Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği
20. Ulusal Konferansı

15-16 Ekim 2026
Sakarya Üniversitesi

ESKİ BİR KAZI ÇUKURUNUN TAMAMLANMASI

COMPLETION OF OLD EXCAVATION PIT

Mustafa Serdar NALÇAKAN[1]

ÖZET

İstanbul Fikirtepe proje sahasında fore kazık ve ankraj imalatları yarıda bırakılmış ve uzunca bir süre beklemiş kazı çukurunun 3 yıl sonra yeniden tamamlanmasına karar verilmiştir. Yeni projede eski kazıklar önüne 80cm çapında fore kazıklar ve öngermeli ankraj sistemi tasarlanmıştır. Projesine uygun yapılan ikinci sıra iksa sistemi ankrajları (ilk 3. Sıra) yapılırken eski mevcut iksa kazıklardan dolayı delme problemleri, eski ankrajlarla çakışan ve etkileşime giren yeni ankrajların tutturulamaması problemleri ortaya çıkmış ve 4. Sıra ankraj aşamasına gelindiğinde eski kazıklar ile yeni yapılan iksa kazıkları arasından ankraj imalatı yapılamaz hale gelmiştir. Bu sebeple iksa projesi tekrar revize edilmiştir. Revizyon proje olarak ikinci sıra 80 cm çapında yapılan kazıkların önüne yer kayıpları göz önüne alınarak konsol 120 cm ve 140 cm çapında fore kazıklardan oluşan yeni bir konsol iksa sistemi projelendirilmiştir. İksa sisteminde 120 cm ve 140 cm'lik konsol fore kazıklar başlık kirişi hizasında mevcut 80'lik kazıklara epoxy ile bağlanmış ve iksa sisteminin beraber çalışması sağlanmıştır. Konsol kazıklarda imalat aşamasında tabandaki çok sert kayaçlardan dolayı yeterli soketleme yapılamayan kısa bir kesimde ek ankrajlar yapılmıştır. Makalede iksa sistemi, zemin yapısı ve parametreleri ile yapılan analizler detaylıca verilecek ve eski ile yeni konsol kazıklar içerisine yerleştirilen inklinometreler ile deplasman kontrollü yapılan ve tamamlanan derin kazı deneyimleri paylaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Deplasman Kontrollü Derin Kazı, Ankraj, Aletsel Gözlem*

ABSTRACT

Deep excavation Project had been stopped in Istanbul Fikirtepe Project site for a period of 3 years. Then it was decided to continue the deep excavation with a new design involving new piles and multi levelled ground anchoring system in front of the old existing piles. However, during the construction of the third and fourth level of ground anchors, drilling problems started due to the existence of old piles. Also new anchors couldn't be locked to their design loads due to interaction problem with the existing ones. Therefore, the excavation project was re-desşgned again. The revised deep excavation project is consisting of 120cm and 140cm diameter cantilever bored piles which will be constructed in front of the second row of piles. 120 and 140 cm cantilever bored piles were connected to the existing old piles at the head beam location with epoxy connection system to ensure that the retaining walls work together. Additional one level of ground anchor was constructed in some section of the wall due to insufficient socketing depth due to hard base rock layers. The excavation project will be given with soil and base rock parameters and PLAXIS solutions in details. The experiences of displacement controlled excavation will be given in detail with the inclinometer measurements placed in the old and new cantilever piles.

Keywords: *Displacement Controlled Deep Excavation, Anchorages, Instrumentation*

[1] Dr, KILCI Mühendislik Ltd. Şti., msn@kilci.com.tr

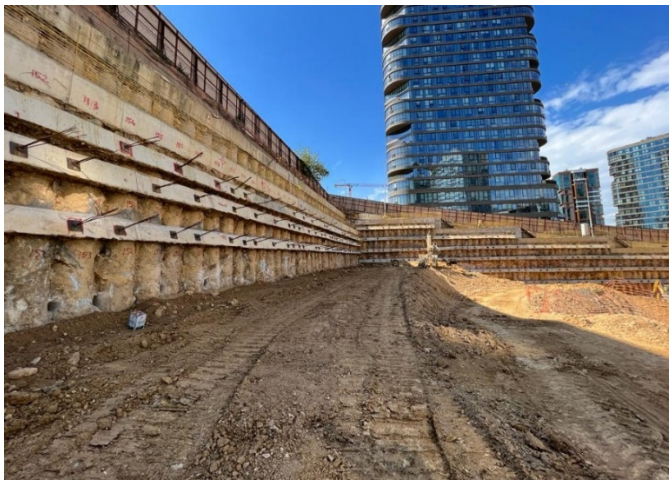
1. GİRİŞ

İstanbul Fikirtepe Kentsel Dönüşüm projesi kapsamında bir sahada fore kazık ve ankraj imalatlarına başlanmış ancak derin kazı imalatları durdurulmuştur. Üzerinden 3 yıl bir süre geçtikten sonra derin kazının devam ettirilmesine karar verilmiştir (Şekil 1.)



Şekil 1. İmalatı Durdurulan Derin Temel Kazısı

Eski iksa sistemi kullanılmadan yeni bir iksa proje hazırlanmıştır. Bu projede eski kazıklar önüne 80 cm çapında fore kazıklar ve öngermeli ankrajlar yapılarak kazının devam etmesi amaçlanmıştır. İlk 3 sıra ankraj imalatları yapılırken (+45.45, +44.35 ve +43.15 kotları) arka kazıkların mevcudiyetinden dolayı delme problemleri, eski ankrajlarla etkileşime giren yeni ankrajların tutturulamaması durumları ortaya çıkmış ve çok ciddi zaman kaybına neden olmuştur. 4. sıra ankraj imalatlarına gelindiği aşamada ise eski kazıklar ile önünde yer alan kazıklar arasından ankraj imalatı yapılamaz aşamaya gelmiştir (Şekil 2). Bu sebeple iksa projesi tekrar revize edilmiştir. Revizyon proje olarak ikinci sıra 80 cm çapında yapılan kazıkların önüne yer kayıplarına bağlı olarak konsol 120 cm ve 140 cm çapında kazıklardan oluşan yeni bir iksa sistemi projelendirilmiştir. İksa sisteminde 120 cm ve 140 cm'lik konsol fore kazıklar başlık kirişi hizasında mevcut 80'lik kazıklara epoxy ile bağlanmış ve iksa sisteminin beraber çalışması sağlanmıştır.



Şekil 2. Derin kazı imalatları yeni 4. sıra ankraj yapım aşaması

2. ZEMİN DURUMU VE GEOTEKNİK PARAMETRELER

İksa sistemi konsol fore kazık analizleri yapılırken ilk aşamada yapılan iksa projesi geoteknik parametreleri ve idealize zemin profili hiç değiştirilmemiştir. Tasarımda önceki zemin araştırmalarından elde edilen parametreler kullanılmıştır. İdealize zemin profili ve PLAXIS analizlerinde kullanılan Geoteknik parametreler Tablo.1'de verilmiştir. Analizler önce drenajlı durum Mohr - Coulomb parametreleri ile yapılmış daha sonra önceki çalışmalarla beraber değerlendirilebilmesi için pekleşen zemin modeli işe tamamlanmıştır.

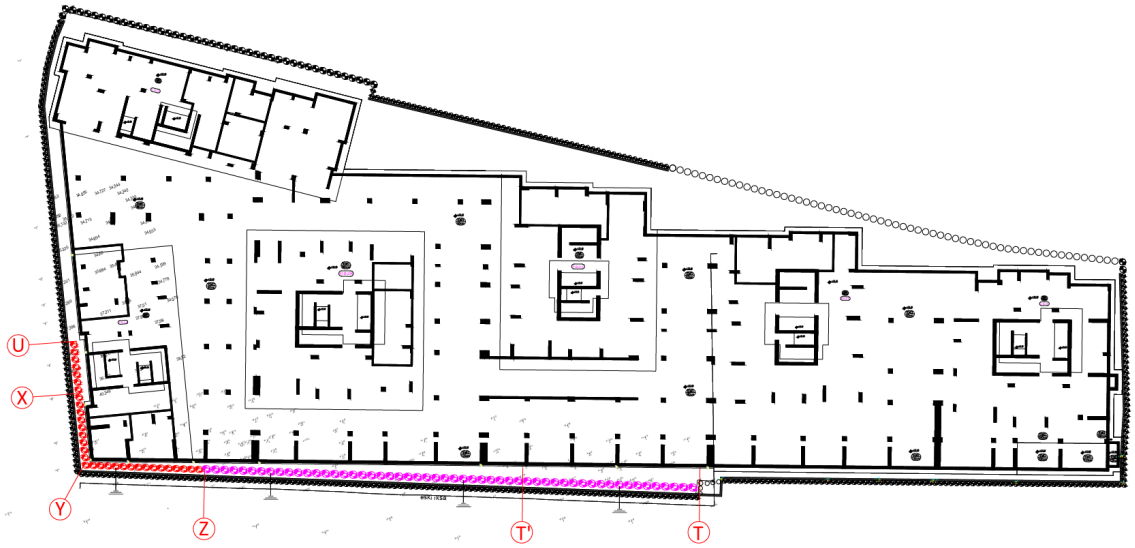
Tablo 1. İdealize Zemin Profili ve Geoteknik Parametreler

Zemin Profili	Derinlik (m)	Geoteknik Parametreler
Dolgu	0.00/-2.00	γ=18.0 kN/m^3, c=1 kPa, Ø=24°, E=10000kN/m^2
Çakıllı kil-1	-2.00/-10.00	γ=19.0 kN/m^3, c=4 kPa, Ø=27°, E=25000kN/m^2
Çakıllı Kil-2	-10.00/-20.00	γ=19.0 kN/m^3, c=6 kPa, Ø=27°, E=30000kN/m^2
Sert kil	-20.00/-30.00	γ=19.0 kN/m^3, c=8 kPa, Ø=28°, E=35000kN/m^2
Şeyl/Silt-Kiltaşı	>-30.00	γ=21.0 kN/m^3, c=20 kPa, Ø=35°, E=150000kN/m^2

İksa sistemleri analizleri PLAXIS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde 80 cm'lik kazıklar ve yeni yapılacak 120-140 cm'lik kazıkların başlık kirişi hizasında epoxy ankrajları ile bağlanacağı ve beraber çalışacağı sistem düşünülmüştür.

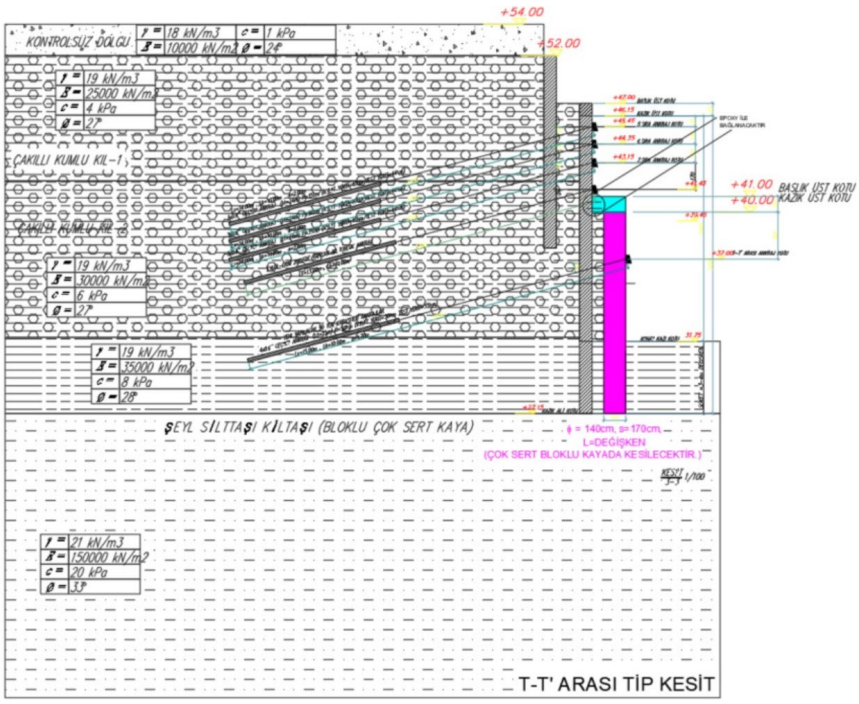
Analizlerde üst yol cephesinde sürşarj yükü olarak 15-20 kN/m^2 yükleme alınmış, en eski ankrajlar 75kN/m, yeni yapılan ankrajlar (3-sıra 2022 yılında yapılan) 150 kN/m, T-T' arasında son yeni yapılan 14 adet ankraj ise 200 kN/m ve en son önerilen muhtemelen kaya soketi sağlanamayan bölgelerde yapılacak ankrajlara ise (s=1.70m ara mesafeli olanlar) 295 kN/m öngerme yükü verilmiştir.

Şekil 3.'te U – X – Y - Z olarak adlandırılan iksa sistemi 120 cm konsol fore kazıklarla (yeni bina temel ile iksa arasında kalan mesafe sınırlı olduğundan) Z – T - T' arası ise iksa ara mesafesi uygun olduğundan 140 cm çapında konsol fore kazıklarla çözülmüştür. T - T' arasında taban bloklu sert kayaçlardan dolayı gerekli kazık soketleme yapılamamış bu kısımda bir sıra ankraj ilave edilmiştir. Şekil 3.'te 120 cm'lik kazıklar kırmızı renkte, 140 cm'lik kazıklar ise pembe renkte gösterilmiştir. 120 cm'lik konsol kazıkların merkezden merkeze 140 cm, 140 cm'lik kazıkların ise merkezden merkeze 170 cm mesafe ile yapılmasına karar verilmiştir.

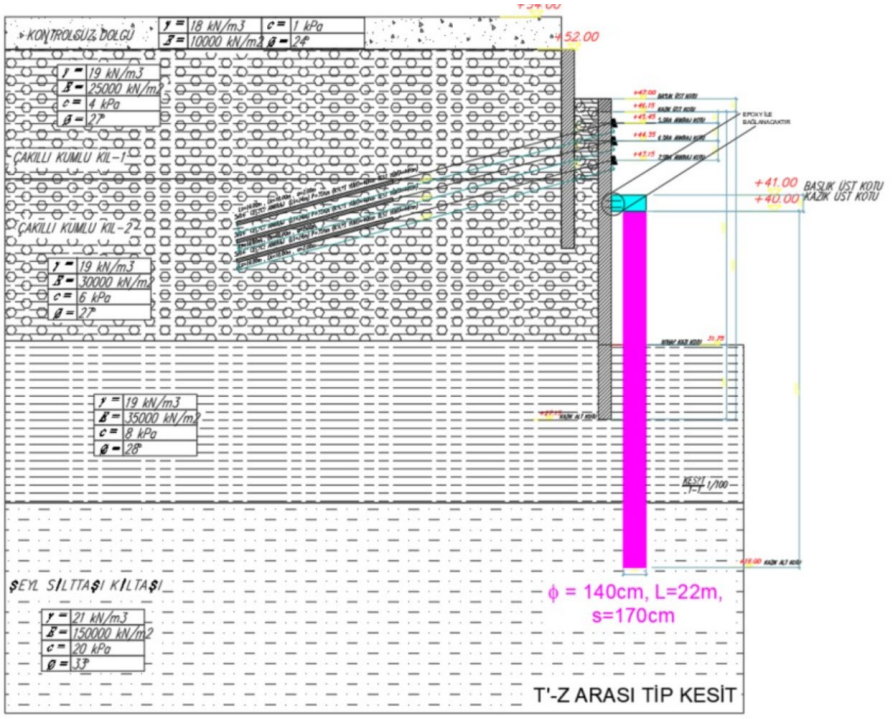


Şekil 3. Konsol Fore Kazıklı Ek Sistem Genel Vaziyet Planı

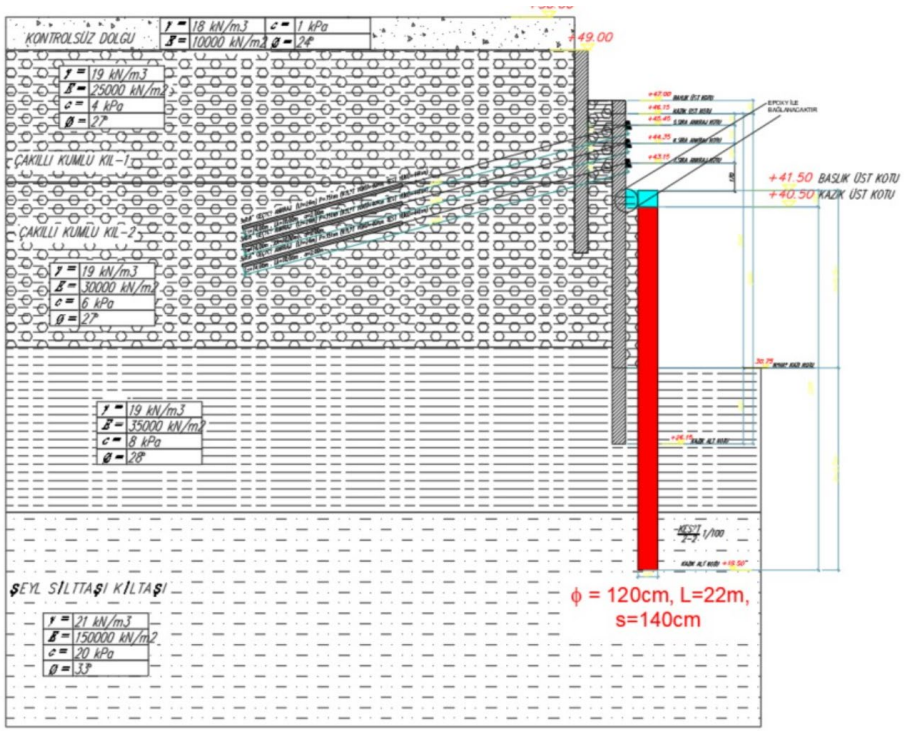
İksa sisteminde taban çok sert kayaçlardan dolayı T noktasına yakın kesimde kısa yapılan ve yeterli soket derinliğini sağlanamayan kısa bir kesim söz konusudur. Bu kesim T-T' olarak adlandırılmış ve ek bir sıra ilave ankrajlı olarak çözülmüştür. Yeni önerilen kazıklı sistem vaziyet planı Şekil 3.'te, tip kesitler ise Şekil 4., Şekil 5. ve Şekil 6.'da, cephe görünümü ise Şekil 7.'de verilmiştir.



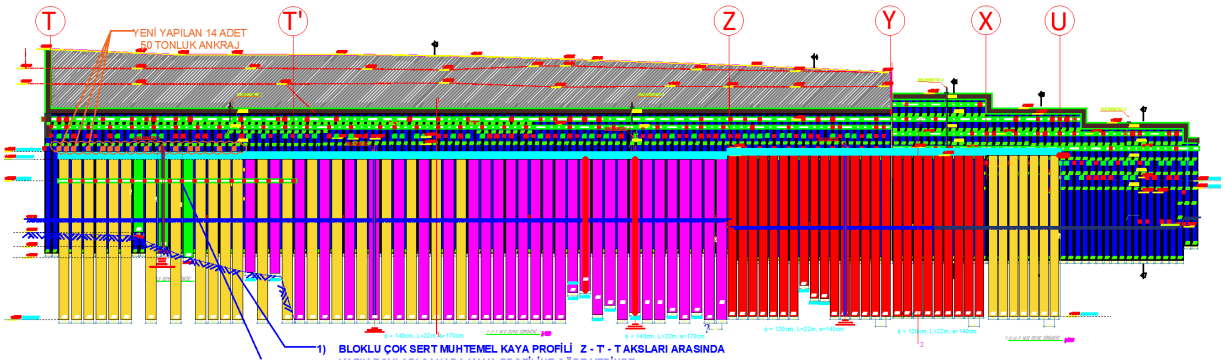
Şekil 4. T - T' Arası Ek Iksa Sistemi – 140 cm Konsol Kazık ve Bir Sıra Ankraj



Şekil 5. T' - Z Arası Ek Iksa Sistemi – 140 cm Konsol Kazıklı Iksa



Şekil 6. U - Z Arası Ek Iksa Sistemi – 120 cm Konsol Kazıklı Iksa



Şekil 7. Konsol Iksa Kazıkları Cephe Görünümü

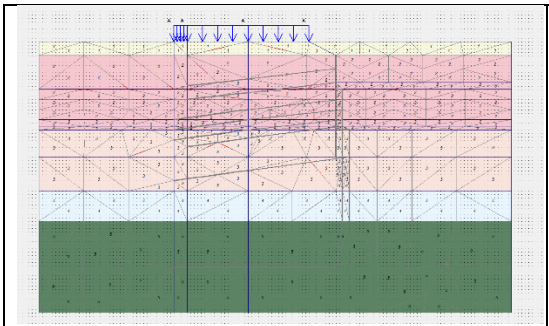
3. PLAXIS ANALİZLERİ

İksa sistemleri analizleri PLAXIS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde 80 cm'lik kazıklar ve yeni yapılacak 120-140 cm'lik kazıkların bağlanacağı ve beraber çalışacağı sistem düşünülmüştür.

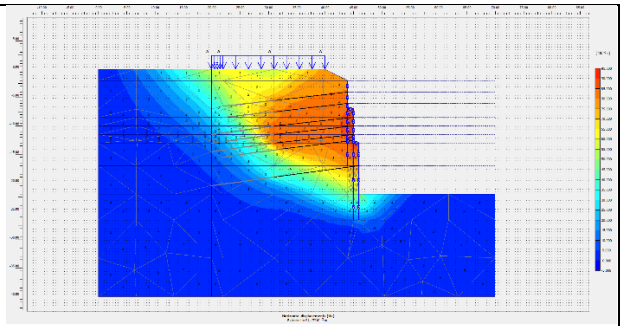
Analizlerde üst yol cephesinde sürşarj yükü olarak 15-20 kN/m^2 yükleme alınmış, en eski ankrajlar 75kN/m, yeni yapılan ankrajlar (3-sıra 2022 yılında yapılan) 150 kN/m, T-T' arasında son yeni yapılan 14 adet ankraj 200 kN/m, ve en son önerilen muhtemelen kaya soketi sağlanamayan bölgelerde yapılacak ankrajlara ise (s=1.70m ara mesafeli olanlar) 295 kN/m öngerme yükü verilmiştir. Ankrajlar proje yükünün %125'ine BS8081 standartlarına uygun test edilerek çekilmiş ve kitlenmiştir.

PLAXIS analizleri Şekil.4, 5 ve 6'daki kesitler için ayrı ayrı yapılmış ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

3.1. T - T' Arası PLAXIS Analiz Sonuçları



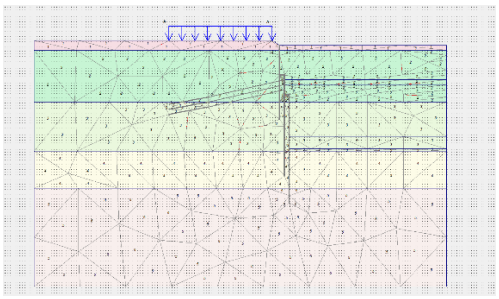
Tek sıra ankraj destekli kazık Modeli



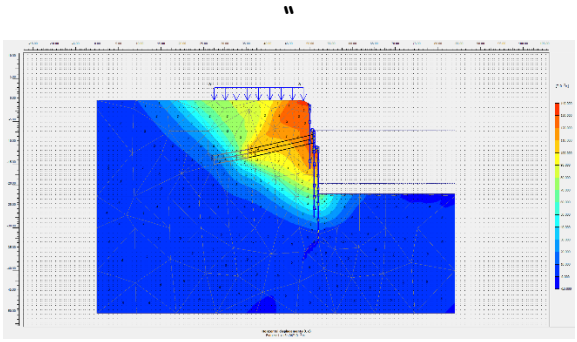
Tek sıra ankraj destekli kazık – yatay ötelenme

Şekil 8. T-T' Arası Ek Iksa Sistemi – 140 cm Kazık ve Ek Ankraj Çözümleri

3.2 T' - Z Arası PLAXIS Analiz Sonuçları



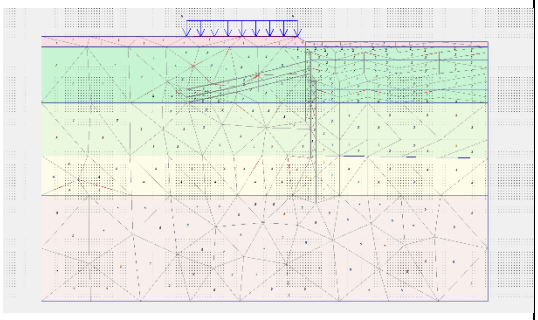
Konsol Kazık Modeli



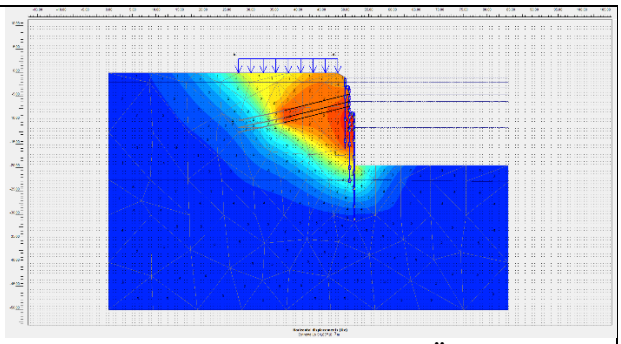
140 cm Konsol Kazık Yatay Ötelenme

Şekil 9. T' - Z Arası 140 cm Konsol Kazık Çözümleri

3.3. U - Z Arası PLAXIS Analiz Sonuçları



Konsol Kazık Modeli



120 cm Konsol Kazık Yatay Ötelenme

Şekil 10. U-Z Arası 120 cm Konsol Kazık Çözümleri

PLAXIS Analiz sonuçlarında kesme deformasyon yüzdeleri grafiklerinde genel bir kayma düzlemi görülmemiş bu oran genel olarak %1'in altında hesaplanmıştır. Yapılmış olan genel stabilite güvenlik katsayısı analizlerinde de en kritik kesit için güvenlik sayısı 1.40 mertebesinde belirlenmiş olup geçici iksa sistemleri için yeterli görülmüştür.

4. INKLINOMETRİK GOZLEMLER VE ANALİZLERİ

İstanbul Fikirtepe Kentsel Dönüşüm projesi kapsamında tamamlanmayan bir iksa çukuru ek büyük çaplı konsol fore kazıklar yardımıyla deplasman kontrollü olarak devam ettirilerek tamamlanmıştır. Temel kazısı iksa sistemleri yeni yapılan ek fore kazıklar içerisine analizleri yapılan üç kesit boyunca yerleştirilen inklinometre enstrümantasyonu ile gözlenmiştir. Şekil.11.

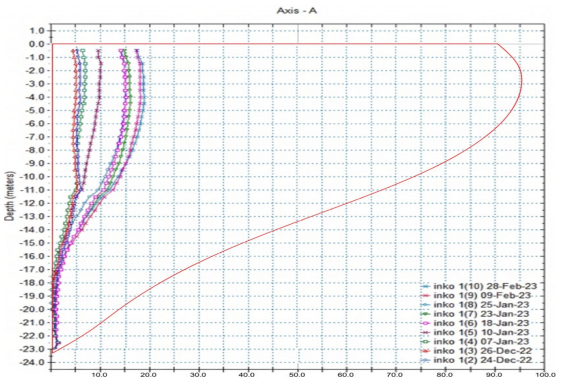


Şekil.11. Konsol Kazıklar ile Devam Ettirilen Iksa Duvarı ve Inklinometre Lokasyonu

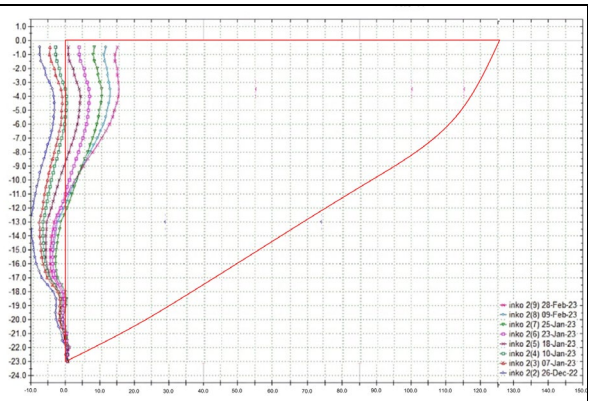
Kazıklar içerisine yerleştirilen inklinometreler (INK) ile yatay deformasyonlar gözlenmiş olup elde edilen değerler PLAXIS yazılım sonuçları ile mukayese edilmiştir. Aletsel gözlemler sonucunda gözlenen deformasyonlar kazıklarda maksimum 20 mm. mertebesinde olup PLAXIS analizlerinde elde edilen teorik değerlerin çok altında gerçeklemiştir. Şekil.12

PLAXIS analizlerinde; 120cm Konsol Kazıklarda hesaplanan maksimum yatay deplasman 12.5cm. mertebesinde iken gerçekleşen deplasman 2.00cm, 140cm Konsol Kazıklarda hesaplanan maksimum yatay deplasman 9.5cm. mertebesinde iken gerçekleşen deplasman 1.5cm olmuştur. Derinlik boyunca deplasman grafikleri ve PLAXIS çözümleri Şekil.12'de verilmiştir.

Şekil.12'den de görüleceği üzere PLAXIS analizlerinde elde edilen deplasmanlar ile gerçekleşen deplasmanlar uyumsuzdur. Deplasman mertebelerindeki ciddi farklar seçilen Geoteknik parametrelerin düşük olmasından kaynaklanmıştır. Arazi kotlarının +54.00'da başlayan ve kazı çukurunda +31.75'e düşen H=22.25m. derinliğindeki temel kazısı δ/H (Max.Yatay Deplasman/Kazı Derinliği) oranı binde 0.88 mertebesinde tamamlanmış olup konsol kazıklı sistemler için aranılan sınır değerlerin (%1.0) altında gerçekleşmiştir.



140 cm Konsol Kazık Deplasmanları



120 cm Konsol Kazık Deplasmanları

Şekil 12. PLAXIS Analiz Sonuçları ile Gerçekleşen Deplasmanların Karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

İstanbul Fikirtepe Kentsel Dönüşüm projesi kapsamında bir sahada fore kazık ve ankraj imalatlarına başlanmış ancak derin kazı imalatları durdurulmuştur. Üzerinden 3 yıl bir süre geçtikten sonra derin kazının tekrar devam ettirilmesine karar verilmiştir. Yeni projede eski kazıklar önüne 80 cm çapında fore kazıklar ve öngermeli ankrajlar yapılarak kazının devam ettirilmesi amaçlanmıştır. İlk üç sıra ankraj imalatları yapılırken arka kazıkların mevcudiyetinden dolayı delme problemleri, eski ankrajlarla etkileşime giren ankrajların tutturulamaması problemleri ortaya çıkmıştır. Dördüncü sıra ankraj imalatlarına gelindiği aşamada ise eski kazıklar ile önündeki yeni kazıklar arasından ankraj imalatı yapılamaz hale gelmiştir. Bu sebeple iksa projesi tekrar revize edilmiştir. Revizyon proje olarak ikinci sıra kazıkların önüne konsol 120 cm ve 140 cm çapında fore kazıklardan oluşan yeni bir iksa sistemi projelendirilmiştir. İksa sisteminde 120 cm ve 140 cm'lik konsol fore kazıklar başlık kirişi hizasında mevcut 80'lik kazıklara epoxy ile bağlanmış ve iksa sisteminin beraber çalışması sağlanmıştır.

İksa sistemleri analizleri PLAXIS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde 80 cm'lik kazıklar ve 120-140 cm'lik kazıkların YENİ BAŞLIK kirişi hizasında epoxy ankrajları ile bağlanacağı ve beraber çalışacağı sistem düşünülmüştür. Analizlerde üst yol cephesinde sürşarj yükü olarak 15-20 kN/m2 yükleme alınmış, en eski ankrajlar 75kN/m, yeni yapılan ankrajlar (3-sıra 2022 yılında yapılan) 150 kN/m ve en son önerilen proje kaya soketi sağlanamayan bölgelerde yapılacak ankrajlara ise (s=1.70m ara mesafeli olanlar) 295 kN/m öngerme yükü verilmiştir. Ankrajlar proje yükünün %125'ine BS8081 standartlarına uygun test edilerek çekilmiş ve kitlenmiştir.

PLAXIS Analiz sonuçlarında kesme deformasyon yüzdeleri %1'in altında hesaplanmıştır. Yapılmış olan genel stabilite güvenlik katsayısı analizlerinde ise en kritik kesit için güvenlik sayısı G.S.=1.40 mertebesinde belirlenmiş olup geçici iksa sistemleri için yeterli görülmüştür.

Temel kazısı iksa sistemleri yeni yapılan ek fore kazıklar içerisine yerleştirilen inklinometre enstrümantasyonu ile gözlenmiştir. PLAXIS analizlerinde 120cm kazıklarda maksimum teorik yatay deplasman 12.5 cm. mertebesinde iken gerçekleşen deplasman 2.00 cm olmuştur. Benzer şekilde 140cm konsol kazıklarda hesaplanan teorik deplasman 9.5cm. mertebesinde iken gerçekleşen deplasman 1.5cm'dir. PLAXIS çözümleri ile gerçekleşen deplasman grafikleri uyumsuzdur. Deplasman mertebelerindeki ciddi farklar seçilen Geoteknik parametrelerin düşük olmasından kaynaklanmıştır. H=22.25m. derinliğindeki temel kazısı δ/H (Yatay Deplasman/Kazı Derinliği) oranı binde 0.88 mertebesi ile tamamlanmış olup konsol kazıklı sistemler için aranılan sınır değerlerin (%1.0) altında kalmış ve kazı çukuru başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

KAYNAKLAR

BSI 8081:1989 " British Standart Code of Practice for Ground Anchorages"
KILCI Mühendislik, "KUZU GRUP, Istanbul Fikirtepe Projesi Konsol Kazıklı Iksa Sistemi Geoteknik Raporu " 15 Kasım 2022
PLAXIS, "Finite Element Code for Soil and Rock Analysis"