



TARİHİ YAPILARIN TEMEL SİSTEMLERİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Emine SELÇUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKİM 2019

Emine SELÇUK tarafından hazırlanan “TARİHİ YAPILARIN TEMEL SİSTEMLERİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Seyhan FIRAT

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Başkan: Prof. Dr. Nihat Sinan IŞIK

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Üye: Prof. Dr. Gülgün YILMAZ

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Eskişehir Teknik Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 14 /10/ 2019

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

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

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

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

Emine SELÇUK

14/10/2019

TARİHİ YAPILARIN TEMEL SİSTEMLERİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Emine SELÇUK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2019

ÖZET

Tarihi eserler tüm insanlığın kültürel mirasıdır. Zaman içinde pek çok sebeplerle meydana gelen oturma ve taşıma gücü problemleriyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu yapıların gerek aldığı hasarlar, gerekse yeniden ve farklı amaçlarla kullanıma açılmaları nedeniyle onarımlarının yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmalar planlanmadan önce varsa hasar boyutları ve nedenleri tespit edilmeli, yapısal etüdler, malzeme ve zemin etüdleri hassasiyetle yapılmalı ve tarihi dokuya en az müdahale gerektirecek çözümler seçilmelidir. Yapılan işlemler geri alınabilir ve dönüştürülebilir olmalıdır. Temeller de tarihi yapının anatomisinin bir parçası olarak mümkün olduğu kadar korunmalıdır. Çalışmamızda tarihi yapıların temelleri, onarım ve güçlendirme nedenleri ile temel sistemlerine yapılan iyileştirmeler örnekler ışığında incelenmiştir. Ayrıca Türk Mimarlık Tarihinin önemli bir yapısı olan Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi'ne drenaj amaçlı yapılan kazı çalışması Plaxis 2D yazılımında modellenmiş, yapı temeli deplasmanları ve zemin davranışı yorumlanmıştır. Farklı derinlik, farklı genişlik ve farklı zemin özellikleriyle oluşturulan senaryolar da analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Sonuç olarak yapılan kazı çalışmasının yapıya etkisinin tehlikeli boyutlarda olmadığı ve zeminde taşıma gücü problemlerinden önce şişmeye bağlı deplasmanlar olduğu gözlenmiştir.

Bilim Kodu : 91105
Anahtar Kelimeler : Tarihi yapılar, güçlendirme, temel, drenaj
Sayfa Adedi : 73
Danışman : Prof. Dr. Seyhan FIRAT

FOUNDATION REINFORCEMENT OF HISTORICAL BUILDINGS

(M. Sc. Thesis)

Emine SELÇUK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2019

ABSTRACT

Historical monuments are all of humanity's cultural heritage. These structures face to settlements and bearing capacity problems that occur for many reasons over time. It is necessary to make repairs for both to correct the damages and reuse them for different purposes of these buildings. Before planning these studies, damage dimensions and causes should be determined, structural, material and soil etudes should be done with precision and solutions that require minimal intervention to the historical texture should be selected. Transactions should be reversible and recyclable. The foundations should be preserved as much as possible as part of the anatomy of the historical structure. In this study, the foundations of historical buildings, the reasons for repair or strengthening and improvements to the foundation systems were examined by examples. In addition, the excavation work for the drainage of Gazi Mustafa Kemal Pasha Muallim School, which is an important structure of Turkish Architecture History, was modeled in Plaxis 2D software and structure foundation displacements and soil behavior were interpreted. Scenarios created with different depth, different width and different soil properties were also analyzed and interpreted. As a result, it was observed that the effect of excavation on the structure was not dangerous and displacements due to swelling occurred before the bearing capacity problems.

Science Code : 91105

Key Words : Historical buildings, strengthening, foundation, base, drainage

Page Number : 73

Supervisor : Prof. Dr. Seyhan FIRAT

TEŞEKKÜR

Başta kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Seyhan FIRAT olmak üzere, kıymetli hocam Prof. Dr. Nihat S. IŞIK'a, İnş. Müh. Ümit ŞEN'e, Gazi Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'na, Y. Mimar S. Safiye MUMCUOĞLU'na tez hazırlama sürecim boyunca benden bilgi ve yardımlarını esirgemeyen eşim Prof. Dr. A. Birkan SELÇUK'a gönülden teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR.....	3
3. TARİHİ YAPILARDA TEMEL ÇEŞİTLERİ, ONARIM VE GÜÇLENDİRME ŞEKİLLERİ	17
3.1. Tarihi Yapılarda Kullanılan Temel Çeşitleri.....	17
3.2. Tarihi Yapıların Temel Sistemlerinin Onarım ve Güçlendirme Nedenleri.....	19
3.2.1. Tarihi yapıların korunması ve onarılması ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuatın gelişimi.....	22
3.3. Tarihi Yapıların Temel Sistemlerinde Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri.....	25
3.3.1. Tamamlama ve onarım.....	28
3.3.2. Temel sisteminin takviyesi.....	30
3.3.3. Zemin iyileştirmesi	34
3.3.4. Temellerin sismik yalıtımı	39
4. GAZİ MUSTAFA KEMAL PAŞA MUALLİM MEKTEBİ.....	43
4.1. Tarihçe.....	43
4.2. Yapısal Özellikleri	43
4.3. Zemin Özellikleri	45
4.4. GMM Drenaj Çalışması	49

	Sayfa
5. SAYISAL MODELLEME VE ANALİZ	51
5.1. Plaxis Yazılımı	51
5.2. GMM Drenaj Çalışması Modellemesi	52
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
EKLER	67
EK-1. Sondaj logları	68
ÖZGEÇMİŞ.....	73

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Ankara iline ait genelleştirilmiş ölçeksiz stratigrafik dikme kesit.....	46
Şekil 4.2. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi sondaj profilleri	47
Şekil 4.3. $PI-f_1$ korelasyonu	48
Şekil 5.1. Başlangıç geometrisi.....	53
Şekil 5.2. Gerçek kazı benzetimi	53
Şekil 5.3. Gerçek kazı durumunda deformasyona uğramış birim elemanlar ağı (500 kez büyütülmüş deformasyonlar).....	54
Şekil 5.4. Gerçek kazı toplam deformasyon artışları.....	54
Şekil 5.5. Gerçek kazı için toplam deformasyon dağılımı.....	54
Şekil 5.7. Faz 2 kazı benzetimi	55
Şekil 5.8. Faz 2 toplam yerdeğiştirmeler	55
Şekil 5.9. Faz 3 kazı benzetimi	56
Şekil 5.10. Faz 3 toplam yerdeğiştirmeler	56
Şekil 5.11. Faz 4 toplam yerdeğiştirmeler	57
Şekil 5.12. Faz 5 toplam yerdeğiştirmeler	57
Şekil 5.13. Faz 6 toplam deformasyonlar	58
Şekil 5.14. Faz 6 toplam deformasyon alanları.....	58
Şekil 5.15. Faz 6 toplam deformasyon artışı.....	59
Şekil 5.16. Zayıf zemin profili toplam deformasyonu.....	59

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Küçük Ayasofya, (a) ana kubbenin dış duvarındaki çatlaklar, (b) ana kubbenin yanındaki küçük kubbelerdeki iç hasarlardan biri	5
Resim 2.2. (a) Küçük Ayasofya Camii temelinin mikro kazıklarla güçlendirilmesi, (b) sondaj delikleri ve gözlem çukurlarının konumları	5
Resim 2.3. Ortaköy Camii'ne yapılan fore kazıklı temel takviyesi	6
Resim 2.4. Muradiye Camii temel takviyesi kesiti	7
Resim 2.5. Kabataş Erkek Lisesi temel takviyesi çalışması: (a) ve (b) kötü malzeme ile yetersiz boyutta yapılmış özgün sığ temeller, (c) kuşak perdesi kesiti	8
Resim 2.6. Küçüksu Kasrı temel takviyesi (a) yanak kiriş detayları, (b) jet grout kolon yerleşimi kesiti	9
Resim 2.7. Ferhat Paşa Camii (a) görüşü ve (b) temelindeki tarihi meşe kazıkları.....	10
Resim 2.8. Pilar Bazilikası bağ kirişleri.....	11
Resim 2.9. Umman Fransız müzesinde bozulmuş kolon.....	12
Resim 2.10. Madonna delle Lacrime Kilisesi kesiti	12
Resim 2.11. Alaeddin Camii (a) eş-deformasyon eğrileri, (b) güneydoğu cephesi, (c) oturma mekanizması.....	14
Resim 3.1. Konya Mevlâna Müzesi fil ayakları	29
Resim 3.2. Kapıüstü Minare Mescidi temel genişletmesi.....	31
Resim 3.3. Adana Yeni (Abdürrezzak Antaki) Camii'nde jet grout uygulaması	33
Resim 3.4. Estonya Tartu Üniversitesi'nde (a) kazık ve göğüsleme kiriş kesiti, (b) çürüyen tarihi ahşap kazıkların yatağı, (c) göğüsleme kirişlerine bağlanan öngermeli ankraj demetleri	34
Resim 3.5. Fethi Ahmet Paşa Yalısı jet grout uygulaması	36
Resim 3.6. Mihrimah camii kuyu temel takviyesi	37
Resim 3.7. Kuleli Askeri Lisesi'nde açılan araştırma çukuru ile bulunan galeri	38
Resim 3.8. İstinaf Mahkemesi sürtünmeli sarkaç uygulaması-ABD.....	41
Resim 4.1. Gazi Muallim Enstitüsü 1932	44
Resim 4.2. Gazi Üniversitesi Rektörlük binası günümüzdeki görünümü.....	44

Resim**Sayfa**

Resim 4.3. Ankara Gazi Eğitim Enstitüsü giriş kat planı	45
---	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

A_0	Etkin yer ivmesi katsayısı
B	Temel genişliği
c	Kohezyon
C_R	Tij uzunluğu düzeltme faktörü
c_u	Drenajsız kayma mukavemeti
D_f	Temel derinliği
f_l	PI- c_u/N_{60} korelasyon katsayısı
$I_p - PI$	Plastisite indeksi
$K_{I,2}$	Temelin taban şekline bağlı katsayılar
N_c, N_q, N_γ	Temelin taban alanındaki zeminin kayma mukavemeti açısına bağlı taşıma gücü faktörleri
N_{60}	%60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT değeri
q_{emn}	Emniyetli taşıma gücü
q_{net}	Net taşıma gücü
T_a, T_b	Periyot
γ	Tabii birim hacim ağırlığı
ϕ	İçsel sürtünme açısı

Kısaltmalar

Açıklamalar

CH	Platisitesi yüksek siltli kil
CL	Platisitesi düşük siltli kil
CPT	Konik Penetrasyon Test
EDS	Enerji Saçılım Spektrometresi
FPS	Sürtünmeli sarkaç mesnet
FS	Güvenlik katsayısı
GEEAYK	Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu

Kısaltmalar**Açıklamalar**

GMM	Gazi Muallim Mektebi
HDR	Yüksek sönümlü kauçuk
HDRB	Yüksek sönümlü kauçuk mesnet
ICOMOS	Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi
LDRB	Düşük sönümlü kauçuk mesnet
LRB	Kurşun saplamalı kauçuk mesnet
RFBI	Esnek sürtünmeli temel ayırıcı mesnet
SC	Az çakıllı kumlu kil
SEM	Taramalı Mikroskop Analizi
SPT	Standart Penetrasyon Test
UD	Örselenmemiş numune
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
XRD	X-ışını kırınımı
XRF	X-ışını floresan

1. GİRİŞ

Tarihi yapıların, sahip oldukları mimari ve mühendislik özelliklerini değiştirmeden insanlığın geleceğine sunulması önemli bir sorumluluktur. Çeşitli nedenlerle hasar gören ya da tekrar veya farklı kullanıma sunulması amacıyla bu yapılara dönem dönem restorasyon ve güçlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Tarihi yapılara yapılan bu koruma ve güçlendirme müdahaleleri, mimarisini korumaya yönelik olduğu gibi mühendislik özelliklerini de muhafaza etmelidir.

Tarihi yapılara yapılacak her müdahale mümkün olduğu kadar geri alınabilir, dönüştürülebilir olmalı, orijinal dokuya uygun fakat ondan ayrılabilir nitelikte olmalıdır, köklü değişiklikler yapmaktan kaçınılmalıdır [1].

Çalışmamızda amaçlanan, genel olarak tarihi yapılara yapılan koruma ve güçlendirme müdahalelerini yapı temelleri açısından incelemek ve değerlendirmek, özelde ise Gazi Üniversitesi Rektörlük Binası olarak kullanılan tarihi yapıya, 2013 yılında, drenaj için yapılan kazı çalışmasının yapı-zemin stabilitesine etkilerini analiz etmektir.

Tarihi yapı temellerinin güçlendirilme şekilleri, öncelikle, geçmişte yapılan çalışmalar, makale, tez ve haberler kapsamında incelenmiştir. Sonraki bölümlerde ise, tarihi yapıların temel çeşitleri, onarım ve güçlendirilmelerine neden olan faktörler, günümüz koşullarında uygulanabilen temellerinin onarım ve güçlendirme yöntemleri değerlendirilmiştir. Son olarak kültürel mirasımızın önemli eserlerinden biri olan “Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi” tarihi ve yapısal olarak incelenmiş, bina çevresine drenaj için yapılan kazı çalışması hem gerçek boyutlarına uygun olarak, hem de farklı derinlik, genişlik ve farklı zemin olasılıklarıyla analiz edilmiştir. Analizlerde, Gazi Üniversitesi Beşevler Kampüsü içinde Teknoloji Fakültesi için 5 ayrı noktada yapılan sondaj verilerinden, Ankara Kili karakteristik özellikleri göz önüne alınarak faydalanılmış, modelleme Plaxis 2D (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis) programında yapılmıştır.

Analizler sonucunda Gazi Muallim Mektebi’nin yapılan kazı çalışmasından etkilenmediği, zeminde taşıma gücü kaybı oluşmadığı, güvenlik faktörünün yüksek olduğu ve zeminde Ankara kilinin bir özelliği olarak bir miktar şişme olduğu görülmüştür. Kazı derinliği ve

genişliğinin deplasmanları etkilediği görülmüş, kohezyon değeri daha düşük bir zeminde aynı boyutlarda bir kazının göçmeye karşı güvenlik katsayısının çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü UNESCO, 1976 yılında yayınladığı Tarihi veya Geleneksel Alanların Korunması ve Çağdaş Yaşamdaki Rollerine Konusundaki Tavsiye Kararı'nda; "İnşaat teknikleri ve mimari şekillerin gitgide evrensellesmesiyle, tüm dünya üzerinde tekdüze bir çevre yaratılması tehlikesinin mevcut olduğu bu zamanlarda, tarihî veya geleneksel alanların korunması, her milletin kültürel ve sosyal değerlerini muhafaza etmek ve geliştirmek adına olağanüstü katkılar sağlayabilir" denilmektedir.

Hasar almış bir tarihi yapının mühendislik araştırmaları ve analizleri yapılmadan mimari restorasyonların yapılması doğru değildir. Her türlü müdahaleden önce mutlaka yapının mühendislik analizleri yapılmalıdır. İlk olarak, oluşan hasarlar ve nedenleri tespit edilmelidir. Yapı, zemin ve malzeme etütleri mutlaka yapılmalıdır. Sebepleri ortadan kaldırılmayan hasarlar mutlaka tekrarlayacaktır. Yapının taşıyıcı sistemi kontrol edilmeden mimari müdahaleler yapılmamalı, zemin ve temel stabilitesi kontrol edilmeden de taşıyıcı sistemle ilgili kararlar verilmemelidir.

2. YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Tarihi yapıların korunması bilinci çok eski bir geçmişe sahip değildir. 18.yy sonlarında başlayan koruma bilinci daha çok şeklen yapılan, mühendislik temeli olmayan bir yaklaşımdı. Yıllar içinde koruma ve iyileştirmenin mühendislik analizleri ışığında yapılması gerekliliği anlaşılsa da zemin ve temel davranışının etüt edilmesi gerekliliği göz ardı edilmiştir.

Tarihi yapıların temelleri de diğer öğeleri gibi sahip olduğu kimliğin ayrılmaz bir parçasıdır. Temeller; çeşidi, yapım tekniği ve malzemesiyle, ait olduğu yapıya, tarihe ve coğrafyaya ait motifler taşır. Bu nedenle, tarihi yapıların temellerinin de diğer bütün öğeleri gibi özgünlüğü mümkün olduğunca korunmalıdır. Güvenlik katsayısının yeterli sonuca ulaşacağı durumlarda temeller onarılmalı, çürüyen bozulan elemanlar aslına uygun olanlarla değiştirilmelidir. Klasik sistemlerin yetersiz kaldığı durumlarda modern yöntemlerle temel veya zemin iyileştirmesi yapılabilmektedir. Bu durumda temelin boyutlarının değiştirilmesi ya da kazıklı sistemlerle desteklenmesi tercih edilebilirse de temel bölgesinde çalışmanın kısıtlı ve zor olması, bazı uygulamaları yapmanın mümkün olmaması sıkıntı oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda zemin stabilizasyonu yöntemleri ile taşıma gücünü yükseltmek hem uygulaması kolay hem de yapıya müdahale gerektirmeden yapılabileceği için tercih edilen işlemlerdir. Adı geçen yöntemlerin birkaçı genellikle bir arada uygulanmaktadır [2].

Yapı temeli açısından en büyük sorunlardan birisi temel seviyesine sızan sulardır. Temel sistemi mümkün olduğunca sudan uzak tutulmalıdır. Bazı tarihi yapılarda, suyun etkilerinden korunmak amacıyla temel çevresine galeriler yapılmıştır. Galeriler sayesinde hem temellerin havalanması, kuru kalması sağlanmış hem de duvar kılcallarında yükselen kapiler su engellenmiştir.

Suyun bir başka tehlikesi ise depremle birlikte ortaya çıkmaktadır. Bazı temiz kum ve silt tabakalarda, nadiren de çakıl profillerde ortaya çıkan sıvılaşma sorunu yapının yüklerini taşıyan zeminin gücünü tamamen kaybetmesine ve sıvı olarak davranmasına yol açar. Zeminin boşluklarındaki su için drenaj imkânı oluşturulursa, deprem esnasında ortaya

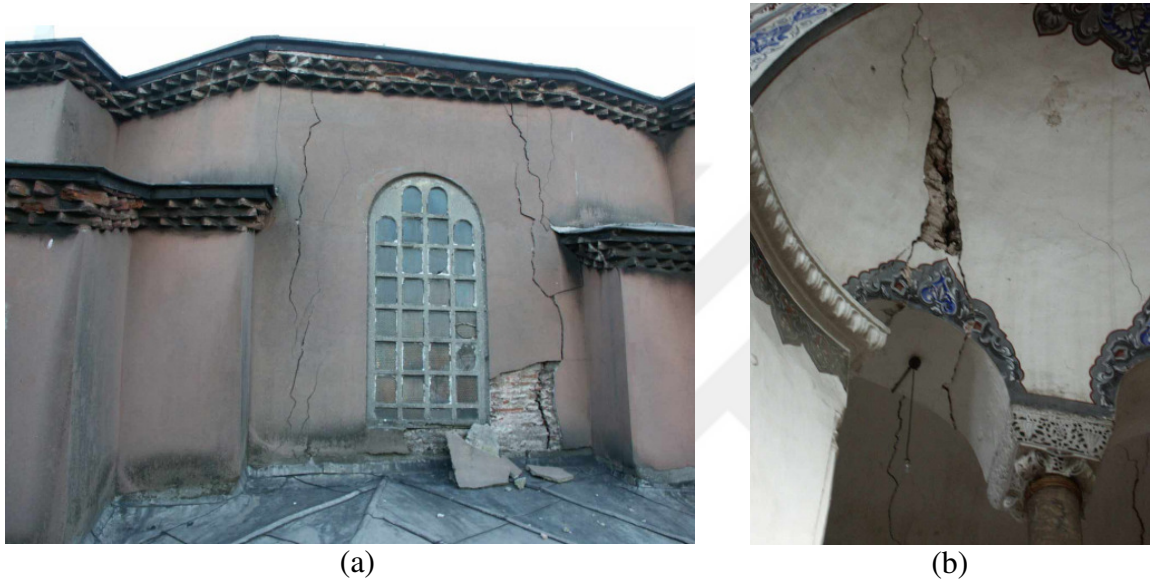
çıkabilecek aşırı boşluk suyu basınçları azaltılmış ve olası sıvılaşma da önlenmiş olacaktır [3].

Coğrafyamız, tarihinden kaynaklanan eserleri bizlere cömertçe sunan zengin bir platodur. Bu eserler zaman içinde, pek çok nedenlerden dolayı hasarlar almış ve bazıları defalarca onarılmıştır. Vakıflar Genel Müdürlüğü, ülkemizde, 1990 yılı verilerine göre 4544 cami ve mescit, 307 zaviye, imaret ve tekke, 273 medrese, darüşşifa ve bimarhane, 410 han ve kervansaray, 1164 türbe ve 300 adet sıbyan mektebi, sebil ve şadırvan belgelemiştir [4]. Bugün ise 100.000'den fazla tarihi yapı, Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlıkları listesinde [5].

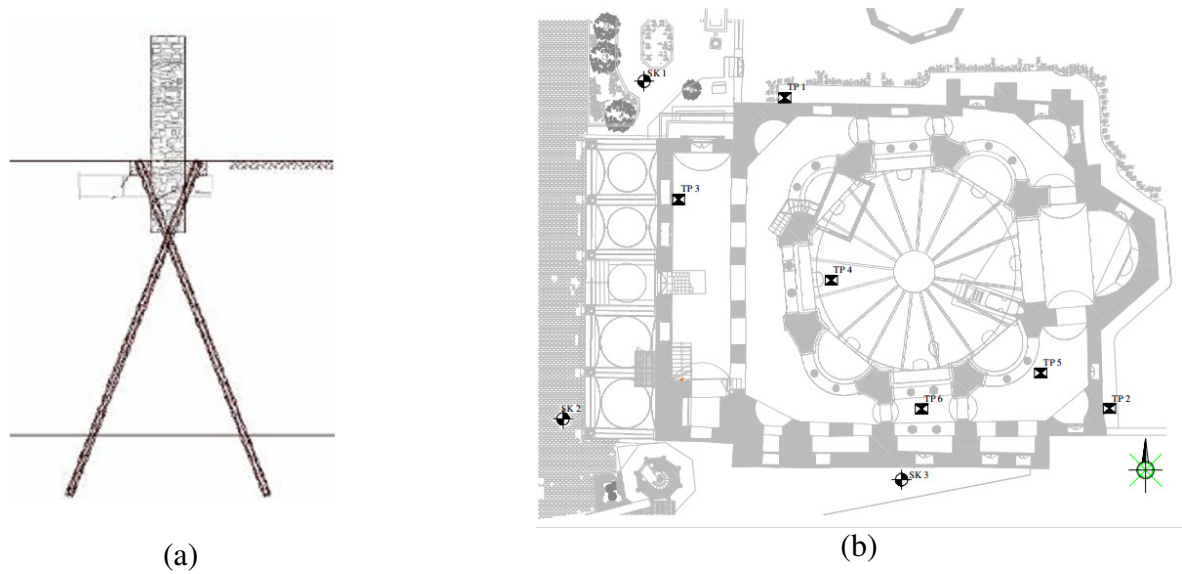
Günümüzde tarihi yapıların korunması kapsamında temellerinin ve zemininin iyileştirilmesi için pek çok klasik ve modern yöntemler kullanılmakta, konuyla ilgili akademik çalışmalar yapılmaktadır.

Restorasyon müdahaleleriyle iyileştirilmeler yapılmasına rağmen köklü mühendislik analizleri yapılmadığı için tekrarlayan deformasyonlarla karşılaşılacak pek çok yapı vardır. Bu yapılardan biri olan Küçük Ayasofya Cami, 6.yy'da kilise (Sergius ve Bacchus Kilisesi) olarak inşa edilmiş, 16.yy'da camiye çevrilmiştir. Merkezde balkabağı formulu büyük kubbe ve onun çevresindeki yarım kubbelerden oluşan kemerli, kubbeli, tonozlu yığma bir yapıdır. Tüm kemerler ve kubbeler taş, tuğla ve harçtan yapılmıştır. İstanbul'daki en eski Bizans yapısı olma özelliğine sahiptir. Çeşitli dönemlerde maruz kaldığı depremler ve oturduğu zeminin yapısı nedeniyle yapıda farklı oturmalar, kubbe ve tonozlarda çatlak ve açılmalar ortaya çıkmıştır [6]. Zaman içinde yapılan yanlış restorasyon ve onarımlar da çatlakların tekrarlaması ve büyümesine neden olmuştur (Resim 2.1). Camiye çevrildiğinde inşa edilen kurşun kaplı klasik bir külaha sahip olan minare, bilinmeyen sebeplerden dolayı 1936'da yıkılmış ve 1955 yılında tekrar yapılmıştır. Bazı restorasyon çalışmalarından sonra minare, camiye doğru eğilmeye başlamıştır. Yapı içinde 2 ve dışında 4 olmak üzere 6 adet gözlem kuyusu, 3 adet sondaj kuyusu açılmış; yapı temelinin tarihi düzgün blok taşların üzerine oturduğu ve zemin profilinin doğu-batı doğrultusunda değiştiği tespit edilmiştir. Binanın güneyinde açılan 3 numaralı sondaj kuyusunda sıkıştırılabilir yumuşak siltli kil ve gevşek kum tabakalarına rastlanılmış ve daha gevşek zemin profili olan batı yönünde yapının oturduğu gözlenmiştir [6].

Farklı oturmaları durdurmak ve depreme karşı yapıyı güçlendirmek için, tarihi yapıya en az müdahale gerektirecek şekilde iyileştirme yapılmaya karar verilmiştir. Taşıyıcı duvarlar ve sütunlar 165 milimetre çaplı eğimli mikro kazıklarla desteklenmiş, kazıklar üst kotta sürekli kirişlerle tarihi temellerle bağlanmıştır. Kiriş üst kotu tarihi döşemenin altında kalacak şekilde imal edilmiştir (Resim 2.2). Zemin iyileştirmesi için de mikro kazıkların ara bölgelerinde olmak üzere zemine çimento enjeksiyonu yapılmıştır [6].

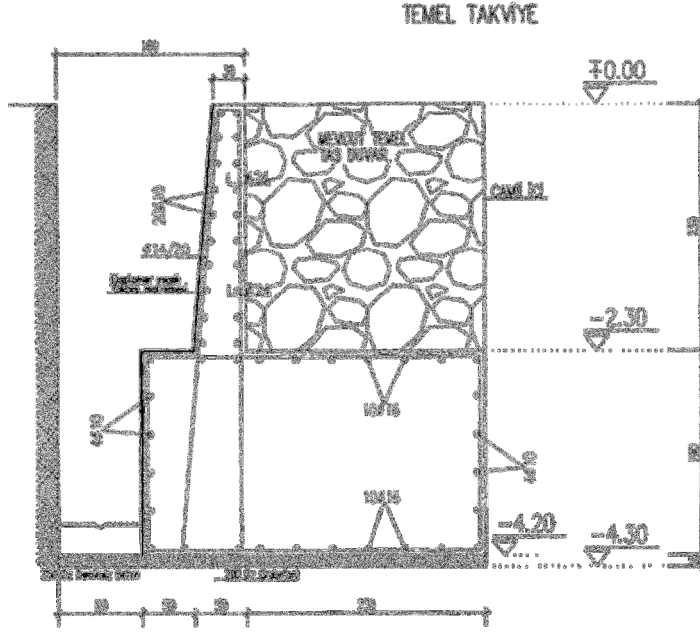


Resim 2.1. Küçük Ayasofya, (a) ana kubbenin dış duvarındaki çatlaklar, (b) ana kubbenin yanındaki küçük kubbelerdeki iç hasarlardan biri [6]



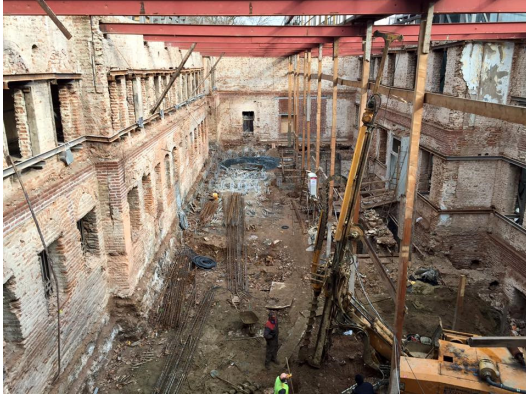
Resim 2.2. (a) Küçük Ayasofya Camii temelinin mikro kazıklarla güçlendirilmesi, (b) sondaj delikleri ve gözlem çukurlarının konumları [6]

tarihi temellerin altına 2 metrelik betonarme temeller imal edilmiştir, yanak kirişleriyle eski temeller çevrelenmiştir (Resim 2.4) [4].



Resim 2.4. Muradiye Camii temel takviyesi kesiti [4]

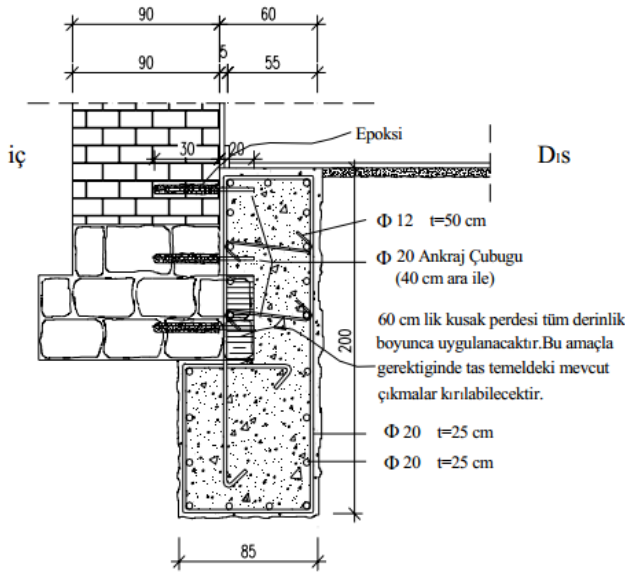
1867-1875 yılları arasında İstanbul Boğazı'na paralel olarak dolgu alanda inşa edilen Kabataş Erkek Lisesi de deniz etkisiyle yapısal olarak pek çok bozulmalara uğramıştır [4]. Yapı temelinin uygun boyutlarda olmadığı ve temel altına çakılan ahşap kazıkların ise tamamıyla çürüdüğü, ayrıca temel yapısında kullanılan taşların deniz suyu etkisine karşı dayanıklı olmayan türde seçilmiş olduğu görülmüştür. 1960 yılında zeminin oyulma ve yıkanmasını engellemek amacıyla yapılan rıhtım genişletme ve temel zeminine ankrajlarla bağlanan palplanşın hala işlevini gördüğü tespit edilmiştir. Boyutları yetersiz olarak inşa edilmiş mevcut temeller işlevini tamamıyla yitirmiştir. Yapı için hem zemin iyileştirme hem de temel genişletme öngörülmüştür. Zemin için jet grout ve çimento enjeksiyonu yapılmıştır. Temeller, temel alt kotunun 60 ila 200 santimetre kadar altına geçecek şekilde betonarme kuşak perdesiyle çevrelenmiştir. Çalışma esnasında mevcut temel yüzeyleri temizlenmiş, tarihi temel ve betonarme temeller düşeyde ve yatayda belli aralıklarla epoksili $\phi 20$ çelik donatı ile birbirine bağlanmıştır (Resim 2.5). Temel için deniz suyunun kimyasal etkilerine karşı BS25 ve BÇIII seçilmiştir [4].



(a)



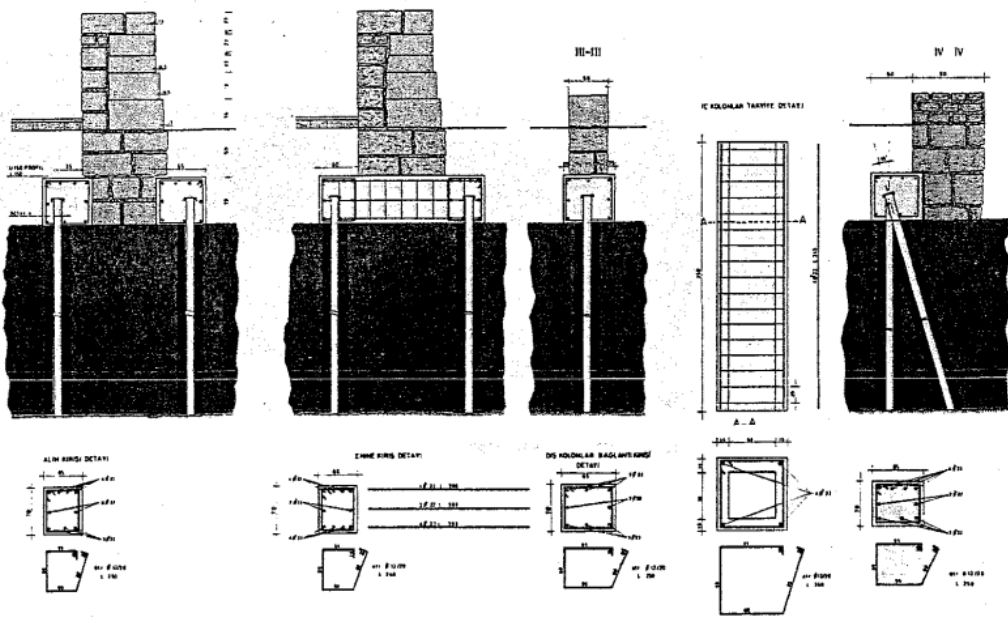
(b)



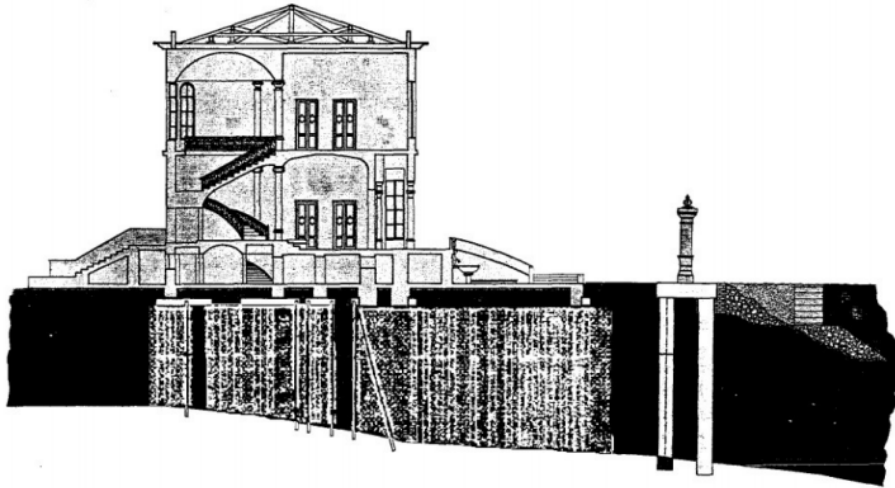
(c)

Resim 2.5. Kabataş Erkek Lisesi temel takviyesi çalışması: (a) ve (b) kötü malzeme ile yetersiz boyutta yapılmış özgün sığ temeller, (c) kuşak perdesi kesiti [4]

Boğaziçi Göksu Deresi Deltası'nda bulunan Küçükusu Kasrı'nda görülen düşeyden sapmalar ve oturmalar, 1984'de rıhtım duvarının denize doğru kayması ile sonuçlanmış ve güçlendirme yapılmasına karar verilmiştir [2]. Ahşap kazıklı ve ızgaralı temel sistemine sahip kasrın, denize doğru eğildiği aynı zamanda da oturmakta olduğu yapılan ölçümlerle tespit edilmiştir. Taşıma gücü zayıf zemin özellikleri, deniz suyunun kimyasal ve fiziksel etkileri nedeniyle, güçlendirme için, temellerin her iki tarafına jet grout kolonları imal edilmiştir. Kolonlar 89 mm çaplı çelik borularla donatılmış, 60x60 mm kesitinde göğüsleme kirişleriyle başlık kotundan temele bağlanmıştır. Kolon boyları taşıma gücü yüksek zemin tabakasına ulaşılan kadar 15-23 m arasında değişiklik göstermiştir (Resim 2.6). Güçlendirme sırasında yapıdaki titreşim ve deformasyonlar hassasiyetle ölçülmüştür [2].



(a)



(b)

Resim 2.6. Küçüksu Kasrı temel takviyesi (a) yanak kiriş detayları, (b) jet grout kolon yerleşimi kesiti [2]

Bosna Hersek'te 1993 savaşında pek çok tarihi eser, özellikle de Osmanlı yapısı pek çok yapı, tahrip olmuş veya tamamıyla yıkılmıştır. Bunlardan biri Banja Luka şehrinin en önemli yapısı olan Ferhat Paşa Camii'dir. Mimar Sinan'ın adı bilinmeyen bir öğrencisi tarafından 16.yy'da inşa edilmiş olan yapı, aktif bir deprem zonunda olması sebebiyle zaman içinde deprem etkisiyle tahrip olmuştur. En son 1993 yılında iç savaşta patlayıcılarla tamamen yıkılmış, sadece temelleri kalmıştır. 2001 yılındaki rehabilitasyon çalışmasında yapının temelleri bütünüyle ortaya çıkarılmıştır. Temelleri teşkil eden düzgün şekilli taş sömellerin 9 metrelik ahşap kazıkların üzerine oturduğu tespit edilmiştir (Resim

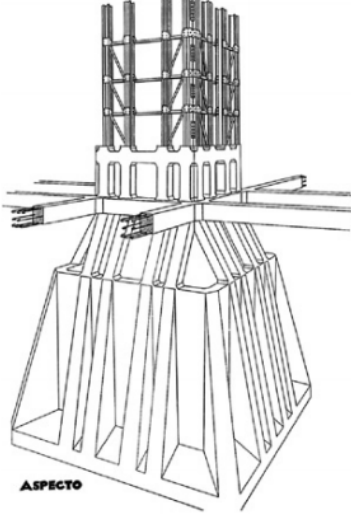
2.7). Cami, aslına uygun olarak yeniden inşa edilirken, yapının, Bosna Hersek'in en güçlü sismik zonunda olması sebebiyle deprem etkileri göz önünde bulundurulmuş, güçlendirme projeleri yapılmıştır. Temeller açısından en büyük sorun deprem bölgesindeki yapının temel derinliğinin yeterli olmaması olarak tespit edilmiştir. Güçlendirme için taş temeller 20 santimetre çapında mikro kazıklarla desteklenmiş ve bu şekilde meşe kazıkları da dahil olmak üzere mevcut tarihi temeller aslına uygun olarak korunmuştur [7-9].



Resim 2.7. Ferhat Paşa Camii (a) kesiti ve (b) temelindeki tarihi meşe kazıkları [8]

Zeminle ilgili sorunlar yaşayan bir başka yapı ise 1000 yıllık geçmişi olan Zaragoza'daki Tarihi Pilar Bazilikasıdır. Yaklaşık 100 metre uzunluğunda ve 70 metre genişliğinde dikdörtgen planlı, geniş ve karmaşık bir yığma yapıdır. Ebro Nehri kıyısında alüvyonlu tortul, kalitesi düşük bir zemine inşa edilmiştir [10]. Farklı dönemlerde eklemelerle yapımı uzun yıllar sürmüş, en büyük genişletmesini 17.yy'da Mimar Ventura Rodriguez yapmıştır. Yapının bir kısmı komşusu olduğu Ebro Nehrinden doldurulan alana inşa edilmiştir. Üç büyük bölümden oluşan bazilikada 1 merkez kubbe, 2 yan eliptik kubbe ve çevresindeki küçük kubbeler ile büyüklü küçüklü kulelerden oluşmaktadır. İlk olarak 1796'da çatlaklar ortaya çıkmış, 1907'de son kulelerin tamamlanmasından sonra artarak kemerlerde büyük boyutlu çatlaklara dönüşmüştür. Sütunlarda ve kubbede düşeyden sapmalar meydana gelmiştir. 1936'da mimar Teodoro Rios yönetiminde rehabilitasyon çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmalarda zemin ve temel yapısıyla ilgili olarak; gevşek alüvyonlu zemine geniş bir çimento enjeksiyonu yapılmış, sütun temellerindeki çelik kaplamalar betonarme kirişlerle birbirine bağlanmıştır (Resim 2.8). Mimar Rios'un yaptığı

iyileştirmelere rağmen, 70 yıl sonra bazı kemer ve kubbe bölgelerinde freskleri etkileyecek biçimde yeniden çatlakların ortaya çıktığı gözlenmiştir [10].



Resim 2.8. Pilar Bazilikası bağ kirişleri [10]

Kapileritenin etkilerini engellemek için farklı çözümlerden biri Pérez Gálvez ve diğerlerinin 2013'teki bir makalesine konu olmuştur. İspanya, Sevilla'daki tarihi yapı temellerinin, nemin etkilerinden korunması için, çatısındaki bir şafta PVC borularla bağlanarak, düzenli olarak havalandırılması sağlanmıştır [11].

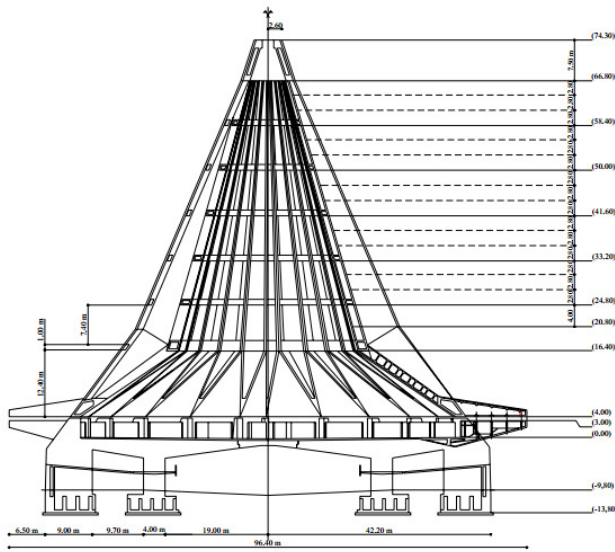
Umman Fransız müzesinde yapılan güçlendirme çalışmalarında da drenajla ilgili problemler yaşanmıştır. Soheir'in çalışmasında, yağmur suları, çevre yeşillendirme sulamaları ve atık sular yeraltı suyuna karışıp, su seviyesinin kuzey ve doğu yönlerinde cadde kotunun üzerine çıkmasına, temel ve kolon donatılarının korozyonuna ve taşıma gücü kaybına neden olduğundan bahsedilmektedir (Resim 2.9). Müze ile yol arasına drenaj çukuru yapıp, yüzeysel suların drene olması sağlanmıştır. Yapı çevresi beton ve izolasyon malzemesi ile çevrelenmiştir [12].

Tarihi yapıların deprem etkilerinden korunması için yapılan çalışmalardan biri de İtalya Siracusa'daki "Santuario della Madonna delle Lacrime" yapısının sismik izolasyonu çalışmasıdır [13]. Şehir merkezinde yeşil bir park alanında önerilmeli betonarme olarak inşa edilen yapı ters koni şeklindedir (Resim 2.10). İnşası yıllarca süren Madonna delle Lacrime Kilisesi yaklaşık 4000 m²'ye yayılmaktadır. Deprem güvenliği ile ilgili çalışmalar ve ulusal yönetmelikler geliştikçe yapının sismik olarak güçlendirilmesi ihtiyacı ortaya

çıkıştır. Yapıdaki yüksek eğik kolonların deprem salınımı esnasında hasar alabileceği öngörülmüştür.



Resim 2.9. Umman Fransız müzesinde bozulmuş kolon [12]



Resim 2.10. Madonna delle Lacrime Kilisesi kesiti [13]

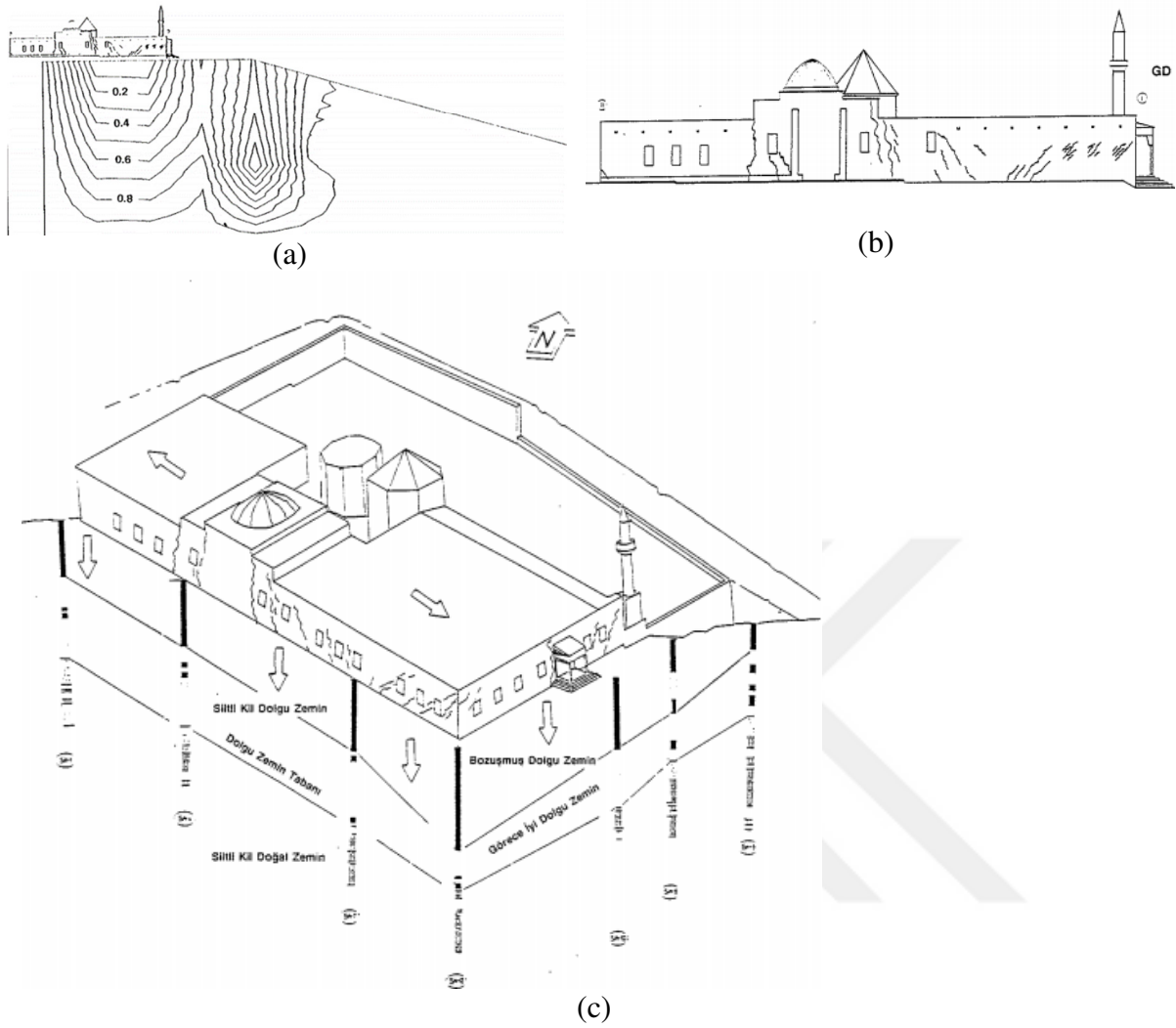
Binanın güçlendirilmesi çalışmalarında önceliğin, yapı estetiğinin, tarihi ve kültürel değerinin korunması olduğu belirlenmiştir. Orijinal yapısal formların ve malzemelerin korunması esas alınmıştır. Sonuçlar, kubbenin sismik izolasyonunun, yani temelin kolonlardan ayrılmasının, kesme kuvvetlerinde ve burulma momentlerinde önemli bir azalmaya sebep olduğunu, aynı zamanda kubbenin yeni yatakların izin verdiğinden daha düşük yer değiştirmeler yaptığını göstermektedir [13].

Zemin etütleri köklü bir şekilde yapılmadan, yapı ve zemin davranışı analiz edilmeden girişilen restorasyon ve iyileştirme çalışmaları, uzun vadede problemlerin çözümü olmamaktadır. Buna en iyi örneklerden biri Konya Alaeddin Camii'dir. Çeşitli tarihlerde farklı sorunlar yaşamış gibi görünen yapı, kısmi analizlerle tamiratlar geçirmiş ancak sorunlar tekrar etmiştir.

Selçuklu mimarisinin özelliklerini yansıtan en eski camii olan Alaeddin Camii, 17-30 metre yüksekliğindeki dolgu bir tepe üzerine, 1 metre genişliğinde ve 70 santimetre derinliğinde tekil kare temellerle inşa edilmiştir. Temelleri yer yer eski Bizans kalıntısı temeller üzerine oturmuştur. Bir dönem silah deposu olarak da kullanılan camide, 1940'lı yıllardan itibaren çok çeşitli nedenlerle ıslanıp yumuşayan ve hacim değişikliklerine uğrayan zemin nedeniyle oturma ve çatlak sorunları yaşanmıştır [2, 14-16]. İlk çözüm olarak sütunaltı temeller birbirine betonarme hatıllarla bağlanmış ancak zeminle ilgili problemler sonraki yıllarda tekrar ortaya çıkmıştır. 1956 yılında avlunun kuzeybatı duvarlarında çökme, yarıma ve eğilmeler meydana gelmiştir. 1966'da sütun temellerinde açılmalar oluşmuş, hünkâr mahfilinin çatısı bu nedenle çökmüştür. Minarede eğilme meydana gelmiştir. 1978-79 yıllarında doğu cephesi stabilitesi sağlandığında ise bu defa batı cephesinde oturma ve kaymalar meydana gelmiştir.

Daha önceki iyileştirmeler kapsamında avlusunda bulunan türbelerle caminin temelleri ayrılmış, eğilen minare sökülüp daha derin betonarme bir temel üzerine tekrar inşa edilmiştir. Yakınındaki su deposundan sızan sudan korunmak için cami ile depo arasındaki alana 4,6 metre derinliğinde kil dolgu yapılmıştır. Bu tamiratlar yapının daha kötüye gitmesini durdursa da yeterli olmamıştır (Resim 2.11) [2, 14-16].

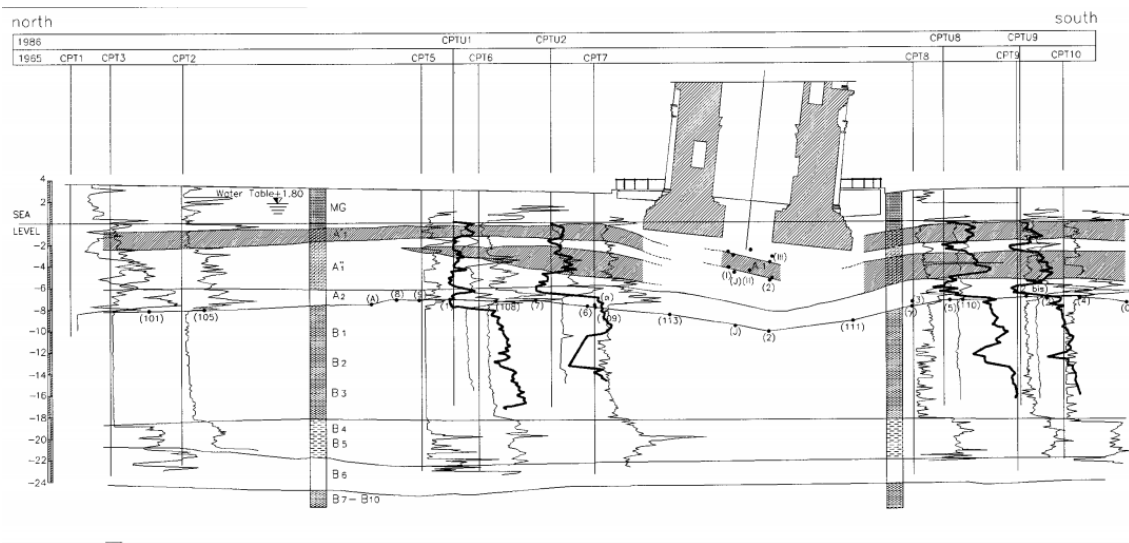
Bayındırlık Bakanlığı, Boğaziçi Üniversitesi ve Konya Belediyesi girişimleriyle pek çok rapor hazırlanmıştır. Dolgu tepenin, sürekli değişen su muhtevası sebebiyle doğu-batı yönlerinde yayılarak kuzeye doğru kaydığı ölçümlerle tespit edilmiştir. Sonuçta, önce Alaeddin Tepesi'nin stabilizasyonunun yapılmasına, daha sonra cami ile ilgili yapısal iyileştirmelerin, bütün bu çalışmalar tamamlandıktan sonra ise restorasyon yapılmasına karar verilmiştir [2, 14-16].



Resim 2.11. Alaeddin Camii (a) eş-deformasyon eğrileri, (b) güneydoğu cephesi, (c) oturma mekanizması [14]

Öncelikle, tepedeki kaçak veren su deposu ve boruları kaldırılmış, lavabolar taşınmış, çevre yeşil alanların sadece sıcak aylarda yağmurlama sistemi ile sulanmasına karar verilmiş ve camii çevresine yeni bir drenaj sistemi yapılmış, çatı akarları yenilenip drenaj sistemine bağlanmıştır. Zemin güçlendirmesi için camiinin iç dış bölgelerine 221 adet noktadan 836,388 kilogram çimento enjekte edilmiştir. Temel güçlendirme için camii duvarlarının iç ve dış bölgelerinde 59 adet 28 milimetre çaplı mini kazık imal edilmiştir. Düşey ve eğimli olmak üzere 2 çeşit imal edilen kazıklar camii içinde sütunlar arasında, camii dışında ise duvarlar boyunca bağlantı kirişleriyle bağlanmıştır. Bağlantı kirişlerine ön yükleme uygulanmıştır. Temel ve taban enjeksiyonları yapılarak mini kazıklar tepenin altındaki doğal alüvyonlu zemine 1 metre girecek şekilde dökülmüştür [2, 14-16].

Geoteknik problemlerin dünya üzerindeki en önemli yapılarından bir tanesi de Pisa Kulesi'dir. Yapımından itibaren zeminle ilgili problemlerle karşılaşılın ve eğilmeye başlayan kulenin inşaatı pek çok kez kesintiye uğramıştır. Pek çok araştırma ve çalışmaya konu olan kule, 2 m'lik organik toprak, 7 m'lik killi ve kumlu silt tabakasından sonra, 38 m'ye kadar çeşitli özellikteki killer ile sıkı kum tabakasının üzerine oturmaktadır. Özellikle üstteki kil tabakası su ile yüksek sıkıştırılma potansiyeline sahiptir (Resim 2.12). Kule temelleri zeminin 3 m altında, deniz seviyesinde ve kuzey yönündeki yeraltı su seviyesi güney yönündekinden daha yüksektir [17,18].



Resim 2.12. Pisa kulesi zemin profili-CPT sonuçları [18]

19,6 m'lik halka temel üzerinde yükselen kule, daha 4. kat yapılırken eğilmeye başlamıştır. 1173-1370 yılları arasında süren inşaatın sonunda, kulenin düşeyden 3° saptığı düşünülmektedir. İnşaatın tamamlanmasından sonra da eğilme devam etmiş, eğilme hızının 1945 yılında 3"/yıl iken 1990'da iki katına çıktığı hesaplanmıştır. 2000'lere gelindiğinde temel taban basıncı kuzey uçta neredeyse 0'a yaklaşırken güney uçta tehlikeli boyutlara ulaşmış ve kule eğiminin 5,5° olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kulenin devrilmesi kadar zemin göçmesi riskini de artırmıştır. Sonunda kulenin temelinin altından kuzey yönünden, 30° eğimle sondaj kuyuları açılarak, çok yavaş bir biçimde zemin çıkarılması ve kulenin çelik kablolar ve kurşun ağırlıklarla gereken eğime gelene kadar tutulmasına karar verilmiştir. Aynı zamanda bu işlem yapılırken gözlem kuyuları yardımıyla yeraltı suyu seviyesi gözlenmiştir. Bu çalışmanın, çok yavaş bir şekilde ve kulenin eğimi güvenli seviye olan 5°'nin altına indirilene kadar devam edilmesi planlanmıştır. Bugünkü eğimi 3,97°'dir [17,18].

Ülkemizde ve dünyada pek çok tarihi yapı temelleri ve zemini güçlendirme çalışmaları başarıyla sonuçlanmıştır. Bu müdahaleler planlanırken doğru ölçüm ve deneyler ışığında hareket edilmeli ve iyileştirmeler yapılırken hassas ölçümlerle üst yapıda herhangi bir zarara sebebiyet vermemeye dikkat edilmelidir. İnsanlığa miras olan bu değerlerin geleceğe güvenle devredilmesi önemli bir görevdir.



3. TARİHİ YAPILARDA TEMEL ÇEŞİTLERİ, ONARIM VE GÜÇLENDİRME ŞEKİLLERİ

Bir yapının güçlendirilmesi için temel sistemin, yapım şeklinin ve zemin özelliklerinin bilinmesi ve varsa hasarların iyi tespit edilmesi gerekir. Tarihi yapılarda ise çok karışık temel şekilleriyle karşılaşılmasa bile takviyesi açısından günümüz imkanlarında çok çeşitli yöntemler mümkün olmaktadır. Müdahalelerin seçimi yapılırken, yapının hasar nedenlerinin bilinmesi ve planlamaların buna göre yapılması ile tekrar edecek deformasyonların da önüne geçilecektir.

3.1. Tarihi Yapılarda Kullanılan Temel Çeşitleri

Tarihi yapılar ihtiyaca, yapılış amacına, yapımında kullanılan malzemelere, bulunduğu coğrafi ve kültürel yapıya, inşa edildikleri dönemin teknolojik seviyesi ve tecrübesine bağlı olarak farklılıklar gösterse de teknik olarak birkaç grupta toplanabilir. Örneğin, yapımında kullanılan malzemelere göre tarihi yapılar, taş, kerpiç, tuğla, ahşap, kil, çelik yapılar gibi sınıflara ayrılabilir. Yapı malzemeleri, genellikle yapının inşa edildiği coğrafyanın iklimi ve sunduğu malzeme koşullarına göre farklılıklar gösterebilmektedir. Ayrıca taşıyıcı sistemlerine göre ise; yığma, kargir, ahşap, kerpiç, çelik ve karma yapılar olarak gruplanabilir [19].

Bu yapı gruplarından günümüze en çok taşınan ve güçlendirme açısından en çok karşılaşılanlar yığma olanlardır. Yapı malzemelerinden dolayı kütlege ağır, deprem kuvvetlerinden fazla etkilenen rijit yapılardır. Süneklik özellikleri olmadığından temel zemininde oluşan oturmalara karşı hassastırlar.

Yapıdan gelen ölü, hareketli ve dinamik yükleri oturduğu zemine güvenle aktarmak için inşa edilen temeller ise eski yapılarda pek de karışık olmayan şekillerde seçilmiştir. Bu durumun temel sebebi, çalışma zorluğu, insan gücüne dayalı çalışma mecburiyeti, bilimsel tecrübe ve veri yoksunluğudur. Tarihi yapıların temel sistemlerini yüzeysel temeller ve derin temeller olarak iki temel grupta incelemek mümkündür;

Yüzeysel temeller, nispeten daha sağlam kabul edilen zeminlerde, genellikle sütun veya ayakların altında tekil olarak, taşıyıcı duvarların altında ve duvar boyunca ise sömeller,

sürekli temeller olarak yapılmış ve derinlikleri fazla olmayan elemanlardır. Bazen bu temeller, ahşap hatıllarla birbirine bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanmış bazen de yapıdan gelen yükleri daha geniş bir alana yaymak için ahşap ızgaraların üzerine oturtulmuştur [4].

Çok geniş, düz zemine ihtiyaç duyulduğu durumlarda tonozlardan oluşan temellere de rastlanmış, yapı bu tonoz sisteminin üzerine bina edilmiştir [20].

Taşıma gücü zayıf zeminlerde ise derin temellere rastlanmaktadır. Mukavemeti düşük kabul edilen dolgu veya suya doymun zeminlerde ahşap kazıklardan oluşan temel sistemleri ya da kuyu temeller tercih edilmiştir.

Ahşap kazıklar tamamen su seviyesinin altında kalacak şekilde zemine çakılır, üst kotta yine ahşap gergilerle birbirine bağlanarak bir ızgara sistemi oluşturulur ve yapı bunun üzerine tesis edilirdi. Tamamı su seviyesi altında kalan kazıklar havayla temas etmedikçe çürüme ve bozulma göstermemekte ve sağlıklı bir şekilde çalışmaktadır [21]. Ahşap kazıklar, sadece derin temel olarak değil, bazen de zemin ıslahı için kullanılmıştır.

Aslında temel mühendisliği biliminin 17.yy'da başladığı kabul edilebilir. Daha önceki yıllarda adı geçen temel sistemleri kullanılsa da bunlar herhangi bir hesaplamaya dayanmamakta, sadece ustalık-çıraklık tecrübeleriyle tasarlanmaktaydı. Plastisite ve elastisite teorilerinin gelişmesiyle birlikte 17-18.yy'da temel mühendisliği gelişmeye başlamıştır [22].

18.yy'da inşa edilen Nur-u Osmaniye Camii'nin, ahşap kazıklı ızgaralı temelleri ve temel altı galerileri tarihi yapı temellerine güzel bir örnek teşkil etmektedir. Bina Kâtibi Ahmet Efendi'nin hazırladığı risalelerde yapım aşaması ayrıntılı bir şekilde anlatılan kazıkların su seviyesi altında kalmasına dikkat edildiği anlaşılmaktadır. Yeraltı su seviyesinin 1,5 m altına kadar kazılan temel alanında su tahliyesi yapıldıktan sonra, boyları 3,5 arşın (yaklaşık 2,66 m) olan kazıklar makaralı bir çatma düzeneği ile zemine çakılmıştır. Kazıkların uçlarının muhafazası için metal çarıklar, baş kısmının muhafazası için demir başlıklar kullanılmıştır. Kazık boyları 27,5 arşın (yaklaşık 21 m) olarak seçilmiş ve ana kayaya oturmuştur. Yapı yüklerinin kazık başlarına düzenli dağıtılabilmesi ve zımbalama etkisinin önlenmesi için kazık başlarının birbirine bağlandığı bir ahşap ızgara sistemi

oluşturulmuş, daha sonra iki kat kireç, bir kat horasan ve taş molozdan bir baza imal edilip temel yükseltilmiştir [20, 23].

Doğal malzemelerle yapılmış yapıların su etkisinden uzak tutulması, malzemelerin bozulmasını ve mukavemetini kaybetmemesi açısından çok önemlidir. Üst yapı doğal havalandırmayla kendini bu etkiden korurken zemin içerisinde kapalı kalan temeller için aynı şeyi söylemek mümkün olmamaktadır. Ayrıca temel içine ve altına sızan suların, zaman içinde küçük zerrecikleri yıkayarak temelin altını boşaltmaları da önemli stabilite sorunlarına neden olmaktadır. Bazı önemli yapılarda, sudan meydana gelecek çürüme bozulmaları engellemek, kapiler suyun önüne geçmek amacıyla galeriler inşa edildiğini görmekteyiz. Bu şekilde temellerin havalandırılması ve kuru kalması sağlanarak mukavemeti korunmuş, servis süresi uzatılmıştır. Bazen de Edirne Selimiye Camii'nde olduğu gibi, hendekler açılıp yeraltı su seviyesi düşürülerek temeller su etkisinden uzak tutulmaya çalışılmıştır [24].

3.2. Tarihi Yapıların Temel Sistemlerinin Onarım ve Güçlendirme Nedenleri

Ülkemizdeki tarihi yapıların çok büyük bir kısmı yığma yapılardır. Bu yapılar rijit, çekme dayanımı ihmal edilecek kadar az ve yapısal ağırlığı yüksek olan yapılardır. Bu açıdan bakıldığında deprem kuvvetlerinden oldukça fazla etkilenmeleri beklenir. Yığma tarihi yapılar, deprem kuvvetlerinin neden olduğu düşey kuvvetlere karşı koyabilmekte ancak yatay zorlanmalardan büyük hasar almaktadır. Oluşan çekme kuvvetlerini ancak kayma mukavemeti ile karşılayabilen taşıyıcı sistemde, kayma emniyet gerilmesinin aşılmasıyla çatlaklar ve göçmeler meydana gelmektedir [24, 25].

Çok eski tarihlerde yapıldıklarından dolayı, yapısal oturmalarını tamamlamış oldukları varsayılabilir, ancak, oturdukları zeminlerin deprem etkisinde sınılaşmaya maruz kalmaları durumunda taşıma gücü kaybı oluşması muhtemeldir. Bu açılarından bakıldığında, tarihi yapıların stabilitesini etkileyen en önemli faktör; deprem ve zemin problemleridir [4].

Deprem kadar önemli olan zemin problemleri ise doğrudan su faktörüyle bağlantılıdır. Yeraltı su seviyesinin iklimsel etkilerle ya da dışarıdan müdahalelerle artması ya da azalması, zeminde yapının stabilitesini etkileyecek gerilme değişimlerine neden olur. Yeraltı su seviyesinin düşmesi, boşluk suyu basıncını düşüreceğinden zemin içindeki

gerilmeler artar, yani zemine ek yük getirir. Ayrıca zamanla boşluklarındaki suyu kaybeden zemin tabakalarında rötre oluşur.

Yeraltı su seviyesinin yükselmesi de yapı için tehlikelidir. Zemin içerisindeki kuru boşluklar, su seviyesinin yükselmesi ile suyla dolar. Zemin yumuşar ve su muhtevası belli bir seviyenin üzerine çıktığında ise kayma direnci ve dolayısıyla taşıma gücü düşer. Her iki durumda da zemin de oturma veya göçmeler meydana gelebilir [19].

Mevcut yapılara komşu kazılar yapılması, sadece tarihi yapılar için değil mevcut tüm binalar için olumsuz etkileri olan bir durumdur. Yeterli önlemlerin alınmaması temel altı zeminin stabilitesini etkiler ve taşıma gücü kaybına yol açar. Ayrıca yakın çevrede yapılan derin kazılar, açılan kuyular yeraltı su seviyesini düşürecek için tarihi yapıları ve temellerini de etkiler.

Drenaj sisteminin olmaması, yetersizliği, tıkanması veya bozulması yapı temellerini olumsuz etkiler. Çevresel veya iklimsel suların yapıdan uzaklaştırılamaması yapı malzemelerinin bozulması veya çürümmesine neden olur. Ayrıca suyun, zemin taneleri içinde donması veya çözülmesi, zemin içerisinde hareket ederken boşluklardaki küçük zerrelere yıkayıp taşıması zeminin ve temelin yapısını bozar ve taşıma gücünü düşürür. Yine yapıdan uzaklaştırılmayan su, kapilarite etkisiyle temel ve duvarlar üzerinde yükselerek, küflenme, çiçeklenmelere ve tuzlanmalara yol açarak malzemenin kimyasal yapısını bozabilir [4].

Yapı malzemelerinin fiziksel ya da kimyasal sebeplerle bozulması da tarihi yapı temellerini olumsuz etkileyen en önemli nedenlerden biridir. Örneğin temellerde kullanılan ahşap ızgara ya da kazıklı sistemler, su seviyesinin altında kaldığı durumlarda bozulmadan çalışmaya devam eder. Ancak, su seviyesi çeşitli nedenlerle düştüğünde, havayla irtibat haline geçen ahşapta bozulma çürümeler baş gösterir. Bazı yapılarda bu elemanların tamamen çürüyüp yok olduğu görülmüştür. Yine kuru tutulması gereken demir kenet ya da bağlantı elemanları da su etkisiyle paslanır ve çürür.

Taş malzemeler için de su önemli bir sorundur. Deniz suyunda, atık sularda ya da çevresel kirlenmelerden dolayı yüzeysel suların içeriğinde bulunan sülfatlı bileşikler bu malzemenin aşınıp parçalanmasına sebep olmaktadır. Ayrıca kullanıldıkları yapıya uygun

mukavemette seçilmeyen taş malzeme, bazen, yapının yükü altında da parçalanıp, çalışamaz hale gelebilmektedir.

Tarihi binaların temellerini etkileyen bir başka durumda yetersiz ya da yanlış tasarlanmış taşıyıcı sistemdir. Plandaki düzensizlikler nedeniyle yapının kütle ve rijitlik merkezinin çok farklı olması taşıyıcı sisteme ek burulma kuvvetleri getirir, deprem kuvvetlerinin yapıda meydana getireceği hasarı artırır [4]. Yapısal bozukluklar veya zeminden kaynaklanan problemler henüz yapım aşamasında fark edilmesine rağmen bir yandan imalatı devam ettirip bir yandan sorunlara ek çözümler geliştirilmiş pek çok yapı mevcuttur. Bu güçlendirmeler çoğu zaman kesin bir çözüm olamamıştır.

Tarihi yapılarda yapılan restorasyon, eklenti ve değişiklikler, 2. sınıf eski eserlerde izin verilen dış cepheyi değiştirmeden yapılan yapısal değişiklikler yapının ağırlığının artmasına sebep olabilir. Bu durumda temel ve zemin analizleri tekrar yapıp sistem ihtiyaca cevap verecek duruma getirilmez ise temelden kaynaklanan sıkıntılar yapıda tekrar ortaya çıkmaya başlamaktadır [26].

Bütün bu durumlar göz önüne alındığında, tarihi yapıların temel sistemleri

- Deprem ve diğer doğal afetler,
- Yeraltı galeri ve mağaralarının çökmesi,
- Yeraltı su seviyesinin değişmesi,
- Komşu kazılar veya yakın çevrede derin kazılar yapılması,
- Çevreden gelen taşıt yükü titreşimleri,
- Zemin altı tanelerinin yıkanması, yetersiz drenaj,
- Taşıyıcı elemanların, bozulması, aşınması veya çürümesi,
- Yanlış kullanım,
- Yanlış restorasyon,
- Yanlış tasarım, taşıyıcı sistem sorunları,
- Çevresel faktörlerin sebep olduğu fiziksel ve kimyasal bozulmalar,
- Savaşlar,
- Sahil veya liman yapılarında dalga etkisiyle oyulmalar

gibi nedenlerle meydana oturma ve taşıma gücü problemleriyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Yapılarda genellikle bu nedenlerden birkaç tanesi birden ve birbiriyle bağlantılı olarak ortaya çıkmaktadır.

Her türlü restorasyon, onarım ve güçlendirme işine karar verilmeden önce yapının oturduğu zemin özellikleri, temel yapısı ve taşıyıcı sistemi ve hatta yapı malzemeleri mutlaka analiz edilmelidir. Yapı zemin analizi yapılmadan onarılan yapılarda, zeminden veya taşıyıcı sistemden kaynaklı hasarlar mutlaka tekrarlayacak ve daha büyük sorunlara yol açabilecektir.

3.2.1. Tarihi yapıların korunması ve onarılması ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuatın gelişimi

Tarihi yapıların korunumu fikri dünyada ilk olarak Fransız Devrimine paralel olarak Avrupa da ortaya çıkmıştır. Devrimle birlikte halk, krallığa, soylulara ve kiliseye ait tarihi yapı ve anıtları tahrip etmeye başlamıştır. Bu hareketin önüne geçmek için bunların aslında ‘halk’a ait olan mülkler olduğu fikri ortaya atılmıştır. Kısa bir süre sonra gerçekleşen sanayi devrimi ve endüstrileşmenin de etkisiyle, eski yapılardan kurtulma algısı tarihi dokuya büyük zararlar vermiştir [4, 27].

Gelişen süreçte pek çok adım atılmaya çalışılmıştır. Madrid’de 1904’te yapılan 6. Uluslararası Mimarlar Kongresi’nde eski eserlerin korunumu gündem edilmiş, anıtların yok olmasının önüne geçilmesi ve mimari unsurları bozulmayacak şekilde onarılması için kararlar alınmıştır [27].

Tarihi eserlerin korunumu ve iyileştirilmesiyle ilgili en önemli belge ise Venedik sözleşmesidir. 2. Uluslararası Tarihi Anıtlar, Mimar ve Teknisyenleri Kongresi’nde sonuç bildirgesi olarak 1964 yılında yayınlanan tüzük, konuyu bütünüyle ele almış, temel prensipleri belirlemiş ve pek çok ülke tarafından kısa sürede kabul edilmiş ve ulusal yasalara yansıtılmıştır. Tüzüğün bazı maddeleri ise şöyle özetlenebilir:

- Kültür varlığının korunmasındaki temel tutum korumanın kalıcı olması, sürekliliğinin sağlanmasıdır.

- Onarım uzmanlık gerektiren bir iştir. Amacı, kültür varlığının estetik ve tarihi değerini korumak ve ortaya çıkarmaktır. Onarım kendine temel olarak aldığı özgün malzeme ile güvenilir belgelere saygıyla bağlıdır. Varsayımların başladığı yerde onarım durmalıdır; yapılması gerekli herhangi bir eklemenin mimari kompozisyonundan farkı anlaşılabilmesi ve gününün damgasını taşımalıdır. Herhangi bir onarım işine başlamadan önce ve bittikten sonra, kültür varlığının arkeolojik ve tarihi bir incelemesi yapılmalıdır.
- Geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı yerlerde, koruma ve inşa için bilimsel verilerle ve deneylerle geçerliliği saptanmış herhangi çağdaş bir teknik kullanılarak kültür varlığı sağlanabilir.
- Kültür varlığına mal edilmiş farklı dönemlerin geçerli katkıları saygı görmelidir; zira onarımın amacı üslup birliği değildir. Bir kültür varlığı üst üste çeşitli dönemlerin izlerini taşıyorsa, alttaki dönemleri açığa çıkarmak ancak bazı özel durumlarda yok edilen malzemenin önemi azsa, açığa çıkarılan malzeme büyük tarihi, arkeolojik ya da estetik değer taşıyorsa ve korunma durumu böyle bir davranışı gerekli gösterecek kadar iyi ise haklı çıkarılabilir. İlgili unsurların öneminin değerlendirilmesi ile ilgili yargıyı ve neyin yok edileceği üzerinde kararı vermek, sadece bu işi üzerine almış kimseye bırakılamaz.
- Eksik kısımlar tamamlanırken, bütünle uyumlu bir şekilde bağdaştırılmalıdır; fakat bu onarımın, aynı zamanda sanatsal ve tarihi tanıklığı yanlış bir biçimde yansıtmaması için, özgünden ayırt edilebilecek bir şekilde yapılması gereklidir.
- Eklemelere, ancak yapının ilgi çekici bölümlerine, geleneksel konumuna, kompozisyonuna, dengesine ve çevresiyle olan bağıntısına zarar gelmediği durumlarda izin verilebilir [28].

Venedik Tüzüğü'nün oluşturulmasından sonra 1965 yılında Varşova'da Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi ICOMOS kurulmuştur. Uluslararası ve hükümetlerdışı olan kurumun amacı, tarihi anıtlar ve sitlerin korunması ve değerlendirilmesine yönelik ilkeler, teknikler ve siyasetler geliştirmek, ilgili her türlü araştırmayı desteklemek ve yönlendirmektir. ICOMOS'un genel tüzüğü 22 Mayıs 1978 tarihinde son halini almıştır ve günümüzde de geçerliliğini sürdürmektedir. Ülkemiz 1974'ten beri kurulun üyesidir [28].

Farklı medeniyetlerin yerleşim ve geçit yeri olan ülkemiz toprakları pek çok tarihi esere ev sahipliği yapmaktadır. Özellikle vakıfçılık anlayışıyla birlikte hem kıymetli eserler bu topraklara kazandırılmış, hem de korunup sonraki nesillere aktarılmıştır.

Cumhuriyet tarihimizin konuyla ilgili en önemli adımı, Avrupa'daki hareketlerin yansıması olarak 1951 yılında 5805 sayılı kanun ile kurulan Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu'dur (GEEAYK). Kurul; arkeolog, sanat tarihçisi, tarihçi, mimar ve Müzeler Genel Müdürü ile Vakıflar Genel Müdüründen oluşmaktaydı ve uygulamaya yönelik ilke koyma, karar verme yetkisine sahipti. İlk koruma kanunumuz olan 1710 sayılı Eski Eserler Yasası ile GEEAYK'nın tarihi eserlerin korunumundaki yetkileri genişletilmiştir. Temmuz 1983'te ise 2863 Sayılı "Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu" yürürlüğe girmiş, GEEAYK kaldırılmıştır. 1989 ise "Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü" kurulmuştur [4, 27].

Türkiye, Avrupa Konseyi ve UNESCO'nun birçok kararını onaylamış; Venedik Tüzüğü (1964), Dünya Kültürel ve Doğal Mirası Koruma Sözleşmesi (1972), Avrupa Mimari Mirası Koruma Sözleşmesi (1985), Avrupa Arkeoloji Mirasının Korunması Sözleşmesi'ni (1992) yasalaştırmıştır [1]. Ülkemiz 1974'te ICOMOS, "Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi" 'ne üye olmuş, tüzüğünü kabul etmiştir.

ICOMOS Türkiye Milli Komitesi Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nde (2003) tarihi eserlerin taşıyıcı sistem sorunlarına da dikkat çekilerek; "taşıyıcı sistem güvenliğinin değerlendirilmesi ve iyileştirme/destekleme müdahale önerilerinin geliştirilmesi için taşıyıcı sistemin ve yapıda tespit edilen hasarların incelenmesi gerekmektedir. Güvenlik değerlendirmesi öncesinde, yapının maruz kaldığı deprem ve yangın gibi afetler ile bu afetler sonrasında gerçekleştirilmiş onarım bilgilerinin, yapının geçmişte hangi işlevlerle kullanıldığının, kullanıcı müdahalelerinin, yapının çevresinde meydana gelen değişikliklerin ve yapının komşu yapılarla ilişkilerinin tespit edilmesi gerekir. Bu bilgilerin yanında, deneysel ve sayısal analizlere dayanan verilerin elde edilebilmesi de önemlidir", denilmiş, ayrıca disiplinlerarası çalışmanın gerekliliğine değinilmiştir.

Bildirgenin "Mimari Mirasa Müdahale İlkeleri" kısmındaki bazı kararlar ise şöyledir:

- Mimari mirasın korunmasına yönelik müdahalelerde yapının özgünlüğünün tüm boyutlarıyla korunması esastır.

- Müdahaleler yapıya zarar vermemeli; tarihi belge niteliği olan izlerin yok olmamasına ve değiştirilmemesine dikkat edilmeli; yapının bütünlüğü korunmalıdır.
- Herhangi bir kültürün (veya dönemin) verisi, zorunlu olmadıkça diğer bir kültürün verilerinin açığa çıkarmak için ortadan kaldırılmamalıdır. Bu konuda girişilecek eylemler, uzmanların ortak mutabakatı ile gerçekleştirilmelidir.
- Müdahaleler, daha sonra gerçekleştirilecek araştırma ve çalışmaları yanıltmamalı, özgün yapıya olabildiğince zarar vermeden kaldırılabilir ve/veya yenilenebilir tekniklerle yapılmalıdır.
- zgn malzeme ve tekniklerle birlikte kullanılması zorunlu olan yeni malzeme ve teknikler, ilgili proje özelinde tanımlanacak testler yapılmadan ve bilimsel verilerle uygunluğu ortaya konulmadan kullanılmamalıdır.
- Uygulama sürecinde ve sonrasında yapılan müdahalelerin etkinliğini belirleyecek şekilde, ölçüme dayalı ve düzenli izleme yapılacak mekanizmalar tanımlanmalıdır [1].

TC. Kültür Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksel Kurulu'nun yayınladığı 660 No'lu İlke Kararı (Taşınmaz Kültür Varlıklarının Gruplandırılması, Bakım ve Onarımları)'nda ise tarihi yapıya müdahale biçimleri tanımlanmış, onarım ilkeleri tespit edilmiş, onarım projelerinin hazırlanması ile ilgili ayrıntılar verilmiştir [1].

3.3. Tarihi Yapıların Temel Sistemlerinde Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri

ICOMOS Türkiye Milli Komitesi Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nde, "Mimari miras yenilenemez bir kaynaktır ve korunması kamu yararındır" denilmektedir. Bu mirasın korunumu ve gelecek nesillere aktarılması çok yönlü araştırma, analiz ve hesaplamalar gerektirmektedir.

Yine aynı bildirmede řu ifadeler yer alır; "Mimari mirasın korunmasına yönelik kararların alınması, hasarların teşhisi, müdahale tekniklerinin belirlenmesi ve yapı güvenlik değerlendirmeleri disiplinlerarası çalışma gerektiren işlemlerdir. Bunlara yönelik kararlar, tüm disiplinlerin birlikte yapacakları çalışmalar sonucu geliştirilmelidir."

Müdahale edilmesi düşünülen yapının mevcut bulunan durumu çok iyi tespit edilmelidir. Varsa yapının yapıldığı döneme ait mimari proje ve raporlar, yine eğer varsa farklı

dönemlerde yapılan eklentiler tespit edilmeli, rölövesi hazırlanmalıdır. Yapının statik durumu, dinamik analizi, zemin analizleri, yeraltı su seviyesi tespiti ve kimyasal analizi, yapı malzemelerin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmalıdır. Arazi ve laboratuvar deneyleri yapılmalı, devam eden tasman ve çatlaklar hassas cihazlarla takip edilmeli, yönü ve büyüklüğü tespit edilmelidir.

Tarihi yapının temel sisteminin ve mevcut durumunun tespiti için en çok izlenen yöntem gözlem (muayene) çukurları açmaktır. Gözlem çukurları yüzeysel temellerin derinliği, genişliği, kazık temelleri başlık kotu ve çok derinde olmayan yeraltı su seviyesinin tespitinde kullanılır. Ayrıca varsa temellerdeki tahribatta bu çukurlar sayesinde gözlemlenebilir, temel malzemesinden ve zeminden numuneler alınabilir.

Zeminle ilgili pek çok parametrenin tespiti açısından, yapı alanının genişliği ve temel derinliğine göre değişen sayılarda sondaj kuyuları açılmak çok önemlidir. Her 100 m² için 1 sondaj yapılabilir. 50-250 mm genişliklerinde, yapı alanı dışına ve yapıya yakın olarak açılmalıdır. Sondaj kuyularında muhtelif derinliklerde örselenmiş veya örselenmemiş numuneler alınır, yeraltı su seviyesi tespit edilir. Standart penetrasyon (SPT), konik penetrasyon (CPT), veyn, plaka yükleme ve presiyometre deneyleri yine bu kuyularda yapılır [29].

Sondaj kuyularının farklı derinliklerinden alınan numunelere, laboratuvar koşullarında elek analizi, hidrometre, kompaksiyon (Standart Proktor, Modifiye Proktor) deneyleri, permeabilite deneyleri, kıvam limitleri deneyleri (Cassagrande deneyi, düşen koni yöntemi, plastik limit deneyi ve rötre limiti deneyi), konsolidasyon deneyi, kayma mukavemeti ve gerilme deformasyon (kesme kutusu, serbest basınç, üç eksenli basınç) deneyleri yapılır [29].

Temiz Kum ve silt içeren tabakalar içeren zemin profilleri için, arazi ve laboratuvar testleriyle zeminin sıvılaşma potansiyelinin de saptanması gereklidir.

Gözlem çukuruyla temel derinliği belirlenememişse eğik sondaj yapılabilir, yeraltı su seviyesini değişiminin tespit edilmesi için ise gözlem kuyuları açılabilir. Bunların dışında günümüzde sonik, tomografik yöntemlerle de temel boyutları, zemin tabakaları, zemin içindeki su hareketi, yeraltı boşlukları ve yeraltı su seviyesi tespit edilebilmektedir.

Yapıya müdahale edilmeden önce, mevcut statik durumunun bilinmesi de oldukça önemli bir konudur. Yerinde basınç deneyi, yerinde kayma testi, georadar testi, ultrasonik testler, sertlik ölçer, endoskopi testi, kızılötesi tomografi yöntemi, gevşeme deneyleri, monitoring, çekme testleri ve duvar harçlarının performansı gibi testler yapılabilirse de genellikle teknik yetersizlikler nedeniyle yapılamamaktadır. Bunlara alternatif olarak, alınan numunelere laboratuvar ortamında, spot tuz testleri, kondaktometrik analiz, asidik agrega ve bağlayıcı analizi, granülometrik analiz, optik mikroskop analizi, taramalı elektron mikroskobu analizi (SEM) ve enerji saçınım spektrometresi (EDS), x-ışını kırınım (XRD), x-ışını floresan analizleri (XRF) ile tek eksenli basınç deneyleri yapılabilmektedir [25, 30].

2004 yılında düzenlenen Deprem Şurası Komisyon Kararları'nda tarihi yapılara yapılacak müdahalelerle ilgili maddeler aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Onarım ve güçlendirme yöntemi seçilirken olası yöntem seçenekleri içerisinde mevcut yapıya en az müdahale getirecek teknik tercih edilmelidir.
- Onarım ve güçlendirmede kullanılacak malzemenin seçiminde tarihi yapının mevcut malzemesi ile uyum ve zamana karşı dayanıklılık göz önünde bulundurulmalıdır.
- Onarım ve güçlendirme, eleman düzeyinde ve bütün sistem düzeyinde ayrı ayrı ele alınmalıdır.
- Taşıyıcı sistem güvenliğinin sağlanması koruma ve restorasyon faaliyeti kapsamında ele alınmalıdır. Onarım ve güçlendirme ile tarihi malzeme veya belirgin bir mimari özelliğin kaldırılmasına veya değiştirilmesine izin verilmemelidir.
- Onarım ve güçlendirme müdahalesinin seçiminde mevcut sistemdeki kuvvet iletiminin nasıl olduğu göz önüne alınmalıdır.
- Onarım ve güçlendirme, hasarın kendisinden çok sebebine yönelik olmalıdır.
- Hasarlı bir tarihi yapının hasar sebebinin kesin olarak belirlenmesinden sonra güçlendirilmesi gerekir.
- Hasarsız bir yapının güçlendirmesi söz konusu olduğunda, çok uzun zamandan beri durumunu koruduğu gözden kaçırılmamalıdır. Belirgin bir hasarı olmayan yapıya ağır bir güçlendirme projesi hazırlanması durumunda bunun gerekliliği konusunda sorgulayıcı olunmalıdır.

- Mümkün olduğu durumlarda sökülüp değiştirilebilen güçlendirme elemanları tercih edilmelidir. Gelecekte ortaya çıkabilecek yeni onarım ve güçlendirme malzemelerinin ve yöntemlerinin uygulanmasına imkân tanınmalıdır.

Tarihi yapılara mühendislik müdahaleleri, yapının güvenlik katsayısının, eserin yapıldığı zaman ki durumuna ya da daha iyi seviyelere getirmek için yapılmaktadır. Testler ve analizler ışığında öngörülen iyileştirmeler, yapının tarihi özellikleri mümkün olduğu kadar korunarak yapılmalıdır. “zgnlğn tüm boyutları ile (konum, tasarım, malzeme ve işçilik) kaybetmiş bir mimari kültür varlığının korunmasından söz edilemez. Özgünlüğü dikkate alınmadan ve onarılabilir maddi varlığı yok edilerek yeniden ve yeni tasarım, taşıyıcı sistem, malzeme ve işçilik ile ve yeni bir evre içinde inşa edilen yapıların korunmuş olduğundan söz edilemez” şeklinde tarihi yapıya müdahaleyi tanımlayan Mimari Mirası Koruma Bildirgesi, aşağıdaki hususlara da dikkat çekmiştir [1]:

- Geleneksel tekniklerle inşa edilmiş yapılarda strüktürel güvenliği arttırmak amacıyla yapılacak müdahaleler yapının özgün strüktürel bünyesini değiştirmemeli ve geri dönülebilir olmalıdır.
- Erken modern ve ağdaş yapı strüktürleri söz konusu olduğunda, özellikle kamusal kullanımlarda olması durumunda, yapının özgün niteliklerinin bşkalaştırılmasına yol açılmaması öngörülür.

Tarihi yapıların temel sistemlerine yapılacak mühendislik müdahalelerini 4 ana bşlıkta toplayabiliriz:

- Tamamlama ve onarım.
- Temel sisteminin takviyesi.
- Zemin iyileştirilmesi.
- Temellerin sismik yalıtımı.

3.3.1. Tamamlama ve onarım

Tarihi yapı temellerinde kullanılan ahşap, taş, tuğla ve metal malzemelerin bazı fiziksel ve kimyasal etkiler sonucunda parçalanması veya çürüyüp yok olması çok karşılaşılan

durumlardır. Yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucu havayla irtibata geçen ahşap kazık veya ızgaralar zaman içinde çürüyüp tamamen yok olabilir. Su seviyesi tekrar yükselse bile başlamış olan çürüme durdurulamaz. Yığma yapılarda kullanılan metal kenetlerde hava ve su etkisiyle oksitlenmeye maruz kalarak mukavemetini yitirir. Taş ve tuğla malzemelerse bazen yapı yüklerinden bazen tamamen yapısal özelliklerinden parçalanıp ufalanabilir, su ve tuzların etkisiyle çiçeklenme ve parçalanmalara maruz kalarak işlevini yitirebilir. Bu gibi durumlarda, yapının güvenlik katsayısı yeterli görülmüşse ve eğer mümkünse, bu malzemelerin yenileriyle değiştirilmesi, eksik kısımların tamamlanması tercih edilir.

13.yy'da yapılan Mevlâna Müzesi'nde türbe bölümü ahşap ızgaralar üzerine oturan 4 adet fil ayaklarıyla inşa edilmiş, kubbeli yığma bir yapıdır. Türbe dışındaki bölümler yapıya daha sonraları Osmanlı Döneminde eklenmiştir. Yapıda oturma ve çatlaklar oluşması sebebiyle etütlere başlanmıştır. Müze içindeki dolgu kısım 1 m kadar kazılarak fil ayakları ortaya çıkarılmış ve oturdukları iki yönlü ahşap ızgaraların nem sebebiyle çürüdüğü ve yerlerinin boşluk haline geldiği görülmüştür. Izgara bölgesi temizlenerek yenileri monte edilmiş ve müze içi tekrar 80 cm kum-çakıl malzemeyle doldurulmuştur (Resim 3.1). Oturmaların genel olarak duvar altı, sütun altı temellerin oturmasından kaynaklı olduğu tespit edilmiş ve zemin stabilizasyonu için, ölçümler ve kontroller altında, genleşme özellikli beton enjeksiyonu yapılmıştır [31].



Resim 3.1. Konya Mevlâna Müzesi fil ayakları [31]

Yapıda meydana gelen çatlakların da nedenleri tespit edildikten sonra onarımı tercih edilebilir. Deprem etkisinde oluşmuş çatlaklar ve devam etmeyen oturma çatlakları küçük boyutlarda ise doldurulabilir. Genellikle 0,2 mm'den küçük çatlakların onarıma ihtiyacı yoktur. 0,3-3 mm boyutundaki çatlaklar epoksi harcı ile doldurulur. 10 mm'ye kadar olan

çatlaklarda grout enjeksiyonu (doğal hidrolik kireç, rötre engelleyici, doğal su tutucular, süper akışkanlaştırıcılar) kullanılırken daha büyük çatlaklar için dikiş teknikleri kullanılır. Mevcut çatlağın iki yanındaki elemanlar çıkarılarak çelik bar ya da kenetle veya yüksek dayanımlı polimer malzemelerle birbirine bağlanarak çıkartılan kısım tekrar örülür. 15 mm'den büyük çatlaklar içinse yapısal onarımlar gerekir [4].

3.3.2. Temel sisteminin takviyesi

ICOMOS Türkiye'nin Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nde, "güçlendirme; bir yapının mevcut güvenlik seviyesinin işlev değişikliği ya da standartların gereği olarak yükseltilmesi amacıyla yapılan strüktürel müdahalelerin tümüdür. Kültür varlıklarının mimari bütünlüğüne zarar vermeden, aşağıdaki ilkeler çerçevesinde ve buna uygun geliştirilecek düzenlemeler doğrultusunda ihtiyatla uygulanmalıdır" denilmektedir [1].

Temel sisteminin takviyesi yapı-zemin-malzeme analizinin birlikte yapılmasını gerektiren ve tarihi dokuyu bozmadan uygulanabilir ve gerektiğinde geri dönüşümü olan işlemler olmalıdır. Tarihi yapılar için disiplinlerarası olarak üst yapı mekaniği, malzeme özellikleri, zemin mekaniği ve geoteknik mühendisliği ile tarih bilgisi içeren çok kapsamlı bir konudur.

Mevcut temel sisteminin boyutlarının büyütülmesi

Tarihi yapıda yapılan onarım veya değişiklikler yapı temellerine ek yük getirebilir ya da farklı bir amaçla kullanıma açılmasıyla yapı temellerinde farklı yüklenmeler oluşabilir. Tarihi metot ve hesaplamalarla basit olarak tasarlanmış temel boyutları modern analizlerle deprem için yeterli görülmebilir. Bu gibi durumlarda yapı temellerinin kesitinin büyütülerek zemindeki gerilmelerin azaltılması yöntemi tercih edilir. Temel boyutlarının genişletilmesinin, ek ölü yük getireceği ve yapıya etkiyen deprem kuvvetlerini büyüteceği kesinlikle unutulmamalı, yeni duruma göre mutlaka analizler yapılmalıdır.

Temel boyutlarının değiştirilmesine karar verildiği durumlarda, bazen tamamen temel sisteminin özgünlüğü korunarak temel boyutları büyütülürken çoğu zaman betonarme sömellerle genişletilir ya da betonarme ya da sadece çelik bağ kirişleriyle tekil temeller

birbirine bağlanır. Her iki durumda da temel çevresinde çalışmak yapının stabilitesi ve çalışma güvenliği açısından sorun teşkil etmektedir.

Haliç Tersanesi içinde bulunan Kapiüstü Minare Mescidi minaresinin yeniden yapımından önce kazılarla ortaya çıkan orijinal taş yığma alt temeli, moloz taş ve horasan harcı ile, üst temeli de küfeki taşı ve hidrolik kireçle orijinaline uygun olarak genişletilmiş ve minare bu temeller üzerine inşa edilmiştir (Resim 3.2) [32].



(a)



(b)



(c)

Resim 3.2. Kapiüstü Minare Mescidi (a) özgün temeli, (b) genişletilmiş alt temel, (c) genişletilmiş üst temel [32]

Duvaraltı sürekli bir temelin takviyesi için temel yanı alt kotuna kadar kazılır. Kazı genişliği en fazla 1,5-2 m ve duvar genişliğinin 1/4 ünden az olabilir. Temel çevresi anolar halinde kazılır ve her seferde 2-3 ano atlanarak kazı işlemi yapılabilir. Bu şekilde yapılamayan durumlar için duvar kısmi olarak askıya alındıktan sonra kazı ve betonlama yapılmalıdır. Tesis edilen betonarme kısım asıl temelin 5-10 cm altına kadar inmelidir. Yeni kısım ile eski temel kimyasal epoksili ankrajlarla veya öngermeli elemanlarla birbirine bağlanmalıdır [2].

Mevcut temel sisteminin desteklenmesi

Yapı yüklerinin temel ya da zemin profili tarafından sağlıklı taşınamayacağı ya da temel genişletmenin zemin gerilmelerini emniyetsiz biçimde artıracığı durumlarda temeli derinleştirerek yükü zeminin daha derinlerine yaymak tercih edilebilir.

Tarihi yapı alanlarına komşu olarak yapılacak yapıların temel derinliklerinin tarihi temellerin kotunun altına düştüğü durumlarda temel sisteminin takviyesi zorunlu hale gelir. Ayrıca üst yapıya yapılan ekleme ve güçlendirmeler ya da yapı kullanım amacının değişmesi temellerin desteklenmesini gerektirir.

Mevcut temel sisteminin desteklenmesi mini kazıklar, jet grout veya taş kolonlar gibi elemanlarla yapılmaktadır.

Uygulaması kolay, her çeşit zeminde uygulamaya müsait mini kazıklar, takviye edilecek temel kesitinin her iki yanında imal edilir. Çelik donatı ve çelik muhafaza borusuyla birlikte de kullanılabilir. Her bir kazığın taşıma kapasitesi, imalatından hemen sonra yerinde ölçülebilir. 300 ton a varan taşıma kapasiteleri bulunmaktadır. Eğer binanın içinde çalışılamıyorsa bu kez dışarıda yapılan kazıklara duvar konsol olarak taşıtılır [4, 26].

Mini kazıkların avantajları kısaca aşağıdaki gibidir:

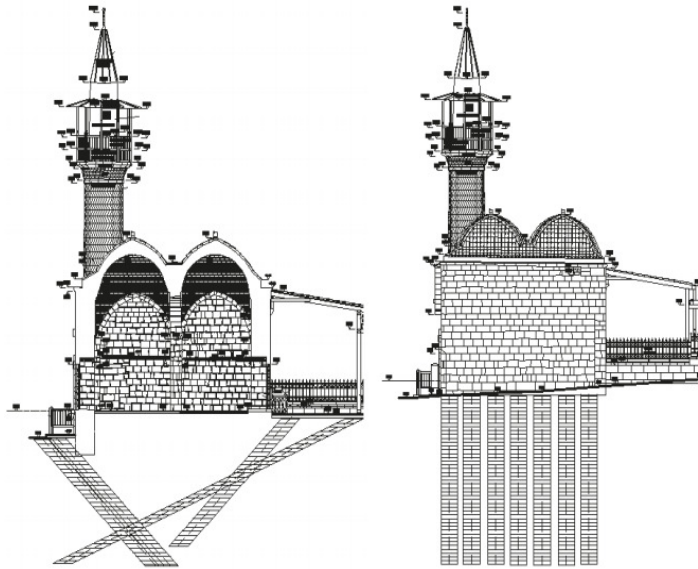
- Uygulama sırasında gerek yapıda gerekse zeminde geçici olarak bile olsa aşırı zayıflık ya da ekstra gerilmeye rastlanmaz.
- İlave yapısal hareketlere anında cevap verebilme kabiliyetleri vardır.
- Mini kazıklar, temelin güvenlik katsayısına pozitif olarak direkt etkiler.
- Dar alanlarda uygulamaya imkân tanır.
- Uygulamada yapıya zarar verecek aşırı titreşim yapmaz [26].

İmalat şekilleri aşağıdaki gibi tercih edilebilir:

- Her iki tarafta ve başlık kirişi ile bağlı düşey kazıklar.
- Her iki tarafta ve başlık kirişi veya ön gerilmeli eleman ile bağlantılı düşey kazıklar.

- Her iki tarafta eğik kazıklar.
- Tek tarafta ve kısa başlık kirişi ile temel takviyesi.
- Tek tarafta ve çelik destek kirişli düşey kazıklar.
- Eğilmeye ve ankraja dayanıklı kazıklarla tek taraflı temel takviyesi.
- Kazık ağılarıyla zemin stabilizasyonu [26].

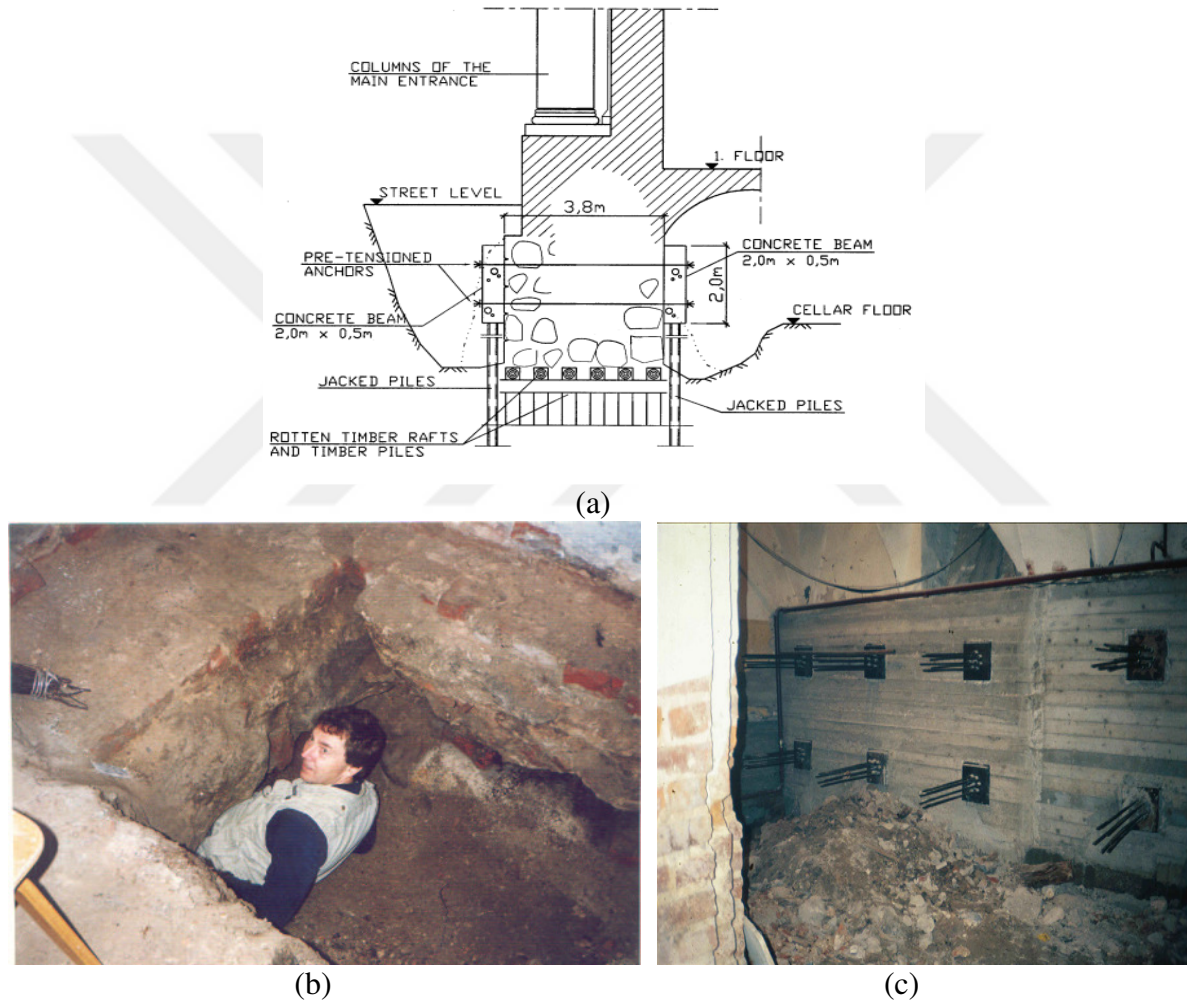
Bahsedilen uygulamalardan bazıları Yeni (Abdürrezzak Antaki) Camii'nde yapılmıştır. Adana-Seyhan'da 18.yy'da çok kubbeli olarak inşa edilmiş camii, 1998 Adana-Ceyhan depreminde hasar aldıktan sonra çatlaklar sıvanmış, derzler ve ahşap elemanlar yenilenmiştir. Ancak, yapı temeli ve zemini ile ilgili bir etüt veya güçlendirme yapılmamıştır. Mühendislik etütleri yapılmamış olan yapının kubbe, minare ve beden duvarlarında tekrar çatlaklar oluşmuş ve yapı güvenliğini tehlikeye atacak boyutlara ulaşmıştır. Zayıf zemin koşulları, ağır trafik yükü titreşimleri, bölgesel sebeplerle yükselen yeraltı su seviyesi nedeniyle oluşan oturmaları engellemek için temel duvarları boyunca 0,8 m çaplı, 7 m boyunda düşey ve eğik jet grout kolonları imal edilmiştir (Resim 3.3). Uygulamanın titreşim etkilerinden korumak için yapı, imalat boyunca askıya alınmıştır [33].



Resim 3.3. Adana Yeni (Abdürrezzak Antaki) Camii'nde jet grout uygulaması [33]

Estonyadaki tarihi Tartu Üniversitesi'nde ise çakma kazıklar ile çözüm aranmıştır. Bodrumla birlikte 4 katlı tarihi bir yapı olan Tartu üniversitesi, 5 m derinlikten başlayan ahşap kazıklı ve ızgaralı temellerin üzerine taş dolgu ile yapılmıştır. Tamamen su seviyesi

altında olan ahşap temel sistemi 20.yy başında yeraltı su seviyesinin düşmesiyle birlikte çürümüş ve yapı yumuşak zemin içine gömülmeye başlamıştır. Bodrum duvarları boyunca duvarların her iki tarafına olmak üzere çakma kazıklar imal edilmiştir. 218 mm çaplı, 10 m'lik çelik tüpler zemine çakıldıktan sonra her biri tasarım yükünün 1,5 katı (750 kN) ile yükleme deneyine tabi tutulmuştur. Kazıklar, 2x0,5 m kesitinde imal edilen göğüsleme kirişlerine öngermeli olarak bağlanmış, her bir kazık 7 adet ankraj demetiyle (1350 kN) kirişe sabitlenmiştir [34].



Resim 3.4. Estonya Tartu Üniversitesi'nde (a) kazık ve göğüsleme kiriş kesiti, (b) çürüten tarihi ahşap kazıkların yatağı, (c) göğüsleme kirişlerine bağlanan öngermeli ankraj demetleri [34]

3.3.3. Zemin iyileştirmesi

Mevcutta yapılmış yapıların temellerine müdahale her zaman mümkün olmayabilir. Özellikle de önem değeri yüksek ve müdahalelere karşı hassas olan tarihi yapılar için temel

bölgesinde çalışmak zor ve hassas bir iştir. Temel takviyesi, çalışma zorlukları olan riskli ve pahalı yöntemlerdir. Temellere müdahalenin zor olduğu durumlarda yapıyı taşıyan zemin için iyileştirme yapmak ve taşıma gücünü artırmak daha tercih edilebilir bir yöntemdir.

Uzun yıllar önce yapılmış olan tarihi yapı temelleri için oturmaların tamamlanmış olması beklenir. Durağan koşullar için oturmasını tamamlamış bu yapılar için stabilite sağlanmış olsa da deprem kuvvetleri altında zeminin stabilitesinin değişmesi mümkündür. Geoteknik bilimi açısından çok uzak olmayan bir geçmişte tanımlanabilmiş olan sıvılaşma faktörü tarihi yapılar için tehlike arzeden bir durumdur. Deprem etkisiyle yapı zeminindeki boşluk suyu basıncının artması ve zeminde taşıma gücü kayıplarının oluşması tarihi yapının stabilitesi açısından tehlikelidir. Yapı zemini için sıvılaşma potansiyeli mutlaka analiz edilmeli ve zemin iyileştirmeleri yapılmalıdır.

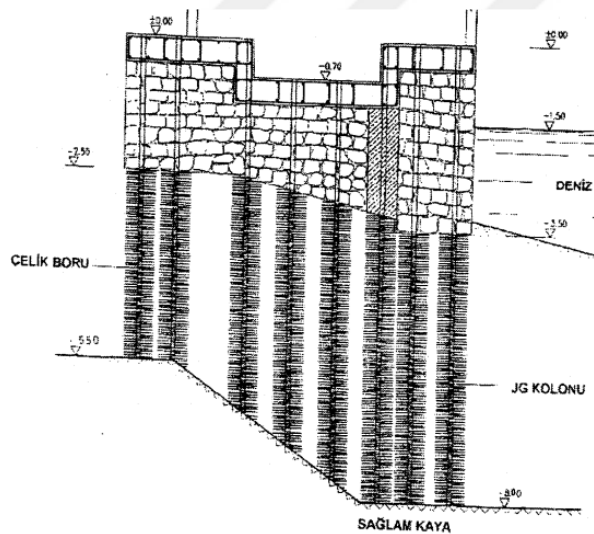
Değişen yeraltı su seviyesine ve yüzeysel sulara bağlı olarak zemin taşıma gücü değişti ise veya yapının restorasyonlar nedeniyle değişen ölü ve hareketli yük durumunu taşıyamayacak bir zemin profili varsa yine zemin iyileştirmesi uygulanmalıdır.

Zemin iyileştirmesinde kullanılan modern yöntemlerin çoğu tarihi yapılar için de kullanılabilir. Taş kolonlar, kum drenler, derin karıştırma yöntemleri, enjeksiyon (kompaksiyon, çatlatma, jet, kimyasal), geotekstil ve geosentetik donatı yöntemleri yapı zemin durumuna göre kullanılabilir. Bu metotlar uygulanmadan önce deneme imalatı yapılmalı, daha sonra mutlaka yapı ve zemin üzerinde etkileri ölçülerek kademe kademe uygulanmalıdır. Yapıda ve zeminde titreşimlere yol açacak yöntemler tarihi yapılar için kesinlikle kullanılamaz.

Enjeksiyon yöntemlerinde zemin danelerinin kenetlenmesi sağlanır, şekil değiştirme direnci artırılır ve böylece mukavemeti zemin-enjeksiyon karışımının özelliklerine bağlı olarak artar. Enjeksiyon malzemesi olarak kullanılan kil, puzolan, hidrolik kirecin yerini günümüzde iri taneli kumlarda asfalt emülsiyonu enjeksiyonu, dolgun kumlarda karpamit polimer enjeksiyonu, doymuş kumlarda ve lës zeminlerde cam suyu (sodyum silikat) enjeksiyonu gibi yöntemler kullanılmaya başlanmıştır [27].

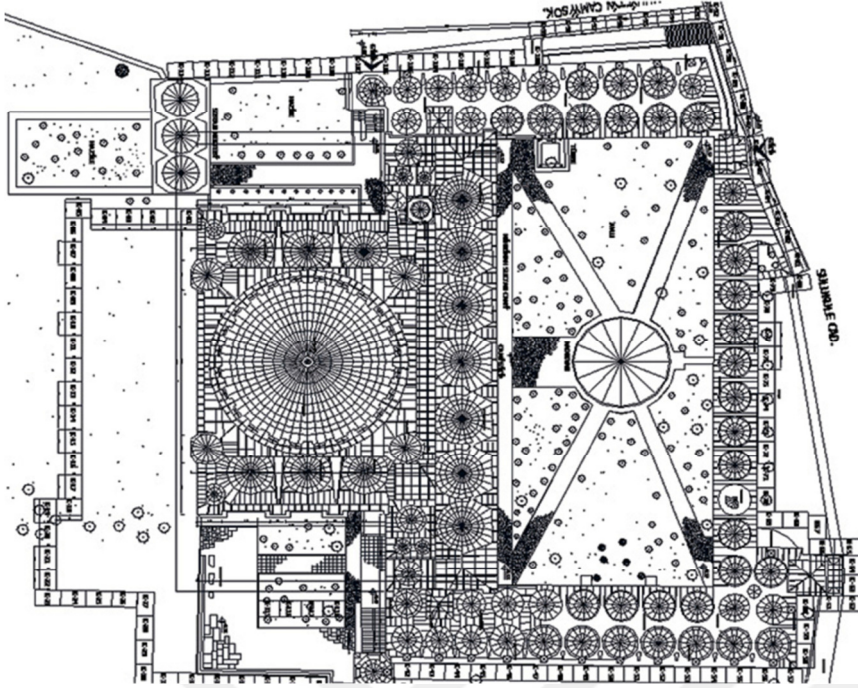
Temel zemininde yanal yayılmadan veya sıvılaşmadan dolayı bir taşıma gücü kaybı yaşıyorsa palplanş perdeleri ile zemini çevreleme etkisi sağlanır. Bu yöntem genelde kohezyonsuz zeminlerde tercih edilir. Kolon altı temellerde de dolgu (grouting) ve katılaştırma yöntemleri ile temel takviyesi, aynı zamanda sızdırmazlık özelliği de sağlar [26].

Üsküdar tarihi Fethi Ahmet Paşa Yalısı'nda jet grouting ile sızdırmazlık perdesi kullanılmıştır (Resim 3.5). Taşıyıcı duvarlarında oturmalar, dönmeler ve çatlaklar görülen yalı incelemeye alınmıştır. Temel yapısı duvar altı sömellerle oluşturulmuş yapının, dolgu tabakanın altında düşük plastisiteli kil, siltli kum ve killi kum tabakalara sahip olan bir zemin profiline sahip olduğu tespit edilmiştir. Rıhtım tarafı temel zemini ana karaya kadar jet grouting ile taşlaştırılmış bu şekilde aynı zamanda geçirimsizlik perdesi teşkil edilmiştir. Temel duvarlarına delikler açılmış buradan altına 9 mm et kalınlığına sahip boru ile donatılmış, 0,80 m çapında jet grout kolonları imal edilmiş, başlık kirişleriyle birbirine bağlanmıştır [2].



Resim 3.5. Fethi Ahmet Paşa Yalısı jet grout uygulaması [2]

Önemli eserlerimizden Edirnekapı Mihrimah Cami ise perde sistemiyle korumaya alınmıştır (Resim 3.6). 16.yy'daki Mimar Sinan eseri olan camii, 1999'da meydana gelen Kocaeli Depremi'nde taşıyıcı sistemi hasar almış, yapı doğu yönünde kaymaya başlamıştır. Yapılan etütler sonucu 7,20 m de taşıma gücü yüksek ayrılmış silttaş ve kil taşı tabakaları olduğu tespit edilmiştir. Kuyu temel sistemiyle avlu çevresinde cephe duvarları sağlam zemine 5 m giren 2 m kalınlığında bir perde sistemi inşa edilmiştir [35].



Resim 3.6. Mihrimah camii kuyu temel takviyesi [35]

Drenaj

Tüm yapılar için yapı, temel ve zemin stabilitesini etkileyen en önemli unsurlardan biri sudur. Yer altı su tablası, yüzeysel sular ve kapiler su için alınabilecek her önlem binanın hizmet ömrünü uzatır, stabilitesini korur. Yapının ve temelin sudan uzak tutulması, zeminin su içeriğinin ise kabul edilebilir seviyelerde tutulması önemlidir.

Genellikle yeraltı su tablasından beslenip, yapı elemanlarının kılcallarından yükselerek, bozulma, aşınma ve tuzlanmalara yol açan kapiler su, aynı zamanda yapının mevcut ağırlığını artırır ve zeminde fazladan gerilmelere yol açar. Yığma tarihi yapılarda taşıyıcı olan duvarlarda önemli taşıma gücü kayıplarına yol açar. Hem yüzey gerilmeleri hem de elektriksel kuvvetlerin etkisinde yükselen kapiler su için en iyi çözüm ise kaynağıyla bağlantısını kesmektir. Bunun için öncelikle, eğer mevcutsa, galerileri temizlemek ve çalışır hale getirmek önemli ölçüde iyileştirme sağlar [24, 26, 36].

İstanbul Anadolu Yakası'nda deniz kenarına inşa edilmiş olan Kuleli Askeri Lisesi'nin güçlendirme projesi sırasında sıvılaşma potansiyeli yüksek bir zemin tabakasına oturduğu tespit edilmiştir (Resim 3.7). Hidrolik kireçle imal edilen radye temellerinin altında belli bir eğimle denize doğru devam eden galerilere rastlanmıştır. Temel iyileştirmesi

kapsamında tıkanmış olan galeriler temizlenerek yapı, kapilarite etkisinden uzaklaştırılmıştır. Ayrıca çevresel suların galerilerden denize akışı esnasında oluşacak basıncı sönmek amacıyla hava bacaları oluşturulmasına karar verilmiştir. Sıvılaşmanın engellenmesi için temel alt kotundan itibaren en az 5 m derinlikli taş kolonlarla yapının çevrelenmesine karar verilmiştir [37].



Resim 3.7. Kuleli Askeri Lisesi'nde açılan araştırma çukuru ile bulunan galeri [37]

Temele sızan sular (yeraltı suyu, yağmur, sulama ve atık sular), ince taneleri yıkayarak zemin içinde boşluklara yol açabilir. Bu boşluklar ve oluşacak yerel göçmeler yapıdan gelen yüklerin zemine düzgün aktarılamamasına, dolayısıyla yapıda ek gerilmeler ve zorlanmalara sebep olur. Killi zeminlerde ise yüksek su emme kapasitesi nedeniyle, ağır olmayan yapılarda, şişmeye ve yapı temellerinde ters gerilmelere ve çatlaklara sebep olur. Aynı şekilde suya doymuş kil zeminin drene edilmesi ise büzölmeye ve yine ek gerilmelere sebep olacaktır [29, 37].

Tarihi yapılarda sığ temellerin yeterince derin olmaması donma-çözölme olaylarından zemin içindeki suyun ve dolayısıyla temellerin etkilenmesine, hasar almasına neden olmaktadır. Boşluklara sızan suyun donması ve çözölmesi durumlarında temellerde farklı ek gerilmeler oluşacak ve yapı zorlanacaktır. Temel çevresi drenajının uygun bir şekilde sağlanması üst yapı stabilitesini de korumaktadır.

Temele ve zemine sızan suların yapıya verdiği hasarın ölkemiz sınırlarında en gözlemlenebilir olduğu yapılardan biri Konya Alaeddin Camiidir. Selçuklu mimarisinin özelliklerini yansıtan en eski camii olan yapı, dolgu bir tepe üzerine, tekil kare temellerle

inşa edilmiştir. 1940'lı yıllardan itibaren çok çeşitli nedenlerle ıslanıp yumuşayan ve hacim değişikliklerine uğrayan zemin nedeniyle oturma ve çatlak sorunları yaşamış, tamiratlar geçirmiştir. Hem yüzeysel sular hem de zemine sızan sular için önlemler alınmış, güçlendirmelerin yanı sıra yeni bir drenaj sistemi yapılmış ve zemine çeşitli nedenlerle sızan çevresel sular kontrol altına alınmıştır [2, 14-16].

Zemin suyuyla ilgili bir başka önemli sorun ise sıvılaşmadır. Temiz kum ve silt zeminlerde, deprem esnasında boşluk suyu basıncı yükselir. Su deşarj olamazsa, zemin sıvı gibi davranır ve taşıma gücünü bir süre kaybeder. Bu durumu engellemek için zemin boşluklarını sudan uzak tutmak ya da deprem anında uygun drenaj imkânı sağlamak sıvılaşma riskini büyük ölçüde ortadan kaldırır. Bunun için çevresel drenaja ek olarak çakıl, kum ya da sentetik drenler sıvılaşmaya karşı kullanılabilir. Sıvılaşmaya müsait zemin gruplarında genelde birden fazla iyileştirme tekniği bir arada kullanılır [4, 27].

3.3.4. Temellerin sismik yalıtımı

Binalardaki sismik dayanım, yapısal elemanların güçlendirilmesiyle elde edilir. Bu güçlendirme; bağlantılı elemanlarını, güçlendirilmiş harç bağlantılarını, destek çerçevelerini, bağ kirişlerini, moment dirençli çerçeveleri, perde duvarlarını ve yatay diyaframları içerebilir. Ancak, standart geleneksel güçlendirme yöntemleri, binanın tarihi karakterine uygun şekilde tasarlanmışsa kullanılabilir. Bunlara ek olarak, sismik dayanım gereklilikleri sağlayabilmek için geleneksel bağlantı malzemelerinde daha yeni teknolojiler ve daha iyi tasarımlar bulunmaktadır.

Depremler, yer kabuğunun kaymasına neden olabilmektedirler. Bu durum, bir yapının temelini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Bu nedenle zeminin ve temel sistemlerinin analizi iyi yapılmalı ve gerekli olan zemine uygun yöntemler kullanılarak yapıların temel güvenliği sağlanmalıdır [38].

Yapı yükünün fazla, esnekliğinin çok düşük olduğu tarihi yapılar için deprem etkileri dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Yapının içinde güçlendirme adı altında değişiklikler yapmak, mimari ve mühendislik dokusuna zarar verir. Bu gibi durumlarda yapıyı depreme karşı güçlendirmek yerine, yapıyı, temel aracılığıyla yapıya iletilecek

deprem kuvvetlerinden mümkün olduğunca izole etmeye çalışmak tercih edilebilir iyi bir yaklaşımdır.

Günümüzde genel olarak kullanılmakta olan temel ayırıcı sistemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

- Kauçuk esaslı sistemler
 - ✓ Düşük sönümlü kauçuk mesnetler (LDRB)
 - ✓ Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler (HDRB)
 - ✓ Kurşun saplamalı kauçuk mesnetler (LRB)
- Kayıcı sistemler
 - ✓ Sürtünmeli sarkaç mesnetler (FPS)
 - ✓ Esnek sürtünmeli temel ayırıcı mesnetleri (RFBI)
- Yay tipi sistemler [38].

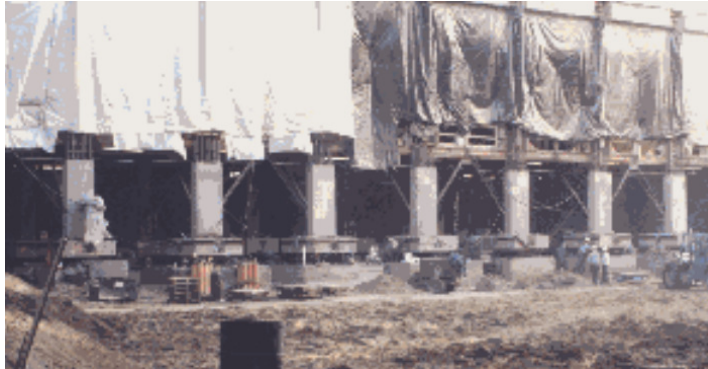
Kauçuk esaslı sistemler yüksek sönüm özelliğine sahip izolatörlerdir. Yatayda esnekler, ancak düşeyde rijittirler. Düşük ve yüksek sönümlü izolatörlerin alt ve üstünde iki çelik levha bulunmaktadır. Bu levhaların arasına ince tabaklar halinde kauçuklar dizilmiştir. İnce kauçukların arasında ise kauçuk deformasyonunu engellemek için ince çelik sac levhaları bulunmaktadır. Kurşun saplamalı kauçuk mesnetlerde ise benzer yapının ortasına kurşun saplama bulunmasıdır. Bu saplama enerjisi soğurarak yatay yer değiştirmeyi sınırlandırmak için kullanılmaktadır [38].

Kayıcı sistemlerde ise teflon ve paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Bu sistemlerden olan sürtünmeli sarkaç sistemi, kayma hareketini geri dönüş kuvvetiyle karşılayan izolasyon sistemidir. Sürtünmeli sarkaç mesnetleri paslanmaz çelikten bir küresel yüzey üzerinde hareket yeteneğine sahip mafsallı kaydırıcı içermektedirler. Bu kayıcıların kenarları düşük sürtünme katsayısına sahip kompozit malzemeler ile kaplıdır. Böylece, kayıcı küresel yüzey üzerinde hareket ettikçe geri dönüş kuvveti oluşmaktadır. Kayıcı ve küresel yüzey arasındaki sürtünme nedeniyle hareket sönümlenmektedir.

Yay tipi sistemleri üç boyutlu izolasyon gereksinimlerinde kullanılmaktadır. Sistemde helezonik çelik yaylar bulunmaktadır. Bu yaylar sönümlü olmadıklarından visko-sönümleyici ile birlikte kullanılırlar.

1894 yılında Utah'ta inşaa edilen The Salt Lake City and Country binası, temel ayırıcı sistem kullanılmış ilk tarihi yapılardan biri özelliğini taşımaktadır. Bina $80 \times 40 \text{ m}^2$ alana yerleşen beş katlı ana bina ve 4 m^2 alana oturmuş 78 m yüksekliğinde 12 katlı saat kulesinden oluşmaktadır. Başlangıçta, binanın üzerinde Ticaret, Özgürlük, Adalet ve Columbia'yı gösteren heykelleri bulunmaktaydı. Ancak, 1934 depreminden sonra bu heykeller kaldırılmış 1989 yılında yenileme ve onarımdan sonra yeniden yerleştirilmişlerdir. Deprem hasarlarından korunmak için zayıf kumtaşı içeren yapı zeminine taban izolasyonu uygulanmıştır. Binanın temel sistemi ile yapı arasına 447 adet elastomerik mesnet yerleştirilerek temel izolasyonu yapılmıştır. Dış duvarlarının altına ise 30 adet kurşun gövdeli kauçuk yerleştirilmiştir [38, 39].

1906 San Francisco depreminden kurtulan tek bina olan Birleşik Devletler İstinaf Mahkemesi, 1897-1905 yılları arasında yapılmıştır. 1989 yılındaki büyük bir depremde ciddi hasar almıştır. Dış yapısı işlenmiş granit taşlardan oluşmaktadır. İçyapısı oyulmuş mermerler, gürgen ve dekoratif alçılardan oluşmaktadır. 1996 yılında sismik güçlendirilmesi tamamlanan bu binada 256 adet sürtünmeli sarkaç mesnet kullanılmıştır (Resim 3.8) [39].



Resim 3.8. İstinaf Mahkemesi sürtünmeli sarkaç uygulaması-ABD [39]

13.yy yapısı olan Qusun Minaresi için de taban izolasyonu düşünülmüştür. Memlük Mimarisi özelliklerini taşıyan yapı, kireçtaşı zemine oturmaktadır. Yapılan araştırmalarda, Mısır'daki tarihi yapılar içinde depreme karşı en zayıf olanların Memlük Dönemine ait olduğu saptanmış, bu nedenle antik cami de depreme karşı güçlendirilmeye karar verilmiştir. Esneklik ve sönümleme parametrelerini arttırmak için temel izolasyonu olarak yüksek yoğunluklu kauçuk (High Density Rubber-HDR) taşıyıcı seçilmiş ve bununla ilgili analiz çalışmaları yapılmıştır. Çalışmaya göre, 21 adet 1000 kN kapasiteli HDR taşıyıcı

kullanılarak minarenin depreme karşı güçlendirilmesi düşünülmüştür. Devrilmeye karşı stabilizasyon içinse dört adet 50 mm çapında dikey çelik bağlantı çubukları ile minare temele bağlanmıştır [40].

Pek çok nedenlerle yıpranması, hasar alması ya da yapıdaki yük artışları nedeniye onarım ve güçlendirme yapılacak yapı temellerinin boyut, malzeme ve deformasyon ölçümleri ile zemin parametrelerinin saptanması çok önemlidir. Yapıya, yapıdan gelen yüklere ve oturduğu zemine uygun güçlendirme yöntemini ya da yöntemlerini belirlemek gerekir. Söz konusu tarihi yapılar olduğunda ise yapılacak müdahalelerin yapıda en az değişikliği gerektiren, uygun şartlarda değiştirme veya iptal edilebilmesi mümkün olan çalışmalar tercih edilmelidir. Mümkün olduğu kadar özgün temellere ve malzemeye sadık kalınmalı, yeterli olmayan durumlarda uygun modern yöntemlere başvurulmalıdır. Ayrıca temel sistemine müdahale edilirken tarihi üst yapının hasar almaması için gereken önlemler alınmalı, tüm ölçümler yapılmalıdır.

4. GAZİ MUSTAFA KEMAL PAŞA MUALLİM MEKTEBİ

Cumhuriyet tarihimizin ilk eserlerinden birisi olan Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi hem tarihi hem de mimarlık kimliği açısından önemli bir yapıdır. Zaman içinde bazı küçük tadilatlar geçirmesine rağmen yapıldığı günden bugüne hizmet vermeye devam etmiştir. Yapının korunumu ve daha iyi hizmet vermesi için en son yapılan müdahale ise 2013 yılında yapılan drenaj çalışmasıdır.

4.1. Tarihçe

İlk muallim mektebi olan “Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi”, Atatürk’ün emriyle 8 Ağustos 1927 tarihinde Atatürk Orman Çiftliği’nden ayrılan arazide temeli atılarak yapımına başlanmıştır. Mimarı, 1. Milli Mimarlık Dönemi’nin önemli isimlerinden Mimar Kemalettin’dir. Mimar Kemalettin’in ölümüyle birlikte yabancı mimarlara devredilen ve özgün projesinde birçok değişiklik yapılan mektebin inşaatı 3 yıl sürmüştür. 1930 da “Gazi İlk Muallim Mektebi” adıyla genç Cumhuriyete öğretmenler yetiştirmek için hizmet vermeye başlamış ve benzer oluşumlara da örnek teşkil etmiştir. Okul, 1940’lı yıllarda “Gazi Eğitim Enstitüsü” haline getirilmiştir. 1984 yılında Kültür ve Turizm Bakanlığı Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Yüksek Kurulu’nun 408 nolu kararıyla, Gazi Üniversitesi’ne rektörlük binası olarak devredilmiştir. Yapı halen, Gazi Üniversitesi Rektörlük Binası olarak kullanılmaktadır. Uzun yıllar Gazi Eğitim Fakültesi Dekanlığı’nı da bünyesinde bulundurarak kuruluş amacına uygun hizmet etmiştir. Tarihi binada, rektörlük makamı ve ofisleri, Gazi Resim-Heykel Müzesi ve laboratuvarları ile Mimar Kemalettin (Toplantı) Salonu bulunmaktadır [41].

4.2. Yapısal Özellikleri

Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi iki yönlü şerit temeller üzerine betonarme karkas olarak inşa edilmiştir. Bodrumla birlikte 4 kat olan yapının orta cephesi 5 kattır (Şekil 4.1 ve 4.2).



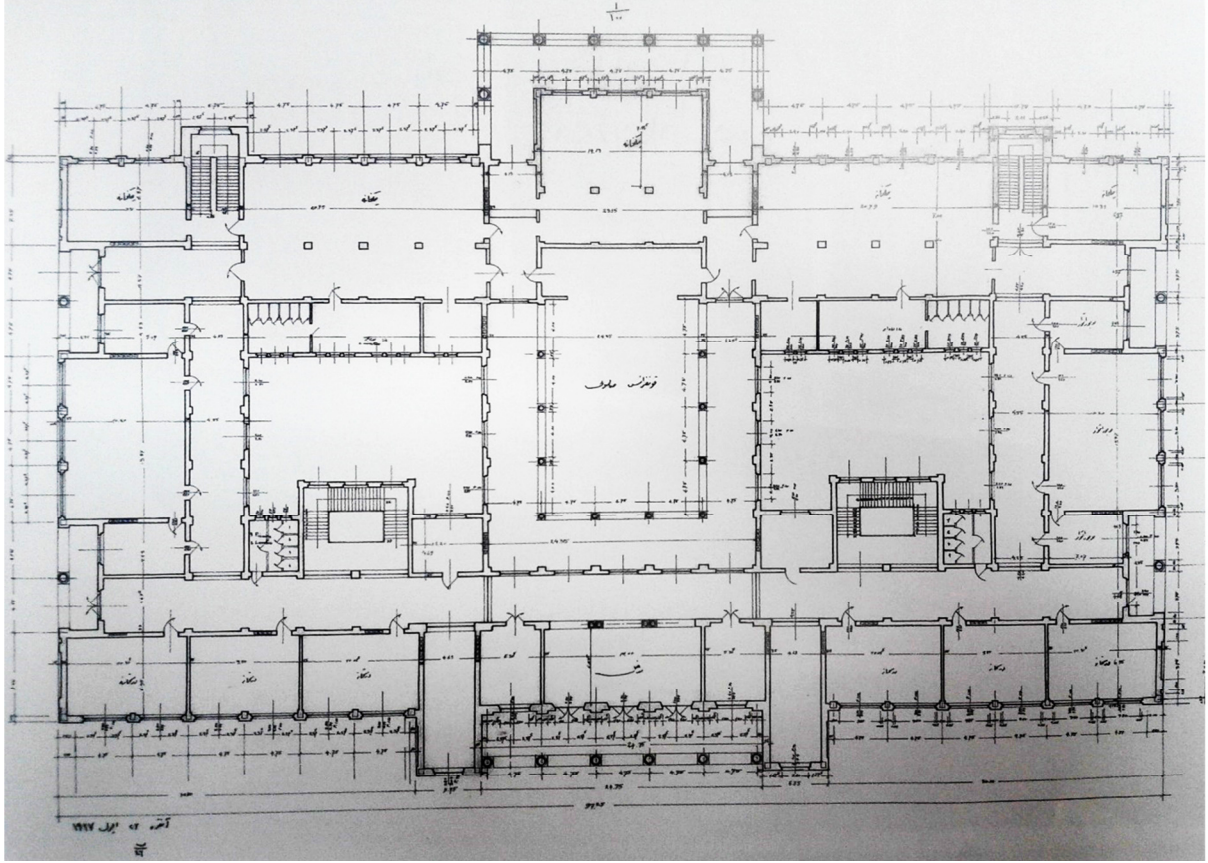
Resim 4.1. Gazi Muallim Enstitüsü 1932 [41]



Resim 4.2. Gazi Üniversitesi Rektörlük binası günümüzdeki görünümü [41]

Orta cephenin üzerinde kubbeli bir gözlemevi mevcuttur. Giriş yönü doğrultusunda tamamen simetrik olan yapının her kanadında 2 olmak üzere 4 adet merdiven bölgesi vardır. Hem ön hem de arka cephede, yapının orta kısmı çıkık olarak tasarlanmıştır. Ana girişte 5 adet sivri kemerli yüksek bir revak ve üzerinde kapalı bir balkon mevcuttur. Giriş holünün karşısında balkonlu bir toplantı salonu bulunmaktadır (Resim 4.3). Gazi eğitim enstitüsü olarak kullanıldığı dönemde binada toplantı salonu, derslikler, laboratuvarlar, yemekhaneler, ofisler, kütüphane, resim ve müzik atölyeleri, çamaşırhane, mutfak,

lavabolar, duş ve yatakhanelerin olduğu bilinmektedir. Bodrum katında ve toplantı salonunun hemen altında ise ısı merkezi yer almaktadır [41-43].



Resim 4.3. Ankara Gazi Eğitim Enstitüsü giriş kat planı [42]

Yapının tarihi eser olması, mimarının yapımdan önce hayatını kaybetmiş olması, görevi devralan yabancı mimarların orijinal proje üzerinde bazı değişiklikler yapmış olması nedeniyle yapıyla ilgili yeterli ve güvenilir bilgi bulunmamaktadır.

4.3. Zemin Özellikleri

Gazi Muallim Mektebinin bulunduğu, Ankara İli Yenimahalle ilçesinin genel jeolojik yapısı ele alındığında özellikle kazı yapılacak derinlikler, genç kuvaterner, alüvyal, yüksek tasman kabiliyetli ve taşıma gücü sorunları oluşturabilen yüksek plastisiteli siltli kil, plastisitesi düşük veya orta kumlu siltli kil, ince kumlu veya in organik siltli kil, kötü derecelenmiş siltli veya çakıllı kum malzemelerinden oluşmaktadır (Şekil 4.1) [44].

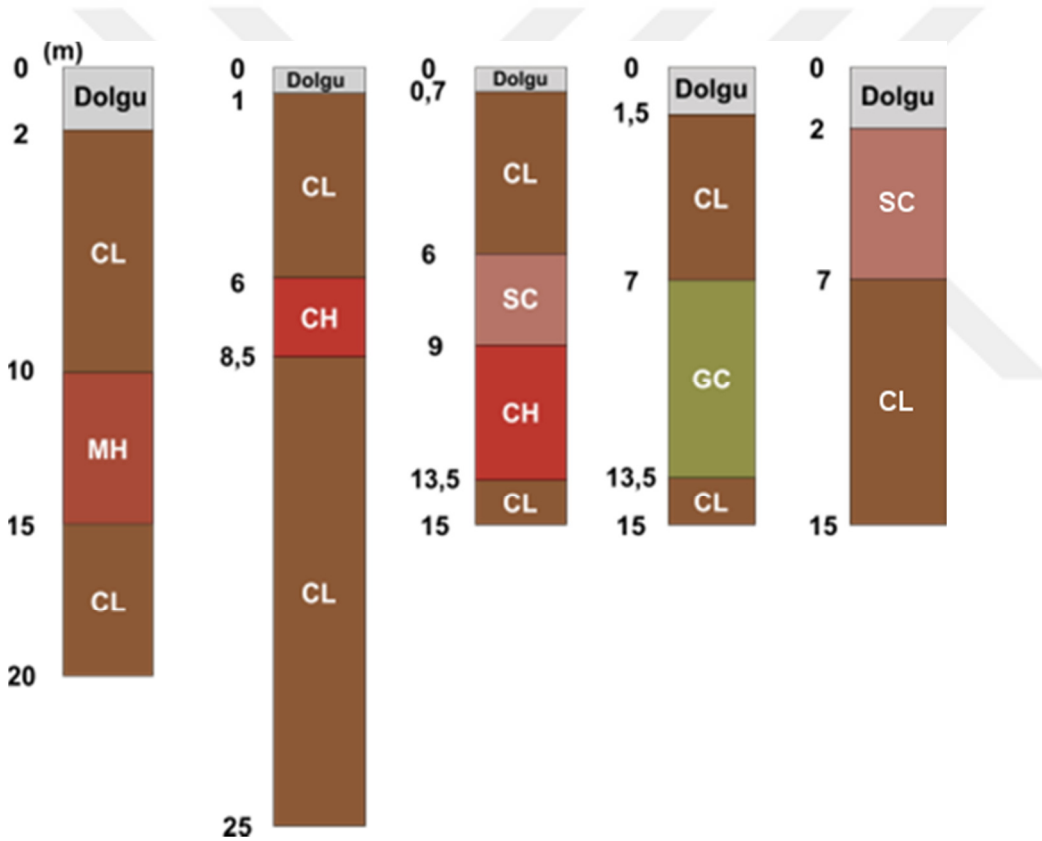
Eratem Era	Sistem Peryot	Seri Epok	LİTOLOJİK SİMGE	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	Kuvaterner			Alüvyon (çakıl, kum,silt)	
	Tersiyer	Neojen	Pliyosen	Üst	Gevşek çimentolu konglomera, kırmızı renkli kumlu , siltli kil, kireç yumrulu kırmızı killer
			Pliyosen	Alt	Pembe renkli marn ve killere karışık lav çakılları ve tüfler
		Miyosen	Üst	Silisli, killi gölsel kireçtaşları, marn, kilaşı, konglomera, andezit, bazalt, aglomera ve tüfler	
			Miyosen	Alt	Konglomera, kumtaşı, marn, jips
		Paleojen	Eosen	Bol fosilli kumlu kireçtaşları ve kumtaşları	
			Paleosen	Filiş (konglomera, kumtaşı, silttaşı,marn, kireçtaşı)	
			MESOZOYİK	Kretase	Üst
	Alt	Ofiyolitli melanj, (serpantin, radyolarit, sipilit,bazalt, diyabazkireçtaşı, kumtaşı, çamurtaşı,marn, çakmak taşı, gabro ve olistostromlar)			
	Jura	Üst		Marm	Ammonitli kireçtaşı, silisli- kumlu- killi kireçtaşları ve plaket yumrulu kireçtaşları
Orta		Dogger			
Triyas		Alt		Liyas	Taban konglomerası, kumtaşı, silttaşı ve fosilli kalkarenitler
		PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer		Karışık (Bloklu) Seri : Yastık yapılı sipilit-bazalt blokları, Permo-Karbonifer ve Triyas yaşlı kireçtaşı blokları içere grovak ve meta-grovaklar
	Epimetamorfik şistler (fillit, grafitşist, mikaşist, kloritşist, kuvarsit)				

Şekil 4.1. Ankara iline ait genelleştirilmiş ölçeksiz stratigrafik dikme kesit (MTA) [44]

Çalışma yapılan bölge, Ankara ili ve çevresinde görülen, Ankara Kili olarak adlandırılan kızıl-kahve, kahve renklerde yer yer çakıl ve kireç içeren gevşek tortul birimlerden oluşmaktadır. Zemin sınıflaması olarak genelde yüksek plastisiteli kil (CH), inorganik kil (OH) ve yüksek plastisiteli silt (MH) grubundandır ve normal aktif killer grubuna girmektedir. Ankara Kili'nin en önemli özelliklerinden biri içeriğindeki montmorillonitte sınıfı kil mineralleri nedeniyle yüksek şişme potansiyeline sahip olmasıdır. Yaklaşık 12 m derinliğe kadar ortalama 3 kg/cm² düzeyinde ön konsolidasyon basıncı göstermekte, daha derinlerde ise normal konsolide kil davranışı kazanmaktadır. Bu tür sert, aşırı konsolide

killerde taşıma problemleri daha az görülmekle birlikte kazı işlerinde şişme potansiyeli daha kritik bir problem oluşturmaktadır [44-46].

Gazi rektörlük binası drenaj kazısı için zemin etüt çalışması yapılmamıştır. Analizlerimizde aynı kampüs içinde Teknoloji Fakültesi inşaatı için yapılmış sondaj raporlarından faydalanılmıştır. Sondajlar, 5 ayrı noktada 15-15-15-20-25 m olarak toplam 90 m yapılmış, UD ve SPT numuneleri alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde laboratuvar testleri yapılmıştır. Zemin profili, 0,7 ila 2 m'lik dolgu tabakanın altında genelde yüksek plastisiteli killi silt, düşük ve yüksek plastisiteli siltli kil katmanlarından oluştuğu tespit edilmiştir. Bunun yanında çakıllı kumlu kil ve kumlu kil katmanları da mevcuttur.



Şekil 4.2. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi sondaj profilleri

Zeminin içsel sürtünme açısı 4° - 11° arasında, kohezyon değerleri $0,186$ - $0,800$ kgf/cm^2 arasında, tabii birim hacim ağırlıklar ise $1,84$ - $1,93$ gr/cm^3 arasında değişmektedir. Sondaj logu boyunca serbest yeraltı su seviyesine rastlanmamış, sadece tek sondaj kuyusunda -17 m seviyesinde sızıntı suya rastlanmıştır [47].

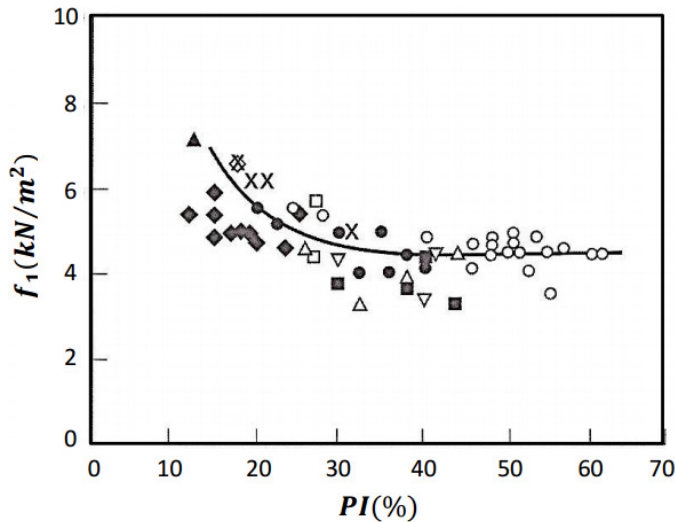
SPT-N darbe sayılarının yüksek olması sıvılaşma riskinin olmadığını ortaya koymuştur.

Yapının 89 yıl önce yapıldığı düşünüldüğünde oturmaların tamamlandığı kabul edilmiştir. Zemin profilinin çeşitli özellikteki killerden oluştuğu göz önüne alınarak içsel sürtünme açısı hesaplamalarda 0 olarak alınmıştır. Kohezyon değerleri ise gerçeğe daha yakın sonuçlara ulaşmak açısından SPT korelasyonları esas alınarak hesaplanmıştır. Stroud (1974)'un $SPT-N_{60} / c_u$ korelasyonu kullanılmıştır. Buna göre; temel seviyesinde en düşük SPT- N değeri 24 ve tij uzunluğu düzeltmesi $C_R = 0,85$ olmak üzere, kil numune için [48];

$$\begin{aligned} N_{60} &= 0,75 \times C_R \times N_{arazi} \\ &= 0,75 \times 0,85 \times 24 = 15,3 \end{aligned} \quad (4.1)$$

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi zemin etüt raporu verilerine göre temel derinliği seviyesindeki numunelerin plastisite indeksi $I_p = 13,6 - 20,1(\%)$ aralığında değişmektedir. İndekse bağlı olarak Şekil 4.3'den yaklaşık $f_1 = 5,5 \text{ kN/m}^2$ olarak alınır. Buna göre drenajsız kayma mukavemeti [48-49];

$$c_u = f_1 \times N_{60} = 5,5 \times 15,3 = 84,15 \text{ kN/m}^2 \quad (4.2)$$



Şekil 4.3. $PI-f_1$ korelasyonu

Taban emniyet gerilmesi hesabı:

Sığ temellerin taşıma gücünün hesaplanmasında en yaygın olarak kullanılan Terzaghi'nin formülü aşağıdaki şekilde verilmiştir:

$$q_{net} = K_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + K_2 \cdot N_\gamma \cdot B \cdot \gamma_2 \quad (4.3)$$

Burada, q_{net} net taşıma gücü (kN/m^2), q_{emn} emniyetli taşıma gücü (kN/m^2), c kohezyon (kN/m^2), B temel genişliği (m), D_f temel derinliği (m), γ tabii birim hacim ağırlığı (kg/m^3), $K_{1,2}$ temelin taban şekline bağlı katsayılar, N_c, N_q, N_γ temelin taban alanındaki zeminin kayma mukavemeti açısına bağlı taşıma gücüdür ve şerit temel olarak $B = 2,4 \text{ m}$, $D_f = 2,35 \text{ m}$ 'dir. Mevcut SPT değerleri ve Ankara kilinin karakteristik özellikleri göz önünde bulundurularak $\phi = 0^\circ$ ve $c = 84,15 \text{ kN/m}^2$ olarak alınmıştır.

En kritik veriler için;

$$\begin{aligned} q_{net} &= 1 \times 84,15 \times 5,7 + 18,4 \times 2,35 \times 1 + 0,5 \times 0 \times 2,4 \times 18,4 \\ &= 522,895 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

sonucu elde edilir.

$$q_{emn} = \frac{q_{net}}{FS} \quad (FS = 3) \quad (4.4)$$

Böylece, $q_{emn} = 174,98 \text{ kN/m}^2$ olarak elde edilir.

4.4. GMM Drenaj Çalışması

Gazi Üniversitesi Rektörlük Binasında, temel altına sızan ve bodrum kat duvarları tarafından emilen suların yapıya zarar vermemesi için 2013 yılında yağmur suyu ve yüzeysel sulardan koruma amaçlı taban drenajı çalışması yapılmıştır. Yapının doğu, kuzey-doğu ve güney-doğu cepheleri 2 m genişliğinde ve 2 m derinliğinde binaya sıfır olarak kazılmış, temel altı seviyesine inilmiştir. Hasır donatılı 10 cm kalınlığında betonarme duvarlarla drenaj çukurunun stabilitesi sağlanmış, drenaj elemanları çukur boyunca yerleştirilip rögar sistemine bağlanmıştır (Resim 4.4).



(a)



(b)



(c)

Resim 4.4. Drenaj çalışması kazısı, (a) doğu, (b) kuzey-doğu ve (c) güney-doğu cepheleri

5. SAYISAL MODELLEME VE ANALİZ

Geoteknik mühendisliğinde, çalışmaların ve yapım süreçlerinin gelişimlerinde deformasyon ve stabilizasyon tespiti için teorik olarak birçok hesaplama yöntemleri kullanılır. Geoteknik çalışmaların modellenmesi yapılırken modellemelerin hızlı ve doğru olması için bilgisayar ortamında hesaplanmaları ve değerlendirilmeleri yapılmaktadır. Bilgisayar sistemleri sayısal değerler ile çalıştıklarından teorik hesaplama yöntemlerinin sayısal yöntemlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Teorik hesaplamaların temelini sonlu elemanlar yöntemi oluşturmaktadır.

5.1. Plaxis Yazılımı

Plaxis (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis), geoteknik problemleri sonlu elemanlar yöntemi ile çözmeye yarayan, deformasyon, stabilite, dinamik analizlerini zamana bağlı olarak çözümlemeler yapabilen bir ticari bilgisayar benzetim yazılımıdır.

Plaxis 2D ile zemin, otomatik olarak birbirinden bağımsız üçgen elemanlara bölünür. Program; çıktıların görselleştirilmesine, her bir zemin elemanın gerilme ve deformasyon sonuçlarını ayrıntılı elde edilmesine, zemin ve yapı etkileşimlerinin kolayca kontrol edilmesine olanak tanımaktadır.

Her bir çalışma kademeli olarak tanımlanabilir. Çalışmaların ayrı fazlarda tanımlanması, yapım ve hafriyat esnasında gelişecek durumların da gözlenmesine ve zamana dayalı gerçekçi bir analiz yapılabilmesine imkân verir.

Kullanılan bu benzetim yazılımı, çok fazlı bir malzeme olan zemin içinde çalışma yapılırken boşluk suyu basınç değişimlerinin de mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Kolay kullanım ve gerçeğe yakın modelleme ile güvenilir ve ayrıntılı analiz için imkân sağlamaktadır [50-51].

Özellikle tünel inşaatları, dolgularda konsolidasyon analizi, kazı işleri çevresinde zemin deformasyonları, değişken su seviyeleri etkisinde baraj stabilitesi gibi pek çok karmaşık geoteknik problemlerinde Plaxis benzetim yazılımı kullanılmaktadır.

5.2. GMM Drenaj Çalışması Modellemesi

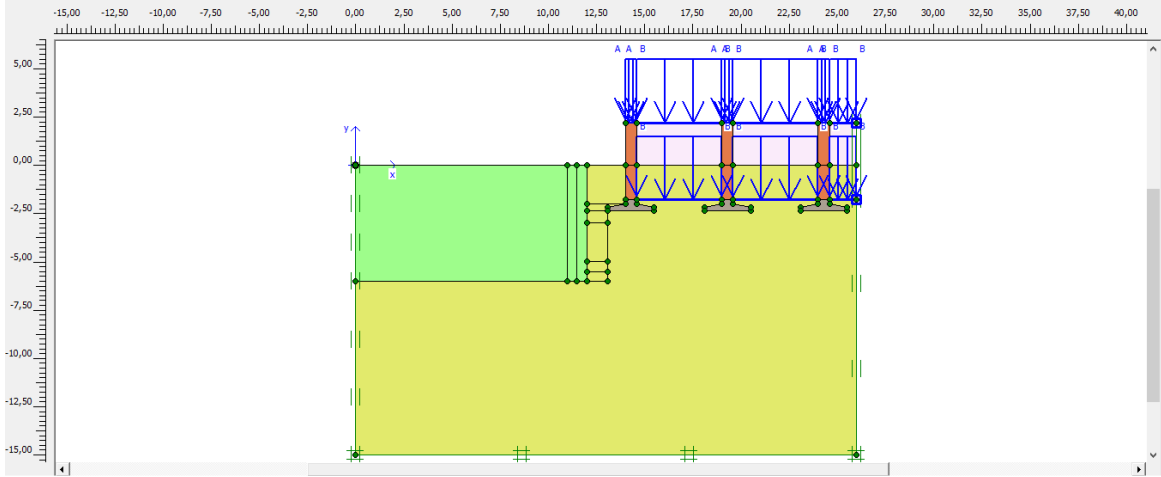
Gazi Üniversitesi Rektörlük Binasına, temel altına sızan ve bodrum kat duvarları tarafından emilen suların yapıya zarar vermemesi için 2013 yılında yağmur suyu ve yüzeysel sulardan koruma amaçlı taban drenajı çalışması yapılmıştır. Yapının doğu, kuzey-doğu ve güney-doğu cepheleri 2 m genişliğinde ve 2 m derinliğinde binaya sıfır olarak kazılmış, temel altı seviyesine inilmiştir.

Analizlerimizde gerçekte yapılan kazının profilinin yanında farklı derinlikte, genişlikte ve farklı zemin profilinde yapılabilecek kazı senaryoları da analiz edilmiştir.

Yapı altındaki zemin Plaxis 2D yazılımına göre modellenmiş, malzemeler Mohr-Coulomb zemin modellemesine göre tanımlanmıştır. Malzeme özellikleri Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Binası Zemin Etüt Raporu'na göre tanımlanmıştır. En kritik sonuçlar veren malzeme özellikleri seçilmiş ve Ankara kili davranışı da göz önüne alınarak analizler yapılmıştır.

Başlangıç geometrisi için yapının doğu-batı doğrultusunda 3 adet sürekli temel kesiti, bodrum kat taşıyıcı duvarları zemin kat ve birinci kat döşemeleri ile kazı profili tanımlanmıştır (Şekil 5.1). Birinci katın üzerinde kalan kısım taşıyıcı duvarlar üzerinde yayılı yük olarak tanımlanmıştır. Döşemelerin tamamı için yük değeri kendi ağırlığıyla birlikte $6,5 \text{ kN/m}^2$, birinci ve üzeri katların taşıyıcı duvarların tamamı için yük değeri 300 kN/m^2 olarak tanımlanmıştır.

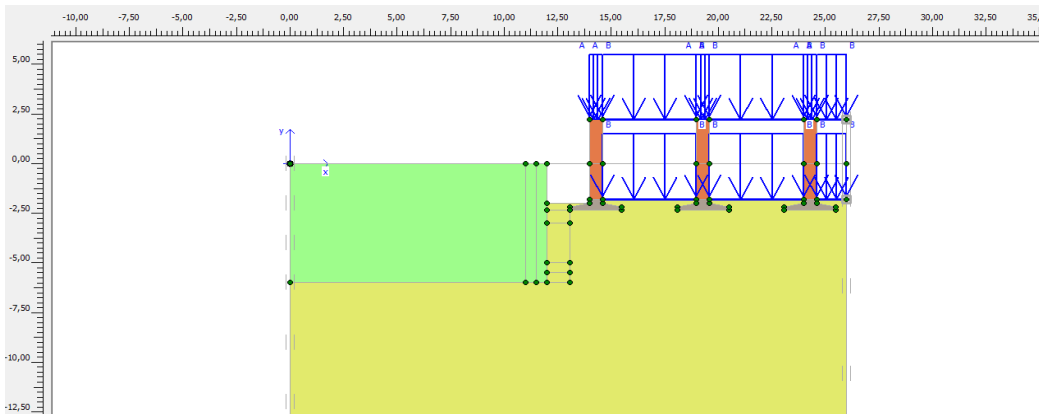
Zemin özellikleri temel altı zeminin deformasyonlarının daha iyi gözlenmesi için iki farklı şekilde tanımlanmıştır. Kazı alanı ve temel altı zemin Mohr-Coulomb zemin modeline göre tanımlanmıştır. Yapılan kazının tarihi yapı temellerine olan etkisinin analiz edilebilmesi, kazının diğer yanında kalan bölgenin yapı alanından önce yenilmemesi için bu bölge lineer elastik olarak tanımlanmıştır. Laboratuvar analizlerinde de düşük ve yüksek plastisiteli kil olarak tespit edilen zemin özellikleri, SPT sonuçları ve Ankara kilinin karakteristikleri göz önüne alınarak; elastisite modülü (E) 50.000 kN/m^2 , kohezyon değeri (c) $84,15 \text{ kN/m}^2$, içsel sürtünme açısı (ϕ) 0° , birim hacim ağırlığı (γ) $18,4 \text{ kN/m}^3$ olarak seçilmiştir [45-47].



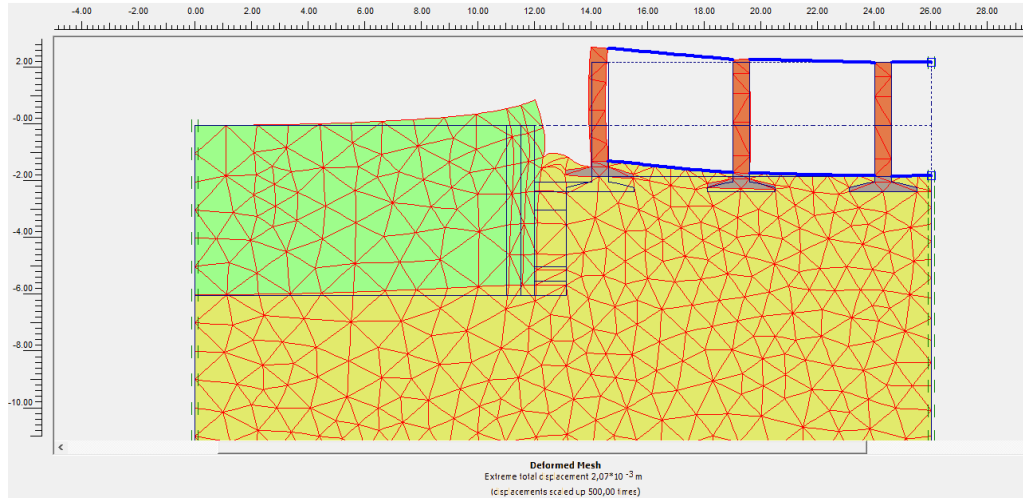
Şekil 5.1. Başlangıç geometrisi

Bodrum katında kullanılan taşıyıcı andezit duvarlar için birim hacim ağırlığı 22 kN/m^3 , elastisite modülü $4.000.000 \text{ kN/m}^2$ olarak; betonarme temelin birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 , elastisite modülü $20.000.000 \text{ kN/m}^2$ olarak seçilmiştir.

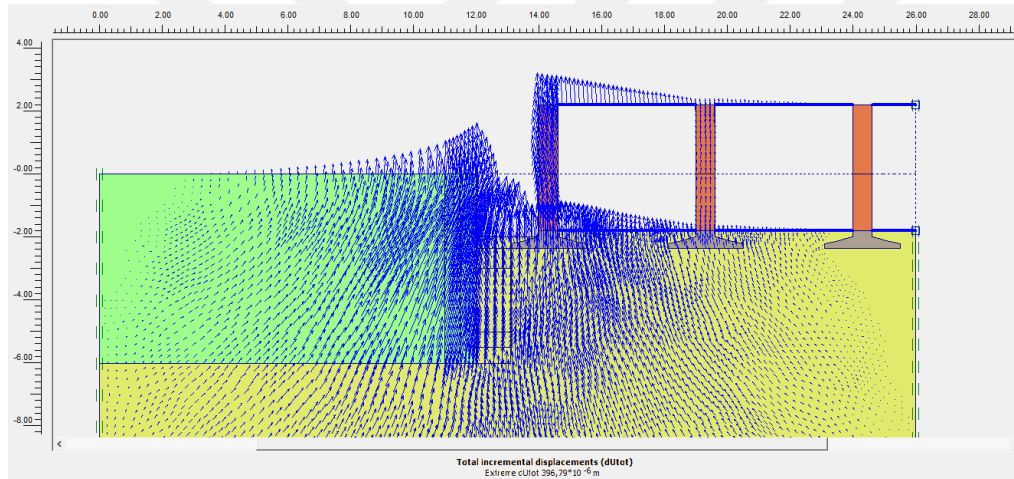
Yapılan kazı çalışması ve farklı kazı senaryoları için analizler yapılmıştır. İlk yapılan analiz yapının gerçek kazı analizidir ve yapı duvarından 2 m uzaklıkta ve zemin üst kotundan 2 m derinliktedir (Şekil 5.2 ve 5.3). Yapılan kazının zemine ve yapıya önemli bir etkisi olmamıştır. Kazı ile birlikte Ankara kilinin özelliğine uygun olarak zeminde az miktarda şişme oluşmuş, yapı temellerinin yukarı yönde zorlandığı görülmüştür. Temelin en uç noktasında yukarı ve yana yer değiştirme miktarı 1,2 mm olmuştur. Olası göçme mekanizmasının kazı tabanının şişerek temeli yukarı yönlü itmesi ile olacağı gözlenmiştir (Şekil 5.4). En büyük deplasman ise kazı tabanında ve duvarında olmuştur (Şekil 5.5).



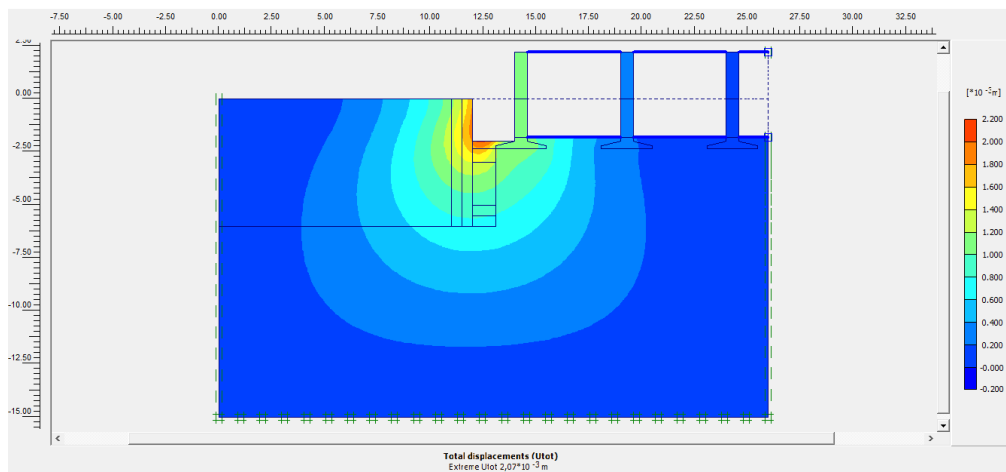
Şekil 5.2. Gerçek kazı benzetimi



Şekil 5.3. Gerçek kazı durumunda deformasyona uğramış birim elemanlar ağı (500 kez büyütülmüş deformasyonlar)

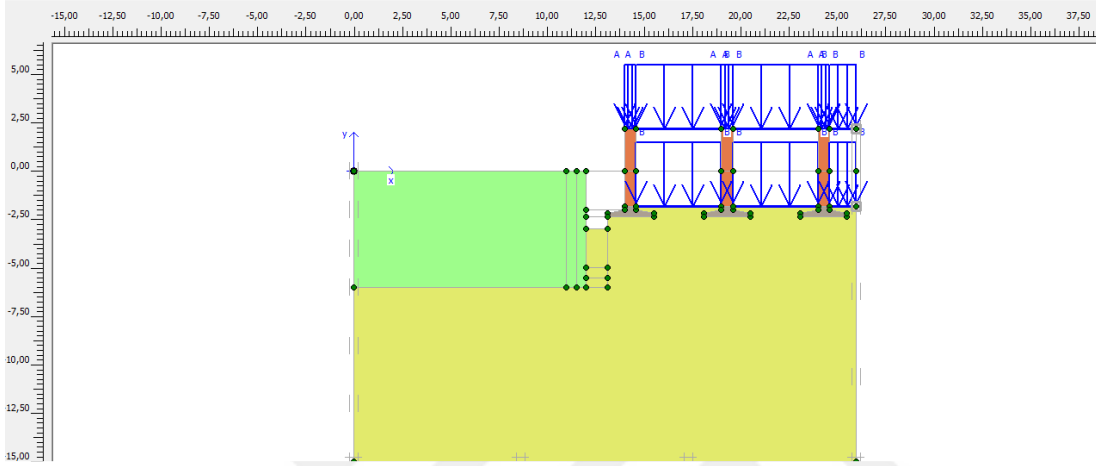


Şekil 5.4. Gerçek kazı toplam deformasyon artışları



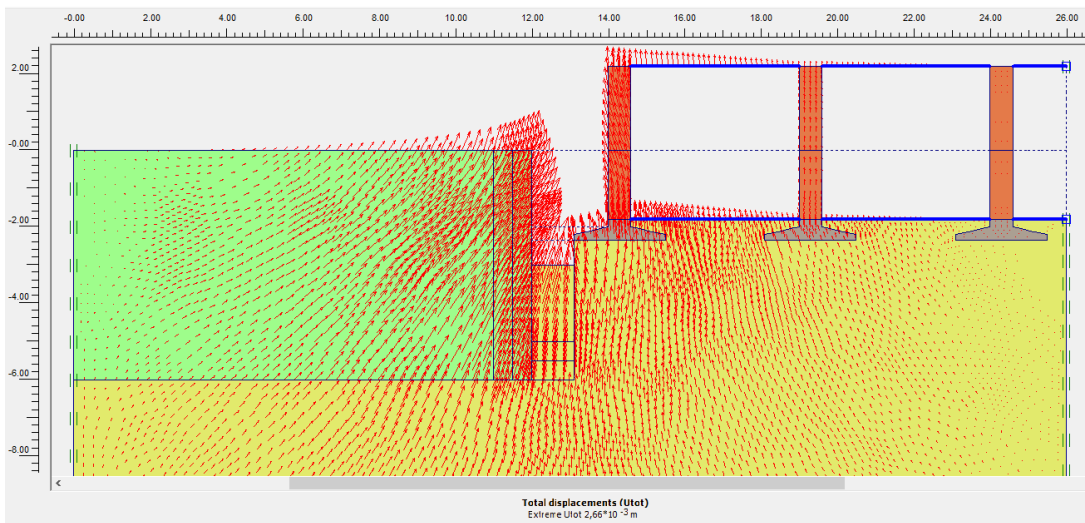
Şekil 5.5. Gerçek kazı için toplam deformasyon dağılımı

Sonraki adımda (faz 2) kazı temel kotunun altına, zemin üst kotundan 3 m derinliğe kadar devam edilmiştir (Şekil 5.7). Zeminde az miktarda şişme oluşmuş, yapı temellerinin bu durumda da yukarı yönde zorlandığı, yukarı ve yana doğru 1,01 mm deplasman yaptığı gözlenmiştir. En büyük deformasyon kazı tabanında ve duvarında gerçekleşmiştir (Şekil 5.8).



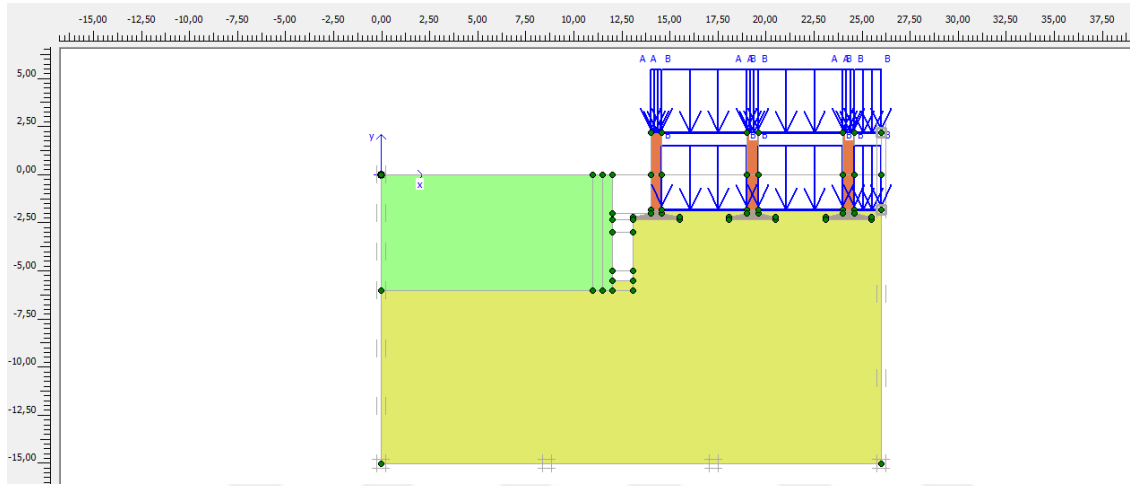
Şekil 5.7. Faz 2 kazı benzetimi

Zemin profili olarak seçilen Ankara kili yüksek şişme potansiyeli olan bir yapıya sahiptir. Arazideki su muhtevası şartlarında, kazı gerçekleşmeden önce zemin tabakalarının şişme basıncı ile örtü yükü dengededir. Kazı ile örtü yükünün kalkması sonucu kuvvetlerin dengesi bozulur ve şişme basıncının etkisiyle zeminde bir miktar şişme oluşur. Ankara kilinde $0,51-1,28 \text{ kg/cm}^2$ arasında şişme basıncı görülebilmektedir [46].

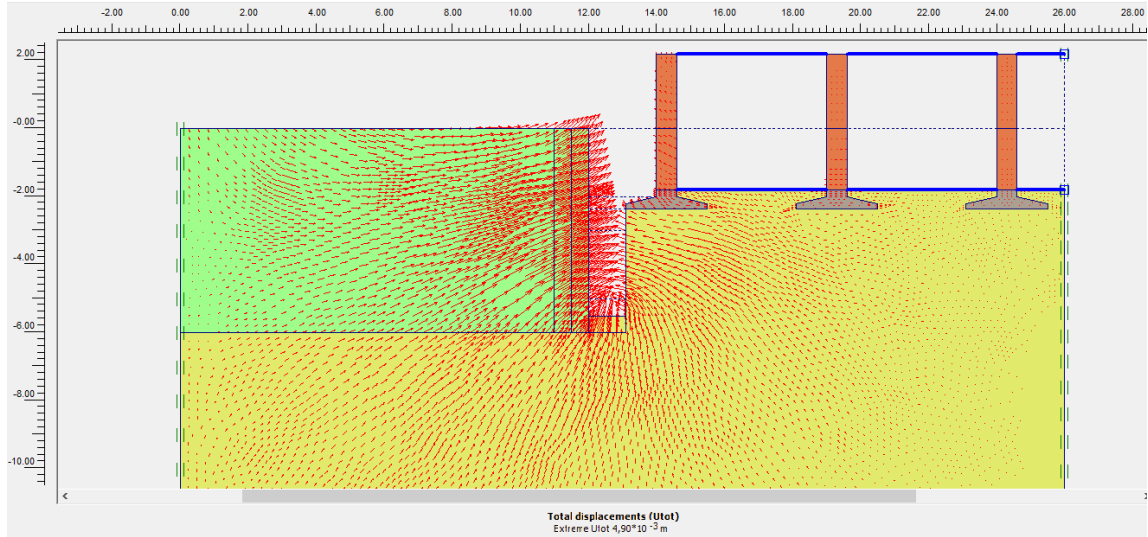


Şekil 5.8. Faz 2 toplam deplasmanlar

Sonraki adımlarda zemin üst kotundan 5,5 (faz 3) ve 6 (faz 4) m derinliklerine kadar kazıya devam edilmiştir. 5,5 m derinliğindeki kazı profilinde; kazı tabanındaki şişme artarken ve yapı temellerinin yukarı yönde zorlanması çok azalmış, temel deplasmanı kazı tarafında 0,66 mm olmuştur. Kazı tabanındaki şişme 3,64 mm'dir (Şekil 5.9 ve 5.10). En büyük deformasyon kazı dış duvarında oluşmuş, ancak buradaki malzeme lineer elastik olarak tanımlandığı için yapılan analizde bir göçme oluşmamıştır.



Şekil 5.9. Faz 3 kazı benzetimi

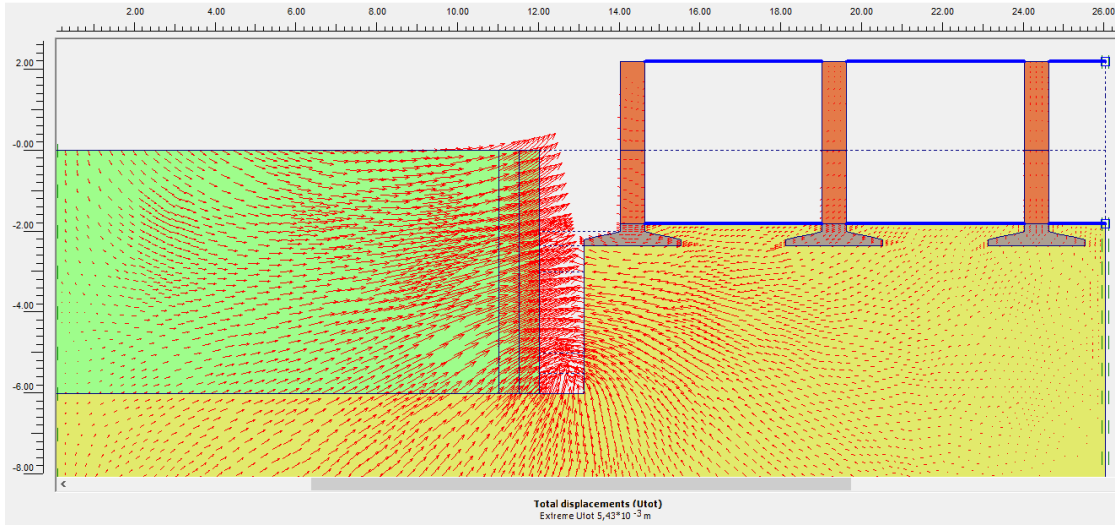


Şekil 5.10. Faz 3 toplam deplasmanlar

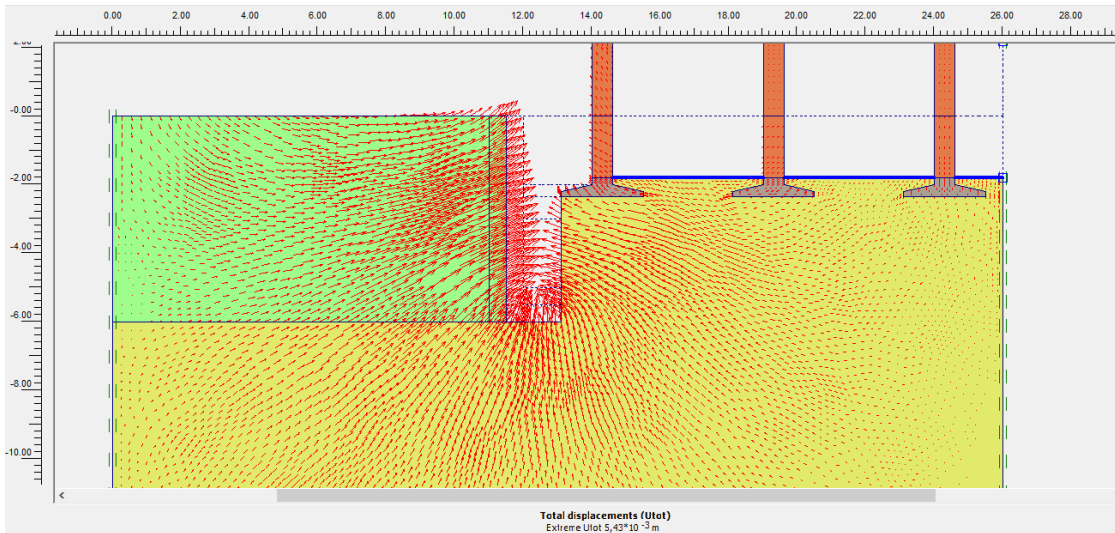
Kazı 6 m ye ulaştığında (faz 4) artık zemin yenilmeye ve yapı temelleri oturmaya başlamıştır. Dış temel dönmeye başlamış, ikinci ve üçüncü temeller 0,21 ve 0,32 mm oturmuştur (Şekil 5.11). Ancak seçilen zemin profili için kazı yenilmesi çok daha derin

seviyelere kadar mümkün olmamaktadır. Kazı tabanındaki şişme 4,90 mm'dir. Derinlik arttıkça yani kaldırılan örtü yükü arttıkça şişme miktarı da artmaktadır.

Son adım olarak temel alt kotundan 1 m olarak devam eden kazı 1,5 m (faz 5) ve 2 m (faz 6) olarak analiz edilmiştir. Kazı 1,5 m genişliğe ulaştığında kazı kenarındaki temelin yukarı yönlü deplasmanı tekrar görülmüştür. Temelin uç noktasında 0,95 mm yer değiştirme oluşmuştur (Şekil 5.12).



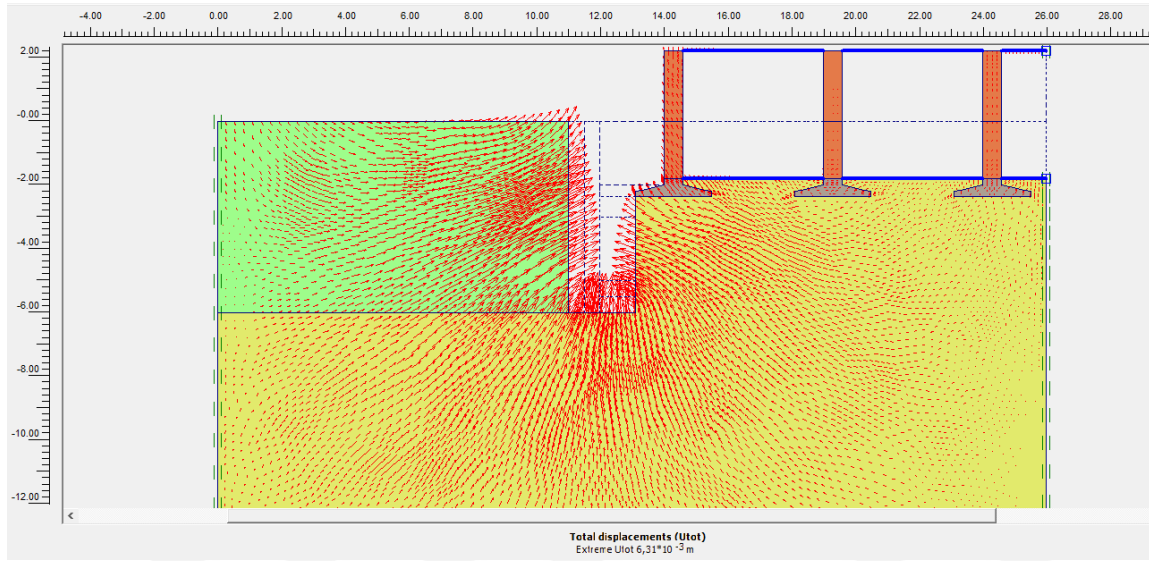
Şekil 5.11. Faz 4 toplam deplasmanlar



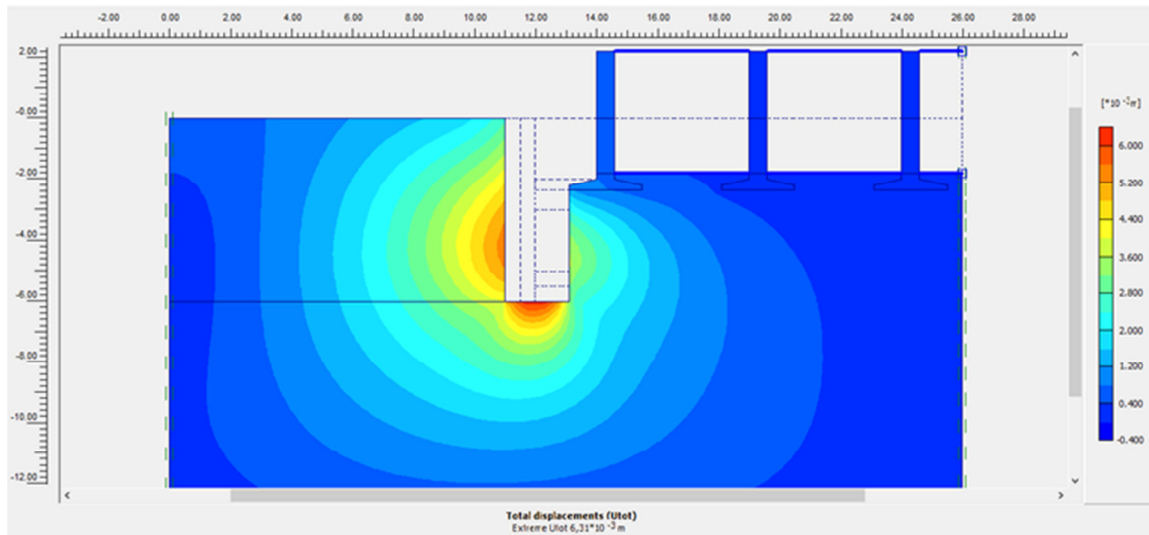
Şekil 5.12. Faz 5 toplam deplasmanlar

Kazı 2 m genişliğe (faz 6) ulaştığında maximum deformasyonlar bir miktar daha artarken kazı kenarındaki temelin yukarı ve yana doğru deplasmanı 1,12 mm olmuştur. Kazı kesiti

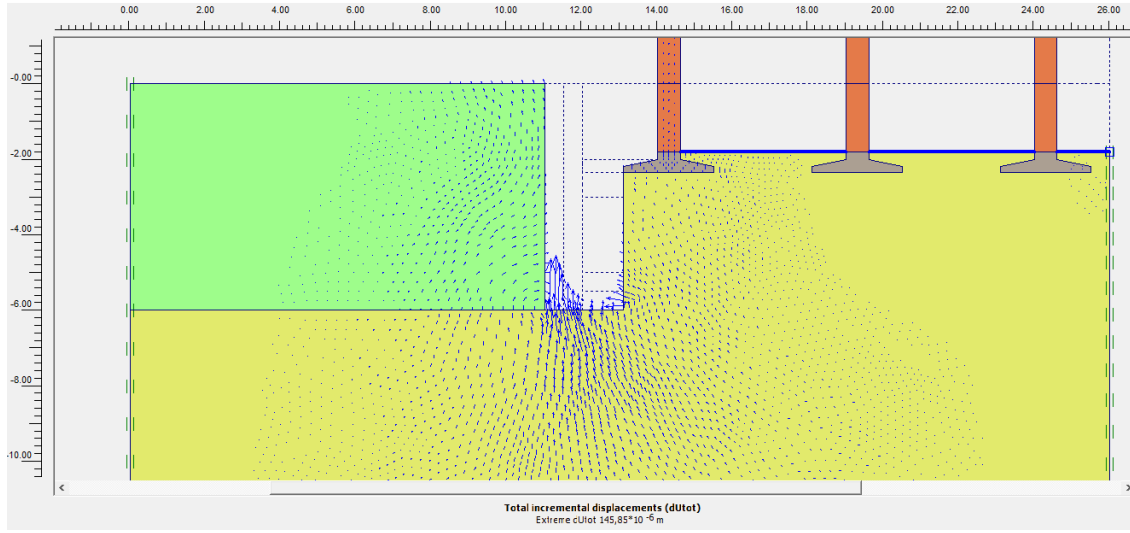
genişlediğinde tabandaki şişme miktarı da kazılan hacime bağlı olarak artmıştır (Şekil 5.13, 5.14). Güvenlik katsayısı (FS) bu şekilde bir kazı da bile 2,283 olmuştur. Analizler devam ettirildiğinde güvenlik katsayısının -14 m derinliğe kadar 1'in üzerinde olduğu görülmüştür. Plastik deformasyonların ortaya çıktığı olası yenilme mekanizması; kazı kenarındaki temelin oturup, kazı tabanının tamamen yukarı yönlü hareketiyle olması şeklinde öngörülmüştür (Şekil 5.15).



Şekil 5.13. Faz 6 toplam deformasyonlar

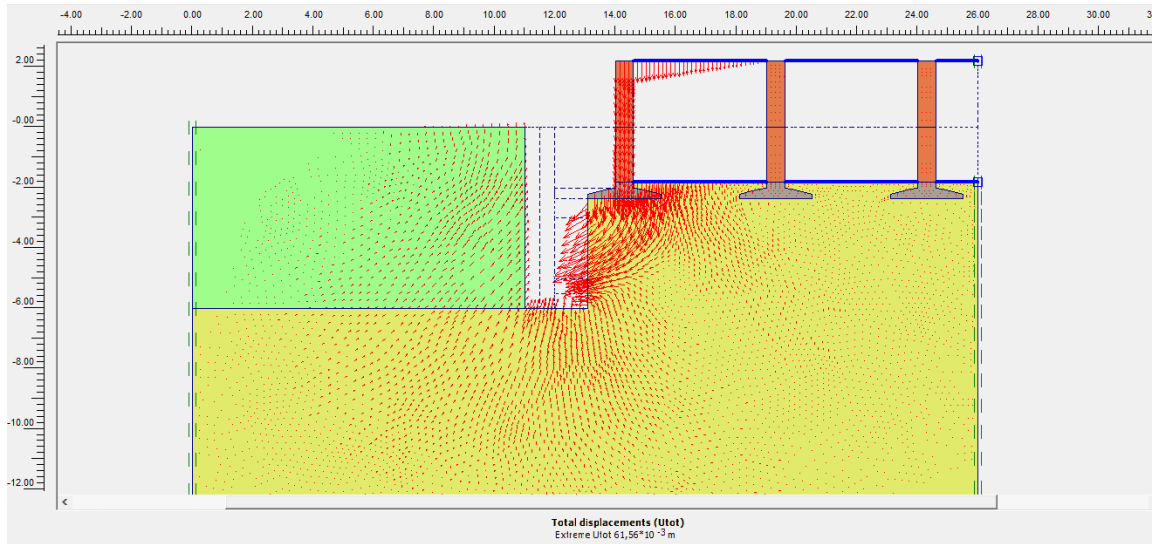


Şekil 5.14. Faz 6 toplam deformasyon alanları



Şekil 5.15. Faz 6 toplam deformasyon artışı

Son olarak zeminin kohezyon ve elastisite modülü değiştirilerek, aynı kazının daha zayıf bir zemin profilinde yapı temeline etkileri analiz edilmiştir. Yeni durumda elastisite modülü (E) 20.000 kN/m^2 , kohezyon değeri (c) 42 kN/m^2 olarak seçilmiştir. Nispeten daha zayıf olan zeminde oturmalar artmış, kazı kenarındaki temelin deplasmanı $38,51 \text{ mm}$ ye ulaşmış, kazının güvenlik katsayısı (FS) $1,17$ 'ye düşmüştür (Şekil 5.13) .



Şekil 5.16. Zayıf zemin profili toplam deformasyonu

Ankara kili koşullarında, bu derinlikte bir kazı yapıldığında tarihi yapı temel sistemlerinin güvenli kaldığı görülmüştür. Ancak zemin koşulları Ankara kili kadar sert olmayan, orta katı bir kil tabakası özellikleri taşıdığına, deformasyonların zararlı boyutlara ulaştığı ve yapı güvenliğinin tehlike sınırlarına gireceği gözlenmiştir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarihi yapıların korunarak geleceğe taşınması, tüm toplumlar için bir görev ve sorumluluktur. Bu eserlerin geleceğe aktarılması esnasında kendi mimari ve mühendislik özelliklerinin korunması gerekir. Uluslararası pek çok toplantı ve bildiride vurgulanan bu husus ülkemiz mevzuatına da yansımış ve bu yapıların mümkün olduğunca aslına uygun şekilde muhafaza edilmesi gerektiği kabul edilmiştir. Gelecek nesillere aktarılmak üzere tüm bu türdeki yapılara bakım, onarım, restorasyon ve güçlendirme işlemleri uygulanabilir. Bunlar uygulanırken yapının diğer tüm özellikleri gibi temellerinin güçlendirilmesi de tarihi dokusu korunarak yapılmalıdır.

Gazi Mustafa Kemal Paşa Muallim Mektebi ülkemizdeki önemli tarihi yapılardan biridir. Yeni Türk Mimarisinin önemli eserlerinden biri olan yapı, zamanımıza kadar yapıma amacına uygun olarak kullanılmıştır. Büyük afetler geçirmemesi nedeniyle geniş ve büyük onarımlar görmemiştir. Günümüzde de işlevini tüm kapasitesi ile (gözlem kulesi hariç) sürdürmektedir.

Gazi Üniversitesi Rektörlük Hizmet Binası olarak kullanılan tarihi yapıda temelin altına sızan suların ve bodrum kat duvarlarının nemlenme probleminin yapıya zarar vermemesi için 2003 yılında taban drenajı çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında yapının doğu, kuzey-doğu ve güney-doğu cepheleri kazılarak temel seviyesine inilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada hasır donatılı betonarme duvarlar yardımıyla drenaj çukurunun stabilizesi sağlanarak, yeni bir drenaj sistemi oluşturulmuştur.

GMM'ne drenaj için yapılan bu kazı çalışması Plaxis 2D yazılımında modellenmiştir. Modelleme yapılırken zemin özellikleri Ankara kilinin karakteristik davranışı ve Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi SPT sonuçları göz önüne alınarak modellenmiştir. Kazı alanı ve temel altındaki Mohr-Coulomb zemin modellemesine göre tanımlanırken, temel sisteminin deformasyonların daha iyi gözlenmesi ve temel altı zeminden önce yenilmemesi için kazının diğer tarafında kalan alan lineer elastik olarak tanımlanmıştır.

Mevcut zemin koşullarında, yapılan kazının, tarihi yapı temellerine çok önemli bir etkisi olmadığı, güvenli sınırlarda kaldığı görülmüş, zemindeki gerilmelerin kazı bölgesinde

yoğunlaştığı ancak yapıya zarar verecek boyutlarda olmadığı görülmüştür. Sonuçlar gerçek uygulamayla örtüşmüştür.

Ayrıca mevcutta yapılan kazının farklı derinlik ve genişlikteki durumları da analiz edilmiştir. Ankara kili davranışına uygun olarak; zeminde kazı derinliği ve genişliği artmasına rağmen yenilme ve taşıma gücü kaybı görülmemiş, güvenlik katsayısı 2'nin üzerinde kalmış, kazı bölgesinde bir miktar şişme görülmüştür.

Ankara kili profiline uygun olarak, kazı derinliği ve genişliği arttıkça yenilme mekanizmasından önce zeminin şişme deplasmanlarıyla karşılaşmıştır. Benzer profillerdeki zemin gruplarında kazı ve hafif yapılar için şişme durumlarının da göz önünde bulunması gerekliliği görülmüştür.

Ankara kilinden daha yumuşak, kohezyon ve elastisite modülünün daha düşük olduğu zemin modelinde yapılan kazı modellemesinde ise temel sisteminin deplasmanının arttığı, güvenlik katsayısının tehlikeli seviyelere düştüğü görülmüştür.

Orta katı ve yumuşak zemin koşullarında tarihi yapı temelleri çevresinde yapılacak kazılarda, zeminle ilgili testler hassasiyetle yapılmalı, kazı güvenliği için gerekli önlemler mutlaka alınmalıdır.

Sayısal analizlerin gerçeğe yakınlık derecesi, malzeme özelliklerinin tanımlanmasıyla ilişkilidir. Zemin etüdü için yapılan sondajların uygun sayıda, derinlikte ve kalitede yapılması, örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin yeterli sayıda alınması, arazi ve laboratuvar testlerinin yapılması yani malzeme özelliklerinin doğru belirlenmesi gerekir. Zemin profilinin özelliklerinin ayrıntılı olarak tanımlanması, yapılan simülasyonla gerçeğe yakın sonuçlar bulunmasını belirlemektedir.

Tarihi yapıların korunması ve gelecek çağa aktarılması için uluslararası kurallara ve yapının ruhuna uygun müdahale ve iyileştirmeler yapılmalıdır. Bu çalışmalar programlanmadan önce yapı ve zeminle ilgili mümkün olduğu kadar çok veri toplanmalı, deneyler ve ölçümlerle mevcut durumun tam olarak ortaya konulması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Uluslararası anıtlar ve sitler konseyi web site (2019). URL: <http://www.icomos.org.tr/>, Son Erişim Tarihi: 17.03.2019.
2. Sarı, M.S. (2008). *Temellerin takviyesi ve uygulamadan örnekler*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-140.
3. Erköseoglu, G. (2012). *Kültürel mirasın depremden korunması ve turizme kazandırılması amacı ile uygulanabilecek güçlendirme teknikleri*, Uzmanlık Tezi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü, Ankara, 12-140.
4. Mahrebel, H. A. (2006). *Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-108.
5. İnternet: T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Web Sitesi. (2019). URL: <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR-44798/turkiye-geneli-korunmasi-gerekli-tasinmaz-kultur-varligi-.html>, Son Erişim Tarihi: 17.03.2019.
6. Güler, K., Sağlamer, A., Celep, Z., and Pakdamar, F. (2004). *Structural and earthquake response analysis of The Little Hagia Sophia Mosque*. World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, 2652.
7. Hrasnica, M. , Zlatar, M. , Kulucicja, S. , Humo, M., and Madzarevic, M. (2010). *Seismic strengthening and repair of typical stone masonry historical buildings in Bosnia and Herzegovina*. 8 th International Masonry Conference, Dresden, Almanya, 1-10.
8. Hrasnica, M. and Medic, C. (2012). *Seismic strengthening of historical stone masonry structures in Bosnia Herzegovina*. 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal, 12621-8.
9. İnternet: Bosnian İnstitute Resmî Web Sitesi. (2019). URL: http://www.bosnia.org.uk/news/news_body.cfm?newsid=2373 , Son Erişim Tarihi: 22.06.2019.
10. Romera, L. E., Hernandez, S., and Reinoso, J. M. (2008). Numerical characterization of the structural behaviour of the Basilica of Pilar in Zaragoza (Spain). *Part 1: Global and local models. Advances in Engineering Software*, 39(1), 301–314.
11. Pérez Gálvez, F., Rubio de Hita, P., Ordó nez Martín, M., Morales Conde, M.J., and Rodríguez Linán, C. (2013). Sustainable restoration of traditional building systems in the historical centre of Sevilla (Spain). *Energy and Buildings*, 62(1), 648–659.
12. Soheir, M. H. (2014). Conservation of historical buildings – The Omani – French museum as a case study. *Housing and Building National Research Center Journal*, 11, 264–274

13. Marsico, M. R., (2008). *Seismic isolation and energy dissipation: theoretical basis and applications*. Phd Thesis, Università degli Studi di Napoli Federico, Napoli, İtalya, 51-93.
14. Karadayılar, T. ve Durgunoğlu, T. (1990). *Konya Alaeddin Camii temel zemini davranış modellemesi*. 3rd National Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Boğaziçi University, İstanbul, 401-418.
15. Abicel, M. R. (1987). *Konya Alaeddin Camii'nde Yapılan Onarımlar ve Zemin Güçlendirme Çalışmaları İle Alaeddin Tepesinin Sorunları*, Restorasyon ve Vakıfların Sosyal Etkileri Semineri, Ankara, 27-51.
16. Kaltakçı, M.Y. ve Temizci, S. (1991). *Konya Alaeddin Camii'nde Yapılan Zemin İyileştirme ve Temel Güçlendirme Çalışmaları ile Alaeddin Tepesinin Sorunları*. İnşaat Mühendisleri Odası İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sempozyumu, İzmir, 13-25.
17. Burland, J. B., Jamiolkowski, M., and Viggiani, C. (2003). The stabiliation of the leaning Tower of Pisa. *Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society*, 43(5), 63-80.
18. Rampello, S., Callisto, L. (2011). A study on the subsoil of the Tower of Pisa based on results from standard and high-quality samples. *Canadian Geotechnical Journal*, 35(6), 1074-1092.
19. Kara, H. G. (2009). *Tarihi yığma yapıların taşıyıcı sistemleri, güvenliğinin incelenmesi, onarımı ve güçlendirilmesi*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5-131.
20. Aksoy, İ. H. (1982). *İstanbul'da tarihi yapılarda uygulanan temel sistemleri*, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1-95.
21. Çamlıbel, A. N. (2000). *Geleneksel yapılarda stabilitenin iyileştirilmesi temellerin takviyesi*. İstanbul: Birsan Yayınevi, 5-90.
22. Avellan, K. (2011). *Limit state design for strengthening foundations of historic buildings using pretested drilled spiral piles with special reference to St. John's Church in Tartu*. Phd Thesis, University of Oulu, Faculty of Technology, Department of Process and Environmental Engineering, Finland, 21-35.
23. Tabanlı, Ö., Çılı, F. ve Kahya, Y. (2013). *Nur-u Osmaniye Camii'nin Temel İnşaatı*. İnşaat Mühendisleri Odası IV. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, İstanbul, 1-10.
24. Bayraktar, A. (2005). *Tarihi yığma yapıların depreme karşı güçlendirilmesi*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı, Ankara, 1-28.
25. Karakuş, F. (2012). *Geleneksel yığma yapılarda strüktürel sorunlar ve çözüm yolları*, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-153.

26. Baş, K. (2006). *Temel takviye yöntemleri ve uygulamadan örnekler*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-169.
27. Yavuz, U. C. (2012). *Tarihi yapılarda statik güçlendirme teknikleri*. Uzmanlık tezi. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Ankara Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü, Ankara, 1-56.
28. Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi Türkiye Milli Komitesi. (2013). *Icomos Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi*, İstanbul.
29. Aköz, A. H. (2008). *Deprem etkisi altındaki tarihi yağma yapıların onarım ve güçlendirilmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-52.
30. Aköz, F. (2005). *Yağma kagir yapılarda hasar tespiti*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yağma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı, Ankara, 1-8.
31. Yıldız, M., Sezer, R., Ekinici, O. ve Yıldız, E. (2011). Mevlana Müzesinde oluşan hasar nedenlerinin araştırılması ve uygun temel güçlendirme sisteminin seçilmesi. *e- Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 6(4), 1417-1439.
32. Şentürk, M. ve Özkaynak, H. (2017). *Kapıüstü Mescidi Minaresi'nin yapı mühendisliği açısından değerlendirilmesi*. İnşaat Mühendisleri Odası Uluslararası Katılımlı VI. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, Trabzon, 619-628.
33. Utkan, U., Yıldız, A. ve Karalar, R. U. (2015). *Adana Yeni (Abdülrezzak Antaki) Cami ve Mersin Camili Köyü Cami Restorasyonlarında Karşılaşılan Geoteknik Problemler*. İnşaat Mühendisleri Odası V. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Erzurum, 219-234.
34. Avellan, K., Maanas, M., and Jaaniso, V. (2005). *Strengthening the foundations of the main building of Tartu University, Estonia*. 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Osaka, Japan, 1-4.
35. Sesigür, H. ve Çılı, F. (2014). *Edirnekapı Mihrimah Sultan Cami'sinde yapılan onarım ve güçlendirme çalışmaları*. İstanbul: Vakıf Restorasyon Yıllığı, 72-79.
36. Mauri, D. and Rossetto, M. (2016). *New dehumidification systems and techniques: material and technologies*. Kültür Varlıklarında Koruma Sempozyumu - Türkiye&İtalya'dan Restorasyon Uygulamaları, Ankara, 292-302.
37. Mazılıgüney, L. (2007) *Tarihi bir Binada Deprem Güçlendirmesi Projelendirme Uygulaması (Kuleli Askeri Lisesi Örneği)*. İnşaat Mühendisleri Odası I. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Ankara, 1-16.
38. Ayhan, O. (2006). *Binaların depreme karşı güçlendirilmesinde klasik yöntem ile sürtünmeli sarkaç sistemlerin karşılaştırılması*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-18, 29-32.

39. Malouf, Beatrice B. (1991). *Pioneer buildings of early Utah*. Utah: Daughters of Utah Pioneers, 97-144.
40. Corbi, O., Elettar, A., Saleh, A., and Zaghaw, A. H. I. (2013). *Protection of an historical İslamic minaret by passive and semi-active control strategies*. Recent Researches in Information Science & Applications, Milan, Italy, 250-255.
41. İnternet: Gazi Üniversitesi Web Sitesi. (2019). URL: <http://gazi.edu.tr/posts/view/title/binamizin-tarihi-219>, Son Erişim Tarihi: 10.01.2019.
42. Yavuz, Y. (2009). *İmparatorluktan Cumhuriyete Mimar Kemalettin*. Ankara: Mimarlar Odası ve Vakıflar Genel Müdürlüğü, 1-536.
43. Cengizkan, A. (2009). *Mimar Kemalettin ve çağı*. Ankara: Mimarlar Odası ve Vakıflar Genel Müdürlüğü, 1-250.
44. Kasapoğlu, E. (2000). *Ankara kenti zeminlerinin jeoteknik özellikleri ve depremselliği*. Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası, 1-180.
45. Karatağ, H. (2012). *Ankrajlı bir istinat yapısının hesaplanan ve gözlenen davranışının karşılaştırılması*, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 22-47.
46. Yılmaz, U. (2006). *Ankara kilinin (Çankaya-Ankara) sıkışma-kabarma özelliklerinin incelenmesi*, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 26-50.
47. Görmen, G. (2013). *Ankara İli Yenimahalle İlçesi Gazi Üniversitesi Zemin Etüd Raporu*. Ankara: Yeni Bayındır Mühendislik Jeoteknik, 1-41.
48. Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2007). Türkiye’de SPT-N değeri ile inç daneli eminlerin drenajsız kayma mukavemeti arasındaki ilişkiler. *İnşaat Mühendisliği Odası Teknik Dergisi*, 18 (4), 4229-4246.
49. Erol, A. O. ve Çekinmez, Z. (2014). *Geoteknik mühendisliğinde saha deneyleri*. Ankara: Yüksel Proje Yayınları, 10-40.
50. İnternet: Plaxis web site (2019). URL: <https://www.plaxis.com/product/plaxis-2d/>, Son Erişim Tarihi: 30.09.2019.
51. Yıldız, L. (2005). *Donatıyla güçlendirilmiş şevli zemine oturan yüzeysel temel analizi*, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 48-113.



EKLER

EK-1. Sondaj logları

YENİ BAYINDIR MÜHENDİSLİK-JEOTEKNİK

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE ADI :		GAZİ ÜNİTEKNOLOJİ FAKÜLTESİ BİNASI				Kuyu Derinliği :		20.00 m		SONDAJ NO :		SK-1																											
İLİ :		ANKARA				SIZINTI SU SEVİYESİ		1 Okuma : 17.0 m		SAYFA NO :		1																											
YERİ :		YENİMAHALLE				2 Okuma :		m		Logu Hazırlayan : Gökhan GÖRMEN																													
SONDAJ METODU :		ROTARY				Koordinat - X :																																	
Başlama Tarihi :		27.07.2013				Koordinat - Y :				Sondör : Hayrettin YILMAZ																													
Bitiş Tarihi :		27.07.2013				Koordinat - Z :																																	
Sonda Derinliği (m)		Tabaka Derinliği (m)		Numune No		Num. Derinliği (m)		Numune Türü		Müh. Notları		Zemin Deneyleri		Kaya Özellikleri		Jeolojik Kesit		Zemin Tanımlaması																					
												SPT																											
												Darbe Sayıları		Standart Penetrasyon Grafiği																									
												15 30 45 N		20 30 40 50 60		Karat Yüzdesi %		RQD %																					
																Ayrışma Derecesi		Çatlak Sıklığı																					
1.00																																							
2.00																																							
3.00				1	3.00 3.45	SPT							18	30	34	R																							
4.00				2	4.00 4.50	UD																																	
5.00																																							
6.00				3	6.00 6.45	SPT							15	23	32	R																							
7.00																																							
8.00																																							
9.00				4	9.00 9.45	SPT							12	20	37	R																							
10.00																																							
11.00				5	10.00 10.50	UD																																	
12.00																																							
13.00				6	12.00 12.45	SPT							14	17	31	R																							
14.00																																							
15.00				7	15.00 15.45	SPT									50/7	R																							
16.00																																							
17.00																																							
18.00				8	18.00 18.45	SPT							41	50/5		R																							
19.00																																							
20.00																																							
										KUYU SONU: 20.00 m																													
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT										KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)										AYRIŞMA DERECESESİ (W)										ÇATLAK SIKLIĞI									
İnce taneli (Kohezyonlu)					İri taneli (Kohezyonsuz)																																		
N : 0-2 Çok Yumuşak					N : 0-4 Çok Gevşek					0-25 Çok Zayıf					W1 Taze (Ayrışmamış)					< 1 Masif																			
N : 3-4 Yumuşak					N : 5-10 Gevşek					25-50 Zayıf					W2 Az Ayrışmış					1-3 Az çatlaklı-Kırıklı																			
N : 8-10 Orta Katı					N : 11-30 Orta					50-75 Orta					W3 Orta Derecede Ayr.					3-10 Kırıklı																			
N : 9-13 Katı					N : 31-50 Sıkı					75-90 İyi					W4 Ayrışmış					10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı																			
N : 14-30 Çok Katı					N : >50 Çok Sıkı					90-100 Çıyı					W5 Tamamen Ayr.					> 50 Parçalanmış																			
N : 30 Sert																																							

EK-1. (devamı) Sondaj logları

YENİ BAYINDIR MÜHENDİSLİK-JEOTEKNİK										TEMEL SONDAJ LOGU								
PROJE ADI:		GAZİ ÜNİVERSİTESİ FAKÜLTESİ BİNASI				Kuru Derinliği :		25.00 m		SONDAJ NO :		SK-2						
İLİ :		ANKARA				YERALTI SU		1. Okuma		SAYFA NO :		1						
YERİ :		YENİMAHALLE				SEVİYESİ		2. Okuma		Logu Hazırlayan : Gökhan GÖRMEN								
SONDAJ METODU :		ROTARY				Koordinat - X :												
Başlama Tarihi :		27.07.2013				Koordinat - Y :				Sondör : Hayrettin YILMAZ								
Bitiş Tarihi :		27.07.2013				Koordinat - Z :												
Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği (m)	Numune No	Num. Derinliği (m)	Numune Türü	Müh. Boyun	Zemin Denevleri					Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
						SPT				Standart Penetrasyon Grafiği	Kare Yüzdesi %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı				
						Darbe Sayıları												
						15	30	45	N	20	30	40	50	60				
1.00																Dolgu Malzeme		
2.00																1.00 m		
3.00																		
4.00		1	3.00	SPT		7	12	14	26							Plastisitesi Düşük Siltli KİL		
5.00			3.45															
6.00		2	4.50	SPT		9	9	12	21									
7.00			4.95															
8.00		3	5.50	UD														
9.00			6.00															
10.00		4	6.00	SPT		8	10	11	21							6.00 m		
11.00			6.45															
12.00		5	7.50	SPT		10	12	15	27							Plastisitesi Yüksek Siltli KİL		
13.00			7.95															
14.00		6	8.50	UD														
15.00			9.00															
16.00		7	9.00	SPT		12	15	16	31							8.50 m		
17.00			9.45															
18.00		8	10.50	SPT		12	13	13	26							Plastisitesi Düşük Siltli KİL		
19.00			10.95															
20.00		9	12.00	SPT		10	17	17	34									
21.00			12.45															
22.00		10	13.50	SPT		13	16	21	37									
23.00			13.95															
24.00		11	15.00	SPT		16	21	30	R									
25.00			15.45															
26.00																		
27.00																		
28.00																		
29.00																		
30.00																		
31.00																		
32.00																		
33.00																		
34.00																		
35.00																		
36.00																		
37.00																		
38.00																		
39.00																		
40.00																		
41.00																		
42.00																		
43.00																		
44.00																		
45.00																		
46.00																		
47.00																		
48.00																		
49.00																		
50.00																		
51.00																		
52.00																		
53.00																		
54.00																		
55.00																		
56.00																		
57.00																		
58.00																		
59.00																		
60.00																		
61.00																		
62.00																		
63.00																		
64.00																		
65.00																		
66.00																		
67.00																		
68.00																		
69.00																		
70.00																		
71.00																		
72.00																		
73.00																		
74.00																		
75.00																		
76.00																		
77.00																		
78.00																		
79.00																		
80.00																		
81.00																		
82.00																		
83.00																		
84.00																		
85.00																		
86.00																		
87.00																		
88.00																		
89.00																		
90.00																		
91.00																		
92.00																		
93.00																		
94.00																		
95.00																		
96.00																		
97.00																		
98.00																		
99.00																		
100.00																		
KUTU SONU: 25.00 m																		
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT						KAYA NİTELİĞİ - RQD (%)					AYRISMA DERECESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI			
İnce taneli (Kobeyronlu)						İri taneli (Kobeyronuz)												
N : 0-2	Çok Yumuşak					N : 0-4	Çok Gevrek					0-25	Çok Zayıf					
N : 3-4	Yumuşak					N : 5-10	Gevrek					25-50	Zayıf					
N : 5-8	Orta Kati					N : 11-30	Orta					50-75	Orta					
N : 9-13	Kati					N : 31-50	Sıkı					75-90	İyi					
N : 14-30	Çok Kati					N : >50	Çok Sıkı					90-100	Ç.İyi					
N : 30	Sert																	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SELÇUK, Emine
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 19.03.1978, Samsun
 Medeni hali : Evli
 e-mail : emineselcuk@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarih
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2010
Lise	Samsun Ondokuz Mayıs Lisesi	1994

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Selçuk, E., Fırat, S. (2019). *Foundation strengthening of historical buildings: drainage work analysis of Gazi Mustafa Kemal Pasha Trainer School*. International civil engineering and architecture conference, Trabzon.

Hobiler

El Sanatları