah yapışkan bir tabaka oluşmasına sebep olur (Ahunbay,2011).

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 ve 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.

2.5.9. Trafik

Özellikle kentsel sit alanlarında insan ve at arabasına göre düzenlenmiş olan yolları motorlu araçların da kullanmaya başlaması; yapı oturumları, cumba hasarları, titreşim yaparak günden güne zarar verme gibi hasarlara neden olabilmektedir (Şekil 2.5). Kara trafiğinin yanında hava, deniz ve yer altı ulaşım yolları da taşınmaz kültür varlıklarına zarar verebilmektedir (Ahunbay,2011).



Şekil 2.5. Trafiğin Yapılar Üzerindeki Etkisi.

2.6. Tarihi Yapılara Etki Eden Yükler

Tarihi yapılara etki eden düşey yükleri sabit ve hareketli olarak ayırmaktayız. Sabit yükler yapının kendi ağırlığından oluşan düşey kuvvetlerdir. Hareketli yükler kar yükü, insan ağırlığı, binadaki yapı harici malzemelerin ağırlıklarının oluşturduğu düşey yüklerdir. Rüzgâr yükleri de yapılar için önemli değerlere ulaşabilmektedir. Tarihi yapılarda örneğin minarelerde belli bir yükseklikte rüzgâr yükü önem arz etmektedir. Deprem yükleri yapıların boyutlandırılabilmesi için hesaplarda yatay etkilediği kabul edilmiştir. Aslında deprem kuvvetleri zeminin hareketi esnasında zemine ankastre bağlı yapılarda oluşan hareket enerjisinin zemin hareketinin durması ile yapının bu enerjiyi söndürmesidir. Yer hareketi aynı zamanda yön değiştirebilmektedir. Bu etki yapılarda darbeli kuvvet etkisi oluşturmaktadır. Deprem darbeli tesirini en iyi anlatmanın yolu ahşap yapıların yapımında kullanılan payandalardır. Anadolu'daki bu ustalık tarihi yapılarda yapının deprem darbelerinden esnemesi sağlamak içindir. Ayrıca tarihi yapılarda karşılaştığımız bir diğer usul yapının yüklerinin zemine aktaran temelleri, dönebilen tek taşlardan yapılmaktadır. Bu tip yapı ustalıkları depreme dayanıklı yapı yapma tekniği olarak eski dönemlerde teknik olarak kullanıldığı düşünülmektedir (Bayraktar, 2006).

Tarihi yapılarda kubbelerin zeminle birlikte hareket ettirilmesi tarihi yapıların en önemli problemidir. Kubbe yüklerini zemine aktarmak için payandalar ve yarım kubbeler yapılmış, kubbenin zeminle birlikte hareket etmesi sağlanmıştır. Tarihi yapılarda beden duvarları temelden itibaren kalın kesitli olarak yapıların son katmanlarına kadar yükseltilmiştir. Beden duvarlarındaki kalın kesitlerin seçilmesinin sebebi düşey yükleri taşımaktan ziyade yatay

deprem yük vektörünün yönünün, duvar ağırlık yük vektörü ile düşey yönlendirmek içindir. Deprem yükleri için oluşturulan akslarda yatay deprem yük vektörü beden duvarı temeli dışına çıkmamasıdır (Bayraktar,2006).

Tarihi yapılarda yüklerin zemine aktarılması yapıda eğilme ve çekme oluşturmayacak biçimde şekillendirilmiştir. Mekânları örtmek için kubbeler, tonozlar yapılmış, açıklıkları geçmek için kemerler düşünülmüştür. Yatayda düşey yük taşıyıcıları ve yükleri yönlendirici olarak kubbe, tonoz, kemerler kullanılmış. Yatayda bu yük taşıyıcıları, kesitlerinde eğilme momenti ve çekme gerilmesi oluşmayacak şekilde form verilmiştir. Aynı maksatla yatayda oluşacak yük vektörlerini düşeye yönlendirmek için ağırlık kuleleri düşünülmüştür. Taş malzemesinin kısmen de olsa çekme kuvveti taşıdığı düşünülerek eğilme momenti oluşan yerlerde yekpare taş konulduğu görülmektedir. Demir en önemli çekme elemanı olmuştur. Fakat teknolojinin olmaması sebebiyle alanda kullanım olanağı bulmamıştır (Bayraktar,2006).

Düşey yük taşıyıcı olarak kâgir duvarlar kullanılmıştır. Kâgir duvarlar taş tuğla veya kerpiçten yapılmıştır. Duvar yaparken taş ve tuğlalara muhtelif şekiller verilerek basınç gerilmelerine karşı dayanıklılığı arttırılmıştır (Bayraktar, 2006).

Deprem yükleri geçmişten günümüze kadar yapıları yıkan, insanların canına ve malına zarar veren doğal felaketlerin başında gelir. Yapıların depreme karşı güvenliğini sağlamada enerji dağılımını gösterir formülden yararlanılmaktadır (Ünay, 2002);

$$E = E1 + E2 + E3 + E4 \quad (2.1)$$

Burada; E : Depremden yapıya iletilen enerji miktarı, $E1$: Yapının sahip olduğu kinetik enerji miktarı, $E2$: Yapının sahip olduğu potansiyel enerji miktarı, $E3$: Yapıda iç sönümleme ile yutulan enerji miktarı ve $E4$: Yapıda plastik deformasyonlarla yutulan enerji miktarı olarak gösterilmiştir.

Rijit yapılarda elastik deformasyon yapma kabiliyeti çok az, iç sönümleme oranları çok düşüktür. Bu sebeple rijit yapıya iletilen enerjinin tümü kinetik enerjiye dönüşür ve yapıyı hasara uğratar (Çamlıbel,1992).

Bir yapının tasarımında ya da güçlendirilmesinde elastik davranış göz önünde bulundurularak, olası bir deprem sonrası yapıda kalıcı bir hasar olmasını önlemek mümkündür. Ancak bu tür bir tasarım için gerekli olan dayanım çok yüksek olacağı için bu

özüm ekonomik açıdan uygun değildir. Bunun yerine yapının elastik ötesi davranış göstermesine yani bir miktar hasar görmesine izin verilir. Ancak azaltılmış deprem kuvvetleri ile tasarım yapılırken yapının maruz kalacağı hasar her zaman kontrol altında tutulmalıdır. Bu, deprem yer hareketi özelliklerinin yapısal hasar üzerindeki etkilerinin çok iyi bilinmesini gerektirir (Wasti vd., 1997).

2.6.1. Tarihi yığma yapıların dinamik özellikleri

Tarihi yapılar genellikle ağır ve rijit yapılardır. Deprem etkilerine karşı rijit cisim davranışı gösterirler. Yatay zemin hareketleri sonucu her bir nokta yaklaşık aynı deplasmanı yapar. Titreşim periyotları çok düşük olup $T= 0,15- 0,45$ sn. arasında değişir. Ağır olmaları sonucu deprem kuvvetleri de çok büyük olur. Bu nedenle deprem riski bu tür yapılarda çok büyüktür (Çamlıbel, 1992).

$$T = (0.10 - 0.07)N \quad (2.2)$$

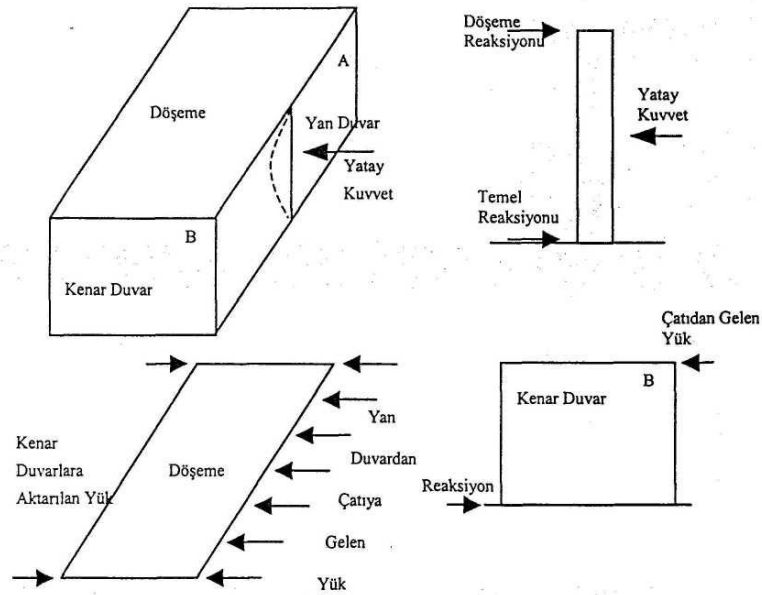
Burada; T : Titreşim periyotları ve N : Kat adedidir. Örneğin 20 katlı betonarme bir yapının periyodu 1.6-2.0 saniye civarında olur. Betonarme yapıların periyotları çok sayıda ölçüm ile saptanabilmesine karşın yığma yapılar için sınırlı sayıda ölçüm yapılabilmektedir. Bu ölçümlere dayanarak yukarıdakine benzer şekilde şöyle bir formül verilebilir.

$$T = (0.035)N \quad (2.3)$$

Burada; T : Titreşim periyotları ve N : kat adedidir. Bu yapı periyotlarının 0.05-0.20 saniye arasında değişebileceği kabulü genellemenin ötesine geçmemelidir. Bu değerlerde yığma yapıların rijit yapılar olduğunu göstermektedir. Sağlam zeminlerde kısa periyotlu yapılara büyük ivmelerin geldiği, yumuşak zeminlerde ise uzun periyotlu yapılara büyük ivmelerin geldiği görülmektedir. Yığma yapılar kısa periyotlu yapılar olduğundan depremde büyük ivmelerin gelmesini önlemek için yumuşak zeminlere yapılması daha uygun olacaktır. Gerçekten bir çok depremde sağlam zemin üzerindeki yığma yapıların daha çok hasar gördüğü gözlenmiştir. Yığma yapılar rijit olmalarının yanında gevrek niteliktedirler. Kırılma ve çatlama olduktan sonra yığma yapılar taşıma güçlerini hızla yitirirken betonarme binalarda çatlama ve kırılmadan sonra taşıma gücü kaybı yavaş bir biçimde azalır, aniden oluşmaz. Yapı çatladıktan sonra bir süre eski yük taşıma gücünü korur (Kaya,2003).

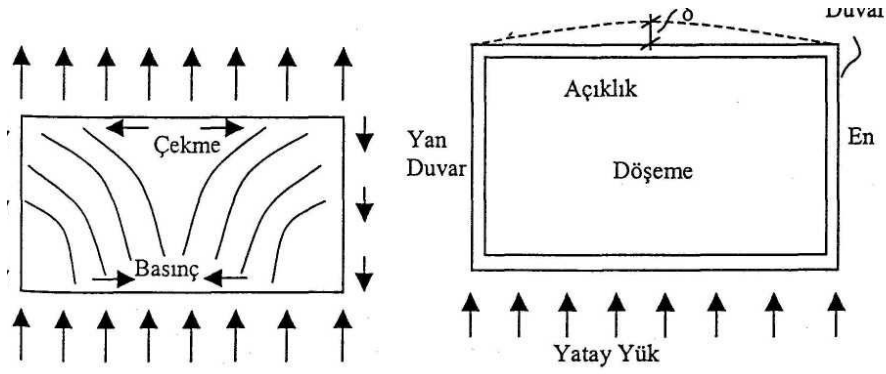
2.6.2. Depremlerin tarihi yapılar üzerindeki etkileri ve deprem hasarları

Kâgir yapıların düşey yüklere ve yatay deprem yüklerine dayanımı duvar geometrisine, kullanılan malzeme dayanımına, yığma blokların birleştirilme şekline bağlıdır. Deprem sırasında yığma kâgir yapılarda karşılaşılan başlıca hasarlar: Duvarların düzlemi içinde kesme çatlaklarının oluşması, düzlemi dışında devrilmesi, duvarların köselerden ayrılması ve döşemelerin duvarlardan ayrılıp yıkılmasıdır (Görün,2005). Depremde yığma yapılara gelen yatay kuvvetler düşey elemanlar tarafından alınır. Yığma yapılar depreme karşı tepkilerini deprem kuvvetinin olduğu yöndeki paralel duvarlar sayesinde karşılarlar. Şöyle ki, deprem kuvvetine dik yöndeki duvarlar temelden ve üst döşemeden mesnetli bir kiriş gibi davranarak kendisine gelen kuvvetin bir kısmını temele bir kısmını ise döşemeye aktarır (Sekil 2.6). Üst döşeme ise bu duvarlardan gelen kuvvetleri ve kendi kuvvetini yandaki duvarlara yani depreme paralel yöndeki duvarlara aktarır. Döşeme yan duvarlara mesnetli kiriş gibi davranır.



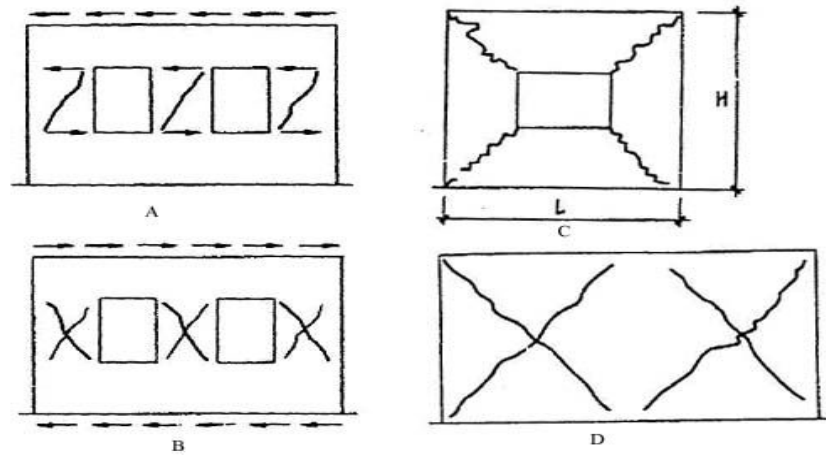
Şekil 2.6. Yığma yapılarda yatay kuvvetlerin dağılımı

Burada sözü edilen biçimde bir kuvvet aktarılması işleminin gerçekleşebilmesi için çatı ya da kat döşemesinin belli bir rijitliğinin olması yani kendisinin deformasyon yapmaması gerekir (Sekil 2.7).



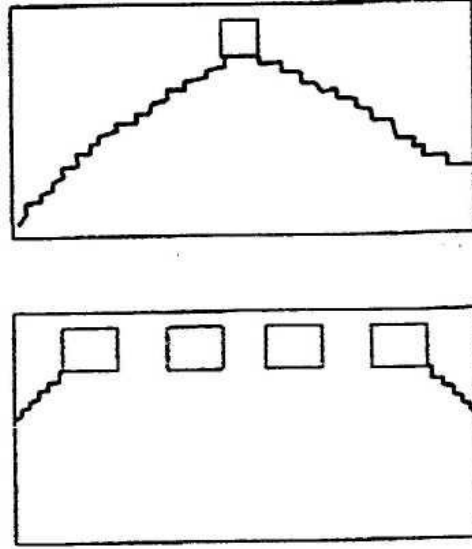
Şekil 2.7. Döşemede oluşan gerilme dağılımı

Bu durumda yatay kuvvetler duvarlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağılabilirler. Ancak bu işi değişik döşemeler değişik güçlükte başarırlar. Bu işi en iyi başaran betonarme döşemedir. Yığma yapılardan beklenen kutu davranışının sağlanmasında döşeme rijitliği önemlidir. Duvar yüksekliği fazla olduğunda da bu davranış sağlanamayabilir. Depreme paralel yöndeki bu duvarlar ise döşemeden gelen kuvvetler ile temel reaksiyonu etkisi altında kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu yüzden kâgir yapılarda deprem yükünün zemine aktarılması esnasında duvarda kesme gerilmeleri oluşur. Duvarın kesme dayanımı aşılsa dolu duvarda 45derecelik eğik çekme çatlakları oluşur. Büyük düşey basınç gerilmeleri varsa bu açı 45 dereceden daha büyük olur. Deprem iki yönlü hareket olduğundan diğer yönde de eğik çekme çatlakları oluşur. Eğik çekme çatlakları bir kere duvarı zayıflatıktan sonra duvar daha önce bir problem olmadan taşıyabildiği düşey yükleri de taşıyamamaktadır. Böylece eğik çekme çatlaklarından sonra düşey basınç çatlakları da oluşmaktadır (Yiğitöl, 2001) (Şekil 2.8).



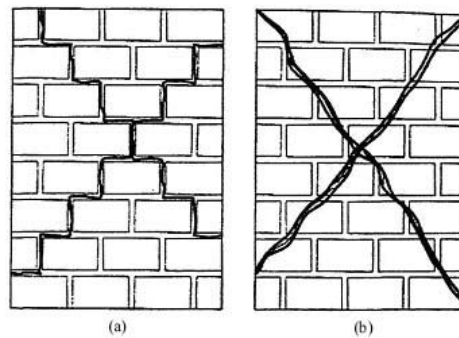
Şekil 2.8. Yığma yapı duvarda çatlak oluşumu

Yapı titreşimine neden olan kuvvetler çatlakları oluşturdukça yapıdaki dinamik karakteristikler değişir; doğal frekans azalır ve yer değiştirmeler artar. Yanal hareket devam ettikçe düşey yük ve sürtünme etkisiyle çatlaklar birbirini kesip duvar yüzeyinde bağımsız duvar blokları oluşturur ve çatlaklar doğrultusundaki hareke artar. Titreşim periyodu uzayan kâgir yapının reşitliği azalır. Duvardaki boşlukların dağılımı da çekme çatlaklarının farklılaşmasına sebep olur (Şekil 2.9) (Yiğitöl,2001).



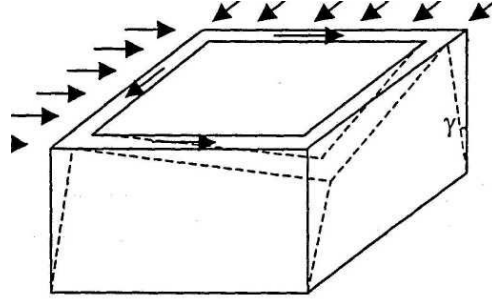
Şekil 2.9. Çeşitli faktörlerin duvar çatlaklarına etkisi.

Kâgir yapıların davranışında duvarı oluşturan blokların basınç dayanımında önemlidir, çünkü blokların çekme dayanımı çok küçüktür. Bu nedenle duvarın düzlemi doğrultusunda ve düzlemine dik etki eden dış yükler elemanın çekme kapasitesini aştığında çatlaklar ortaya çıkar. Harç dayanımı tuğla dayanımından düşük ise eğik çekme çatlakları derzlerden geçer. Harç dayanımı tuğla dayanımından daha yüksek ise çatlak tuğlayı da keser (Şekil 2.10) (Bayülke, 1978).



Şekil 2.10. Yığma duvarların kırılma biçimleri.

Yığma yapılarda meydana gelen bir diğer hasar biçimi de yapı köşelerinde meydana gelen hasarlardır. Bilindiği gibi deprem yapıya her iki asal ekseninde etki etmektedir (Şekil 2.11.).

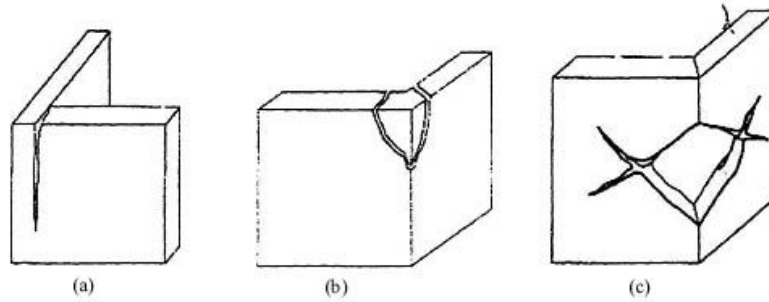


Şekil 2.11. Yapı köşelerinin durumu

İki yönlü kuvvet oluşmasından dolayı yapı köşelerinde duvarlar birbirlerini düzlemleri dışına itmeye çalışırlar. Bu iki yönlü yükleme altında yığma yapı köşesinin durumu Şekil 2.14.' te verildiği gibidir (Yiğitöl, 2001).

Köşe hasarları, duvarların köşede yeterli bir örgü düzeni ile bağlanmamış olması, yüksek ve uzun duvarların yetersiz rijitlikte bir çat sistemiyle bağlanmış olması ve kesişen duvarlara depremde gelen büyük zorlamalar nedeniyle oluşabilir.

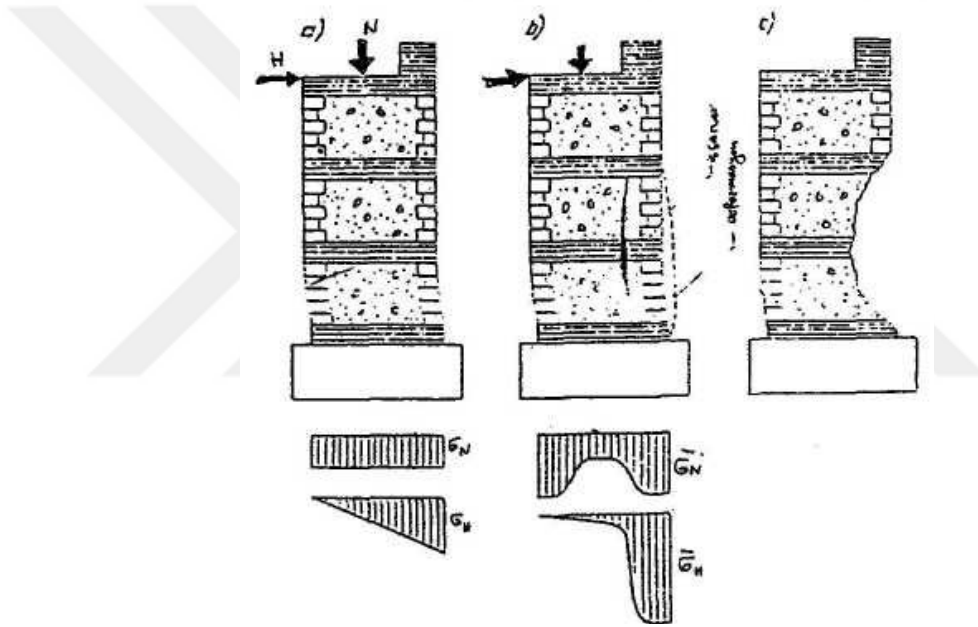
Köşe hasar örnekleri henüz çatlakların ilk oluşmaya başladığı aşamaları göstermektedir. Daha sonraki aşamalarda çatlaklar genişlemekte ve bütün duvara yayılmaktadır. Çatlakların genişlemesi ile duvar dağılmakta ve düşey yükleri taşıyamaz duruma geldikten sonra ezilen duvar yıkılmakta ve bununla birlikte yapının döşemesi üst üste yığılarak göçmektedir (Şekil 2.12.) (Yiğitöl,2001).



Şekil 2.12. Yığma yapı köşe hasar biçimleri.

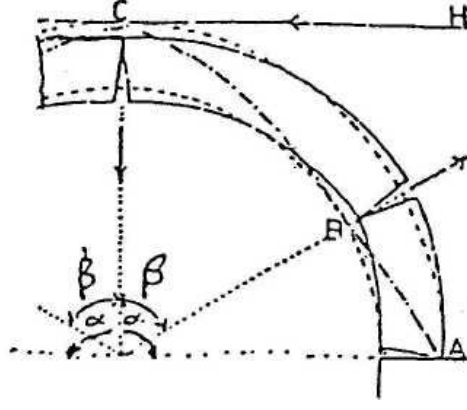
Taş - kâgır olarak inşa edilmiş tonoz ve kasnaklı kubbelerden oluşan ağır rijit yapılarda deprem yükleri genellikle "düşey perde" gibi çalışan ve kesme kuvvetleri etkisinde kalan duvarlar tarafından alınır. Duvarlar "ters kemerlerden" oluşan rijit bir temele ankastre olarak bağlı konsol kirişler gibi çalışır.

Deprem kuvvetlerinin artması sonucu "içte oluşan" çatlak sonucu bir duvar bölümünün duvardan kopması ile duvar kesiti küçülür ve duvar taşıyıcılığını yitirir. Deprem kuvvetleri ile duvar kesiti içinde çekme ve basınç gerilimleri oluşur. Duvar harcının çekmeye karşı mukavemetinin çok düşük olması durumunda büyük hasar oluşabilir. Duvarların tonozlarla yüklü olması durumunda da tonozlardan gelen itki kuvvetleri ile deprem kuvvetleri ile oluşan yanal yükler büyür. Duvar daha da kritik duruma girer (Şekil 2.13.) (Çamlıbel, 2000).



Şekil 2.13. Beden duvarların davranışı

Tonozların mesnet duvarları, tonoz yüklerini temel kesiti içine yönlendirir. Tonoz duvardan oluşan sistemin deprem etkisinde kalması durumunda duvar boyutlarının belli güvenliği sağlayamaması durumunda Şekil 2.14.'te gösterildiği gibi tonozda plastik mafsallar olur ve tonozda çatlaklar oluşur. Plastik mafsalın olduğu tonozun anahtar noktasında çatlak giderek büyür ve gerilme yığılmaları sonucu tonozda arızalar gittikçe artar ve sistem göçer (Şekil 2.14.) (Çamlıbel, 2000).



Şekil 2.14. Yarım daire tonozda plastik mafsalların oluşması.

2.7. Tarihi Yapılarda Hasar Tespit Yöntemleri

Tarihi yapıların olası hasar nedenlerinin bilinmesi ve güçlendirilmesi için yapılacak müdahaleden önce yapının geçmişinin, varsa çatlak ve deformasyonlarının, taşıyıcı elemanların yük taşıma mekanizmasının, malzeme karakteristiklerinin ve mukavemetlerinin, yük dağılımlarının, temel, zemin ve geoteknik özelliklerinin, yapım tekniklerinin bağlayıcı elemanlarının strüktürel açıdan aksaklıkları, yapı malzemesindeki sorunlar gibi faktörlerin belirlenmesi gerekir. Bu faktörlerin belirlenebilmesi için zeminle ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi ve üst yapı ile ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi konu başlıkları altında ki araştırma ve teşhis çalışmaları yapılmalıdır.

2.7.1. Zeminle ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi

Zaman içerisinde çeşitli sebeplerle yapı temellerinde bozulmalar oluşabilir. Yapı temelindeki bu sorunların genellikle yeraltı su seviyesinin değişmesi, ahşap kazık temellerinin çürümesi, yapıya ek yüklerin gelmesi veya mevcut taşıyıcı elemanlarda yapılan değişiklikler, taşıyıcı ögelerde oluşan çatlaklar, yapı çevresinde veya altında yapılan kazı çalışmaları, deprem etkisi, yeraltı ve kara trafiğinin yarattığı titreşimler gibi faktörlerin etkisi sonucunda oluşmaktadır. Temellerde hasar nedenlerinin tespiti için geoteknik incelemeler yapılmaktadır.

2.7.1.1. Geoteknik incelemeler

Tarihi yapıların onarım ve/veya güçlendirilme projeleri çalışmaları sırasında yapıda yapılacak kazılar (forajlar) ve sondajlar yardımı ile temel zemini ilk olarak tanınmalıdır.

Ancak zemin durumu incelendikten sonra yapıda oluşmuş ya da olması muhtemel hasarlar ve nedenleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bu amaçla yapı alanında uygun bulunan yerlerde gözlem çukurları açılmalı ve çukur içerisinde ve yüzeylerinde gerekli gözlem ve ölçmeler yapılmalıdır. Kuyu tabanı ve yüzeylerinden blok numuneler alınarak gerekli laboratuvar incelemeleri yapılmalıdır.

Muayene kuyuları duvarlarında ve tabanında tabakalaşma düzlemi, dalım, çatlak sıklığı ve çatlak yönelimi ölçümleri yapılmalı, eğer zemin yapısı kaya zemin ise kaya elemanların ayrışma dereceleri saptanmaya çalışılmalıdır. Yeraltı suları hakkında da gözlem ve numune alma yöntemi ile sular hakkında bilgi edinilmelidir.

2.7.1.1.1. Zemin numuneleri alınması

Foraj ve sondajlarla zemin tabakalarının durumu belirlenir. Ayrıca zeminin mekanik özelliklerinin tanımlanabilmesi için bu işlemler sırasında zeminden örselenmemiş numuneler alınır. Sondaj deliği için de yerinde, örneğin; presiometre aletleri ile yanal basınç deneyleri yapılır. Örselenmiş numunelerde zemin endeks özellikleri, tabaka cinsleri ile tabaka kalınlıkları belirlenir. Örselenmemiş numuneler üzerinde de laboratuvar da deneyler yapılarak zeminlerin mekanik özellikleri saptanır (Çamlıbel, 2000).

2.7.1.1.2. Zemin sondajları ve sondaj sonuçlarının değerlendirilmesi

Yapı yerinde sondaj yapma ilk akla gelen çarelerdendir. Sondajlar zemin içinde daha geniş bir ortam içinde gelişir. Sondajlar, belirli bir düşey doğrultu üzerinde her bir tabakayı kat ederler. Bu durumda her derinlikte yerinde elde edilecek bilgilerle, laboratuvar verileri arasında bir bağıntı kurmak düşünülebilir.

Dinamik sondajlar yapılması kolay olan sondajlar olduklarından bunlardan vazgeçmemek gerekir. Bu tür sondajlardan elde edilecek sonuçlar yardımı ile forajlardan elde edilecek sonuçlar ayarlanmalıdır. Özellikle kohezyonsuz zeminlerde kesme direnci ve sıkışabilme özelliği sondajlarla elde edilmelidir. Çünkü sondaj yapımı sırasında zemindeki su sondaj yerinden kolaylıkla uzaklaşır. Kohezyonlu zeminlerde ise sondajlar sırasında su hemen sondaj yerini terk edemeyeceğinden zemine düşürülecek penetrasyon aletinin ağırlık kütesinin bir kısmı su tarafından alınacaktır. Dolayısıyla, zemin danelerinin yüklenmesinden söz edilemez. Ancak belli bir süre sonra basınç etkisi ile su sondaj yerini terk ettikten sonra zemin daneleri yük taşımaya başlayabilir. Sistematiik araştırmalarla zemin birim ağırlığı, standart penetrasyon deneyi darbe sayıları veya sondanın uç basıncı arasında bağıntılar

kurularak basit denklemler geliştirilebilir (Namlı, 2001). Bu nedenle kohezyonlu zeminlerde bu tür bir yöntem seçilmemelidir. Bu yöntem ancak kumlu ve çakıllı zeminlerde yani (kohezyonsuz) zeminlerde uygulanmalıdır.

Sondajların sonuçlarından zeminin fiziksel özellikleri ve yapısı hakkında bilgi edinilemez. Yalnız çeşitli zemin tabakalarından birinin diğerine oranla sağlam olup olmadığı anlaşılır. Aynı karakteristiği koruyan derinliklerde zeminin aynı olduğu, karakteristiğin değiştiği yerde ise tabakanın değiştiği anlaşılır. Bu şekilde yapı altındaki zemin tabakalarının durumu ve tabaka derinlikleri bu tür sondaj sonuçlarından yararlanılarak belirlenir. Ayrıca yapı yanında yapılan eğik sondajlarla temel derinliği tespit edilebilmektedir (Namlı, 2001).

2.7.1.1.3. Temel oturmalarının gözlem ve değerlendirilmesi

Temel aracılığıyla zemine aktarılan yapı yükleri altında zemin yüzünde (temel tabanında) meydana gelen düşey deplasmanlar oturma (tasman) olarak adlandırılır. Oturmaların bilinmesi sığ temellerde zeminin güvenli taşıma gücünün, derin temellerde ise güvenli ayak ya da kazık yükünün bulunması bakımından gereklidir (Kumbasar,1999).

Bir temelde meydana gelen oturmalar yapıda göçmeye/kırılmaya varabilen inşaat sorunları meydana getirebilir. Bu bakımdan toplam oturmaların yanında farklı oturmalar ile açılmal oturmaların yönetmeliklerin izin verdiği değerleri aşmamasına özen gösterilmelidir. Bu değerler üst yapının inşaat özellikleri ve kullanım şekline göre değişiklikler göstermektedir (Kumbasar,1999).

Yapımdan sonra yükler sabit kalmasına rağmen, oturma süresinin sonuna dek oturmalar devam eder. Yeni oturmaların olması için yapıya ilave yüklerin gelmesi gerekir. Her yük artımında bir önceki oturmalar benzer oturmalar oluşur.

Yapının belli bölümlerindeki farklı temel oturmalarını saptamak için gözlemlere gereksinim duyulmaktadır. Çatlak oluşumu saptanmış bir yapıdaki çatlakların nedenlerinin bilinebilmesi ve yapının iyileştirilebilmesi için yaklaşık oturmaların değerlendirilmesi özellikle önemlidir. Uygulamadan gelen bir deneyimle aşağıdaki önerilere göre oturmalar değerlendirilebilir (Çamlıbel, 2000).

1) Henüz temel oturması yapmamış çevredeki yapılarla sözü edilen yapı karşılaştırılmalıdır. Aynı derinlikte aynı zemine oturan çevredeki bu yapılar az miktarda

oturmuş veya hiç oturmaya başlamamıştır. Bu tür yapılar tam kesin olmamakla beraber belli ölçüde bir karşılaştırma örneği oluşturabilirler.

2) Zaman süreci içindeki yer altı su seviyesinin değişmediği hallerde su içindeki temel malzemesinin durumunu yapıldığı zamanki durumuna oranla belirlemek mümkün olabilir. Buradan hareketle temelin su içine batışını ve dolayısıyla oturmaya değerlendirmek mümkün olabilir.

3) Temel zemininin birbirinden belirgin tabakalardan oluşması hallerinde her bir tabakanın sıkışma miktarından hareket ederek yapının oturmalarını hesap etmek mümkün olabilir.

4) Yapıda dışa çıkan merdivenler veya zemin yüzüne çıkışlar varsa yapı dışındaki bir noktasının şimdiki durumu ile ilk yapıldıkları durumu karşılaştırmak sureti ile oturmalar hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Yukarıda bahsedilen veya başka çeşitli yöntemler ile elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında bir uyum görülürse yapının yapıldığı tarihten bugüne dek yaptığı oturmaları değerlendirmek büyük olasılıkla mümkün olabilir (Çamlıbel, 2000).

2.7.1.2.4. Gözlem kuyuları

Mevcut binaların temel durumlarının ve derinliklerinin belirlenmesi için yapı kenarında gerekli sayıda kontrol kuyuları açılmalıdır. Yüzeysel temellerin biçimi ve derinliği hakkında yeterli bilgi edinildiği kadar, kazıklı temellerde de kazığın başlık kotu ve yer altı suyunun başladığı yer belirlenir. Bu şekilde yapı yakınında gerçekleştirilmesi muhtemel kazı çalışmalarının hangi mesafe ve derinlikte yapıya olumsuz etkisi olabileceği belirlenir (Çamlıbel, 2000).

2.7.1.2.5. Yeraltı su seviyesinin belirlenmesi

Yer altı su seviyesi sondaj delikleri ve foraj yardımı ile her ne kadar saptanırsa da seviyenin zamanla değişiminin gözlenmesi için özel kontrol kuyularının açılması gerekir. Yapı çevresinde mevcut su kuyularının gözlenmesiyle de yeterli bilgileri elde etmek mümkündür.

Bu tür bilgileri elde etmek için yer altı sularının durumunu inceleyen kamu ya da özel sektör bürolarının bölgede yapmış olduğu çalışmalardan da faydalanılır. Bu tür bilgiler yer altı

suyunun uzun zaman sürecindeki değişimini içerdiğinden daha sağlıklı olur. Eğer yapı belirli bir geçmişe sahip ise en azından on beş yıllık zaman sürecindeki verilerin elde edilmesi çok faydalı olacaktır. Ancak bu bilgilerin ışığında bu zaman sürecinde zemindeki oturmaların yapıyı etkileyip etkilemeyeceği hususunda bir hesap yapma olanağı elde edilir. Bu hesap sonuçlarına göre de çok uzak geçmişteki zemin davranışları ile ilgili bir ekstrapolasyon yaparak daha somut sonuçlara ulaşılabilir. Örneğin, geçmişteki bu değişimlerin mertebesi bilinir ve yapıdaki çatlamlar gözlenirse, gelecekteki olası çatlaklar ile ilgili önlemler uygun bir maliyetle alınabilir (Çamlıbel, 2000).

2.7.2. Üst yapı ile ilgili sorunların araştırılması ve teşhisi

Taşınmaz kültür varlıklarındaki taşıyıcı sistem sağlamlığının belirlenmesinde yapı üzerinde yapılan mekanik deneyler, yapı ile ilgili yapılan araştırmalar ve yapı malzemesinin laboratuvar ortamında araştırılması yöntemleri kullanılmaktadır (Bahtiyar, 1998). Bu yöntemlerle yapı hem incelendiği an itibarıyla hem de zaman içindeki davranışları incelenerek tarihi yapıların onarım ve/veya güçlendirilme projeleri aşamasında veri teşkil edecek doğru tespitlerin elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

2.7.2.1. Yapı üzerinde yapılan mekanik deneyler

Yükleme deneyleri ve güvenlik kontrol deneyleri yapı üzerinde gerçekleştirilen mekanik deneylerdir (Bahtiyar, 1998). Bu deneylerle yapının normal şartlar altında ek bir yük karşısındaki davranışı ile olağan dışı durumlarda (deprem, yangın, aşırı yüklenme) altındaki davranışlarının tespitine olanak sağlar.

2.7.2.2. Yapı ile ilgili yapılan araştırmalar

Bu araştırmalar yapının belli bir zaman diliminde üzerinde oluşan fiziksel değişiklikler hakkında tespitlerde bulunmaya yardımcı olur. Yapının farklı noktalarına yerleştirilen ölçüm aletlerinin belirli periyotlarla veya sürekli olarak yapıda bulunan çatlak ve nem gibi değişebilir/sabit kalabilir özellikte olan unsurların zaman içindeki davranışları, yapıdaki mevcut yükün yapının hangi bölümlere ne oranda dağıldığı, duvarlarda doluluk-boşluk oranının ve kullanılan malzemenin tespitine dair verileri kaydetmesi ve analitik yöntemlerle bu verilerin değerlendirilmesi ile restorasyon aşamasında done olabilecek sonuçlara varılması kolaylaşacaktır.

2.7.2.3. Yapı malzemesinin laboratuvar araştırılması

Bu araştırma yapıda kullanılan gerek bağlayıcı nitelikte ve gerekse ana malzeme olarak kullanılan malzemeler hakkında, bu malzemelerin çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlere tabi tutularak fiziksel durumu, dayanımı ve kimyasal bileşimi hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla yapılan araştırmadır.

2.8. Tarihi Yapılarda Uygulanan Onarım ve Güçlendirme Teknikleri

Yapının zemini ve temelinden başlayıp üst yapısında kullanılan malzemeye kadar irdelenen bu bölümde yapıların onarım ve güçlendirilmesinde kullanılan yöntemler ve malzemelerle ilgili sağlamlaştırma, bütünleme, yenileme, yeniden yapma, temizleme ve taşıma başlıkları altında ele alınmıştır. Onarım sırasında yapılan müdahalelerin derecesi sağlamlaştırmadan yeniden yapıma doğru artar. Koruma açısından en uygunu sağlamlaştırmayla yetinmektir.

2.8.1. Sağlamlaştırma

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

2.8.1.1. Tarihi yapının yapıldığı malzemesinin güçlendirilmesi

Tarihi yapılar inşa edildikleri yörenin olanaklarına ve geleneklere bağlı olarak kerpiç, tuğla, ağaç, taş gibi doğal kökenli malzemelerle yapılmışlardır. Zamanın acımasızlığı, doğal ve yapay etkenlerin de 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 terk edilmiştir. 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 (Mahrebel, 2006).

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 (Mahrebel, 2006).

Ahşap kirişli döşeme deprem anında binanın taşıyıcı elemanlarına yükü gerektiği gibi aktaramaması (diyafram etkisi gösterememesi) durumunda duvarlar kat yüksekliklerinin daha üstünde bir boya sahipmiş gibi davranır. Bunun önlenmesi için çelik çubuk/profiller yardımıyla döşemenin altında X şeklinde bağlantılar yapılabilir. Yapılan müdahalelerle birlikte döşemeyi taşıyan ahşap kirişlerin sayısı da artırılabilir (Mahrebel, 2006).

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 (Mahrebel, 2006).

Taş öğelerin 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. Sağlamlaştırma yöntemi taşın türüne ve bozulma durumuna göre belirlenmeli, kullanılacak kimyasal malzeme taşın özgün yapısını değiştirmemelidir (Mahrebel, 2006).

Doğal hidrolik kireç: Yüksek sıcaklıkta (900 °C civarı) ısıtılan hidrolik kireç ile tane çapı 0 ile 3 mm arasında seçilmiş karbonat tozu ve zararlı olmayan inorganik mineral lif içerir. "Lif" deyiimi, 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 ulaşınca kadar önceki katman sertleşmeden önce her bir katman yaklaşık 1,5-2 cm kalınlığında olacak şekilde ve teker teker yapılmasında fayda vardır (Mahrebel, 2006).

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 tuf ile mükemmel uyum sağladığı tecrübe edinilmiştir.

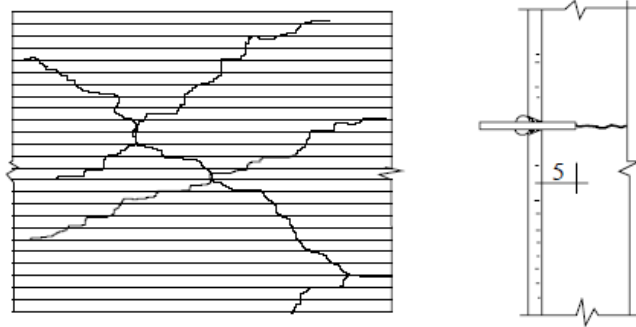
Duvarların nem geçirgenliğini değiştirmediği, kullanıcılar tarafından özellikle belirtilmektedir (Mahrebel, 2006).

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 değeri taşıyan taş, tuğla ve tuf yapılar, 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 bir başka malzeme ile olumsuz kimyasal etkileşim yaratmadığı kullanıcılar tarafından belirtilmektedir.

Taş öğelerde meydana gelen en belirgin bozulma çatlaklar olup küçük çatlakların ve geniş çatlakların onarımı olarak ikiye ayırarak ele alabiliriz.

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 2.15). Bu uygulamada izlenen adımlar sırası ile şunlardır;

- Çatlakların etrafından son kat (sıva...), temizlenerek uzaklaştırılır, sonra hava jeti veya su jeti ile tozlar ve kalan harçlar veya maddeler kırığın etrafından temizlenir.
- Deliğın 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 vd., 1983).
- Bu işlemlerden sonra çatlak tekrar hava jeti ile temizlenir.



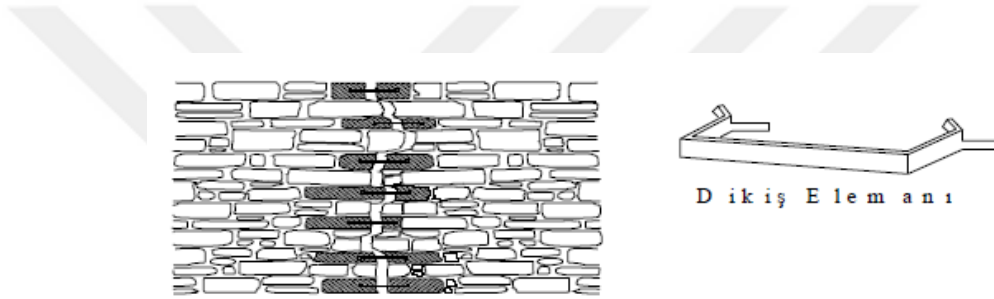
Şekil 2.15. Çatlaklarda epoksi harcı uygulanması.

Uygulanacak epoksi 5c° den aşağıda kullanılamayan, ortam sıcaklığına göre akışkanlığını taşıyan ya da sertleşen, sertleşme süresi sıcaklığa bağlı olan, ideal uygulama sıcaklığı 20 –

25 c° olan ve İnce çatlaklarda düşük basınçla uzun süre, daha büyük çatlaklarda büyük basınçla kısa süre uygulanabilen bir malzemedir.

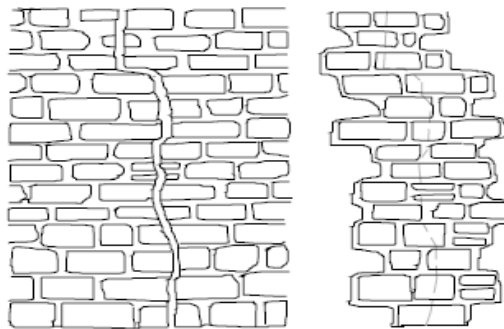
Geniş çatlakların onarımı: Çatlak eğer 3 mm den büyük ise grout enjeksiyonu da uygulanabilir ama çatlaklar 10 mm den büyükse veya duvarı oluşturan taş ya da tuğlalar düşmüşse daha geniş bir uygulama gerekecektir. Uygulanacak metod bir çeşit duvar güçlendirme yöntemi olarak tanımlanabilir (Mahrebel, 2006).

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. Bu yöntem duvarın diğer yüzünde de uygulanmalıdır (Şekil 2.16) (Gavrilovic vd., 1983).



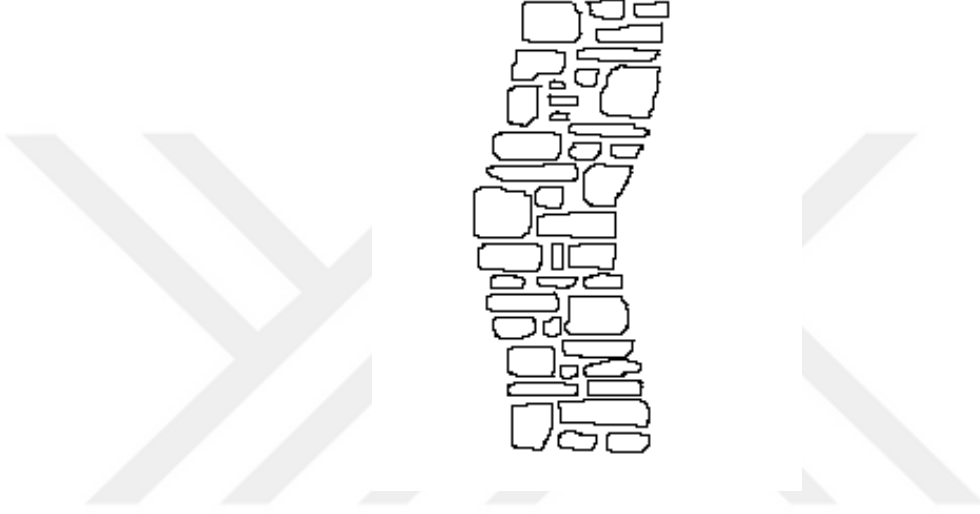
Şekil 2.16. Duvardaki çatlakların çelik bar ya da dikiş elemanı ile giderilmesi.

Duvar da 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 2.17.). Bir diğer seçenek ise 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 liketiriyelerle sarılarak monte edilir. Diğer bir seçenek; tuğla duvarda tuğlalar çıkarılarak yerlerine betonarme eleman yapılmasıdır. Böylelikle tuğla duvar üzerine gelen gerilmeleri karşılamış olur (Mahrebel, 2006).

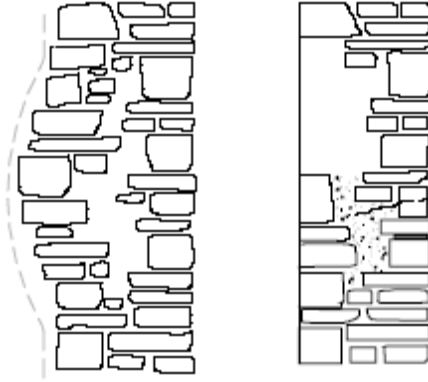


Şekil 2.17. Çatlak bölgesinin onarılması.

Yığma duvar büyük ölçüde zarar görmüşse mesela; sürekli yanal çarpıklıklar, bükülmeler veya duvar genişliğinde baştanbaşa meydana gelen kamburlaşmalar (Şekil 2.18), 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 2.19) (Mahrebel, 2006).



Şekil 2.18. Duvarda oluşabilecek kamburlaşma.

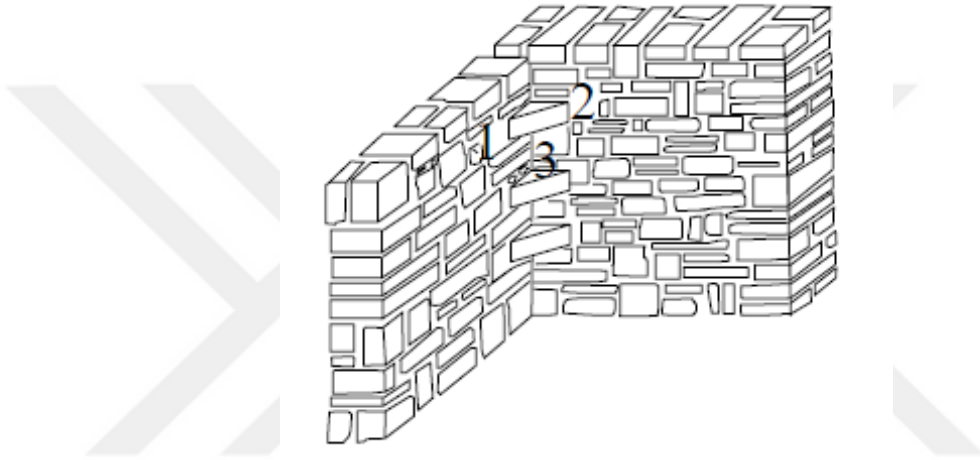


Şekil 2.19. Duvardaki hasarlı kısmın beton ya da grout ile doldurulması

Duvar birleşimlerinde onarım ve güçlendirme: Duvar birleşimleri statik (işletme yükleri, çarpma etkileri, trafik) ve dinamik etkiler (deprem) altında yetersiz bağlantı veya bağlantıların yeterli dayanımda olmaması sonucunda geniş düşey kırıklar veya ayrılmalar oluşabilir (Mahrebel, 2006).

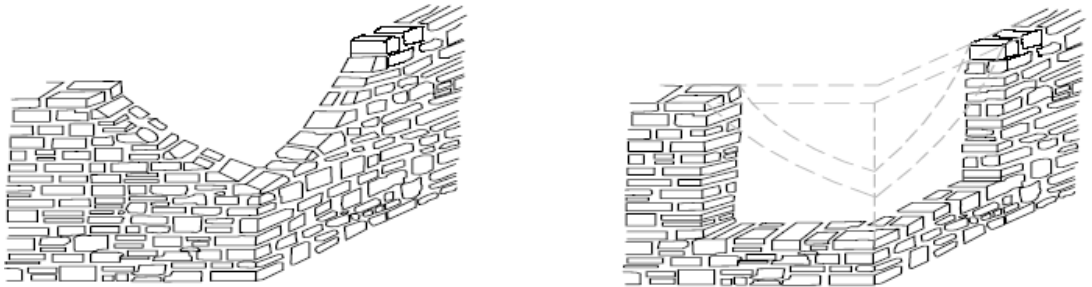
Duvardaki birleşimleri iyileştirmek için birçok metod vardır. Günümüzde en sık kullanılan yöntemleri şu başlıklar altında sıralayabiliriz, taş veya tuğla ekleme, çelik levhalarla sarılarak güçlendirme, lifli polimer ile güçlendirme.

Tuğla örme veya kırık boyunca taş eklemek kullanılan bir yöntemdir. 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 2.20).

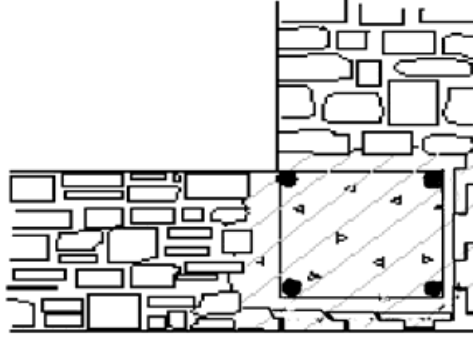


Şekil 2.20. Tuğla örme ya da taş ekleme yöntemi.

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 2.21). Uygulaması yapılacak olan bu çeşit kolonlar minimum 4φ16 boyuna donatılı ve φ8/20 etriyeli olmalıdır (Şekil 2.22) (Saraç, 2003).

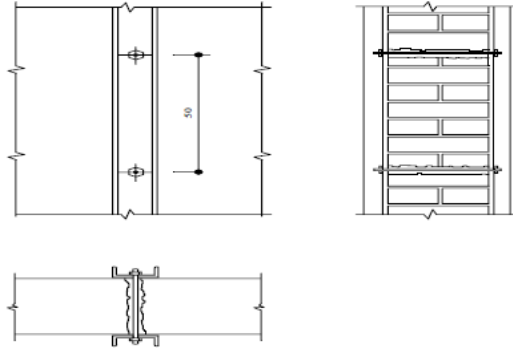


Şekil 2.21. Duvar köşelerinde oluşturulacak kolon için yapılan hazırlık (Saraç, 2003).

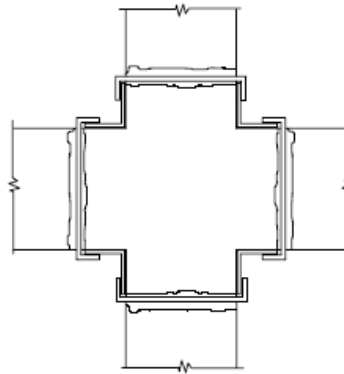


Şekil 2.22. Duvarda kolon oluşturulması.

Diğer bir yöntem, duvarlar çelik levhalarla kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde çatıya veya döşeme diyaframlarına monte edilerek kullanılan çelik levhalarla güçlendirilmesidir (Şekil 2.23.-2.24). Bu çeşit kuşaklama dikey kuvvetlere karşı duvarı güçlendirir fakat duvarı yatay (düzlem) kuvvetlere karşı güçlendirmez (Gavrilovic vd., 1983).



Şekil 2.23. Çelik levhalarla duvarın kuşaklanması.



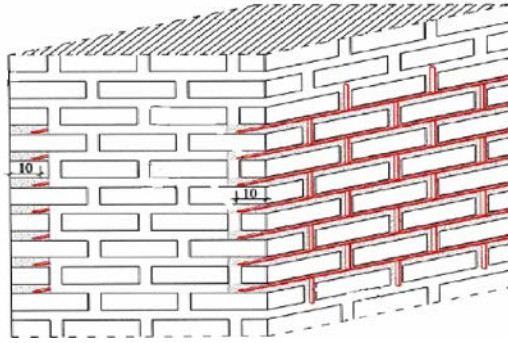
Şekil 2.24. Çelik levhalarla güçlendirme.

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 ve hafif olmalarıdır. Yüksek maliyeti en önemli dezavantajıdır. Cam, karbon ve aramid olarak üç çeşittirler (Mahrebel, 2006).

Çizelge 2.4. Lifli polimer ve çelik malzemelerin karşılaştırılması.

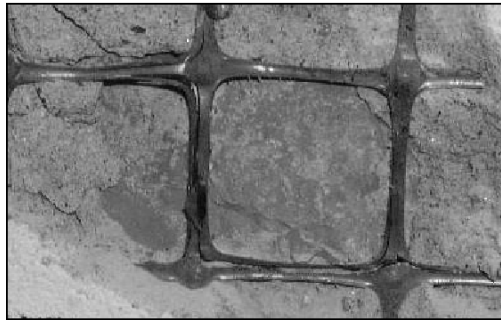
Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Çekme Dayanımı (MPa)
Cam	50-70	2000-3000
Aramid	65-120	2410-3150
Karbon	135-190	2400-5700
Çelik	200	220-460

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 (Bayraktar, 2006).



Şekil 2.25. 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 (Bayraktar, 2006).



Şekil 2.26. Yığma duvarda lifli polimer uygulama detayı.

2.8.1.2. 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 payandalar ve 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 (Mahrebel, 2006).

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

Kesit genişletme – mantolama: Tarihi yığma kagir 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 betonlanarak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Bu uygulamada su miktarı istenilen

karişımın elde edilmesi için ayarlanabilir ve gerekli olduğunda suya katkı maddeleri eklenebilir.

- Diğer uygulama da ise imento, agrega ve su beraber kariştırılır. Elde edilen ıslak karişım hortumla ve basınçlı hava ile püskürtme ucuna iletilir.

Duvarın ėüçlendirmesinde bir yöntem; hasır elik donatı tek yönlü ya da iki yönlü olarak taşıyıcı duvara uygulanır, üstten Ø18, Ø20 gibi elik ankrajlarla tavan döşemesine tespit edilir. Bu işlemlere binada bir simetri dahilinde başlanır, daha sonra diğer bölümlere geçilir. İç duvar yüzlerinde sıva temizlenip imento şerbeti püskürtölerek yüzey hazırlanır. Püskürtme beton uygulanırken yeterli uzaklık bırakmak zor olduğundan bina içlerinde 450 dozlu sıva uygulanabilir. Taşıyıcı duvarların yeniden örölmesi gerektiğinde kalan duvarlar geçici iksaya alınmadan mevcut duvarlar yıkılmamalıdır (Mahrebel, 2006).

Projesine uygun olarak takviye yapılacak bina köşe bölgelerinin işaretilenmesi yapılır, bu bölgeler içindeki sıvalar kaldırılır, derz aralıkları kısmen açılır, yüzey yabancı maddelerden olabildiğince temizlendikten sonra imento şerbeti püskürtölerek yüzey hazırlığı yapılıp 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 elik monte edilir. Öngörölün yerlere özenle yerleştirilen donatılar aderansı zayıflatacak her türlü kirden arındırılmış, temiz olmalıdır. Hasır eliklerde bindirmeler bir veya bir buçuk göz olacak şekilde yapılır. Hasır donatının mevcut duvarlardan belirli bir uzaklıkta tutulabilmesi için mesafe ayarlayıcılar kullanılmalıdır. Hasır elikler 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 (Mahrebel, 2006).

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,segrege olmayan, kendiliğinden sıkışan ve seviyeleyebilen, 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.

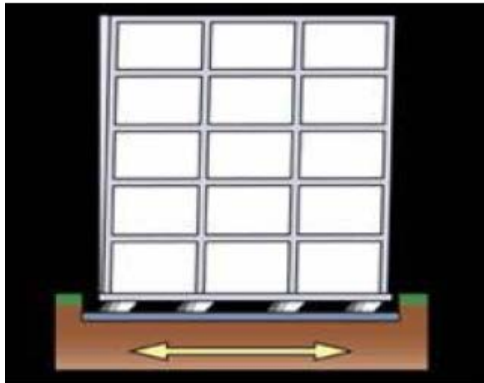
- Klasik güçlendirme yöntemleri (perde duvar ve kolon eklenmesi ile güçlendirme), yapının değerli ve yeniden yapılamayacak iç kaplamalarının, fresk ve tavan ya da duvar resimlerinin yıkımına yol açar. Özellikle tarihi yapılarda bu duruma izin verilemez.

- Taban yalıtımı ile sağlanan deprem yükündeki azalma miktarı yeterli olmayabilir. Ancak taban yalıtımı yapılması ile gereken güçlendirmenin düzeyi azaltılabilir.

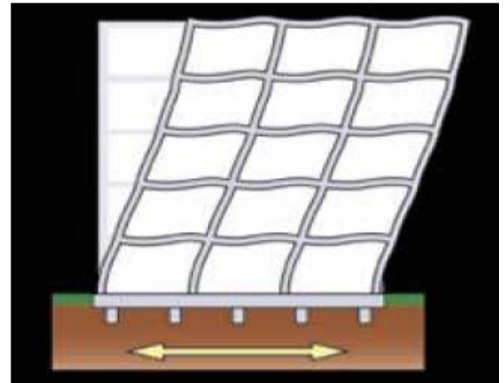
- Bunlara ek olarak yüksek can güvenliği ve minimum bakım gereksinimi ve şiddetli depremlerden sonra bile hemen kullanım gibi önemli faktörlerin göz ardı edilmemesi gerekir (Saraç, 2003).

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 2.27. Sismik yalıtılmış bina ve normal bina.

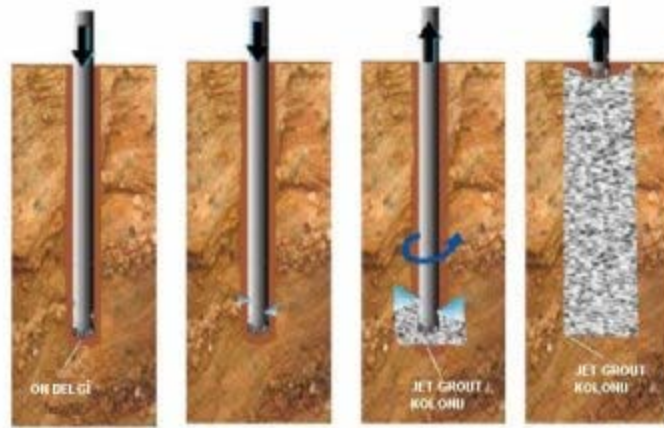
2.8.1.3. Zeminin sağlamlaştırılması

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

2.8.1.3.1. Temel altı zemininin ıslahı

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 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 taşlaşırılıp, taşıyıcı kolonlar oluşturulmaktadır (Toğrol vd., 1996).



Şekil 2.28. Jet-Grout Uygulaması

Jet-grout yöntemi birçok yerde faydalı olabilir. Çevre kirliliğine yol açmadan zeminlerin stabilize edilmesinde yararlıdır, temel takviyesi sırasında yapının deformasyonu çok az olur veya hiç olmaz, nispeten 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 mercikleri 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.

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

Geleneksel 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 (Mahrebel, 2006).

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

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

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

2.8.2. Bütünleme

Bir bölümü hasar görmüş ya da yok olmuş yapı ve öğeleri ilk tasarımlarındaki bütünlüğe kavuşturacak biçimde geleneksel ya da çağdaş malzeme kullanarak tamamlama işleme denir. Yıkık durumda göze hoş gelmeyen bir yapı bütünlenerek hem estetik bütünlüğüne kavuşur, kullanılabilir duruma getirilir hem de tümüyle yok olmaktan kurtarılabilir (Mahrebel, 2006).

Bütünleme yapabilmek için ilk tasarıma ilişkin sağlıklı veriler gereklidir; örneğin bir camin son cemaat bölümün 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 (Mahrebel, 2006).

2.8.3. 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.

2.8.4. 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 mekânlarını ancak biçimsel olarak canlandırabilir, orijinalinin yerini alması olanaksızdır; kısaca tarihi değer taşımaz.



Şekil 2.29. Taş ocağından kütleler halinde getirilen taşların işlenmesi.

Bazı durumlarda yeniden yapıma gitmek kaçınılmaz olabilir. Yeniden yapımı 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 (Mahrebel, 2006).



Şekil 2.30. İşlenmiş taşların istiflenmesi ve montajı.

2.8.5. 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 kurula 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 işlemidir; özensiz yapıldığında yüzeze zarar verir, bozulmayı hızlandırır. Temizliğin hangi teknikle yapılmasının uygun olduğuna karar verilebilmesi için önce cepheyi oluşturan malzemenin türü, kir tabakasının niteliği, yüzeze bozulmaları ve yapının bulunduğu ortamın özellikleri incelenir. Temizleme işlemi sırasında yalnız kir tabakasının kaldırılmasına, taş veya tuğla yüzeyin tahrip edilmemesine özen gösterilmelidir.

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

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



cephenin yıkanması



temizlenmiş ve kirli yüzeyler farkı

şekil 2.31. Kimyasal madde kullanımı.

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

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

Eser yüzeyinde oluşan kir tabakasının yumuşatılması için bina cephesine her kata noktasal delikleri olan yassı hortumlar takılarak 3-4 saat kesintisiz ıslak uygulama yapılır. 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 (Mahrebel, 2006).



Şekil 2.32. Cephe temizliği yapılmış binalar.

2.8.6. Taşıma

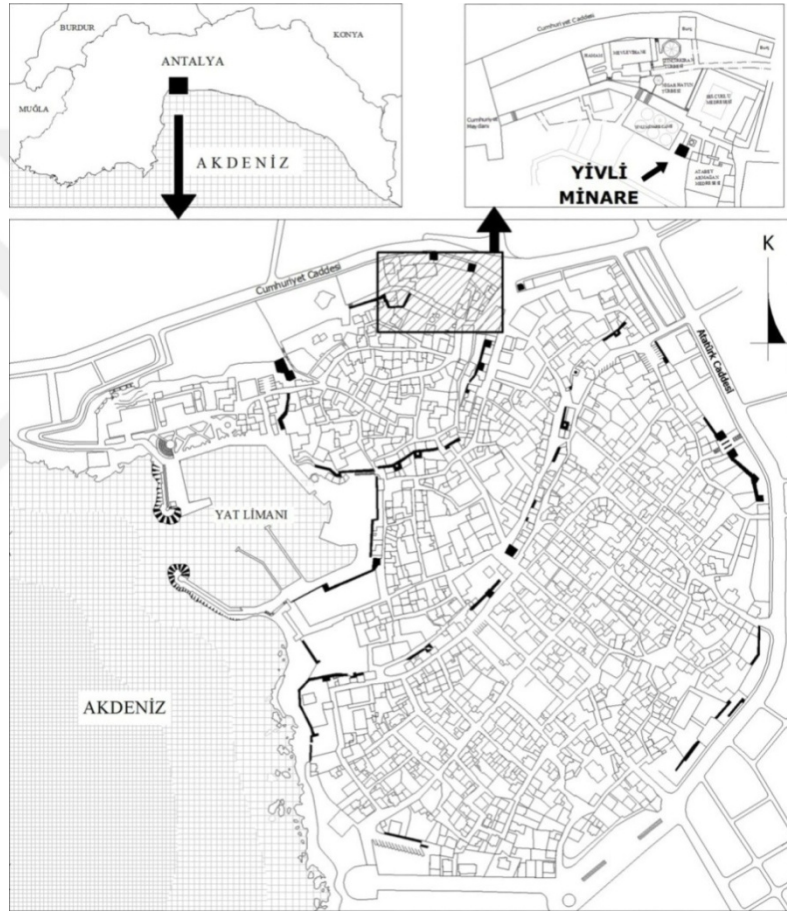
Taşıma işlemi tarihi yapının boyutlarına, malzemesine ve yapım tekniğine uygun metotlarla yapılmalıdır. En kolay ve tercih edilen tarihi yapının tüm elemanlarının numaralanarak sökülmesi, başka bir yerde kurulmasıdır. Ahşap yapılar bu uygulama için çok elverişlidir. Yerde korunamayacak taş yapılar taşınmadan 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 malzemedan yenisi hazırlanır ve önceki numaralama düzenine uygun olarak parçalar hazırlanan temel üzerinde birleştirilir. Bu teknik kesme taştan yapılmış yapıların taşınmasında uygulamaya 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.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Antalya Yivli Minare ve Camii'nin Mevcut ve Yapısal Durumu

3.1.1. Yivli Minare Külliyesi ve tarihçesi

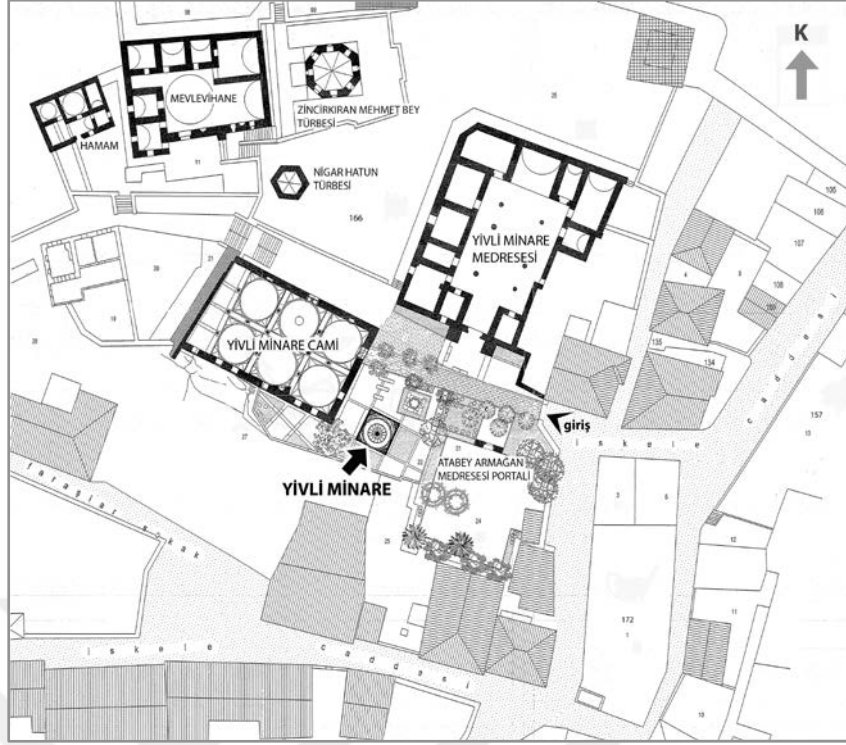
Yivli Minare Külliyesi, Antalya Kaleiçi'nde İskele Caddesi, Tabakhane Sokak'ta bulunur. Külliye içerisinde günümüze ulaşan yapılar cami, medrese, Mevlevihane, 2 türbe ve hamamdır (Kurt, 2010).



Şekil 3.1. Kaleiçi ve Yivli Minare Külliyesi'nin konumu (Duran, 2007).

3.1.1.1. Yivli Minare Camii

Yivli Minare Camii Antalya Kaleiçi'nde tarihi kent merkezinin kuzeyinde yer almaktadır. Yapı hafif eğimli bir arazi üzerinde kurulmuştur. Yapının doğusu ile batısı arasında belirgin bir kot farkı vardır.



Şekil 3.2. Yivli Minare ve camisinin vaziyet planı (Duran, 2007).

Yapı yaklaşık 18.00 x 27.00 m boyutlarında ve doğu - batı istikametinde uzanan on iki sütun ile kare planda altı bölüme ayrılmıştır. Hafif bir kaymayla doğu-batı doğrultuludur. Ana mekânın üzeri altı kubbe ve tonoz ile örtülüdür. İçten tonoz üstten kırma çatılı olan bölüm ana mekânın batısını oluşturmaktadır. Biri doğu cephenin kuzeydoğu tarafında diğeri de kuzey cephenin yaklaşık ortasında olmak üzere iki adet kapısı vardır (Kurt,2010).



Şekil 3.3. 1935 Yılındaki caminin görünümü.

İnşa kitabesi bulunmayan binanın varisi Mübarizeddin Ertokuş'tur. Güney-doğu cephesindeki kapı üzerinde yer alan ve sivri kemerli bir çerçeve içine alınmış mermerden olan yedi satırlık sülüs yazılı kitabesinde; caminin Yunus oğlu Mahmud oğlu Mübarizeddin Mehmed tarafından H.21 Zilkade 774/M.21 Mayıs 1373 tarihinde onarıldığı ve onarımın da mimar Balaban el-Tavaşi tarafından yapıldığı yazılıdır (Darkot, 1940). Anlaşıldığı üzere cami ilk kez H.774/M.1373 yılında onarım görmüştür. Yakın geçmişte ise Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından 1935, 1942-43, 1953, 1964, 1973 ve 1977 yıllarında onarılmıştır (Erten, 1938).

3.1.1.2. Yivli Minare

Yivli Minare adını verdiği cami olarak kullanılan yapının yaklaşık 4.50 m güneydoğusunda inşa edilmiştir. Cami ile herhangi bir bağlantısı bulunmamaktadır. Kare prizmal kaideli, sekizgen pabuçlu, dilimli gövdeli ve tek şerefeli bir kuruluşa sahiptir. 5.37 x 5.28 m boyutlarında ve yaklaşık 6.40 m yüksekliğinde bir kaideye sahiptir ve kaide kısmında yaklaşık 3.80 m yüksekliğe kadar dokuz sıra düzgün kesme taş üst bölümde ise düzgün sıralanmış tuğla kullanılmıştır. Minarenin 1.20 x 0.65 m boyutlarındaki kapısı, kaidenin kuzey tarafında ortada yer almaktadır (Kurt, 2010).



Şekil 3.4. Yivli Minare ve caminin genel görünümü.

Minarenin inşa tarihi ve banisi konusu öteden beri pek çok araştırmacının ilgisini çeken bir konudur. bununla ilgili bugüne kadar çeşitli görüşler ortaya atılmıştır. Minarenin sekizgen planlı pabuç bölümünün doğu yüzündeki sağır niş içerisinde yer alan mermer kitabeye dayanılarak I. Alâeddin Keykubad tarafından veya onun döneminde inşa edildiği sonucuna

varanlar olduğu gibi formuna ve çini süslemelerine bakarak 13. yüzyılın ikinci yarısına, hatta 1280'e tarihlendirenler de olmuştur (Yılmaz, 2002).

1953 yılında Müzeler Genel Müdürlüğü tarafından onarılan minare, 1964 yılında tescil edilmiş, 1973 yılında tekrar onarım görmüştür. 1994 yılında basit bir onarımdan daha geçmiştir. Onarımlar sonucu durumu oldukça iyileştirilen minare bugün kapalıdır (Yılmaz, 2002).

3.2.2. Yapıda kullanılan yapı malzemeleri

Yivli Minare ve camide kullanılan yapı malzemeleri yerinde ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda minarede doğal taş malzeme, harçlar, tuğla malzeme ve çini malzeme kullanıldığı; camii bölümünde doğal taş malzeme, harç malzeme, tuğla malzeme, Ahşap malzeme ve spolyen malzeme kullanıldığı tespit edilmiştir.

3.1.2.1. Doğal taş malzeme

Yivli Minare Camii bölümünün inşasında genel olarak taş malzeme kullanılmıştır. Geçirdiği onarımlara bağlı olarak farklı türde taş yapı malzemenin farklı boyutlarda kullanılmış olduğunu görüyoruz. Yapının güney cephesindeki kademeli kesimde duvarlarda kullanılan tuf niteliğindeki taşlar daha çok temelde ya da temele yakın bölümlerde izlenmektedir. Güney cephede alt kademedeki taşlar daha büyük ölçüdedir. Batı cephenin duvarının haricinde kuzey, güney ve doğu cephenin duvarları genel olarak benzer karakterde ve malzemededir. Bu cephelerde kaba yontu taş kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Yivli Minare Camii bölümünde taş malzeme kullanımı.

Yivli Minare’ de ise kaide bölümü bütünüyle kesme taşlardan inşa edilmiştir. Şerefe ve şerefe korkuluğunda kullanılan taş kaplamalar ise özgün olmayıp Cumhuriyet dönemi onarımlarına ait olduğu tespit edilmiştir (Eskici, 2007).



Şekil 3.6. Yivli Minare kaidesinde kesme taş malzeme kullanımı.



Şekil 3.7. Yivli Minare şerefe ve şerefe korkuluğunda kullanılan taş kaplamalar.

3.1.2.2. Harçlar

Yivli Minare Camii bölümünün batı cephesi ile diğer cepheleri arasında farklı sıvalar kullanıldığı tespit edilmiştir. Derz aralarında kullanılan harç daha çok Horasan tabir edilen niteliktedir. Batı cephe duvarında kullanılan harcın karışımı daha farklı niteliktedir. Duvarın iç yüzünde düzgün alçı karışımlı bir sıva dikkati çekmektedir.

Yivli minare ise pek çok defa onarım gördüğü için taş ve tuğla örgüde kullanılan özgün harçlara daha çok iç kısımlarda rastlanmıştır. Üzerinde çalışılan harç örnekleri bunu

doğrulamakta olup onarımda kullanılacak harç karışım oranları için bu bilgi önemli yer tutmaktadır (Eskici, 2007).

3.1.2.3. Tuğla malzeme

Yivli Minare Camii bölümünde tuğla malzeme kullanımına sadece kemerlerde ve duvar içlerinde hatıl olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Minarede ise pabuç ve gövde kısımları tuğladan inşa edilmiştir. Halen tuğla olan petek kısmı ise yakın dönem onarımında yeniden inşa edilmiştir. Gövdede yatay istif düzeninde kullanılan 6.5 cm kalınlığında 24 cm genişliğindeki özgün tuğlalar sırsız olup kırmızı kil hamurundan yüksek derecelerde pişirilerek (800 °C - 900 °C) elde edilmişlerdir (Yılmaz, 2002).

3.1.2.4. Çini malzeme

Minare gövdesinde tuğla ile birlikte çini kullanılarak süsleme zenginleştirilmiştir. Türkuaz ve kobalt mavisi sırlı olmak üzere iki farklı renkte karşımıza çıkan çinilerde hamur krem renkli, sık dokulu ve ince gözenekli yapıya sahiptir.

Vaktiyle pabuç ve gövdede daha yoğun kullanılmış olduğu anlaşılan çinilerden bugün çoğu yok olmuştur. Gövdede halen çok azı günümüze ulaşmış tuğla örgü arasındaki derzlerde yer alan kare türkuaz renkli çini mozaiklerin bir zamanlar bütün gövdeyi sardığı muhakkaktır. Ayrıca, sekizgen pabuç ile dilimli gövde arasında kalan silindirik tamburda ne tür bir süsleme programının tatbik edildiği tam bilinmemektedir. Bununla birlikte eski fotoğraflardaki bir takım alçı kalıp izlerinden (Şekil 3. 8) yola çıkarak bu kısımların çini levhalar ile kaplı olduğu görüşü ağırlık kazanmaktadır (Yılmaz, 2002).



Şekil 3.8. Yivli Minare çini malzeme kullanımı.

3.1.2.5. Ahşap malzeme

Ahşap malzeme camii bölümünün duvarlarında hatıl amaçlı olarak kullanılmıştır. Ayrıca üst örtüyü taşıyan sütunlar arasında ahşap gergilerin bulunduğu, ancak bunların daha sonraları kesildiği anlaşılmıştır. Gerek duvarda gerekse sütunlar arasında kullanılan ahşabın cinsi tespit edilememiştir. Duvarlarda düzeltme hatılı amaçlı olarak kullanılan ahşaplar bir kaç haricinde daha çok ağaç gövdesi niteliğinde kaba işlenmiş bir şekildedir. Mihrabın hemen arkasında bulunan duvarda kullanılan hatıl ise düzgün ve tahta görünümündedir. Bu ahşabın sonradan buraya konulduğu düşünülmektedir.

3.1.2.6. Spolyen malzeme

Yivli Minare Camii bölümünün çeşitli yerlerinde spolyen malzeme çok miktarda kullanılmıştır. Harimde üst örtüyü taşıyan sütun ve sütun başlıklarının tamamı spolyendir. Granit sütunlar ve sütun başlıkları farklı karakterdedir. Yapının doğu cephesinde girişin üzerinde ve saçaklarda Bizans dönemine ait mimari parçalar dikkat çeker. Bunlar kiliselerde kullanılan templon parçalarıdır.



Şekil 3.9. Dış cephede pencere lentosu olarak kullanılan Bizans dönemi spolienleri.

3.1.3. Yapıda oluşan hasarlar ve nedenleri

Yivli minare ve camisi geçmişte belirli aralıklarla restore edildiği için yapısal bütünlüğünü büyük ölçüde koruyarak bugüne ulaşmıştır. Bununla birlikte gerek zamanın yıpratıcı etkisi gerekse atmosferik ve iklimsel etkenler (cephe yağışları, yağmur/kar, rüzgar, gün içi ve dönemsel sıcaklık değişimleri, malzemede donma çözülme döngüsü gibi) ile hatalı restorasyon uygulamaları yapı ve yapı malzemeleri üzerinde aşındırıcı, tahrip edici ve/veya hasarları artırıcı rol oynamaktadır.

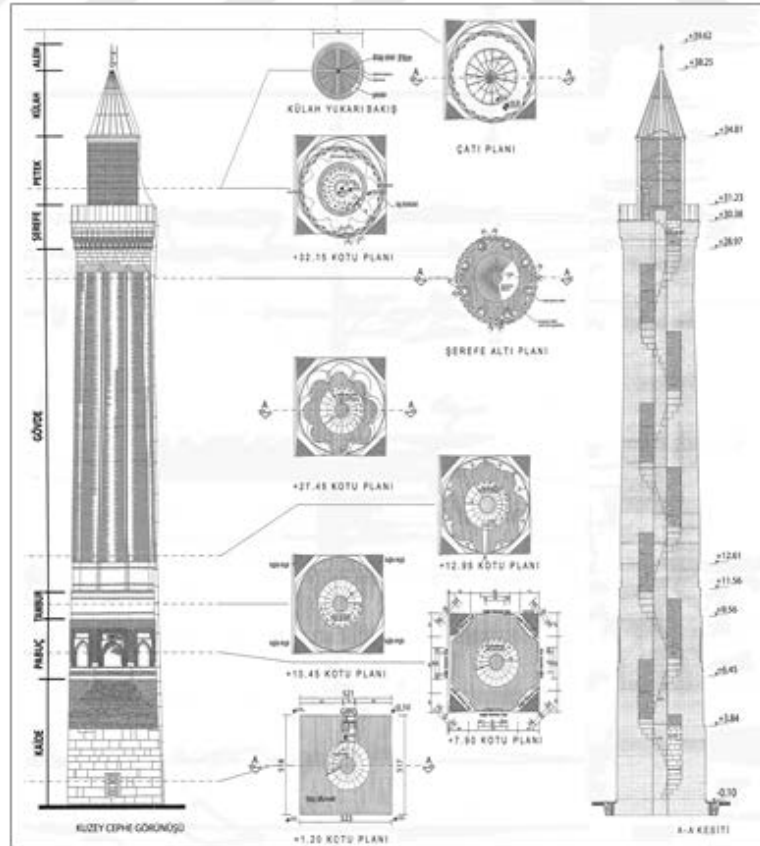
Yapılardaki diğer başlıca hasarların oluşmasının nedenleri, inşa edildiği alanla ilgili problemler, strüktür tasarımındaki hatalar ve inşa edildiği alanda daha önceki yapıların üzerine inşa edilmiş olmasını sayabiliriz.

Ayrıca, minarenin 1972 yılındaki yangın sonrasında pabuç ve gövde kısımlarındaki mevcut çinilerin büyük ölçüde zarara uğradığı bilinmektedir (Yılmaz, 2002). Yerinde yapılan incelemeler sonucu tespit ettiğimiz hasar türleri aşağıda tanımlanmıştır.

3.1.3.1. Deformasyon ve deplasmanlar

Yivli minare camisinin kurulduğu alanda temel seviyesinde homojen bir yapı olmaması sebebiyle yapıda oynamalar olduğu görülmektedir. Özellikle yapının duvarlarındaki farklı oturmalar sonucunda özellikle batı tarafta duvar açılmaları olduğu görülmektedir.

Minarenin yapı ölçeğindeki olası deformasyon ve deplasmanlarını izlemek için rölöve planları ve kesitlerinden yararlanılmıştır. İnceleme sonucunda rölöve planlarından minarenin güneyinde yaklaşık 5 metre sonra kot düşüklüğü olduğu ve bu durumun minarenin güney kısmında zafiyet oluşturduğu görülmüştür. Rölöve kesitlerinden minare gövdesinde güney yönde yaklaşık 35 cm eğilme olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. Yivli Minare rölöve çizimleri.

3.1.3.2. Çatlak ve yarıklar

Yivli minare ve camisinin çok değişik bölümlerinde farklı boyut ve nitelikte çatlaklar ve yarıklar izlenmektedir. Bunların bir bölümü taş ve tuğla malzemenin öz yapısından kaynaklanmakta, büyük bir bölümünde yapıdaki kayma ve oturmalara bağlı yükler ve benzerleri nedenlerden oluşmuşlardır.

Cami bölümünün batı kısmındaki duvar ve kubbelerde yatay ve düşey yapısal çatlak ve yarıklar görülmektedir. Minare bölümünde ise minare basamaklarında, güneydoğu yönündeki iç duvarda, kuzeybatı yönünde dış duvarda ve tuğla çekirdek kolonda çoğunluğu yapısal ve düşey yönlü olan çatlaklar görülmektedir (Eskici, 2007).



Şekil 3.11. Yivli Minare Camii bölümündeki çatlak ve yarıklar.



Şekil 3.12. Yivli Minare Camii bölümü duvarlarındaki çatlak ve yarıklar.



Yivli Minare iç duvarlarındaki çatlak ve yarıklar.

3.1.3.3. Derz açılmaları ve boşalmaları

Yapılarda derz açılmaları ve boşalmaları, derz harcının boşalması ya da birim elemanın yatayda ya da düşeyde yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Yivli minarenin ve camii bölümünün gerek iç kısmında gerekse dış cephelerinde yer yer taş bloklar ve tuğla örgü arasında derz açılmaları ve boşalmaları görülmektedir (Şekil 3.14- 3.15.). Yağmur suyunun içyapıya daha kolay ulaşmasını sağlayan bu durum yapılardaki bozulmaları hızlandırıcı rol oynamaktadır (Eskici, 2007).



Şekil 3.14. Yivli Minare taş duvar bölümlerinde derz açılmaları ve boşalmaları.



Şekil 3.15. Yivli Minare tuğla bölümlerinde derz açılmaları ve boşalmaları.

3.1.3.4. Gözlemlenen parça kayıpları

Fiziksel bir etki ya da kırılmaya bağlı olarak malzeme bütünlüğünde meydana gelen eksilmeler ve iklimsel faktörlerin (nem, yağmur, rüzgar gibi) etkisiyle malzemelerin yüzeylerinde meydana gelen yıpranma ve erimeler şeklinde yapıyı oluşturan taş, tuğla ve benzeri malzemelerin bir kısmının ya da tamamının yitirilmesi şeklinde görülen hasar türüdür (Eskici, 2007). Yapıların çeşitli bölümlerindeki taş, tuğla ve çini malzemelerde yer yer görülmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Yivli Minare tuğla bölümlerindeki parça kayıpları.

3.1.3.5. Nem ve tuz çıkışları

Nem çıkışı ve onarım malzemelerinde çimento içerikli harç kullanımına bağlı olarak malzeme yüzeylerinde beyaz ve ince bir tabaka halinde oluşan çiçeklenmelerdir. Minarede ve camii bölümünde nem yoğunluğunun artış gösterdiği iç kısımlarda yer yer gözlenmektedir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Yivli Minare iç bölümlerindeki nem ve tuz çıkışları.

3.1.3.6. Bitkisel oluşumlar

Minare ve camii bölümünün üst örtüde, duvar üstlerinde ve içlerinde gelişen ağaç ve/veya iri bitkiler yapı ve yapı malzemelerine büyük zararlar vermektedir. Bitkiler kökleriyle yapı malzemelerini tahrip ettiği, duvarlarda çatlama ve yarıklara yol açtığı bilinmektedir. Yapılarda özellikle duvarların üst bölümlerinde, örgü düzeni bozulan taş aralarında irili ufaklı bitki oluşumları görülmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Yivli Minare Cami bölümündeki bitkisel oluşumlar.

3.1.3.7. Siyah tabaka oluşumları

Minarede çekirdek ve dış cephe kaplamalarında olmak üzere farklı etkenlerden kaynaklanan siyah kir birikimleri gözlenmektedir. İç kısımlarda daha çok ateşe bağlı (1972 yılındaki yangınla ilgili olabilir) siyah is tabakalarına rastlanmaktadır. Minare ve camii bölümlerinin dış cephelerinde gözlenen siyah tabaka ise atmosferik kirlenmeden kaynaklanmaktadır. Eksoz gazları ve yakıt artıklarına bağlı olarak atmosferde oluşan gaz ve partikül haldeki azot, kükürt, nitrat gibi kirli bileşikler zamanla malzeme yüzeylerinde birikerek kabuk oluşumuna yol açmaktadır. Taş ve/veya tuğla yüzeylerindeki bu birikimin yağmur suyu ile reaksiyona girip asidik bir etki yaparak aşınmayı hızlandırdığı bilinmektedir (Lazarini, 1986; Torraca, 1988). Atmosferik kirlenmenin neden olduğu siyah birikimlere daha çok kaide ve pabuç kısımlarında ince bir tabaka halinde rastlanmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Dış cephe bölümündeki siyah tabaka oluşumları.

3.1.4. Yapıların statik sisteminin incelenmesi

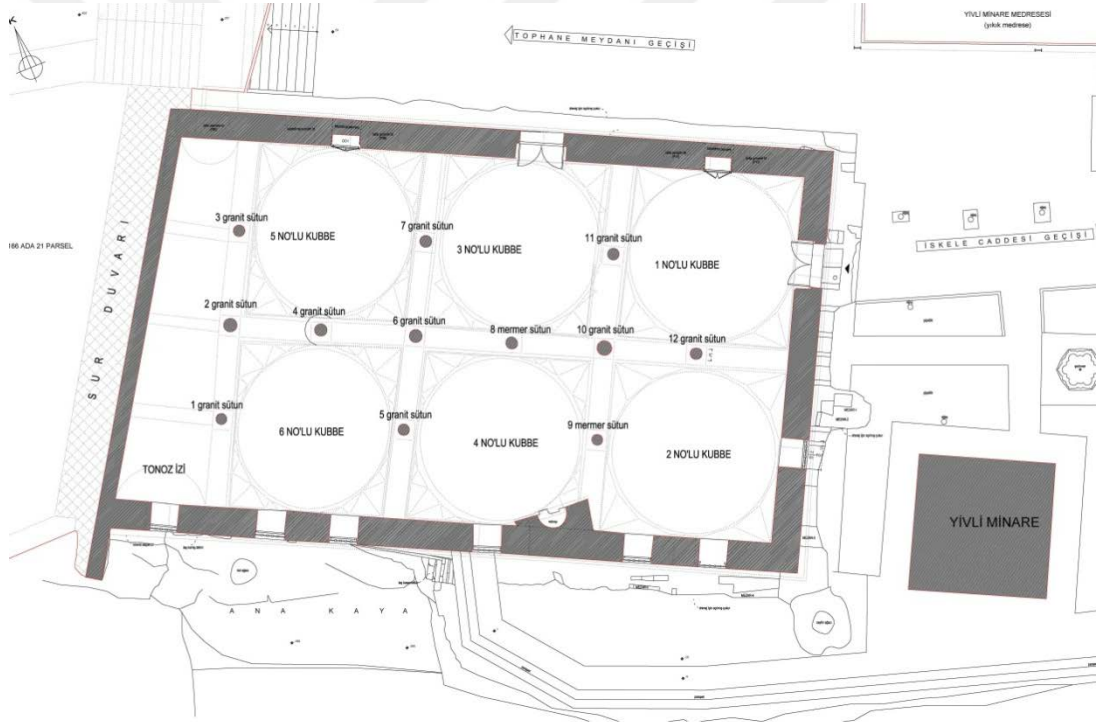
3.1.4.1. Yivli Minare Camii'nin statik sisteminin incelenmesi

Yivli Minare Camisinin taşıyıcı sistemi ve problemlerini belirlemek amacıyla yapının yerinde incelenmesi sonucunda yapının tek katlı 12 adet yaklaşık 60 cm çapında granit mermer sütun tarafından taşınan sütunlar, 6 adet kubbe ile sur duvarı tarafındaki daralan formdaki tonozu taşımaktadırlar. Kubbe ve tonozlar taş ile örülmüştür. Kubbeler tam dairesel değildir. Zaman zaman merkezden kaçıklık ve elipsoit formlarının olduğu belirlenmiştir.

Yapının ana düşey taşıyıcılarından olan sütunların ana kayaya oturup oturmadıkları hakkında kesin bir bilgi yoktur. Ancak, çatı ve duvarlarda önemli sayılabilecek bir deplasmana rastlanmadığı için sütunların ana kayaya oturdukları veya sağlam bir dolgu üzerine

mesnetlendikleri kuvvetle muhtemeldir. Yapılan kazılarda sütunların çevrelerinde taş ve toprak ile yapılmış basınç mukavemeti yüksek olan dolgu çemberlere rastlanmıştır. Bu çemberlerin varlığı kolonların ciddi bir işçilikle inşa edildiklerinin bir göstergesidir. Tonoz ve kubbelerin iyi bir işçilikle ve düzenli olduğu söylenebilecek bir malzeme ile yapıldıkları kesindir. Tonozlarda önemli bir deformasyon tespit edilmemiştir. Kubbelerden sadece 6'nolu kubbeden yamaca paralel bir çatlak görülmektedir. Bu çatlağın oluşması da yamaç formasyonundan dolayı kaçınılmazdır. Oluşma süreci için zaman belirtmek mümkün değildir. Ancak yakın zamanda oluşmadığı da kuvvetle muhtemeldir.

Yapının temelleri sütunların çevresindekine benzer taş dolgu ve taş hatıllardan oluşmaktadır. Yapının altında, kuzey kapısının iç kısımlarında pişmiş topraktan yapılmış özgün drenaj borularına rastlanmıştır. Bu boruların yapının stabilitesi açısından çok önemli bir görev gördükleri ve yamaç sularını aşağı kotlara aktardıkları söylenebilir.



Şekil 3.20. Yivli Minare taşıyıcı sistem planı.

3.1.4.2. Yivli Minare'nin statik sisteminin incelenmesi

Yivli Minare'nin taşıyıcı sistemi ve problemlerini belirlemek amacıyla yapının yerinde incelenmesi sonucunda kaide bölümünün altında kaidenin kenarlarından 10 cm daha geniş 5.55x5.48 ebadında taş temel kısmı bulunduğu tespit edilmiş ve temel yüksekliği belirlenememiştir. Kaide kısmı 5.35x5.28 ebadında ve 6.28 yüksekliğinde, 9 sıra düzgün kesme taşlarla örülmüştür. Kuzey tarafında dikdörtgen şeklinde kapı bulunmaktadır. Kaide

kısmı, doğu duvarında çatlak taşlar görölmektedir. Kaide kısmı iç merdiven basamakları ve çekirdek kolon kesme taştan yapıldığı ve giriş kapısı üstündeki tabandan itibaren zeminden (3 m yüksekliğinde) 2.,4.,5.,6.,7. taş basamaklar ortadan çatlamış oldukları görölmekte, ancak sıkışık durumda oldukları için parçalanmamışlardır.

Kaidenin üzerinden başlayıp köşelerden pahlandırılarak sekizgene dönüştürölen pabuç bölümü 6.5 cm kalınlığında ve 25cmx25cm ebatlı tuğlalardan yarım tuğla kaydırılarak örgüsü oluşturulmuş olduğu görölmektedir.

Sekizgen formlu pabuç bölümünden sonra silindirik formlu tambur bölümünde aynı ebatlı 6.5cm kalınlıkta ve 25cmx25cm ebatlı tuğla kullanılarak örölmüş, 1973 yılındaki onarımında sıvanmıştır. Tambur bölümünde +10.02 kotundan başlayıp + 12.09 kotunda biten güneydoğu yönünde düşey çatlak tespit edilmiştir.

Tambur bölümü üstünde yukarı doğru gittikçe daralan silindirik gövdeyi, aralarında üçgen çıkıntılar olan yarım daireler şeklinde sekiz dilim çepeçevre kuşatmaktadır. Gövde ve dilimler 6,5cmx25cmx25cm ebatlı tuğlalarla ve kireç harcıyla örölmüş olduğu tespit edilmiştir. Gövdenin, +12.09 kotundan başlayıp +14.47 kotunda biten güneydoğu yönünde iç duvarda düşey bir çatlağın olduğu, yine gövdenin +16.78 kotunda başlayıp +19.02 kotunda biten güneybatı yönünde (50- 61) basamaklar arası düşey çatlak ve +19.49 kotundan başlayıp +21.06 kotunda biten güney yönde düşey çatlağın bulunduğu görölmektedir.

Tuğla çekirdek kolonun basamak birleşiminde +20.33 kotunda başlayıp + 21.06 kotunda biten ve basamaklarda çekirdekten dış duvara doğru meyilli çatlak görölmektedir. Ayrıca Çekirdek kolonun +23.47 kotunda başlayıp + 25,57 kotunda biten kuzeybatı yönünde düşey çatlak ve +25.00 kotundan sonra tuğla bozulması, derzlerde boşalmalar dikkat çekmektedir.

Minare gövdesinde mimari projeye göre + 12.95 kotundan itibaren yükseklik arttıkça fazlalaşan eğilme mevcuttur. Şerefe bölümünde + 32.15 kotunda 35 cm güney yöne doğru eğilme tespit edilmiştir.

Şerefe bölümünde 4 sıra taş örgölü silindirik bölüm bulunmakta ve 50 cm genişliğinde kemerli bir giriş kapısından çıkılmaktadır. Şerefe bölüm korkuluğu 85 cm yüksekliğinde 35-37cm'lik 40 adet taş plak 2cmx10cm ebatlı demir kenetlerle birleştirilerek oluşturulmuştur. Şerefe bölümünde su giderlerinin yetersiz olması ve çıkış kapı kanadının olmamasından dolayı suların minare içine akmasına sebep olmuş ve şerefeye yakın gövde bölüm duvarlarında yoğun nem nedeniyle tuğlalarda çiçeklenmeler, dökölmeler, derz boşalması oluşmuştur.

Minare gövdesinin dış görünüşünde belirgin bir çatlak tespit edilmemesine rağmen iç duvarda çok miktarda tuğlaları bölen çatlaklar tespit edilmiştir.

Petek bölümünün petek çapı 2.77 m çapında olup 4.48 m yüksekliğinde ve 1 sıra tam, 1 sıra yarım tuğlalarla inşa edilmiştir. İç bölümden, çekirdeğe oturan ahşap direğe bağlantılı 3 sıra ve 4 yönde ahşap kirişlerle desteklenmiş, üzerine beton hatıl dökülerek külah yapılmıştır. Şerefe bölümünün taban betonun demirleri dıştan görülmektedir. Pah payı kalmamış demirler korozyona uğrayarak paslanmıştı.

3.1.5. Yapının zemin incelemeleri

Yivli Minare ve camisinde oluşan hasarların nedenlerinin başında inşa edildiği alanla ilgili problemler gelmektedir. Kurulduğu alanda temel seviyesinde homojen bir yapı olmaması sebebiyle yapıda oynamalar olduğu görülmektedir. Yapıdaki hasar ve deformasyonların giderilebilmesi amacıyla zemin etüt çalışması yapılarak elde edilecek veriler doğrultusunda yapının güçlendirme ve restorasyon projelerinin hazırlanmasına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu nedenle zemin parametrelerinin tespiti için 30.04.2007–04.05.2007 tarihlerinde sondaj çalışmaları, sismik ve rezistivite çalışmaları yapılmıştır. Bina ve bina türü yapıların kategorik sınıflamasına göre 2. kategoride değerlendirilmiştir.

3.1.5.1. Zemin etüt çalışmaları

Zemin etüt çalışmaları, inceleme alanının jeolojik durumu, doğal afet riski taşıyıp taşımadığı ve inşaat projelerinde baz alınacak temel zemin parametrelerinin belirlenmesine yönelik olarak taşıma gücü, kayma, oturma ve bunun gibi geoteknik parametreleri ile deprem gibi dinamik yükler karşısındaki sıvılaşma riskinin araştırılması amacıyla yapılmıştır.

Arazi çalışmaları yerinde jeolojik inceleme, sondaj, yerinde (in-situ) zemin deneyleri, numune alımı şeklinde sürdürülmüştür. Sondaj çalışmaları Hidrolik Sistem sondaj makinesi ile yapılmıştır. Toplamda 2 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj boyunca uygun zeminlerde her 1.50 metrede bir SPT deneyleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri (TS 1901) standardına uyulmuştur.

Yapılan tüm çalışmalar sonunda inceleme alanının mevcut zemin profili, zemin taşıma gücü, zemin emniyet gerilmesi, yatak katsayısı, sıvılaşma riski ve planlanan temel kazı çalışmaları ve caminin mevcut temel yapı sisteminin değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.1.5.2. Jeomorfolojik ve çevresel bilgiler

İnceleme alanı Antalya ili Kaleiçi mevkinin kuzeyinde bulunmakta olup topografik olarak eğimli bir arazide bulunmaktadır. Antalya ve civarında otokton ve çeşitli tipte karbonat ve kırıntılı kayaçlardan oluşmuş çökel topluluğu yüzeyler bulunmaktadır. Antalya Birliği'nde, Ordovisiyen'de Çakmak Formasyonu, Alt Devoniyen'de Narlıca Formasyonu, Üst Permiyen'de Bıkkıcı Formasyonu, Triyas'da Çamlıca Formasyonu ve Üst Kretase'de Karaçukur Formasyonu ayırtlanmıştır (MTA, 2016).

USİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK(m)	KAYA TURU	AÇIKLAMALAR
SENZOYİK	KUVATERNER	AL V.	0-25	50		Alüvyon Kum, çakıl blok AÇISAL DISKORDANS
						Taraça: Gevşek tutturulmuş kum, mil, çakıl, blok, çakıltaşı, kumtaşı
	TERSİYER	PLİYO-KUVATERNER	TARACA	100		AÇISAL DISKORDANS İnce-orta katmanlı, tutturulmuş ufalanmış, parçalanmış çakıltaşı ve kumtaşı ile az tutturulmuş sarı renkli kilttaş ve milttaş nöbetleşmesinden oluşmuştur.
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	KARAÇUKUR	200-?		AÇISAL DISKORDANS Kumlu kireçtaşı, kırmızı renkli, mika pullu, kumlu şeyl, çörtlü kireçtaşı ile ince-orta katmanlı, çapraz tabakalı kumtaşı ve şeyl nöbetleşmesi (çeşitli bloklar)
						Açık bej-kırmızı renkli Globotruncana'lı, ince katmanlı, plejir kireçtaşları.
	TRİYAS	ALT-ORTA-ÜST. TRİYAS	ÇAMLICA			DISKORDANS Sarımtırak-gri renkli kireçtaşı, kumtaşı, silttaş ardalanması
PALEOZOYİK	PERMİYEN	ÜST PERMİYEN	BİKKICI	100		KONKORDANS Orta-kalın katmanlı, fosilsiz, oolitlik kireçtaşı
						Orta-kalın katmanlı, fosilsiz, strom atolitli kireçtaşı
	DEVON	ADEVON	NARLICA			DISKORDANS Sarı, yeşil renkli, kıvrımlı kırıklı, bol brachiopodlu şeyl kumlu silttaş, kuvarsit
						DISKORDANS ?
	ORDOVİSİYEN		ÇAKMAK			Laminarlı, kirli sarı renkli, bol kıvrım aklı klorit seriat gışt ve kalkışt ardalanması

Şekil 3.21. Antalya ili ve çevresinin genelleştirilmiş jeolojik stratigrafik kesiti (MTA, 2016)

Antalya ilinde Kuvaterner, Tersiyer, Mesozoyik, Paleozoyik adlı yaşlı kayaçlar bulunmaktadır. Antalya Ovası'nın büyük bir bölümü kuvatere ait konglomera, alüvyon ve travertenlerle örtülmüştür. Bu formasyonların en önemlisi, Aksu Çayı'nın batısında geniş bir alanı kaplayan travertenlerdir. Üç basamak halinde kuzeye doğru yükselen bu formasyonun ilk basamağı üzerine Antalya kenti kurulmuştur. Büyük ve çok sayıda erime boşlukları bulunan travertenler, koyu kahverengi renkli, yer yer ince orta tabakalı, yersel masif veya

kalın tabakalı, sık erime boşluklu, bazen sıkı ya da süngerimsi dokuludur, tipik karst yeryüzü şekillerini meydana getirmişlerdir.

Antalya Körfezin’de yer alan bölgede Antalya naplarına ait Alakırçay napı, Tahtalıdağ napı ile bunların üzerinde neotokton örtü olarak Miyosen Kuvarterner yaşlı kaya birimlerini görebiliriz. İnceleme yapılan sahada Antalya Travertenini hakimdir (Poisson,1977).

3.1.5.3. İnceleme alanı mühendislik jeolojisi

Çalışma alanında yapılan sondaj kuyularından SK1 sondaj kuyusu 20 metre, SK2 sondaj kuyusu 20 metre derinliğindedir. Açılan sondaj kuyularında 0.00-1.50m arasında dolgu malzeme, 1.50-20.00 metre arasında yatay yanal devamlılık gösteren, açık bej renkli, mikro çatlaklı, kırıklı, erime boşluklu, gözenekli Antalya traverteninden oluşan bir litoloji mevcuttur. Travertenin yer yer kırıklı, mikro çatlaklı ve erime boşluklu olduğu gözlenmiştir.

3.1.5.4. Arazi araştırmaları ve deneyler

3.1.5.4.1. Sondaj kuyuları

Arazi çalışmaları kapsamında yapı çevresinde toplam 40 metre derinliğinde iki adet sondaj kuyusu açılmış ve sondajdan alınan numuneler üzerinde tek eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. SK1’den 1.5-3.0-4.5 metrelerde ve SK2’den 1.5-3.0-4.5 metrelerden numune alınmıştır.

Çizelge 3.1. Sondaj kuyu bilgileri.

KUYU NO	TARİH	ÇAP(mm)	DERİNLİK(m)
SK-1	30.04.2007	72.0	20.0
SK-2	02.05.2007	72.0	20.0

Tek eksenli basınç dayanımı 250 kg/cm^2 nin altında olması halinde kayaç çok düşük dayanımlı kayaç olarak tanımlanır (Dere ve Miller,1966). Buna göre inceleme alanında Antalya travertenini üst kısımları orta derece ayrılmış durumda ve çok düşük dayanımlı kayaç türündedir.

Çizelge 3.2. Sondaj kuyu RQD % leri

Kuyu derinliği (m)	SK 1	SK 2
0-1.5	8	7
1.5-3	10	11
3-4.5	11	11
4,5-6	11	12
6-7.5	11	12
7.5-9	12	12
9-10.5	13	14
10.5-12	14	14
12-13.5	16	15
13.5-15	17	17
15-16.5	17	18
16.5-18	18	18
18-19.5	20	20
19.5-20	22	21
SK-1 RQD= % 14.3 SK-2 RQD= % 14.4		

Çizelge 3.3. Kayaç kalitesi RQD ile J arasındaki ilişki (Şekercioğlu, 1998.).

Kayaç Kalite Sınıflaması	RQD %	Kitle Faktörü(J)
Çok zayıf	0-25	<0.2
Zayıf	25-50	0.2
Orta	50-75	0.2-0.5
İyi	75-90	0.5-0.8
Çok iyi	90-100	0.8-1.0

İnceleme alanının karot yüzdelereine bağılı kalınarak hesaplanan taşıma güçleri

$$q_a = (J \times q_{\min}) \quad (3.1)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Formüldeki q_a : İzin verilebilir taşıma gücü, J : Kitle Faktörü (tablodan) ve $q_{\min}$: Laboratuvar en düşük tek eksenli basınç direnci değerini ifade etmektedir.

Çizelge 3.4. İzin verilebilir taşıma gücü (q_a) değerleri.

	1.50m için	3.00m için	4.50m için
$q_{\min}$ (kg / cm ²)	65.6	111.8	<0.2
RQD %	14.3	14.3	14.3
J	0.10	0.10	0.10
q_a ($J \times q_{\min}$)	6.56 kg / cm ²	11.18 kg / cm ²	14.25 kg / cm ²

3.1.5.4.2. Yeraltı ve yerüstü suları

İnceleme alanında açılan sondaj kuyularında incelenen takribi 20 metre araştırma derinliğinde yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Ayrıca akarsu, ırmak, nehir gibi yerüstü sularına da rastlanmamıştır.

3.1.5.4.3. Arazi deneyleri

İnceleme alanı temel zeminini araştırmak Yivli Minare ve camisini olabilecek bir depremde sarsan (P dalgası) hasar veren (S dalgası), son olarak yıkan (R,L yüzey dalgası)'na karşı dayanıklı ve en az hasarla atlatılabilecek bir yapılaşmada olması gerekmektedir. Bu amaçla zeminin deprem parametrelerinin hesaplanması maksadıyla söz konusu arazide bir adet sismik serilim yapılmıştır. Dinamik ve Statik hesaplamalarda esas olacak zemin dinamik parametreleri hesaplanmıştır. Zemin düşey yönde incelenerek kesiti eklerde verilmiştir.

İncelenen arazide jeofon aralığı 1 metre olacak şekilde minare güneyine sismik serilim yapılmıştır. Kaynak uzaklığı 1 metre olacak şekilde düz ve ters atışlar yapılarak sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Aynı zamanda daha derinlerin araştırılması ilke edinilerek ters atış istikametinde kaynak 17 metre uzağa götürülerek uzak atış yapılmıştır. Statik hesaplamalarda esas olacak zemin dinamik parametreleri hesaplanmıştır. Afet bölgesinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmeliğe göre B grubu zemin kategorisinde yerel zemin sınıfı Z2'dir. $T_a=0.15$ $T_b=0.40$ 'tır. Yine aynı yönetmeliğe göre 2.Derece deprem bölgesinde olduğundan etkin yer ivme katsayısı $A=0.30$ 'dur. Bina önem katsayısı $I=1.2$ 'dir.

Yapılan sismik açılım sonucunda zemin düşey yönde incelenmiştir. Zeminin iki ayrı sıklıkta zonlardan oluştuğu ortaya konmuştur. Üstte yer alan gevşek sıklıktaki zonun kalınlığı yüzeyden 1.40 metre aşağısındadır. Bu zonda boyuna dalga (V_p) hızı 350-400m/s arasında değişmekte iken enine dalga (V_s) hızı 150-200m/s arasında değişmektedir. Gevşek zonun altındaki zonun boyuna dalga (V_p) hızı 1550-1600m/s arasında iken enine dalga (V_s) hızı 850-900m/s arasında değişmektedir. Belirlenen iki zonun Poisson oranı değerleri 0.27-0.36 olarak değişmekte ve oranının 0.36 olduğu yerde gözeneklilik artmakta.

Çizelge 3.5. V_s kesme dalga hızına göre sınıflandırma.

V_s m/sn	YERSEL BİRİM TÜRÜ
>1000	Sağlam Kaya
>700	Çok sıkı kum-çakıl, sert kil
200-400	Orta sıkı kum-çakıl
200-300	Katı kil, siltli kil
<200	Yer altı su düzeyinin yüksek olduğu yumuşak suya doymun kalın alüvyon
<200	Yumuşak kil-siltli kil

3.1.5.5. Laboratuvar deneyleri ve analizler

3.1.5.5.1. Zeminin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Sondaj kuyularının farklı metrelerinden alınan zemin örnekleri üzerinde zeminin sınıflandırılabilmesi için yapılan elek analizi ve Atterberg limit deneylerinde, temelin oturduğu zeminin yatay yanal devamlılık gösteren, açık bej renkli, mikro çatlaklı, kırıklı, erime boşluklu, gözenekli Antalya traverteninden oluştuğu görülmektedir. Travertenin, yer yer kırıklı, mikro çatlaklı ve erime boşluklu olduğu gözlenmiştir. Bu zeminin taşıma gücü açısından çok zayıf olduğu bilinmektedir.

3.2.4.5.2. Zeminlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Taşıma gücü hesaplarında laboratuvar mühendislik deneyleri ya da yerinde deney sonuçlarından yararlanmak gerekmektedir. Temel zemin özelliklerinin laboratuvar deneylerine yönelik olarak standart numune alınamamış olmasından dolayı taşıma gücü analizleri tek eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre yapılmıştır.

3.2.4.6. Mühendislik analizleri ve değerlendirmeler

3.2.4.6.1. Yapı-zemin ilişkisi

İnceleme alanının Yapı-zemin ilişkisi afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmeliğe göre; bina önem katsayısı 1.2'dir. Zemin Grupları tablosuna bakıldığı zaman zeminin B1 Grubu zeminlere dahil olduğu görülmektedir. Tabaka kalınlıklarına göre zemin sınıfı açısından da zemin Z2 sınıfı zeminlere girmektedir. Yine zemin sınıfı Z2 olan zeminlerde Spektrum Karakteristik Periyotları'nın $T_a=0.15$, $T_b=0.40$ alınması gerektiği sabittir.

3.2.4.6.2. Zemin ve kaya türlerinin değerlendirilmesi

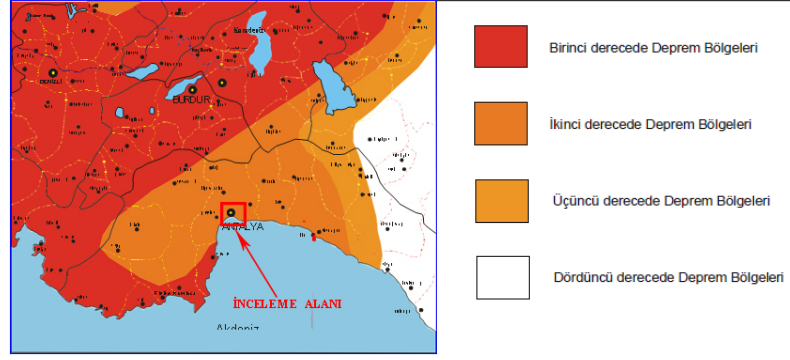
İnceleme alanının sondaja dayalı etütleri sonucunda yatay yanal devamlılık gösteren, açık bej renkli, mikro çatlaklı, kırıklı, erime boşluklu, gözenekli Antalya travertenini kaya türüne rastlanılmıştır. Travertenin yer yer kırıklı, mikro çatlaklı ve erime boşluklu olduğu gözlenmiştir.

Kaya zeminlerin oturma ve şişme değerleri sıfır ve sıfıra yakın değerlerdir. Yivli Minare ve camii temelini Antalya Travertenini üzerine kurulmuş olması nedeni ile binaların oturması kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalacaktır. Sıvılaşma Potansiyelinin olduğu zeminlerde ve mağara türü boşluklarda göçme potansiyeli vardır.

3.1.6.7. Doğal afet risklerinin değerlendirilmesi

23.12.1972 tarihinden beri yürürlükte bulunan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, mevcut bilgilerin ışığı altında günümüz koşullarına göre T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi tarafından yeniden hazırlanmış ve Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararıyla yürürlüğe girmiştir. Bu haritaya göre inceleme alanı deprem bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle, yapının projelendirilmesi esnasında mutlaka deprem yönetmeliğine uyulması önerilir.

İnceleme alanında heyelan, kaya düşmesi, taşkın gibi doğal afet riskine rastlanılmamıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde daha önce afet yönünden inceleme yapılmasını gerektirecek bir olaya rastlanılmadığından buna bağlı olarak 7269 sayılı yasa gereği alınmış herhangi bir yasaklayıcı karar söz konusu değildir.

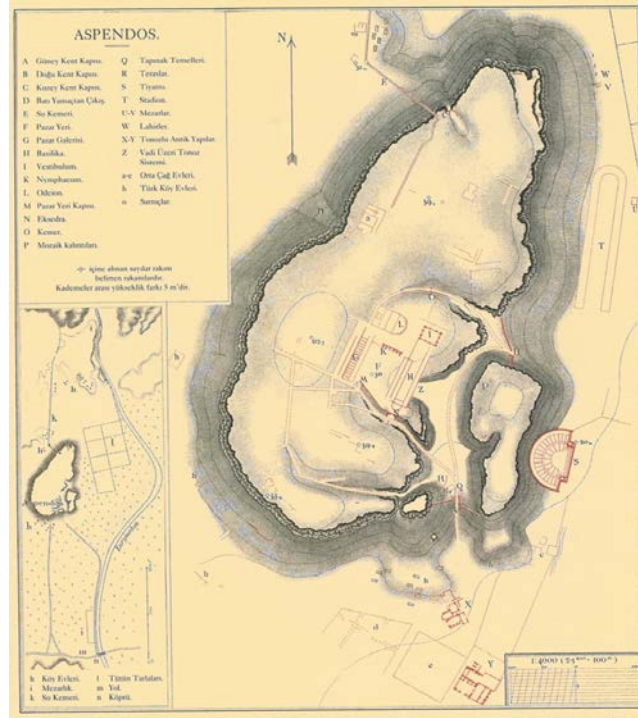


Şekil 3.22. Antalya ve çevresi deprem bölgeleri haritası.

3.2. Antalya Aspendos Antik Tiyatrosunun Mevcut ve Yapısal Durumu

Aspendos kenti Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde, Antalya – Alanya karayolunun 44.km'sinden kuzeye ayrılan yol üzerindedir. Antalya'nın Serik ilçesinin 8 km. doğusunda Belkis köyü bitişiğindedir. Kent kuzeydeki Toros Dağları'ndan çıkarak Antalya Ovası üzerinden Akdeniz'e dökülen Köprüçay (Eurymedon) ırmağının 1 km. kadar batısında, bugünkü sahil şeridinden 10 km. içeride, ovaya hakim iki tepe üzerinde kurulmuştur.

Aspendos konumu gereği gerek Hellenistik dönem gerekse de Roma dönemi boyunca işlek bir liman kenti konumunda olmuştur. Bu özelliklerinden dolayı döneminin gelişmiş bir kenti olduğu aşıkâr olan Aspendos antik kentinin Roma dönemine ilişkin yerleşimini ve yapıları gösterir vaziyet planı (Şekil 3.23.)'de izlenebilmektedir.



Şekil 3.23. Aspendos antik kenti yerleşim şeması.

3.2.1. Aspendos tiyatrosunun tarihçe ve mimarisi

Aspendos antik tiyatrosunun Marcus Aurelius döneminde yaptırılmış olduğu ve ilk yapımının M.S. 161 – 180 yılları olduğu tahmin edilmektedir. Skenenin iki tarafındaki Latince ve eski Yunanca yazıtlarda, Acurtius Crispinus Arruntianus ve Acurtius Auspicatus Titinnianus kardeşler tarafından, babaları Acurtius Crispinus'un vasiyeti üzerine yaptırılıp, tiyatroyu kentin tanrılarına ve imparator ailesine adayıp, kente armağan edildiği anlatılır. Yapının mimarı Zenon'dur . Yapının mimarı Theodoros oğlu Zenon'un güney parodosta 2 metre yüksekte bulunan altlıkta heykeli vardı. Yazıtta "Aspendos halkı, bu binayı ve stadyumun yanındaki bahçeyi yapan mimar Zenon'a teşekkür ediyor" yazmaktadır.

Yapıya Roma kullanımı sırasında Erken Severiuslar döneminde ilk olarak M.S. 2. yüzyıl sonu 3. yüzyıl başında summa cavea kolonadının eklendiği, M.S. 3. yüzyılda ise sahne altı orkestra girişlerinin vahşi hayvanlara göre dizayn edildiği ve orkestranın parapetle çevrildiği bilinmektedir.

Roma dönemi boyunca etkinliğini koruyan tiyatro yapısının Biznas dönemi kullanımı hakkında bir veri bulunmamaktadır. Ancak sağlam yapının bu dönemde farklı işlevler için mutlaka kullanılmış olması gerektiği söylenebilir.

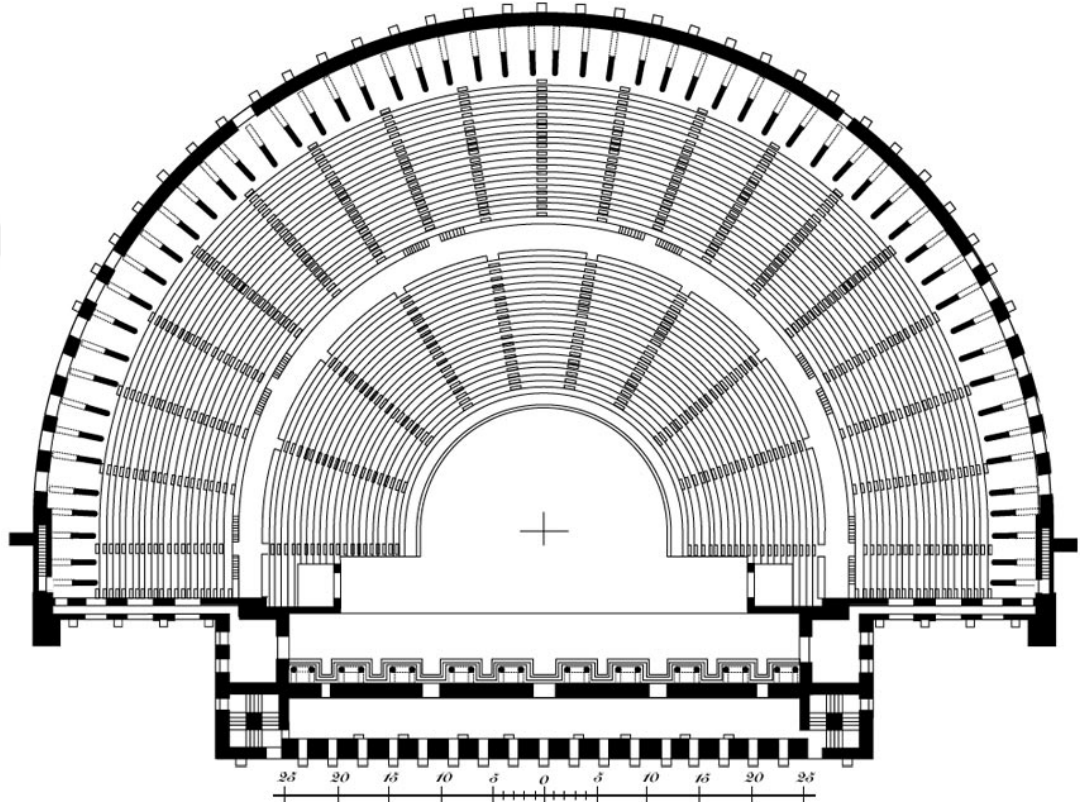
Roma ve Bizans dönemleri sonrası, bölgenin 1078 yılında Selçuklu Türkleri'nin eline geçmesinden sonra I. Alâeddin Keykubad döneminde (M.S. 1221-1237) tiyatro korunaklı bir saraya dönüştürülür ve boyalı stukolarla dekore edilir. Ana giriş olarak taç kapı yapılır. Payandalarla sahne binasını desteklenir. Yan ve arka boşluklar örülerek kapatılır. Selçuklu dönemine ait renkli sıvaların kalıntıları halen sahne binasının iki yanında görülmektedir.

Selçuklulardan sonra kaderine terk edilen yapı 19. yüzyılın ikinci yarısında Avrupalı gezginler tarafından keşfedilinceye kadar gözlerden uzak kalmıştır. 19. yüzyılda başlayan arkeolojik çalışmalarla ortaya çıkartılan yapı bugün Antalya ilinin önemli açık hava tiyatrolarından biri olarak tiyatro oyunlarına, operalara, konserlere ve çeşitli gösterilere ev sahipliği yapmaktadır.

Aspendos antik tiyatrosunun röleve çizim ve ölçümlerinin incelenmesi sonucunda mimari tanımlamasını şu şekilde yapabiliriz; yapı 95.48 metre çapında bir yarım daire formunda ve cavea ile skene binasının bir bütün olarak inşa edildiği görülmektedir. Oturma basamaklarından bir korkuluk ile ayrılmış orkestranın çapı 23.88 metredir. Oturma basamaklarının sayısı 40 olduğu ve A kodu verilmiş bir koridorla (diazoma) iki kısma ayrılmıştır. Üst kısımda 19 alt kısımda 20 oturma basamağı ve bir de diazomada serbest duran bir koltuk dizisi görülmektedir. Caveanın alt kısmında ışınal uzanan merdivenlerin

sayısı 10, üst kısımda ise 21'dir. Altı çifte merdiven diazomadan (A) 2,20 metre yukarıdaki kısma çıkar. En yukarıdaki oturma basamağının arkasında boydan boya uzanan kemerli bir galeri tiyatronun üst bitimidir.

Skene binası 62,48 metre uzunluğunda ve 4,10 metre eninde çok katlı bir yapı olduğu ve İki yanında sahneyi sınırlayan caveaya doğru öne taşkın iki kanat görülmektedir. Skene binasının iki ucunda üst kata bağlantıyı sağlayan merdivenlerin yer aldığı görülmektedir.



Şekil 3.24. Aspendos antik tiyatrosunun planı.

3.2.2. Yapıda kullanılan yapı malzemeleri

Yapıda kullanılan yapı malzemeleri yerinde ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda doğal taş malzeme, harçlar ve tuğla malzemeler olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır.

3.2.2.1. Doğal taş malzeme

Tiyatro yapısı taştan inşa edilmiştir. Cavea (oturma sıraları) bölümünde, mermer (Şekil 3.25) sahne binası, beden duvarlarında ve dış duvarlarda ise iri konglomera blokları (Şekil. 3.26) kullanılmıştır. Sahne binasının dış/arka cephelerindeki kapı, pencere ve kemerli açıklık

çerçevelerinde (lento, söve, denizlik ve kemer taşları), caveayı destekleyen alttaki galerilerin tonoz, kemer ve duvarlarında, caveayı üstte çeviren kemerli galerilerin ayakları, arka duvarları, ayakları birbirine ve duvarlara bağlayan kemerlerinde farklı niteliklerde kireçtaşlarının kullanımı (Şekil 3.27) görülmektedir (Akyol, 2010).



Şekil 3.25. Yapıda mermer taş blok kullanımı.



Şekil 3.26. Yapıda konglomera taş bloklarının kullanımı.



Şekil 3.27. Yapıda kireçtaşı bloklarının kullanımı.

Tiyatroda kullanılan taşlar işlenerek düzgün kesme taş olarak örgüye yerleştirilmişlerdir. Cavea mermer blokları harç kullanılmadan yanaşık/bitişik derzli örülmüşlerdir. Kireçtaşları ve konglomera blokları örgüsünde bloklar arasında ~1cm ölçüsünde (bloklar arasında yumuşak bir geçişi sağlayan) ince bir tabaka oluşturan derz dolgu harcı kullanılmıştır.

Tiyatro yapısında kullanılan özgün moloz taş, cavea mermer bloklarının oturduğu temel dolguda ve sahne binası doğu cephesindeki kapı açıklıklarında yükselen temelde kireçli harçlı düzensiz derz örgülerinde görülmektedir.

Cavea üst bölümünü kuşatan kemerli galerilerin tonoz örtülerinin örgüsünde görülen kaba yontu ve moloz taş örgü tuğla ile birlikte (almasıık örgü tekniği) kullanılması ile farklılık göstermektedir. Galerilerin tonoz örgülerinde kaba yontu ve moloz işlenmiş iki, üç sıra taş arasına boyuna uzanan birer tuğla sırası ile almasıık örülmüştür.

3.2.2.2. Harçlar

Tiyatro binasında harçlar derz ve moloz dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır (Akyol, 2010). Malzemesi kireç ve kum karışımı, krem-beyaz renkli ve sıkı gözeneklidir. Derz harçları sahne binasında ve tiyatronun dış (beden) duvar örgülerinde konglomera blokları arasında ~1-2 cm arasında kalınlığa sahip ince bir tabaka halinde, cavea bloklarının oturduğu temellerin moloz örgülerinde düzensiz ve geniş derz dolgusu şeklinde kullanılmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Yapıda derz harcı kullanımı.

Blok taşlar arasında görülen daha geniş derz dolgularının özellikle konglomera blokları arasında düzensiz bir biçimde (taş kenar aşınmalarına bağlı olarak geniş tutularak) taş yüzeylerine taşırıldığı, ayrıca gerek içte gerekse dış (sahne ve kavisli duvar) cephede üzerlerine fresklerle aynı renkte (kırmızı) boya ile süsleme amaçlı derz çizgilerinin yapılmış olduğu görülebilmektedir. Tüm bu bulgular derz dolgu harçlarının yapım döneminden (özgün) değil, binanın Selçuklu döneminde yeniden kullanımı için gerçekleştirilen tadilatına ait olduğunu; daha doğrusu derz dolgularının bu dönemde yenilendiğini göstermektedir.

3.2.2.3. Tuğla malzeme

Tiyatroda tuğla türü malzeme kısıtlı şekilde kullanılmıştır (Akyol, 2010). Tuğla sahne binasının arka/dış cephesinin kuzey yanında günümüzde binaya geçişin sağlandığı kapı açıklığı üzerinde yer alan büyük kemer ve köşeliklerinin örgüsünde, caveayı üstten kuşatan kemerli galeri ayaklarının ön cephelerinde, özgün halde yüzeyleri sıvalı olduğu kalan izlerden anlaşılan yarım daire kesitli sütunce (plaster) örgülerinde ve sahne binası altında girişi orkestra doğusunda tonoz örgüsünde görülmektedir (Şener, 2010). Almaşık örgüde tuğla kullanımı cavea üzerindeki kemerli galeri tonozlarında da görülür. Tuğla malzeme gerek giriş üzerindeki kemerde gerekse plasterlerde kireç harç dolgulu düzenli derzlerle eş sıralar oluşturacak biçimde örgüye yerleştirilmişlerdir. Kemer ve köşeliklerinde kare ve dikdörtgen, plasterler örgüsünde kavisli (dairesel) forma sahip tuğlalar kullanılmıştır (Şekil. 3.29).



Şekil 3.29. Yapıda tuğla kullanımı.

3.2.3. Yapıda oluşan hasarlar ve nedenleri

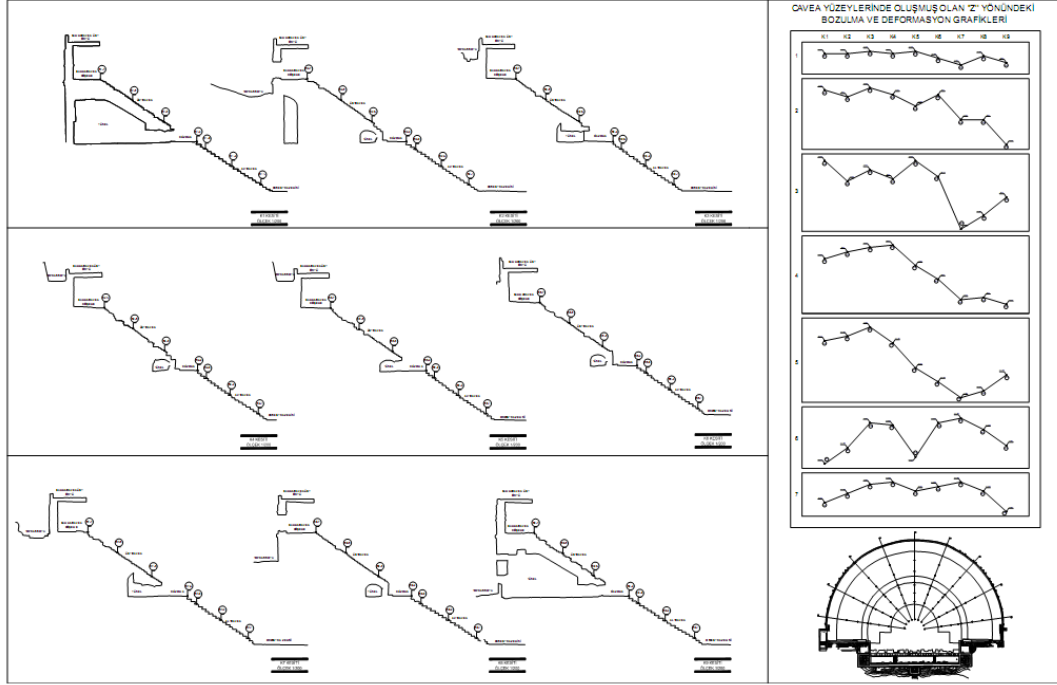
Özgün bütünlüğünü büyük oranda koruyarak günümüze ulaşan Aspendos Tiyatrosu her türlü dış etkilere açık durumdadır. Atmosferik ve iklimsel faktörler (cephe yağışları, yağmur/kar, rüzgar, gün içi ve dönemsel sıcaklık değişimleri, malzemede donma çözülme döngüsü gibi) ile hatalı restorasyon uygulamaları yapı ve yapı malzemeleri üzerinde aşındırıcı, tahrip edici ve/veya bozulmaları artırıcı rol oynamaktadır. Yapıda denize yakınlık, güneyden zemine yakın başlayarak batıda beden duvarlarının yarısına kadar yükselen ve kuzeydoğuda alçalan toprak dolgu, yağışlar, rüzgar gibi etkilerle oluşan nem ve tuzlanmalardan kaynaklanan bozulmalara da rastlanmaktadır. Yerinde yapılan incelemeler sonucu tespit edilen sorunlar aşağıda verilmektedir.

3.2.3.1. Deformasyon ve deplasmanlar

Yapı ölçeğindeki olası deformasyon ve deplasmanların belirlenmesi için 3 değişik noktada optik belgelemenin sağladığı olanaklardan yararlanılarak analiz ve hesaplamalar yapılmıştır.

Cavea bölümündeki oturma sıralarında “z” yönündeki bozulmalarını izlemek için yapılan bu analizde plan paftalarında gösterilen K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9 kısmi kesitlerinin geçtiği cavea bölümlerinden (3 adet alt cavea ,1 adet diazoma ,3 adet de üst cavea bölümü) her kısmi kesit hattından aşağıdan yukarıya 7 adet nokta seçilmiştir. Seçilen bu noktaların aynı yatay oturma sırası içindeki farklılıklarını görmek için kot değerleri okunmuş ve analizi yapılacak olan her oturma sırası için ayrı ayrı grafik hazırlanmıştır.

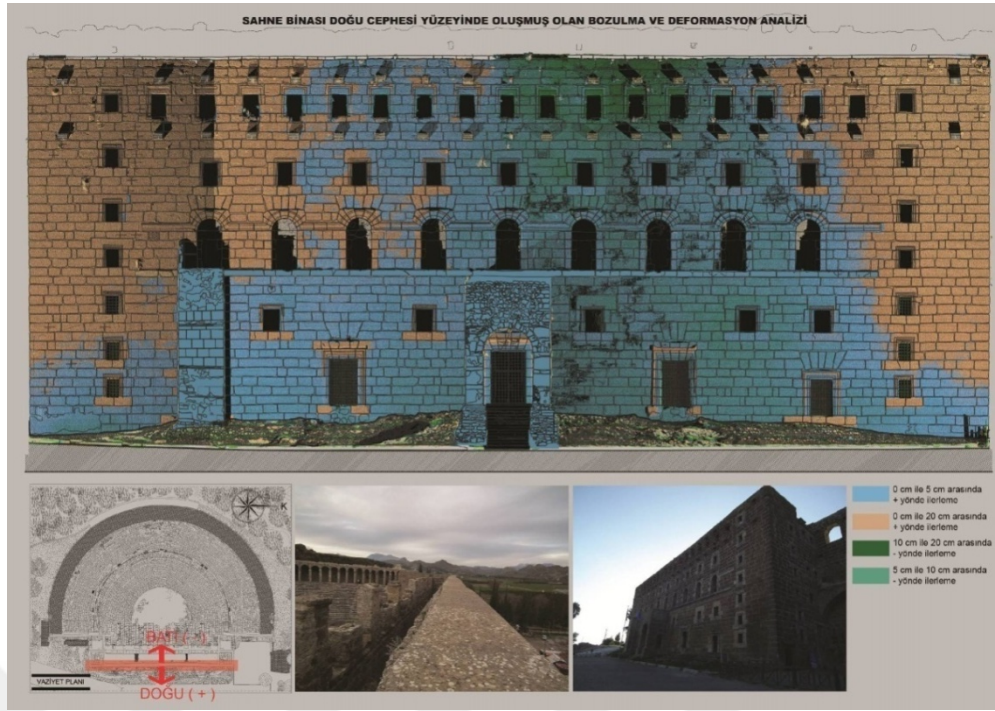
Yapılan çalışma ve analizler doğrultusunda aynı kotta olduğu varsayılan oturma sıralarının noktaları arasında düşeyde 35 cm ye kadar varan farklılıklar tespit edilmiştir. Gözle seçilemeyen bu durum oturma sıralarında bir dalgalanma olduğunu açıkça göstermektedir (Şekil. 3.30).



Şekil 3. 30. Cavea bölümündeki oturma ve deformasyonlar

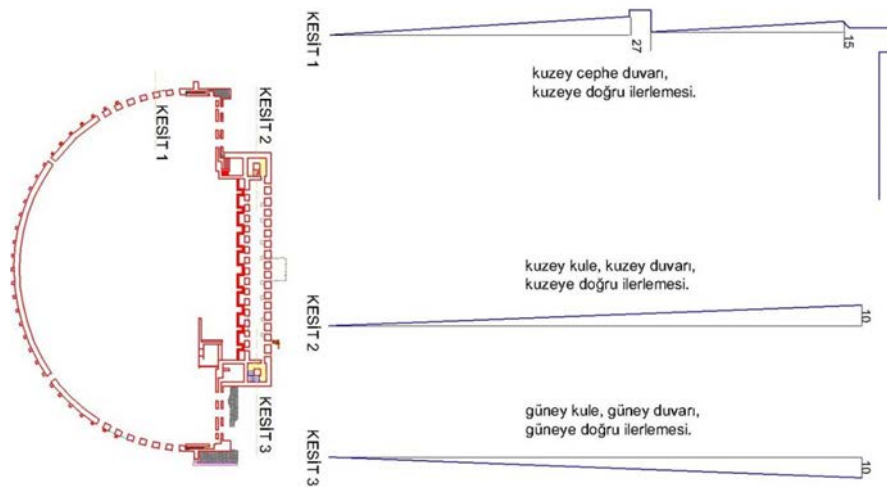
Sahne binası doğu cephesindeki bozulma ve deformasyonları izlemek için yapılan bu analiz, laser scanner cihazı ile okunan nokta bulutundan faydalanarak yapılmıştır. Önce doğu cephe yüzeyinin yere yakın bölümlerinden geçen hat nokta sıklığının yoğun ve doğrusal bir hat oluşturmasından dolayı bozulmaya uğramamış yüzey olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda bozulmaya uğramayan yani analiz için çıkış noktası kabul edilen bu bölgeye göre diğer duvar yüzeylerinin doğu ya da batı yönündeki deplasmanları (ilerleme ve gerileme) tespit edilmiş ve sonuç olarak doğu cephe yüzeyinin doğu-batı yönündeki deplasman ilerleme ve gerileme haritası oluşturulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre yer yer doğu cephesi üst bölümleri kuzey ve güney uçlarında 20 cm ‘ye kadar doğu yönünde ilerleme, doğu cephesi üst orta bölümlerinde ise 20 cm’ye varan batı yönde gerileme tespit edilip belgelenmiştir (Şekil. 3.31).



Şekil 3. 31. Sahne binası cephesinde oluşmuş bozulma ve deformasyon

Sahne binasının kuzey doğu köşesi kuzey analemma duvarının kuzey doğu köşesi ve batıya doğru giden eğrisel yüzünde, duvarın üst bölümlerinin dışarı doğru eğildiği laser nokta bulutu görüntülerinden anlaşılmıştır. Bunun üzerine nokta bulutu üzerinden yapılan ve zemin ile yapının birleştiği noktanın “0” kabul edilmesi ile yapılan ayrıntılı okumalarda kuzey analemma duvarı üzerindeki bir noktanın kuzeye doğru 15 cm., sahne yapısının kuzey doğu köşesinin kuzeye doğru 15 cm. ve sahne yapısının güney doğu köşesinin güneye doğru 10 cm. eğilme olduğu saptanmıştır. Kuzey analemma duvarındaki eğilmenin okunan noktadan itibaren azalarak 18 metre daha devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 3.32).



Şekil3.32. Sahne binası duvarlarında oluşmuş deformasyonlar.

3.2.3.2.Çatlak ve yarıklar

Yapının çok değişik bölümlerinde farklı boyut ve nitelikte çatlaklar ve yarıklar izlenmektedir. Bunların bir bölümü taş malzemenin öz yapısından kaynaklanmakta bir bölümüne ise hava koşulları, değişen kullanımlara bağlı yükler ve benzerleri neden olmaktadır (Şener, 2010).

Yapının çatlak ve yarıkları iki değişik konumdadır. Bunların ilki olan duvarlarda yer alan çatlaklar, doğal olarak oturma birimlerindeki göre daha fazla sorun yaratabilecek olanlardır. Bunlar daha çok düşey ve diyagonal olarak izlenmekte ve niteliklerine göre şöyle; 5 mm'ye kadar olanlar uzun vadede sorun oluşturabileceği, 0.5 – 2 cm. kadar olanlar orta vadede sorun oluşturabileceği ve 2 cm' den fazla olanların ciddi sorun oluşturabileceği şeklinde yorumlanabilmektedir (Şekil 3.33- 3.35).



Şekil 3.33. Yapıdaki 0.5 cm kadar olan çatlaklar.



Şekil 3.34. Yapıdaki 0.5 – 2 cm. kadar olanlar çatlaklar.



Şekil 3.35. Yapıdaki 0.5 – 2 cm. kadar olanlar çatlaklar.

3.2.3.3. Derz açılmaları ve boşalmaları

Yapının beden duvarları ve sahne binasında örgüyü oluşturan konglomera blokları ile kireçtaşı ve mermer bloklarının deprem gibi etkilere bağlı olarak hareket etmesiyle oluşmuş derz açılmaları şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Şener, 2010). Derz dolgu olmadan yanaşık derzli örülen mermer ve kireç taşı bloklarda örgüdeki taşlar arası açılmasıyla oluşan kaymalar şeklinde görülen derz açılmaları sahne binası ve caveayı dıştan çeviren yarım daire planlı beden duvarlarında ise genişleyen derz açılmalarıyla blokların birbirinden ayrılmaları şeklinde görülmektedir. Sahne binası ve beden duvarlarındaki bozulma, özgün yapım sonrasına ait onarımlardaki derz dolguları nedeniyle kolaylıkla izlenememektedir.

Derz açılmaları özellikle sahne binasının doğuya bakan dış cephesinde güney ve kuzey yan kenarlara yakın bölümlerde ve caveayı çeviren yarım daire planlı beden duvarlarının özellikle kuzey ve güneye bakan yönlerinde izlenebilmektedir. Bahsi geçen sorunlu bölümlerde derz açılmalarının kireç harçlı onarım dolgularıyla kapatıldığı, bunun yanında sorunlu bölgelerde taşların yatay yönde, üzeri sonradan kireçli bir harçla kapatılan (“U” şeklinde) kenetlerle birbirine bağlandığı ve sağlamlaştırıldığı gözlenmiştir (Şekil 3.36 ve Şekil 3. 37).



Şekil 3.36. Yapıdaki derz açılmaları.



Şekil 3.37. Yapıdaki derz açılmaları taşların yatay yönde, üzeri sonradan kireçli bir harçla kapatılan (“U” şeklinde) kenet uygulaması.

Tiyatro’da izlenen derz boşalmalarını iki ana grupta toplamak olasıdır. Bunlardan ilki yüzeysel boşalmalardır. Yüzeyden yaklaşık 1 cm’ye kadar olan boşalmalar bu guruba örnek verilebilir. Diğer alt grupta ise 1 cm’den daha derin boşalmalardır (Şekil 3. 38).



Şekil 3.38. Yapı beden duvarındaki derz boşalması.

3.2.3.4. Gözlemlenen parça kayıpları

Fiziksel bir etki ya da kırılmaya bağlı olarak malzeme bütünlüğünde meydana gelen eksilmelerdir. Bu tür bozulmalar daha çok yapıyı etkileyen sarsıntı ve yer hareketlerine bağlı olarak örgüdeki yük dengesinin değişmesiyle veya bakımsızlık ve kullanım dışı kaldığı dönemde bozulmaların ilerlemesiyle meydana gelmiştir. Yapıda yoğun olarak gözlenen parça kayıpları, birbiri üzerine oturan kesme taşların kenar, köşe ve yüzeylerinin kırılmalar-eksilmeler şeklinde kendini göstermektedir (Şener, 2010).

Yapının oturma sıralarında, merdiven basamaklarında ve duvarlarında küçük boyuttaki parça kayıplarından tamamen yok olmuş denebilecek boyuttaki parça kayıplarına kadar çok çeşitli parça kayıpları izlenmiştir (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Yapı elemanlarındaki çeşitli parça kayıpları.

3.2.3.5. Nem ve tuz çıkışları

Neme bağlı meydana gelen tuz çıkışları tonoz, ayak ve duvar bölümlerinde beyaz, krem, kahve renkli lekeler şeklinde görülmekte ve cavea bloklarını taşıyan tonozlu galerilerde ve caveayı üstten kuşatan kemerli galerilerde, duvar, ayak, kemer ve tonoz yüzeylerinde daha çok görülmektedir (Şekil 3.40).

Nem ve tuz çıkışlarının kaynaklarından birisi tiyatro binasının üzerinin açık oluşu nedeniyle yağışlara açık olmasıdır. Ancak en az bunun kadar önemli diğer bir kaynak da beden duvarlarının güneyinde sahne binası ile birleştiği köşeden başlayarak batıya doğru yükselen ve kuzeyde tekrar sahne binasına doğru alçalan bir eğimle beden duvarlarını kuşatan toprak dolgudur (Şener, 2010).

Tepe noktası batıda olan ve doğuya doğru güney ve kuzey koldan eğimli inerek iki yönden çeviren mevcut modern drenaj sistemi, mevcut toprak dolgu üzerine yapılmıştır ve yalnızca batıdaki tepeden akan suyun akışını kontrol etmektedir. Büyük bir kanal şeklinde tesis edilmiş bu drenajın hem tepe yönündeki kenarını oluşturan çevre duvarında hem de çimento harç dolgulu moloz taban kuruluşunda çatlak, yarık ve açılmaların mevcut olduğu görülebilmektedir. Bu durum drenaj sistemindeki sorunlarla artan etkileriyle yağışlar sonrası oluşan zemin suyu beden duvarlarına ve yapı elemanlarına ulaşmasına yol açmakta, nem ve tuz çıkışlarının etkilerini de arttırmaktadır.



Şekil 3.40. Yapıdaki nem ve tuz çıkışları.

3.2.3.6. Bitkisel oluşumlar

Gelişmiş bitki örtüsü koruma problemlerinin bir diğeridir. Özellikle yüksek duvar derzlerinde, ulaşılamayan duvar üstlerinde ve içlerinde gelişen ağaç ve/veya iri bitkiler yapı ve yapı malzemelerine büyük zararlar vermektedir (Şener, 2010). Bitkisel köklerinin yapı malzemelerini tahrip ettiği, duvarlarda çatlama ve yarıklara yol açtığı bilinmektedir. Yapıda özellikle yıkılan duvarların üst bölümlerinde, örgü düzeni bozulan taş aralarında irili ufaklı bitki oluşumları görülmektedir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Yapıdaki bitkisel oluşumlar.

3.2.3.7. Siyah tabaka oluşumları

Tiyatro binasında tüm yüzeylerde yoğunluğu değişmekle birlikte genel bir kirlenme görülmektedir. Kirlenmeler bazı alanlarda daha da yoğun görülmektedir. Ancak doğrudan yağış almayan veya yağış sonrası su sızıntısı bulunan bölgelerde rengi nedeniyle “siyah tabaka” olarak adlandırılan bir diğer bozulma türü görülmektedir (Şekil 3.42).

Bu bozulma türü daha çok cavea ve sahne binası ön cephesindeki mermer bloklarında yoğunlaşmış, yüzeye yapışık, genelde 1 mm altında kalınlığa sahip, gri-siyah renkli kirli birikim tabakalarıdır. Bozulma, ana bileşimi kalsit olan kireçtaşları ve mermer malzemelerde yağışlar sonucu kalsitin alçıya dönüşümü ve/veya karbonatlaşma gibi kimyasal etkilerle bazen de tuzlanmayla oluşan bağlayıcı bir yüzey tabakasına havadaki katı partiküllerin yapışmasıyla meydana gelmektedir (Şener, 2010).



Şekil 3.42. Yapıdaki siyah tabaka oluşumları.

3.2.4. Yapının statik sisteminin incelenmesi

Aspendos tiyatrosunun sahne arkası bölümü, cavea altındaki galeriler ve sahne konsolları sonlu elemanlar yöntemi modeli yapılmış ve yapıda çeşitli yüklemeler altında oluşan gerilmeler ve şekil değiştirmeler hesaplanarak yapının kendi ağırlığı ve diğer yükler altındaki davranışı hesaplanmıştır. Ayrıca yapıda gözlenen değişik hasarların nedenini açıklamak için sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerden yararlanılmıştır.

3.2.4.1. Sahne arkası bölümünün incelenmesi

İncelenen bölümde duvarlarda konglomera cinsi taş kullanıldığı, pencere ve kapıların söve ve hatıllarında ise az kristalize kireç taşlarının kullanıldığı tespit edilmiştir. Kristalize kireç taşları tam “mermerleşmemiş” olan bir kayaç türü olduğu bilinmekte, düşük basınç

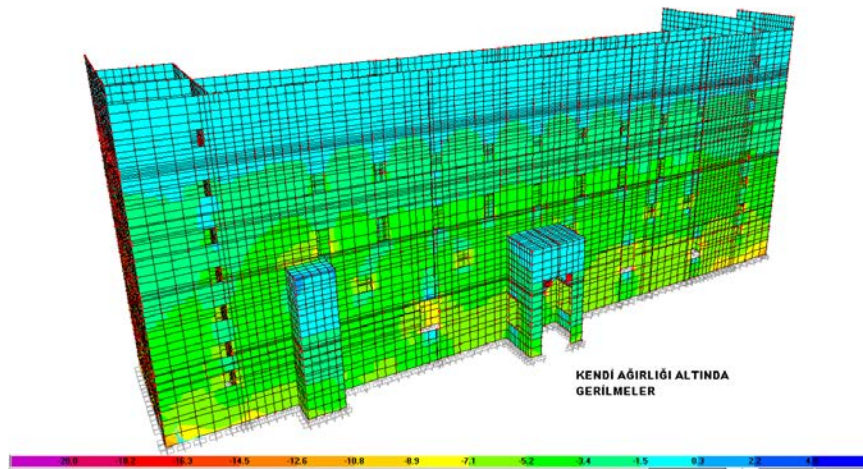
dayanımlı ve çevre koşullarına dayanımlarının konglomera cinsi taşa göre daha az olduğu bilinmektedir.

İncelenen yapı yaklaşık 5.00 metre aralıklı ve 45 metre kadar uzunlukta ve v 25 metre yükseklikte iki paralel, sahne arkası duvarı ve dış duvar ile bu duvarların her iki ucunda yaklaşık 12x5 metre plan alanlı yine aynı yükseklikte iki “kule” benzeri bölümden oluşmaktadır. Uzun duvarlardan dış tarafta olanı yaklaşık 180 cm, iç sahne arkası tarafta olanı ise 120 cm kalınlıktadır. Kulelerin duvarlarında dışta 120 cm içte 90 cm kalınlıktadır (Bayülke, 2011).

İncelenen bölümdeki duvarlarda bulunan kapı ve pencere açıklıklarının alanı toplam duvar yüzey alanına göre oldukça azdır. Kapı ve pencere açıklıklarının en büyüğü 2.00 - 2.50 metre olup genel olarak 0.90 - 1.10 metre oldukları belirlenmiştir. Duvarlardaki toplam kapı ve pencere boşlukları duvarı zayıflatacak boyutta değildirler.

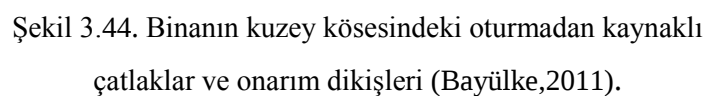
Sonlu Elemanlar Modeli ile analizde yapının duvarlarındaki taşların birim ağırlığı 2.6 ton/m^3 alınmıştır. Duvarın dayanımı elastisite modülü (E) ile temsil edilmektedir. Duvar elastisite modülü ise $1000 \times$ duvar basınç dayanımı olarak alınabilir. Duvar dayanımı genel olarak duvarı oluşturan taş, tuğla ve beton blok gibi malzemelerin basınç dayanımının $1/2$ 'si kadar alınır (Bayülke, 1992). Bu yaklaşım ile duvar dayanımı 90 kg/cm^2 ve duvar elastisite modülü (E) yaklaşık $= 1000 \times$ basınç dayanımı (90 kg/cm^2) $= 100\,000 \text{ kg/cm}^2$ alınmıştır (Bayülke, 2011).

Yapı su anda kendi ağırlığından başka bir yük taşımamakta ve kendi ağırlığının etkisi ile duvarlarında oluşan düşey basınç gerilmeleri Şekil 3.43'te verilmektedir.



Şekil 3.43. Kendi ağırlığı altında düşey gerilmeler (Bayülke, 2011).

Yapının sağ ve sol ön köşelerinde duvarlarda Şekil 3.44'te görülen yerlerde onarılmış oturma çatlakları tespit edilmiştir. Şekil 3.43'te verilen düşey gerilme dağılımı Şekil 3.44'te görülen çatlakların olduğu yerde en büyük değerlerini vermektedir. Burada yan duvarda açılan oldukça geniş kapı bir gerilme yoğunlaşmasına neden olduğu için bir oturma olmuştur (Bayülke, 2011).



Yapının incelenen bölümü 2007 tarihli deprem yönetmeliğine göre deprem analizi yapılarak duvarlarda deprem etkisi ile oluşan kesme gerilmeleri yine yönetmelikte belirtilen duvar kesme dayanımı ile karşılaştırılmıştır.

Yapının bulunduğu zemin deprem yönetmeliğine göre 2'nci sınıf zemin ve yığma yapının R katsayısı = 2 olarak alınarak tasarım spektrumunun $3 \text{ m /sn}^2 / (R= 2) = 1.5 \text{ m /sn}^2$ ivme altında yapıda X (uzun yön) ve Y (kısa yön) yönlerinde oluşan S12 ve S23 kesme gerilmeleri hesaplanmıştır. Bu analizlerden bulunan en büyük S12 ve S23 gerilmeleri (kg/cm² biriminde) aşağıdaki Çizelge 3.6'da verilmektedir. S12 kesme gerilmeleri duvar düzlemine paralel yönde oluşan gerilmelerdir. S23 gerilmesi ise duvar düzlemine dik yönde oluşan kesme gerilmesidir. (+) ve (-) gerilmenin koordinat eksenine göre yönünü belirler. Önemli olan gerilmenin mutlak değeridir (Bayülke,2011).

Çizelge 3.6. X (uzun yön) ve Y (Kısa yön) yönlerinde oluşan S12 ve S23 kesme gerilmeleri (Bayülke, 2011).

Yükleme cinsi	S12 gerilmesi	S23 gerilmesi
Düşey + deprem x- yönü	-4.00 - 12.8	- 1.6 - 1.7
Düşey + deprem y- yönü	- 2.6 - 22	0.06 - 5.6

Duvarın kesme dayanımı $\tau = \tau_0 + \mu \sigma$ olarak hesaplanabilir. Burada μ sürtünme katsayısı 0.5, τ_0 çatlama dayanımı olup duvarın çekme dayanımı olarak basınç dayanımının kareköküne eşdeğer alınmıştır $= \sqrt{180 \text{ kg/cm}^2} = 13.5 \text{ kg/cm}^2$. Duvarda düşey yükler altında ya da duvarın kendi ağırlığı etkisinde tabanda ortalama düşey basınç $\sigma = 16 \text{ kg/cm}^2$ kadar alınırsa kesme dayanımı $13.5 \text{ kg/cm}^2 + 8 \text{ kg/cm}^2 = 21.5 \text{ kg / cm}^2$ duvar kesme dayanımı olabilir. Bu dayanım yukarıdaki çizelgede verilen kesme gerilmelerinin üzerindedir (Bayülke,2011).

Kesme dayanımı ve yapının kendi ağırlığı ile deprem yükleri altında oluşan kesme gerilmelerinin karşılaştırılması yapının kesmeye karşı yeterli dayanımı olduğunu göstermektedir.

Deprem yükleri altında oluşan düşey gerilmeler. S22 gerilmeleri duvarların düzlemi doğrultusunda etkiyen düşey yüklerin sonucudur. Duvarlarda X ve Y yönlerinde etkiyen deprem yükleri ve yapının kendi ağırlığı altında oluşan S22 gerilmeleri (kg/cm² biriminde) verilmektedir. Yatay yönde özellikle Y yönünde etkiyen deprem yükleri duvar tabanında duvar düzlemine dik yönde eğilme momentleri oluşturmaktadır. Bu eğilme momenti ise

duvarın bir yüzünde basınç diğer yüzünde çekme gerilmeleri oluşturmaktadır. Bu eğilme momenti etkisi bir kirişin en kesitinde basınç ve çekme kuvveti çiftinin oluşması mekanizmasına benzerdir (Bayülke, 2011).

Her iki yönde deprem ve düşey yük altında oluşan basınç gerilmeleri duvar dayanımı olan 90 kg/cm²'den oldukça küçüktür. Buna karşılık çekme gerilmeleri özellikle y yönündeki deprem etkisi altında 59 kg/cm² gibi yüksek dayanımlı da olsa konglomeranın taşıyamayacağı düzeyde bir çekme gerilmesi oluşturduğunu göstermektedir (Bayülke, 2011).

Çizelge 3.7. Duvarlarda X ve Y yönlerinde etkiyen deprem yükleri ve yapının kendi ağırlığı altında oluşan S22 gerilmeleri (Bayülke,2011).

Yükleme cinsi	S22 gerilmesi Basınç	S22 gerilmesi Çekme
Düşey +deprem x- yönü	- 10.28	19.8
Düşey +deprem y- yönü	- 9.01	59.1

Yaklaşık 25 metre yüksekliğinde ve aralarında 5-6 metre açıklık olan iki paralel duvarda oluşan tiyatronun bu bölümündeki duvarların deprem tasarım yükleri etkisinde düzlemleri dışına yaptıkları yatay ötelenme duvarların en üst noktalarında, 185 cm kalınlıkta dış duvarda 6.50 cm, 120 cm kalınlıktaki iç duvarda 3.4 cm kadardır. Bu ötelenmeler duvar yüksekliği olan 25.00 metreye bölünürse ötelenme oranları sırası ile yaklaşık 1 / 384 ve 1 / 735 gibi oldukça küçük miktarlardadır (Bayülke,2011).

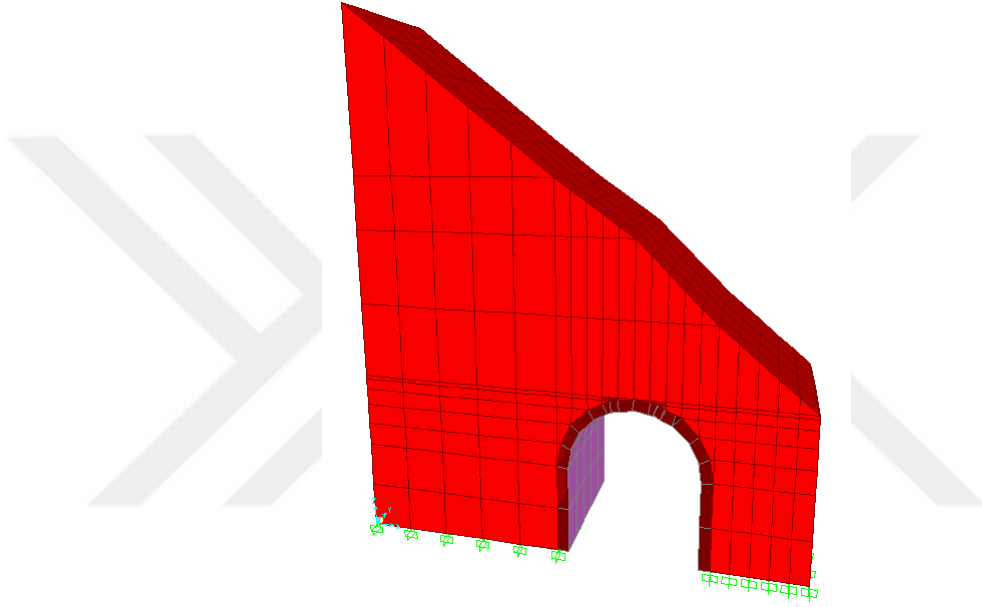
3.2.4.2. Cavea altındaki galerilerin incelenmesi

Tiyatronun tribünlerinin üst bölümünün altında çepeçevre uzanan ve açıklığında tonoz niteliğinde galeriler vardır. Bu galerilerden yine tonoz biçiminde yapının arka duvarına doğru uzanan ve dışarı açılan yaklaşık 4.00 metre genişliğinde galeriler vardır. Tonozların tavanında yer yer düşmüş ya da sarkmış ve diğer taşlara göre aşağı kaymış taşlar bulunmaktadır. Galerilerin tavan ve yan duvarları yaklaşık 40-50 cm kalınlıkta olduğu sanılan taşlarla kaplıdır.

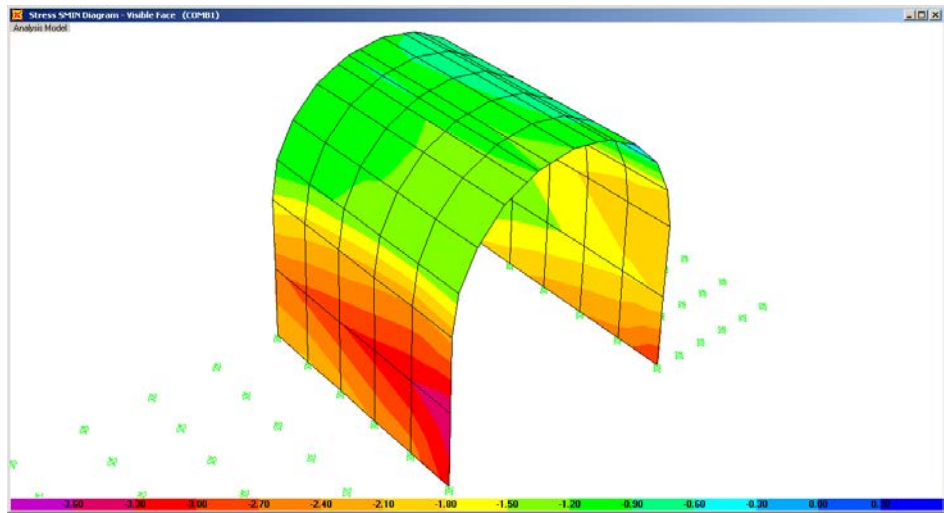
Bu, galerilerin sonlu elemanlar yöntemleri ile analizi yapılan tonoz tavanlarındaki gerilmeler hesaplanmasıdır. Galeriler iki bölüme ayrılarak incelenmiştir. Bu bölümler; Galeri-1

tribünlerin üst katında bütün tribün çevresinde uzanan galeridir, Galeri-2 ise Galeri-1'den tiyatronun arka tarafındaki “çıkış” kapılarına doğru uzanan daha yüksek tavanlı galerilerdir.

Bu galerinin yaklaşık 2.0 metre uzunluğundaki bir bölümü üzerindeki dolgu ve tribün kaplamaları ile modellenmiştir. Dolgu 3-boyutlu sonlu eleman olarak modellenen tribünlerin taş kaplaması eşit yayılı yük olarak üç boyutlu elemanların üst yüzüne eşit yayılı yük olarak uygulanmıştır. Tonoz şeklindeki galeri ise kabuk eleman olarak modellenmiştir. Aşağıda Şekil 3.45’ te sonlu eleman modeli Şekil 3.46’da ise tonozda olan en büyük gerilmeler verilmektedir.



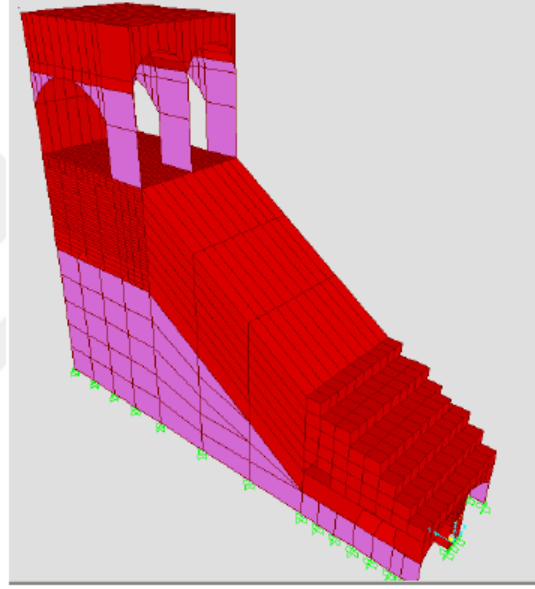
Şekil 3.45. Galeri-1 ‘in sonlu eleman modeli (Bayülke,2011).



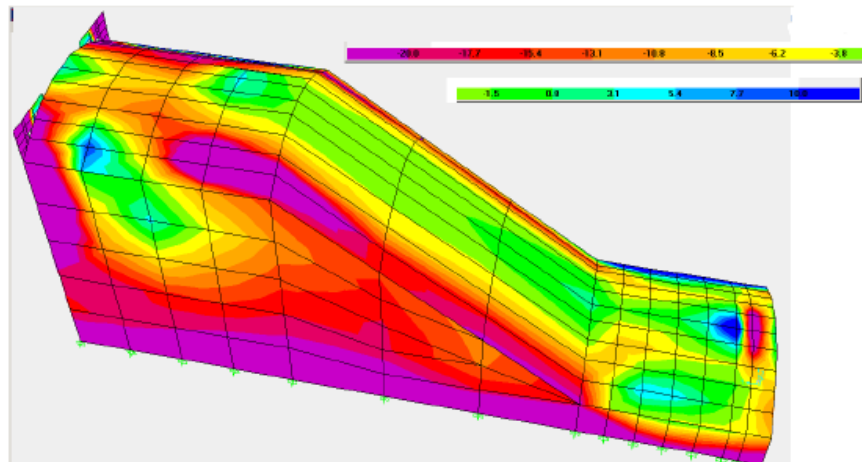
Şekil 3.46. Galeri-1 tonozda olan en büyük gerilmeler (Bayülke, 2011).

Tonozda oluşan en büyük basınç ve çekme gerilmeleri sırası ile 3.8 kg/cm^2 (basınç), ve 0.61 kg/cm^2 (çekme) bulunmuştur. Tonozda kullanılan taşların basınç gerilmesi hesaplarda 50 kg/cm^2 olarak alınmıştır. Gelen gerilme taşın basınç dayanımının $1/12.5$ 'i kadardır. Çekme gerilmesi ise çok önemsiz bir boyuttadır (Bayülke, 2011).

Galeri-2 bölümü Galeri-1'den tiyatronun arka cephesine giden galeri bölümüdür. Sonlu elemanlar modeli tonoz ve kemerli arka bölümü kabuk elemanı, diğer dolgu bölümleri 3 boyutlu eleman olarak modellenmiştir. Bütün bölümlerin konglomera taşından yapıldığı kabul edilmiştir. Taşın birim ağırlığı 2.6 ton/m^3 ve elastisite modülü $50\,000 \text{ kg/cm}^2$ alınmıştır. Toprak olan bölümlerde aynı konglomera taşından olduğu varsayılmış ve tonozda oluşan gerilmeler bu varsayım ile hesaplanmıştır (Bayülke, 2011).



Şekil 3.47. Galeri-2'nin sonlu eleman modeli (Bayülke, 2011).



Şekil 3.48. Galeri-2 tonozda olan en büyük gerilmeler (Bayülke, 2011).

Galeri-2’de kabuk elemanı olarak modellenmiş tonozlarda oluşan maksimum gerilmeler malzeme için kabul edilmiş sınırlar içindedir. Galeri-2’de en büyük tonaz ortası sarkması 0.75 cm olarak hesaplanmış olup bu miktar önemli bir sarkma, düşey deformasyon, değildir (Bayülke, 2011).

3.2.5. Yapının zemin incelemeleri

Antalya ili, Serik İlçesi, Belkıs Belediyesi sınırları içerisinde Aspendos antik tiyatrosunun zemin parametrelerinin tespiti amacıyla 21.10.2010 -25.10.2010 tarihlerinde sondaj çalışmaları, 29.10.2010 tarihinde sismik ve rezistivite çalışmaları yapılmıştır. Bina ve bina türü yapıların kategorik sınıflamasına göre 2. kategoride değerlendirilmiştir.

3.2.5.1. Zemin etüt çalışmaları

Zemin etüt çalışmaları inceleme alanının jeolojik durum, doğal afet riski taşıyıp taşımadığı ve inşaat projelerinde baz alınacak temel zemin parametrelerinin belirlenmesine yönelik olarak taşıma gücü, kayma, oturma ve benzeri jeoteknik parametreleri ile deprem gibi dinamik yükler karşısındaki sıvılaşma riskinin araştırılması amacıyla yapılmıştır.

Zemin türlerinin fiziksel-mekanik özelliklerinin belirlenmesi için dönel sistemle çalışan D 500 tipi sondaj makinesi ile açılmıştır. Sondaj işlemi sırasında her 1.50 m derinlik dahilinde ve yerinde olmak üzere SPT (Standart Penetrasyon Testi) deneyi yapılarak, karot örnekleri alınarak zeminin tanımlanması ve zemin parametrelerinin tespiti yapılmıştır. Zeminin sıkılık, kıvamlılık değerleri ile birlikte taşıma gücünün tespitine yönelik jeoteknik veriler elde edilmiştir.

Bu etütte 12 kanallı Geometrics ES 3000 marka cihaz kullanılmıştır. Sistem bilgisayar aracılığı ile örnekleme aralığını seçebilen, bir triggerli balyoz, P ve S sismik izleri kayıt etmek için 12 adet jeofon ve özel bağlantı ünitelerinden oluşmaktadır.

Yapılan tüm çalışmalar sonunda inceleme alanının mevcut zemin profili, zemin taşıma gücü, zemin emniyet gerilmesi, yatak kat sayısı ve sıvılaşma riski değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.2.5.2. Jeomorfolojik ve çevresel bilgiler

İnceleme alanı, Antalya ili, Serik İlçesi, Belkıs Belediyesi sınırları içerisinde bulunmakta olup, topografik olarak eğimli bir arazide bulunmaktadır. Yakın çevresinde yüzeylenen

birimler önceki araştırmacılar tarafından Karpuzçay Formasyonu, Yenimahalle Formasyonu, Belkıs Konglomerası ve Kuvaterner yaşlı alüvyon birimler olarak ayrıtlanmıştır.

Bölgenin yapısal ve tarihsel jeolojisi Torid kuşağı içerisinde yer alan temel kayalar Paleozoyik'ten Kretase'ye kadar kendi içerisinde gelişen süreksizliklerin dışında sedimantolojisini kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar ile tamamlamaya çalışmıştır. Alt Triyas'tan hemen sonra riftleşen bölgede bir açılmanın sonucunda beklenen kapanım olmaksızın, bir yanda Mesozoyik sığ deniz karbonatları öte yandan basenin yarı derin ve derin kısımlarında hemipelajik-pelajik çökeller ile Üst Kretase – Alt Paleosen'e kadar sedimantasyon sürerek Neotetis'in güney kolunun ofiyolit yerleşimi öncesi çökel toplulukları oluşmuştur. Yaklaşık Homa-Balçıkhisar-Hoyran gölü-Anamas Dağı hattının güneyinde kalan bölge Üst Kretase-Alt Paleosen'den sonra yükselip çökeliminde kesiklik gösterirken belirtilen hat boyunca ve bu hattın hemen kuzeyinde kalan bölge derin deniz özelliğinde çökelimine devam etmiştir. Aynı olayın daha değişik parametresini oluşturan Neotetis'in kuzey kolunda yüzeyleyen ofiyolitler Üst kretase denizinin eşliğinde Menderes masifini aşarak Homa-Anamas Dağı hattı kuzeyine yerleşmişlerdir. Belirtilen hat boyunca çökelimini eksiksiz olarak sürdüren Paleosen denizi Üst Paleosen-Alt Eosen 'de güneye doğru ilerleyip tüm Beydağları'nı aşarak ofiyolitlerin güneye aktarılışına eşlik etmişlerdir. Alt Eosen sonrası yükselen tüm bölge daha sonra Lütésiye deniziyle kapsanmış olup Lütésiye sonunda ofiyolitli karmaşık seri kuzeyden güneye olan en son ilerlemesini yapmıştır (Yalçınkaya, 1987).

3.2.5.3. İnceleme alanı mühendislik jeolojisi

İnceleme alanı içerisinde Aspendos antik tiyatrosu önünde 4 ayrı lokasyonda 15.00 metre derinlikte zemin sondaj çalışması yapılmıştır. Yüzeyden itibaren 0.00-1.50 metreler arasında toprak dolgu malzeme, 1.50-4.00 metreler arasında gri renkli, çok katı-sert kil birimi, 4.00-15.00 metreler arasında gri renkli, az ayrıışmış kıltaşı birimi tespit edilmiştir.

İnceleme alanının doğu, kuzeydoğu kesiminde mostra yüzeyinde gözlenen ve inceleme alanının taban birimi olduğu belirlenen kumtaşı-kıltaşı-silttaşı litolojilerinin düzensiz dağılım ve ardalanımından oluşan Karpuzçay formasyonu (Tmkp-Karpuzçay Fm), Belkıs Konglomerası (Qb) ve Taşlık formasyonu (Tmt) altında uyumsuz olarak bulunmaktadır. Formasyon literatürde 2050 metre kalınlıktadır. Formasyon inceleme alanı genelinde gri-koyu gri renkli, orta derecede ayrıışmış kıltaşı ve kumtaşı birimi tarafından temsil edilmektedir. Kıltaşı birimi yer yer yüzey alterasyonu nedeniyle tamamen ayrıışmış durumda bulunmaktadır.

3.2.5.4. Arazi araştırmaları ve deneyler

3.2.5.4.1. Sondaj kuyuları

Çalışma alanında yapılan sondaj kuyularından SK1 sondaj kuyusu 15 metre, SK2 sondaj kuyusu 15 metre, SK3 sondaj kuyusu 15 metre, SK4 sondaj kuyusu 15 metre derinliğindedir.

Çizelge 3.8. Sondaj kuyu bilgileri (E: Elek analizi, A: Atterberg limitleri, q: Tek eksenli basma dayanım deneyi).

Kuyu No	Tarih	Çap (mm)	Derinlik (m)	Yapılacak Deney	Kordinatlar	
					Y	X
SK-1	22.10.2010	86.0	15.00	E-A	36°56'19.35"	31°10'21.22"
SK-2	22.10.2010	86.0	15.00	E-A	36°56'19.72"	31°10'21.24"
SK-3	23.10.2010	86.0	15.00	E-A	36°56'20.47"	31°10'21.32"
SK-4	25.10.2010	86.0	15.00	q	36°56'21.02"	31°10'21.49"

Çalışma alanı içerisinde farklı lokasyonlarda düşey derinlikler dahilinde makroskopik tanımlama ve laboratuvar sonuçlarına göre kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminler tanımlanmıştır.

Çizelge 3.9. Kohezyonlu zeminlerde darbe sayısı ile kıvamlılık arasındaki bağıntı (Terzaghi ve Peck, 1967).

Darbe sayısı (N30)	Kıvamlılık
2'den az	Çok yumuşa
2-4	Yumuşak
4-8	Orta
8-15	Katı
15-30	Çok katı
30'dan fazla	Sert

Çizelgedeki veriler doğrultusunda zemin sondaj çalışması yapılan saha içerisinde yapı temelinin oturduğı düşey kesim içerisinde SPTN30_{ort}= 27'ye göre kıvamlılık açısından zeminin çok katı olduğı tespit edilmiştir.

Temel kayasını oluşturan Karpuzçay formasyonuna ait kilaşı birimi yaygın olarak (Deere ve Miller, 1966) tarafından geliştirilen Tek Eksenli Sıkışma Dayanım sınıflamasına (Çizelge 3.10) ve (Deere, 1964) tarafından geliştirilen RQD yüzdesine göre (Çizelge 3.11) sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 3.10: Tek eksenli sıkışma dayanım sınıflaması (Deere ve Miller,1966).

Sınıf	Dayanım	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (kgf/cm ²)
A	Çok Yüksek	>2200
B	Yüksek	1100-2200
C	Orta	550-1100
D	Düşük	275-550
E	Çok Düşük	<275

Çizelge 3.11. RQD yüzdesine göre kaya sınıflaması (Deere,1964).

RQD (%)	Kaya Kalitesi
<25	Çok Zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok İyi

Etüt alanındaki traverten birimlerden temin edilen karot örnekleri üzerinde aboratuvar koşullarında elde edilen Tek Eksenli Basma Dayanım verilerinin Çizelge 3.10' e göre değerlendirilmesi durumunda E sınıfında yani çok düşük dayanımlı, Çizelge 3.11' de verilen RQD sınıflamasına göre ise (ortalama) Çizelge 3.12'de sonuçları bulunmuştur. Etüt alanı içerisinde kıltaşı birimlerde yapılan karotlu sondaj çalışmaları sonucunda düşey litolojinin RQD % 25, kaya kalitesinin de RQD'ye bağlı olarak çok zayıf olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.12. RQD ortalama değerleri.

Kuyu No	RQD (ort)	Kaya Kalitesi
SK-1	10	Çok Zayıf
SK-2	9	Çok Zayıf
SK-3	9	Çok Zayıf
SK-4	10	Çok Zayıf

3.2.5.4.2. Yeraltı ve yerüstü suları

Yer altı sularına, inceleme alanında yapılan zemin sondaj çalışmaları neticesinde yer altı suyuna rastlanılmamış olup yakın bölgede yapılan su sondajlarından edinilen bilgiler doğrultusunda 40-45 metre derinlikte olduğu bilinmektedir.

Yer üstü sularına, incelenen parsel içerisinde yüzeylenen ve hakim litolojiyi oluşturan traverten biriminde yer üstü suyuna rastlanılmamıştır.

3.2.5.4.3. Arazi deneyleri

Aspendos antik tiyatrosu önünde yaklaşık 3-4 metre mesafede 4 adet 15 metre derinliğinde zemin sondaj çalışması yapılmıştır. Sondaj işlemi sırasında her 1.50 metre derinlik dahilinde ve yerinde olmak üzere SPT (Standart Penetrasyon Testi) deneyi ve karotlu sondaj çalışması, yapılmış alınan zemin ve karot örnekleri ile zeminin tanımlanması ve zemin parametrelerinin tespiti yapılmıştır, sondaj logları EK-5’de verilmiştir.

Zemin dayanım özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ilgi parsel dahilinde TS-5744’e göre yapılmış olup 63.5 kg ağırlığındaki şahmerdan ile 76.50 cm’den serbest bırakılarak her 1.50 metre manevra boyunca tekrarlanmıştır. Manevra boyu 1.50 metre olup Oger kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SPT deneyi her 1.50 metre derinlikte düzenli olarak yapılmış olup N 30 ortalama değerleri zeminin kıvam ve sıklığı ile birlikte emniyetli taşıma gücü hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılmıştır. İnşaat sahası içerisinde açılan sondaj kuyularında yapılan SPT değerleri Çizelge 3.13’te sunulmuştur.

Çizelge 3.13. Spt değerleri.

Sondaj Kuyusu	Derinlik (m)	SPT N30ort	Sondaj Kuyusu	Derinlik (m)	SPT N30ort
SK-1	1.50-1.95	27	SK-3	1.50-1.95	45
	3.00-3.45	35-R		3.00-3.45	25-R
SK-2	1.50-1.95	29	SK-4	1.50-1.95	29
	3.00-3.45	45-R		3.00-3.45	43-R

3.2.5.5. Laboratuvar deneyleri ve analizler

Sondaj kuyularının farklı metrelerinden alınan zemin örnekleri üzerinde, zeminin sınıflandırılabilmesi için yapılan elek analizi ve Atterberg limit deneylerinde yüzeyden itibaren 0.00-1.50 metreler arasında toprak dolgu malzeme olduğu, 1.50-4.00 metreler arasında gri renkli, çok katı-sert kil birimi olduğu ve 4.00-15.00 metreler arasında gri renkli, az miktarda ayrılmış kilaşı birimi olduğu tespit edilmiştir.

3.2.5.5.1. Zeminin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Çalışma alanında yapılan zemin sondaj çalışmaları sonucunda alınan örselenmiş numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçları doğrultusunda zemine ait fiziksel özellikler aşağıdaki çizelge 3.14'te verilmiştir.

Çizelge 3.14. Laboratuvar deney sonuçları.

Sndj No	Numune	Derinlik (mt)	LL	PL	PI	+4"	200"	TS 1500
SK-1	SPT	1.00	42.2	22.9	19.3	0	92	CL
SK-2	SPT	1.50	42.2	23.5	20.7	0	99	CL
SK-3	SPT	3.00	47.0	24.2	22.8	0	98	CL

3.2.5.5.1. Zeminin mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Zemin sondaj çalışmaları sonucunda zeminden elde edilen karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç dayanım deneyleri zemin laboratuvarında yaptırılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda zemine ait mekanik özellikler aşağıdaki çizelge 3.15'te verilmiştir.

Çizelge 3.15. Tek eksenli basınç dayanım deney sonuçları.

Kuyu No	Derinli k m	Boy mm	Çap mm	Ağırlık Gr	Yenilm e Yüğü	Alan cm ²	Hacim cm ²	Düzeltilme Faktörü	γa	qu Kg/cm ²
SK-2	3.00	105.0	69.0	725.69	9.6	37.39	392.62	1.0360	1.848	27.1

3.2.5.6. Mühendislik analizleri ve değerlendirmeler

Arazi çalışmaları sonucu belirlenen kohezyonlu zeminlerde taşıma gücü değerleri aşağıdaki yöntem kullanılarak hesaplanmıştır.

Terzaghi ve Pack tarafından kohezyonlu (killi) zeminlerde kıvam ile serbest basınç direnci (q_u) ve standart penetrasyon deneyi darbe sayısı N arasındaki bağıntı tablosu yardımı ile q_u değeri 2.00-4.00 kg/cm² arasında tespit edilmiştir.

Çizelge 3.16. Kohezyonlu (killi) zeminlerde kıvam ile serbest basınç direnci (q_u) ve standart penetrasyon deneyi darbe sayısı N arasındaki bağıntı (Terzaghi, 1943).

Kıvam	Çok Yumuşak	Yumuşak	Orta	Katı	Çok Katı	Sert
(L)	0,05	0,25	0,50	1,00	1,50	2,00 > 2,00
q_u (kg/cm ²)	< 0,25	0,25-0,50	0,50-1,00	1,00-2,00	2,00-4,00	>4,00
N Darbe Sayısı	2	4	8	15	30	

$$c = 0.5 * K * N_{30} \quad (K=0.15 \text{ sabit}) \quad N_{30}= 27 \text{ ise;}$$

$$c=0.5 * 0.15 * 27$$

$$c = 2.025 * 2/3 = 1.35 \text{ kg/cm}^2 \quad (2/3= \text{Düzeltme katsayısı})$$

$$q_{net} = 2/3 * 5.7 * c / 3$$

$$q_{net} = 2/3 * 5.7 * 1.35 / 3$$

$$q_{net} = 1.7 \text{ kg/cm}^2 \text{ hesaplanmıştır.}$$

İnceleme alanının Yapı-zemin ilişkisi afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmeliğe göre;. Zemin Grupları tablosuna bakıldığı zaman zeminin B3 Grubu zeminlere dahil olduğu görülmektedir. Tabaka kalınlıklarına göre zemin sınıfı açısından da zemin Z2 sınıfı zeminlere girmektedir. Spektrum Karakteristik Periyotları'nın $T_a=0.15$, $T_b=0.40$ alınması gerektiği sabittir.

Çizelge 3.17. Zemin grupları.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetration (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
A	1) Masif ve volkanik kayalar, ayrışmamış metamorfik kayalar sert çimentolu tortul kayalar. 2) Çok sıkı kum, çakıl 3) Sert kil ve siltli kil	- >50 >32	- 85-100 -	>1000 - >400	>1000 >700 >700
B	1) Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksiz düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar 2) Orta sıkı kum, çakıl 3) Çok katı kil ve siltli kil	- 30-50 16-32	- 65-85 -	500-1000 - 200-400	700-1000 400-700 300-700
C	1) Yumuşak süreksiz düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar. 2) Orta sıkı kum, çakıl 3) Katı kil ve siltli kil	- 10-30 8-16	- 35-65 -	<500 - 100-200	400-700 200-400 200-300
D	1) Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları. 2) Gevşek kum 3) Yumuşak kil, siltli kil	- <10 <8	- <35 -	- - <100	<200 <200 <200

Çizelge 3.18. Yerel zemin sınıfları.

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

Çizelge 3.19. Spektrum karakteristik periyotlar.

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

3.2.5.7. Doğal afet risklerinin değerlendirilmesi

İncelenen parsel ve yakın civarında yapılan jeolojik çalışmalarda topografik eğim %0 (sıfır) olup aktif ve potansiyel nitelikli kaya düşmesi, heyelan, feyezan ve benzeri doğal afet olaylarına ve olabilecek risk faktörlerine rastlanılmamıştır. 7269 sayılı Afet Yasası'na göre bir kısıtlılık veya yasaklama görülmemiştir.

İnceleme alanı Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca 1996 yılı içerisinde yayınlanan ve Bakanlar Kurulunun 18.04.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem Haritasına göre 2. derece deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. Dolayısıyla yapılarda 2. derece deprem yönetmeliği ile ilgili mühendislik tedbirlerinin uygulanması gerekmektedir. 7269 sayılı Afet Yasası'na göre bir kısıtlılık veya yasaklama görülmemiştir.

Deprem Durumu: 2. derece tehlikeli deprem bölgesindedir. Bölge genelde denizde oluşan depremlerin tesirindedir.

Çizelge 3.20. Etkin yer ivmesi katsayıları.

Deprem Bölgesi	Ao
1	> 0.4
2	0.40- 0.30
3	0.30- 0.20
4	0.20- 0.10
5	< 0.10

1924-2006 tarihleri arasında Antalya ve çevresinde meydana gelen depremlerin listesi ve episantır dağılım haritası Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı'ndan temin edilerek incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Depremler Cumhuriyet Dönemi'nde kayıt edilen aletsel depremlerdir.
- Antalya ve çevresinde 1924 tarihinden günümüze kadar 153 deprem olmuştur.
- Kayıt edilen depremlerin magnitüd değeri $M \geq 4.0$ olan depremlerdir.
- Magnitüd değeri $M \geq 5.0$ olan 25 deprem kayıt edilmiştir.
- Depremlerin derinliği 1-160 km. arasında değişmektedir.
- Kayıt edilen en büyük deprem, 01 Mart 1926 tarihinde olan 6.4 büyüklüğündeki depremdir.
- Antalya ve çevresinde zamanla öncü depremlerde olmaktadır. 05.09.1971 tarihinde Mb 4.4 büyüklüğünde olan deprem büyüyerek devam etmiş 05.09.1971 tarihinde Mb 4.5, 08.09.1971 tarihinde ise en büyük değere ulaşmış Mb 5.2 ve daha sonra

- Antalya ve çevresinde meydana gelen depremler sığ ve orta derinlikteki depremlerdir.
- Antalya'nın güney batısında meydana gelen bazı depremlerin derinliği 100 km. civarında olabilmektedir.
- Antalya'da meydana gelen en son deprem Kandilli Rasathanesi verilerine göre 29.11.2006 tarihinde derinliği 79.4 km, büyüklüğü Md 3.6 olan Antalya-Körfez ile 18.12.2006 tarihinde derinliği 5.0 km, büyüklüğü Ml 4.1 olan Antalya- Çakırlar depremidir. Çakırlar depremi hissedilmiştir.

3.2.5.7.1. Deprem etkisi ve çekincesi

İNCELEME ALANI

Ölçek: 1:1.850.000

Not: Bakanlar Kurulu'nun 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Deprem Bölgeleri sınıflandırması kullanılarak oluşturulmuştur.

111

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Antalya Yivli Minare ve Camisi ve Antalya Aspendos antik tiyatrosu materyal ve yöntem (3.bölüm) bölümünde ayrıntılı biçimde incelenmiş, yapıların mevcut durumu ve hasarları tespit edilmiş, temel ve zemin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla zemin incelemesi yapılmıştır. Aspendos Antik Tiyatrosunun yapısal ve deprem davranışının belirlenmesi amacıyla sonlu elamanlar yöntemiyle modellemesi yapılarak incelenmiştir. Bu bölümde ise incelemelerden elde edilen sonuçlar ve bilgilerin değerlendirmesi yapılmıştır. Yapının sorunlarını gidermek için yapılacak restorasyon ve güçlendirmelerin ana hatları geliştirilmeye çalışılmış ve önerilen onarım ve güçlendirme önerilerinin ana ilkeleri tartışılarak ele alınmıştır.

4.1. Antalya Yivli Minare ve Camisinin Mevcut ve Yapısal Durum İnceleme Sonuçları ve Restorasyon – Güçlendirilmesi

4.1.1. Yapısal ve statik inceleme sonuçları ve değerlendirmesi

Yivli Minare Camii; tek katlı rijit bir yapı olup, 1.08 metrelik taş duvarları bulunmaktadır. Yapı, dört köşesinden dairesel mermer kolonlarla taşınan kareye yakın mekânların üzeri, farklı ölçülerde eşit kenarlı olmayan altı adet kubbe ile harimin batısındaki sur duvarına dayanan ve üç kemerle desteklenen, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru giderek daralan sivri bir tonozla kapanmaktadır. Kubbelere geçişte ise farklı geçiş elemanları kullanılmıştır. Bu bölümün sonradan ilave edilmiş olma olasılığı vardır. Bu kısımda kullanılan duvar tekniği ve malzemesi de diğer kısımlardan farklılık göstermektedir. Yapının, planda yaklaşık 16,5 metre eni ve 26,5 metre uzunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yapının yerinde incelenmesi ve laboratuvarında yapılan yapı malzeme analizleri sonucunda duvarlarında değişik türdeki moloz taş kullanıldığı, tonoz ve kubbeleri taşıyan kolonların granit ve mermerden yapıldığı ve tonoz ile kubbelerin iyi bir işçilikle, düzenli olduğu söylenebilecek taş malzeme ile yapıldıkları belirlenmiştir. Taş malzemenin dışında yapıda tuğla malzeme ve harçların kullanıldığı da tespit edilmiştir.

Yivli Minare; minare bölümü 38 metre yüksekliğinde ve zeminden yukarıya doğru kaide, pabuç, tambur, gövde, şerefe, petek ve külah bölümlerinden oluştuğu görülmektedir. Minarenin kaide bölümü 5, 37x5, 28 metre ebadında ve 6, 42 metre yükseklikte kareye yakın dikdörtgen planlı prizmatik bir forma sahip olduğu belirlenmiştir. Kaidenin alt bölümü düzgün kesme taş bloklarıyla örülmüştür ve kuzey cephesinin ortasında, eşiği mevcut zemin katından 0, 20 metre yükseklikte dikdörtgen formlu bir kapı yer almaktadır. Bu bölümün üzerinde ve kaidenin devamı olacak şekilde kalınlıkları 6, 5 cm ve genişlikleri 25 cm olan ve

yatay doğrultuda, her sırada ½ tuğla boyu kaydırılarak istiflenmiş kare tuğlalardan meydana gelen tuğla örgülü, ikinci bir bölümünün olduğu görülmektedir.

Kaide ile pabuç bölümü arasında sekizgen planlı bir geçiş bölümü bulunmaktadır. Sekizgen planlı pabuçtan sonra silindirik bir tambur başlar, tamburun yüzeyi kalınlıkları 6, 5 cm, genişlikleri 24 cm olan ve yatay doğrultuda uzanan tek sıra kare tuğlalarla örülmüştür.

Tabur bölümünün üzerinde, silindirik kütleli gövde bölümü yer almaktadır. Yukarı doğru gittikçe daralan bu silindirik kütleyi, alt kısımda bir bölümü sıvalı olmak üzere, dıştan aralarında tuğla ile örülmüş üçgen kesitli çıkıntılar bulunan yarım daire profilli sekiz dilim çepeçevre kuşatmaktadır. Kırmızı tuğla topraklarından yapılmış ve kalınlıkları 6, 5 cm olan ön yüzleri 25-25 cm, yan yüzleri ise 22-24 cm arasında değişen sırsız minare tuğlalarının yatay istifiyle oluşturulmuştur.

Minarenin gövde bölümünün üzerinde şerefe bölümünün yer aldığı görülmektedir. Şerefe bölümü taştan iki sıra mukarnas taklidi bir kornişe sahiptir. Korkuluğunun ise düşey mermer levhaların zikzak şeklinde yan yana dizilmesiyle oluşturulduğu görülmektedir. Şerefe bölümünün üzerinde ise tuğla malzemeli 4, 48 metre yüksekliğinde ve 2, 77 metre çapında silindirik bir kütleye sahip petek bölümünün yer aldığı görülmektedir. Minarenin en üst bölümü ise kurşun kaplı külah bölümüdür.

4.1.1.1.Yapısal ve statik incelemeler sonucunda belirlenen hasarlar

Yivli minare ve camisinin yerinde yapılan yapısal ve statik incelemeleri sonucunda, yapıların inşa edildikleri zamandan günümüze iyi durumda ulaştığı sonucuna ulaşılabilmektedir. Yine de yapılarda çeşitli nedenlere bağlı olarak statik sorunlar ve çeşitli hasarlar tespit edilmiştir.

Oluşan bu hasar ve statik problemlerin nedenlerinin başında inşa edildikleri alanla ilgili problemler gelmektedir. Kurulduğu alanın, planlarda görüldüğü gibi yapıların güneyindeki kot düşüklüğü olduğundan minare bölümünde güneye doğru 35 cm'lik bir yatma oluşmuş ve yine aynı nedene bağlı olarak camii bölümünde kaymalar oluştuğu tespit edilmiştir. Özellikle camii bölümünün batı kubbesindeki çatlak zeminden kaynaklı bir hareket sonucunda oluşmuştur.

Camii bölümünde tespit edilen bir önemli problem ise strüktür tasarımındaki hatadır. Yapının kubbeleri farklı ölçülerde ve ovaldir. Bu özelliği sebebiyle kubbe geçiş elemanı her bir kubbede farklı bir form teşkil etmiştir. Yine camii bölümünde tespit edilen diğer bir sorun ise Yapının inşa edildiği alanda alt seviyelerde bulunan başka yapılara ait duvarlar üzerinde,

taşıyıcı duvarlar oturtulmuş olmasıdır. Bu durum duvarlardaki farklı oturmalar sonucunda özellikle batı tarafta duvar açılmaları oluşmuştur.

Camii bölümün temel sisteminin belirlenmesine yönelik yapılan araştırma kazıları sonucunda yapının temelleri ana kayaya kadar yığma taş duvar hatıllarla sabitlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu durum yapıdaki kayma riskinin en aza indiği anlamına gelmektedir.

Minare bölümünün statik incelenme sonucunda minare gövdesinin iç duvarlarında çok sayıda tuğlaları bölen yapısal çatlaklar tespit edilmiştir.

Yapılarda belirlenen statik problemlerin dışındaki diğer hasarlar ise şunlardır;

- Minare ve camisinin çok değişik bölümlerinde farklı boyut ve nitelikte çatlaklar ve yarıklar izlenmektedir.
- Minarenin ve camii bölümünün gerek iç kısmında gerekse dış cephelerde yer yer taş bloklar ve tuğla örgü arasında derz açılmaları ve boşalmaları görülmektedir.
- Yapıların çeşitli bölümlerindeki taş, tuğla ve çini malzemelerde yer yer görülen parça kayıpları.
- Neme bağlı meydana gelen tuz çıkışları.
- Bitkisel oluşumlar ve siyah tabaka oluşumları.

4.1.2. Zemin etüt çalışmaları sonuçlarının geoteknik değerlendirilmesi

Yivli minare ve camisin çevresinde toplam boyu 40 metre olan iki adet temel sondajı açılmış ve zeminin düşey yöndeki değişimleri incelenmiştir. Sondaj kuyularının farklı metrelerinden alınan zemin örneği üzerinde zeminin sınıflandırılabilmesi için elek analizi ve Atterberg limit deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçlarına göre yüzeyden itibaren 0,00-1,50 metre arasında dolgu malzeme, 1,50-20,00 metre arasında yatay yanal devamlılık gösteren, açık bej renkli, mikro çatlaklı, kırıklı, erime boşluklu, gözenekli Antalya traverteninden oluşan bir litoloji mevcuttur. Travertenin yer yer kırıklı, mikro çatlaklı ve erime boşluklu olduğu gözlenmiştir.

4.1.2.1. Zemin taşıma gücüne ait değerlendirme

Yivli minare ve camisin inşa edildikleri dönemden günümüze kadar Her daim yoğun bir kullanım görmüşlerdir. Yapıların zeminin taşıma gücü $D_f=1,5$ metre için 5.86 kg/cm^2 , $D_f=3.0$ metre için 11.18 kg/cm^2 , $D_f=4.5$ metre için 14.25 kg/cm^2 olarak hesaplanmış ve taşıma gücü kaynaklı herhangi bir problem tespit edilmemiştir. Bu kadar uzun ömürlü bir yapının yükleme kaynaklı tüm oturmalarını tamamlamış olacağı da açıktır. Ancak mevcut hasarlar,

oturma/deformasyon kaynaklı ise bunu nedeni yapıların bulunduğu alının güneyimdeki kot düşüklüdür. Yapılan 20 metrelik zemin sondaj çalışmaları sırasında yer altı suyuna rastlanılmamıştır. Yapıların temellerinin oturduğu açık bej renkli, kırıklı, çatlaklı erime boşluklu, Antalya traverteninin kimyasal özelliğinden dolayı çevre ve yağmur suları minare ve cami temel tabanından uzak tutulmalıdır. Yapıların zemininde oturma ve şişme değerleri sıfır ve sıfıra yakın değerlerdir. Yivli Minare ve camii temelinin Antalya travertenini üzerine kurulmuş olması nedeni ile binaların oturması kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalacaktır. Sıvılaşma potansiyelinin olduğu zeminlerde ve mağara türü boşluklarda göçme potansiyeli göz ardı edilmemelidir. Yapıda taşıma gücü ya da yükleme kaynaklı oturmaya bağlı bir sorun bulunmamaktadır.

4.1.2.2. Deprem etkisi

Yivli minare ve camisi Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları incelendiğinde, inceleme konusu zeminin Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nca belirlenen tabaklara göre zemin grubu B1; Yerel Zemin Sınıfı Z2 olarak belirlenmiş olup, Spektrum Karakteristik Periyotları $T_A = 0.15 - T_B = 0.40$ sn. ve etkin yer ivmesi $A = 0.30-0.40$, bina önem katsayısı $I = 1.2$ olarak tespit edilmiştir.

Dinamik zemin parametrelerine göre zeminin depremi büyütme etkisi 2.41 olarak belirlenmiştir. Söz konusu sahada sıvılaşma potansiyeli ve sıvılaşma kaynaklı hasar riski bulunmamaktadır.

4.1.3. Yapıların restorasyon ve güçlendirilmesi

Yivli Minare gibi bir anıtın korunmasındaki temel amaç bu yapıyı bizden sonraki nesillere en azından bize intikal ettiği durumunu koruyup iletmektir. Bu bağlamda yapılacak restorasyon ve güçlendirme yaklaşımı, koruma ve en az müdahale mantığı ile oluşturulmalıdır. Yapıya zarar verecek gereksiz ve uygun olmayan uygulamalardan kaçınılmalı, özgün malzeme ve dokunun azami özenle korunması esas hedef olmalıdır. Yapılacak müdahalelerin çağdaş koruma yöntemlerini esas alan uzman ekipler tarafından gerçekleştirilmesi, bilimsel kıstaslara uygun olması şarttır.

Bu düşünceden yola çıkarak yapıda gerçekleştirilen zemin incelemeleri, statik durum incelemeleri ve yerinde yapılan yapısal incelemelerin sonucunda belirlenen hasar ve yapıyı olumsuz etkileyen etmenlerin giderilmesine restorasyon ve güçlendirme müdahalelerinin temel kararlarını şu alt başlıklarda sunmak olasıdır:

- Bugün yapıyı birinci derecede tehdit eden ve tahribata yol açan unsurların başında iklimsel koşullar ile hava kirliliği gibi dış etkenlere önlem geliştirilmelidir.
- Yapının tarihi süreç içinde kazandığı ekleri saygı görmelidir. Üslup birliğine ulaşma kaygısı ile bu ekler kaldırılmamalı, üzerleri örtülerek gizlenme yoluna gidilmemelidir (Örneğin pencere kotlarının aşağı indirilmesi, mihrabın sökülmesi gibi).
- Yapı üzerindeki bezeli taşlar ve kitabe de itinalı bir çalışma ile yerlerinde sergilenmelidir.
- Onarım çalışmaları sırasında ortaya çıkacak her tür iz belgelenmeli, bu izlerin teşhiri sağlanmalıdır.
- Çağdaş önlemler ve buna bağlı tasarımlar geliştirilmelidir.

4.1.3.1.Yapının yapısal güçlendirilmesi

Yivli Minare ve camisinde yapılan yapısal incelemelerden ve zemin çalışmalarının Geoteknik değerlendirilmesinin sonucunda yapının zemininde ve temelinde, taşıma gücü kaynaklı herhangi bir problem tespit edilmemiştir.

Camii bölümünün temel sisteminin belirlenmesine yönelik araştırma kazıları görüldüğü kadarıyla yapının temelleri anakaraya kadar yığma taş duvar hatıllarla sabitlenmiştir. Bu durum yapıdaki kayma riskinin en aza indiği anlamına gelmektedir. Bu nedenle temel sisteminde herhangi bir iyileştirme önerilmemektedir. Bunun yanında yoğun olarak malzeme kaybı ve çatlakların görüldüğü 9 numaralı sütunun taşıma kapasitesinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu mermer kolonun takviyesi ile ilgili iki değişik öneri uygulanabilir bulunmaktadır:

- Sütunun özgün haliyle bırakılarak çeperinden çelik elemanlar ile askıya alınması.
- Kubbeler ve kemerler askıya alınarak mevcut kolonun gövdesinin kaldırılması ve yerine aynı boyutlara sahip yeni bir mermer kolon konulması.

Camii bölümünün döşemesindeki mevcut beton dolgu yapının sütunlarının bir birine bağlanmasını sağlamaktadır. Beton dolgu kaldırılırsa bu bağlantıda ortadan kalkacak sütunların denge ve stabilitesinin bozulmasına hatta yapının yıkılmasına sebep olabilir. Bu nedenle mevcut döşeme kaldırıldıktan sonra yeni bir betonarme döşeme uygulanması öngörülmektedir. Yine bu betonarme döşeme ile birlikte yapının taşıyıcı sütunlarının beden

duvarları ile bağlantısını sağlayacak olan ve aynı zamanda drenaj işlevi de olacak olan bir dış çerçeve hatılının uygulanması ön görülmektedir.

Minare bölümünün statik incelenme sonucunda minare gövdesinin iç duvarlarında çok sayıda tuğlaları bölen çatlaklar yapısal çatlaklar tespit edilmiştir. Bu yapısal çatlakların giderilerek beden duvarlarının yapısal olarak güçlendirilmesi için doğal hidrolik kireç, puzolanik filler ve mikronize karbonatlar içeren enjeksiyon grout harcı ile enjeksiyon uygulanması ve metal kenetler ile dikiş uygulaması yapılması öngörülmektedir.

Yivli minare ve camisinin yapısal sorunlarının giderilmesi için öngördüğümüz uygulamalar teknik ve uygulama biçimleri şu şekildedir.

4.1.3.1.1.Taban döşemesi uygulaması

Cami bölümünün Mevcut Taban döşemesi kaldırıldıktan sonra döşeme kotu istenilen seviyeye getirilmelidir. Bundan sonraki aşamada yeni betonarme döşeme imalatı uygulamasına geçilmiştir. Uygulama aşağıdaki sıra ile yapılmıştır:

- İçeride araştırma amaçlı olarak kazılan bölgelerin tamamı elek üstü malzeme ile sıkıştırılarak kazı üst seviyesine (grobeton alta seviyesi) kadar doldurulmuştur. Sergileme amaçlı olarak bırakılacak kısımlarda dolgu yapılmamıştır. Bu kısımlarda dolgu kenarları yığma taş duvar yapılarak tutulmuştur.
- Yapılan dolgunun ve mevcut toprak kotunun üzerine 125 mikron polietilen örtü serilmiştir.
- Çevre duvarının etrafı Şekil 4.1’de gösterilen şekilde kazılmıştır.
- Çevre duvarlarına 100 cm ara ile içeride yapılacak yeni döşemenin orta kotuna denk gelecek şekilde 50mm çapında nervürlü çelik çubuklar ankre edilmiştir. Çubukların ankre edilmesi için duvarda delikler açılacak ve demir yerleştirildikten sonra deliklere basınçla büzülmesiz harç doldurulmuştur.
- Betonarme çevre drenaj kanalları ve hatıllar Şekil 4.2’deki projeye göre imal edilecektir. Çubukların en az 30 cm uzunluğundaki kısmı hatıllara gömülecektir. Buna göre çubuk boyu en az 100 cm + duvar kalınlığı + 30 cm olmuştur.
- Polietilen örtünün üzerine 150 Dz döşeme altı grobetonu en az 10 cm olacak şekilde dökülmüştür.
- Anoların içinde kalan kolonların tabanları yeni döşeme kotunun ortasına gelecek şekilde delinerek her kolondan her yönde en az 2 adet 22 mm kalınlığında nervürlü ankraj detaya uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

-

4.1.3.1.2. Drenaj sistemi uygulaması

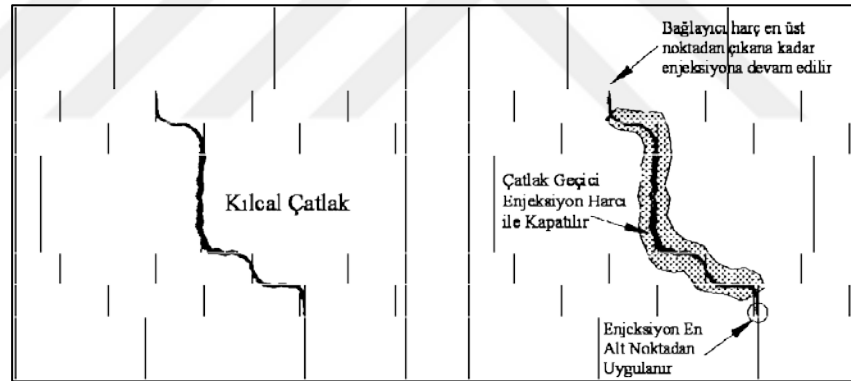
118

4.1.3.1.3. Enjeksiyon uygulaması

Çatlağın bulunduğu bölgede 14 mm. çapında ve 15-40 cm. uzunluğunda delikler açılarak bu deliklere monte edilecek packer'lerden, çatlak, boşluk ve bunun gibi bölgelere poliüretan reçinelerinin uygun basınçlarda enjekte edilmesidir. Kısa sürede priz alan reçineler yığma duvarlardaki çatlak ve boşlukları, taş aralarını kalıcı olarak tamamen doldurur ve böylece yapıda istenilen onarım ve yalıtım sağlanmış olur. Enjekte edilen malzeme miktarı, çatlakların ve taşların içindeki boşlukların hacmine ve özelliğine göre değişir.

Enjeksiyon yönteminde yapılan işler şu şekilde sıralanabilir:

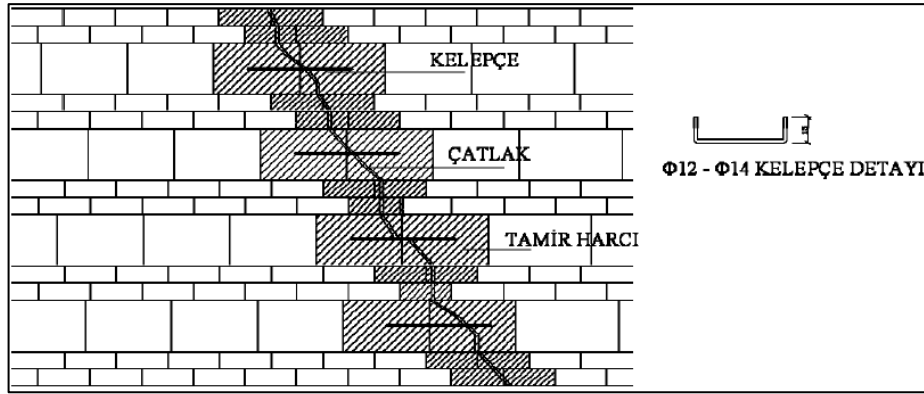
- Çatlakların basınçlı hava gibi yöntemle temizlenmesi
- Çatlakların geçici olarak kapatılması
- 10-20 cm arayla 15-40 cm derinlikte 14 mm çapında delik delinmesi
- Enjeksiyon packerlerinin çakılması
- Reçinelerin özel enjeksiyon pompaları ile enjekte edilmesi
- Packerlerin sökülmesi ve delik yerlerinin yüzeysel olarak onarılmasıdır.



Şekil 4.3. Çatlakların Enjeksiyon Yöntemi İle Onarımı

4.1.3.1.4. Metal kenet uygulaması

Çatlak genişliğinin 10mm'den büyük olduğu ya da duvarı oluşturan taş ya da tuğlaların düşmüş olması durumunda çatlakların onarımında uygulanan enjeksiyon yöntemi çekme gerilmelerini alacak elemanlarla birlikte yapılır. Bu amaçla çatlağa bitişik taş ya da tuğlalar çıkarılır ve dikiş elemanları veya çelik bağlantı elemanları yerleştirilir. Taş ya da tuğla duvarın boşlukları, uygun bir karışımla düşük basınç altında doldurulur. Uygulamaya ait bir çizim Şekil 4.3'de görülmektedir.



Şekil 4.4. Çatlak Duvarın Dikilerek Onarılması

Bu yöntem duvarın diğer yüzünde de uygulanmalıdır. Enjeksiyon bitince yapılan işin ne düzeyde gerçekleştiği değişik kotlardan alınan numuneler üzerinde kontrol edilmelidir. Yapılan yetersiz ise enjeksiyon tekrarlanmalıdır.

4.1.3.2.Yapının Restorasyonu

Yivli minare ve camisinin yerinde yapılan incelemeler sonucunda farklı nedenlere bağlı olarak birçok hasarın mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu hasarların giderilerek yapının mevcut durumunun iyileştirilmesi için yapılması gerekli restorasyon müdahaleleri örgüde eksilen kısımların tamamlanması, derz onarımları, duvarların bitki örtüsünden arındırılması, neme karşı alınacak tedbirler, yapının ana inşa malzemesi olan birim malzemelerin koruma ve onarım başlıkları ve niteliksiz onarımların kaldırılması altında toplanmıştır.

4.1.3.2.1. Örgüde eksilen kısımların tamamlanması

Taş örgü tamamlama: Yivli Minare ve camisinin duvar örgüleri içinde eksilen alanlar ve erimiş ve kanserleşmiş taşlar sökülerek benzer nitelikte taşlarla tamamlanmalıdır. İnce kesit analizi ile minarede belirlenen özgün yapı taşı travertendir. Taş onarımı için yerel kaynaklardan elde edilebilecek benzer tür, doku ve renk uyumuna sahip kireçtaşları ve travertenlerin onarım için kullanılması önerilmektedir. Onarım için seçilen kayaçlar uygunluğunun belirlenmesinden sonra kullanılmalıdır.

Tuğla örgü tamamlama: Bozularak işlevini yitirmiş olan tuğla ve tuğla örgü kısımlardaki eksik benzer nitelikteki malzeme ile değiştirilmelidir. Malzeme analiz raporunda tuğla analizleri verilmiş olmasına rağmen bu karışımlarda tuğla elde etmek mümkün olmadığından yeni tuğlaların özgün renk ve boyutlarda olması önem taşımaktadır. Yeni tuğlalar sırsız ve az gözenekli olmalı ve kırmızı kil hamurundan yüksek derecede pişirilerek (800-900 C) elde edilmiş olmalıdır.

4.1.3.2.2. Derz onarımları

Taş bloklar ve tuğla örgü arasında eriyip dökülmüş, işlevini yitirmiş derz dolguları renk ve dokuya uygun bir harç ile yenilenmelidir. Yapının önceki onarımları sırasında derz ve boşlukların dolgularında çimento harcı kullanılmış, yer yer özgün malzeme yüzeyleri de kirlenmiştir. Özellikle minarenin iç kısımlarında özensiz ve özgün dokuya uygun olmayan bu harçlar sökülerek yenilenmelidir. Derz onarımında sönmüş kireç ve yıkanmış dere kumu esaslı bir harç uygulanmalıdır. Malzeme analiz raporunun sonucuna göre özgün harç dokusuna yakın agrega-bağlayıcı karışım oranları ağırlıkça aşağıdaki gibi olmalıdır:

-Sönmüş kireç	%45
-İnce nehir kumu	%20
-Taş tozu (kireç taşı)	%25
-Tuğla tozu	%10

Karışıma özgün renk ve dokuya uygun olması bakımından bir miktar tuğla tozu ve kırığı ilave edilebilir. Bu karışım bozulmuş çini derzleri için de kullanılabilir. Böylece mozaik ve levha halindeki çinilerin yerinde korunması mümkün olacaktır.

4.1.3.2.3. Duvarların bitki örtüsünden arındırılması

Duvar örgüsü üzerinde, derz boşluklarında ve/veya taş bünyelerindeki yarık/çatlaklarda gelişen ağaç, ot gibi gelişmiş bitkiler kökleri de kurutularak temizlenmelidir. Bu tür bitki köklerinin temizlenmesi için özgün taş yüzeylerine zarar vermeyen herbisit türü (yabancı ot öldürücü) zirai ilaçlar kullanılabilir. Sıvı halde satılan ürün su içinde seyreltilerek ot ve sarmaşıkların taze yaprakları üzerine püskürtme yöntemiyle uygulanmalıdır. Bu şekilde uygulanan ürün yapraklardan köklere inerek birkaç hafta içinde etkili olmakta ve bitkilerin köklerinden kurummasına yol açmaktadır. Uygulayıcı eldiven kullanılmalıdır.

4.1.3.2.4. Neme karşı alınacak tedbirler

Binada neme karşı önlem alınması yapı ve yapı malzemelerinin korunması bakımından önem arz etmektedir.

Camii bölümünün tonozlu bölüm ile kubbeli kısmın üst örtü bağlantısının ilk tasarımından kaynaklanan bir hata bulunmaktadır. Üst örtüde su akış kotunun dengeli dağılmaması sebebiyle bu bölümden akan su yapının duvarlarına nüfuz etmiştir. Yağmur suyu akışı üst örtü eğimi için uygun bir şekilde çözümü yapılmalıdır.

4.1.3.2.5. Birim malzemelerinin koruma ve onarımı

Temizlik; Malzemeler üzerinde sonradan oluşan örtücü nitelikteki kir ve tortu gibi birikimlerin temizlenmesi, özgün renk ve dokunun ortaya çıkartılması bakımından gerekli ve önemli bir koruma işlemidir.

Yapıdaki taş malzemeler üzerinde daha çok toz, toprak tabakasından oluşan yüzeysel kirlerin yumuşak kıl fırçalar yardımıyla temizlenmesi mümkündür. Bazı bölgelerde yoğunluk gösteren çeşitli leke, boya, is ve siyah tabaka gibi yüzeye yapışmış sert kirlerin temizliğinde ise daha gelişmiş yöntemlere gerek vardır.

Kuşkusuz bu yöntemlerin başında son zamanlarda özellikle taş ve tuğla yüzeylerindeki siyah tabakaların temizlenmesi için geliştirilen “lazer tekniği” gelmektedir. Ancak, aşırı yüksek maliyeti ve düşük aksiyon hızı nedeniyle mimariye bağlı geniş yüzeylerde kullanımı henüz yaygınlaşmamıştır (Eskici, 2007)

Basıncılı suyla yıkamaya dönük ıslak temizlik yöntemleri ile taraklama (raspa) / zımparalama gibi aşındırıcı yöntemler ise tahrip edici sonuçlar doğurabileceğinden uygulanmaları sakıncalıdır. Buna karşılık uygulama alanının küçüklüğünü de dikkate alarak taş ve tuğla yüzeylerdeki kir tabakalarının temizlenmesi için mekanik ve hafif kimyasal yöntemlerin uygun olduğu söylenebilir.

Özellikle minarenin kaide ve pabuç kısımlarında daha yoğun olarak gözlemlenen kirli yüzeylerin temizliği için şu yöntemler uygulanabilir:

İs, siyah tabaka ve diğer kirli tabakalarının temizlenmesi için su, alkol gibi hafif çözücüler ile amonyak; amonyum bikarbonat ve EDTA (Etilen Diamino-Tetra Asetik Asit) gibi çeşitli kimyasallar kullanılabilir.

Uygulama şekli:

- Öncelikli olarak bütün yüzeylerdeki toz, toprak gibi yüzeysel birikimler yumuşak kıl fırça yardımıyla temizlenmelidir.
- Temizlenecek yüzey önce su ile ıslatılmalı ardından hazırlanan akıcı eriyik, kağıt tozu veya karboksimetil selüloz ile karıştırılıp jel kıvamına getirilerek 1-2 mm kalınlığında bir tabaka oluşturacak şekilde yüzeye uygulanmalıdır.
- Uygulama küçük alanlarda kontrollü bir şekilde yapılmalı ve 3-4 dakika içinde eriyik yüzeyden geri alınmalıdır.

- Daha sonra yüzey püskürteç ile yıkanmalı ve ıslak sünger ile hafifçe preslenerek temizlenmelidir.

Önerilen eriyik karışımı:

- 500 ml su
- 40 gr. EDTA
- 80 gr. amonyum bikarbonat
- 50 gr. karboksimetil selüloz

Sağlamlaştırma: Minaredeki önemli koruma problemlerinden biri yapı malzemelerinin çeşitli faktörlere karşı zaman içinde uğradıkları fiziksel direnç kaybı ve buna bağlı olarak oluşan aşınma, dökülme, çatlama ve parça kayıplarıdır. Bu bozulma sürecini hızlandıran etkenlere karşı alınacak pasif önlemler (çatı-örtü ve drenaj gibi) yanında fiziksel direnci zayıflamış malzemelerin de güçlendirilmesi gerekmektedir. Güçlendirme işlemi malzemenin ortaya koyduğu korunma durumuna göre farklı şekillerde gerçekleştirilebilir.

Plastik tamamlama (imitasyon): Minarede kullanılan gerek özgün gerekse onarım taşlarında parça kopmalarından kaynaklanan kayıplar mevcuttur. Bu alanların dolgulanmasında özgün doku ve renge uygun kireç bazlı harç kullanılmalıdır. Buna göre onarımlarda dolgu harcı olarak kullanılacak bağlayıcı ve agregaların karışım oranları aşağıdaki gibi olmalıdır:

- 1 ölçü sönmüş kireç
- 2 ölçü taş tozu ve kırığı (aynı tür taşa ait)
- Yeterli miktarda renklendirici pigment

Hazırlanan dolgu harcı kullanılacağı alanın yüzey rengine göre pigmentlerle renklendirilmelidir.

Yöntem:

- Uygulamaya başlamadan önce tamamlanacak alanların yüzeyleri su ile ıslatılmalıdır.
- Dolgu harcı özgün taş yüzeyleri üzerine taşırılmamalıdır.
- Dolgu harcının seviyesi taş yüzeyinin birkaç mm. altında bırakılmalıdır.
- Dolgu harcının yüzeyi düz ve parlak bırakılmayıp, taşın granül / gözenek yapısına uygun bir doku kazandırılmalıdır. Bu görünüm harç yüzeyinin henüz kurumadan

önce nemlendirilmiş sünger gibi gözenekli bir malzeme ile bastırılması veya spatula ile kazınması yoluyla sağlanabilir.

Yüzey koruma: binasındaki fiziksel direnci zayıflamış taş blokların aşınmalara ve dış etkenlere karşı korunması için önlem alınması özgün malzeme ömrünün uzatılması bakımından önemlidir. Bu amaçla doğal silisyum esaslı şeffaf, buhar geçirimsizliğine ve su itici özelliklere sahip nano-teknolojik (nano taneli silisyum) ürün kullanımı mümkündür (Ticari ismi Stone Protect, Nanopool marka olan kimyasal bu amaca uygun bir koruyucu olarak önerilebilir). Sıvı halde kullanıma hazır olarak üretilen bu tür koruyucular püskürtme yapılarak ve/veya fırça ile yüzeye uygulanarak taş yüzeylerine emdirilebilmektedir.

4.1.3.2.6. Niteliksiz onarımların kaldırılması

Minarenin Cumhuriyet döneminde gerçekleştirilen bazı onarım ve ilavelerle kısmi değişikliklere uğradığı bilinmektedir. Bunlardan yakın dönem ilavesi olan petek ve şerefe korkuluğu mimari bütünlük ve işlevsel özellikleri bakımından korunmalıdır. Buna karşın, aynı onarımlar sırasında gerçekleştirilen pabuç ve gövdenin alt kısmındaki silindirik tambur yüzeylerini kaplayan kalın sıva tabakası özgün dokunun ortaya çıkarılması bakımından kaldırılmalıdır. Bu kısımlarda yapmış olduğumuz küçük çaplı sondaj çalışmaları bütünü görmek açısından çok yeterli olmasa da altta taş ve tuğla sıralarının varlığına işaret etmektedir. Görsel ve yazılı kaynaklardan elde edilen bilgilere göre halen sıva ile kaplı olan bu kısımların da çini ile bezeli olduğu muhakkaktır. Bununla birlikte, zaten büyük ölçüde tahribata uğramış, kalan izleri de onarımlar sırasında yok edilmiş olan bu kısımların aslında nasıl bir dekorasyona sahip olduğu konusunda fikir yürütmek ve dolayısıyla sağlıklı bir restitüsyon önerisinde bulunmak olası görünmemektedir (Yılmaz, 2002). Bu nedenle, bu kısımlarda alttan çıkacak doku ve özgün dekorasyona ait izlerin güçlendirilerek olduğu gibi korunması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

4.2. Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu Mevcut ve Yapısal Durum İnceleme Sonuçları ve Restorasyonu - Güçlendirilmesi

4.2.1. Yapısal ve statik inceleme sonuçları ve değerlendirmesi

Yapının taş malzemeyi yığma tekniğiyle kullanılarak ve 95,48 metre çapında bir yarım daire formunda inşa edildiği belirlenmiştir. Orkestra bölümünün çapı 23,88 metredir. Oturma basamaklarının sayısı 40'tır ve bir koridorla (diazoma) iki kısma ayrılmıştır. Üst kısımda 19, alt kısımda 20 oturma basamağı ve bir de diazomada serbest duran bir koltuk dizisi görülmektedir. Caveanın alt kısmında merdivenlerin sayısı 10, üst kısımda ise 21'dir. Oturma basamağının arkasında boydan boya uzanan kemerli galeri en üst bölümüdür. Yapın skene

binası ise 62,48 metre uzunluğunda ve 4,10 metre eninde çok katlı bir yapı olduğu belirlenmiştir.

Yapının yerinde incelenmesi ve laboratuvarında yapılan Yapı Malzeme Analizleri sonucunda yapının inşasında ana inşaat malzemesi olarak konglomera türü taş kullanıldığı ve çeşitli yapı elemanlarında kaliteli bir kireç taşı kullanıldığı, özellikle sütunlarda mermer ve granit kullanıldığı belirlenmiştir. Taş malzemenin dışında yapıda tuğla malzeme ve harçların kullanıldığı da tespit edilmiştir.

4.2.1.1.Yapısal inceleme sonucunda belirlenen hasarlar

Aspendos tiyatrosu ilk inşa edildiği dönemden günümüze ulaşmaya kadarki dönemlerinde depreme, savaşıara, yapıım tekniklerine, kullanıma, onarım ve diğer müdahalelere, bölgesel özelliklere, çevre/iklim şartlarına ve malzeme niteliklerine göre değişik ölçülerde hasarlar gözlenmesine rağmen özgün bütünlüğünü büyük oranda koruyarak günümüze ulaşmıştır. Tiyatronun bu kadar iyi durumda olmasının nedenlerinin başında yapının bir yamaca inşa edilmiş olmasını, inşasında kullanılan malzeme kalitesini ve inşa tekniğinin üstün olmasını söyleyebiliriz. Yapının günümüze yapısal bütünlüğünü koruyarak gelmiş olmasına rağmen yerinde yapılan incelemeler sonucunda birçok hasarın mevcut olduğu tespit edilmiştir.

Yapıda Belirlenen hasarlar şunlardır;

- cavea (oturma sıraları) bölümünde 35 cm'ye varan oturmalar ve dalgalanmalar,
- sahne binasının doğu cephesi üst bölümleri kuzey ve güney uçlarında 20 cm'ye kadar doğu yönünde ilerleme olduğu, doğu cephesi üst orta bölümlerinde ise 20 cm'ye varan batı yönde gerilemeler,
- Farklı boyut ve nitelikte çatlaklar ve yarıklar,
- Beden duvarları ve sahne binasında örgüyü oluşturan konglomera blokları ile kireçtaşı ve mermer bloklarının deprem gibi etkilere bağlı olarak hareket etmesiyle oluşmuş derz açılmaları.
- Fiziksel bir etki ya da kırılmaya bağlı olarak malzeme bütünlüğünde meydana gelen parça kayıplar,
- Neme bağlı meydana gelen, tuz çıkışları,
- Bitkisel oluşumlar ve siyah tabaka oluşumlarıdır.

4.2.1.2. Yapının statik sisteminin inceleme sonuçları

Tiyatronun MS. 140-160 yıllarında yapılmış olması ve yaklaşık 1800 yıldır ayakta durması dayanıklılığı için önemli bir kanıttır. Bu uzun süre içinde yapının karşılaşabileceği her boyut

ve türde dış yüklerle zorlanmış olduğu kabul edilebilir ve bu yüklemelere başarı ile karşı koymuş bir yapı olarak nitelendirmek gerekir. Bu yapı için yeni ve geçmişte yaşamadığı boyutta yükleme türleri altında dayanım incelemesi istenmesi de gereğinden çok daha yüksek güvenlik düzeyinin sağlanmasının istenmesi demektir.

Tiyatronun incelenen bölümü olan sahne binasının taşıyıcı duvarları genel olarak incelendiğinde duvarlarda düşey basınç gerilmeleri maksimum ortalama gerilmeler 16.45 kg/cm^2 civarındadır. Bu gerilmelerin hesaplanan emniyetli duvarlar taşıma gücünü 90 kg/cm^2 'yi geçmediği görüldü. Duvarlarda kendi ağırlığından dolayı olan çekme gerilmesi 8.9 kg/cm^2 'dir. Bu gerilmelerde daha çok pencere hatıllarının altında oluşmaktadır. Pencere ve kapı hatıllarında daha zayıf bir taş kullanılmıştır. Hatıl altlarında ve mesnetlerine yakın yerlerde olan çatlaklar vardır.

Yapının sağ ve sol ön köşelerinde duvarlarda oturma çatlakları tespit edilmiştir. Düşey gerilme dağılımı çatlakların olduğu yerde en büyük değerlerini vermektedir. Burada yan duvarda açılan oldukça geniş kapı bir gerilme yoğunlaşmasına neden olduğu için bir oturma olmuştur.

Yapının taşıyıcı duvarları mevcut yükler altında (G+Q yük birleşimi) duvarlarda temel seviyesinde oluşan maksimum ortalama gerilmeler düşey yükler altında ya da duvarın kendi ağırlığı etkisinde tabanda ortalama düşey basınç $\sigma = 16 \text{ kg/cm}^2$ kadar alınırsa kesme dayanımı $13.5 \text{ kg/cm}^2 + 8 \text{ kg/cm}^2 = 21.5 \text{ kg/cm}^2$ duvar kesme dayanımı hesaplanmıştır.

Bu sonuçlar kesme dayanımı, yapının kendi ağırlığı ve deprem yükleri altında oluşan kesme gerilmelerinin karşılaştırılması yapının kesmeye karşı yeterli dayanımı olduğunu göstermektedir.

Yapının incelenen diğer iki bölümünden biri olan galeri-1 tonozunda oluşan en büyük basınç ve çekme gerilmeleri sırası ile 3.8 kg/cm^2 (basınç), ve 0.61 kg/cm^2 (çekme) bulunmuştur. Tonozda kullanılan taşların basınç gerilmesi hesaplarda 50 kg/cm^2 olarak alınmıştır. Gelen gerilme taşın basınç dayanımının $1/12.5$ 'i kadar hesaplanmıştır. Çekme gerilmesinin ise çok önemsiz bir boyutta olduğu bulunmuştur.

Yapının son incelenen bölümü olan galeri-2 de ise Kabuk elemanı olarak modellenmiş tonozlarda oluşan maksimum gerilmeler malzeme için kabul edilmiş sınırlar içinde olduğu bulunmuştur. Galeri-2'de en büyük tınaz ortası sarkması 0.75 cm olarak hesaplanmış olup bu miktar önemli bir sarkma, düşey deformasyon, olmadı belirlenmiştir.

4.2.2. Zemin etüt çalışmaları sonuçlarının geoteknik değerlendirilmesi

Tarihi yapılarda yapılan zemin etütleri sondajlar ile desteklenmelidir. Sondajlar sık aralıklarla yapılmalı ve alınan numuneler üzerinde gerekli laboratuvar testleri gerçekleştirilmelidir. Örselenmemiş numunenin sayısının artırılmasına özen gösterilmeli ve temel altı oturumların hesaplanabilmesi için uygun zeminlerden alınan örnekler üzerinde mutlaka konsolidasyon deneyi gerçekleştirilmelidir. Konsolidasyon deneyi yüklemelerinde bina yükü göz önünde bulundurulmalıdır. Yine uygun zeminlerden alınan örnekler üzerinde konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi mutlaka yapılmalıdır. Söz konusu deneyin zeminin kısa dönem (drenajsız) parametrelerini belirlemek için yapıldığı unutulmamalı ve suya doymuş kohezyonlu zeminlerin yenilme zarfının $\phi=0^\circ$ olacak şekilde çizilmesine özen gösterilmelidir. Alınan karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü ve nokta yükleme deneyleri gerçekleştirilmelidir (Özyurt ve Toker, 2013).

Zemin dayanım parametreleri belirlenirken, hem laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar, hem de arazi değerlerinin ampirik yaklaşımları ile belirlenen mukavemet değerleri göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, numerik modelleme ile hesap kontrolünün gerçekleştirilmesi için, mutlaka gerçekçi yaklaşımlara sahip bir idealize zemin profili oluşturulmalıdır (Özyurt ve Toker, 2013).

Bu bağlamda Aspendos tiyatrosunun çevresinde toplam boyu 60.00m olan dört sondaj yapılmış ve sondaj kuyularının farklı metrelerinden alınan zemin örneği üzerinde zemininin sınıflandırılabilmesi için elek analizi ve atterberg limit deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçlarına göre yüzeyden itibaren 0.00-1.50 metreler arasında toprak dolgu malzeme, 1.50-4.00 metreler arasında gri renkli, çok katı-sert kil birimi, 4.00-15.00 metreler arasında Gri renkli, az ayrılmış kilaşı birimi tespit edilmiştir.

4.2.2.1. Zemin taşıma gücüne ait değerlendirme

Yapının yaklaşık 1800 yılı aşkın süredir sağlıklı bir biçimde işlevini gerçekleştirdiği anlaşılmıştır. Her daim yoğun bir kullanım gören yapının zeminin, taşıma gücü kilaşı birim için; $q_{net}= 1,7 \text{ kg/cm}^2$ hesaplanmış ve taşıma gücü kaynaklı herhangi bir problem tespit edilmemiştir. Bu kadar uzun ömürlü bir yapının yükleme kaynaklı tüm oturumlarını tamamlamış olacağı da açıktır. Mevcut hasarları oturma/deformasyon kaynaklı ise yapılan 15.00 metrelik zemin sondaj çalışmaları sırasında yer altı suyuyla rastlanmamış olmasının sebebiyle çevresinden ulaşarak yapının bünyesine giren su mevcudiyeti kaynaklı olması ihtimal dâhilidir. Bunun yanı sıra suyun, taş duvarlarda kapiler çekim ile ilerleyerek hasara

yol açmış olması da mümkündür. Yapı temellerinin oturduğu belirtilen gri renkli, çok katı-sert kil birimi zeminin tane dağılım özellikleri, şişme-büzülme ve/veya donma-çözülme kaynaklı hacim değişikliği sebebi ile hasar oluşması ön görülmemekte ve yapıda taşıma gücü ya da yükleme kaynaklı oturmaya bağlı bir sorun bulunmamaktadır.

4.2.2.2. Deprem etkisi

Aspendos tiyatrosun bulunduğu saha Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları incelendiğinde inceleme konusu zeminin Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nca belirlenen tabakalara göre traverten için Zemin Grubu B3, Yerel Zemin Sınıfı ise Z2 olarak belirlenmiş olup Spektrum Karakteristik Periyotları $T_A = 0.15$ – $T_B = 0.40$ sn alınmalıdır.

Aspendos'un bulunduğu Serik ilçesi Türkiye'nin 1963 ve daha önceki tarihli (1953) deprem tehlike bölgeleri haritasında tehlikesiz bölgede, 1972 tarihli deprem tehlike bölgeleri haritasına göre 4'ncü bölge ve 1996 tarihli deprem tehlike bölgeleri haritasında ise 2'nci derece deprem bölgesindedir. 1996 öncesi deprem tehlike haritaları büyük ölçüde gözlemsel niteliktedir. Tehlike düzeyi geçmişte yaşandığı bilinen depremlerin şiddet ve sıklığına bağlı olarak belirlenmiştir. 1996 haritası ise büyük ölçüde "olasılık" tabanlı; çevrede aktif fay var, bu fayın boyuna göre büyük deprem beklenmeli. Fayların aktifliği ise üzerinde küçük magnitüdü depremlerin olmasına bağlı ve benzeri yaklaşımlarla oluşturulmuş bir deprem tehlike haritasıdır. Küçük depremler ise büyük depremin kesinlikle olacağı anlamında değildir. Serik için aktif fay Akdeniz'de yaklaşık 100 km kadar güneyinden geçen kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan bir bindirme fayı, düşey atımlı faydır. Bu fayın üzerinde bilinen tarihsel dönem içinde olmuş çok şiddetli deprem yoktur, ancak fayın boyunun uzun olmasından gidilerek olasılık yöntemi ile bir tehlike belirlenmiştir. Geçen 1800 yıl içindeki tarih kayıtlarında Antalya bölgesinde şiddetli deprem yoktur. Eğer şiddetli deprem olsaydı tarihsel depremlere dayanılarak hazırlanmış geçmiş deprem tehlike haritalarında Antalya ve çevresi için mutlaka bir deprem tehlike bölgesi derecesi önerilirdi. Aspendos'un deprem tehlikesinin 2'nci derece deprem bölgesi içinde olması nedeni ile deprem güvenliği yönünden çok fazla güvenli taraftadır.

Yapının en üst kat duvarının yapıya y yönünde gelen ve ağırlığının nerdeyse % 15'ine eşdeğer olan yatay yük oldukça büyük bir deprem yüküdür. Serik ilçesinde bu boyutta bir deprem yükü oluşturacak boyutta bir depremin olması ihtimal dışı görünmektedir. Bu nedenle deprem tahkiki sırasında duvarlarda oluşan 59 kg/cm^2 gibi bir çekme kuvvetinin yapının yaşamında oluşmayacağı beklenmektedir. Tiyatro yapısının güvenliği yeterli olduğu ve sıvılaşma potansiyeli ile sıvılaşma kaynaklı hasar riski bulunmadığı tespit edilmiştir.

4.2.3.Yapının restorasyon ve güçlendirilmesi

Aspendos antik tiyatrosu gibi anıtsal tarihi yapılarda tahribatı hızlandırıcı rol oynayan yıkıntı, çöküntü, çatlak ve yarıkların onarımıyla yapı kalıntılarının güçlendirilmesi; yüzey kirliliklerinin temizlenerek hasarların artarak devam etmesinin engellenmesi ve hasara yol açan (nem, yağışlar gibi) etkenlere karşı önlem alınması yapının ayakta kalmasının ve korunmasının sağlanması bakımından zorunlu müdahalelerdir. Tarihi anıtsal yapılarda büyük boyutlu yenilemeler veya yeni yapımlar yerine dondurma, stabil hale getirme ve güçlendirmeye yönelik kısmi tamamlamalar tercih edilen bir koruma yöntemidir. Aspendos tiyatrosuna ilişkin söz konusu yapısal sorunların giderilmesi için bu yaklaşım esas alınarak önlem alma yoluna gidilmelidir.

Bu düşünceden yola çıkarak, yapıda gerçekleştirilen zemin incelemeleri, statik durum incelemeleri ve yerinde yapılan yapısal incelemelerin sonucunda belirlenen hasar ve yapıyı olumsuz etkileyen etmenlerin giderilerek yapının gelecek kuşaklara aktarılmasını sağlamak amacıyla geliştirilen restorasyon ve güçlendirme müdahalelerinin temel kararlarını şu alt başlıklarda sunmak olasıdır:

- Daha önce yapılan onarım müdahalelerinin belirlenmesi, zararlı ve yanlış olanların ortadan kaldırılması,
- Önlem alınmadığı takdirde giderek nitelik yitirecek ve bu nedenle çevresini de olumsuz etkileyecek birim elemanların sağlamlaştırılması ya da yenilenmesi,
- Yapının “kontrollü ve denetimli” yeni kullanımlara tahsis edileceği düşünüldüğünde bu yönde önlemler geliştirilmesi,
- Kamuyu bilgilendirmek amacıyla bazı kısmi tamamlamalar yapılması,
- Yapının dış iklim koşullarından daha az etkilenmesi için çağdaş önlemler ve buna bağlı tasarımlar geliştirilmesi.

4.2.3.1. Yapının yapısal güçlendirilmesi

Aspendos tiyatrosunda yürütülen yapısal incelemeden Sonlu Elemanlar Yöntemi ile yapılan analizlerde ve zemin çalışmalarının geoteknik değerlendirmesinin sonucunda yapının yaklaşık 1800 yılı aşkın süredir sağlıklı bir biçimde işlevini gerçekleştirdiği anlaşılmıştır. Her daim yoğun bir kullanım gören yapının zeminin, taşıma gücü kıltaşı birim için; $q_{net} = 1.7$ kg/cm² hesaplamış ve taşıma gücü kaynaklı herhangi bir problem tespit edilmediği için yapı zemininde ve temelinde bir güçlendirmeye gerek olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tiyatronun sahne binası bölümünün 2007 deprem yönetmeliği ve 1996 deprem bölgeleri haritasına göre öngörülen deprem yükünün duvarlarda oluşturacağı düşey çekme kuvvetini karşılayabilmesi için duvarların yatay ve düşey derzlerine birkaç cm derinlikte yüksek çekme dayanımlı fiber takviyeli polimer çubukların yerleştirilmesinin uygun bir yöntem olacağı öngörülmüştür. Bu yöntem ile bir tür donatılı duvar oluşturularak depremin yaratacağı çekme kuvvetlerini taşıyan elemanlar oluşturulması ile duvarlardaki çekme gerilmeleri azaltılabilecektir.

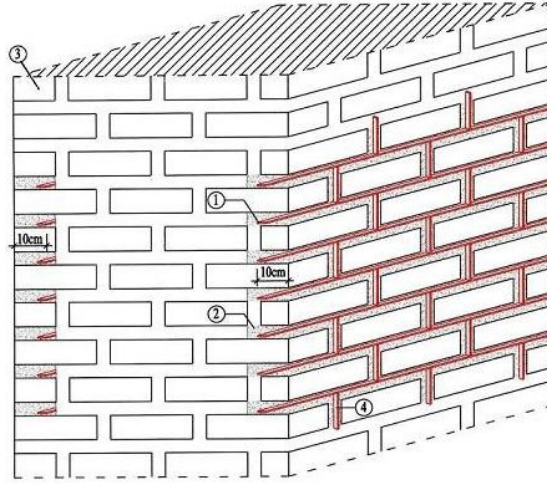
Fiber Takviyeli Polimerler (FRP) düşük yoğunluklu, uyumlu mekanik özelliktedir; paslanmaya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Ayrıca esnek ve hızlı uygulanabilmektedir (Şekil 4.3) (Bastianini vd., 2005).



Şekil 4.5. FRP çubuk ve şeritlerden örnekler (Bayraktar, 2006).

FRP çubuklar kâgir yapıların deprem analizlerine göre belirlenmiş, hasar görmesi muhtemel strüktürel duvarlarında uygulanmaktadır. FRP çubuk ile güçlendirme uygulamalarında firmaların farklı yaklaşımları bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan birinde duvar derzlerindeki geleneksel harçlar yaklaşık 7-10 cm boşaltılarak boşalan alana fiber çubuklar yerleştirilmektedir. Boş kalan derzler yapıda kullanılan özgün harç özelliklerinde veya özgün harçla uyumlu harçla yeniden doldurularak uygulama tamamlanmaktadır (Bayraktar, 2006). Bu tür uygulamada yapıdan çıkan harcın tekrar kullanılması uygun değildir (Bayraktar, 2006). Bazı uygulamalarda ise duvar derzlerinde 2 – 3 cm derinlikte boşluklar açılarak bu boşluklara özel reçine ya da kireç esaslı harçlar kullanarak FRP çubuklar yerleştirilmektedir. FRP çubuklar ile duvar yüzeyinde oluşan çekme gerilmeleri karşılanırken duvarın sürekliliği de artırılmış olmaktadır. Bu çubuklar 5 – 12 mm arasında değişen dairesel kesitli ya da 1.4 x 10 mm ölçülerinde dikdörtgen kesitli olabilmektedir. Duvarlar, kemerler, tonozlar, kubbe

ve minareler bu sistemle çeşitli konfigürasyonlarla güçlendirilebilmektedir (Bayraktar, 2006).



Şekil 4.6. FRP çubukların uygulama detayının şematik çizimi (Bayraktar, 2006).

4.2.3.2. Yapının restorasyonu

Aspendos tiyatrosunun yerinde yapılan incelemeler sonucunda farklı nedenlere bağlı olarak birçok hasarın mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu hasarların giderilerek yapının mevcut durumunun iyileştirilmesi için yapılması gerekli restorasyon müdahaleleri örgüde eksilen kısımların tamamlanması, derz onarımları, duvarların bitki örtüsünden arındırılması, neme karşı alınacak tedbirler ve yapının ana inşa malzemesi olan taş malzemenin koruma ve onarım başlıkları altında toplanmıştır.

4.2.3.2.1. Örgüde eksilen kısımların tamamlanması

Tiyatro binasının oturma sıralarında ve duvar örgüsü içinde eksilen alanlar benzer nitelikte taşlarla tamamlanmalıdır. Sağlamlaştırma ya da dondurma amacıyla yapılan örgülerde belirtme teknikleri uygulanarak yapılacak yeni müdahalelerin ayırt edilmesi sağlanmalıdır. Bu doğrultuda onarımda kullanılacak taşların boyutu küçük tutularak (örneğin yüksekliğin aynı, enin daha dar olması gibi) veya yeni taş örgü yüzeyini özgün örgü yüzeyinden içerlek bırakarak (yaklaşık 0.5-0.6 mm) özgün yüzey ile onarım arasında farklılık yaratılabilir. Belirtme yöntemi kullanılacak yeni taşlarda renk, doku ve boyut farklılığına gidilerek de sağlanabilir (Şener, 2010).

Onarım taşlarının örgüye yerleştirilmesinde gerektiğinde kireç bazlı harç kullanılmalıdır. Harç yapımında kullanılacak agrega – bağlayıcı oranları için aşağıdaki karışım önerilebilir.

- 1,5 ölçü (hidrolik veya taş kireçten söndürülmüş kaymak) kireç
- 2 ölçü yıkanmış dere kumu (iri taneli; 2000 µm altı)
- 1 ölçü tuf (veya ponza taşı) tozu

4.2.3.2.2. Derz onarımları

Uygulama, özgün örgüde derz dolguları dökülen/boşalan alanların ve örgüde niteliksiz onarım örneği olan çimentolu harçların sökülmesiyle oluşan derz boşluklarının uygun renk ve dokuda hazırlanan kireç bağlayıcılı harçlarla dolgulanmasıdır. Derz dolgu uygulamalarında yapının sonraki (Selçuklu) döneme ait onarım uygulamalarının özenle korunması, bu derzlerin niteliksiz derz onarımlarından ayıklanması yapının tarihi sürecine sahip çıkılması açısından önemlidir (Şener, 2010).

Derz dolgu uygulamalarında yapılan dolguların bir miktar (5-10 mm gibi) içerde tutulması hem onarımda belirtmeyi saylayacak hem de gerekli koruma için sınırlandırılmış yeterli bir uygulama niteliği sağlayacaktır. Bu uygulama biçimi aynı zamanda özgünde derz dolgusu bulunmayan yanaşık derzli kesme taş örgü (cavea bloklarında olduğu gibi) derzlerinde de (derzin içerlek tutulmasıyla) yapılmalıdır. Müdahale yağış suyunun örgü içerine ulaşmasını engelleyerek daha fazla koruma sağlayacaktır.

Yapıdaki derz açılmaları derz harcının boşalması ya da birim elemanın yatayda ya da düşeyde yer değiştirmesinden kaynaklanmıştır. Bu harcın giderilmesi için yapılacak derz onarımında kullanılacak harç türü çatlakların niteliğine göre değişmektedir.

- *0-0.50 cm. arasında kalan çatlaklar:* Yüzey derz harcı ile doldurulacaktır:

Yıkanmış dere kumu	m ³	0.500
Sönmüş kireç	m ³	0.700
Taş tozu ve pirinci (% 50/% 50)	m ³	0.300
Yeteri kadar su		

- *0.50-2 cm arasındaki çatlaklar:* Yüzey derz harcı ile doldurulacaktır:

Yıkanmış dere kumu	m ³	0.500
Sönmüş kireç	m ³	0.700
Taş tozu ve pirinci (% 50/% 50)	m ³	0.300
Yeteri kadar su		

- *2-5 cm arasındaki çatlaklar:* 2.5 cm'den daha büyük derz açılmasında derzlere krom çelik kenet yapıldıktan sonra kenet için açılan kanal daha sonra derz harcı ile doldurulacaktır. Harç, metal kenedi korozyondan korumak için taşla hem yüz olmalıdır. Kenet uygulamasına gerek görülmeyen yerlerde içeriği aşağıda verilecek olan derz uygulaması yapılmalıdır.

Dolgu Derz Harcı:

2 ölçek (hacmen) filler (1 numara taş kırığı ve tozu)

5 ölçek (hacmen) sönmüş kireç

Yeteri kadar su

Yüzey Derz Harcı

Yıkanmış dere kumu	m ³	0.500
--------------------	----------------	-------

Sönmüş kireç	m ³	0.700
--------------	----------------	-------

Taş tozu ve pirinci (% 50/% 50)	m ³	0.300
---------------------------------	----------------	-------

(yapının niteliğine göre tuğla kırığı ve tozu kullanılabilir)

Yeteri kadar su

- *5 cm'den fazla çatlaklar:* 5 cm'den daha büyük derz açılmasında derzlere krom çelik kenet yapıldıktan sonra kenet için açılan kanal daha sonra derz harcı ile doldurulacaktır. Harç, metal kenedi korozyondan korumak için taşla hem yüz olmalıdır. Kenet uygulamasına gerek görülmeyen yerlerde içeriği aşağıda verilecek olan derz uygulaması yapılmalıdır.

Dolgu Derz Harcı:

2 ölçek (hacmen) filler (1 numara taş kırığı ve tozu)

5 ölçek (hacmen) sönmüş kireç

Yeteri kadar su

Yüzey Derz Harcı

Yıkanmış dere kumu	m ³	0.500
--------------------	----------------	-------

Sönmüş kireç	m ³	0.700
--------------	----------------	-------

Taş tozu ve pirinci (% 50/% 50)	m ³	0.300
---------------------------------	----------------	-------

Yeteri kadar su

4.2.3.2.3. Duvarların bitki örtüsünden arındırılması

Duvar örgüsü üzerinde, derz boşluklarında ve/veya taş bünyelerindeki yarık/çatlaklarda gelişen ağaç, ot gibi gelişmiş bitkiler kökleri de kurutularak temizlenmelidir. Uygulama iki aşamalı yapılmalıdır.

Mevcut bitkilerden (vegetasyondan) arındırma: Bu tür bitki köklerinin temizlenmesi için özgün taş yüzeylerine zarar vermeyen herbisit türü (yabancı ot öldürücü) zirai ilaçlar kullanılabilir. Sıvı halde satılan ürün su içinde seyreltilerek ot ve sarmaşıkların taze yaprakları üzerine püskürtme yöntemiyle uygulanmalıdır. Bu şekilde uygulanan ürün yapraklardan köklere inerek birkaç hafta içinde etkili olmakta ve bitkilerin köklerinden kurumasına yol açmaktadır. Uygulayıcı eldiven kullanmalıdır.

Yeni bitki gelişiminin engellenmesi: Uygulamanın ikinci ve önemli aşamasını oluşturmaktadır. Birinci aşamada kurutularak temizlenen bitkilerin yeniden oluşumunu engellemek için yapılır. Uygulama bitki gelişiminin görüldüğü alanlar ile boşluklarda, mevcut (rüzgârla taşınan) toprak dolguların temizlenmesi arkasından yeni bir toprak dolgu ve tohum birikiminin engellenmesi amacıyla da boşlukların uygun harç dolgularla kapatılması şeklinde gerçekleştirilmelidir.

4.2.3.2.4. Neme karşı alınacak tedbirler

Binada neme karşı önlem alınması yapı ve yapı malzemelerinin korunması bakımından önem arz etmektedir. Alınması gerekli önlemleri şu şekilde sıralayabiliriz:

Drenaj sisteminin yeniden tesisi: Yapının dışında güney, batı ve kuzeyini dolanan mevcut drenaj sistemi yetersiz ve uygun değildir. Drenaj mevcut toprak dolgu üzerinde yapılmıştır. Drenajın yeterli olabilmesi için yapı çevresinin toprak dolgunun kazılarak açılması, mevcut dolgunun makul seviyeye indirilmesi ve beden duvarları-toprak ilişkisinin kesilmesi gerekmektedir. İkinci aşamada yapı çevresinde yağış suyunun atılması için yeni bir drenaj sisteminin oluşturulması gereklidir. Bu sayede zemin suyunun yapıya/duvarlara işleminin önüne geçilecektir.

Niteliksiz onarımların ayıklanması: Yapıda özellikle son dönemde yapıldığı anlaşılan çimento harçlı örgü, tamamlama ve derz dolgu gibi özgün taş, harç ve sıva malzemeler üzerinde tuzlanma, ufalanma ve dökülmeye yol açan niteliksiz onarım uygulamaları kaldırılmalıdır (Şener, 2010). Cavea üstündeki kemerli galerilerdeki tonozların çimento harçlı üstünkörü moloz taş örgü onarım uygulamalarının kaldırılması ve özgün yapım tekniklerine göre yenilenmesi gereklidir. Bu uygulama yalnız görsel değil, aynı zamanda duvar, kemer ve sıva kalıntılarının korunması için de şarttır.

4.2.3.2.5. Taş malzemenin koruma ve onarımı

Temizlik: Taş yüzeyleri kaplayan siyah tabaka ve mikrobiyolojik patina oluşumlarının temizlenmesi özgün renk ve dokunun ortaya çıkartılması bakımından gerekli ve önemli bir

koruma işlemidir. Bu tür kirleri farklı yöntemlerle temizlemek mümkündür. Bu yöntemlerden biri ve en etkilisi mikro-kumlama yöntemidir. Tarihi binaların cephe temizliklerinde Batı ülkelerinde de yaygın olarak kullanılan mikro-kumlama yöntemi alüminyum oksit, cam tozu, kuvars tozu, taş pudrası veya ince öğütülmüş meyve kabukları gibi çeşitli granülometrik yapı ve sertliklerdeki toz/killerin basınç altında yüzeye püskürtülmesiyle gerçekleştirilen bir fiziksel temizlik yöntemidir (Şener, 2010). Cihaza (kompresör) takılan ayarlanabilir basınçlı uç (tabanca) yardımıyla aynı mesafeden eşit yoğunlukta yüzeye püskürtülen kil zerrecikleri kir tabakasını aşındırarak yüzeyde homojen bir temizlik sağlamaktadır. Bu yöntemde aksiyonun etkisi kir tabakasının kalınlığına, uygulanan basınca, püskürtülen kilin sertliğine, püskürtülen kilin granül boyutuna, uygulama süresine, uygulama mesafesine bağlı olarak değişir. Özgün malzemelerin zarar görmeden temizlenebilmesi için

püskürtme basıncının 1,5 bardan düşük olması,

püskürtülen granül 100-200 µm boyutunda olmalı,

püskürtülen kil mevcut taş sertliğinden yüksek olmaması (2,5-3,0 Mohs),

püskürtülen aşındırıcıların en az 30 cm uzaklıktan fırlatılarak etkinin düşük tutulması (kontrolün sağlanması) bilhassa gereklidir.

Uygulanacak temizlik işlemleri için ön deneme uygulamalarının gerçekleştirilmesi ve bu işlemin mutlaka bir “koruma uzmanı” denetiminde yapılması gerekmektedir.

Yan duvarlardaki boyalı yazılardan kaynaklanan kirlerin kimyasal (boya çözücü) yöntemlerle temizlenmesi mümkündür. Boya çözücü olarak metil klorür içerikli ürünler jel kıvamında kullanıma hazır bir çözücü olup yağlıboya fırçaları yardımıyla boyalı yüzeylere uygulanabilir. Bu şekilde yumuşayarak kabarması sağlanan boya tabakası orta sert fırça, pamuk ve sünger yardımıyla silinerek yüzeyden alınabilir. İşlem sonrasında yüzeyin suyla yıkanarak kimyasal etkiden arındırılması gereklidir. Uygulayıcının maske ve eldiven kullanması gereklidir.

Sağlamlaştırma: Yapıdaki önemli koruma problemlerinden biri yapı malzemelerinin çeşitli faktörlere karşı zaman içinde uğradıkları fiziksel direnç kaybı ve buna bağlı olarak oluşan aşınma, dökülme, çatlama ve parça kayıplarıdır. Bu bozulma sürecini hızlandıran etkenlere karşı fiziksel direnci zayıflamış malzemelerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Güçlendirme işlemi malzemenin ortaya koyduğu korunma durumuna göre farklı şekillerde gerçekleştirilebilir (Şener, 2010).

Taş malzemeler üzerinde oluşan ince çatlaklar uygun bir reçine enjeksiyonu ile sağlamlaştırılabilir. Etil silikat türevli (renksiz-şeffaf veya kalsit karışimli) reçineler (*Funcosil 500 STE*, *Funcosil 300 STE* veya *Wacher OH* gibi) taş ve/veya mermer yapısına uygun sağlamlaştırıcılar olarak tercih edilebilir. Uygulamada ince çatlakların sağlamlaştırılması için reçine tek başına doğrudan enjekte edilmelidir.

Bunun yeterli olmayacağı çatlak ve yarıklar için reçine (*Funcosil* veya *Wacher OH* gibi) taş pudrasıyla (tanecik boyutu 125-250 µm arasında) 1:1 oranında karıştırılarak bu kısımlara akıtılabilir (Şener, 2010). Çatlak ve yarıklar bu şekilde doldurulduktan sonra yüzey rengine göre hazırlanan kireç esaslı harç ile kapatılmalıdır. Hazırlanan dolgu harcı kullanılacağı alanın yüzey rengine göre pigmentlerle renklendirilmelidir. Yarık ve çatlak onarımlarında dolgu harcı olarak kullanılacak bağlayıcı ve agregaların karışım oranları aşağıdaki gibi olmalıdır:

- 1,5 ölçü hidrolik kireç,
- 2 ölçü taş tozu ve kırığı (aynı tür taş tozu ve kırığı),
- 1 ölçü tuf (veya ponza) tozu,
- Yeterli miktarda renklendirici pigment,
- Yeterli miktarda su.

*Plastik tamamlama (imitasyon):*Yapıda cavea oturma sıraları ve beden duvarlarındaki iri bloklarda parça kopmalarından kaynaklanan kayıplar mevcuttur. Büyük boyutlu eksilmelerde benzer nitelikteki taşlarla değiştirme/yenileme veya tamamlama yapılabilir.

Küçük boyutlu parça kopmalarına sahip taşlarda ise harç ile tamamlama yoluna gidilebilir. Tamamlanacak alanlarda orijinal doku ve renge uygun kireç esaslı harç kullanılmalıdır. Yarık/çatlak onarımlarında önerilen harç karışım oranları (tane türü ve boyutu değiştirilerek) plastik tamamlamalar için de uygulanabilir

Yıpranmış taşların yenilenmesi: Fiziksel gücü zayıflamış malzemenin güçlendirilerek ömrünün uzatılması restorasyon etiğinin bir gereğidir. Ancak, işlevsel ve fiziksel bütünlüğünü yitirmiş durumda olan malzemelerin değiştirilerek yenilenmesi işlemi de özgün bütünlüğün sağlanması bakımından gerekli bir restorasyon yöntemidir. Tiyatroda oturma sıraları ve duvar örgüsünde rastlanan aşırı yıpranmış durumdaki taşlar özgün nitelikteki yenileriyle değiştirilmelidir.

Kırık parçaların yapıştırılması: Oturma sıraları ve yan duvarlardaki bazı bloklarda kırılmalar gözlenmiştir. Bu kırık parçalar kendi içlerinde epoksi türü (Araldite MTU veya Sertleştiricisi HY 956 gibi) yapıştırıcı ile birleştirilmelidir. Ağırlığı ve gerilimi yüksek kırıkların yapıştırılması sırasında belirli noktalardan paslanmaz çelik çubuklar veya fiberglas çubuklar ile takviye edilmesi işlemin kalıcılığı bakımından gereklidir.

Yüzey koruma: Tiyatro binasındaki fiziksel direnci zayıflamış taş blokların aşınmalara ve dış etkenlere karşı korunması için önlem alınması özgün malzeme ömrünün uzatılması bakımından önemlidir. Bu amaçla doğal silisyum esaslı şeffaf, buhar geçirimsizliğine ve su itici özelliklere sahip nano-teknolojik (nano taneli silisyum) ürün kullanımı mümkündür (ticari ismi Stone Protect, Nanopool marka olan kimyasal bu amaca uygun bir koruyucu olarak önerilebilir). Sıvı halde kullanıma hazır olarak üretilen bu tür koruyucular püskürtme yapılarak ve/veya fırça ile yüzeye uygulanarak taş yüzeylerine emdirilebilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında ilk olarak koruma ve restorasyon kavramlarının geçirdiği tarihsel süreç ile bu konuda çalışan mühendislerin bilmesi gereken kavramlar ile mevzuat kısaca anlatılmış, böylece koruma alanına katkıda bulunacak mühendislerde ilk önce bir koruma bilincinin oluşması hedeflenmiştir.

İkinci bölümün devamında, 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. Devamında tarihi yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme teknikleri irdelenmiştir.

Daha sonraki bölümlerde ise Antalya Yivli Minare ve Camisi ve Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu tarihi yapılarına ait zemin araştırmaları, restorasyon ve güçlendirme çalışmalarına yer verilmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalardan elde edilen veriler ışığında aşağıda sıralanan sonuçlara ulaşılmış ve bu doğrultuda öneriler yapılmıştır:

1. Tarihin yapıların onarım ve güçlendirilmesi ile ilgili en doğru kararlara mühendislik, mimarlık, restorasyon, sanat tarihi gibi farklı disiplinlerdeki uzmanların işbirliği sonucunda varılabilir.
2. Restorasyon uygulamalarında çalışacak tüm inşaat mühendislerinin koruma teorisine ve koruma konusundaki ulusal ve uluslar arası mevzuata hakim olması gereklidir.
3. Tarihi yapılarda yapılacak zemin ve temel iyileştirilmesi uygulamaları geoteknik konusunda uzmanlaşmış bir inşaat mühendisi denetiminde yapılmalıdır.

4. Restorasyon konusuna ilgi duyan veya bu konuda çalışmak isteyen inşaat mühendislerinin bu konuda yüksek lisans ve doktora yapmaları teşvik edilmelidir. Bu sayede piyasada çalışan inşaat mühendislerinin yüzlerce yıllık birer sanat eseri olan tarihi yapılara daha bilimsel müdahalelerde bulunması sağlanmış olacaktır.
5. Bu çalışma sırasında Yapılan araştırmada tarihi yapıların hasar tespiti ve onarımı için zemin güçlendirme, temel güçlendirme ve restorasyon çalışmaları araştırılmıştır. Tarihi yapılarla ilgili yapılmış olan çalınmaların çoğunun yapının mekanik özellikleri ve mekanik güçlendirmesi ile de ilişkili olduğu görülmüştür.
6. Tarihi yapılarda yapılacak onarım ve güçlendirme çalışmalarında esas olan, yapının emniyetinin sağlanması ile kültürel ve sembolik değerlerinin muhafazası arasındaki dengenin korunmasıdır, bunun için en az müdahale ile en fazla koruma sağlayacak yöntemler tercih edilmelidir.
7. Tarihi yapılarda yapılacak onarım ve güçlendirme çalışmalarında g n  birlik geçici tedbirler almak yerine kalıcılık ve sürekliliğinin sağlanması önemlidir.
8. Tarihi yapıların Onarım ve güçlendirme safhasına geçmeden önce yapıdaki hasarlar ve sebepleri tespit edilmeli, zemin ve malzeme özellikleri gerekli deneylerle belirlenmelidir. Ayrıca yapının düşey ve deprem yükleri altında, statik ve dinamik      mesi yapılarak yapının deprem güvenliğinin belirlenmesi gerekmektedir.
9. Bu  alı ama sırasında Yapılan araştırmada Antalya bölgesindeki tarihi yapıların restorasyon ve güçlendirme proje ve uygulamalarında zemin inceleme çalışmalarının Antalya Aspendos Antik Tiyatrosu ve Antalya Yivli Minare ve Camisi gibi birkaç örnek dışında yapılamadığı güçlenmiştir.
10. Tarihi yapılarda mutlaka zemin et    yapılmalı ve bu zemin et  tleri sondajlar ile desteklenmelidir. Sondajlar sırasında SPT deneyleri yapılmalı,

alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmalıdır.

11. Zemin dayanım parametreleri belirlenirken, hem laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar, hem de arazi değerlerinin ampirik yaklaşımları ile belirlenen mukavemet değerleri göz önünde bulundurulmalıdır.
12. Tarihi yapıların çevresinde yapılacak sondajlar yapıya zarar vermeyecek şekilde ve çok dikkatli yapılmalıdır. Ayrıca temel zemin profilini olabildiğince doğru belirlemeye yetecek sayıda ve derinlikte olmasına dikkat edilmelidir.
13. Eğer mümkünse yapının beden duvarlarının her birinin altında muayene (araştırma) çukurları açılmalı ve elde edilecek veriler ışığında temel malzemesini, derinliğini, boyutlarını ve temeldeki hasarları gösteren temel rölöveleri çizilmelidir. Ayrıca temellerden alınacak taş ve harç numuneleri konservasyon laboratuvarlarında analiz ettirilerek temel malzemesi hakkında detaylı bilgi edinilmelidir.
14. Sondaj ve muayene çukurları açılmadan önce mutlaka Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurullarından izin alınmalı ve zemin araştırmaları müze denetiminde yapılmalıdır.
15. Hazırlanan temel rölöveleri ile zemin ve temel güçlendirme projeleri mutlaka Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurullarının onayına sunulmalı, restorasyon ve güçlendirme faaliyetlerine bu onayın ardından başlanmalıdır.
16. Tarihi yapılarda uygulanacak zemin ve temel iyileştirmesi akış şeması aşağıdaki gibi olmalıdır:
 - Yapının yerinde incelenmesi,
 - Yapılması planlanan sondaj ve muayene çukuru yerlerinin rölöve üzerine işlenmesi,
 - Sondaj ve muayene çukuru yerlerini gösteren rölövenin Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu onayına sunulması,

- Sondaj ve muayene çukuru imalatlarının yapılması, zeminden ve temelden örnekler alınması,
- Zemin etüdü doğrultusunda zemin ve temel güçlendirme projeleri ile temel rölövesinin hazırlanması,
- Hazırlanan projelerin Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu onayına sunulması,
- Zemin ve temel güçlendirme uygulamalarının yapılması,
- Zemin ve temel güçlendirme as-built projesinin hazırlanması,
- Zemin ve temel güçlendirme as-built projesinin Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu onayına sunulması.

17. Tüm bu belgeleme çalışmaları ile hazırlanan as-built projeleri ileride yapılacak restorasyonlar için çok önemlidir. Bu yüzden bu dokümanların titizlikle korunması gerekmektedir. Bunu yapabilmek için ise konuyla ilgilenen kurumların arşiv konusuna özenle eğilmeleri gerekmektedir. Günümüzde kurumların yeterli arşivlere sahip olduğunu söylemek oldukça zordur.

18. Tarihi yapılarda temel takviyesi, yapının oturduğu zemin koşullarına bağlı olarak gerekli olmaktadır. Zemin altı dolgusunun zayıf ve iyi sıkıştırılmamış olması, yumuşak kohezyonlu zeminlerin yükleme durumunda konsolide olması, temel altında farklı kalitede zemin varlığı gibi nedenlerden ötürü temel takviyesine gerek duyulmaktadır.

19. Tarihi bir yapıyı güçlendirirken ,

- 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.
- 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.

20. Kùltür 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 (Doratlı,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).

21. 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

- Ahunbay, Z., 2011. Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon. Yem Yayın,188s. İstanbul.
- 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, I, 101-112, İstanbul Teknik Üniversitesi, Research Center of History of Science and Technology, İstanbul.
- Akyol, A. A., 2010. Aspendos Antik Tiyatrosu Yapı Malzeme Analizi Raporu, Okyanus Mühendislik ve İnşaat A.Ş., 25s. Ankara.
- Bahtiyar, M.,1998. “Restorasyonda Strüktürel Sorunlar”, Y.Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 153s. İzmir.
- Bayraktar, A., 2006. Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metotları, Beta yayın, 145s. İstanbul..
- Bayülke, N., 1978. Tuğla Yığma Yapıların Depremlerdeki Davranışı, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 22, 18-25,Ankara.
- 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.
- Bayülke, N., 2011. Aspendos Tiyatrosu Güvenlik Değerlendirmesi Raporu, Okyanus Mühendislik ve İnşaat A.Ş.,28s. Ankara.
- 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, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Böke, H.- Akkurt, S.- İpekoğlu, B., 2004. Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri, Yapı Dergisi, 269, s. 90-95 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., 1992. İstanbul'daki Tarihi Yapıların Depreme Karşı Dayanıklılığının Araştırılmasına İlişkin Bir Sistem Araştırması, Y.U. Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, 22-23, 30-45, İstanbul.

- Çamlıbel, N., 2000. Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, Birsan Yayınevi, 258s. İstanbul.
- Dalkılıç, N., 2004. Midyat İlçesindeki Kültürel Zenginliğin Oluşturduğu Geleneksel Mekânsal Dizgenin Korunması İçin Bir Yöntem Araştırması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 14-21.
- Darkot, B., 1965. “Antalya”, İslam Ansiklopedisi, I, 459-462, İstanbul.
- Denel, S., 1982. Batılılaşma Sürecinde İstanbul’da Tasarım, Dış Mekanlarda Değişim ve Nedenleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yayını, 102s., Ankara.
- Deere, D.U., 1964, Technical description of rock cores for engineering purposes, Rock Mech. Eng Geol., 1, 18.
- Deere D.U. ve Miller, R.P., 1966, Engineering classification and index properties for intact rock , Air Force Weapons Lab. Tech. Report, AFWL-TR-65-116, Kirtland Base, New Mexico. 90-101.
- Doraltı, N., 2000. A model of Conservation and Revitalization of Historic Urban Quarters in Northern Cyprus, (Unpublished Ph.D.Dissertation), Eastern Mediterranean University, Gazimagusa.
- Ergüvanlı, K., 1978. Mühendisler Jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 126s.
- Eriç, M.- Ünver, A.- Ersoy, Y.H., 1990. Horasan Harcının Günümüzde de Kullanımını Sağlamak Amacıyla Yapılan Bir Araştırma. İstanbul.
- Erten, S. F., 1940. Antalya Vilayeti Tarihi, Tan Matbaası, 97s. İstanbul.
- Eskici, B., 2007. Antalya Yivli Minare Malzeme Koruma-Onarım Raporu, Biz Mimarlık Müh. Hiz. İnş. San. Tic. Ltd. Şti., 10s. Antalya.
- Gavrilovic, P.-İgnatiev, N.- Kremezis, P.- Laszlo, N.- Nedli, P.- Özmen, G., 1983. Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick – Masonry Buildings, Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region, Vienna.
- Görün, A., 2005. “Yığma Kagir Yapı Davranışı”, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 29-35, Ankara.
- Gülhan, N. S.- Kayasu, S., 2005. Türkiye’de Doğal ve Yapılı Çevrenin Dönüşümüne İlişkin Yasal Düzenlemeler, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Basım İşliği, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 57, 3-6, Ankara.
- Kaya, E., 2003, Yığma Yapıların Çelik ve Betonarme Takviyesi Uygulanabilirliği ve Yapım Hataları, Y.Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 14-18, İzmir.
- 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, 408s. İstanbul..
- Kuban, D., 1998. Mimarlık Kavramları, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 107s. İstanbul.
- Kumbasar, V.- KİP, F., 1999, Zemin Mekaniği Problemleri. Çağlayan Kitabevi, 671s, İstanbul.
- Kurt, Ö., 2010. Kaleiçi'nin (Antalya) Kuruluşundan 16. Yüzyıla Kadar Mekânsal Değişimi, Y. Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, 93-96, İstanbul.
- Lazarini, L. - Tabasso, L.T., 1986, Il Restauro Della Pietra, 60, 114, Padova.
- Lea, F.M., 1940. Investigations on Puzzolanas, Building Research, Technical Papers, 27, 1-63.
- Livingston, R., 1993. Materials Analysis of the Masonary of the Hagia Sophia Basilica, Structural Repair and Maintenance of Historic Buildings, II, 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.
- Mahrabel, H., 2006. Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım Ve Güçlendirme Teknikleri, Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, 127s. İstanbul.
- Mardan, E.-Özgönül, N., 2011. Kültürel ve Doğal Değerlerin Korunması, TMMOB Mimarlar Odası, 189s. 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, 219-245. Rome.
- McClellan, G.H.-Eades, J.L., 1970. The Texture Evolution of Limestone Calcinas, ASTM Special Technical Publication 472, American Society for Testing and Materials, 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, 491-498. Philadelphia.
- Moropoulou, A.-Bakolas, A.- Bisbikou, K., 1995. Characterization of Ancient, Byzantine and Later Historic Mortars by Thermal and X-ray Diffraction Techniques, Thermochimica Acta, 269/270, 779-795. Athens.

- Moropoulou, A.-Bakolas, A.- Bisbikou, K., 2000. Investigation of the Technology of Historic Mortars, *Journal of Cultural Heritage*, 1, 45- 58.
- Moropoulou, A.-Cakmak, A.- Biscontin, G.- Bakolas, A.- Zendri, E., 2002. Advanced Byzantine Cement Based Composites Resisting Earthquake Stresses: The Crushed Brick-Lime Mortars of Justinians's Hagia Sophia, *Construction and Building Materials*, 16, 543-552.
- Mta, 2016, Erişim Tarihi: 08.03.2016. <http://www.mta.gov.tr>
- Namlı, M., 2001, Tarihi Yapıların Temel Sistemleri ve Temel Takviyesi Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, 202s., İstanbul.
- Orbaşlı, A., 2008, Architectural Conservation: Principles and Practice, Blackwell Publishing. Oxford Illustrated Dictionary of Architectural Preservation: Restoration, Rehabilitation and Reuse, (2004). McGraw-Hill
- Özaydın, K., 2013. Tarihi Eserlerde Zeminden Kaynaklanan Hasarlar ve Uygun Müdahale Önerileri, 4. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 111- 130.
- Özyurt, G.-Toker, n. K., 2013. Geoteknik Etüt Raporlarındaki Yaygın Hataların Belirlenmesi ve İstatistiksel Değerlendirilmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 58/2013-2(476), 28- 35.
- Peter, N., 1850. *Encyclopedia of Architecture*, 2, Fry&Co., New York.
- Poisson, A., 1977, *Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie)*. Thèse de Docteur des Sciences, Université de Paris Sud (Orsay), 795 p.
- Rüstemoğlu Kaptı, M., 1998. İstanbul'da 19.y.y. Sivil Kagir Mimarinin Korunması İçin Fener Bölgesi Örneğinde Bir Yöntem Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 126-139.
- Restoratürk.com, 2011. Erişim Tarihi: 08.11.2011. <http://www.restoratürk.com>
- Saraç, M.M., 2003. Tarihi Yığma Kagir Yapıların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, 137s., İstanbul.
- Shi, C., - Day, L.R., 1993. Acceleration of Strenght Gain of Lime – Puzzolan Cements by Thermal Activation, *Cement and Concrete Research*, 23, 824-832.
- 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*, 25-52, Rome.
- Spence, R., 1974. Lime and Surkhi Manufacture in India, *Aproprate Technology*, 1 (4), 6-8.

- Şener, Y.S., 2010. Aspendos Antik Tiyatrosu Malzeme Koruma Raporu, Okyanus Mühendislik ve İnşaat A.Ş., 25s.,Ankara.
- Terzaghi, K., 1943. Theoretical Soil Mechanics , Willey , New York
- Terzaghi, K., ve Peck, R. B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. 2/e Jhon Wiley and sons, 729s. New York.
- Toğrol, E., 1994. Temel Takviyesi Yöntemlerine yeni bir bakış, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği V. Ulusal Kongresi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, III, 887-917, Ankara.
- Torraco, C., 1988. Porous Building Materials, ICCROM.
- Tunçoku, S.S., 2001. Characterization of Masonary Mortars Used in Some Anatolian Seljuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,128s., Ankara.
- Ünay, A. İ. , 2002. Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, 89-167, Ankara.
- Wasti, S. T.- Erberik, M. A.- Kaur, C.- Sucuoğlu, H., 1997. “Dinar Depreminde Hasar Görmüş Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirme Çalışması”. Dördüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, (17-19 Eylül 1997, Ankara), 230-242, Ankara.
- Yalçinkaya, S., Ergin, A., Taner, K., Afşar, Ö. P., Dalkılıç, H., Özgönül, E., 1987, Batı Torosların Jeoloji Isparta projesi raporu. MTA Enstitüsü Genel Müdürlüğü rapor no: 7898, Ankara .
- Yılmaz, L., 2002. Antalya-Bir Ortaçağ Türk Şehrinin Mimarlık Mirası ve Şehir Dokusunun Gelişimi (16. Yüzyılın Sonuna Kadar), Türk Tarih Kurumu Basımevi, 163s.Ankara.
- Yiğitöl, İ. E., 2001. Hasarlı Kagir Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Esasları, İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dekanlık Binası Örneği, Y.Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,70s., İstanbul.
- Zakar, L.- Eyüpgiller, K.K., 2015, Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri, Ömür Matbaacılık A.Ş.,193s., İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sinan TEK

Doğum Yeri ve Yılı : Elazığ, 1978

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : sitek2006@hotmail.com

Taranmış
Fotoğraf
(3.5cm x 3cm)

Eğitim Durumu

Lise : İzmir Kiraz Hüseyin Sarı Çok Programlı Lisesi, 1995

Lisans : Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Özel Sektör Şantiye Şeflikleri 2001-2007

Vakıflar Genel Müdürlüğü 2007-..... (halen)