

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TARİHİ YAPILARIN
TEMEL SİSTEMLERİ VE TAKVİYE METOTLARI**

HÜSEYİN KIR

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARİHİ YAPILARIN
TEMEL SİSTEMLERİ VE TAKVİYE METOTLARI

HÜSEYİN KIR

Doç. Dr. Utkan MUTMAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Safa Bozkurt COŞKUN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER
Jüri Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniv.



Tezin Savunulduğu Tarih: 16.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması tarihi yapıların temel sistemleri ve takviye metotları konusu üzerine hazırlanmıştır. Çalışmanın hazırlanması sırasında sonsuz ısrarlarıma karşın desteklerini esirgemeyen, lisansüstü eğitimi aşamasında desteklerini, katkısını ve tecrübesini eksik etmeyen değerli hocam Doç. Dr. Utkan MUTMAN' a teşekkür ederim.

Tezimin yazılmasın da belgeleri elde etmem konusunda ve bilgisinden faydalandığım çalışma arkadaşım büyüğüm Selami TAŞTAN' a çok teşekkür ederim.

Ayrıca, hayatımda değerli bir yeri olan, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Nesibe SARIMEŞE KIR' a, beni sürekli motive eden ve çalışmalarımın devamını getirmemde göstermiş oldukları sabırlarından dolayı Annem Nuran KIR ve Babam Muhammet KIR' a tez çalışmam sırasında gösterdiği anlayış ve bana verdiği destek için teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2020

Hüseyin KIR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
GİRİŞ	1
1. TARİHSEL GELİŞİM	3
2. TARİHİ YAPILARDA DURUM DEĞERLENDİRMESİ İÇİN YAPILAN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI.....	8
2.1. Zemin İnceleme Metotları.....	8
2.1.1. Gözlem yapma	8
2.1.2. Muayene çukuru açma	8
2.1.3. Sorgulama	9
2.1.4. Sondaj	9
3. TARİHİ YAPILARDA ZEMİN TAKVİYE METODLARI.....	10
3.1. Zemin İyileştirme	10
3.1.1. Zemin iyileştirme metotların uygulanması gereken zeminler.....	11
3.2. Geleneksel Takviye Metotları	12
3.2.1. Uygulama	12
3.3. Enjeksiyon ile Takviye Metodu	13
3.3.1. Enjeksiyonun tarihçesi	13
3.3.2. Enjeksiyonun uygulama alanları.....	14
3.3.3. Enjeksiyon yöntemleri	15
3.3.3.1.Çatlatma enjeksiyonu	16
3.3.3.2.Kompaksiyon enjeksiyonu yöntemi.....	17
3.3.3.3.Emdirme enjeksiyonu	18
3.3.3.4.Kayada enjeksiyon	19
3.4. Jet Grout Metodu	19
3.5. Fore Kazık-Mini Kazıklar	22
4. TARİHİ YAPILARDA GÜÇLENDİRME ÖRNEKLERİ	24
4.1. Nur-u Osmaniye Cami	24
4.1.1. Mevcut Durum Tespiti	25
4.1.2. Temel malzeme seçimi.....	26
4.1.3. Kullanılan metot.....	27
4.1.4. Sonuç.....	29
4.2. İzmit Tarih Koridoru Kapanca Sokak Tescilli Yapı	29
4.2.1. Mevcut durum tespit	29
4.2.2. Yerinde inceleme ve söküm.....	31
4.2.3. Kullanılan metot.....	34
4.2.4. Sonuç.....	41
4.3. Yeni Hamam' daki hasarın sebeplerinin analizi	43

4.3.1. Yeni hamam yapısı.....	43
4.3.2. Mevcut durum tespiti	44
4.3.2.1. Termografi ve sıcaklık – Bağıl nem ölçümü.....	45
4.3.2.2. Beton test çekiç deneyi sonuçları	48
4.3.3. Yapısal değerlendirme	49
4.3.3.1. Yığma yapılar yapısal analizi.....	49
4.3.3.2. Yeni hamam analitik model	49
4.3.3.3. Analiz bulgular.....	52
4.3.4. Sonuçlar ve değerlendirme.....	61
4.4. Tarihi Hereke Kalesi	64
4.4.1. Hereke kalesinin tarihi süreci ve koruma boyutu	64
4.4.2. Hereke Kalesi restorasyon uygulamaları inceleme raporu	67
4.4.3. Taşıyıcı sistem ve sur duvarı statik hesabı.....	74
4.4.4. Sonuç.....	79
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	87
ÖZGEÇMİŞ	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Enjeksiyon yöntemleri	16
Şekil 3.2. Çatlakların oluşumu	16
Şekil 3.3. Sıkıştırma enjeksiyonu.....	17
Şekil 3.4. Kompaksiyon dane dağılımları	18
Şekil 3.5. Kompaksiyon enjeksiyonu uygulama alanı	18
Şekil 3.6. Aşamalar halinde jet grout	19
Şekil 3.7. Enjeksiyon aşamaları jet enjeksiyon.....	21
Şekil 3.8. Aşamalar halinde fore kazıklar	23
Şekil 3.9. Aşamalar halinde mini kazıklar	23
Şekil 4.1. Nur-u Osmaniye Cami planı	24
Şekil 4.2. 20. yüzyılda Campanella kazık yapımı ve eski San Marco sineması temeli ahşap kazık sistemleri.....	26
Şekil 4.3. Ahşap ızgara sistemleri	27
Şekil 4.4. Nur-u Osmaniye Camii altyapı kesiti	28
Şekil 4.5. Nur-u Osmaniye Camii altyapı planı	28
Şekil 4.6. Tescilli yapı A-A Kesiti	30
Şekil 4.7. Bodrum kat arkası toprak olan kuzey duvarı ve köşesinde açılan temel muayene çukuru.....	31
Şekil 4.8. Bodrum kat batı (soldaki) ve kuzey (sağdaki) duvarı.....	31
Şekil 4.9. Batı duvarında açılan temel muayene çukuru.....	32
Şekil 4.10. Bodrum kat batı duvarı	32
Şekil 4.11. Bodrum kat her ikisinin de arka yüzeyi toprak olan kuzey (soldaki) ve doğu (sağdaki) duvarının durumu	33
Şekil 4.12. Doğu duvarında açılan muayene çukuru sonrası kısmi çökme oluşumu	33
Şekil 4.13. Sistem kesiti.....	34
Şekil 4.14. Bodrum katın kat planı.....	36
Şekil 4.15. Zemin katın kat planı	36
Şekil 4.16. Duvar basınç gerilmeleri.....	38
Şekil 4.17. Taş duvar matematik modeli.....	40
Şekil 4.18. Radye temel aplikasyon planı	41
Şekil 4.19. Radye temel kesitleri.....	42
Şekil 4.20. Sıcaklık mekânı kubbesi ve yapısal çatlak (sol, sağ alt) Ilıklık mekanı kubbe altı kemer yapısal hasar	44
Şekil 4.21. Şubat ve Ağustos aylarında yapı kubbe kotunda bulunan bitkiler.....	45
Şekil 4.22. Ilıklık mekânı kubbesinde farklı malzeme ile kapatılan/sıva uygulaması yapılan fil gözü	47
Şekil 4.23. Sıcaklık mekânı kuzeybatı duvarı yapısal çatlak ve yüzey sıcaklık görseli.....	47
Şekil 4.24. Sıcaklık mekânı güneydoğu yıkılmış küçük kubbe ve yapısal çatlak ve yüzey sıcaklık görseli.....	47
Şekil 4.25. Beton basınç değeri.....	48
Şekil 4.26. Yeni Hamam yapısı SAP2000 modeli genel görünüş	51

Şekil 4.27. DBYBHY Deprem spektrum katsayıları hesap yaklaşımı.....	51
Şekil 4.28. Yeni Hamam yapısı SAP2000 modeli genel görünüş	52
Şekil 4.30. Kombinasyon 1: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer	53
Şekil 4.29. Kombinasyon 1: Maksimum yer değiştirme ve modelde olduğu yer.....	53
Şekil 4.31. Kombinasyon 1: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer	54
Şekil 4.32. Kombinasyon 2: Maksimum yer değiştirme ve modelde olduğu yer.....	55
Şekil 4.33. Kombinasyon 2: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yerler 1157 numaralı sıcaklık mekânı tonoz kemerli, 808 numaralı kabuk eleman hasar görmüş kubbe	55
Şekil 4.34. Kombinasyon 2: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer. 738 numaralı eleman ılık ve sıcaklık arasındaki alan, 808 numaralı kabuk eleman hasar görmüş kubbe	55
Şekil 4.35. Kombinasyon 3: Maksimum yer değiştirme ve modelde olduğu yer.....	56
Şekil 4.37. Kombinasyon 3: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değeri ve modelde olduğu yer, 832 numaralı kabuk alan.....	57
Şekil 4.36. Kombinasyon 3: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer 1181 numaralı kabuk alan.....	57
Şekil 4.38. Kombinasyon 4: Maksimum yer değiştirme ve modelde olduğu yer.....	58
Şekil 4.40. Kombinasyon 4: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer 931, ılık mekânında çöken küçük kubbenin etrafındadır	59
Şekil 4.39. Kombinasyon 4: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer 738 numaralı kabuk alan birleşim yeri	59
Şekil 4.41. Kombinasyon 5: Maksimum deplasman ve modelde olduğu yer	60
Şekil 4.42. Kombinasyon 5: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer	61
Şekil 4.43. Kombinasyon 5: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer	61
Şekil 4.44. Yeni Hamam yapısal davranış ve nedenleri.....	63
Şekil 4.45. Hereke Kalesi restorasyon öncesi hali	64
Şekil 4.46. Sur duvarları üzerinde bulunan çatlaklar ve bitkileşme.....	65
Şekil 4.47. Hereke Kalesi restorasyon öncesi	65
Şekil 4.48. Nokta yükleme deneyi sonuçlar	66
Şekil 4.49. Röleve planı	70
Şekil 4.50. Restorasyon plan	71
Şekil 4.51. Doğu sur duvarları uygulama bütünleme ayrımları	71
Şekil 4.52. Doğu sur duvarları özgün.....	71
Şekil 4.53. doğu sur duvarları yatay hatlı sıraları	72
Şekil 4.54. Doğu sur duvarları	72
Şekil 4.55. Batı sur kalıntıları	72
Şekil 4.56. Doğu sur duvarı kalıntıları rölöve.....	73
Şekil 4.57. Restorasyon çalışmalarında kullanılan kalker taşına ait agrega dane yoğunluğu ve su emme oran tayin deney raporu	75

Şekil 4.58. Restorasyon çalışmalarında kullanılan kalker taşına ait tek eksenli sıkışma dayanımı.....	75
Şekil 4.59. Duvar taşıyıcı sistem modeli.....	78
Şekil 4.60. Enjeksiyon çalışmaları.....	80
Şekil 4.61. Enjeksiyon yapımı.....	80
Şekil 4.62. Hereke kalesi son aşamaları.....	81
Şekil 4.63. Hereke kalesi karşı görünüş.....	81



TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Enjeksiyon malzemelerinin sınıflandırılması	14
Tablo 3.2. Farklı zemin türlerine göre soilcrete modül oranı ve serbest basınç mukavemeti	22
Tablo 4.1. Narinlik oranına göre emniyet gerilmeleri için azaltma katsayıları	37
Tablo 4.2. Duvarların çatlama emniyet gerilmesi	39
Tablo 4.3. Ağustos , 11:00 – 12:00 Yeni Hamam sıcaklık ve bağıl nem değerleri.....	46
Tablo 4.4. Hamam yapısı için dikkate alınan malzeme özellikleri	51
Tablo 4.5. Harç dayanım sonuçları	67
Tablo 4.6. Sur duvarı statik hesapları	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

E_{jg}	: Deformasyon modülü, (Pa)
A_o	: Etkin ivme katsayısı
I	: Yapı önem katsayısı
E_c	: Elastik modül, (Pa)
f_c	: Basınç dayanımı, (N/mm ²)
f_y	: Çekme dayanımı, (N/mm ²)
τ	: Emniyet gerilmesi, (MPa)
σ	: Basınç gerilmesi, (kg/cm ²)
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
W	: Yapı ağırlığı, (t)
Q	: Hareketli yük, (kg/m ²)
G	: Ölü yük, (kg/m ²)
g	: Yer çekim ivmesi, (m/s ²)
K_a	: Aktif toprak basıncı
K_p	: Pasif toprak basıncı
E_x	: İvme spektrumu
E_y	: İvme spektrumu
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
Z	: Zemin sınıfı
μ	: Sürtünme katsayısı, (N)
T_A	: Spektrum karakteristik periyot, (sn)
T_B	: Spektrum karakteristik periyot, (sn)

Kısaltmalar

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
ICCROM	: The International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (Uluslararası Kültürel Varlıkların Korunması ve Restorasyonu Çalışması Merkezi)
ICIMOS	: International Council on Monuments and Sites (Uluslararası Anıtlar ve Siteler Konseyi)
ISCARSAH	: International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage (Mimari Mirasın Yapılandırılması ve Yeniden Yapılandırılması Uluslararası Bilim Komitesi)
KUDEB	: Koruma, Uygulama ve Denetim Bürosu
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü)

TARİHİ YAPILARIN TEMEL SİSTEMLERİ VE TAKVİYE METOTLARI

ÖZET

Tarihi yapılar inşa edildiği dönemlerin izlerini taşıyan, belli başlı karaktere sahip ve tüm özelliklerini geçmişten günümüze aktaran hazineler olarak ayakta kalabilmiş eserlerdir. Tarihi yapıların çoğu zeminden kaynaklanan bozulmalar sonucunda hızla özelliğini kaybetmekte ve kurtarılması için ivedi bir şekilde müdahale edilmesi gerekmektedir. Farklı örneklerle tarihi yapıların temel sistemi ve zemin profilleri incelenerek temel güçlendirmesinde uygulanan geleneksel yöntemler, kazık sistemleri (Mini kazık, Jet-grouting, Burgu kazık) ile güçlendirme, enjeksiyon yöntemi ile zeminin iyileştirilmesi hakkında bilgiler verilerek ele alınacaktır. Bunlardan bazıları; Nur-u Osmaniye Cami ahşap kazıklı ve ızgaralı temel sistemi uygulaması, İzmit Yeni Hamam da yapısal ve dinamik analizler dikkate alınarak gerçekleştirilen hasar nedenleri, yanı sıra üzerinde duracağımız; Tarihi Hereke Kalesi alanındaki kazı çalışmaları restorasyon raporu, restitüsyon raporu, röleve raporu, KUDEB (Koruma, Uygulama ve Denetim Bürosu) raporu ve zemin etüt raporu incelenerek temel güçlendirme yöntemi belirlenmiştir. Kale alanında yapılacak bütünlemeler için zemin parametrelerine ulaşmak için sondaj yapılmadan jeoradar yöntemi ve zemin etüdü yapılmış ayrıca taş duvarlarda kullanılmış olan kayacın basınç ve çekme deneyleri yapılmıştır. Özgün duvar alt temelleri proje doğrultusunda hidrolik kireç esaslı harç enjeksiyonu ile doldurularak güçlendirme yapılmıştır. Çalışmamızda, eleştirel anlamda tarihi mirasın korunmasında yapılacak güçlendirme yöntemleri incelenmiş ve farklı takviye metotları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelime: Geleneksel Yöntem, Güçlendirme, Hidrolik Kireç Esaslı Harç Enjeksiyonu, Nur-u Osmaniye Cami, Tarihi Hereke Kalesi.

BASIC SYSTEM AND REINFORCEMENT METHODS OF HISTORICAL BUILDINGS

ABSTRACT

Historical buildings are monuments that carry the traces of the era in which they were built, have a specific character and can be considered treasures that carry all the characteristics from the past to today's world. In most of the cases historical buildings lose their attributes as a result of defects caused by soil, hence a rapid intervention should be made in order to save them. In this paper, we will study the conventional methods of foundation treatment of the historical buildings by investigating their soil profiles and giving information regarding pile systems (helical piles, jet grouting and mini piles). Some of these examples are: Application of wood piles and mesh foundation system in the Nur-u Osmaniye Mosque, investigating of the development of damages in Izmit's New Hammam by taking into account structural and dynamic analysis of the building; also the determination of the soil reinforcement method of the historical Hereke Castle by taking into account the excavation works, reports of restauration, restitution, relieve, KUDEB, and soil investigation report. In the castle's zone, soil parameters have been obtained without investigation drilling and only by using geo radar and doing soil investigation, also there were conducted pressure and tension tests for the rock which is used in the masonry walls. In the scope of the project, for the improvement of the foundation below the authentic walls hydraulic lime based grouting has been done. In our study, we have evaluated the methods selected for reinforcement and restauration works for the protection of the historical heritage.

Keywords: Conventional Method, Historical Building, Hydraulic lime based grouting, Nur-u Osmaniye Mosque, Historical Hereke Castle.

GİRİŞ

Geçmişten günümüze kültürel mirasın en önemli eserleri olan tarihi yapılar korunması gereken, bedii ve fonksiyonel istekler göz önünde bulundurulduğunda malzeme seçimi, tasarım ve inşaat teknolojisi açısından kaynak oluşturmaktadır. Aynı zamanda o yılın ekonomik, kültürel, sosyal, dini özellikleri ve politik anlayışını göz önüne sermektedir.

Günümüzde tarihi yapılar için hiçbir maliyetten kaçınılmadan onarım ve güçlendirilmelerin yapılması gerekmektedir. İlerleyen teknoloji sayesinde sorunlara karşı çözüm odaklı gidilmektedir. Halihazırda taşınır veya taşınmaz kültür mirasının özgün özelliklerini kaybetmemesi yapılacak ilk iş olmalıdır. Bu yüzden ki restorasyon tarihiyle, orijinal değeriyle ve mühim hadiseleri içinde barındıran tarihi eserlerin birincil olarak elverişli malzemelerden ve yapım tekniklerinden vazgeçilmeden özgünlüğünü kaybetmeyecek şekilde korumak ve yaşatmak manasına gelmektedir.

Restorasyonun amacı, tarihi eserin göçmekte olan kısımlarının onarılması, yapının ayakta kalması, bütünlüğünü koruması ve talepler doğrultusunda kendi işlevini bozmayacak şekilde işleyişinin devam etmesini sağlamaktır. Lakin çağımızda tarihi binaların ve abidelerin, dönemin mimarisinin yanı sıra belediye nizamına, toplumsal hayatına ve ayrıca inşa aşamaları ile yöntemlerini belirgin olarak açıklayarak devrin özelliklerini kaynak olarak görmektedirler.

Kültürel mirasın içerisinde ahşap yapılar, yığma yapılar ve sivil mimari örneklerini içine alan ve çok sayıda koruma problemleri bulunan yapılar inşa edilmiştir. Koruma vizyonu tüm eserler için aynı oranda sahip çıkılarak yapılmalıdır. Buradaki amaç tarihi yapının bütünlüğünü korumak ve geleceğe güvenle taşınmasını sağlamaktır. Ancak bunu yaparken yapının orjinalliğini bozmamak önem arz etmektedir. Ülkemizde tarihi yapılar, oluşan deprem etkileri ve oluşan doğal afetlerin etkisi altındadır. Yoğun insan yaşamı istekleri ile yapılaşmanın artmasıyla son yüzyılda ortaya çıkan olumsuz etkiler tarihi eserlere karşı tehdit oluşturmaktadır.

Yapılar, kendi başlarına bir tarihi ve estetik değer taşımaları ya da kentlerin tarihi kimliğini oluşturan kentsel sitler, sokaklar ve silüetlerin öğeleri olarak iki gruba ayrılmıştır:

1. Grup Yapılar: Toplumun maddi tarihini oluşturan kültür verileri içinde tarihsel, simgesel, anı ve estetik nitelikleriyle korunması zorunlu yapılardır.

2. Grup Yapılar: Kent ve çevre kimliğine katkıda bulunan kültür varlığı niteliğindeki yöresel yaşam biçimini yansıtan yapılardır.

Yapısal hasarlı tarihi eserlerin korunmasında devlet, kendi mülkiyeti altındaki “1. Grup Yapılar” tanımına giren büyük ölçekli kamusal yapıları titizlikle korumaya çalışırken, özellikle çoğu özel mülkiyette olan “2. Grup Yapılar” içindeki yapısal hasarlı sivil mimari örneklerini yasal altyapıdaki eksiklikler nedeniyle yeterince koruma altına alınmamaktadır. Bu koşullar altında son yıllarda gittikçe artan sayıda tarihi yapı “yıkılmaya eğilimli” anlamına gelen “mail-i inhidam” durumunda olduğu gerekçesiyle hayatta kalamamaktadır. Halbuki tarihi bir yapının yıkılarak aynı şekilde günümüz yapım teknikleriyle yeniden yapılması (rekonstrüksiyon) yöntemi restorasyonda tercih edilmeyen bir yaklaşımdır. Yıkıp yeniden yapmaya ancak inşaat mühendislerinin onay verdiği bazı özel durumlarda yapılan incelemeler neticesinde karar verilmektedir. Bu nedendir ki yapısal olarak hasarlı bir tarihi yapının yıkımı konusunda karar verilmeden önce onun bütünlüğünü koruyacak şekilde ayakta tutulması ve her türlü gerekli müdahalenin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, koruma-müdahale etme arasındaki hassas dengede tarihi yapılara yapılacak yapısal eklerin nasıl olması gerektiği konusunda mevcut tüzük ve yönetmeliklerde belirtilen temel prensiplerin bir değerlendirmesini yapmak ve bu değerlendirmeler neticesinde bu konuyla ilgili çalışan farklı meslek gruplarının karşılıklı iletişim becerilerini arttıracak disiplinler arası yüksek öğretim programlarının geliştirilmesi gerekliliğinin ve bilgi paylaşıldıkça değerinin olduğu farkındalığını benimsetmektir.

1. TARİHSEL GELİŞİM

Tarihi yapıların inşası, insan faaliyetinin en eski sanatlarından biridir. İsviçre'nin Neolitik sakinleri, 12 000 yıldan daha uzun bir süre önce derin bir kurguya sahip olduklarını biliyorlardı. Evleri, sığ göllerin yumuşak tabanlarına, tehlikeli hayvanların ve düşman komşularının yükseklerine sürülen uzun tahta yığınlarına inşa ettiler. Birkaç bin yıl sonra, Babilliler, yapılarının ağırlığı altında yerleşmiş olan Dicle ve Fırat arasındaki taşkınlıklarında sadece derin alüvyon buldular. Bu nedenle, büyük yerleşim yerlerini, yüksek yerleşimlere izin vererek, sazdan yapılmış hasırlar üzerine kaldırdılar. Antik Mısırlılar, ana kaya üzerinde duran taş bloklar üzerindeki piramitleri desteklediler. Ayrıca, eski Yunanlılar, toprak şartları uygun olmasa bile, binalarını esas olarak taşlara kurmuştur. Temel mühendislikte en büyük gelişme, uygun kuralların koyulduğu ve puzolanik betonun kullanıldığı eski Roma'da gerçekleşti. Vitruvius'un eski tefsirinde kurulan ilkeler, 18. yüzyılda Avrupa'ya, pratik deneyime dayalı bilgiden elde edilen yenileri, bunların yerine geçene kadar uygulanıyordu. Orta çağ inşaatçıları, yapılarını taş ve tuğla duvar temelleri, keresteler ya da ahşap kazıklar üzerinde destekledi. Bazen binaların modern anlamda hiçbir temeli yoktu.

Birbirini takip eden yıllarda farklı mimari tarzların yanı sıra, özellikle coğrafi bölgelerdeki farklı zemin koşulları, farklı düzgün tekniklerin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. Ancak, tarihi temellerin tasarımı tamamen eski deneyimlere, eski kurallara ve sezgilere dayanarak kalmıştır.

Tarihi yapıların çevre şartları temellerini her zaman etkilemektedir. Birbirleri ile etkileşim halinde olması kaçınılmazdır. Yapının kültürel olarak ve teknik açıdan ayakta kalabilmesi için temel sistemi önemi büyüktür. Fakat buna rağmen tarihi yapıların temel sistemleri kültürel mirasın destek yapıları olarak düşünülerek hareket edilmiştir. Temel mühendislik, Rönesans ve Barok edebiyatında mimarlık hakkında

Alışılmadık bir konu olarak görülmekte ve daha az incelenmekteydi. Buna rağmen son yüzyılda, eserler kendi kültürel değerleriyle tarihi miras olarak benimsenmiştir.

Günümüzde tarihi yapılar, sadece tarihi kalıntıların geri kalanları için destek değil, yaşatılması, korunması ve kendi iyiliği için düşünülmesinden başka çaresi yoktur. [1-2-3].

Tarihi yapıların çoğunlukla temel sistemleri ahşap sistem ile yapıldığından sorun teşkil etmiştir. Ahşap kazık sistemleri, kuzey Avrupa'nın temel yapı geleneğini olan bu tipik örneklerini bataklık bölgelerindeki yerleşim yerlerinde görülmektedir. Ahşap kazık sistem yeraltı su seviyesinin altında yapının ayakta kalmasını sağlar. Ancak yer altı su seviyesinin üzerinde çürüyerek dayanımı azalır. Bu nedenle, ahşap sistem temeller ile ilgili problemler, temelinde içinde bulunan alanda yeraltı su seviyesinin düşürülmesi ile ortaya çıkmaktadır. Değişim gösteren su seviyesi, tarihi bir binanın güvenliğini ve korunmasını sağlamak için temellerin güçlendirilmesinin gerekli olduğunu ve yerleşimin bulunduğu kesimlerde zeminin yumuşaması önüne geçmek gerektiğini ifade etmektedir. Ömrünü yitirmiş özelliğini kaybetmiş ahşap temelleri, belli bir kısmı yenilenerek belli bir kısmı da iyi durumda olan orijinal parçaları ile tamamen birleştirilebilir. Güçlendirme ve onarım yaparken söz konusu tarihi yapıların bütünlüğü mümkün oldukça bozmayacak şekilde hareket edilmelidir [3-4].

İkinci Dünya Savaşı'ndan kısa süre sonra ortaya çıkan kültürel mirasın korunması ve korunmasına olan ilginin artması, uluslararası kuruluşların kurulması ve tarihi temellere ilişkin koruma ilkelerine gerek duyulmuştur. Kültürel mirasın korunması için hükümetler arası bir kuruluş kurma kararı 1956 yılında Yeni Delhi'de UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim VE Kültür Örgütü)'nun Genel Konferansı'nda kurulması kararı alındı. Sonuç olarak, 1959'da Roma da ICCROM (Uluslararası Kültürel Varlıkların Korunması ve Restorasyonu Çalışması Merkezi) açılmıştır. ICCROM, hem taşınır hem de taşınmaz her türlü kültürel mirasın korunmasına adanmış bir hükümetler arası kuruluştur.

Tarihi eserlerin korunması ve restorasyonu ilkeleri "Atina Bildirgesi" (1931) ve "Venedik Bildirgesi" (1964) 'de temeli atılmıştır. Bunlar sırasıyla, 1931'de Atina'daki Tarihi Mimarlar ve Mimarlar Teknik Kongreleri ve 1964'te Venedik'te kabul edildi.

Venedik Kongresi aynı zamanda bir sivil toplum kuruluşu olan ICOMOS (Uluslararası Anıtlar ve Siteler Konseyi) kültürel mirasın korunması ve korunması için çalışmasına öncülük etmiştir. Organizasyonun amacı, küresel olarak iş birliği yapmak ve koruma uzmanlarını birbirleri ile etkileşim halinde olmasını sağlamak ve bilgi birikimini çoğaltmaktır. ICOMOS'un ayrıca birkaç uluslararası bilimsel komitesi bulunmaktadır. 1996 yılında kurulan ISCARSAH (Mimari Mirasın Yapılandırılması ve Yeniden Yapılandırılması Uluslararası Bilim Komitesi) yapı mirasının restorasyonuna dahil olan mühendisler için bir forum ve ağ olarak görev yapan kişileri bir arada toplamaktadır.

“Atina Şartı”nın (1931) temel ilkeleri içinde, restorasyon tekniklerinin anastiloz üzerine temellendirilmesi gerektiği konusunda anlaşmaya varılmıştır. (Atina Bildirgesi 1931). Bu anıtların özgünlüğünü korumayı amaçlayan bir koruma yöntemi olarak görülmektedir. “Anastylosis” kelimesi Yunancadır ve ana kelimeleri (zaman içinde yeniden kurulacak ya da geri dönecektir), stiloları (sütun) bir araya getirir. Anastylosis, dünya mirası eserlerinin korunması için uygulanacak standart bir yöntem olarak kabul edilerek hareket edilmesi gerekli görülmüştür.

Anastiloz prensibine göre, restorasyon için temelin temel malzemesi ve buna uygun yapılm yöntemleri ele alınmalıdır. Gaye, orijinal gereçler mevcut olduğu sürece, yöntemlerin uygulanabilmesi mümkün olduğu sürece anıtların orijinalliğini ve özgünlüğünü yok etmemektir. Bazı durumlarda bozulmuş yapılar sadece orijinal malzemeler ve yöntemler ile onarılması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, yapıların mekanik bozulmasına karşı koymak için bazı iç takviye veya koruyucu önlemlerin alınması gerekliliği düşünülmelidir [4].

“Venedik Bildirgesi”nde (1964), vakıfların restorasyonunun amacının anıtların tarihi ve estetik değerini korumak vurgulanmaktadır. (Venedik Bildirgesi 1964). Orijinal materyallere ve özgün belgelere saygı ön plandadır. Ancak geleneksel tekniklerin yetersiz olduğu kanıtlanırsa, bir anıtın birleştirilmesi modern teknikler kullanılarak ayakta kalması gerekebilir [4].

Bu iki tüzüğe ek olarak, orijinallik ilkesi 1994 yılında Japonya'daki Orijinallik üzerine Nara Konferansı katılımcıları tarafından hazırlanan “Orijinallik Üzerine Nara

Belgesi” (1994) ile sonuçlanmıştır. Orijinallik, yapılar için sıklıkla tartışılmıştır, ancak son zamanlara kadar, topraklar ve temel yapıları, özgünlük açısından az da olsa gün yüzüne çıkmıştır. Birçok durumda, tarihi yapıların temelleri, eserlerin doğruluğu dikkate alınmaksızın, mevcut en ekonomik araçlar kullanılarak güçlendirilme yapılmıştır. Ancak, tarihi binalarda, temelin tarihi önemi kabul edilebilir veya en azından bölgesel bina özellikleriyle uyumlu bazı yöntemler ve malzemeler kullanılarak restore edilmesi gerekmektedir. Nara Belgesine göre, özgünlük kültürüne ve miras farklılıklarına saygılı bir şekilde belirlenmeli, yani mirasın korunmasında bazı değişiklikler içermesi düşüncesi vardır [3-5].

Son zamanlarda, miras yapılarının korunmasına ilişkin uluslararası bir standart, “Yapıların tasarımı için temeller- Mevcut yapıların değerlendirilmesi” taslağı hazırlanmıştır. Belgenin Ek 1'ine göre, restorasyon çalışmalarıyla ilgili herhangi bir kararda yapısal performans ve kültürel kaynak olarak değeri dikkatle incelenmelidir. Orijinal materyaller ve yapısal kavramlar mümkün olduğunca yapının bütünlüğünü ve özgünlüğünü bozmamalıdır.

En önemlisi, vakfın karakteri ve fiili durumu hakkında iyi bir bilgi birikimi ve yapı ile alt zemin üzerindeki etkileşimi gerektirir. Bu etkileşimin analizi, müdahalenin yapısal yönleriyle birlikte, yeni bir yapının tasarımından çok daha karmaşıktır. Mevcut tarihi temeller zaten farklı, genellikle bilinmeyen, stres düzeylerinden geçmiştir. Dolayısıyla, modern jeoteknik araştırma araçları bile, mekanik zemin yapısı davranışının güvenilir bir modelini veremiyor.

Koruma projeleri, son olarak önemli ve kesin olarak tanımlanmış bir role sahip olan yapısal mühendisler, mimarlar, tarihçiler, arkeologlar ve jeoteknik mühendislerinden oluşan teknik ekipler tarafından yapılmalıdır. Vakfın tarihi niteliğine ve toprak-yapı etkileşimine bağlı olarak birkaç stabilizasyon yöntemi düşünülmelidir. Tercih edilen teknik, çoğu zaman çok pahalı bir çözüm olabilmesine rağmen hem nesnenin hem de etkileşen toprağın en azından modifiye edilmesine yol açmalıdır.

Tarihi yapıların temelleri ile ilgili kayda değer bir literatür eksikliği vardır. Çoğu bildiri tekil vakalarla ve özel problemleriyle ilgilenir ya da belirli periyotlar ve bölgelerle sınırlıdır. Her tarihi yapının kendine has tarihi vardır ve fiziksel koruma

yararlarına ek olarak, bir restorasyon projesi de yüksek bir sembolik değere sahip olabilir. Bu, geçmişinin ulusal gururunun bir onaylanması ve inşa edilmiş mirasının gelecek nesiller için korunması gerekliliğinin bir anlayışıdır.

Bu yazının amacı, bu konuda daha fazla bilgi sunmak ve temel geliştirme, temel türleri ve koruma yöntemleri dahil olmak üzere bazı yönlerini ortaya koymaktır.



2. TARİHİ YAPILARDA DURUM DEĞERLENDİRMESİ İÇİN YAPILAN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Yapısal değerlendirmede, tarihi yapıların yapımı öncesi büyük ölçekli bir araştırma gerekmektedir. Yapılacak araştırmaların birinci aşamasını resmi kuruluşlardan alınan izinler sonrası tarihi yapıların bulunduğu bölgelerde yapılacak gözlem ve araştırma çalışmaları oluşturur. Bu aşamada çalışmayı tanımlayıp, gerekli izinler alındıktan sonra tarihsel araştırmaların yapılmasında alanda gözlem yapıp tespit ve değerlendirmelerin önü açılmış olur. Sonraki aşamada ise yapıyı oluşturan malzemelerin özellikleri değerlendirilir. Özelliklerin belirlenmesinde faydalı olacak deneysel çalışmalar da ikinci aşamada yer alır. Son olarak ise tarihi yapı alanında sismik risk büyüklükleri ile lokal olarak zeminin şartları ortaya çıkarılır. Yapıların temel-zemin arasındaki bağlantısı incelenmektedir [6].

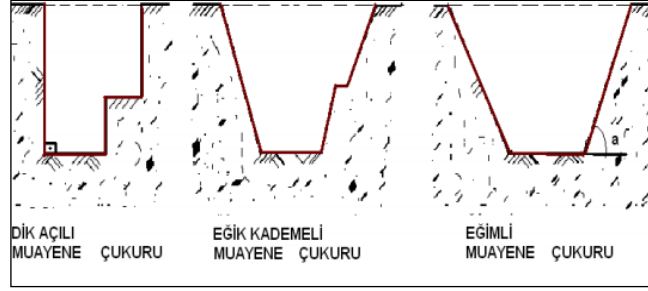
2.1. Zemin İnceleme Metotları

2.1.1. Gözlem yapma

Yapı zeminini inceleme metotlarından biri olan gözlem yapma tekniği, yapı sahası incelenerek zeminin topografik yapısı, komşu parseller ile ilişkisi, zeminin dane biçimi, görünüşü ve bulunan yollar ile arasında bağlantıları anlatmaktadır [7].

2.1.2. Muayene çukuru açma

Yapı sahasında, belirli mesafelerde ve farklı katmanlarda çukur açarak, bu katmanlardaki zemin incelenmesi ve belirli düşünceler edinilmesi işlemine "muayene çukurları açma" denilmektedir "Şekil 2.1.'".



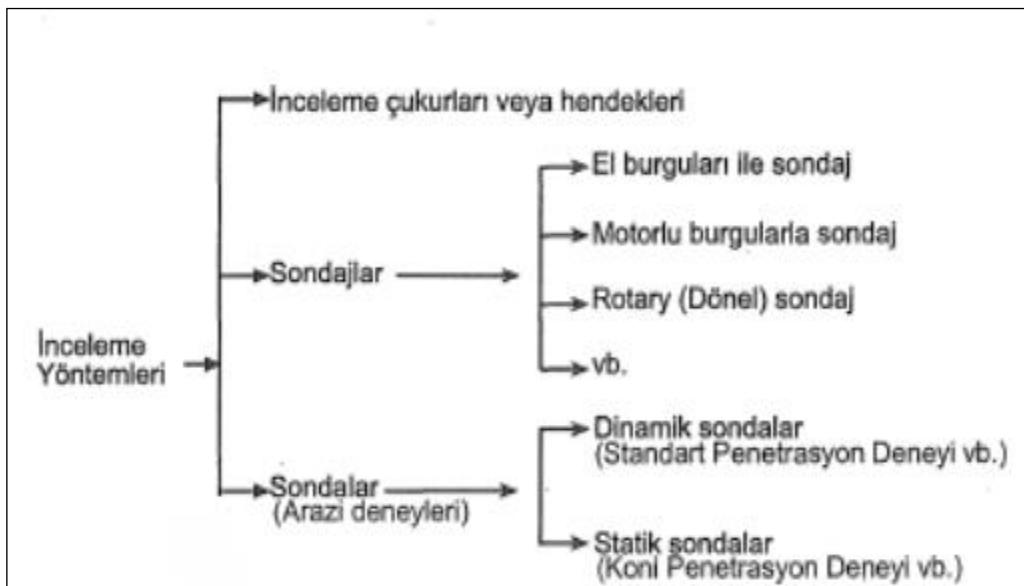
Şekil 2.1. Muayene çukur açma şekilleri

2.1.3. Sorgulama

Yapının sahası içerisinde ve çevre kısımlarında bulunan farklı süreçte ve büyüklüklerde yapılarak incelemeye alınarak, ayrıca fiziki yapı ve yapı çevresinde çökme, kayma gibi işlemler gözlenerek ve bu yapılar hakkında kurumlar, uzman kişiler tarafından alınan bilgiler neticesinde zemin için bir düşünce elde edilmesi anlamına geliyor [7].

2.1.4. Sondaj

Özellikle çok büyük boyutlu deprem bölgelerinde yer alan, yapımında ileri teknoloji gerektiren nehir yataklarında, birikmiş ve yer altı sularına yakın alanlarda, değişik yapı gösteren tabakalı veya sağlam kayalı yerlerde sondajlar yapılarak zemin yapısının incelenmesine deniyor [7].



Şekil 2.2. Zemin inceleme metotları

3. TARİHİ YAPILARDA ZEMİN TAKVİYE METODLARI

3.1. Zemin İyileştirme

Gereksinimlerimizin giderek artması ile kullanılabilir zeminler özelliklerini kaybetme durumunda kalmakta ve bu temel içerisine mühendislik yapılarının inşa edilmesi mecburi olarak ortaya çıkmaktadır. Metropol ve gelişmek üzere olan şehirlerde imar planına açılan alanlar, bütünleşmiş üretim yapan endüstriyel fabrikalar ve sanayi bölgelerinin ihtiyacını karşılayacak alanların azalmasına sebep olmaktadır. Şehirleşmenin ön planda olduğu çağımızda zayıf zeminlerde yapılaşmanın artması kaçınılmaz olmaktadır.

Bu yapılaşmanın artması ile birlikte mühendislik açısından da sıkıntılar doğurmaktadır. Sıkıntılarının çözümü için konuyla alakalı metotlar ve yollar geliştirilerek uygulama aşamasına geçmek için çalışmalara özen verilmeye dikkat edilmektedir. Yurdumuzda bu metotların gün geçtikçe kullanım alanları genişletilmektedir. Yapıyı zemin içerisinde veya üzerinde inşa ederken aktarılan yükün ve oluşan deformasyonların zemine zarar vermeden yapılması gerekmektedir. Ancak inşa edilen zemin güvenli olmadığı durumlarda farklı iyileştirme metotlarının yapılarak önlem alınmalıdır. Bunun için yapılması gerekenler;

- Projelendirme aşamasında zemin cinsine göre temel planlarının yapılması,
- Güçsüz zemin kaldırılarak taşıma gücü dayanıklı zeminler oluşturmak,
- Güçsüz zemini iyileştirme metotları ile aşarak yapının temelini sağlam bir katmanda inşa edilmesini sağlamak,
- Zemin iyileştirme metotlarını arazi üzerinde uygulayarak zemin özelliklerini iyileştirilmiştir.

İnşa edilecek yapının zemin taşıma gücü ve oturma yapması düşünülüyorsa öncelikli olarak yapılacak olan zemin takviye metotları belirlenmelidir. Çoğunlukla taşıma

gücü zayıf zeminler radye temel yapılarak yumuşak zemin katmanları üstünde düzgün bir yayılım yapması amaçlanmaktadır. Fakat yine de taşıma açısından risk oluşturuyorsa da kazık temel ile güçlendirme metodu uygulanabilir. Yapının yapılacağı alan içerisinde taşıma gücü az olan zeminlerin katmanları fazla yok ise kazı çalışmaları yapılarak sağlam zemine ulaşıldığında temel zemini için dolgu yapılarak çalışmalara başlanılır. Yeni temel bu dolgu üzerine oturtulur. Zeminin taşıma gücünün zayıf olduğu durumda yapılması gereken başka bir metot da yine beton ayaklar ile yapının yükü bu katmana aktarılması ile gerçekleştirilir. Eğer katman kalınlığı fazlaysa ve kazık temel de imal edilemiyorsa turbalık zemin ve yumuşak zeminler üzerine dolgu metotları kullanılarak işlem yapılır. Yapılan dolgunun yükü ile ve/veya patlayıcı kullanılarak taşıma gücü zayıf zemin yan tarafa geçilmesi sağlanır. Daha sonrasında yapılan dolgu üzerine oturtulması sağlanır. Ancak zemin, oturma ve taşıma açısından elverişli olmadığı alan içerisinde iyileştirme metotları kullanılabilir. Yapılan incelemeler sonucunda günümüzde inşa alanı içerisinde zemin iyileştirme metotları yaygınlaşmıştır [8].

3.1.1. Zemin iyileştirme metotların uygulanması gereken zeminler

Taşıma gücü zayıf olan zeminleri kısaca belirtecek ve hususları üzerinde duracak olursak şu şekilde sıralayabiliriz;

- Turbalık zeminler ve bataklık olarak adlandırılan zeminler
- Yumuşak kil zeminler
- Gevşek kum bulunan zeminler
- Yumuşak kalın alüvyonların bulunduğu yer altı su seviyesinin yüksek olduğu zeminlerdir.

Turbalık zeminler ve bataklık olarak adlandırılan zeminler içerisinde barındırdığı bitkisel maddenin çürümesi sonucu farklı boyutlarda şekil değişimine uğrayacak yapıdadır. Bu sebeple taşıma gücü zayıf zemin olarak adlandırabiliriz. Bizlerin istemediği türde ve boyutta bir zemin türü diyebiliriz. Bahse konu zemin ile zorunlu olarak karşılaşıldığında iyileştirme metotlarına kesinlikle başvurulmalıdır.

Yumuşak kil zeminler ise taşıma gücü zayıf, az bir yük altında bile azımsanamayacak kadar fazla deformasyonlara uğrayabilecek bir zemin türü olarak

karşımıza çıkmaktadır. Zemin iyileştirme metotlarıyla zeminin güçlendirilmesi gerekmektedir.

Yumuşak kalın alüvyonların bulunduğu yer altı su seviyesinin yüksek olduğu zeminler ile gevşek kum bulunan zeminler çok fazla yük altında direnç gösteremeyebilir ayrıca karşı karşıya kaldığı yükler altında deformasyonları limitli olabilir. Zeminin bu tür olduğu alanlarda depremin etkisi, ağır tonaj makinaların hareketleri ve trafikte oluşacak bunun gibi yinelenen yükler altında dayanıma bağlı zeminin taşıma gücü zayıflar ve yüksek derece de deforme olması kaçınılmaz olmaktadır. Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu ve gevşek kumların bulunduğu alanlarda yinelenen yükler nedeniyle sıvılaşma meydana gelmektedir. Bu sebeple dayanım değeri yoktur. Ayrıca zeminde şekil değiştirmeler sonucu göçmeler oluşur.

3.2. Geleneksel Takviye Metotları

Yapıların inşası sırasında temelin güçlendirilmesi gerektiğinde öncelikli olarak düşünülen kazı çalışmaları yapıp daha sonrasında bulunan temelin alt kısmına beton bir kitle yapılmasıdır. Ancak bu metot yer altı su seviyesi fazla olmasıyla ve kazı yapılacak katmanın fazla olması sebebiyle uygulamada zorluk ve maliyet açısından tercih edilemeyebilir. Bunun yanı sıra yapının oluşturacağı yükün çok olması ve ayrı bir beton kitlesinin farklı oturmalarına yol açacağı aşıkardır. Sürekli olarak oluşturulacak sömel takviye sırasında temel altını düzgün şeritler halinde kazılması gerekmektedir. Destek gerektirmeyen alanlarda mesafesi orantılı yöntemlerle inşa edilen tuğla duvarlar için 1,5 m ile 2 m arasında olmalıdır. Ne olursa olsun destek gerektirmeyen mesafe yapının uzunluk ölçüsünün $\frac{1}{4}$ ünü geçmemelidir. Beton kitlenin yapılacağı alanda bulunan temel kısmının 5 cm ile 10 cm kalacak şekilde dökülerek ve betonun katılması beklenilir [9].

3.2.1. Uygulama

Tarihi olmayan bir yapıda, olması gerekenden fazla kat yapılması, imarda öngörülen kat alanının genişletilmiş olması, toplam temel alanının azaltılmış olması nedeniyle yetersiz taşıma gücü sonucu farklı oturma söz konusu olmuştur. Yapılan hesaplar neticesinde yapının uygulamadaki ortalama taban basıncının projedekinin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Çözüm olarak temellerin genişletilmesi suretiyle

taban basıncının düşürülmesi yoluna gidilmiştir. Bunun için mütemadi temele filiz ekilerek radye temel haline getirilmiştir. Yapıda sonradan yapılan ölçümler neticesinde deplasmanların durduğu tespit edilmiştir [10].

3.3. Enjeksiyon ile Takviye Metodu

Enjeksiyon, basınç ve sondaj kuyusu ile bir giriş kısımdan gönderilen akışkanlaştırılan maddeyle zeminin veya kaya içerisine yapılan takviye ve düzenlilik sağlamaya yarayan bir yöntemdir. Yapılan bu çalışma ile zemin gerilme/deformasyon özelliğinin yanı sıra geçirimsizliği etkileyen hidrolik ve dayanımı etkileyen mekanik hususların değişmesiyle ortaya çıkar. Zemine gelen yapı yükünün etkin bir taşıma gücüne sahip olabilmesi için mühendislik açısından iyileştirme yapılmalıdır. Enjeksiyon yöntemi kullanılarak geçirimsizlik azaltılıp ve kayma direnci artırılır ve aderans sağlanmasıyla şekil değiştirmesinin önüne geçilir. Enjeksiyon işlemlerinde çözelti halinde bentonit, çimento, kireç, kil, uçucu kül, bitüm ve bazı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Daneler arası veya zemin içerisinde bulunan boşlukların oranına göre elverişli enjeksiyon tekniği ve malzemesi göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanılacak malzemenin nasıl enjekte edileceği, zeminin hangi türde olduğuna göre farklı metotlar kullanılmıştır. Bu metot kullanılırken enjeksiyonun basınç, hız bunun gibi parametreler ile dane çapı dağılımı, daneler arası boşluk durumu, zeminin kendi yükünden gelen gerilmeler oluşturan zemin koşulları ve ne için kullanılacağına göre planlanmalı ve projelendirilmelidir.

3.3.1. Enjeksiyonun tarihçesi

Zemin takviye metotlarında enjeksiyon tekniği ve biçimi de daha önceki zamanlarda da kullanılmıştır. Bunla beraber teknolojinin gelişmesi ile güncel enjeksiyon malzemesi ve bu malzemenin enjekte edilmesi açısından yinelenerek kendini geliştirmektedir. 19. Yüzyılın başlarında bilinmesine karşın 20. Yüzyılın başlarında enjeksiyon metodu daha belirgin bir hal almıştır. 1802 yılında Fransa'da Dieppe de Charles Berigny ilk enjeksiyon uygulamıştır. Gelgit ile oluşan dalgaların korozyona uğrattığı köprü ayaklarını puzolan çimentolu su karışımı ile oluşturduğu süspansiyon ile açtığı deliklerden enjekte ederek güçlendirmiştir. Enjeksiyon yapımı sırasında puzolan-hidrolik kireç ve kil kullanılmaktaydı. 1821 yılından sonra bulunarak ortaya

çıkan portland çimento malzemesi enjekte sırasında kullanılmıştır. Enjeksiyon teknolojisinin gelişmesi ile 1900 1920 yılları içerisinde enjeksiyon uygulamalarında da gelişme olmuştur. Albert Francois, 1914 yılı içerisinde yüksek basınçlı çimento kullanarak kesonların zemine sokmuştur. Hugo Joosten, 1925 yılı içerisinde sonunda jel kullanarak enjekte yapmıştır. Böylece temelli katılıkta ve kırılma mukavemeti elde edilen bir kimyasal enjeksiyon denilmiştir. Ahşap malzemelerden yapılan pompalar II. Dünya Savaşı sonrası demir malzemedan üretilen hidrolik pompalara yerini bırakmış ve istenilen basınç ile enjeksiyon yapılmıştır. Tek bileşenli 1950 yılı içerisinde enjeksiyon metodu kullanılmış ve 1970 yılında ise kimyasal enjeksiyon deneyler ile incelenmesi sağlanmıştır. Geçtiğimiz yıllar içerisinde zemine yapılan enjeksiyon metotları ile tünellerin kazılması sırasında oluşan oturmaların önlenmesinde, deprem sırasında meydana gelen sıvılaşmaların giderilmesinde ayrıca zeminin taşıma gücünün orantılı olarak yükseltilmesinde kullanılan bir güçlendirme metodu olmuştur [11].

Tablo 3.1. Enjeksiyon malzemelerinin sınıflandırılması

Reolojik Kategori	Partiküler Süspansiyonlar (Bingham Akışkanları)			Çözeltiler (Newton Akışkanları)			Gaz Emülsiyonları	
	Kararsız	Kararlı		Koloit Çözeltiler (Vizkozite zamanla artmakta)	Saf Çözeltiler (Vizkozite zamanla değişmemekte)			
Enjeksiyon Malzemelerinin Ana Türleri	Sadece çimento	Bentonit veya kil ile birlikte çimento	Topaklaşmamış bentonit	Kimyasal Enjeksiyon Malzemeleri			Şişebilen Enjeksiyon Malzemeleri	
				Sodyum Silikat bazlı		Organik Reçineler bazlı		
				Yüksek dayanımlı	Orta-Düşük dayanımlı			Çimento bazlı
Uygulama Alanları	Çatlaklı kaya ve duvar	Mikro fisürlü ve geçirimli kaya					Büyük boşluklar veya oyuklar	Boşluklar ve hızlı akan sızıntı suları
		GRANÜLER ZEMİNLER						
		Çakıl	Kaba Kumlar	Orta-İnce Kum		İnce Siltli Kumlar (Kumlu Siltler)		
Geçirimsizlik Katsayısı, k , (m/s)		$>5 \cdot 10^{-4}$	$>5 \cdot 10^{-5}$	$>5 \cdot 10^{-6}$	$>1 \cdot 10^{-5}$	$>1 \cdot 10^{-6}$		
Özgül Yüzey, S_v , (m ² /N)		<0.5	<1.5	<1.5	<4	<10		
Temel Enjeksiyon Tekniği	Yüksek Basınç	Kontrollü hacim ve basınç					Düşük basınç (Boşlukların doldurulması)	

3.3.2. Enjeksiyonun uygulama alanları

Zemin enjeksiyonu kullanılan yerler;

- Boşlukları doldurarak oturmaları engellemede,
- Kazık çakma ve yan yana yapılan kazılarda hareketlenmenin önüne geçmede,
- İnşa edilen yapının büyütülmesi sırasında zemin emniyetini arttırılmasında,

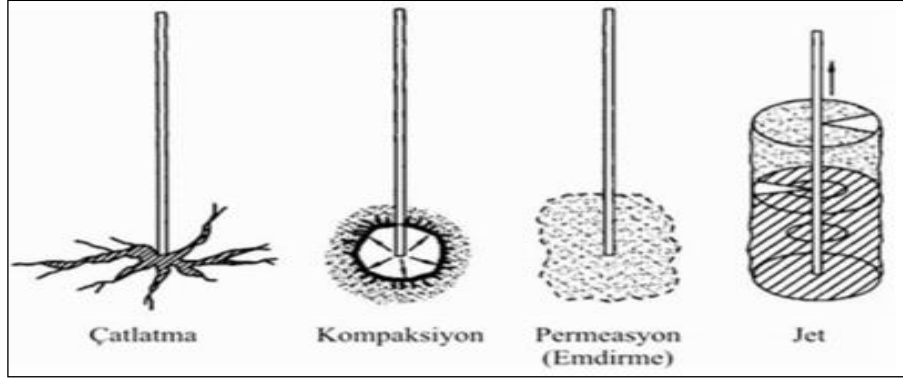
- Tünel çalışmalarında tabak ve duvarların hareket direncini sağlamada,
- Yerin alt kısmında bulunana su akışı düzenini ayarlama,
- Yanal toprak basıncı ayarlama ve kazıklara gelen yanal yüklerin gücünü yükseltmede,
- Sıvılaşmayı gevşek kumlarda kontrol altına almada,
- İksa sıkıntılarını ortadan kaldırmak için zeminin gücünü artırmada,
- Şev stabilizasyonu aşamasında,
- Temel güçlendirilmesinde,
- Büzülme ve şişmeyi minimize etmek için hacim değişimi uğrayan zeminlerde,
- Su problemlerini ortadan kaldırmak için sondaj ve numune sırasında,
- Zemin içerisine pis su akışını engellemede,
- Dinamit kullanımı sırasında gevşeyen temel kaya parçalarının üst taraflarında güçlendirme gerektiren yol inşaatlarında,
- Boşlukların tam olarak kapanmadığı yapı ve ana kaya birleşiminde,
- Çevre sürtünmelerinin olduğu boru itme inşaatlarında enjeksiyonun malzeme ve parametreleri bilinerek uygun yöntemle hareket edilmesi gerektiğidir.

Enjeksiyonun kullanım yerlerine göre uygulama aşamasında gerçek anlamda dayanımı sağlayabilmesi için teknik açıdan ayrıca dolgu ve harç malzemelerinin neler olacağı zemine uygulama sırasındaki davranışı incelenerek, zeminin güçlendirilmesi gerekmektedir [11].

3.3.3. Enjeksiyon yöntemleri

Malzemelerin zemin içine enjekte edildiği durumlara göre enjeksiyonun yöntemi farklılık göstermektedir. Çimento veya kimyasal enjeksiyon malzemenin türüne göre değişkenlik göstermekte ve bunu bilerek hareket edilmesi gerekmektedir.

Enjeksiyon metotları zemin içerisine enjekte edilmesi açısından Şekil 3.1.'de gösterilmektedir.



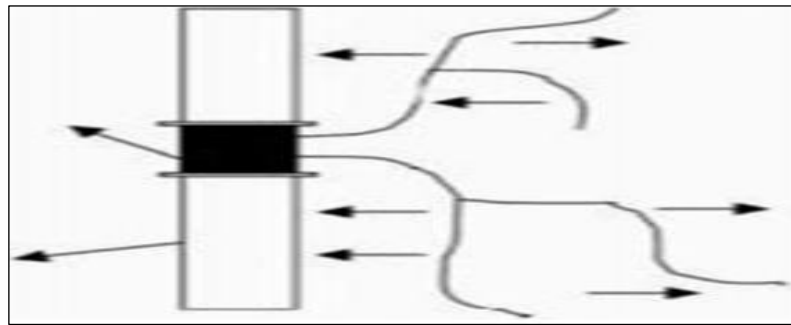
Şekil 3.1. Enjeksiyon yöntemleri

3.3.3.1. Çatlatma enjeksiyonu

Çatlatma enjeksiyonu yüksek basınç altında (4 Mpa) enjeksiyon malzemesi kullanarak zeminin kasıtlı olarak çatlatılmasıdır. Çatlatma enjeksiyonu permeasyon enjeksiyonun uygulanamadığı yerlerde kil veya kaya alanlarında kullanılan bir enjeksiyon metodudur.

Olası oturmaların giderilmesi için yüksek basınç ile sıvı, kılcal olarak çatlakları açar veya yeni bir çatlak oluşturur. Zeminin derinliğine etki yapan efektif gerilmeler ile basınç seviyesi sonucu oluşacak hidrolik eğime ulaşılır.

Basıncın düzeyi oluşacak hidrolik eğim ve söz konusu zemin derinliğinde etkiyen efektif gerilmeye bağlı olarak saptanır. Çoğunlukla zeminin sıkıştırılması ve sertleştirilmesi için ya da ulaşılamayan boşluklara ulaşarak zeminin geçirgenliğini azaltmak için kullanılır. Ayrıca yapılarda kontrollü kabarmaları oluşturmada kullanılmaktadır [12].

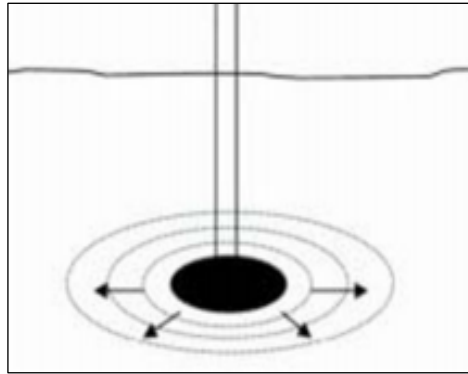


Şekil 3.2. Çatlakların oluşumu

Enjeksiyonun uygulandığı alanda oluşan gerilmeler düşey yönde ilerleyerek zemini sıkıştırarak fakat enjeksiyon hacmindeki artış yatay yöndeki hareketlendirmeyi artıracığından zemin iç kısmında kabarma görünecektir. Farklı alanlarda çatlak ve süreksizlik çatlamanın ilk olduğu yerde gerilmenin etkili olduğu bölgenin haricinde bulunduğu yere göre değişiklik gösterecektir [13].

3.3.3.2. Kompaksiyon enjeksiyonu yöntemi

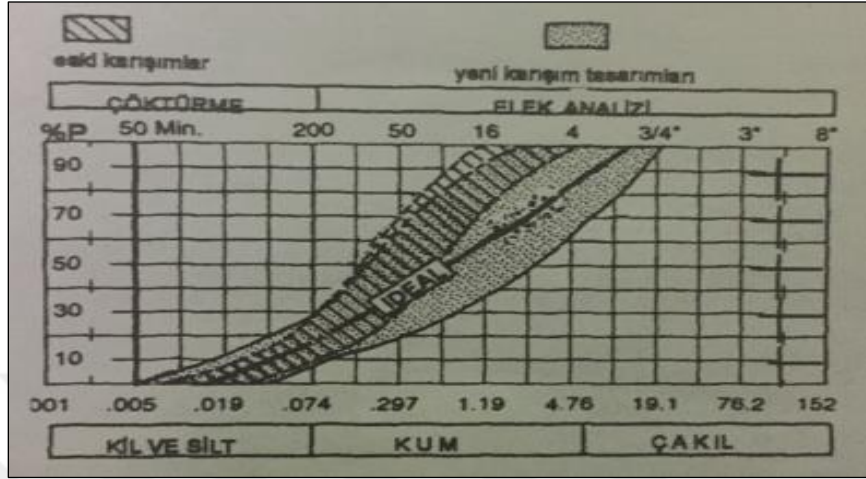
Kompaksiyon enjeksiyonun da orta yüksek viskoziteli karışımların ortama yüksek basınçlarla yaklaşık olarak 50 bardan fazla yollanması ve bunların boşluk olan yerlere girmeden kendisinin ortamda balon benzeri farklı şekilde kitle oluşturması görülmektedir. Kompaksiyon enjeksiyonu, çoğunlukla zayıf - yumuşak zeminin yer değiştirmesinin yanı sıra sıkıştırılması için yeterli plastisiteyi ayarlayacak şekilde silt ve içsel sürtünmeyi giderecek kadar kum içeren katı ve yüksek vizkosite içeren enjeksiyon malzemesinin çok yüksek basınçta (3.5 Mpa) zemin boşlukları içerisine girmeden enjekte edilecek nokta etrafında giderek genişleyen bir kütle oluşturarak çevresindeki gevşek zeminleri sıkıştırarak şekilde yüksek basınçlarda enjeksiyonu sağlanması işlemidir. Ayrıca sıkıştırma enjeksiyonu yapıların oturmasında görünen farklı kontrollerin sağlanması, temel zemininde güçlendirilmesinde ve zeminin mevcut haline gelmesinde kullanılmaktadır.



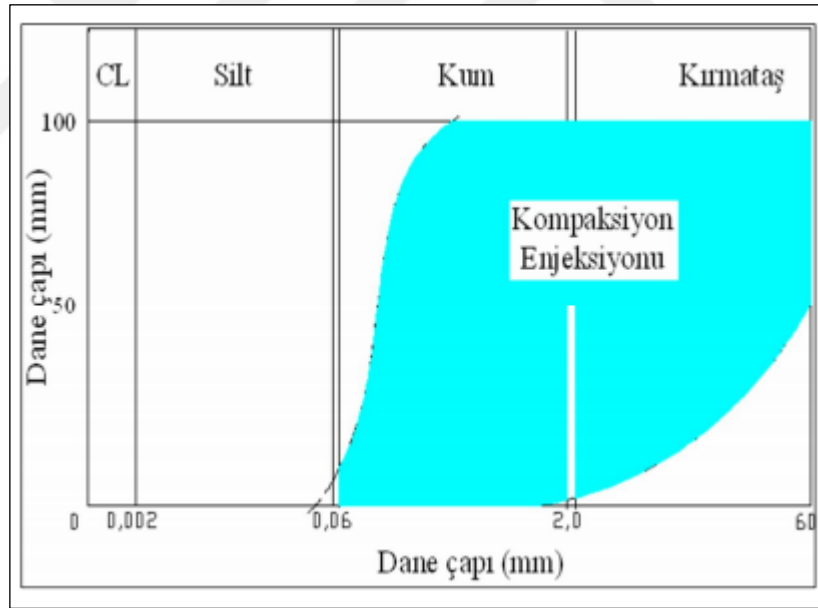
Şekil 3.3. Sıkıştırma enjeksiyonu

İlk olarak 1951 yılında Almanya’ da bir hidroelektrik santralini kaldırmak için uygulaması sağlanmıştır. Uygulama sonucunda zemine önemli ek hacimler girdiğinden kontrollü veya kontrolsüz sıkıştırma etkisi, ayrıca mevcut yapının istenen yönde ötelenerek hareket ettirilmiştir. Bu şekilde sıkıştırma enjeksiyonu yapıların

farklı oturmalarının giderilmesi, bunların yükseltilmesi ve ortamın sıkıştırılması sonucu taşıma gücünün yükseltilmesi gibi önemli bir fayda sağlayarak katkıda bulunmaktadır [13].



Şekil 3.4. Kompaksiyon dane dağılımları



Şekil 3.5. Kompaksiyon enjeksiyonu uygulama alanı

3.3.3.3. Emdirme enjeksiyonu

Permeasyon enjeksiyonu 1802 yılında Fransa da gelişme göstermiş bir metot olması haricinde kum ve çakıl benzeri zemin türlerinin mevcut halini kaybettirmeden iç kısımlarına düşük basınç ile gönderilmesi yöntemidir. Enjekte edilecek alanın şartları uygunluk sağlıyor ise enjeksiyon malzemesi çatlakların yanı sıra boşlukları da kolay

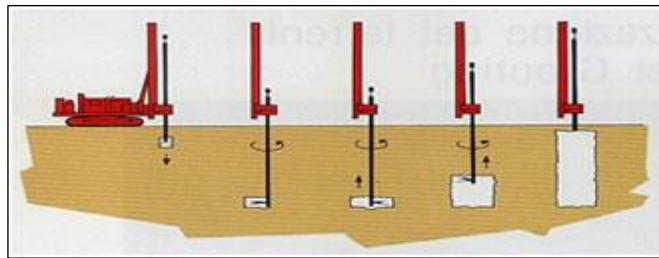
bir şekilde doldurarak kapatır ve daneli kısımların birbirini tutmasını sağlar. Bu şekilde uygulanarak kaymaya karşı mukavemeti, sıkışma ve geçirim özelliği, temelin yük kapasitesi artmaktadır. Permeasyon enjeksiyonu uygulama sırasında üst kısımlarda oluşacak olan şişmelerin olmaması için enjeksiyon sırasında o kısmın yükü eş değer yükünden fazla olmamalıdır. Permeasyon enjeksiyonu killi, çatlak olmayan kaya gibi düşük geçirimli alanlar ile sağlam zeminlerde kullanılması verimli bir enjeksiyon metodu olmayacaktır [14].

3.3.3.4. Kayada enjeksiyon

Kaya enjeksiyonu, bir kaya kütesindeki ince ve kalın çatlakların veya bunların birleştiği yerlerin geçirgenliğini azaltmak ve kaya kütesini sertleştirmek amacıyla, yeni çatlaklara neden olmadan veya var olan çatlakları genişletmeden enjeksiyon malzemesi ile tam olarak veya kısmen doldurulmasıdır.

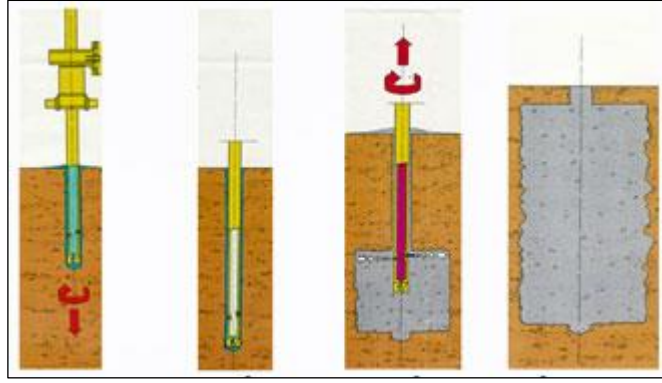
3.4. Jet Grout Metodu

Çalışmalara başlamadan önce öncelikli yapılan istenilen derinliğe normal delme makinaları ile rotariyle veya 90 mm çaplarında dıştan darbeli çekiçler ile delme yapılır. Bu işlemleri yaparken kullanılan su ve hava, bununla beraber bentonit süspansiyon ile su çimento karışımı içerisinde bulundurmaktadır. Süreç tamamlandıktan sonra ikinci olarak delgi tij uç kısmındaki delik kapatılıp monitör olarak adlandırılan kısma yatay bir şekilde 1,5-4,0 mm çaplı 1-4 tane püskürtme nozulu 400 ila 600 bar basınç ile yapılan jetleme enjekte edilmesi işlemidir. Bu nozulların ort. 250 m/sn hız ile çıkan bu malzeme büyük bir kinetik enerjiye sahip olduğu için alandaki zemini keser ve karıştırır devamında tijlerin sabit hızla dönmesiyle yukarı doğru harekette homojen yapısı değişmiş ve güçlendirilmiş bir zemin çimento karışımı kolonlar meydana gelmektedir [16].



Şekil 3.6. Aşamalar halinde jet grout

Yapılan çalışmalarda enjeksiyon hızları ve açıları, dönmesi sonrası geriye dönüş hızı, nozulun ne kadar olduğu ve çapının ne kadar olduğu gibi değişkenleri farklılaştırarak kullanılması ile zemini pek çok şekilde güçlendirilmesi sağlanır. Çakıl ile oluşan bir kohezyonsuz zemin ve kil ile oluşan kohezyonlu bir zeminin, kum ve farklı yapıda zeminlerin güçlendirilmesinde kullanılan bir metot olarak kullanılmaktadır. Enjeksiyonun yapımında tij ile birlikte arada kalan boşluklardan zemin üst kısmına farklı malzemelerde gelmektedir. Bu malzemelerin gelmesi iç kısımda basıncın olmadığı anlamına gelmektedir. Bu şekilde zemin içerisinde istenilen çaplarda ve boylarda kolonların oluşturulabilmektedir. Jet grout işlemi yapılırken 3 farklı şekilde kullanılan jet enjeksiyon vardır. Jet 1 enjeksiyonunda kesim işlemi ve dolgu sırasında enjeksiyon jeti kullanılır. Jet 2 enjeksiyonunda hava kullanılarak zemine uygulama işlemi yapılır. Jet 3 enjeksiyonunda ise hava ve su kullanılır. Jet 2 ile yapılan enjeksiyon siteminde ortak merkezli halkasal yapıya sahip iki ayrı borudan oluşan ve delme işlemi sırasında yüksek basınç ile enjekte işlemi yapılır. Çimento ve su karışımını 300 bar ila 600 bar arasında bir basınç ile iç kısımdaki borular dış borularda ise 8 bar ila 12 bar basınç farkıyla zemin kısımlarına hava gönderilmektedir. İçeri verilen hava sürünmesiyle kayıplar meydana gelmekte bunları azaltarak zemin ve çimento karışımı %60 ile %80 arasında kolon çaplarında bir artma sağlamaktadır. Jet 3 enjeksiyonunda delme işlemi sırasında su ve havanın kullanıldığı dolgu yapma esnasında enjeksiyon şerbeti kullanılmaktadır. Yine bu enjeksiyon sistemi ortak merkezli halkasal yapıya sahip üç boru ile işlem yapmaktadır. En iç boru 400 bar ila 600 bar basınç yaparken ortadaki boru bu basıncın 8 bar ila 12 bar fark ile en dış kısımda kalan boru ise orta da kalan borudan 30 bar ila 80 bar arasında enjeksiyon şerbeti basmaktadır. Jet 3 enjeksiyonu ile enjekte edilen şerbetin önü açıldığı için jet 1 enjeksiyonuna göre daha fazla derinlikte ilerlemeye olanak sağlamaktadır. Böylece jet 1 enjeksiyonunda kumlu zeminlerde 1 m çağında kolon elde edilirken, jet 2 ve jet 3 enjeksiyonunda 3 m çapına kadar kolonlar oluşturulmaktadır. Killi zeminlerde kumu zemine oranla jet 1 enjeksiyonu sırasında 60 cm ila 70 cm arasında görülürken jet 2 ve jet 3 enjeksiyonunda kolonlar içeriye giren hava ve su nedeniyle mukavemeti jet 1 enjeksiyon yöntemine göre biraz daha az olması kaçınılmaz bir durumdur.



Şekil 3.7. Enjeksiyon aşamaları jet enjeksiyon

Uygulamalar sırasında jet grout metodu ile farklı zemin mühendislik sorunları karşısında kullanımı uygun olmakta ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İyi bir tam teşekküllü ekipmanın olması için delgi makinası, yüksek basınca sahip bir pompaya, mikser ve çimento silosuna sahip olunması gerekmektedir. Projelerde planlanan derinliklere kadar bahsetmiş olduğumuz yöntemlerle delgi yapılarak kolon oluşturabilecek kapasite ile birlikte paletli ve tam hidrolik olması delme işlemini istenilen katmana kadar tij ile uğraşmadan tek seferde yapılabilmesi amaçlanmalıdır [16].

Kullanılan tijler alaşımli yapıya sahip olsa da birleşim yerlerinde bulunan keçelerin minimum 600 bar basınca dayanıklı olması gerekmektedir. Silodan alınan çimento mikserin içerisinde suyla birlikte karıştırılıp planlanan oranda meydana gelen enjeksiyon şerbet pompa ünitesine gönderilir. Daha sonra yüksek basınçlı pompa ile delme makinasına gönderilen şerbet delgi makinası ile tijlerin nozullarıyla birlikte zemine yüksek bir basınç ile iletimi sağlanmaktadır.

Serbest basınç mukavemeti ve deformasyon modülleriyle diğer değişkenler alandaki zeminin türüne, çimento su oranına bakılarak soilcrete in mekanik özelliği izlenmektedir. Tablo 3.2. farklı zemin türlerinde deformasyon $E_{jg} = 500 \text{ mpa}$ ile 12.500 mpa arasında kullanılabilir. Modülde belirtilen oran % 40 gerilme sınırını belirtmektedir. Kolonda oluşan deformasyonun zemine göre bakılacak olursa $E_{jg} / E_s = 10$ ila >250 olarak alınabilir [17].

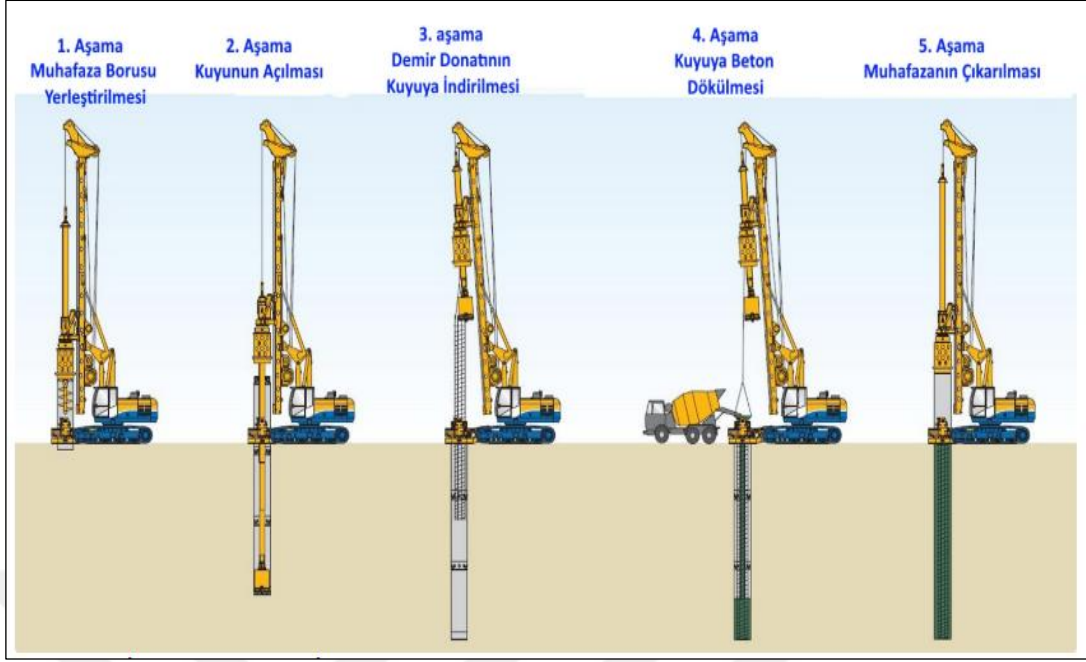
Tablo 3.2. Farklı zemin türlerine göre soilcrete modül oranı ve serbest basınç mukavemeti

Zemin Cinsi	Serbest Basınç Mukavemeti, f_{jg} ',Mpa	Modül Oranı(*), E/f_{jg} '
Kil	2-5	150
Silt	3-7	200
Kum	7-14	600
Çakıl	12-18	900

Ayrıca jet enjeksiyon ile zeminin oturması ve taşıma kapasitesi kontrol edilirken yumuşak zeminin içerisinde açılmış tünelde kesit üstünde taşıyıcıya, killerde ise katmanları fazla olan kazı temeli altında payanda bağlantısı şeklinde kullanılmasında sakınca yoktur. Son olarak bu yöntem ile sıvılaşmanın olduğu zeminlerde riziko oranı azaltılması sebebiyle kullanımı pek çok alanda kullanılmaktadır [15].

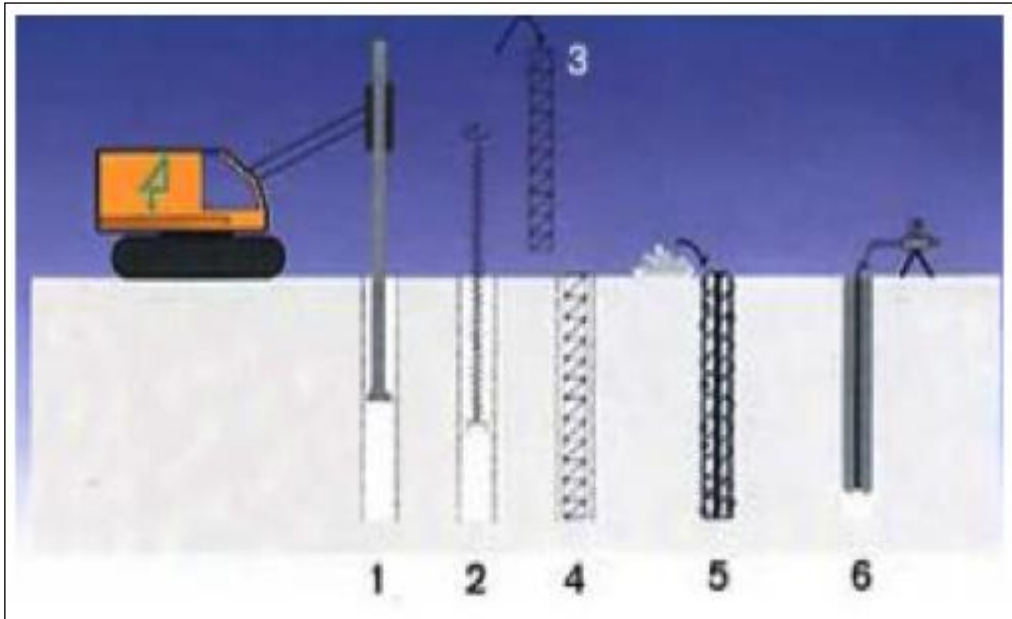
3.5. Fore Kazık-Mini Kazıklar

Fore kazık kendi gücü ile dayanımını sağlayan veya sağlayamayan zeminler ile temel kısmında oluşacak olan sismik hareketlenmenin önlenmesinde kullanılmak için ortaya çıkarılan yerinde dökülen bir kazık sistemidir. Depremde meydana gelen zemin içerisindeki gerilmeleri azaltmada etkili bir metot olması ile derin temel olarak da bilenen fore kazık kolon halinde içerisinde donatı bulunan beton bit kütlelen oluşmaktadır. Delme işlemleri 45 cm ila 150 cm çapları arasında, delinen zeminin iç kısmına doğru donatı bırakılır ve beton ile doldurularak meydana getirilen bir kazık yöntemidir. Yanal hareketlenmelere ve yan parsellerde bulunan zemin ve temellerin sıkışmasına neden olmaması sebebiyle kullanımı önemlidir.



Şekil 3.8. Aşamalar halinde fore kazıklar

15 cm ila 35 cm çapları arasında kullanılan mini kazık yöntemi ise genel olarak fore kazık yöntemindeki delgi işlemi gerçekleştirilir. Aynı şekilde delik içerisine donatı bırakılarak sonrasında beton dökümü yapılır. Bu şekilde yerinde kazığın yapımı sağlanmış olacaktır.



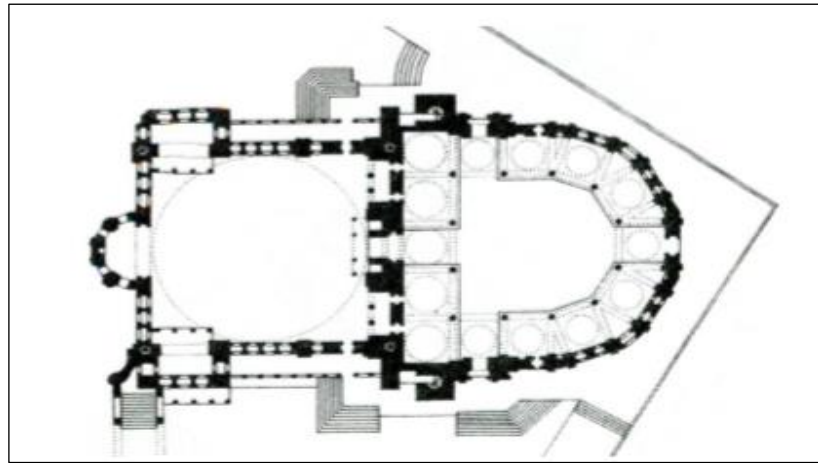
Şekil 3.9. Aşamalar halinde mini kazıklar

4. TARİHİ YAPILARDA GÜÇLENDİRME ÖRNEKLERİ

4.1. Nur-u Osmaniye Cami

Osmanlı mimarlık tarihinde bir dönüm noktası olarak kabul edilen ve 'Osmanlı Baroğu' ismi verilen üslubuyla yeni dönemin en önemli temsilcisi sayılan Nur-u Osmaniye Camii aynı adı taşıyan külliyesinin bir parçası olarak Fatih ilçe sınırları içinde, Çemberlitaş'ın kuzeybatısında, Doğu Roma döneminde ünlü Constantinus Forumu'nun bulunduğu alanda yer almaktadır. Cami barok üslubu yanında, klasik dönemden farklılaşan oval geometrili bir avluya sahiptir (Şekil 4.1.). 18.yy Osmanlı Mimarlığı'nın en güçlü simgesi olan Nur-u Osmaniye Külliyesi'nin inşaatı 1748 yılında Sultan I. Mahmud döneminde başlamış, vefatından sonra 1755 yılında kardeşi III. Osman'ın saltanatı döneminde tamamlanmıştır. Külliyesinin yapım süreci, Bina Kâtibi Ahmet Efendi tarafından detaylı olarak kaleme alınmıştır.

Risaleye göre şehrin önemli bir noktasında konumlanması ve cemaatinin kalabalık olma ihtimalinin kuvvetinden dolayı caminin büyük bir selâtin camisi şeklinde yapılmasına karar verilmiştir. Nur-u Osmaniye Camii inşaatını 1749 yılı Ocak ayında başlatan Sultan I. Mahmut'un 1754'de vefatı üzerine kardeşi Sultan III. Osman külliyei tamamlatarak kendi ve devletin ismine izafeten Nur-u Osmânî adını verdiği camiyi Aralık 1755'de ibadethane olarak açılmasına izin vermiştir [18].



Şekil 4.1. Nur-u Osmaniye Cami planı

4.1.1. Mevcut Durum Tespiti

Risalede temelin inşası, hafriyat çalışmaları ile kazı çevresinde iksalara ve ahşap iskele ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır. Cami inşa edilmeye başlandığı sırada avlu giriş aks üstünde yer alan bir yerde kılavuz kuyusu açılarak 1749 yılında ocak ayında temelin atıldığı bahsedilmektedir.

Zemin tabakaları ile yer altı suyu seviyelerine bakıldığında bulunan bilgiler neticesinde yapının temeli uygun bir derinlikte yapılmıştır. İnşa edilen yapı için yapılan bu çalışma aslında zemine yapılan bir sondaj çalışması da diyebiliriz. Uygulanan sistem mesul olan teknik kişiler tarafından doğru bir şekilde yapılmıştır.

Zayıf zemin katmanı belirli bir derinliğe kadar devam ettiğinde söz konusu zayıf zemini çıkarıp temel yapmak pratik olarak anlamlı bulunmayarak kazık temel sistemi tercih edilmesine dikkat edilmiştir. Özellikle köprü temellerinde, sahillerde ve yer altı suyu bulunan alanlarda çalışırken kazık temel sistemi önemli imkanlar getirerek bu tür zeminlerde temel inşaatı ahşap kazıkların çakılması ve üzerine bir ızgara sisteminin teşkil edilmesiyle temel sağlamlaştırılmıştır. [19].

Nur-u Osmaniye Camii zeminin katmanları inceleyecek olursak;

- 5 m - 8 m arasında suni dolgudan,
- Alt kısmında kum çakıl tabakalı yeşil renkli kil - marn
- En alt kısmında da grovak killi şistten oluşmaktadır.

Sondaj yapıldığında 22 m derinlikte ana kayaya rastlanıldığı ifade edilmektedir [20]. Sondaj verileriyle risalede verilen bilgiler birlikte değerlendirildiğinde, kazı ve kazık derinliğinin toplamının 27,5 arşın olması nedeniyle kazıkların yaklaşık olarak ana kayaya oturtulduğu belirlenmektedir.

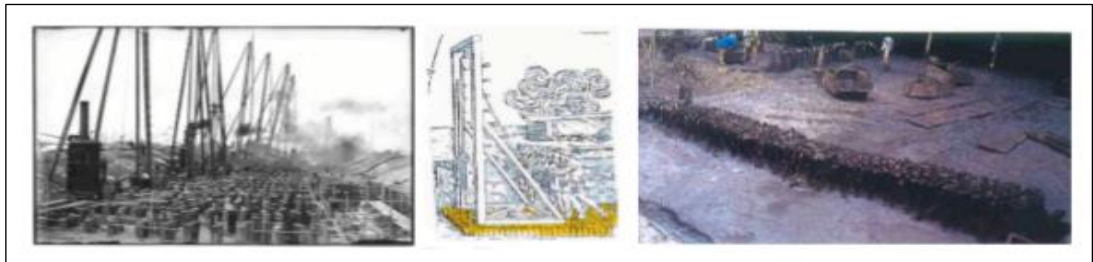
Nur-u Osmaniye Cami temelinde kullanılan ahşap kazıkların yapı yüklerinin zemine aktarılmasında faydası olduğu tartışılmaz bir husus olmakla birlikte, kazıkların asıl fonksiyonunun büyük yapı yükleri altında zeminde meydana gelebilecek farklı oturumların engellenmesi olduğu düşünülebilir. Kazıkların çakıldığı kumlu-kil ve ayrılmış killi şist tabakasında, üzerindeki zemin katmanlarının kazılarak kaldırılması sonrasında, yer altı suyu ile ortaya çıkabilecek şişmelerin gerçekleşmesi mümkündür.

Bu durum değerlendirildiğinde kazıkların, temelde meydana gelebilecek oturmaların önlenmesi veya azaltılmasını sağlaması bakımından oldukça önemli bir işlev üstlenmektedir.

4.1.2. Temel malzeme seçimi

Kazık temel sistemi ahşaptan oluşuyorsa ahşap elemanları su altında bulundurmamak elzemdir. Ahşap kazıklar ve kazıkların üzerinde yer alan ahşap ızgara sistemi su altında tutulursa teorik olarak ömrü sonsuzken ahşap kazık ıslanma kuruma çevrimlerine maruz kalırsa 10-15 yıl içinde çürüyüp bozulacaktır. Sürekli su altında bulunan zayıf ve orta sertlikteki zeminlerde ladin ve köknar oldukça iyi sonuçlar vermiş, daha sert zemin zeminlerde ise sert çam, karaağaç ve kayın, daha da sert zeminlerde sert meşe ağaçları başarıyla kullanılmıştır. Islanma kuruma çevrimlerine maruz kalan yerlerde ise beyaz meşe veya sarıçam kullanılmıştır. Birinci sınıf ahşap kazıklar beyaz meşe, çam, köknar, beyaz ve kırmızı sedir, kestane, kızılbaş ve selviden yapılmalıdır [21].

Ahmed Efendi risalesinde Nur-u Osmaniye'deki kazık aralıklarının iki arşın parmağı (6-7 cm) mesafede olduğunu zikretmiştir. Cami altındaki zemin katmanları ve konsolidasyon özellikleri düşünüldüğünde bu kadar sıklıkla kazık çakılması hemen hemen imkansız görüldüğünden bu ifadede bir aktarım hatası olabileceği akla gelmektedir. Söz konusu ifadelerden mümkün olduğunca sık kazık çakıldığı anlaşılabilir. Yapıyı inceleyen Aksoy kazık aralıklarını net bir bilgi olmadığı için kendi çiziminde yorumuyla 1.5m olarak vermiştir [20]. Bununla birlikte kazıkların taşıdıkları yük ve üzerindeki yığma temel sisteminin monolitik olmayan özellikleri dikkate alındığında kazıkların çok da seyrek imal edilmemesi gerektiği bilinmektedir [22].



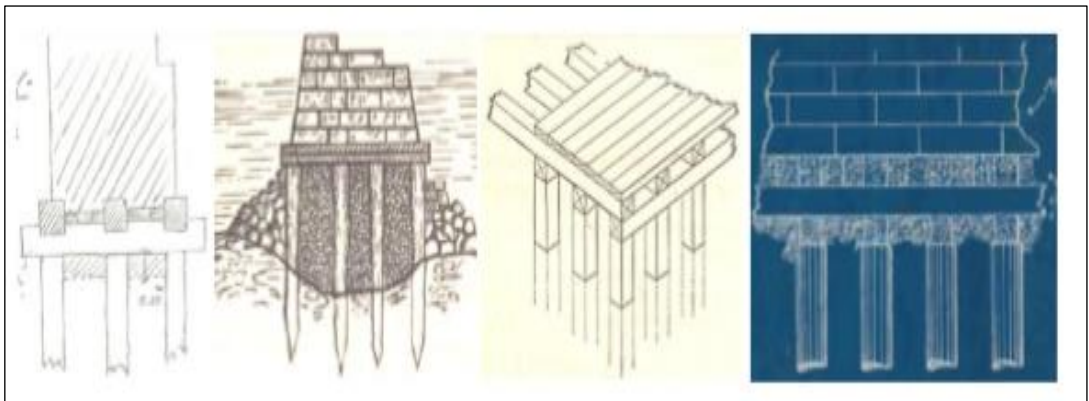
Şekil 4.2. 20. yüzyılda Campanella kazık yapımı ve eski San Marco sineması temeli ahşap kazık sistemleri

4.1.3. Kullanılan metot

Genellikle kazık sistemi üzerine yapılan horasan, kireç ve moloz karışımından oluşan rıhtımın ancak belirli bir sıklıktaki kazık sistemi üzerinde durabilmesi mümkündür. Bu sebeple kazıkların çok seyrek olması zımbalama benzeri sorunlar ortaya çıkarabileceğinden kazıklar mümkün olduğunca sık çakılmış ve ayrıca kazıkların üzerine ızgara sistemi de teşkil edilmiştir. Temel düzleminde her iki yönde döşenen ahşap elemanlar kazıkların başında bir ızgara sistemi oluşturmak için yerleştirilmekte ve böylece temelden gelen yüklerin güvenli bir şekilde kazıklara aktarılması sağlanmaktadır. Aynı zamanda kazıkların arasında ve üstünde yer alan horasan-moloz karışımı, bir çeşit radye temel olarak tanımlanabilecek katmanın zımbalamasının önüne ızgara sistemi sayesinde geçilebilmektedir.

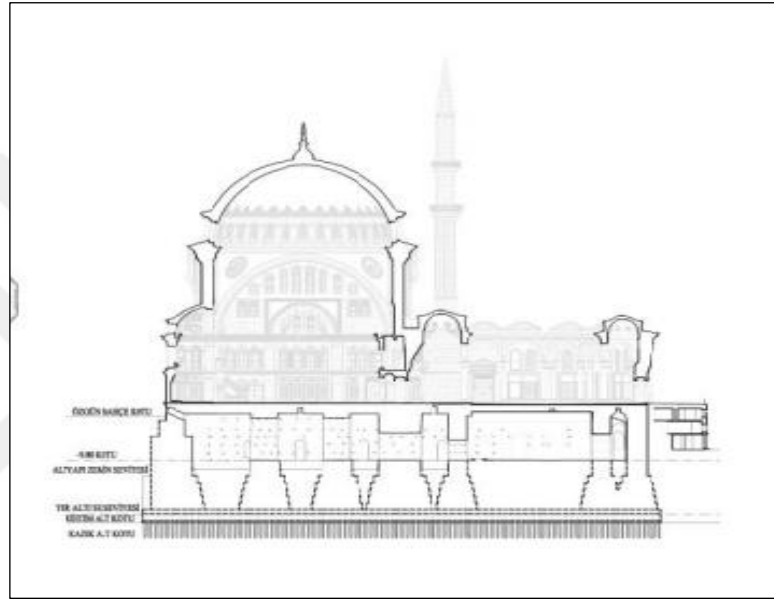
Ahmed Efendi risalesinde bahsettiği de Nur-u Osmaniye Camii inşaatına ait bir arşiv belgesinde bulunan ızgara ifadesinden temelde bir ahşap ızgara sisteminin varlığı bilinmektedir [23]. Nur-u Osmaniye Camii temelinde kazıkların çakılması ve ızgara teşkilinden sonra kazıklar üzerine iki kat kireç ve bir kat halis horasan ile beyaz taş molozdan oluşan bir rıhtım yapılarak birkaç arşın yüksekliğe kadar yükseltilmiştir. Yapı yükleri bu temel katmanından geçerek daha alttaki ızgara ve kazık sistemine aktarılmaktadır.

Izgara sistemi tarihte, zemin şartları, yapı özellikleri vb. nedenlerle pek çok farklı şekilde kullanılmıştır (Şekil 4.3.). Izgaralı pek çok örnekte ilk ızgara sırasının üzerindeki elemanlarda, alttaki sıraya sabitlenebilmesi için bir yuva-çentik açıldığı görülmektedir [24-25-26-27].

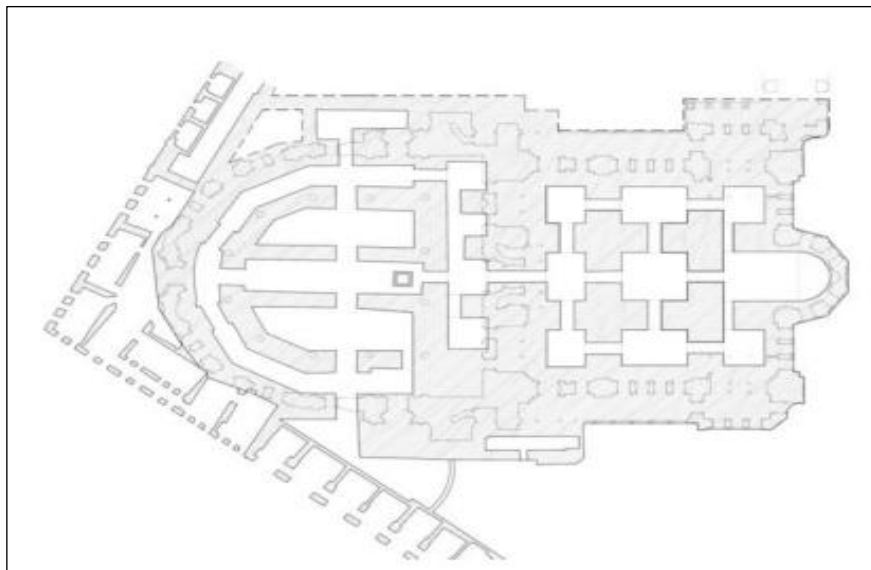


Şekil 4.3. Ahşap ızgara sistemleri

Nur-u Osmaniye Camii temelinde ahşap kazıkların çakılmasından sonra ızgaralar teşkil edilmiş sonra da horasan, kireç ve moloz karışımından oluşan dolgu yapıldıktan sonra sıra kargir taş temellerin yapılmasına gelmiştir. Genellikle kargir taş temeller geniş bir kesitle başlamakta ve ampattanlar vasıtasıyla daraltılarak yükseltilmektedir. Yığma temellerde ampattanlar yapılırken kesitin aniden değişmemesi ve derzlerin ampattanları dikkate alınarak düzenlenmesi gereklidir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Nur-u Osmaniye Camii altyapı kesiti



Şekil 4.5. Nur-u Osmaniye Camii altyapı planı

4.1.4. Sonuç

Çalışmamızda Nur-u Osmaniye Cami temel in yapım sistemi, ilk olarak Ahmed Efendi risalesi ve çeşitli evraklar, yayın ve yapılan benzer inşalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda araştırılması gerektiğidir. Etkin bir temel takviye metodu olarak ahşap kazık ve ızgaralı temel sistemi tarihi yapılarda kullanılmıştır. İstanbul gibi denize kıyısı olan ve yer altı su seviyesi farklılık gösteren yerlerde ahşap kazıklı temellerin bakımına ve kontrolüne ihtimam gösterilmesidir.

4.2. İzmit Tarih Koridoru Kapanca Sokak Tescilli Yapı

4.2.1. Mevcut durum tespit

Kocaeli ili, İzmit ilçesi, Kapanca sokak, bulunan tescilli yapının rölöve, restitüsyon ve restorasyon projeleri 2010 tarihinde Koruma kurulu tarafından onaylanmıştır. 3 katlı olan yapının bodrum katı yığma sistemde, zemin ve 1. kat ahşap karkas sistemdedir. Yapının cephe kaplaması 1994 yılında sokak sağlıklılaştırma kapsamında yenilenmiştir.

Yapıda 18 Aralık 2014 tarihinde yangın çıkmıştır. 31 Aralık 2014 tarihinde de bahçedeki istinat taş duvar yoğun yağış sebebiyle yıkılmıştır. Bu olumsuz durumların yaşanması yapı taşıyıcı sistemine ciddi zarar vermiştir.

Restorasyonuna 20.10.2015 tarihinde başlanılan tescilli yapı üzerinde ağırlık oluşturmaması için çatıdaki kiremitlerin sökümü yapıp, koruma örtüsü serilmiştir. Daha sonra iç ve dış sıva sökümleri yapıp, taşıyıcı sistemi açığa çıkarılmıştır. Yapının cephe kaplaması ve duvarlardaki bağdadi çitalarının bina stabilitesi açısından risk yaratmaması için tamamen sökümü yapılmamıştır.

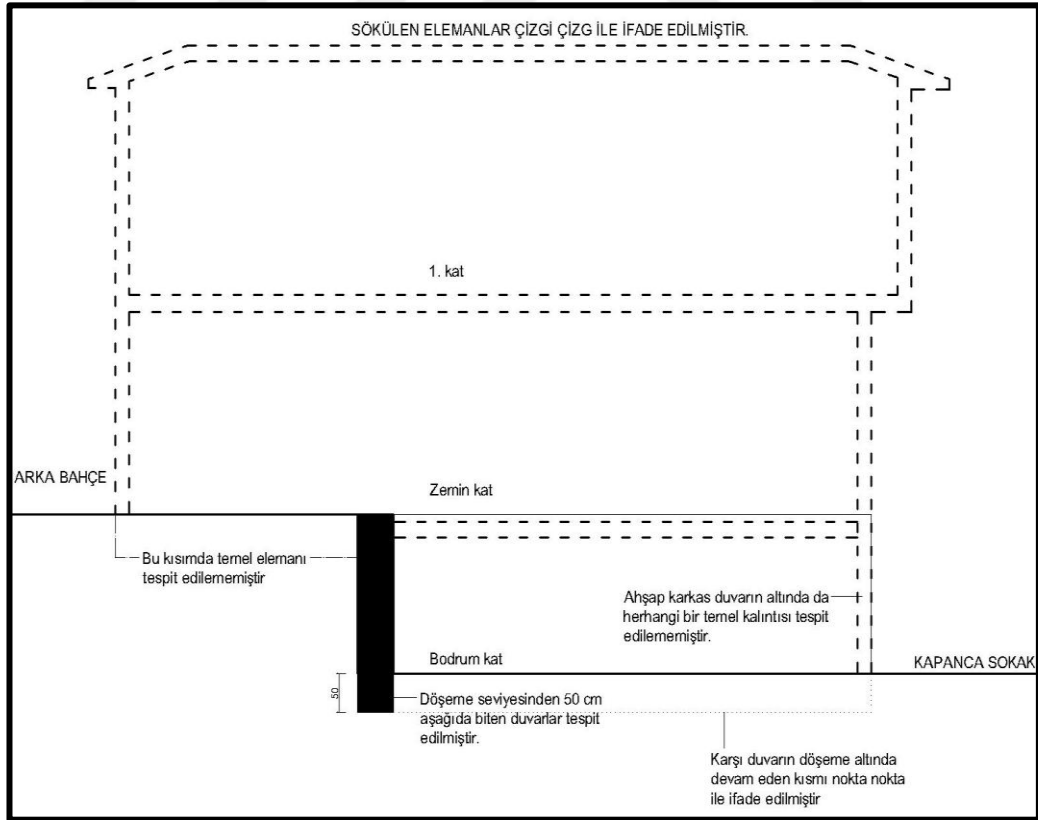
Ahşap taşıyıcı sistem elemanlarında; fiziksel bozulma (boyutsal değişim, kuruma, çarpılma, iklimsel yıpranma, renk değişimi), biyolojik bozulma (çürüme, mantarlaşma) ve bağlantı kopukluğu görülmüş, Bodrum kat moloz-tuğla almalı duvarlarında raspa sonrası özgün olmayan malzemeler (beton, gaz beton vb.) tespit edilerek rapor hazırlanmıştır. Mevcut taşıyıcı sistem fotoğraflanarak, mevcut ve öneri taşıyıcı sistem projeleri hazırlanmıştır. Öneri restorasyon projesinde Çatı, Bodrum, Zemin ve 1. Katı oluşturan ahşap taşıyıcı sistem elemanlarının, tavan-döşeme-cephe

kaplamalarının değişimi önerilerek; proje ve raporlar Koruma Kurulunca onaylanmıştır.

Zemin, 1. Kat ve çatı sistemindeki ahşap elemanlarının hepsinde değişim yapılacağı kararı sonrası önce çatı konstrüksiyonu sonra 1. Kat cephe, tavan, döşeme ve ahşap taşıyıcı sistemi, 1. Kattaki anlayışla aynı şekilde zemin kat sistem elemanlarının sırayla elle sökümü yapılmıştır. Söküm sonrası yapının yalnızca bodrum kat taş duvarları ve bahçe giriş merdivenleri kalmıştır.

Bodrum kat duvarları sıvasız kuzey ve batı duvarları 50 cm, toprak yükü binen doğu duvarı 35 cm olarak tespit edilmiştir. Duvarlarda kullanılan taşın yanı sıra tuğla, gaz beton, beton parçalarına rastlanmıştır.

Söküm sonrası bodrum kat ve zemin katın toprağa oturan kısmında temel muayenesi için belirlenen bölgelerde kazı yapılmıştır. Bodrum kat yığma duvarlarının döşeme seviyesinden yaklaşık 50 cm daha derine düz olarak devam ettiği herhangi bir temel pabucuna sahip olmadığı tespit edilmiştir. Zemin kat kısmının oturduğu toprak kısmında ise herhangi bir temel elemanı tespit edilememiştir.



Şekil 4.6. Tescilli yapı A-A Kesiti

4.2.2. Yerinde inceleme ve söküm



Şekil 4.7. Bodrum kat arkası toprak olan kuzey duvarı ve köşesinde açılan temel muayene çukuru

Bodrum kat kuzey duvarı, bodrum kat kuzey duvarı 50 cm kalınlığında arka yüzeyi toprağa basmaktadır. Duvarın temel pabucu bulunmamaktadır. Duvar döşmeden yaklaşık 50 cm toprağın altında devam etmektedir.



Şekil 4.8. Bodrum kat batı (soldaki) ve kuzey (sağdaki) duvarı



Şekil 4.9. Batı duvarında açılan temel muayene çukuru



Şekil 4.10. Bodrum kat batı duvarı

Bodrum kat batı duvarı, bodrum kat kuzey duvarı 50 cm kalınlığındadır. Duvarın temel pabucu bulunmamaktadır. Duvar döşmeden yaklaşık 50 cm toprağın altında

devam etmektedir. Duvarda çok çeşitli malzeme kullanımı söz konusudur. Dış cephe kısmında ahşap elemanlarda bulunmaktadır. Ahşap elemanlar tamamen çürümüş durumdadır. Cephede gaz beton, beton parçaları, tuğla parçaları kullanımı söz konusudur. Duvarın kalınlığı yeterli gözükse de niteliksiz malzeme ile yapılan tadilatlar duvarın taşıyıcılığını azaltmıştır [28].



Şekil 4.11. Bodrum kat her ikisinin de arka yüzeyi toprak olan kuzey (soldaki) ve doğu (sağdaki) duvarının durumu



Şekil 4.12. Doğu duvarında açılan muayene çukuru sonrası kısmi çökme oluşumu

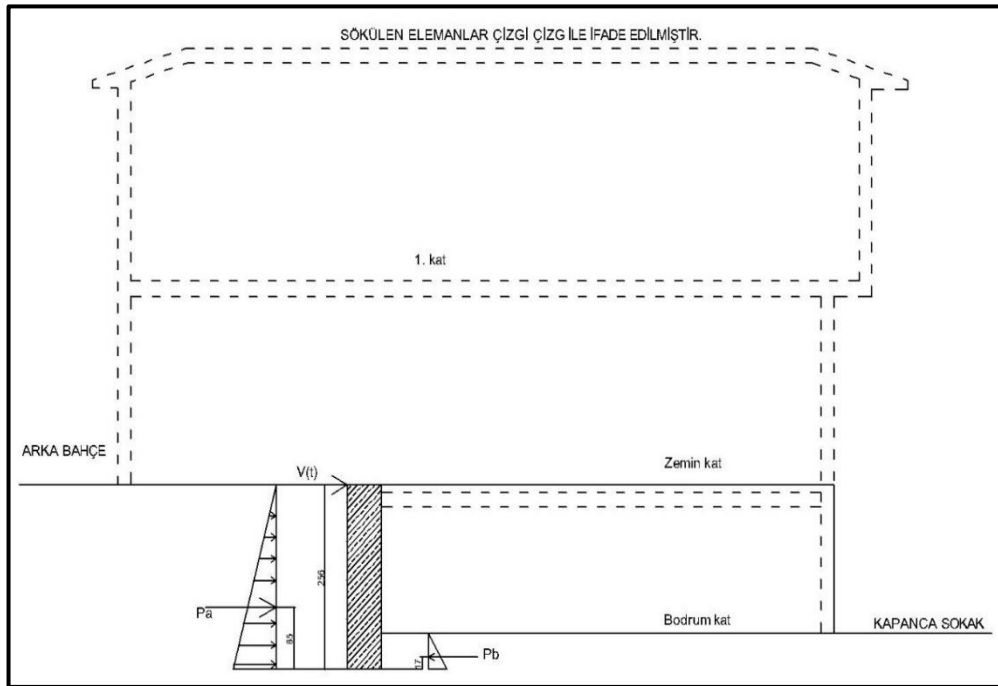
Bodrum kat doğu duvarı. bodrum kat arka yüze toprağa basan doğu duvarında duvar sahinında kaymalar mevcuttur. Farklı malzeme kullanımı tespit edilmiştir. Arka yüzü toprağa basan taş duvarın 35 cm olan duvar kalınlığı yetersiz görünmektedir. Duvarın temel pabucu bulunmamaktadır. Duvar döşemeden yaklaşık 50 cm toprağın altında devam etmektedir. Doğü duvarının kuzey duvarı ile kesiştiği köşede taş örgü sistemi ve küçük taş boyutları yetersiz bir birleşim detayı oluşturduğunu göstermektedir.

Mevcut durum tespiti yapıldıktan sonra bodrum kat yığma duvarların durumu ve temel detay eksiklikleri statik açıdan tehlikeli görüldüğü için statik rapor hazırlandı.

4.2.3. Kullanılan metot

Mevcut yapı bir adet taş duvardan teşkil edilmiş yarım bodrumdan ibarettir. Bununla beraber mevcut bodrum yapısı üzerine 1 zemin + 1 normal katlı aşağıda planları verilmiş olan ahşap yapının imal edildi.

Statik hesaplarda tasarlanan ahşap yapıdan gelecek olan zati + hareketli yükler ve deprem yükleri hesaplanmış, hesaplanan kuvvetler etkisinde mevcut taş duvarların yönetmeliklerde verilen sınır değerler için yeterli olup olmadığı tahkik edilmiştir.



Şekil 4.13. Sistem kesiti

Yapı Ağırlığının Hesaplanması :

1.normal kat : Alan : 50,03 m²

Zati yük : 250 kg/m² Hareketli yük : 150 kg/m² (TS498)

Zati yük = 1,4x50,03x250 = 17510 kg = 17,5 ton

Hareketli yük : 1,6x50,03x150 = 12007 kg = 12 ton

Toplam kat ağırlığı = 17,5 + 12 = 29,5 ton

Zemin kat : Alan : 43,90 m²

Zati yük : 250 kg/m² Hareketli yük : 150 kg/m² (TS498)

Zati yük = 1,4x43,9x250 = 15365 kg = 15,4 ton

Hareketli yük : 1,6x43,09x150 = 10341 kg = 10,3 ton

Toplam kat ağırlığı = 15,4 + 10,3 = 25,7 ton

Toplam yapı ağırlığı :

29,5 ton + 25,7 ton = 55,2 ton

Taban Kesme Kuvveti Hesabı, Denklem (4.1)'de hesaplanmıştır.

Etkin yer ivmesi kat sayısı, A₀ : 0,4

Yapı önem kat sayısı, I : 1

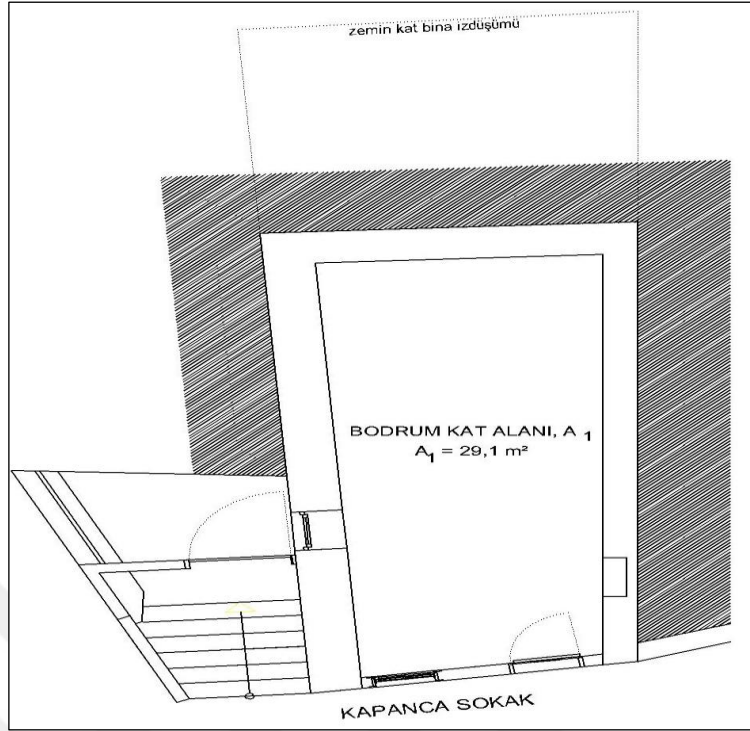
Spektrum kat sayısı, S(T) : 2,5

Yapı ağırlığı, W = 32,9 + 22,3x0,3 = 39,59 ton

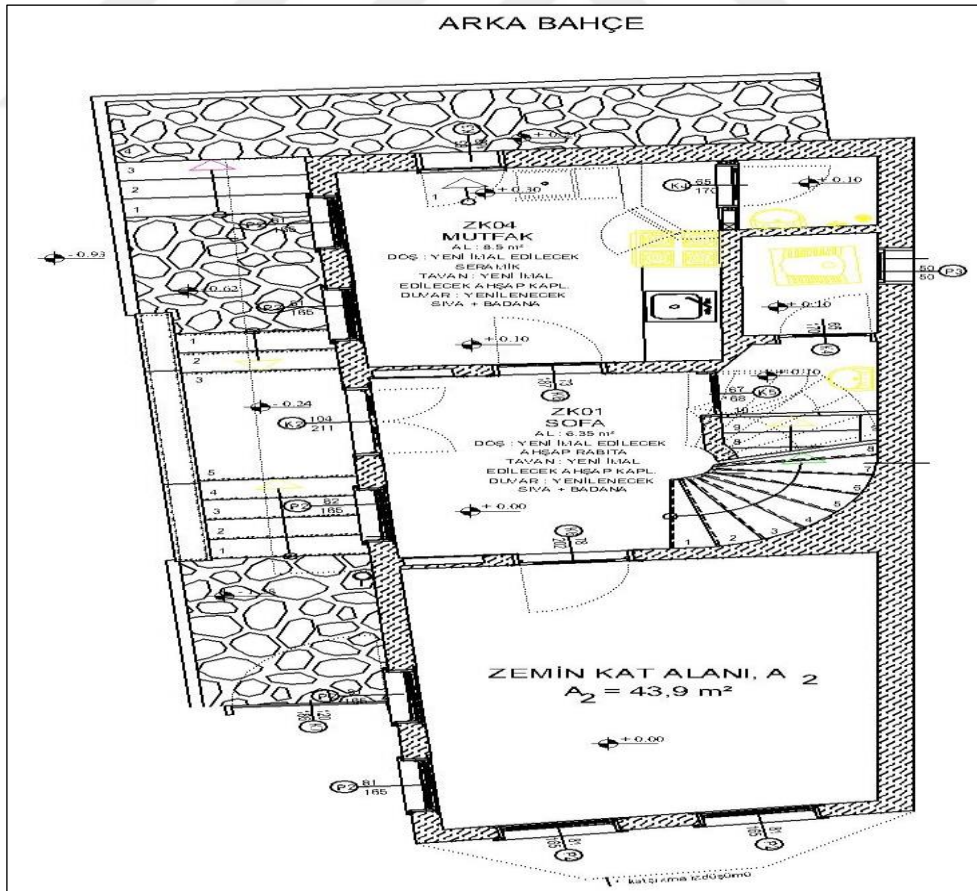
Taşıyıcı sistem davranış kat sayısı , R : 2

$V(t) = [(A_0) \times (I) \times (S) \times (W)] / R$ (4.1)

$V(t) = [0,4 \times 1 \times 2,5 \times 39,59] / 2 = 19,8 \text{ ton}$



Şekil 4.14. Bodrum katın kat planı



Şekil 4.15. Zemin katın kat planı

Bodrum kat alanı, $A_1 = 29,1 \text{ m}^2$

Zemin kat alanı, $A_2 = 43,9 \text{ m}^2$

Taban kesme kuvveti yapıda kat alanları oranında Denklem (4.2)'de dağıtılacaktır.

$$A_1/A_2 = 29,1/43,9 = 0,663$$

$$V(b) = V(t) \times [A_1/A_2] \quad (4.2)$$

$V(b) = V(t) \times [A_1/A_2] = 19,8 \text{ ton} \times 0,663 = 13,12 \text{ ton}$ (X ve Y yönü için ayrı ayrı etki ettirilecektir.)

Duvar Kayma Emniyet Gerilmesi Hesabı:

Tablo 4.1. Narinlik oranına göre emniyet gerilmeleri için azaltma katsayıları

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

Temel Taş Duvarları Narinlik Oranı Hesabı :

$$H/B = 2,56/0,53 = 4,83 \rightarrow \text{Narinlik azaltma katsayısı tablodan 1 seçilir.}$$

Duvar basınç gerilmesinin hesaplanması :

$$\text{Toplam ağırlık} : 55,2 \text{ ton} \times [A_1/A_2] = 55,2 \times 0,663 = 36,59 \text{ ton}$$

$$\text{Toplam duvar en kesit alanı} : 9,3 \text{ m}^2$$

$$\text{Basınç gerilmesi, } \sigma = 36,59 / 9,3 = 3,93 \text{ t/m}^2 = 0,393 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Duvar sürtünme katsayısı, } \mu = 0,5$$

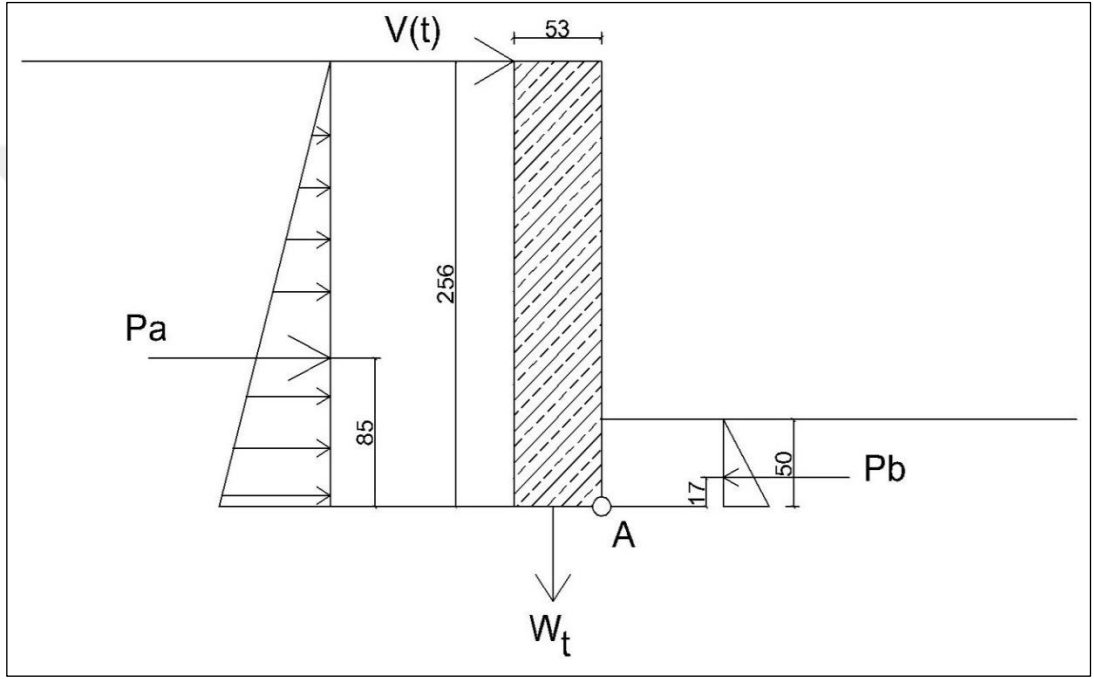
TDY 2007 Madde 5.3.3.4 Denklem (4.3)'te verilmiştir.

$$\tau_{em} = \tau_o + ((\mu) \times \sigma) \quad (4.3)$$

τ_o : Duvar çatlama dayanımı yönetmelikte çimento takviyeli duvarlar için verilmiş olup, duvar harcı kireç-toprak karışımı olduğundan çatlama dayanımı 0,5 ile çarpılacaktır.

$$\tau_{em} = 0,5 + 0,5 \times 0,393 = 0,69 \text{ kg/cm}^2$$

Duvar basınç gerilmeleri tahkiki aktif toprak basıncı Denklem (4.4)'de ve pasif toprak basıncı Denklem (4.5)'te verilmiştir.



Şekil 4.16. Duvar basınç gerilmeleri

$$K_a \times (h) \times (x) = 0,33 \times 2,56 \times 1,80 = 1,52 \text{ ton/m} \quad (4.4)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times h^2 \times (x) = \frac{1}{2} \times 0,33 \times 2,56^2 \times 1,80 = 1,95 \text{ ton/m} \quad (4.5)$$

Aktif zemin itkisi altında tabanda gerçekleşen eğilme momenti: $1,95 \times 0,85 = 1,66$ tonm

X yönü kargir duvar mukavemet moment hesabı Denklem (4.6)'daki gibidir.

$$W = (b) \times h^2 / 6 = 1 \times 0,53^2 / 6 = 0,0468 \text{ m}^3 \quad (4.6)$$

Y yönü kargir duvar mukavemet moment hesabı Denklem (4.7)'de hesaplanmıştır.

$$W = (b) \times h^2 / 6 = 1 \times 0,37^2 / 6 = 0,0228 \text{ m}^3 \quad (4.7)$$

$$X \text{ yönü için gerilme : } \sigma = [1,66 \times 10^5] / [0,0468 \times 10^6] = 3,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y \text{ yönü için gerilme : } \sigma = [1,66 \times 10^5] / [0,0228 \times 10^6] = 7,28 \text{ kg/cm}^2$$

Duvar ucunda gerçekleşen toplam basınç gerilmesi tahkiki :

$$X \text{ yönü için toplam } \sigma = 3,55 + 0,393 = 3,943 \text{ kg/cm}^2 > 3 \text{ kg/cm}^2 \text{ emniyetli değildir.}$$

$$Y \text{ yönü için toplam } \sigma = 7,28 + 0,393 = 7,673 \text{ kg/cm}^2 > 3 \text{ kg/cm}^2 \text{ emniyetli değildir.}$$

$$X \text{ yönü : } \tau_{zem} 1,52/0,53 = 2,87 \text{ t/m}^2 = 0,287 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y \text{ yönü : } \tau_{zem} 1,52/0,37 = 4,1 \text{ t/m}^2 = 0,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$X \text{ yönü etkin duvar alanı : } 2,12 \times 0,18 + 4,04 \times 0,53 = 2,52 \text{ m}^2$$

$$Y \text{ yönü etkin duvar alanı : } 6,42 \times 0,56 + 6,09 \times 0,37 = 5,84 \text{ m}^2$$

X-X Yönü Kesme Dayanımı Tahkiki :

$$\tau = [(18,3/2,52)^2 + (2,87)^2]^{1/2} = 7,8 \text{ t/m}^2 = 0,78 \text{ kg/cm}^2 > 0,69 \text{ kg/cm}^2 \text{ emniyetli değildir}$$

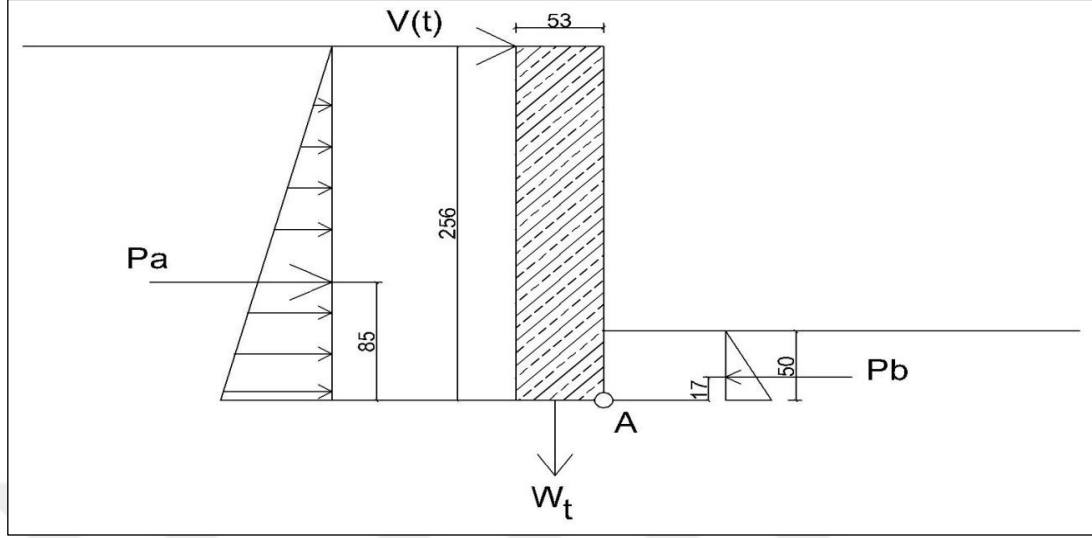
Y-Y Yönü Kesme Dayanımı Tahkiki :

$$\tau = [(18,3 / 5,84)^2 + (4,1)^2]^{1/2} = 5,16 \text{ t/m}^2 = 0,52 \text{ kg/cm}^2 < 0,69 \text{ kg/cm}^2$$

Tablo 4.2. Duvarların çatlama emniyet gerilmesi

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Çatlama
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az,(çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.25
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den fazla, (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.12
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.15
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	<u>0.10</u>
Gazbeton (tutkal ile)	0.15
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.20

Devrilme Tahkiki:



Şekil 4.17. Taş duvar matematik modeli

Aktif toprak basınç katsayısı, $K_a = 0,33$

Pasif toprak basınç katsayısı, $K_p = 3$

$\gamma = 1,80 \text{ t/m}^3$

Denklem (4.8)'de aktif toprak basıncı hesabı yapılmıştır.

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma \times h^2 \times x = \frac{1}{2} \times 0,33 \times 2,56^2 \times 1,80 = 1,95 \text{ ton/m} \quad (4.8)$$

Denklem (4.9)'da pasif toprak basıncı hesabı yapılmıştır.

$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma \times h^2 \times x = \frac{1}{2} \times 3 \times 0,50^2 \times 1,80 = 0,675 \text{ ton/m} \quad (4.9)$$

$$W_t = 2,56 \times 0,53 \times 2,1 = 2,85 \text{ ton/m}$$

Devrilme tahkiki Denklem (4.10)'da hesaplanmıştır.

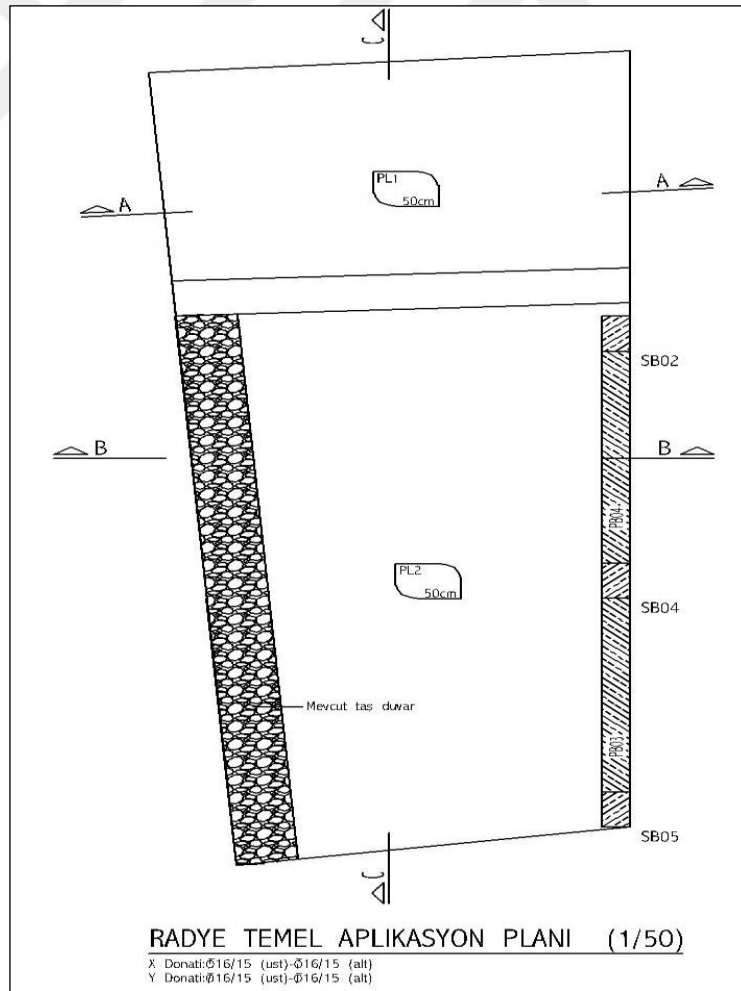
$$\sum MA = \frac{\text{DİRENEN KUVVETLER}}{\text{DEVİREN KUVVETLER}} = \frac{(W_t) \times 0,26 + (P_b) \times 0,17}{(P_a) \times 0,85 + V(t) \times 2,56} = \frac{2,85 \times 0,26 + 0,675 \times 0,17}{1,95 \times 0,85} \quad (4.10)$$

$$\sum MA = \frac{0,856}{1,66} = 0,52 < 2 \text{ emniyetli değildir.}$$

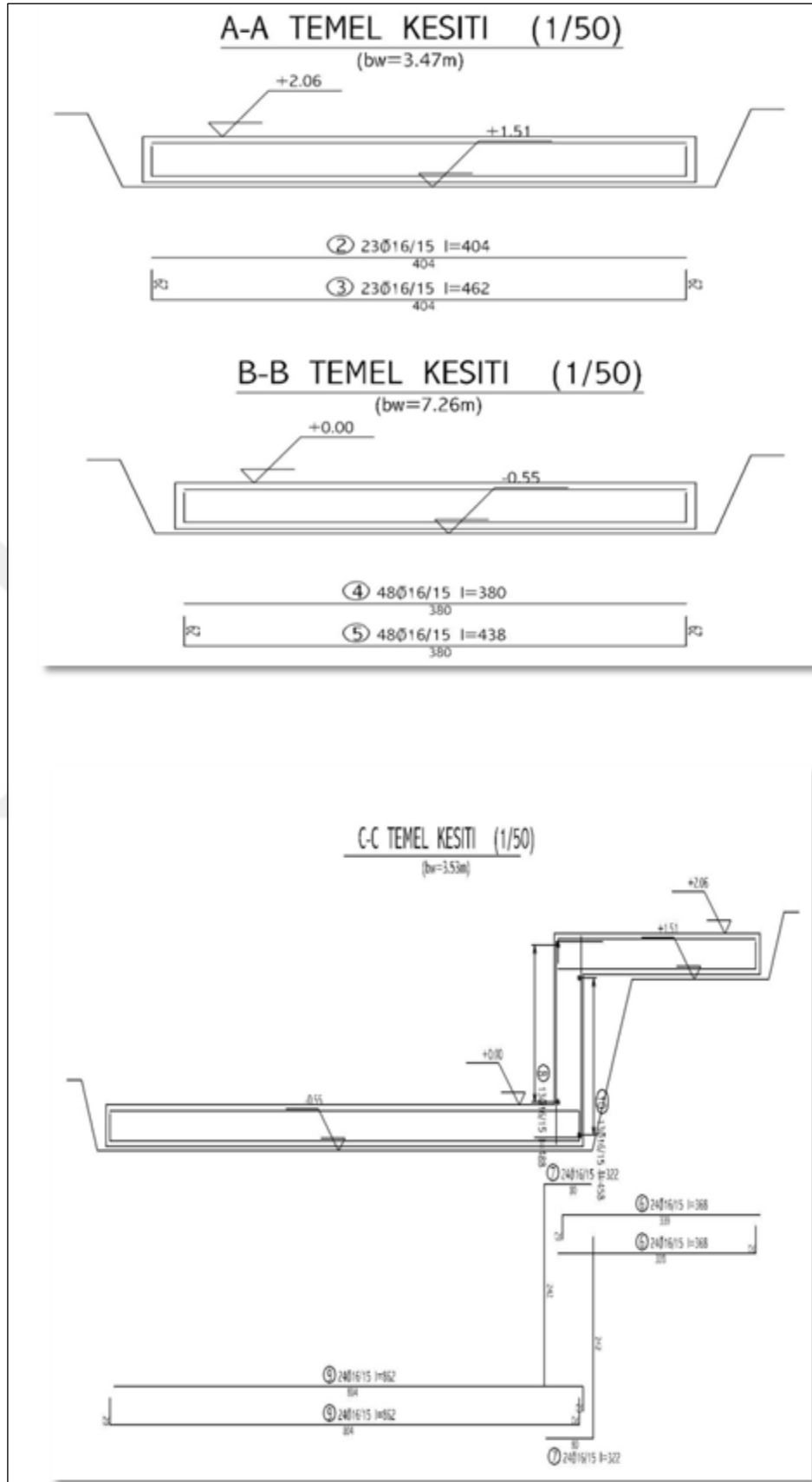
4.2.4. Sonuç

Kocaeli ili, İzmit ilçesi, Kapanca sokak bulunan tescilli yapının mevcut bodrum katını yapılan statik hesaplar sonucunda X ve Y yönü taş duvarları için yönetmeliklerde izin verilen basınç dayanım şartını sağlamadığı, X yönünde yönetmeliklerde izin verilen kesme dayanım şartını sağlamadığı, aynı zamanda mevcut taş duvarların birer istinat yapısı olduğu ve devrilmeye karşı emniyetli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Kocaeli ili, İzmit ilçesi, Kapanca sokak, bulunan tescilli yapının mevcut bodrum katında bulunan taş duvarların mevcut haliyle kullanılmasının statik açıdan sakıncalı olduğu kanaatine varıldı. Temel kısmında bulunan taşlar yerinden alınarak uygulanması önerilen temel planı çizilerek yapı güçlendirilmesi yapıldı. Mevcut taşlar üzerine işlendi. Önerilen plan ve kesitler:



Şekil 4.18. Radye temel aplikasyon planı



Şekil 4.19. Radye temel kesitleri

4.3. Yeni Hamam' daki hasarın sebeplerinin analizi

Kocaeli İli, İzmit İlçesi, Hacıhasan Mahallesi, Yeni Hamam Yapısı için gerçekleştirilen, yerinde yapılan termal kamera ölçümleri, beton test çekici sonuçları ve SAP2000 simülasyon programı kullanılarak oluşturulan analitik model ile analiz sonuçları sunulmuştur. Neden olan yapısal hasarın neden kaynaklandığı belirlenip, yapılması gereken metotlar değerlendirilecektir.

4.3.1. Yeni hamam yapısı

Alınan bilgilere göre yapı, Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu kararına göre tescil edilmiştir. İstanbul II. Nolu Kültür ve Tabiat Varlıkları Kurulu başkanlığının kararına göre onaylı rolöve, restorasyon projesi ile parselin boş kalan alanına hamamın restorasyonu önkoşulu ile yapı izni verilmiştir. Yapı, kuzeyde Yeni Hamam Sokak, doğuda ve güneyde betonarme komşu yapı ve batıda 50. Yıl ilköğretim okulu ile çevrilmiştir. Boyutları 20 x 11,2 m olan hamam sıcaklık, ılıkılık ve girilemeyen fakat su deposu/külhan olabileceği düşünülen bölümden oluşmaktadır. Kuzey cephesinden Yapım tekniği anlaşılmaktadır buna göre; yapı malzemeleri olarak yassı tuğla ve moloz taş bulunmaktadır, kubbe ve tonozların kesitleri daha ince olmasından dolayı tuğla ile geçildiği düşünülmüştür. Yapının içine giriş oldukça zordur aynı parsel içinde yer alan apartmandaki merdiven boşluğundan girilmektedir. Bu girişten ılıkılık bölümüne girilmektedir, soyunma bölümlerinin komşu bina yapılırken tahrip edildiği söylenebilir. Dikdörtgen biçimli mekân, bir büyük kubbe ve kuzeybatı tarafında 2 adet mermer sütun ile taşınan bir küçük kubbe ve iki adet tonoz ile örtülmüş olup bu yapı elemanlarının üzerinde fil gözü delikleri bulunmaktadır. Sıcaklık mekânına ılıkılık mekânından geçilmektedir ve üzeri ana kubbe etrafında yerleşmiş dört adet küçük kubbe ve dört adet tekne tonoz ile örtülmüştür. Ana kubbe, küçük kubbe ve tonozlar diyagonal yerleştirilmiş sekiz adet mermer sütun ile taşınmaktadır.



Şekil 4.20. Sıcaklık mekânı kubbesi ve yapısal çatlak (sol, sağ alt) Ilıklık mekânı

4.3.2. Mevcut durum tespiti

Söz konusu yapı Şubat ve Ağustos tarihlerinde yerinde incelenmiş olup dışarıdan gözlem yolu ve termal kamera ile yapısal değerlendirme yapılmıştır. Buna göre yapı elemanları, yapım tekniği ve taşıyıcı elemanlarda yapıdaki hasar, bozulmalar ve müdahale tespit çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca yapının kendi taşıyıcı sisteminin geometrisiyle elemanlarının boyutları öncesinde yapı için gerçekleştirilen rölöve çalışması temel alınarak belirlenmiştir (Kışalı, 2015).

Yapıda ilk gözlemlere göre yapısal hasarlar tespit edilmiştir. Dışarıdan gözlem yolu ile belirlenen durumların nedenleri düşünülmüş olup aşağıda belirtilmiştir. Mekânın kuzeybatı köşesinde bulunan sütunları birbirine bağlayan gergi demirleri kopmuştur. Mekânı örten ve kuzeyde bulunan küçük kubbe hasar görmüş ve yapısal malzeme kayıpları bulunduğundan mekân çevresel etkilere açıktır. Ana kubbeyi taşıyan kemerlerde ciddi yapısal çatlaklar gözlemlenmiştir. Mekânın ana kubbesinde gözlemlenen çatlaklar kemerlerdeki kadar derin olmasa da yapısal çatlak olduğu

belirlenmiştir. Sıcaklık mekânında doğu köşesinde buluna küçük kubbe ve güneydoğudaki tekne tonoz örtü tamamen yok olmuştur. Kuzeybatı duvarında derin yapısal çatlaklar görülmüştür. Mermer sütunlar arasında bulunan sivri kemerlerde de yapısal çatlaklar bulunmaktadır. Yapı iki farklı mevsimde ziyaret edilmiş olup çatıda oluşan ağaçların/bitkilerin karşılaştırılması Şekil 4.21.'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Şubat ve Ağustos aylarında yapı kubbe kotunda bulunan bitkiler

4.3.2.1. Termografi ve sıcaklık – Bağıl nem ölçümü

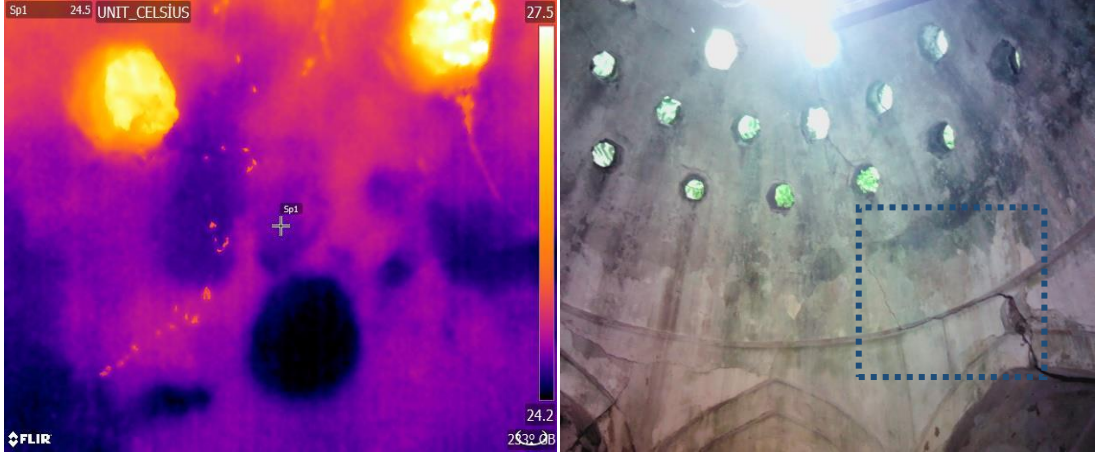
Kızılötesi termografi ile yapının yüzey kısımlarında ışınım yolu ile yayılan kızılötesi dalgaların dağılımlarıyla birlikte miktarları da izlenebilmektedir. Duvar ve çatı yüzeylerindeki ısı dağılımı ve sıcaklık kayıpları farklı malzeme, bozulma ve çatlak / boşlukların bulunduğu kısımlarda farklılık göstermektedir. Bununla sınırlı olan bu yöntem yapı elemanlarındaki alt derinliklerin belirlenmesinde kullanılmasında bir sakınca yoktur. Mesela duvar içerisinde yer alan ahşap karkas elemanlar, uyumsuzluklar, ahşap elemanlarda bozulmalara ve yapı kabuğundaki sıcaklık

aktarımı ile çatlak / boşlukları izlemeyi mümkün kılmaktadır. Bu yöntem Ağustos tarihinde 11:00 – 12:00 saatlerinde yapı içinde gerçekleştirilmiştir. Kızılötesi ölçümler Flir T640 termal kamerası ve EXCTECH RHT10 iç mekân ve dış mekân sıcaklık, bağıl nem ölçümleri yapılmıştır. Dış mekân ölçümü saatlik olarak alınmış olup, iç mekân değerleri 15 dakikalık mekânında dakikalık olarak alınmıştır. Buna göre, aşağıdaki tablodaki değerler elde edilmiştir.

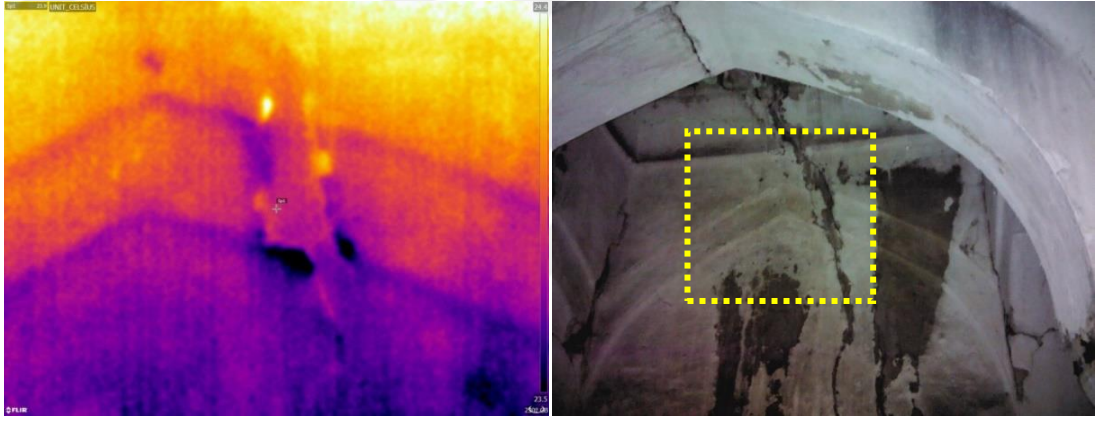
Tablo 4.3. Ağustos , 11:00 – 12:00 Yeni Hamam sıcaklık ve bağıl nem değerleri

	Sıcaklık C °	Bağıl Nem	Çiy Noktası Sıcaklık C °
Dış Mekân (ortalama)	35.7	42.5	20.9
İç Mekân (ortalama)	26.6	75.1	21.5
İç Mekân (maksimum)	30.8	89.4	22.8
İç Mekân (minimum)	23.7	57.8	21.1

Termal kamera görüntüleri yapıda gerçekleşmiş müdahaleler, yapısal çatlakların derinliği ve TEMEL kaynaklı su/nem miktarları hakkında bilgiler araştırılmıştır (Kishalı, 2015).



Şekil 4.22. Ilıklık mekânı kubbesinde farklı malzeme ile kapatılan/sıva uygulaması yapılan fil gözü



Şekil 4.23. Sıcaklık mekânı kuzeybatı duvarı yapısal çatlak ve yüzey sıcaklık görseli



Şekil 4.24. Sıcaklık mekânı güneydoğu yıkılmış küçük kubbe ve yapısal çatlak ve yüzey sıcaklık görseli

4.3.3. Yapısal değerlendirme

4.3.3.1. Yığma yapılar yapısal analizi

Tarihi binalarda yapılan yapısal anlamda analizlerin yapılması taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların ağırlıkları yanı sıra rüzgar, deprem, zemin oturması ile kullanımı esnasında meydana gelen farklı yüklerin ve de dış etkilerin sonucunda gerilmeler ve iç kuvvet hesaplarında kullanılması amaçlanmaktadır. Yığma yapının modellenmesinde duyarlık seviyesine ve istenilen çözüme göre detaylı ve basitleşmiş mikro modellemeler ile makro modellemeler olmak üzere üç yöntem uygulanmaktadır. Harçların özelliklerine ve yığma birimine göre detaylı mikro modellemeler farklı değerlendirilir. Bu yöntem ile analitik modelleme yapılarak yapı davranışı araştırılırken önemli bir yere sahiptir. Yapının bütünü analiz edilirken simülasyon zamanı fazla olması ve daha küçük yapılarda kullanılabilir.

Diğer bir modelleme olan basitleşmiş mikro modelleme için harç katman kalınlığı yarısı kadar büyütülerek harç katmanı ihmal edilebilmektedir. Ara yüzey çizgileri ile yığma birimleri birbirinden ayrılır. Oluşacak olan bu çizgilerin sistemdeki çatlakları meydana getirmektedir.

Taş ve tuğla gibi bloklar ile harcı birbirinden ayırmaksızın yapı bir bütün olarak kabul edilen makro modelleme de homojen bir malzeme modeli oluşması sağlanır. Bütün yapı modellenirken özellikle doğrusal analiz yapılırken mikro modelleme esnasında oluşan güçlüklerin sonucunda yığma birimiyle harcı arasında ilişkisi görülmeyebilir. Büyük çaplı bir modelleme yapılmasının bilgisayar kullanımıyla çözüm süresi azaltılmaktadır. Bu raporda, mevcut hamam yapısı için bu yaklaşım seçilmiştir.

4.3.3.2. Yeni hamam analitik model

Yapı SAP2000 ortamında modellenmiştir. Modelde 1211 kabuk (kalın) ve 11 çubuk eleman kullanılarak yığma duvarlar ve kubbeler bilgisayar ortamına atılmıştır. Duvarlar için 90 cm kabuk elemanlar kullanılmıştır. Bu modelde üst yapı ile temel arasındaki mesnetler sabit düşünülmüştür. Yapıda bulunan mermer sütunlar çubuk

eleman kullanılarak modele aktarılmıştır. Mevcut durumda yapısal çatlaklar ve dilatasyon ile ayrılmış olmasına rağmen betonarme yapı modele aktarılamamıştır. Daha olumlu bir senaryo ile yapının linear analizi yapılmıştır. Burada ortaya çıkan kritik değerler ile yapıdaki hasarlar karşılaştırılacaktır. Hazırlanan model üzerinde 5 değişik kombinasyon tanımlanmıştır. Bu kombinasyonlar sırasıyla şu şekildedir.

Kombinasyon 1:

Yüklemeler 1: 1G+1Q

Kombinasyon 2:

Yüklemeler 2: 1G+1Q+Ex

Kombinasyon 3:

Yüklemeler 3: 1G+1Q+Ey

Kombinasyon 4: Yüklemeler 4: Time History X: 1G+1Q+THX

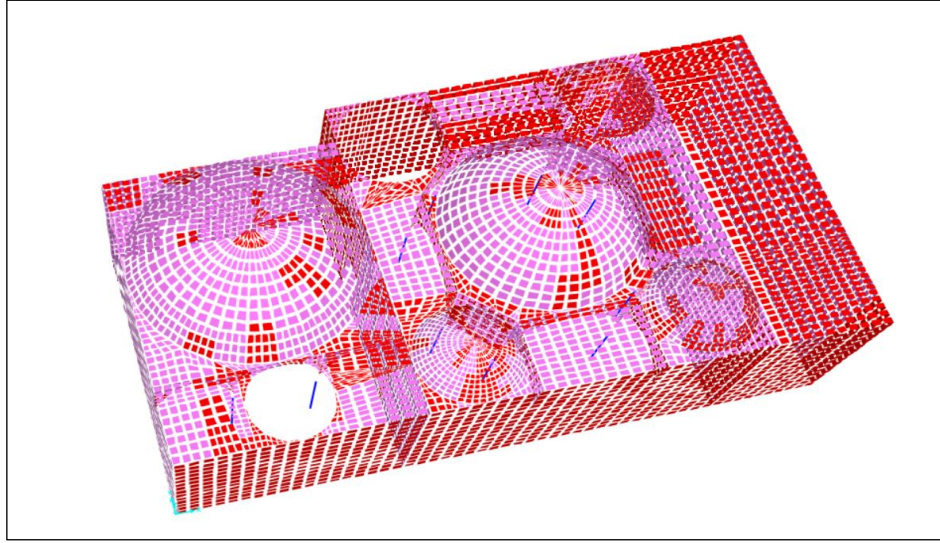
Kombinasyon 5: Yüklemeler 5: Time History Y: 1G+1Q+THY

Tanımlanan kombinasyonlarda Q hareketli yük, G ölü yük, Ex ve Ey hesapla oluşturulan, DBYBHY’te belirtilen özel tasarım ivme spektrumu X ve Y yönündeki deprem yükleri, THX ve THY 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen depremin doğu - batı doğrultusunda kaydedilmiş X ve Y yönündeki zaman tanım alanında deprem ivme verileridir. Deprem Spektrumu verileri Şekil 4.22.’te gösterilmiştir. Depremin yükleri Denklem (4.11)’de belirlenirken esas alınan Spektral ivme kat sayısı % 5 sönüm için oranı olarak tanımlanan Elastik ivme spektrumu ordinat olan Elastik spektral ivme, Sa(T) Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi (g) çarpımı sonucu Denklem (4.12)’de çıkmaktadır. Zaman tanım alanı hesap yönteminde kullanılmak üzere yer ivme değerleri <http://kyhdata.deprem.gov.tr/> adresinden elde edilmiştir.

$$A(T) = A_0IS(T) \quad (4.11)$$

$$S_a = A(T)g \quad (4.12)$$

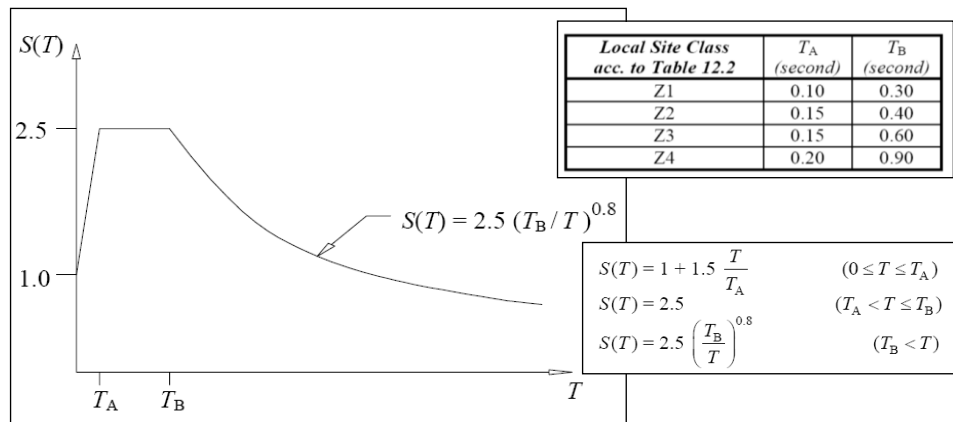
Modelde kullanılan malzeme bilgileri Tablo 4.4.’de sunulmuştur. Elastisite Modülü ve Poisson oranı, yapının özkütle ve termal genleşme katsayısı literatürde yapılmış daha önceki çalışmalardan alınmıştır.



Şekil 4.26. Yeni Hamam yapısı SAP2000 modeli genel görünüş

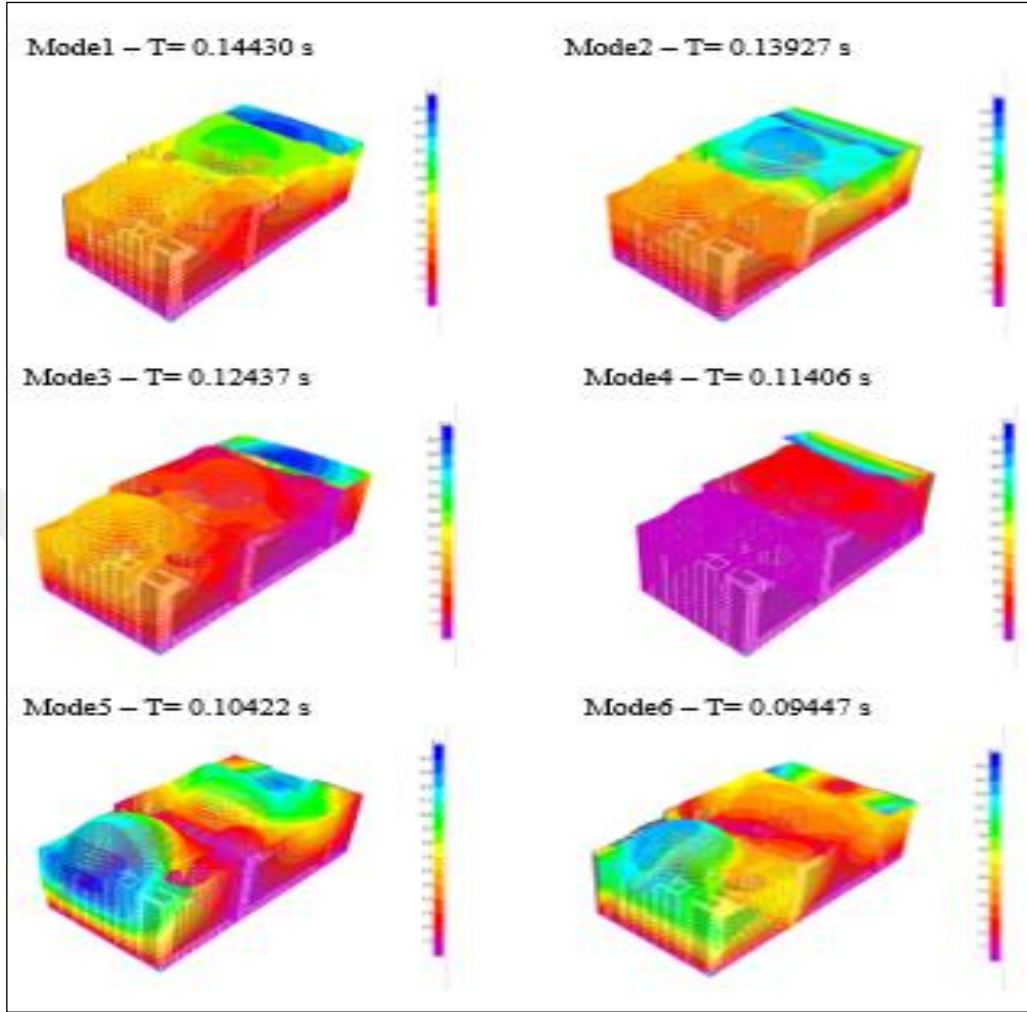
Tablo 4.4. Hamam yapısı için dikkate alınan malzeme özellikleri

Deprem Bölgesi	I. Derece
Zemin Grubu	D Grubu
Zemin Sınıfı	Z4
Etkin yer ivmesi katsayısı	Ao : 0,4
Spektrum karakteristik periyotları	TA: 0,2 sn – TB:0,9sn
Taş Duvar Basınç Dayanımı, fc (MPa)	18-35
Taş Duvar Elastik Modülü, Ec (MPa)	450 MPa
Tuğla Kubbe Elastik Modülü, Ec (MPa)	1200 MPa
Poisson Oranı	0.2
Taş Duvar Çekme Dayanımı, fy (MPa)	2-6



Şekil 4.27. DBYBHY Deprem spektrum katsayıları hesap yaklaşımı

4.3.3.3. Analiz bulgular



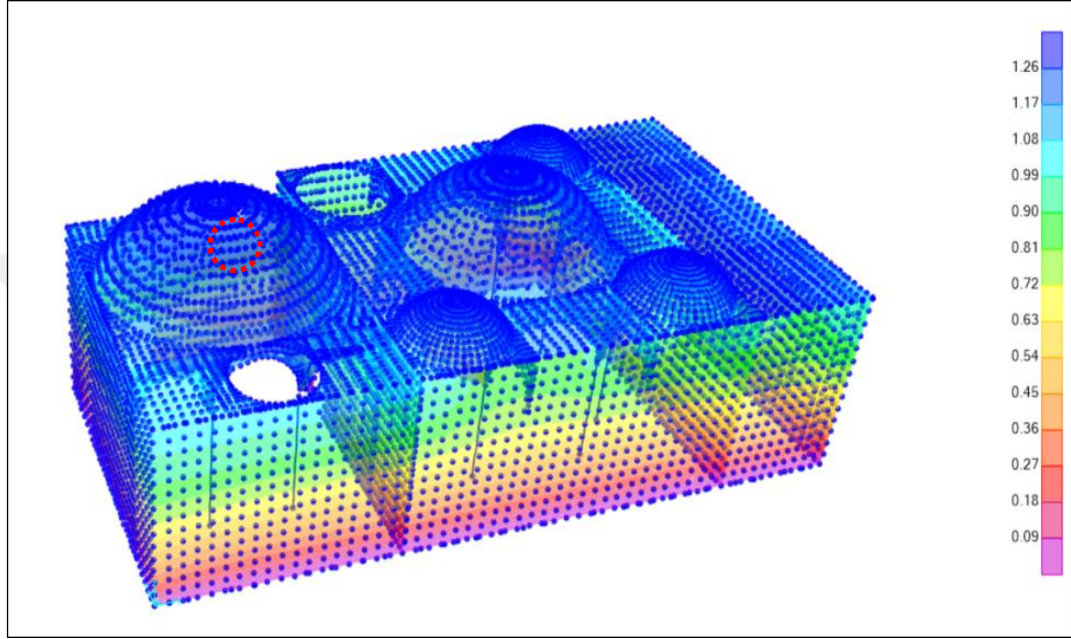
Şekil 4.28. Yeni Hamam yapısı SAP2000 modeli genel görünüş

Kombinasyon 1 analiz sonuçları 1G+1Q

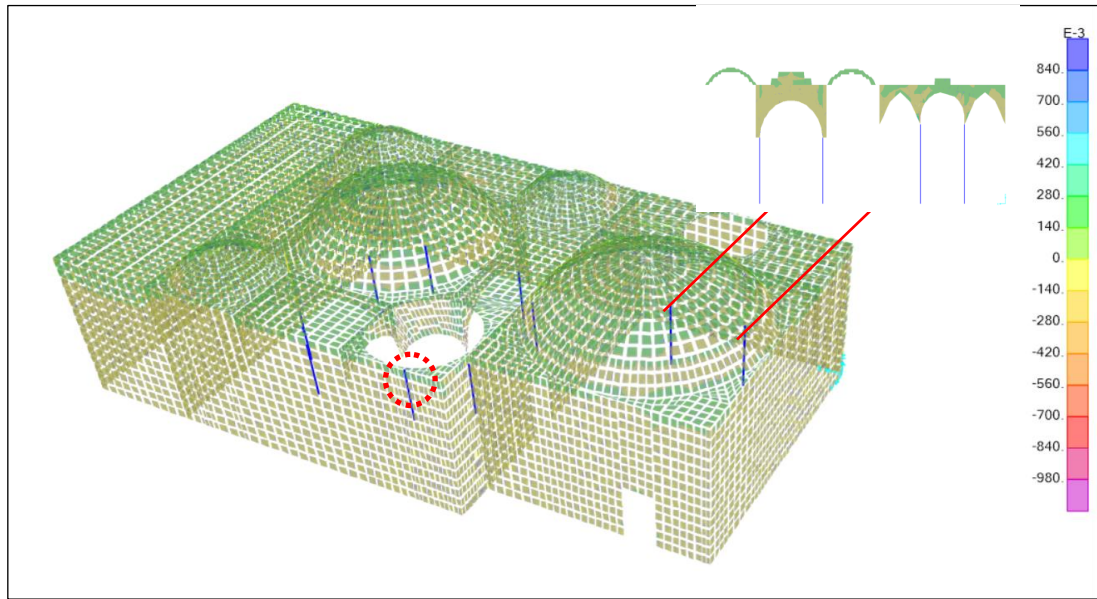
Analiz neticesinde; zati ve hareketli yük altında meydana gelen maksimum yer değiştirme 371 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum yer değiştirme (Z yönünde) yaklaşık -1.32 mm'dir. 371 numaralı eleman ılıklık kubbe üst noktasında görülmektedir.

X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.30. 'da verilmiştir. Analiz neticesinde, 1044 (ılıklık kemer ve sütun birleşimi) numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -1.116 N/mm^2 , 880 numaralı shell elemanda (sıcaklık mekânı yıkılmış küçük kubbe) maksimum çekme gerilmesi ise 0.821 N/mm^2 hesaplanmıştır. Bu eleman Şekil 4.30.'da işaretlenmiştir.

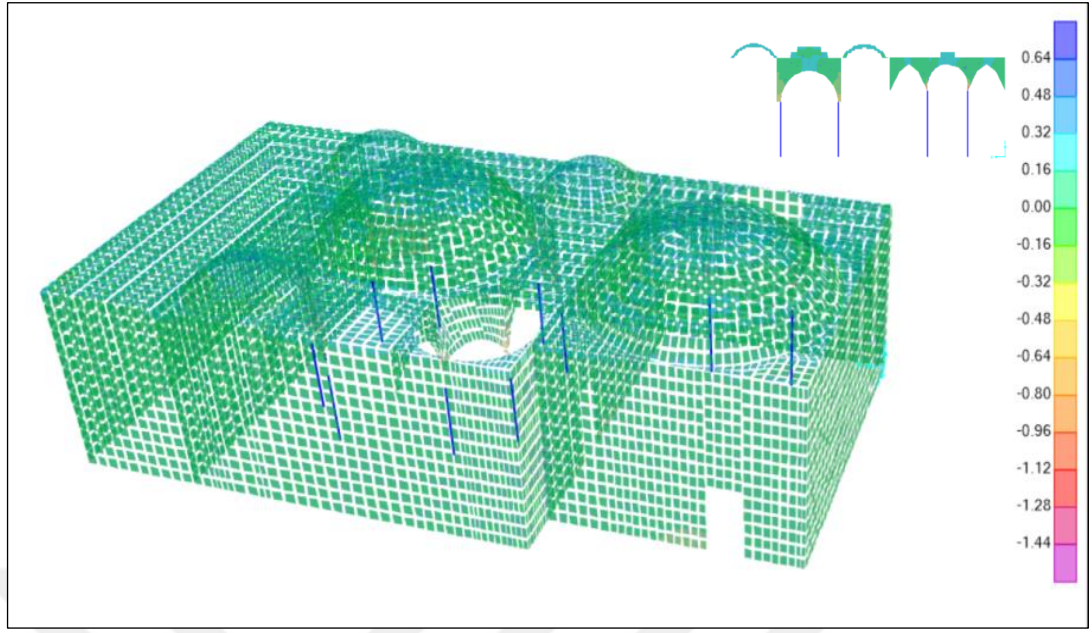
Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.31. 'da verilmiştir. Analiz neticesinde, 1044 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -1.571 N/mm^2 , 880 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise 0.796 N/mm^2 hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.31. 'de işaretlenmiştir. Kayma sınır gerilmelerinde ise maksimum değer 1.233 N/mm^2 olarak 1113 numaralı elemanda görülmüştür.



Şekil 4.29. Kombinasyon 1: Maksimum yer değiştirme ve modelde olduğu yer



Şekil 4.30. Kombinasyon 1: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer



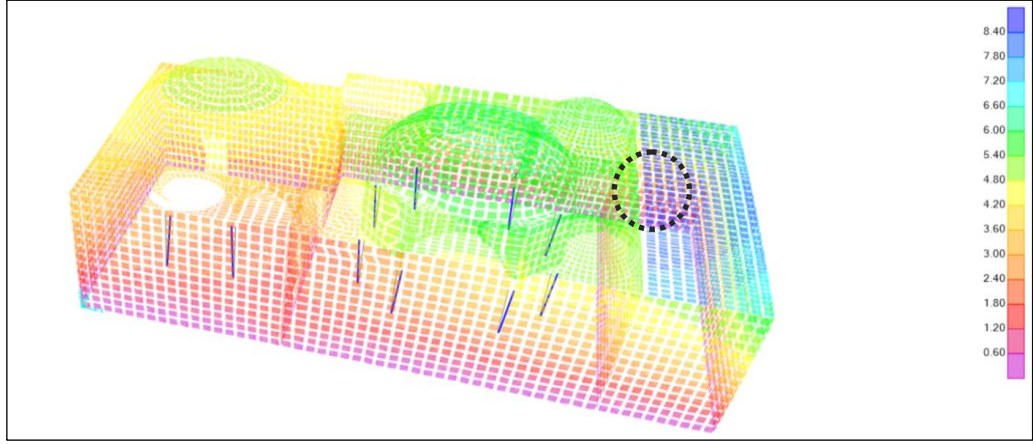
Şekil 4.31. Kombinasyon 1: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer

Kombinasyon 2 analiz sonuçları 1G+1Q+1Ex

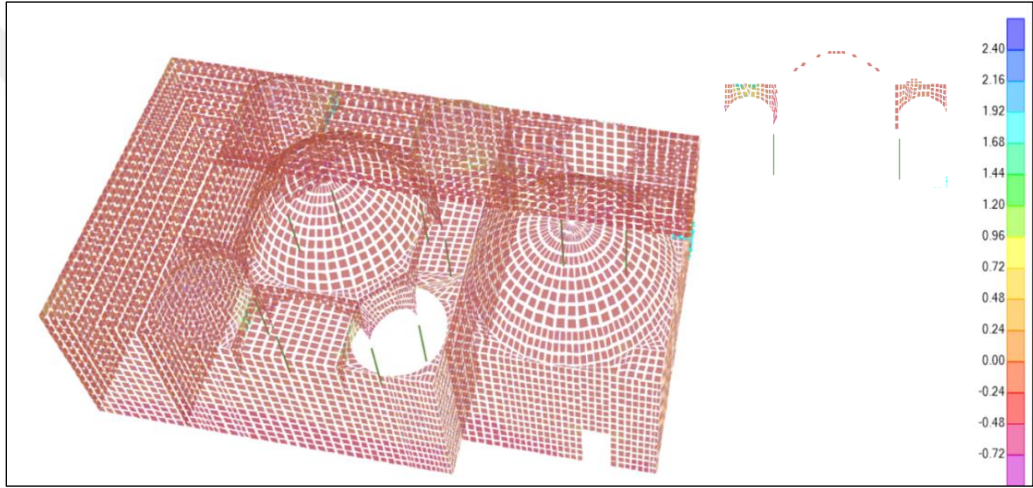
DBYBHY’te önerilen deprem spektrum eğrisi kullanılarak oluşturulan X doğrultusunda etkiyen deprem yükü sonuçlara göre maksimum yer değiştirme ve gerilme değerleri aşağıda sunulmuştur. Buna göre meydana gelen maksimum X ve Z yönünde yer değiştirme 383 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum yer değiştirme (X yönünde) 8.349 mm ve (Z yönünde) -0.623 mm’dir. Bu eleman su deposu ve külhanın bulunduğu düşünülen bölüm ile sıcaklık mekanı arasındaki duvarın üst noktasıdır (Şekil 4.32.).

X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.33.’de verilmiştir. Analiz neticesinde, 1157 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -2.376 N/mm^2 , 808 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise 2.453 N/mm^2 hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.30.’da işaretlenmiştir.

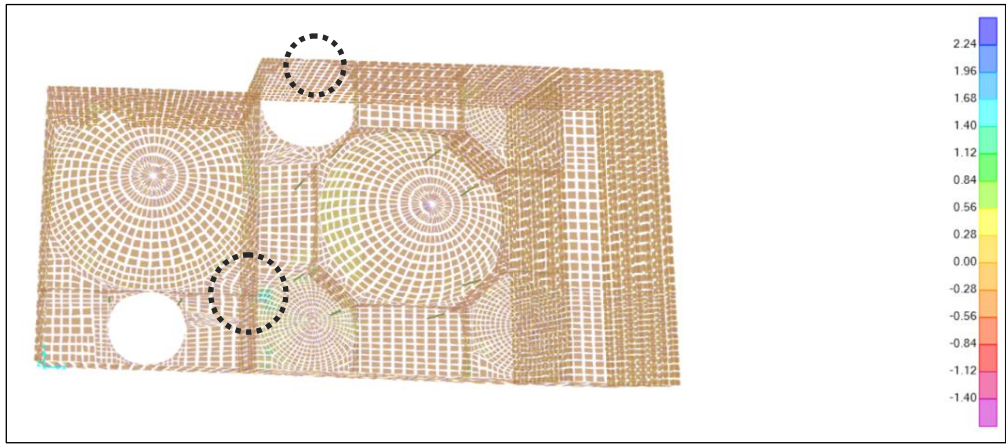
Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.34.’de verilmiştir. Analiz neticesinde, 738 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -2.307 N/mm^2 , 808 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise 2.292 N/mm^2 hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.34.’de işaretlenmiştir. Kayma sınır gerilmelerinde ise maksimum değer 4.587 N/mm^2 olarak 1181 numaralı elemanda görülmüştür.



Şekil 4.32. Kombinasyon 2: Maksimum yer değiştirme ve modelde oluştuğu yer



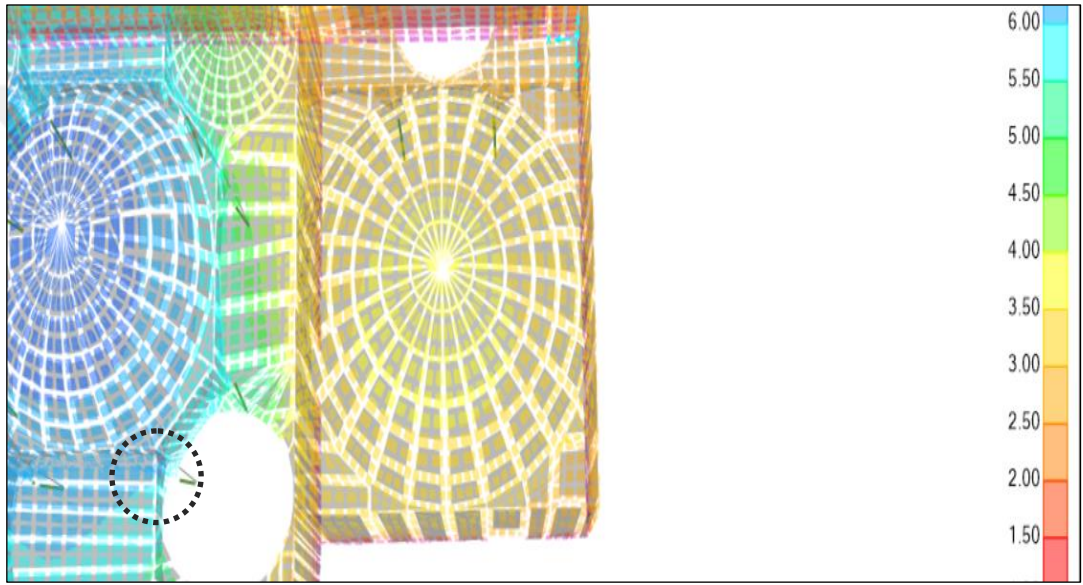
Şekil 4.33. Kombinasyon 2: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde oluştuğu yerler 1157 numaralı sıcaklık mekânı tonoz kemeri, 808 numaralı kabuk eleman hasar görmüş kubbe



Şekil 4.34. Kombinasyon 2: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde oluştuğu yer. 738 numaralı eleman ılıkık ve sıcaklık arasındaki alan, 808 numaralı kabuk eleman hasar görmüş kubbe

Kombinasyon 3 analiz sonuçları 1G+1Q+1Ey

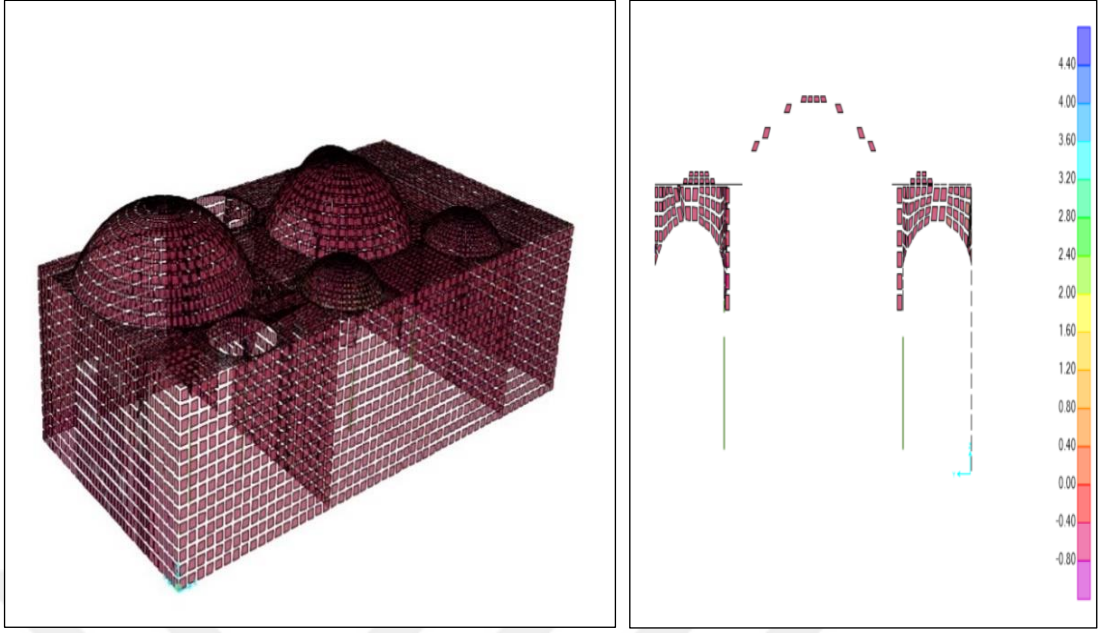
DBYBHY’te önerilen deprem spektrum eğrisi kullanılarak oluşturulan Y doğrultusunda etkiyen deprem yükü sonuçlara göre maksimum yer değiştirme ve gerilme değerleri aşağıda sunulmuştur. Buna göre meydana gelen maksimum Y ve Z yönünde yer değiştirme 118 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (Y yönünde) -6.8733 mm ve (Z yönünde) -1.65208 ’dir. Bu eleman su deposu ve külhanın bulunduğu düşünülen bölüm ile sıcaklık mekânı arasındaki duvarın üst noktasıdır (Şekil 4.35.).



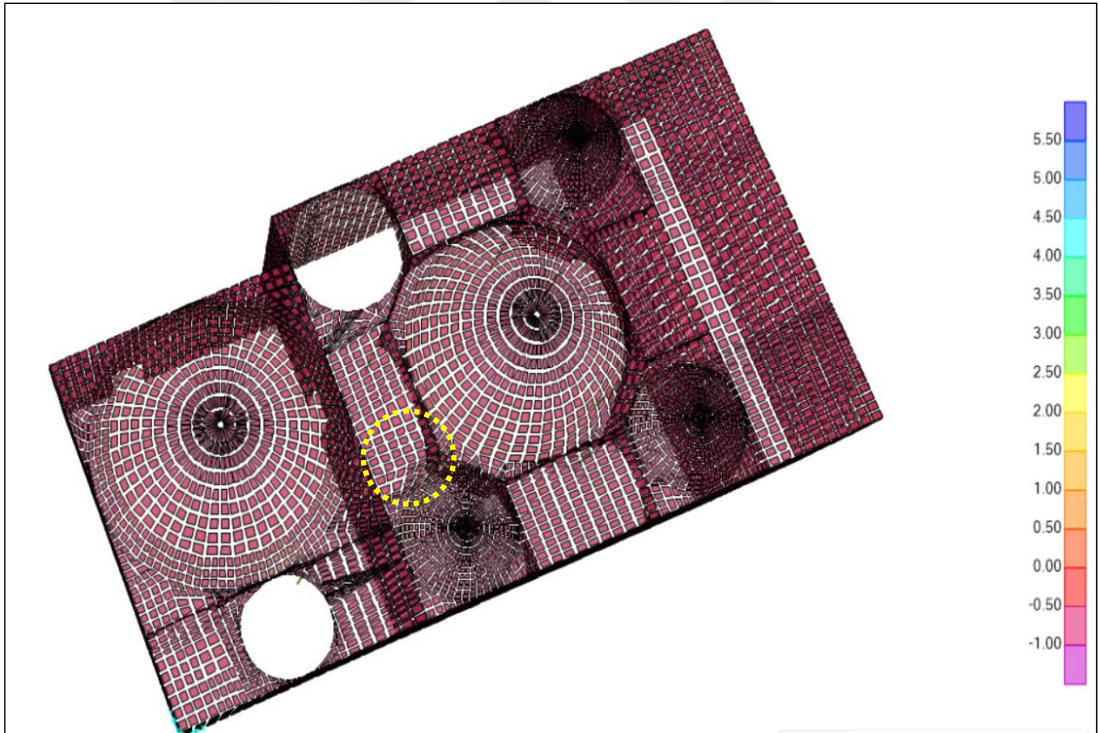
Şekil 4.35. Kombinasyon 3: Maksimum yer değiştirme ve modelde olduğu yer

X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.36.’de verilmiştir. Analiz neticesinde, 1181 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -3.739 N/mm^2 , aynı numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise 3.798 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu eleman Şekil 4.36.’te işaretlenmiştir.

Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.37.’da verilmiştir. Analiz neticesinde, 832 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -5.583 N/mm^2 , aynı numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise 5.467 N/mm^2 hesaplanmıştır. Bu eleman sıcaklık mekânında ana kubbe ve kuzeybatı küçük kubbe arasındadır ve Şekil 4.37.’da işaretlenmiştir. Kayma sınır gerilmelerinde ise maksimum değer 2.172 N/mm^2 olarak 844 numaralı elemanda görülmüştür.



Şekil 4.36. Kombinasyon 3: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde oluştuğu yer 1181 numaralı kabuk alan



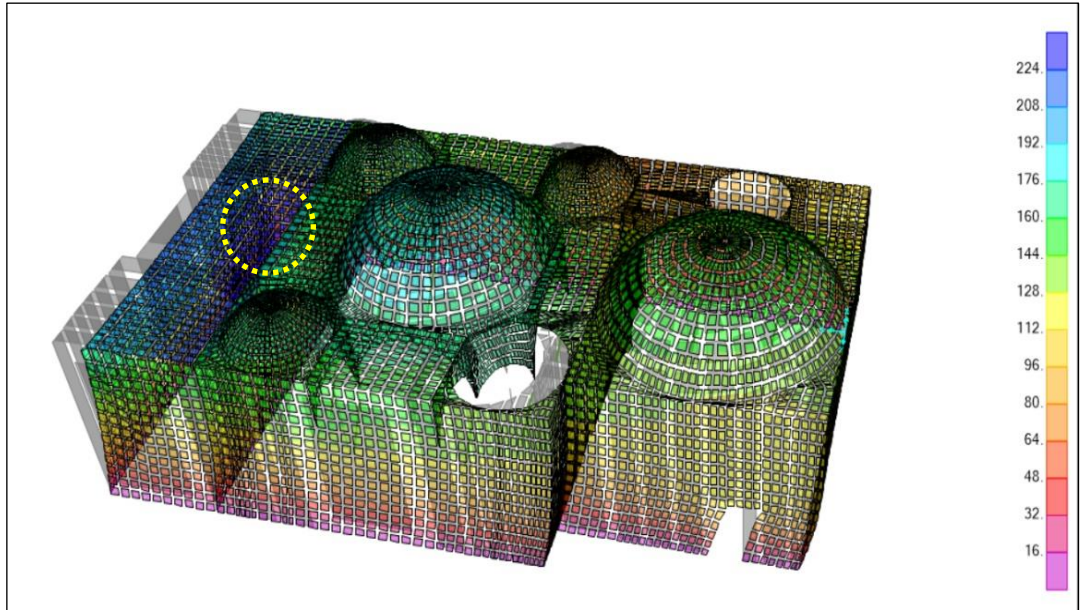
Şekil 4.37. Kombinasyon 3: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değeri ve modelde oluştuğu yer, 832 numaralı kabuk alan

Kombinasyon 4 analiz sonuçları 1G+1Q+1THx

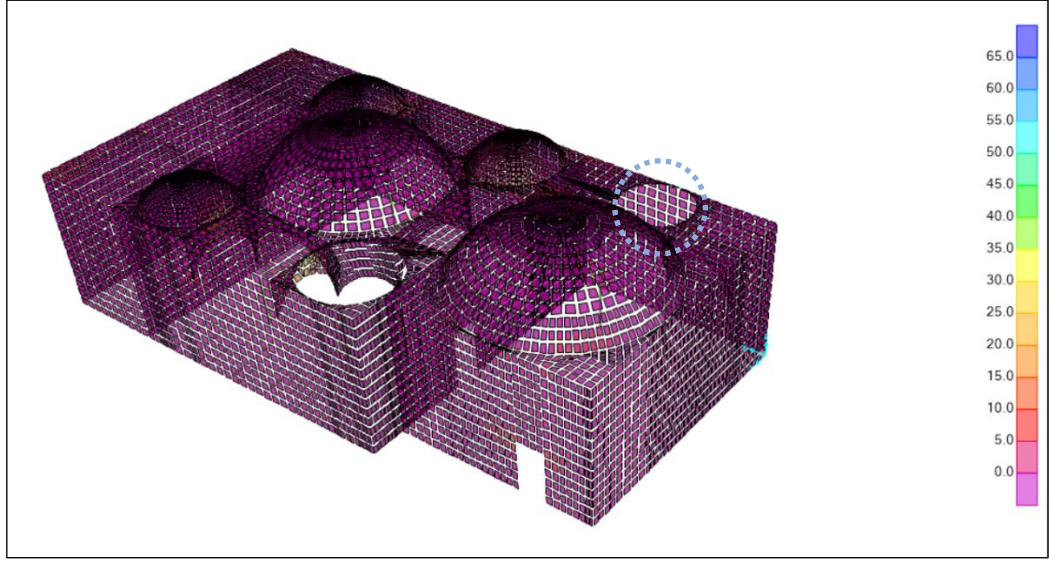
17 Ağustos 1999 depremi doğu - batı doğrultusu için kaydedilmiş yer ivme değerleri göz önünde bulundurularak modeldeki maksimum yer değiştirme ve gerilmeler hesaplanmıştır. Buna göre meydana gelen maksimum X ve Z yönünde yer değiştirme 383 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum yer değiştirme (X yönünde) -228.976 mm ve (Z yönünde) -16.55 mm'dir. Bu eleman su deposu ve külhanın bulunduğu düşünülen bölüm ile sıcaklık mekanı arasındaki duvarın üst noktasıdır (Şekil 4.38.).

X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.39.'de verilmiştir. Analiz neticesinde, 931 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -73.679 N/mm^2 , aynı numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise 65.865 N/mm^2 hesaplanmıştır. Bu eleman Şekil 4.39.'de işaretlenmiştir.

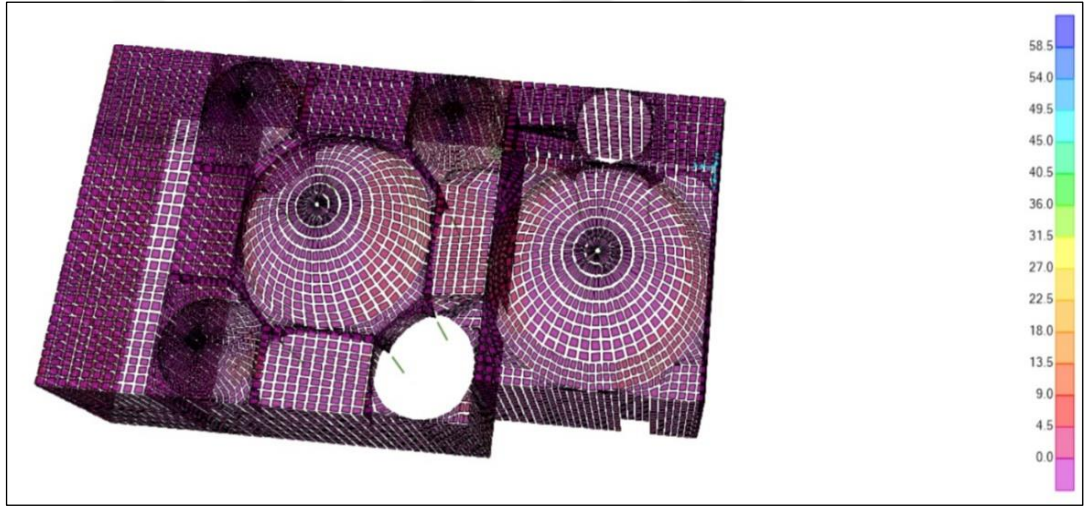
Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.40.'da verilmiştir. Analiz neticesinde, 738 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -66.982 N/mm^2 , maksimum çekme gerilmesi ise aynı numaralı elemanda 58.112 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu eleman Şekil 4.40.'da işaretlenmiştir. Kayma sınır gerilmelerinde ise maksimum değer 107.164 N/mm^2 olarak 1181 numaralı elemanda görülmüştür.



Şekil 4.38. Kombinasyon 4: Maksimum yer değiştirme ve modelde olduğu yer



Şekil 4.39. Kombinasyon 4: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer 738 numaralı kabuk alan birleşim yeri



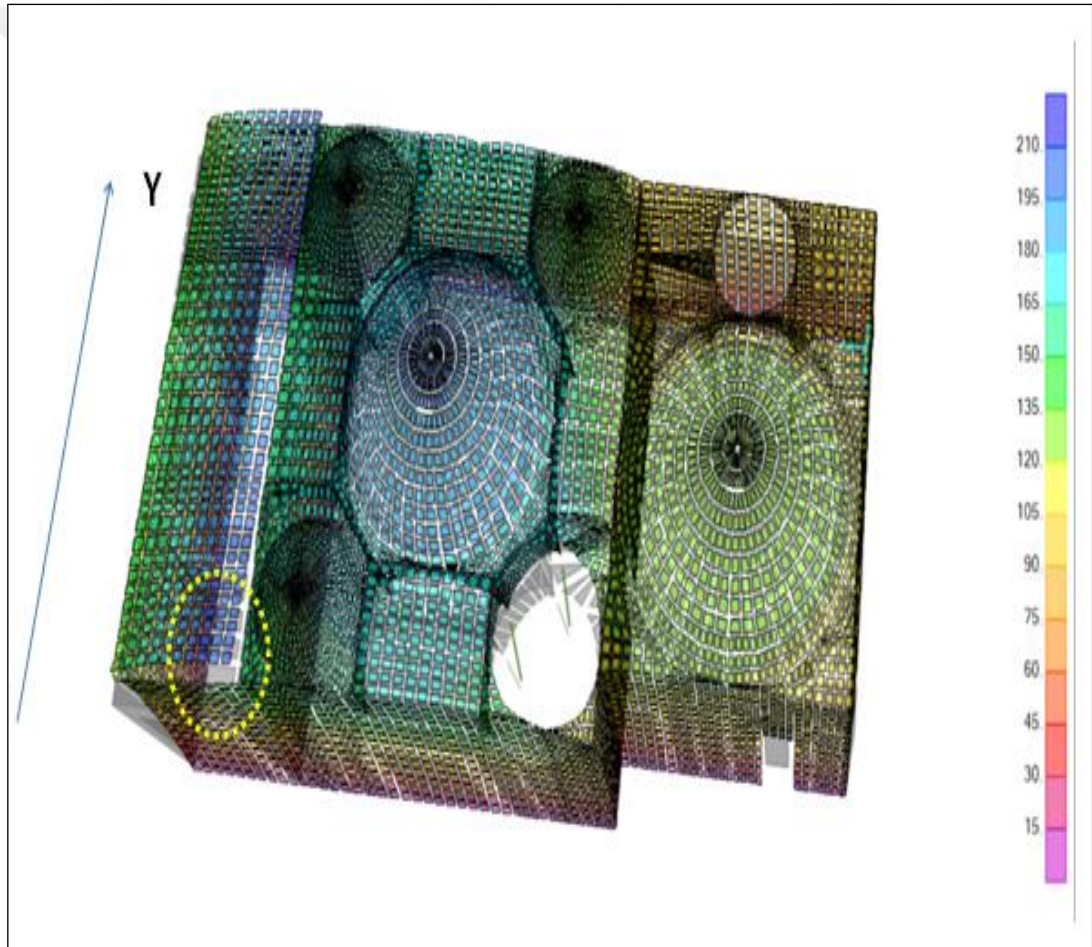
Şekil 4.40. Kombinasyon 4: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde olduğu yer 931, ılıklık mekânında çöken küçük kubbenin etrafındadır

Kombinasyon 5 analiz sonuçları 1G+1Q+1THy

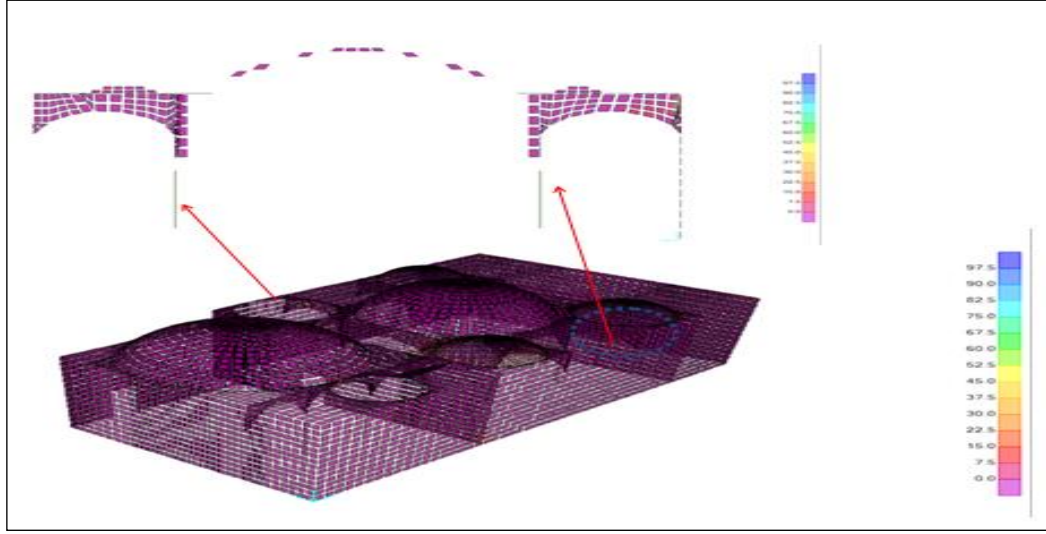
17 Ağustos 1999 depremi doğu - batı doğrultusu için kaydedilmiş yer ivme değerleri göz önünde bulundurularak modeldeki maksimum yer değiştirme ve gerilmeler hesaplanmıştır. Buna göre meydana gelen maksimum Y ve Z yönünde yer değiştirme 118 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum yer değiştirme (Y yönünde) -206.227 mm ve (Z yönünde) -9.244 mm'dir. Bu eleman su deposu ve külhanın bulunduğu düşünülen bölüm ile sıcaklık mekânı arasındaki duvarın üst noktasıdır (Şekil 4.41.).

X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.42.'de verilmiştir. Analiz neticesinde, 1181 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -98.004 N/mm^2 , aynı numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise 92.475 N/mm^2 hesaplanmıştır. Bu eleman Şekil 4.42.'de işaretlenmiştir.

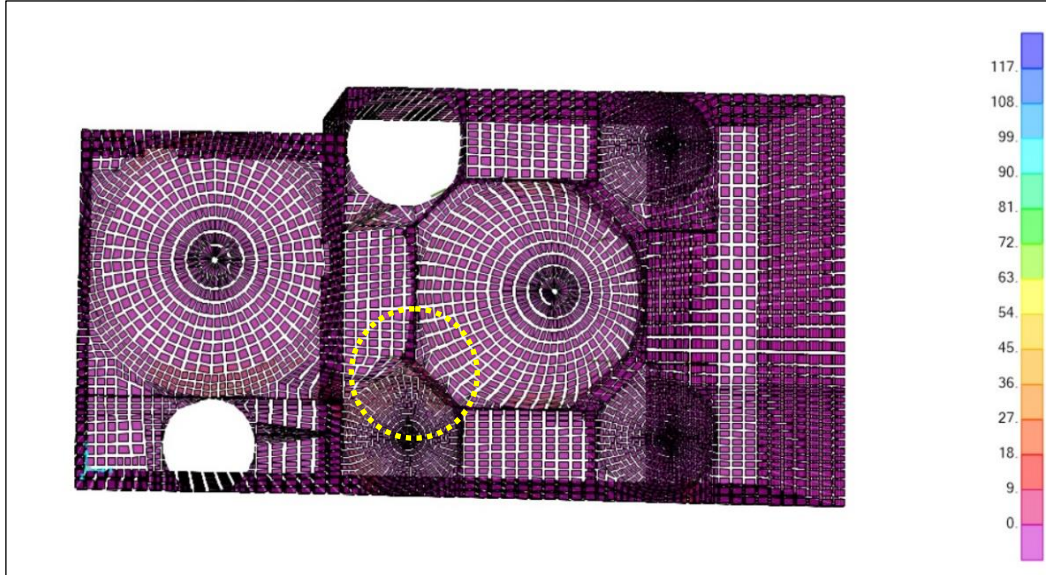
Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.43.'de verilmiştir. Analiz neticesinde, 832 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi -124.558 N/mm^2 , maksimum çekme gerilmesi ise aynı elemanda 123.02 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu eleman Şekil 4.43.'de işaretlenmiştir. Kayma sınır gerilmelerinde ise maksimum değer 46.05 N/mm^2 olarak 1092 numaralı elemanda görülmüştür.



Şekil 4.41. Kombinasyon 5: Maksimum deplasman ve modelde olduğu yer



Şekil 4.42. Kombinasyon 5: XX yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde oluştuğu yer



Şekil 4.43. Kombinasyon 5: YY yönünde oluşan maksimum gerilme değerleri ve modelde oluştuğu yer

4.3.4. Sonuçlar ve değerlendirme

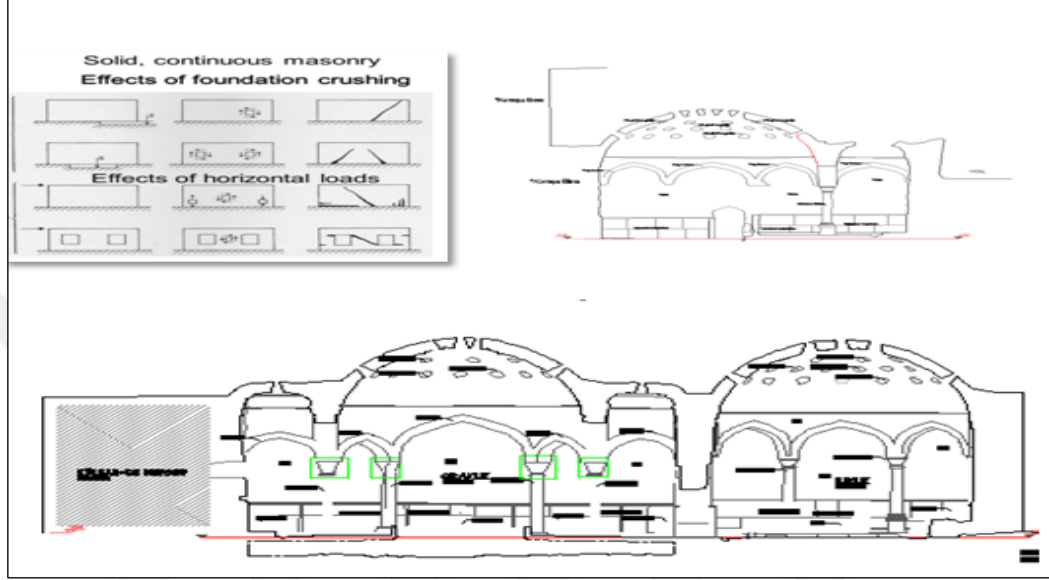
Tarihi yapıların, yapısal analiz için en önemli yaklaşım bütüncül yaklaşımdır. Yapının geçirdiği tarihsel süreç, yapılan müdahaleler, malzeme, mimari ve yapısal özellikler bir bütün halinde irdelenmelidir. Tarihi yapı bir dilatasyon ile ayrılmış da olsa, aynı parselde sonradan yapılmış betonarme yapı, tarafından baskı altına alınmıştır. Aynı parselde bulunan bu yapının herhangi olası bir depremde göstereceği davranış ile tarihi yapının değerini bozma ihtimali vardır. Öte yandan kuzeyde

bulunan ve trafiğe açık olan yol ve çalışmaları da yapıyı olumsuz etkilemiştir. Çevresel koşullara maruz kalan yapı için, hasar görmüş kubbe ve yapı üstünde bulunan ağaçlar için acil önlem alınması gerekmektedir. Yapıda gözlemlenen hasarlar nedenlerinin önceki depremler, niteliksiz imar faaliyetleri, çevresel koşullar ve koruma sorunları olarak söylenebilir.

Tarihi yapılardaki malzeme, yapısal eleman bağlantıları ve zemin zaman içerisinde değiştiğinden, dijital ortamdaki hiçbir model yüzde yüz olarak gerçeği yansıtmayacaktır. Bu raporda SAP2000 programı için yapı malzemesi verileri “Düzensiz Geometrik Şekile Sahip Tarihi Yığma Binaların Sismik Davranışı” başlıklı makaleden alınmıştır. Yeni Hamamın yapısal genel davranışı incelenmiş olup, elde edilen veriler alanda yapılan basınç dayanımı ile karşılaştırılmıştır. Araziden elde edilen basınç dayanımı değerler, DBYBHY 2007’ ne göre yapılan çözümler ve 17 Ağustos 1999 deprem verileri kullanılarak yapılan analizler yüzde yüz gerçek değerleri veremez. Genel olarak yapının davranışını açıklamak mümkündür. Hesaplanan basınç ve kayma gerilmelerinin alanda yapılan basınç değerleri ile karşılaştırılması durumunda, kritik alanların çok az olduğu görülmektedir. Basınç ve kayma gerilmeleri açısından kritik alanların hasar görmüş/yıkılmış kubbe, kubbe birleşim yerleri, tonoz ve duvar birleşim yerleri olduğu gözükmektedir. Doğrusal olarak yapılan analizde, kubbe ve kemerlerde yük birikmelerinin fazla olduğu görülmüştür, fakat çekiç ile yapılan ortalama basınç dayanım değerleri 40 mpa altında kalmışlardır.

Yapının genel olarak model analiz sonucu değerlendirildiğinde X ve Y yönünde etki eden kuvvetler altında, yapının mevcut hasarlı olan bölgelerinde elde edilen sonuçların kabul edilen basınç, çekme ve kesme dayanımına yaklaştığı ve geçtiği gözükmektedir. Aşağıdaki sunulan şekilde diyagonal çatlak nedenleri sunulmuştur. Yeni hamam göz önünde bulundurulduğunda zemin ya da yatay kuvvetlerin oluşturduğu kuvvetlerin malzeme kesme dayanımından fazla olduğu ve derin çatlakların oluştuğu görülmektedir. Sıcaklık ve ılıklik mekânlarında görülen büyük yapısal çatlaklar için elde edilen bulgulardan sonra aşağıdaki mekanizmaların neden olduğu düşünülmektedir. Kuzeydoğu cephesindeki kapsamlı rölöve çalışmalarından duvarın düşeyden sapma değerinin az olduğu bulunmuştur. Sıcaklık mekânında

kubbede görülen büyük çatlağın komşu parseldeki zemin/temel müdahalelerinden kaynaklı, yapı elemanında meydana gelen kesme/çekme kuvvetlerinden kaynaklandığı, Ilıklık mekânında yine aynı nedenden dolayı kubbe ve kemerlerin ayrıldığı düşünülmektedir.



Şekil 4.44. Yeni Hamam yapısal davranış ve nedenleri

Termal kamera ve sıcaklık/bağıl nem ölçümleri yapı içinden farklı bulgulara ulaşmayı sağlamıştır. Dışardaki çevresel koşullara kıyasla yapıda sıcaklık değerlerinin daha azdır fakat bağıl nem değerleri ise daha yüksektir, zaman zaman yüzde 90'varmıştır. Bu yapı içinde su/nem miktarının fazlalığına işaret etmektedir ve çevresel koşulların yapı ve malzeme için zararlı etkileri için acil önlem alınmalıdır.

SAP2000 programı ile 17 Ağustos 1999 deprem verileri kullanılarak yapılan çözümler, termal kamera ve sıcaklık/bağıl nem ölçümleri ile geliştirilmiştir. Buna göre Yeni Hamam yapısı için aşağıdaki durumlar önerilmiştir. Yapının üst kotunda bulunan bitki ve ağaçların acil olarak kaldırılması, yapının çevresel koşullardan korumak için önlem alınması, nem kaynaklı problemlere neden olan temel zemin suyu seviyesi (drenajı) önerilmektedir. Yapısal olarak çatıda derin çatlaklar bulunmaktadır, bu çatlakların bulunduğu bölgede bozulmuş malzemelerin, yapı askıya alınarak özgün malzeme ile değiştirilmesi gerekmektedir. Böylece yapının bütünlüğü sağlanmış olacaktır.

4.4. Tarihi Hereke Kalesi

Tarihi Hereke Kalesi temel güçlendirmesi projelendirme aşamasında zeminin iyileştirilmesi amaçlanırken bölgesel ve yapısal enjeksiyon çalışmalarıyla birlikte drenaj sistemi uygulamaları yapılarak çalışmalar yapılmasına dikkat edilmiştir. Zemin iyileştirmesi ve temel kısmın güçlendirilmesinde uygulamayı yaparken başarılı olunmasında deneylerin ve yerinde ölçümlerin yapılmasına önem verilmiştir.



Şekil 4.45. Hereke Kalesi restorasyon öncesi hali

4.4.1. Hereke kalesinin tarihi süreci ve koruma boyutu

Söz konusu yapı değişik kaynaklardan elde edilen belgeler doğrultusunda yaklaşık 12.yüzyılda savunma amaçlı inşa edildiği ileri sürülen bir kale yapısıdır. 2011 yılında, Kocaeli müzesi ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan kazı çalışmaları sonucunda kazı raporu hazırlanmıştır [29]. Bu raporda kale alanının yaklaşık %9'luk bir bölümü olan doğu ve güney surlarının iç ve dış alanlarının kazılmış olduğu, sur duvarı yanında mekân olduğunu ispatlayan taş duvar örgülerinin "Şekil 4.46." ortaya çıkarıldığı belirtilmiştir. Kısaca az sayıdaki kaynaktan bilgi alınabilen Hereke Kalesi ve genel olarak kale yapıları, 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanununun 6.maddesinin (d) bendinde tanımlanan korunması gereken taşınmaz kültür varlıkları arasında yer almaktadır [30].

“ d) Milli tarihimizdeki önlemleri sebebiyle zaman kavramı ve tescil söz konusu olmaksızın Milli Mücadele ve Türkiye Cumhuriyetinin kuruluşunda büyük tarihi olaylara sahne olmuş binalar ve tespit edilecek alanlar ile Mustafa Kemal ATATÜRK tarafından kullanılmış evler. ”

Kalede bulunan burç duvarları duvar kalınlıkları kazı raporlarından da anlaşıldığı üzere 2,4m ile 4m arasında değişmekte olup sur duvarları ortalama 1,5m kalınlığında olduğu görülmektedir. Kuleler arasında bulunan sur duvarları ile güney sur duvarları yapılan kazılar sonunda 1,2m ile 1,8m kalınlıkta değişen boyutlar göstermektedir.



Şekil 4.46. Sur duvarları üzerinde bulunan çatlaklar ve bitkileşme



Şekil 4.47. Hereke Kalesi restorasyon öncesi

Yerinde yapılan incelemeler ve gözlemlerin dışında, daha önce Hereke Kalesi'nin sur duvarlarından alınan karot numunelerinin nokta yükleme deneyi “Şekil 4.48.” sonuçları tarafımıza bildirilmiştir.

1,19	1,32	13,41
1,31	6,16	62,78
1,22	3,23	32,90
1,06	2,59	26,35
1,10	3,48	35,43
1,12	2,16	22,22
1,24	4,53	46,22
Ortalama / Average		30,51

Şekil 4.48. Nokta yükleme deneyi sonuçlar

Bu deney sonuçlarına göre alınan numunelerdeki ortalama basınç dayanımı 30,51 (kgf/cm^2) yani yaklaşık olarak 3MPa civarındadır. Bu yapı türlerinde bulunan Horasan harçlarında, örnek almadaki zorluk nedeniyle basınç dayanımı testi için ancak kısıtlı sayılı örneklerden uygun boyutlu numuneler alınabilmektedir. Bu tür harç örnekleri çok zayıf olduğu için çoğu zaman tek eksenli basınç deneyi yapılamamaktadır. Bunun yerine nokta yükleme (point-loading) deneyi yapılmakta ve deney sonuçları bir korelasyon katsayısı ile çarpılarak tek eksenli basınç dayanımına çevrilmektedir. Bu method ISRM “ Tablo 4.5.” (International Society for Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests) tarafından tavsiye edilmektedir [31].

Tablo 4.5. Harç dayanım sonuçları

Yapı Grupları	Örnek Numarası ve Adı	Nokta Yüklemedeki Basınç Dayanımı (MPa)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Korelasyon Değerinin Tespit Edildiği Örnekler
Saray Yapıları	D19- Bukoleon Sarayı derz harcı	0,8	8	*
	D20- Bukoleon Sarayı çekirdek harcı	-	7	*
	D14- Lausos Sarayı derz harcı 1	0,6	6	
Dini Yapılar	D10- Aya İrini derz harcı	0,5	5	
	D40- Acem Ağa Mescidi derz harcı	0,5	5	*
	D17- Euphemia Kilisesi derz harcı	0,6	6	
	D6- Karpos Papylos Martyriou derz harcı	0,4	4	
	D4- Hagios Polyuktos çekirdek harcı 2	0,3	3	
	D5- Hagios Polyuktos derz harcı	0,3	3	
Su Yapıları	A7- Aspar Su Sarnıcı çekirdek harcı	0,4	4	*
	B9- Aetios Sarnıcı çekirdek harcı	0,5	5	
	D9- Hagios Makios sarnıcı derz harcı	0,5	5	
Kara Surları	B2- Kara surları T91 no.lu kule çekirdek harcı	-	4	
	B3- Kara surları T91 no.lu kule derz harcı	-	3	
	B6- Kara surları T93 no.lu kule derz harcı	-	4	
	C1- Kara surları Mevlanakapı çekirdek harcı	0,3	3	*
	C7- Kara surları Silivrikapı çekirdek harcı	-	3	
Marmara Surları	D26- Marmara suru 97 ve 99 no.lu kuleler arası çekirdek harcı	0,5	5	*
	D28- Çatlıkapı derz harcı	0,6	6	
Haliç Surları	D34- Haliç surları Fener civarı çekirdek h	0,4	4	*
	D37- Haliç surları Balatkapı civarı çekirdek harcı	-	3	
Diğer Yapılar	A1 - Hipodrom derz harcı	0,4	4	

4.4.2. Hereke Kalesi restorasyon uygulamaları inceleme raporu

Kocaeli ili, Körfez ilçesi, Hereke beldesi kentsel ve I. Derece arkeolojik sit alanı içerisinde bulunan Hereke kalesi, yüksekçe doğal tepe üzerine denize hâkim şekilde konumlanmıştır. Mimari özelliği ve alanda ele geçirilen arkeolojik buluntulardan hareketle kalenin Bizans döneminde (12. – 13. yy) yapıldığı sanılmaktadır. Günümüzde bitki örtüsüyle kuşatılmış durumda olan kale büyük ölçüde yıkılmış, surları ve kuleleri kısmen ayakta kalabilmiştir. Bulunduğu tepeyi tümüyle sardığı gözlemlenen kalenin, görünen mimari kalıntıların dışında kısmen toprak dolu altında sur duvarlarının ve burçların devam ettiği düşünülmektedir. Yapılan tarihsel araştırmalarda çeşitli zaman dilimlerinde gezgin ve araştırmacıların izlenimlerini aktardıkları belgelerde kalenin altı burcu olduğu öne sürülmüş yakın zamana kadar doğu burcunun ayakta kaldığı görülmüştür.

Kalede, 2013 yılında hazırlanan Kocaeli Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından onaylı rolövesi ile restitüsyon, restorasyon projeleri kapsamında, arkeolojik kazı yapılmış alanlarda kısmen ortaya çıkartılan doğudaki kale giriş kapısı, kuzeydoğusundaki kule, batıdaki duvar ile kuzeydeki duvarlarda güçlendirme, bütünlendirme ve koruma (dondurma) yapılmasının planlandığı, bazı bölgelerde bu işlemlerin kısmen tamamlandığı anlaşılmaktadır. Yapılan temizlik ve kazı çalışmalarında kalenin iç kısmında sıra bitişik daha öncede kısmen izlenebilen bazı mekanlar ortaya çıkmıştır. Duvarlardaki hatıl deliklerinden bu mekanların bazılarının iki katlı olabileceği düşünülmektedir. Burada ele geçen buluntulardan mekanların ambar, mutfak, depo gibi farklı işlevler yüklenmiş olabileceği sonucuna varılmıştır.

Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon çalışmaları daha çok kalenin doğu ve güneydoğusundaki kalıntıların bulunduğu alanı kapsayacak ve sadece dış kale cidarlarını esas alacak şekilde restitüsyon projesi esas alınarak yapılması planlanmıştır. Projelerde kazı sonucu ortaya çıkan mekanlar restorasyon projelerine eklenmemiştir. Kapının batısında kalan ve planlarda D8, D7, D6, D5 olarak numaralandırılmış sur beden duvarları, K1 kapısı, arada kalan ve D4, D3, D2 olarak adlandırılan sur duvarları K2 olarak adlandırılan burç ve D1 olarak adlandırılan sur duvarı ile kuzeyde kalan D11 olarak adlandırılan geniş sur duvarının araştırılması, belgelenmesi ve projelendirilmesi yapılmıştır. Proje uygulaması ise D11 olarak adlandırılan kuzey sur duvar kalıntısı ile K1 kapısı ve K2 burç arasında kalan D2, D3, D4 ve K2 nin kuzey batısında kalan D1 surunda başlamış ve belli bir yüksekliğe kadar gelmiştir.

Alanda yapılan restorasyon işlemlerini ve bu işlemlere ilişkin gözlemleri aşağıda kısaca şu şekilde sıralamak mümkündür.

Yapılan İşlemlere İlişkin Gözlemler

1. Kalenin kazısı tamamlanan doğu yöndeki kapı, burç ve sur duvarları ile kuzey batı yöndeki sur duvarında mevcut kalıntılar üzerinde bütünlendirme uygulamalarına başlanmış; belirli bir aşamaya getirilen çalışmalara devam etmek üzere ara verilmiştir.

2. Sur beden duvarlarında yapılan çalışmalarda özgün duvarlar ön görüldüğünden daha fazla tahribata uğradığı görülmüş bütünleme ve onarımlara daha alt duvar seviyelerinden başlatılmıştır.
3. Restitüsyon projesine uygun olarak yeniden örülen duvarlarda satıh özgün yüzeyden 10 cm içerde tutularak müdahalenin anlaşılması için belirtme yapılmıştır. Bu uygulama bütünlenen kısımların özgün kısımlardan ayırt edilmesi ve günümüzde yapıldığının belirtilmesi bakımından isabetli olmuştur.
4. Bütünlenen sur ve burç duvarları özgün sisteme benzer şekilde satıh taşları arasına moloz taş dolgu yapılarak örülmüştür.
5. Özgün duvar kalıntılarında görülen düzensiz tuğla hatıllı örgü bütünlemelerdeki duvar örgülerinde de devam ettirilmiştir. Yeni imal ettirilmiş tuğlalar restorasyon projesine uygun olarak taş sıraları arasına yatay ve düşeyde rastgele biçimde yerleştirilmiştir.
6. Bütünleme ile ayağa kaldırılacak bölümler dışında kalan ve restorasyon projesinde dondurularak koruma yapılması planlanan duvar kalıntılarında bu işlemler kısmen gerçekleştirilmiştir.
7. Onarımlarda ve derzlerde KUDEB tarafından yapılan analiz sonuçlarına binaen önerilen kireç esaslı harç karışımları kullanılmıştır.
8. Yeni duvar örgülerinde, kalenin inşasında büyük oranda kullanılmış olan açık renkli killi (marnlı) biyomikritik kireç taşı (marnlı kalker) yerine kil oranı düşük kireç taşı (Hereke taşı) kullanılmıştır.
9. Özgün duvar içlerindeki boşluklar restorasyon projesi doğrultusunda hidrolik kireç esaslı harç enjeksiyonu ile doldurularak güçlendirme yapılmaktadır.

Gözlenen Sorunlar ve Öneriler

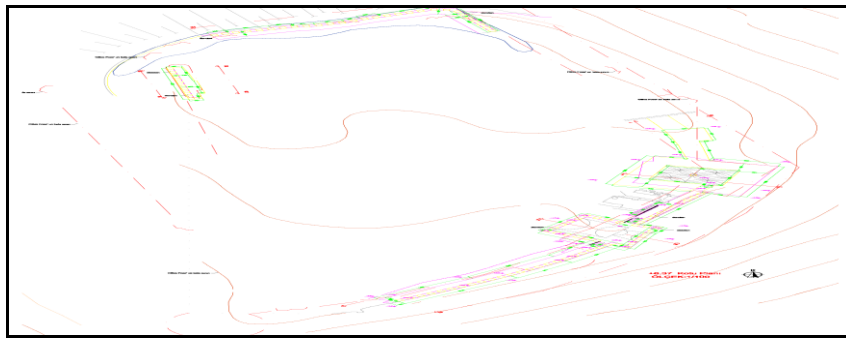
1. Duvar Onarımında Kullanılan Taş Cinsi

Rölöve raporlarında da belirtildiği gibi, kalenin inşasında birkaç çeşit taş kullanılmış olsa da, hakim taşın yerel kaynaklardan temin edilen açık renkli killi “biyomitritik kireç taşı” (marnlı kalker) olduğu anlaşılmaktadır. Bu taşların bileşiminde %10-20 civarında kil (marn), %80-90 civarında kalker bulunmaktadır. Dokusu yumuşak ve işlenmesi kolay olduğundan çimento hammaddesi olarak kullanımı yaygındır. Laboratuvarlarda benzer taş numuneleri üzerinde yaptırılan analiz raporuna göre, bileşimindeki kil oranına bağlı olarak bu taş cinsinin tane yoğunluğu (2,57) ve

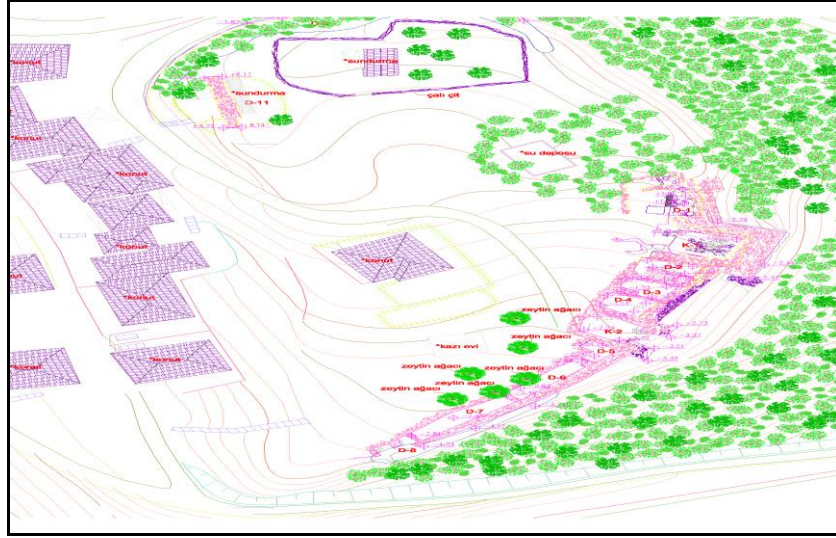
sıkışma dayanımı düşük, su emme kapasitesi (0,22) yüksektir. Bu fiziksel nitelikleri nedeniyle uygun olmayan iklim ve hava koşullarında bozulmaya elverişli özellikler göstermektedir. Kalenin mevcut taşlarında gördüğümüz kırılma, çatlama, aşınma vb fiziksel bozulmalar bunu doğrular niteliktedir.

Restorasyonda yeniden örülen alanlarda kullanılan taş cinsi ise bölgedeki ocaklardan temin edilen ve “Hereke taşı” olarak bilinen “kireç taşıdır”. (Bileşiminde % 5 oranında kil (marn), %95 oranında kalker bulunmaktadır. Laboratuarda onarımda kullanılan taş numuneleri üzerinde yaptırılan analiz raporuna göre, bileşimindeki kil oranının daha düşük olmasına bağlı olarak bu taş cinsinin tane yoğunluğu (2,66) ve sıkışma dayanımı daha yüksek, su emme kapasitesi (0,04) daha düşüktür.

Fiziksel özellikleri bakımından bu taşın orijinal taş cinsine göre daha dayanıklı ve nitelikli olduğu, onarımda bu nedenle tercih edildiği anlaşılmaktadır. Restitüsyon projesinde önerilen aynı taş cinsinin kullanımı yerine, yukarıda söz konusu edilen olumsuzluklar nedeniyle, büyük ölçüde tamamlamaya dayalı duvar onarımlarında daha nitelikli/dayanıklı kireç taşının tercih edilmiş olması restorasyon uygulamalarının sağlıklı ve kalıcı olmasının sağlanması amacı bakımından kabul edilebilir bir gerekçeye dayanmaktadır. Bununla birlikte orijinal taşların açık rengine karşın, onarımda kullanılan taşların bej, koyu, kırmızı vb karışık renklerde olmasının duvar yüzeyinde homojen olmayan alacalı, dalgalı çok renkli bir görüntü oluşumuna sebebiyet verdiği gözlenmiştir. Yeni örülen duvarlarda hem restorasyonun kolay algılanması hem de görüntü bütünlüğünün elde edilmesi için bu sorunun giderilmesi, bundan sonraki uygulamalarda olabildiğince tek renkli taş kullanımının sağlanması yoluna gidilmesi önerilebilir.



Şekil 4.49. Röleve planı



Şekil 4.50. Restorasyon plan



Şekil 4.51. Doğu sur duvarları uygulama bütünleme ayrımları



Şekil 4.52. Doğu sur duvarları özgün



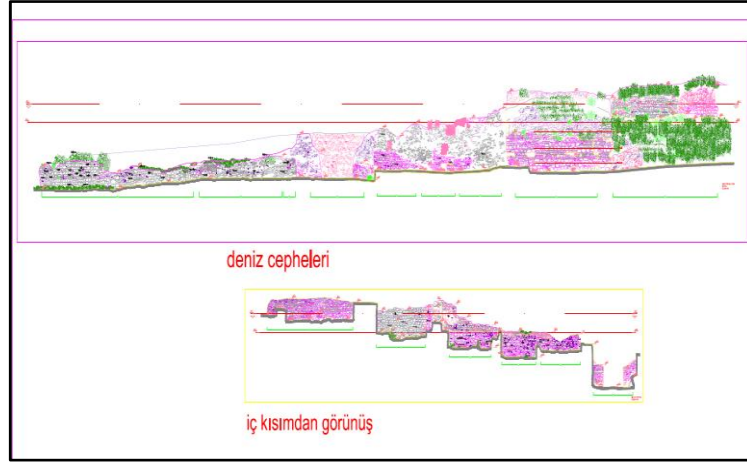
Şekil 4.53. doğu sur duvarları yatay hatlı sıraları



Şekil 4.54. Doğu sur duvarları



Şekil 4.55. Batı sur kalıntıları



Şekil 4.56. Doğu sur duvarı kalıntıları rölöve

2. Duvar Onarımında Kullanılan Taş Boyutları

Kalede kullanılan özgün taş boyutları kendi içerisinde çeşitlilik göstermekle birlikte yinede uyumlu ve belli bir ölçek ve oranda yatay etkinin fazla olduğu düzende yerleştirilmişlerdir. Büyük dikdörtgen taşların en- boy olarak yaklaşık 1/2- 1/3 oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Oysa bütünleme yapılan bölümlerde bu oranın daha kareye yakın kullanıldığı ve çeşitliliğin azaldığı duvar dokusunun görünümünün özgünden farklılaştığı gözlemlenmiştir. Bu durumda taş boyutları fazla tekrarlanan sıralarda arada taşların çürütülüp çıkarılarak özgün boyut ve oranlara yakın taşların yerleştirilmesi önerilmektedir.

Malzeme analiz raporlarında belirtildiği üzere derzlerde, tonoz onarımlarında ve taş örme işlemlerinde kullanılacak harçlarda bağlayıcı olarak Hidrolik Kireç (NLH 3,5) ve Hava Kireci (söndürülmüş kireç kaymak kireç) önerilmektedir. Yerinde yapılan incelemede harçlarda hava kireci yerine hazır ambalajlı kaymak kireç kullanıldığı görülmüştür. Hazır ambalajlı kaymak kireçler; kirecin üstünden klor geçirilerek ortaya çıkmaktadır. Formül ise CaCl_2O veya $2(\text{CaCl}_2\text{O}_2\text{H}_2\text{O})$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ olarak bilinir ve bağlayıcı özelliği beklenen niteliklerde değildir. Kireç kaymağında denilen kısım diğer hipo kloritler gibi ağartma işlemlerinde kullanımı görülmektedir. Onarım harçlarında bağlayıcı olarak kullanıldığında harcın dayanımını azaltmaktadır. Onarım harcında söndürülmüş ve en az 6 ay bekletilmiş hava kireci kullanılması gerekmektedir. Fakat günümüzde hava kireci üretimi pek yapılmadığından bu

malzemenin temininde güçlükler yaşanmaktadır. Hava kirecinin temin edilemediği durumlarda malzeme analiz raporlarında hava kireci için belirtilen oranların $\frac{1}{2}$ si oranında yine hidrolik kireç kullanmak uygun olacaktır.

4.4.3. Taşıyıcı sistem ve sur duvarı statik hesabı

İzmit-İstanbul D-100 karayolunun güneyinde bulunan alanda 2 noktada sondaj çalışması yapılarak sismik kırılma ve rezistivite yöntemi ile 2 profil boyunca jeofizik ölçümler yapıldı. Sismik kırılma yöntemi ile sahanın zeminini teşkil eden ve özellikle temelin kazılacağı örtü tabakasının yerinde doğal şartlar altında dinamik yöntemle tespit edilebilen fiziksel ve elastik parametrelerine ulaşabilmek için uygulandı.

Zemin etüt raporu, restorasyon çalışmalarında kullanılan kalker taşına ait tek eksenli sıkışma dayanımı ve restorasyon çalışmalarında kullanılan kalker taşına ait agrega dane yoğunluğu ve su emme oran tayin deneyleri yapılarak taşıyıcı sistem raporu hazırlandı.

İlgili duvar 7,95 m yüksekliğinde batı yönünde başlayarak kuzey yönüne doğru dönmektedir. Ön cephesine 4 adet yaklaşık temelde 90 cm olarak başlayan tepe noktasında kalınlığı 50 cm ye düşen eğimli payandalar bulunmaktadır. Yerinde mevcut kalındı duvar yüzeyinde oldukça yoğun bitki ve kök oluşumu mevcuttur. Bu organik yapılanmalar üzerinde köklerin büyümeye devam etmemeleri açısından kimyasal bitki kurutucu uygulanması gerekti.

Proje çizim aşamasında KUDEB Konservasyon ve Restorasyon laboratuvarında yapılan analizler neticesinde, sur beden duvarlarında kullanılan taş cinsi, kuvars kumu ve fosil kavrı parçaları içeren biyomikritik kireçtaşı olarak isimlendirilmiştir.

Kale restorasyon çalışmalarında yeni örülen duvarlar için Hereke Bölgesine özgün bir taş olan Kalker (CaCO_3) kullanılmıştır. Bu taş için statik hesaplarda esas alınan değerler, agregalarının tane yoğunluğu ve su emme oranı tayini deney raporu ve tek eksenli sıkışma dayanımı raporları esas alınmıştır.

$$\sum M_{\text{deviren}} = 546,37 \text{ kN/m}$$

$$\sum M_{\text{direnen}} = 2014,45 \text{ kN/m}$$

$$\sum M_{\text{dir}} / \sum M_{\text{dev}} = 3,69 \text{ Duvar devrilmeye karşı güvenlidir}$$

Ağırlık İstinat Duvarı Temeli Zemin Gerilmeleri Tahkiki

$$\sum M = 1468,08 \text{ kN/m}$$

$$\sum N = 649,60 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 222,4191 \text{ kN/m}^2 < 240 \text{ kN/m}^2 \text{ basınç}$$

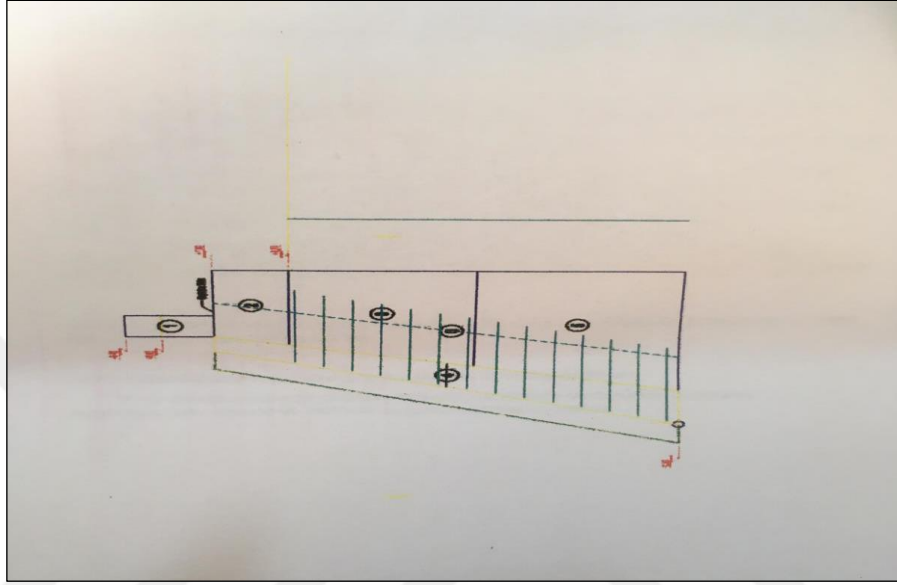
$$\sigma_{\text{min}} = 155,904 \text{ kN/m}^2 < 240 \text{ kN/m}^2 \text{ basınç}$$

Duvar temel zemini emniyet açısından güvenlidir.

Söz konusu Hereke Kalesi Batı sur duvarı ile ilgili arazi çalışmaları ve deney sonuçlarından faydalanılarak yapılan statik hesaplar neticesinde;

- 1) Eski ayrılmış duvar kısımları ile yeni oluşturulacak olan sur duvarlarının birlikte çalışarak yanal torak kuvvetleri karşılayabilmesi amacıyla mevcutta ait bölgede (duvar arkası zemin kotuna kadar olan bölge) de devam edilmelidir.
- 2) Puzolan bağlayıcı hidrolik kireç enjeksiyonuna ilave olarak duvar gövdesindeki kesme kuvvetlerini ve çekme kuvvetlerini karşılamak amacıyla ekte sunulan detaya göre donatı ankrajı yapılmalıdır. Bu ankraj imalatında kimyasal ankraj ile ekilecek olan filiz donatılarına diğer yönde de dağıtma donatısı ilave edilecektir.
- 3) Puzolan bağlayıcı hidrolik kireç enjeksiyonu uygulanan eski sur duvarı yeni oluşturulacak olan ilave duvar bir bütün olarak ağırlık istinat duvarı şeklinde modellenmiştir. Oluşturulan model üzerinde yapılan statik tahkikler neticesinde önerilen imalatlar uygulanarak oluşturulan dayanma yapısının üzerine gelecek olan yatay ve düşey yüklere karşı güvenli olarak taşıyacağı görülmektedir.
- 4) Oluşturulan model üzerinde yapılan analizlerde zemin profilindeki yatay ve düşey deplasmanlar hesaplanmış olup tablo halinde incelenmiştir. Zeminde yatay ve düşey yükler altında ulaşılan deplasmanlar incelendiğinde kayda değer bir deformasyon olmadığı görülmektedir.

- 5) Yapılacak olan Puzolan bağlayıcı hidrolik kireç enjeksiyonu imalatı ile zeminde deneyler sonucu hesaplanmış olan %14,86 oranındaki boşluk oranının %8 değerine düşürülmektedir. Bu değerın sağlanması için 30 metre uzunluğundaki mevcut sur duvarına 70-80 ton arası Puzolan bağlayıcı hidrolik kireç enjeksiyonu uygulanması gerekmektedir.



Şekil 4.59. Duvar taşıyıcı sistem modeli

Puzolan bağlayıcılı hidrolik kireç enjeksiyonu ile boşlukların doldurulmasında dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Hızı düşük matkapla birlikte karışım homojen olması sağlanır,
- 2 bar basıncı geçmeyecek şekilde enjeksiyon makinası en alt katmandaki hortum içerisinden gönderilmesi,
- Basılan enjeksiyon hortumdan taşması gerçekleşene kadar devam edilir ve farklı bir hortuma geçilirken hortum kapatılması sonrası devam edilmesi,
- Bütün enjeksiyon işlemleri bittiğinde dayanım sağlandıktan sonra görünen tüm hortumların kesilmesine dikkat edilmesi
- Enjeksiyonun öncesinde ve sonrasında da zarar vermeyecek metotlar ile 50 m² de bir olacak şekilde üç tane yerde boşluk veya çatlakın kontrollü yapılmasına dikkat edilmesi,
- 10 santigrat derece altında, 35 santigrat derece ve üstünde uygulama yapılmayacak şekilde çalışmalar yapıldı.

4.4.4. Sonuç

Kazı Alanında Yapılan gözlemler ve kazı raporundan elde edilen veriler doğrultusunda geçmişten günümüze doğal nedenlerle veya insan eliyle yapılmış müdahalelerle bunların dışında atmosferik dış etkiler ve zamandan dolayı Hereke Kalesi'nin açıkta bulunan sur duvarları ve burçları kısmen tahrip olmuştur. Bununla birlikte mevcut duvarların basınç dayanımları daha önce yapılan araştırmalarla karşılaştırıldığında bütünleme ve tamamlama için yeterli gözükmemektedir. Sur duvarlarının yapımı sırasında kullanılan ahşap hatıllar, duvar ıslak halde iken duvarın bir arada durmasını sağlamış ve harç prizini alana kadar bir bütünleştirici önlem olarak kullanılmıştır. Ahşap hatılların yok olması sürecinde taş, tuğla ve harç bileşenleri bütünleşerek taşıyıcı sistemi oluşturmuştur. Surun duvarları depremin etkisiyle, havanın şartları ile oluşan çatlaklar, açıklıklar taşıyıcı taşların birbirlerine olan yükün aktarımını engellemektedir. Taşıyıcı taşların arasına dolan yağmur ve yer altı suyu gibi kış ayı içerisinde donma ve çözülme zamanlarında temel kısımlara fazla zarar vermektedir. Bununla birlikte duvar yüzeylerinde oluşan bitkileşme sonucunda da hasarlar oluşmaktadır. Bu nedenle ilk önce bitkileşme etkisi temizlenerek daha sonra da sur duvarları arasındaki boşluklar ve çatlaklar taşıyıcı sistem malzemesinin bünyesine uygun olarak hidrolik kireç esaslı tamir harçları ile temel kısımlara ulaşarak enjeksiyon yapılarak güçlendirme yapılmıştır. Ayrıca bu işlem için aşağıdaki sıralamanın titizlikle uygulanmasına dikkat edilmiştir:

- Çatlakların üzerine matkapla nipel girecek şekilde delik açılması
- Nipellerin çatlaklara çakılması
- Çatlakların üzerinin macun ile kapatılması
- TEMEL kısımdan başlayarak enjeksiyon tipi onarım malzemesinin özel makinesi ile basılması
- Üsteki yerden onarım malzemesi çıkınca alttaki nipelin ucu körülenip üsteki yerden enjeksiyona devam edilmesi
- En üsteki noktadan da enjeksiyonun yapıлып işin bitirilmesi
- Nipellerin kesilmesi

- Dayanım ölçümü son etap tamamlandıktan sonra yapısal bozukluk görüldüğü takdirde zaman içinde yerinde veya alınan numuneler ile test edilmesi

Bu işlemlerden sonra sur duvarlarının aşınmasını önlemek için kaplama taşları onarılıp ve tamamlanacaktır.



Şekil 4.60. Enjeksiyon çalışmaları



Şekil 4.61. Enjeksiyon yapımı



Şekil 4.62. Hereke kalesi son aşamaları



Şekil 4.63. Hereke kalesi karşı görünüş

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mühendislik konuları içerisinde geçtiğimiz son 20 yıllık sürede önemli bir yere sahip konulardan biri de zemin iyileştirmesi ve güçlendirilmesi metotlarıdır. Bu durumun sebebi, dayanıklı zeminlerin azalması yanı sıra nüfusun yoğunluğu, teknolojinin gelişmesiyle büyük yapıların yapılması ve oluşturduğu gerilmelerin artması zeminin taşıyamayacak olmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür.

Yapmış olduğumuz çalışmalardan da görüyoruz ki gerekli incelemelerin yapılması ve zeminin durumuna dikkat edilerek mevcut yapının bütünlüğünün bozulmaması gerektiği unutulmamalıdır.

Nur-u Osmaniye Cami temel inşaatı yapımı sırasında zayıf zemin tabakası belli bir derinlikte olduğu görüldüğünde zayıf zemin yerine bir temel yapılarak iyileştirme yapılması söz konusuydu. Fakat temel yapımı zaman alacağı için kazık temel sistemi uygulanmıştır. Ayrıca ahşap kazıkların hafif olması ve kolay nakledilebilmesi de etkilemiştir. Ahşap kazıklar suyun alt kısmında ömrü uzamaktadır. Fakat suyun üst kısmında mantar ve böcekler zarar verebilmektedir. Bu sebeple suyun üst kısmında kullanılırken özel işlem yapılmalıdır. Deprem bölgesi içerisinde bulunduğundan belli aralıklarla kontrolü sağlanmalıdır.

Kapanca sokakta bulunan tescilli yapıyı taşıyan temel taşları yapılan incelemeler ve belirli bölgelerinde muayene çukurları açılmış ve herhangi bir temel pabucuna rastlanmamıştır. Yapılan tahkikler sonucunda dayanım sağlamadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple yeniden bir temel plan-kesit tasarlanıp uygulamaya konulmuştur. Uygulama sırasında temeli oluşturan taş duvarın iç ve dış kısmında L kirişler ile desteklenip enjeksiyon yapılarak zemindeki oturmaların önüne geçilerek sağlamlaştırma işlemi yapımı konusunda da çalışmaların yapılması da önerilebilirdi.

Yeni hamam için araştırılan hasar sebepleri, değerlendirmeler ve analiz çalışmaları sonucunda tarihi yapıda oluşan hasarların pek çok nedeni ortaya çıkmaktadır. Aynı parsellerde sonradan yapılmış betonarme yapı tarafından baskı altına alınmıştır. Yer altı su seviyesi nedeni ile zamanla oturmalara sebep olmuştur. Zemin ya da yatay

kuvvetlerin oluşturduğu basınçların malzeme kesme dayanımından fazla olduğu ve derin çatlakların oluştuğu görülmektedir. Ayrıca çevre analizleri, uygun materyal ve cephe iyileştirmeleriyle doğru müdahaleler yapılarak, niteliksiz imar faaliyetlerinin de bundan sonraki aşamalarda planlanırken tarihi yapılar bozulmaması adına daha dikkatli olunması gerekmektedir.

Tarihi Hereke kalesi savunma amaçlı inşa edildiği ileri sürülen bir kaledir. Mevcut kalede görüldüğü üzere temel kazı ve muayene çukurları sonucunda dayanımı azalan temelde bulunan taşların güçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu sebeple tarihi kalemizin temel kısımları etrafı açılarak enjeksiyon ile güçlendirmesi yapılmıştır. Bunun yanı sıra çatlatma ve kompaksiyon enjeksiyonu yüksek basınç ile uygulandığından dolayı temel kısımların bütünlüğünün bozulması söz konusu olacağından bu iki metot kullanılmamıştır. Yapılan çalışmalarda mevcut sur duvarları ve burçlar tekrar ayağa kaldırılmış ve kentimizin yeni silüetlerinden biri haline gelen kalemiz yapılan çalışmalar sonucunda yeniden hayata geçirilmiştir.

Uygulama sırasında yapılan çalışmaların karşılaştırmasını yapmamız gerekirse, tarihi yapılarda gerçek anlamda çalışmaların aşamaları disiplinli ve spesifik bir yaklaşım içerisinde hareket edilmesi gerektiğidir. Zayıf zemini iyileştirmede doğru uygulama ve metotlar ile uygun kalitede malzeme kullanarak olumlu neticeler elde edilebilmektedir. Zemine uygulanacak yük ve titreşimler hesaplanarak gerekli taşıma gücü belirlenmelidir. Böylece kalıcı ve ekonomik çözümlerin gelişmesine olanak sağlanacaktır.

Ayrıca ülkemiz de mini kazık- fore kazık ve jet grout gibi gelişen zemin iyileştirme yöntemleri son yıllarda zemin / geoteknik mühendisliği uygulamaların da önemli bir yer edindiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ISO 13822, Bases for Design of Structures – Assessment of Existing Structures, Annex I (informative) Heritage Structures, 2010.
- [2] Jappelli R., Marconi N., Recommendations and Prejudices in the Realm of Foundation Engineering in Italy: A Historical Review, In Viggiani C (ed) Geotechnical Engineering for Preservation of Monuments and Historic Sites, Proceedings of the International Symposium on Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites, Naples, 3–4 October 1996. Rotterdam, Balkema, 191– 214.
- [3] Iwasaki Y., Tsatsanifos C., Geotechnical Aspects on Preservation of Monuments and Introduction to The Authenticity of Soils and Foundations, Presentation During the ICOMOS / ISCARSAH Workshop, Lefkosia, Cyprus, 24 February, 2006.
- [4] Iwasaki Y., Technical Session 4c, Preservation of Historic Sites, 16th World Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, September 12–16, 2005, Osaka, Japan.
- [5] Tsatsanifos C., The General Principle of the Authenticity and The Foundations of Monuments. Panelist Report, Technical Session 4c, Preservation of Historic Sites, Sixteenth World Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Osaka, 12–16 September, 2006.
- [6] Zerin Z., Sarıalioğlu A., “Restorasyon Uygulaması Yapılacak Tarihi Yapılarda Tahribatsız Yöntemlerle Deprem Performansinin İncelenmesi Örneğ Çalışma, Sinop Tarihi Cezaevi,” *Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu*, s 711-722, Kasım 2017.
- [7] Keskin S., “Yapı Zemin İnceleme Yöntemleri,” Emlak kulisi, Haziran 2013.
- [8] “Zemin İyileştirme Yöntemleri,” www.emirli.com.tr (Ziyaret tarihi: 11 Mart 2019).
- [9] Togrol E., “Temel Takviyesi Yöntemlerine Yeni Bir Bakış,” *Zemin mekanigi ve Temel Mühendisligi V. Ulusal Kongresi*, ODTU, Ankara, Cilt III, s. 887-917,1994.
- [10] Tan 0., “Temel Takviyesi Uygulaması,” *Zemin Mekanigi ve Temel Mühendisligi VII. Ulusal Kongresi*, Y.T.U, İstanbul, Cilt I, s. 226-230,1998.

- [11] Namlı M., *Tarihi Yapıların Temel Sistemleri ve Temel Takviyesi Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2001.
- [12] Raabe E.W., Esters K., ‘Soil Fracturing Techniques for Terminating Settlements and Restoring Levels of Buildings and Structures’, *Ground Engineering*, Mayıs 1990, s. 33-45.
- [13] Rawlings C.G., Helliwell E.E., Kilkenny W.M., CIRIA Report CP/56 Mart 1998-Grouting for Ground Engineering,1998.
- [14] Gallavresi F., ‘Grouting Improvement of Foundation Soils’ Grouting, Soil Improvement and Geosynthetics, Geotechnical Special Publication, ASCE, 1992, Cilt I, s. 1-39
- [15] Ergun U., Temel Takviyesi ve Eski Eserlerin Korunması, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği III. Ulusal Kongresi*, ODTÜ, Ankara, 1994, s.887- 917.
- [16] “ Zemin Islahı”, <http://zetas.com.tr/index.php?dil=EN&id=224000> (Ziyaret tarihi: 15 Mayıs 2019).
- [17] Durgunoğlu H.T., Yüksek Modüllü Kolonların Temel Mühendisliğinde Kullanımı, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi*, İstanbul,2004.
- [18] Ahmed Efendi, Târih-i Câmî‘-i Şerif-i Nûr-i ‘Osmânî, Tarih-i Osmanî Encümeni Mecmuası İlavesi, Sayı:49, İstanbul-Dersaadet,1918.
- [19] Baker I. O., A Treatise on Masonry Construction, John Wiley&Sons, Newyork, 1902.
- [20] Aksoy İ. H., Nur-u Osmaniye Camii Temellerinin İncelenmesi, *Zemin*, 1979, Cilt.I, Sayı:4, s.200-213.
- [21] Willams C.C., The Design of Masonry Structures and Foundations, Mcgraw-Hill Book Company, Newyork,1922.
- [22] Bacpoles Report, Preserving Cultural Heritage By Preventing Bacterial Decay of Wood In Foundation Piles And Archaeological Sites, Wageningen, 2005.
- [23] Başbaydar F., Nur-u Osmaniye Külliyesi Tarihsel Belgeler Işığında Külliyeinin Yapım Süreci, Y. Lisans Tezi, Kadir Has Üniversitesi, İstanbul, 2008.
- [24] Mehmed Feyzi, Usul-u Umumiye-i İnşaat, Mühendis-i Berr-i Hümayun Matbaası, Dersaadet, 1911.
- [25] Dobson E., Foundations and Concrete Works, London,1872.
- [26] Hasley J., Railway Masonry and Bridge Foundations, The Railway Age Publishing Co., 1883.

- [27] Derleth C., Notes On Foundations and Masonry Structures, Berkeley, 1921.
- [28] Kartal R., “Ahşap Taşıyıcı Mevcut Durum Raporu,” Ocak 2016.
- [29] Uysal Z., Gölcük “Hereke Kalesi Kazı Raporu,” 2011.
- [30] T.C. 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu
- [31] Kahraman G., “*Erken Bizans Dönemi Horasan Harçlarının İncelenmesi*,” İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kır H., Mutman U., Basic System and Reinforcement Methods of Historical Buildings, *International Symposium on Engineering Natural Sciences and Architecture*, Kocaeli, 2-4 May 2019.



ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin KIR 1992 yılında Kocaeli’de doğdu. İlköğretimini Maltepe Nezahat Aslan Ekşioğlu İlköğretim Okulu’nda lise eğitimini 2010 yılında Derince Necip Fazıl Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2011 yılında Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde öğrenim hayatına başladı. 2013-2014 sezonunda Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesin İnşaat Mühendisliği Bölümünde Farabi Değişim Programı yaptı ve 2015 yılında mezun olarak İnşaat Mühendisi unvanını aldı. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans programına başladı.

