

MEVCUT BİR YAPININ TEMEL SİSTEMİNİN KAZIKLARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

STRENGTHENING THE FOUNDATION SYSTEM OF AN EXISTING BUILDING WITH PILES

Selçuk BİLDİK¹, Ahmet ARSLAN², Mustafa LAMAN³

ÖZET

Geoteknik mühendisliğinin en önemli problemlerinden biri oturmada kaynaklı meydana gelen hasarlardır. Projelendirme çalışmaları esnasında dikkate alınmayan yükleme durumları oluşması durumunda, yapılarda beklenmeyen oturmalar meydana gelebilmektedir. Yapılarda meydana gelen oturmalar ayrıca projelendirme aşamasında oturmaların doğru hesaplanamaması nedeniyle de meydana gelebilmektedir. Bu çalışmada yük koşulları değişen mevcut bir yapıda meydana gelen oturma kaynaklı hasarlar tespit edilerek, bu yapının temel sisteminin kazık elemanlarla güçlendirilmesi ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Oturma, güçlendirme, kazık, sayısal çözüm.

ABSTRACT

One of the most important problems of geotechnical engineering is the damage caused by settlement. In case of loading situations that are not considered during the design stage, unexpected settlements may occur in the structures. Settlements in buildings may also occur due to failure to calculate the settlements correctly during project design stage. In this study, the damage caused by settlement in an existing structure with changing load conditions has been determined and the strengthening of the foundation system of this structure with pile elements has been discussed.

Keywords: Settlement, reinforcement, pile, numerical solution.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Nişantaşı Üniversitesi, selcuk.bildik@nisantasi.edu.tr (Sorumlu yazar)

² İnş. Yük. Müh., SoilTeknik A.Ş., ahmetarslan22@gmail.com

³ Prof. Dr., Perform Geoteknik Müh. Müş., mlaman@performgeo.com

1. GİRİŞ

Zemin mekaniği ve temel mühendisliği yapılarla ilgili zeminin taşıma gücü ve oturma problemlerini ele almaktadır. Geçmişten günümüze geoteknik mühendisliğinde yapıların tasarımına ilişkin birçok teorik yöntemin yanı sıra sayısal yöntemler de mevcuttur. Geoteknik mühendisliğinde karşımıza çıkan en önemli problemlerden biri yapılarda oturmadan kaynaklı oluşan hasarlardır. Literatürde oturma hesabına yönelik teorik yaklaşımların yanı sıra, günümüzde sayısal yöntemler de yapıda oluşacak oturmanın hesaplanmasında kullanılmaktadır. Yeni tasarlanacak yapılarda yapılacak oturma analizleri ile yapıda oluşacak toplam ve farklı oturma değerlerinin hesaplanması basit klasik yöntemlerle mümkündür. Ancak mevcut bir yapıda oluşan oturma kaynaklı hasarların oluşum nedenini belirlemek ve gerekli önlemleri almak oldukça zordur. Mevcut yapıların temel mühendisliği açısından güçlendirme çalışmaları birçok sınırlamayı da beraberinde getirmektedir. Yapıda oturmaya neden olan temel zemini ve/veya temel sisteminin iyileştirilmesi ve/veya güçlendirilmesi için alınacak önlemin (kazık, jet grout vb.) uygulanabilir olması da oldukça önemlidir. Bu çalışmada oturma kaynaklı yapısal hasarlar oluşan bir endüstri yapısı ele alınarak, oturma probleminin nedenlerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar ve akabinde geliştirilen projelerle alınan önlemler anlatılmaktadır.

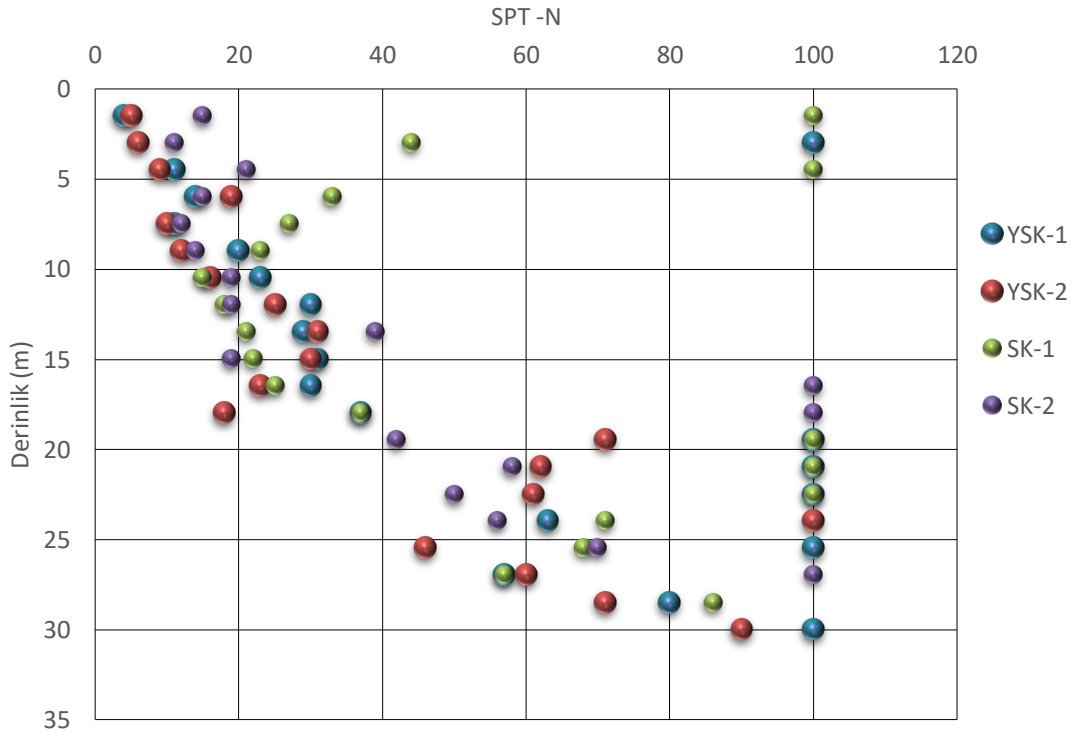
2. ZEMİN ÖZELLİKLERİ VE GEOTEKNİK PROBLEMLER

İncelenen yapı farklı ünitelerden oluşan bir endüstri yapısı olup, hasar oluşan ana yapı 1969 yılında inşa edilmiştir. Yapıda oluşan hasarların nedenlerinin belirlenmesi amacıyla zemin etüt çalışması yapılmıştır. Ayrıca yapıda oluşan hasarların nedenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yapının temel sisteminden başlayarak üst yapısında taşıyıcı sistemin tamamı detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölümde zemin etüt çalışmaları ile saha gözlemlerinden elde edilen bilgiler ele alınmaktadır.

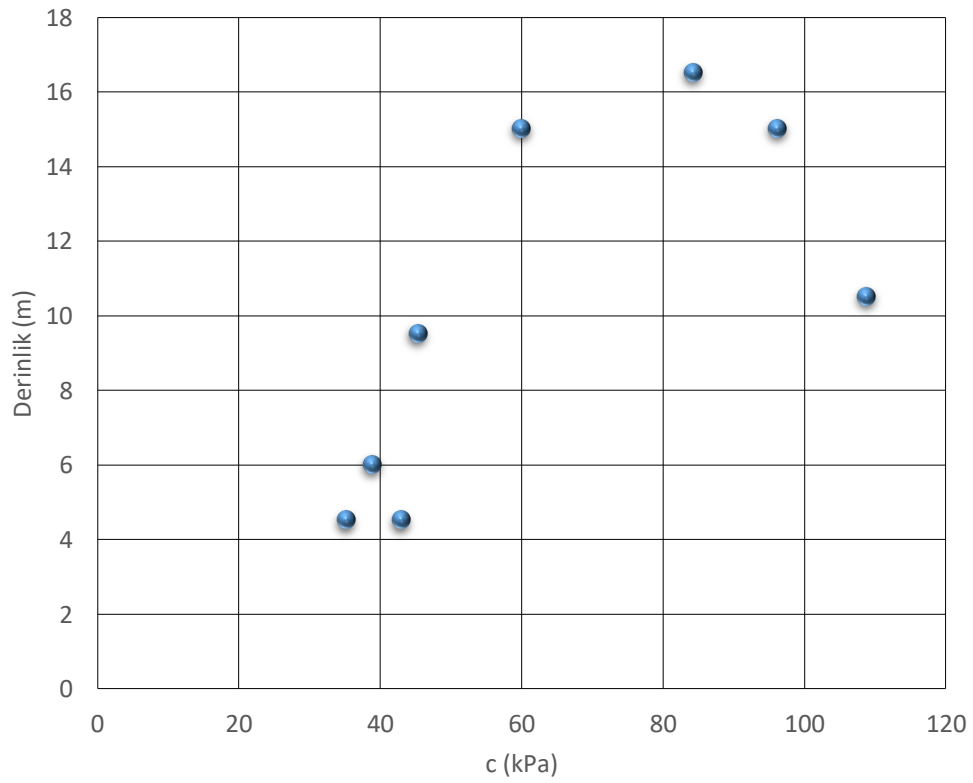
2.1. Sahanın Geoteknik Özellikleri

Vakanın yer aldığı sahanın geoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapı çevresinde 4 noktada sondaj çalışması yapılmıştır. Yapılan sondaj çalışmalarından, sahada kalınlığı 0.00-4.00 metreler arasında değişen beton kaplama ve çakıllı dolgu birimler gözlenmiştir. Bu birimlerin ardından yer yer az ince çakıllı ve az kalker içeren çakıllı, az kumlu, killi kumlu silt mercekli, katı-çok katı-sert siltli kil/kumlu kil ve az killi, siltli, gri-kahve renkli, sıkı - çok sıkı kumlu çakıl/çakıllı kum birimler gözlenmiştir.

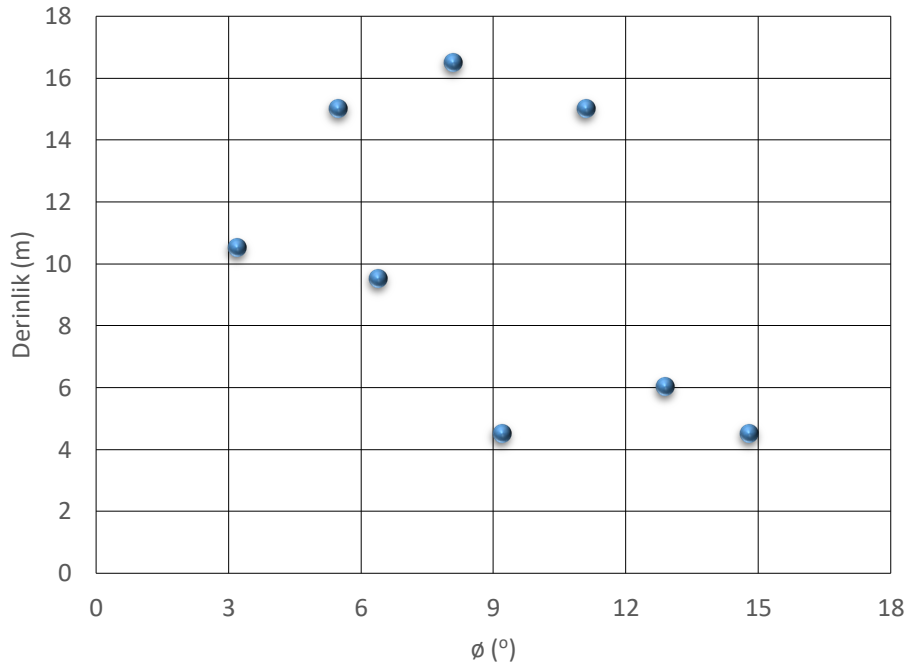
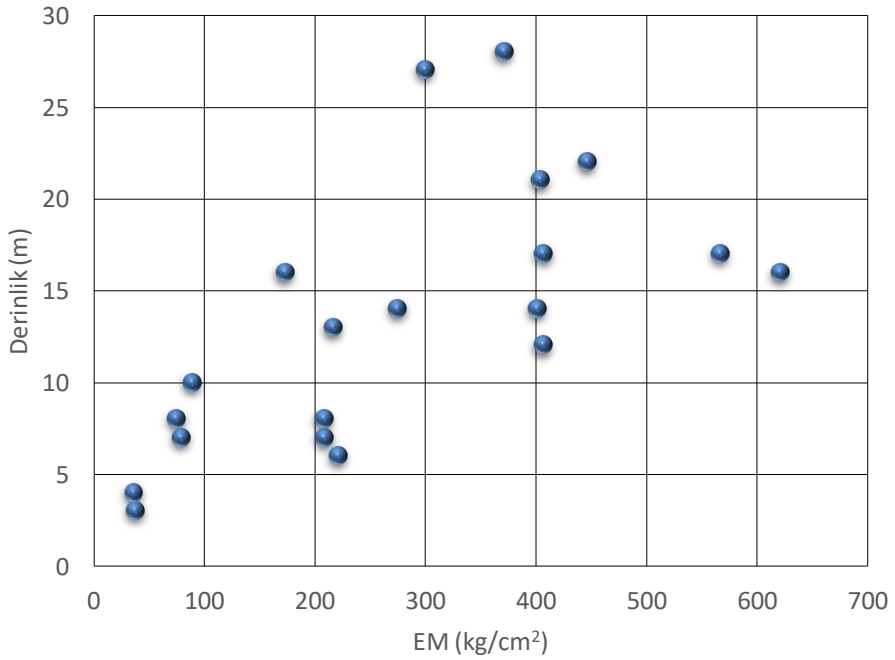
Temel zemininin endeks ve mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla arazide SPT ve presiometre deneyleri yapılmıştır. Arazi sondaj çalışmalarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde endeks özelliklere yönelik deneylerle birlikte, üç eksenli basınç ve serbest basınç deneyleri yapılarak ilgili parametreler belirlenmiştir. Yapılan SPT deneylerinden elde edilen SPT-N değerleri 4 ile 90 arasında değişmektedir. SPT-N değerlerinin derinlikle değişimi Şekil 1’de gösterilmektedir. Laboratuvarında yapılan üç eksenli basınç deneyinden elde edilen kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerlerinin derinlikle değişimi Şekil 2 ve Şekil 3’te görülmektedir. İnceleme alanında yapılan presiometre deneyleri sonucunda elde edilen elastisite modülünün (E_M) derinlikle değişimi Şekil 4’te sunulmaktadır.



Şekil 1. SPT-N değerlerinin derinlikle değişimi



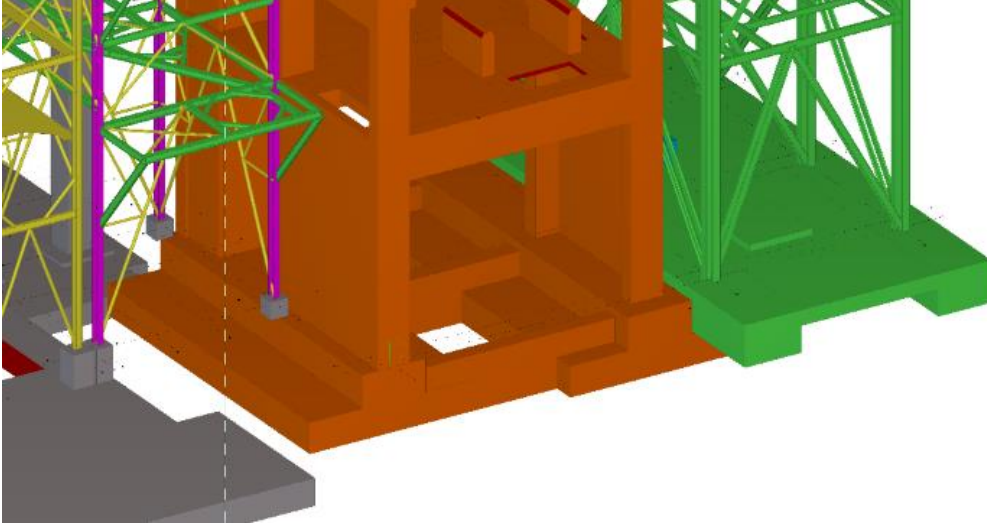
Şekil 2. Kohezyonun (c) derinlikle değişimi

Şekil 3. İçsel sürtünme açısının (ϕ) derinlikle değişimiŞekil 4. Elastisite modülünün (E_M) derinlikle değişimi

2.2. Yapının İncelenmesi

Yapıda oluşan hasarların yerinde tespit edilmesi amacıyla yapılan incelemelerde yapıda oturma kaynaklı çatlaklar gözlenmiştir. Yapının taşıyıcı sistemini oluşturan eleman kesit boyutları oldukça yeterlidir. Nitekim başlangıçta yapıda hiçbir hasar oluşmadığı

belirlenmiştir. Ancak, yapıda oluşan hasarların özellikle yapının hemen yanında inşa edilen ve temel sistemlerinin birbiriyle etkileşime girdiği yeni ek ünite inşaatı sonrasında başladığı bilgisi alınmıştır. Her iki yapının birbirine doğru hareketi gözlenmiş olup, yapılara ait projeler incelendiğinde, yeni inşa edilen ünitenin temelini ana yapı üzerine oturduğu anlaşılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Birbiri ile etkileşimde olan yapı temelleri

2.3. Geoteknik Değerlendirmeler

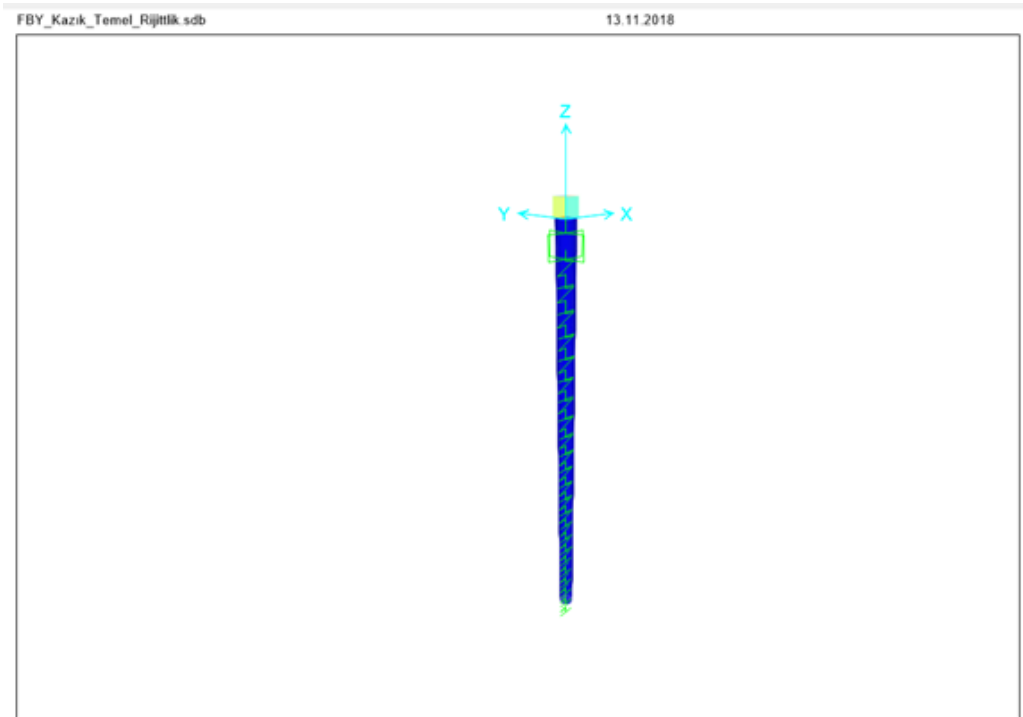
Proje sahasında yapılan etüt çalışmaları ile saha gözlemleri değerlendirilerek, sahadaki geoteknik problem belirlenmeye çalışılmıştır. TBDY 2018'e göre yapılan zemin etüt çalışmaları ve geoteknik değerlendirmelerde temel zemininde taşıma gücü sorunu olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak, konsolidasyon deney verileri ile yapılan oturma hesaplarında oturma değeri 20cm mertebesinde hesaplanmıştır. Yapının inşa edildiği tarih dikkate alındığında, oturmanın tamamlandığı ancak, yapı temeline etkiyen ek yükleme nedeniyle ortaya çıkan bir yönlü ilave oturmanın doğrudan farklı oturmaya neden olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yapıda oluşan hasarların bitişik nizam inşa edilen yeni yapının mevcut yapıda yük dağılımlarını değiştirmesinden kaynaklı olduğu anlaşıldığından, bu yönde önlem alınmasına karar verilmiştir.

3. GEOTEKNİK ÇÖZÜMLER VE SAYISAL ANALİZLER

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bilgilerle yapılan hesaplamalar sonucunda yapı temel zemininde oturma problemi olduğu belirlenmiştir. Bu durumda temel sistemi yüzeysel temel sistemi yerine derin temel sistemine dönüştürülüp, kazıklı radye olarak tasarlanmıştır. Kazık dizaynı için zemin profili incelendiğinde sağlam zemin tabakası dikkate alınarak kazıklar hem sürtünme kazığı hem de uç kazık olarak tasarlanmıştır. Kazık kapasitelerinin belirlenmesinde API (Amerikan Petrol Enstitüsü-1984) yönetmeliği kullanılmıştır. Uygulama projesi olarak fore kazık ve mikro kazık kombinasyonu ile genişletilmiş ve mevcut temellere entegre edilmiş başlıklı kazık tasarımı yapılmıştır.

3.1. Kazık Taşıma Gücü ve Rijitlik Matrisinin Belirlenmesi

Proje sahasında yapılan etüt çalışmaları dikkate alınarak yapı altında farklı çaplarda kazık uygulaması yapılmasına karar verilmiştir. Yapı içinde imal edilecek kazıklar için fore kazıklarla beraber makine manevra kabiliyetleri dikkate alındığında en uygun imalat yöntemi olarak büyük çoğunlukla mikro kazıklar planlanmıştır. Yapı yükü dikkate alınarak belirlenen kazıklar yapısal olarak analiz edilmiştir. Analizler SAP 2000 sonlu elemanlar programı ile gerçekleştirilmiş olup, analiz modeli Şekil 6'da gösterilmektedir. Analizlerde kazık elemanlar rijitlik matrisi yöntemi ile tanımlanmış olup, t-z ve Q-z yayları belirlenerek rijitlik matrisi oluşturulmuştur. Rijitlik matrisi Tablo 1'de sunulmaktadır. Yapılan analizler sonucu uygun karelaja karar verilerek, uygulama projesi hazırlanmıştır.



Şekil 6. SAP 2000 analiz modeli

Tablo 1. Mikro kazığın rijitlik matrisi

L=20m Kazık-Temel Joint Rijitlik Matrisi						
JOINT lokal aksına göre düzenlenmiş (X=1, Y=2, Z=3) [kN,m]						
	U1	U2	U3	R1	R2	R3
F1	992	0	0	0	-1287	0
F2	0	992	0	1287	0	0
F3	0	0	67878	0	0	0
M1	0	1287	0	2598	0	0
M2	-1287	0	0	0	2598	0
M3	0	0	0	0	0	0

3.2. Kazık Uygulamaları

Uygulama projelerine uygun olarak sahada kazık imalatına geçilmiştir. Öncelikle kazık noktaları belirlenerek temelde karot ile delme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Daha sonra delgi işlemine geçilerek kazık imatları yapılmıştır (Şekil 8). Kazık imatları tamamlandıktan sonra mevcut temel üzerinde 40 cm kalınlığında ek bir radye temel yapılarak güçlendirme çalışmaları tamamlanmıştır. Daha sonra yapıda topografik olarak oturmalar takip edilmeye başlanmış olup, yapıda kazık uygulaması sonrası oturma gözlenmemiştir.



Şekil 7. Karot delim işlemi



Şekil 8. Kazık imatları

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada oturma sorunu yaşanan mevcut bir endüstri yapısı ele alınarak, geoteknik problemlerin çözümü değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

1. Yapılarda uzun süreli oturmalar tamamlanmış olsa dahi, yük dağılımlarında değişimler olması durumunda farklı oturmalarından kaynaklı hasarlar meydana gelebilir.
2. Mevcut yapıların güçlendirilmesinde mikro kazık uygulamasının pratiklik açısından önemli olduğu anlaşılmaktadır. Yapı içinde imal edilecek kazıklar için fore kazıkların makine manevra kabiliyetleri dikkate alındığında zorunlu nedenlerle imalat yöntemi olarak fore kazık rijitliğine eşdeğer düzende oluşturulan mikro kazıklarla temel zemini güçlendirme çalışmaları yapılabilmektedir.
3. Analizlerde rijitlik matrisi yöntemi kullanılarak yapı ve kazıklar birlikte analiz edilmiştir.
4. Yapı içinden ve dışından uygulanan kazıklar mevcut radyeye entegre edilerek radye boyu ve kalınlığı arttırılmıştır.
5. Mevcut bir yapıda sonradan oluşan ilave dış yüklerin etkisiyle, temel zemininde ve temel sisteminde farklı oturmalar oluşması ve üst yapıya da etkileyen yapısal hasarların giderilmesi için temel zemini ve temel sisteminde alınacak önlemlerin, zor olsa da bu çalışmada uygulandığı gibi farklı yaklaşımlarla çözülebileceği anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

API 1984, Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms—Working Stress Design

TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği