

Şevli Yapılarda Jeoteknik Ölçüm ve Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi (Şişli-İstanbul)

Veli KESKİN¹, Sedat TÜRKMEN*¹

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 28.02.2020 Kabul tarihi: 15.05.2020

Öz

Bu çalışma, İstanbul İli Şişli İlçesi, Cumhuriyet Mahallesi, 144 pafta, 994 Ada, 14 parsel üzerinde yer alan çok katlı bir yapının derin temel kazısı sırasındaki jeoteknik ölçümleri içermektedir. Çalışmanın amacı, derin temel kazı çalışmalarının kontrollü sürdürülmesinde farklı ölçüm disiplinine sahip jeoteknik ölçüm aletlerinin birlikte kullanılarak, olası şev hareketlerinin ciddi boyutlara ulaşmadan saptanmasıdır. Proje kapsamında açılan sondajlarla kazı öncesi zemin hakkında bilgi elde edilmiş ve bu bilgilere göre güvenli kazı için gerekli jeoteknik ölçüm aletleri belirlenmiştir. Kazı çalışmaları başlatılmadan önce oluşacak şev yüzeyleri dikkate alınarak çalışma alanı E1kesiti ile başlayan ve E14 kesiti ile sonlanan enine kesitlere ayrılmıştır. Ayrılan her bir kesit üzerinde genişlik ve kazı derinliği dikkate alınarak jeoteknik ölçüm aleti yerleştirilmesi planlanmıştır. Çalışma alanında kazı derinliğinin en fazla olduğu kesitler E1, E2 ve E3 kesitleridir. Kazı çalışmalarına öncelikle kritik olarak görülen E1, E2 ve E3 kesit güzergahında başlanmıştır. Kazı esnasında zeminde meydana gelebilecek yatay yer değiştirmeleri saptamak amacıyla yapı yaklaşım sınırı göz önünde bulundurularak, E1 kesiti için şev gerisi ve kazık arkası olmak üzere derinlikleri 52 m ile 48 m olan inklinometre boruları yerleştirilmiştir. Aynı sistemle E2 kesiti için 47,5 m, 39 m, E3 kesiti için 42 ve 35 m'lik inklinometre boruları yerleştirilmiştir. Yapılan inklinometre ölçümleri sonucuna göre ölçülen maksimum yer değiştirmeler E1 kesiti için 48 mm E2 kesiti için 55 mm ve E3 kesiti için 27,5 mm olarak ölçülmüştür. Çalışmalar yürütülürken şev duraylılığını sağlamak için iksa sistemleri kullanılmıştır. İksa sistemlerinin hareketliliklerini ölçmek amacıyla kuşak yapılarına her üç kesit için her 3 metre de bir adet 100 ton kapasiteli toplamda 39 adet yük hücresi yerleştirilerek iksa sistemlerindeki yük artışları ölçülmüştür. Kesitlerde ölçülen en büyük yük artışı E2 kesitinde 12,45 kN (1.245 ton) olarak ölçülmüştür. Yatay hareketliliği ölçmek amacıyla E1, E2 ve E3 kesitlerine 14 adet ekstansometre yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerle ölçülen en büyük yer değiştirme E2 kesitinde 4 mm olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer kesit için risk teşkil etmemiştir. Düşey yer değiştirmeleri ölçmek amacıyla üç kesite birer adet çok sensörlü manyetik oturma kolonu yerleştirilerek ölçümler alınmıştır. Yapılan ölçümler sonucu ciddi bir oturma gözlenmemiştir. Yapılan kazı çalışması boyunca risk teşkil edecek kütle hareketi E4 ve E5 kesitlerinde gözlemlenmiştir. Kazı derinliğinin 15,2 m ile 9,4 m arasında değişen bu kesitlerde kazı yönünde ciddi bir yer değiştirme tespit edilmiştir. Hareketin başlıca sebebi yüzey sularına bağlı ayrılmış birimler içindeki iksaların zemine tutunamaması olarak belirlenmiştir. Ölçülen maksimum yer değiştirmeler ise inklinometre ölçümlerinde E4 kesitinde 30 mm, E5 kesitinde ise 21,5 mm olarak ölçülmüştür. Kesitlere yerleştirilen yük hücresi ölçüm değerlerine göre meydana gelen yük artışları E4 kesitinde 26,38 kN (2,638 ton), E5 kesitinde ise 23,13 kN (2,313 ton) ölçülmüştür. Saptanan aşırı yer değiştirmeler dikkate alınarak bu kesitlerde iksa destek sistemleri güçlendirilerek hareket miktarı kontrol altına alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jeoteknik ölçüm, Aletsel izleme, Eğimli kazılar, İstanbul, Şişli

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Sedat TÜRKMEN, sturkmen@cu.edu.tr

Geotechnical Measurement and Evaluation of Measurement Data in Slope Structures (Şişli-İstanbul)

Abstract

This study included the geotechnical measurements used throughout the deep foundation excavation of a multi-storey building located on Şişli district, Cumhuriyet District, 144 map, 994 Island and 14 plat in Istanbul. The purpose of the study is to identify possible extreme slope movements before reaching serious dimensions using geotechnical measuring instruments with different measuring disciplines together in the controlled continuation of deep foundation excavation works. The information about the soil before excavation was obtained with drilling within the scope of the project. Hence, the necessary geotechnical measurement tools for safe excavation were determined according to the information obtained. The study area divided into cross sections starting with E1 and ending with E14 considering the slope surfaces that may occur before the excavation works start. It was planned to place the geotechnical measurement tools onto each divided sections considering the width and excavation depth. The excavation depths were greatest for E1, E2 and E3 cross sections. Initially, the excavations have started along these sections accepted as critical ones. In order to determine the horizontal displacements that may occur on the ground during the excavation, inclinometer pipes have been placed for sections including the back of the slope and the back of the pile considering the construction approach limit. The pipes were with a depth of 52 m to 48 m for E1 cross section, 47.5 m and 39 m for E2 cross section, and 42 m and 35 m for E3 cross section. The inclinometer measurements showed that the maximum displacement measures observed were 48 mm for E1, 55 mm for E2 and 27.5 mm for E3. Retaining systems were used to ensure the slope stability through the study. Load increases in the retaining systems were measured using load cells a capacity of 100 tons for each one and a total number of 39 placed in every 3 meters for each three sections. The greatest increase was measured as 12.45kN (1.245ton) in cross section E2. In order to measure the horizontal mobility, measurements were made by placing 14 extensometers in cross sections E1, E2 and E3. The largest displacement measured was observed as 4mm in the E2 section. This measured value did not pose a risk for the section. In order to measure the vertical displacements, a multisensor magnetic settlement column was placed in three cross sections and measurements were taken. No serious settlement was observed as a result of the measurements. The mass movement which could pose a risk during the excavation work was observed in cross sections E4 and E5. A serious displacement in the direction of excavation was detected in these sections that the depth of excavation varies between 15.2 and 9.4. The main reason for the movement has been determined as the inability of the support systems in the weathered units to adhesion to the soil. The maximum displacements were measured as 30 mm in the E4 cross section and 21.5mm in the E5 cross section. Load increases according to the load cell measurement values placed in the sections were measured as 26.38 kN (2.638 tons) in the E4 cross section and 23.13kN (2.313 tons) in the E5 cross section. Taking into consideration the excessive displacements detected, the support amount is strengthened in these sections and the amount of movement is taken under control.

Keywords: Geotechnical measurement, Instrumental monitoring, Slope excavations, İstanbul, Şişli

1. GİRİŞ

Ülkemizde çok katlı yapılar ve bu yapılar için yapılan dik temel kazılarının yürütülmesinde jeoteknik izleme aletlerinin kullanılması oldukça yenidir. Bu tür yapıların temel boyutları büyük ve

derindir. Temel yapıları oluşturulurken çoğunlukla kontrolsüz ya da tek ölçüm yöntemi kullanılarak temel kazısı yapılmaktadır. Temel kazılarının kısa sürede bitirilip üst yapıya geçilmesi ve zaman kazanmak amacıyla hızlı ve kontrolsüz kazılar yaygındır. Yapılan hızlı kazı/taşma işlemleri

esnasında kazı alanının jeolojik ve fiziksel özellikleri göz ardı edildiği için kazı derinliği arttıkça teknik sorunlar baş göstermektedir. Bu belirtiler uzman kişi veya kişiler tarafından gözlenip ilgili ölçümlerin yapılmaması halinde stabilite sorunlarına bağlı ciddi kazalar meydana gelmektedir. Meydana gelebilecek en büyük sorun, uygun şev açısı verilmemiş kazı duvarlarının duraylılığını aşarak kütle hareketlerine sebep olmasıdır. Bununla birlikte yeraltı su seviyesi ölçümlerinin periyodik olarak yapılmaması, kütle hareketlerinin ana etkenlerinden biri olan su etkisinin göz ardı edilmesine sebep olmaktadır. Derin temel kazı işlemlerinin günümüz teknolojisi ve yerleştirilen çeşitli jeoteknik ölçüm aletleri aracılığı ile kontrollü ve minimum riskle yürütülmesi olasıdır. Bu ölçüm aletleri, kazı alanın jeolojik/jeoteknik özellikleri göz önüne alınarak uygun şev yüzeylerine veya şev gerisi kütleler içerisine uzman kişiler tarafından yerleştirilerek olası şev hareketlilikleri detaylı ölçülmektedir. Ülkemizin çeşitli bölgelerinde kütle hareketleri sonucu meydana gelen kazalar, derin kazılarda ve kütle hareketlerinin ölçülmesinde jeoteknik ölçümlerin ihmal edildiğini gözler önüne sermektedir. Yapılan bu çalışma derin kazı çalışmalarında şev hareketlerinin iki ve daha fazla hasas ölçüm aleti ile elektronik komutla eş zamanlı ölçülmesi verilerin internet yolu ile aktarılması açısından yurdumuzda benzeri projeler henüz yaygın değildir. Özaydın ve arkadaşları (2000) tarafından [1] bölgede yapılan bilimsel çalışma ile İstanbul ve yakın çevresinde Paleozoik yaşlı Trakya Formasyonu temel kayaç olarak çok geniş alanlarda incelenmiştir. Aletsel ölçümlü temel kazı çalışmaları bu formasyon içerisinde yürütülmüştür. Formasyon detaylı olarak incelendiğinde kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından oluştuğu görülmüştür. Önceki çalışmalarda bu birim Trakya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu kırıntılı sedimanları yer yer andezit ve diyabaz daykları kesmektedir. Çalışma alanı içerisinde deformasyonlar belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu deformasyonlar sonucunda kıvrılma, kırılma ve değişik doğrultularda çatlak sistemlerinin geliştiği gözlenmiştir. Keskin [2] yaptığı Yüksek Lisans tezinde ve Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumunda derin kazı temellerinde şev duraylılığının aletsel ölçümü ve ölçüm

verilerinin değerlendirilmesi konusunu incelemiştir [3].

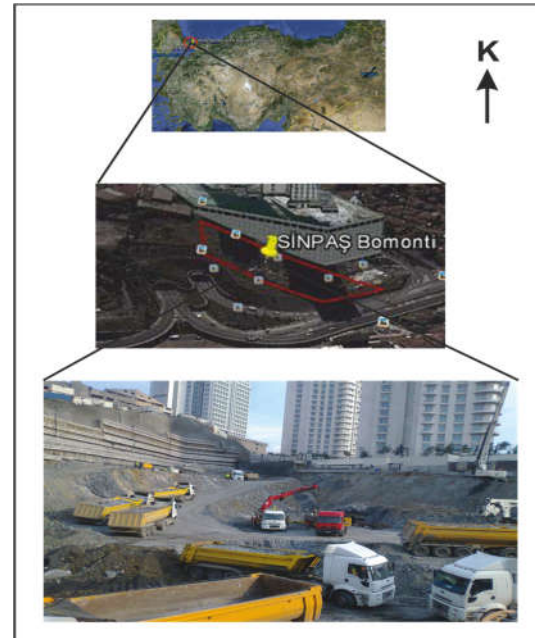
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

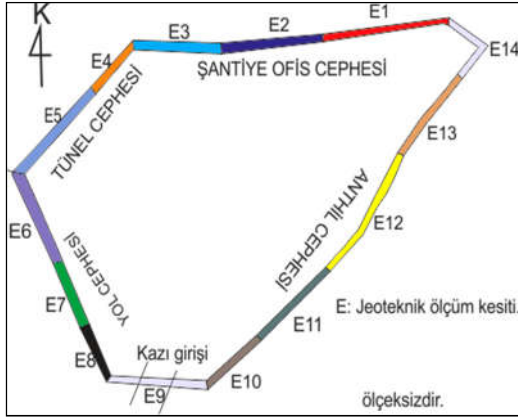
Bu çalışma, İstanbul ili Şişli ilçesi, Cumhuriyet Mahallesi, 144 pafta, 994 Ada, 14 parsel üzerinde yer alan çok katlı bir yapının derin temel kazısı jeoteknik ölçümleri boyunca sürdürülmüştür. Bu çalışma kapsamında kullanılan ölçüm aletleri ve bu aletlerden alınan jeoteknik ölçüm verileri değerlendirilmiştir.

Temel kazısı boyunca oluşturulan şevlerdeki hareketlilik, şev duraylılığı açısından çeşitli jeoteknik aletler kullanılarak ölçülmüştür.

Temel kazısı ve jeoteknik alet yerleşim çalışmaları 4 kazı cephesi şeklinde yürütülmüştür. Oluşturulan kazı cepheleri 14 kesite ayrılarak her kesite ölçüm almak için inklinometre, manyetik oturma kolonu, ekstansometre, yük hücresi ve piyezometre, yerleştirilmiştir. Çalışma alanının kazı cepheleri ve jeoteknik ölçüm kesitleri (Şekil 2)'de verilmiştir.



Şekil 1. Proje alanı ve çevresine ait yer bulduru

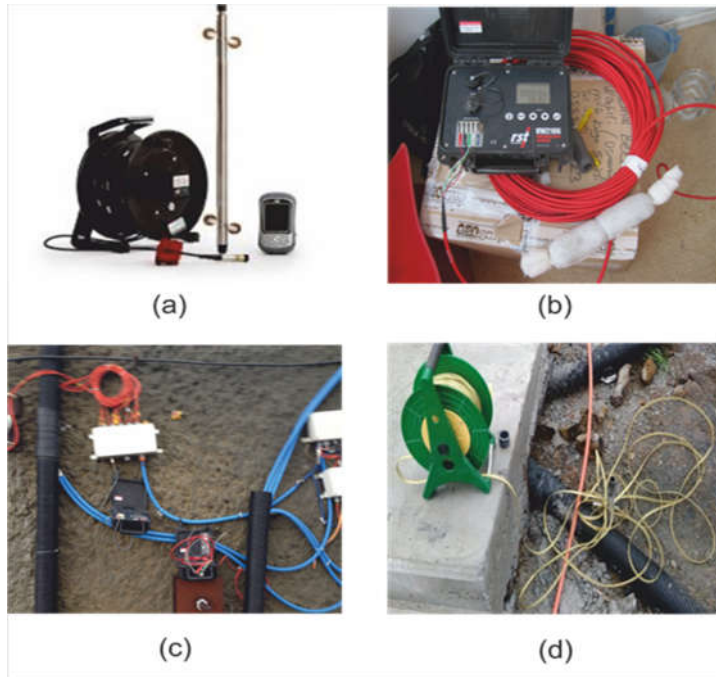


Şekil 2. Çalışma alanının kazı cepheleri ve jeoteknik ölçüm kesitleri

2.2. Metod

Proje kapsamında yerleştirilen jeoteknik ölçüm aletlerinden okuma almak için inklinometre kuyu okuma seti, piyezometre ve ekstansometre için vw2106 vibrating wire readout, yük hücresi için Sg350 readout, manyetik oturma kolonu ölçümü için düdüklü okuma aleti ve saha bilgisayarı cihazları kullanılmıştır [4] (Şekil 3a, 3b, 3c, 3d).

Projede yapılan çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere 3 aşamada sürdürülmüştür.



Şekil 3. İnklinometre (a), Ekstansometre (b), Yük hücresi, (c), Piyezometre (d) Aletleri

Proje alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla jeolojik ve jeoteknik etüt çalışmaları kapsamında derinlikleri 15-45.50 m arasında değişen, toplam derinliği ise 360.50 m olan 10 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Alınan sondaj karotları üzerinde yapılan labatatuvar çalışmaları ile çalışma alanının zemin koşulları belirlenmiştir [5]. Sahada yerleştirilecek

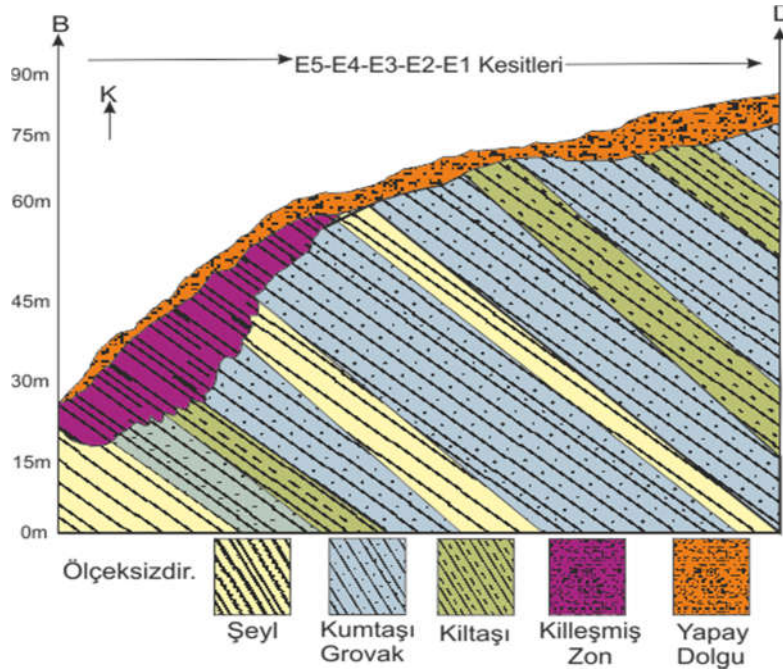
olan ölçüm aletleri, saha ölçülerine göre aletlerin yerleşim föyleri ve etiketleri laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Yük hücresi ve ekstansometre aletlerinin kablolama kaynak işleri laboratuvar ortamında yapılırken ekstansometre tijleri ve inklinometre borularının hazırlanması için geniş alanlara ihtiyaç olduğundan bu tür hazırlıklar sahada sürdürülmüştür. Büro çalışmaları

kapsamında arazi çalışmalarından elde edilen veriler değerlendirilmiş, arazide alınan bilgisayar ölçümleri ve gözlemsel ölçüm değerleri, elektronik ortamlara aktarılmıştır. Bu datalar kullanılarak gerekli çizimler, grafikler ve diyagramlar yardımı ile verileri analizleri yapılmıştır.

3. PROJE ALANININ JEOLJİSİ

Proje kapsamında yapılan sondaja dayalı zemin ve temel etüt verilerine göre inceleme alanında en üstte 0-3 m arasında değişen dolgu birim, sonrasında Trakya formasyonuna ait ardalanmalı bir şekilde istiflenmiş şeyl, kumtaşı ve kıltaşı tabakaları incelenmiştir. Proje alanının

genelleştirilmiş enine kesiti (Şekil 4)'te verilmiştir. Tabakaların kalınlıkları saha genelinde farklılık göstermekte olup batı yönünde gidildikçe şeyl birimlerinin tabaka kalınlıkları artarken doğu yönünde ise kumtaşı tabaka kalınlıkları daha fazla gözlenmiştir. Sahanın batı kısmında yüzeylenden itibaren dolgu birimin altında yaklaşık 5 m kalınlığında kumtaşı birimi bulunmakta, bu tabakanın altında şeyl tabakası yer almaktadır. Şeyl tabakasının kalınlığı sahanın doğusuna doğru azalmaktadır. Bu bölgede tabakaları daha çok kumtaşları oluşturmaktadır. Bu birimler arasında kalınlığı değişkenlik gösteren kıltaşı tabakaları görülmektedir [1,2].

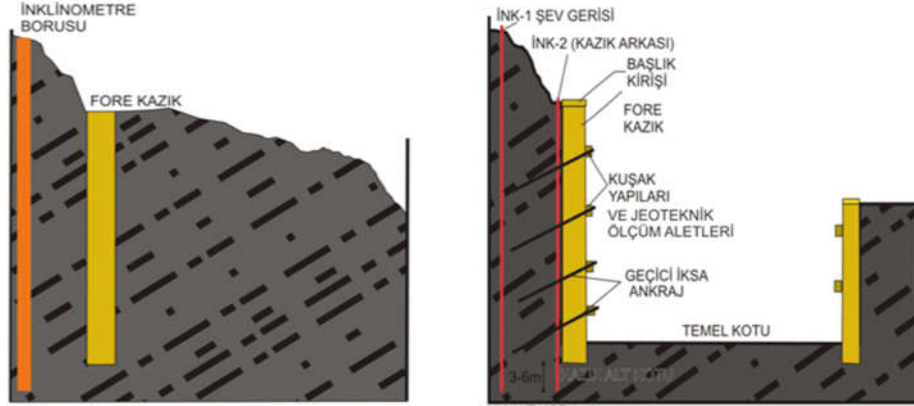


Şekil 4. Proje alanının genelleştirilmiş enine kesiti

3.1. Jeoteknik Çalışmalar

Proje alanının bütün kesitlerine delgi yapılarak veya ankraj uçlarına yerleştirilmiş jeoteknik ölçüm aletleri yardımı ile kazı başlangıcından itibaren seviye seviye şev duraylılığı ölçülmüştür. Yerleştirilen her ölçüm aletinden yerleştirildiği tarihten itibaren periyodik deneysel ölçümler

yapılmıştır. Proje kapsamında yerleştirilen jeoteknik ölçüm aletlerine ait iksa yerleşim kesiti (Şekil 5)'te verilmiştir. Yapılan deneysel ölçümler düzenli olarak kayıt edilmiş artan kazı derinliği ve sayıca artan ölçüm cihazı verileri göz önüne alınarak kazı çalışmalarının kontrollü ilerletilmesi sağlanmıştır.



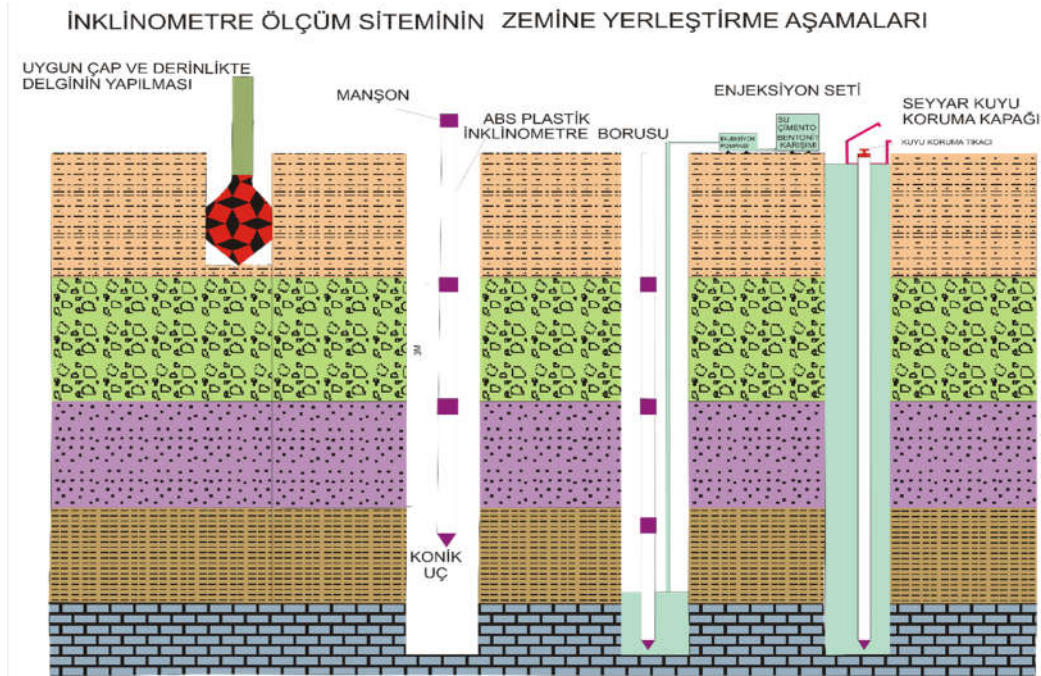
Şekil 5. Proje kapsamında yerleştirilen jeoteknik ölçüm aletlerinin iksa yerleşim kesitleri

4. KULLANILAN JEOTEKNİK ÖLÇÜM ALETLERİ

4.1. İnklinometre

Teknik bilimlerde eğim açısı ölçer olarak bilinen inklinometre zemin ve kaya kütlelerinde doğal olarak oluşan veya insan eliyle inşa edilen mühendislik yapılarına bağlı olarak meydana gelen

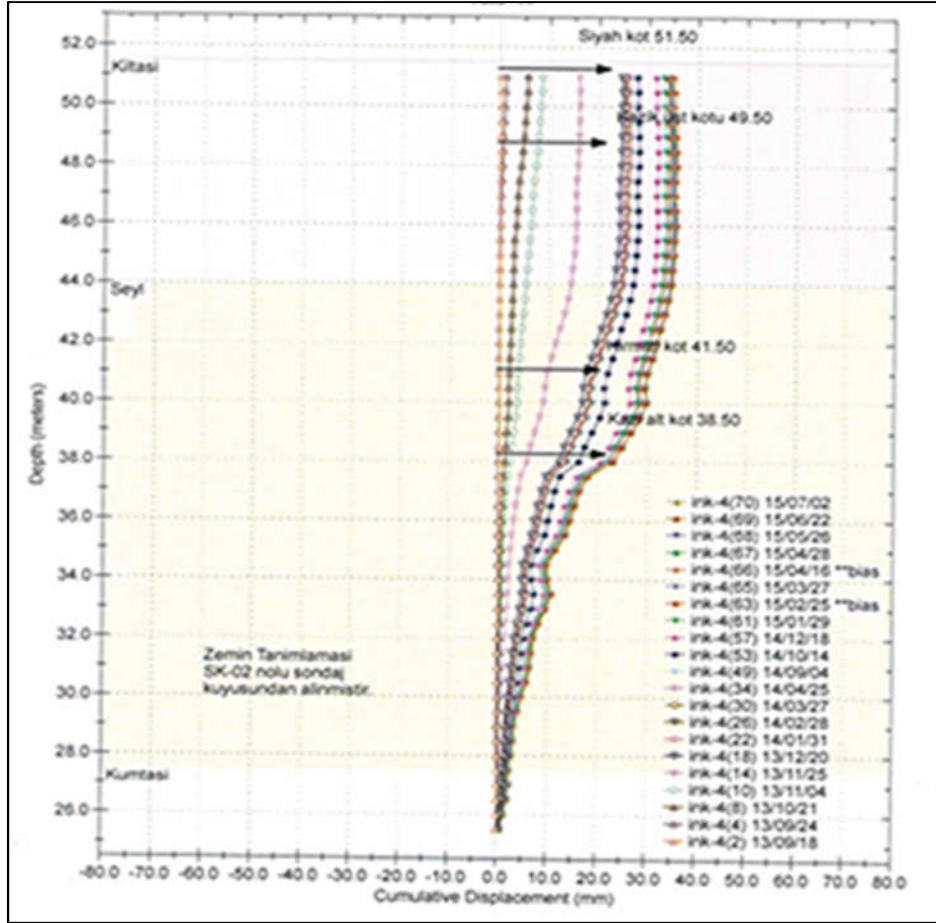
kütsel hareketlerin ölçülmesinde kullanılan bir ölçüm aletidir [6]. İnklinometre aleti kullanılarak sondaj kuyusuna yerleştirilen inklinometre boruları yardımı ile sondaj kuyusunun eksenine dik yönde meydana gelen yer değiştirme ölçülmekte hareketin yönü, miktarı ve hızı belirlenebilmektedir İnklinometre yerleşim kesiti (Şekil 6)'da verilmiştir.



Şekil 6. İnklinometre yerleşim kesiti

Bir tek alet seti kullanılarak birden çok sondaj kuyusundan ölçüm alınabilmektedir. Ölçüm hassasiyeti diğer ölçüm aletlerinden daha yüksek olmasından dolayı zemin veya kaya kütlelerinde meydana gelen çok küçük hareketlilikler ölçülebilmektedir. Proje kapsamında şev gerisi ve

kazık arkası olmak üzere aynı kesite iki adet inklinometre yerleştirilerek, kazı derinliğine paralel meydana gelen kütle hareketliliği ölçülmüştür. Ölçüm grafiği olan kümülatif deplasman grafiği (Şekil 7)'de verilmiştir [2].



Şekil 7. Proje kapsamında yerleştirilen inklinometre verilerinden elde edilen kümülatif deplasman grafiği [2]

4.2. Yük Hücresi

Yük hücreleri ankraj uçlarına veya herhangi bir yük artışının beklendiği yapılara belirli bir yükte sabitlenen ölçüm aleti çeşididir. Yük hücrelerinin ankraj uçlarına belirli yükler altında sabitlenmesi ile ilgili görsel (Şekil 8)'de verilmiştir. Ölçüm prensibi yük hücresi içerisinde yer alan gliserin sıvısı içerisindeki gergin yayın artan kütle

hareketliliğine bağlı olarak meydana gelen genlik değişimlerinin kN veya mv/v cinsinden ölçülmesi prensibine dayanır. Ölçümler (SG350 Readout) saha ölçüm cihazı kullanılarak alınmaktadır. (SG350 Readout) saha ölçüm cihazı şekil 9 da verilmiştir. Bu ölçümler ankrajlara gelen fazladan yükü belirlemek ve ya ankrajların yüklenip yüklenmediğiyle ilgili jeoteknik bilgi alınmasını sağlamaktadır. [2]



Şekil 8. Kriko kullanarak yük hücrelerinin ankraj uçlarına belirli yükler altında sabitlenmesi

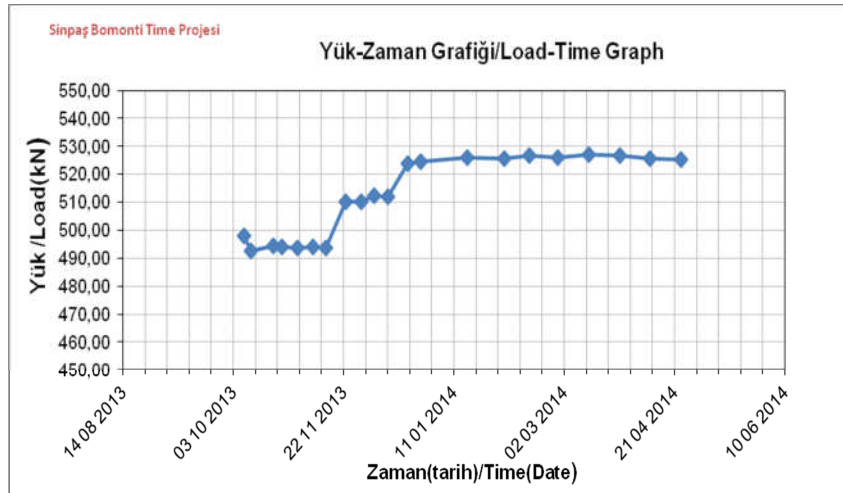
Yerleştirilen yük hücreleri zaman içerisinde yük artışı gözleniyorsa bu yük artışı ankraj sistemlerinin tutmuş olduğu şev gerisi zemin kütlelerinde hareketliliğin meydana geldiğini veya geleceğini belirtir. Yük hücrelerinde yük azalması gözleniyor ise bu durum ankraj enjeksiyonunun sorunlu olduğunu zemine tutturulmadığını gösterir [2]. Aynı kesite farklı kotlara yerleştirilmiş birden çok yük hücresinden elde edilen veriler analiz edilerek bir proje kazısı boyunca şev duraylılık

hakkında detaylı jeoteknik bilgi elde etmek mümkündür

Yük hücresi ölçüm verileri ile oluşturulmuş yük-zaman grafiği (Şekil 10)'da verilmiştir. Bu kapsamda proje alanında kazı kesitlerine yük hücreleri yerleştirilmiştir. Yük hücreleri kazı derinliğine paralel olarak oluşturulan fore kazık kuşakları içerisinde zemin içerisine enjeksiyonla tutturulmuş, ankraj uçlarına belirli yüklerle yerleştirilmiştir.



Şekil 9 Yük hücresi ölçüm aleti (SG350Readout)



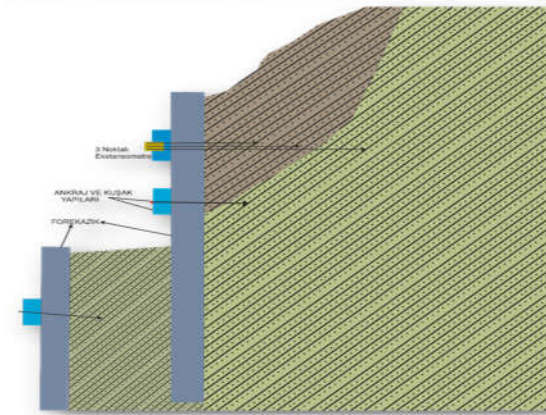
Şekil 10. Yük hücresi ölçüm verileri ile oluşturulmuş yük- zaman grafiği

4.3. Ekstansometre

Doğal şevler veya insan eliyle oluşturulmuş kazı şevlerinde olası kütle hareketini, kayan kütlelerin kayma yüzeyini, kayma yüzeyinin şev yüzeyinden olan yatay uzaklığının tespiti için kullanılan ölçüm aleti çeşididir (Şekil 11). Bu aletle kayma riski

taşıyan veya kontrollü şev kazılarında kontrol amaçlı yatay delgi ile zemin içerisine enjeksiyonla tutturulmuş tijler yardımı ile zeminde meydana gelebilecek kütle hareketleri ölçülmektedir. Kütle hareketi başladığında zemin içerisine tutturulmuş ekstansometre tijleri uzayarak veya kısalarak hareketlilik hakkında veri sağlamaktadır.

Ölçüm prensibi gerilme altında sensörün uzayıp kışalmasına bağlı olarak titreşim genliğinin değişmesidir. Okuma alınırken saha bilgisayarı ile ekstansometreye mv/v birimi ile enerji yollanarak, gerilerek incelen veya kısalarak kalınlaşan sensör titreştirilir. Kalınlaşan sensörün titreşimine harcanan enerji büyük iken incelen sensör için harcanan enerji daha az olmaktadır.



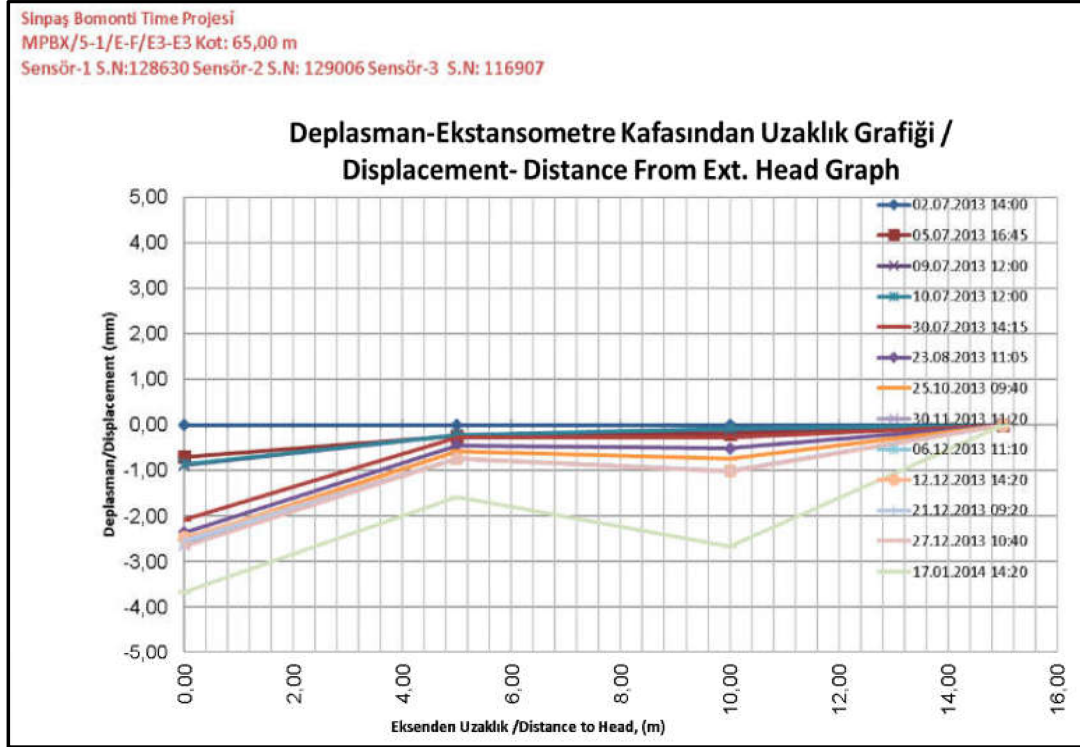
Şekil 11. Ektansometre yerleştirilmiş kazı yüzeyi ve yerleşim kesiti

Titreşim için harcanan enerji ölçülerek grafiklere aktarılarak mm cinsinden zemin hareketliliği hakkında jeoteknik veriler elde edilir. Yapılan ekstansometre ölçümlerine ait grafikler (Şekil 13 ve 14)'te verilmiştir. Hareket beklenen zemin içerisine tutturulmuş tijler ile hareket beklenen zemin içerisinden geçirilerek duraylı zemine tutturulmuş tijlerden alınan okumalarda artış veya azalış gözlenmektedir [2]. Hareketli kütle içerisinde kalan tijlerin ölçüm değerleri artarken hareket dışına tutturulmuş tijlere ait ölçüm değerleri azalma göstermektedir. Kayma düzlemi yük alan tijlerle yük kaybeden tijler arasından geçtiği bu ölçümlerle belirlenmektedir. Proje kapsamında bu amaçla E1, E2, E3 kesitlerinin belirli kademelerine çok sensörlü ekstansometreler yerleştirilerek şevlerde meydana gelebilecek hareketler ölçülmüştür. Ölçüm verileri grafiklere aktarılarak analiz edilmiştir.

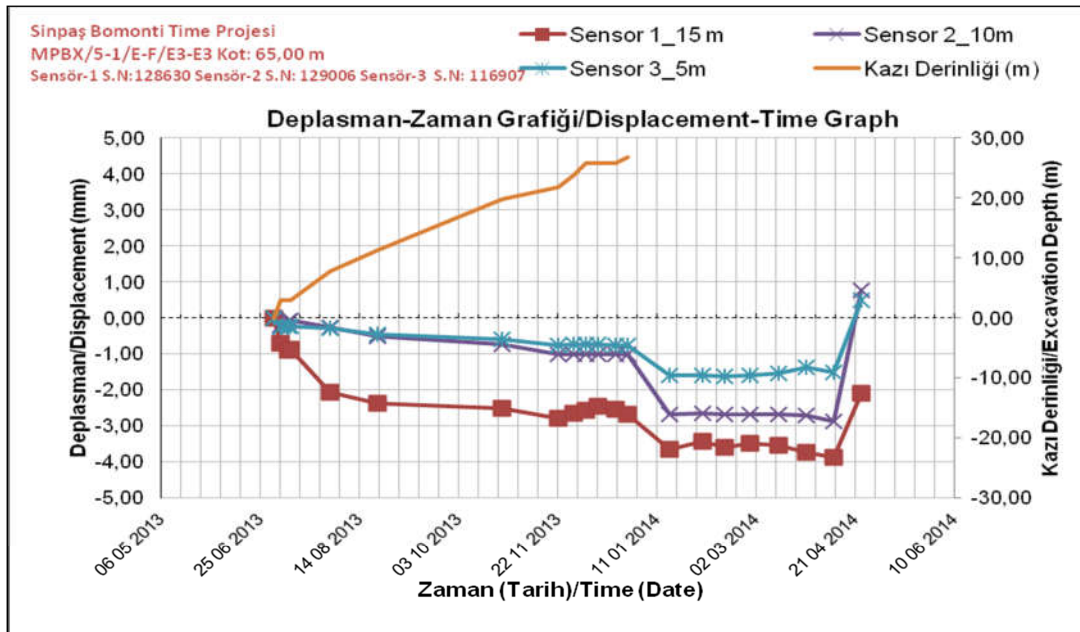
4.4. Manyetik Oturma Kolonu

Manyetik oturma kolonu zeminlerde düşey yöndeki oturma miktarını ölçmek için kullanılan bir ölçüm aletidir. Açılan düşey sondaj kuyusu içerisine inklinometre borularının dış yüzeyine monte edilerek ya da herhangi bir borulama sistemi kullanılarak zemin içerisine belirli aralıklarla yerleştirilir. Yerleştirilen derinlikler ölçülerek kayıt edilir [2].

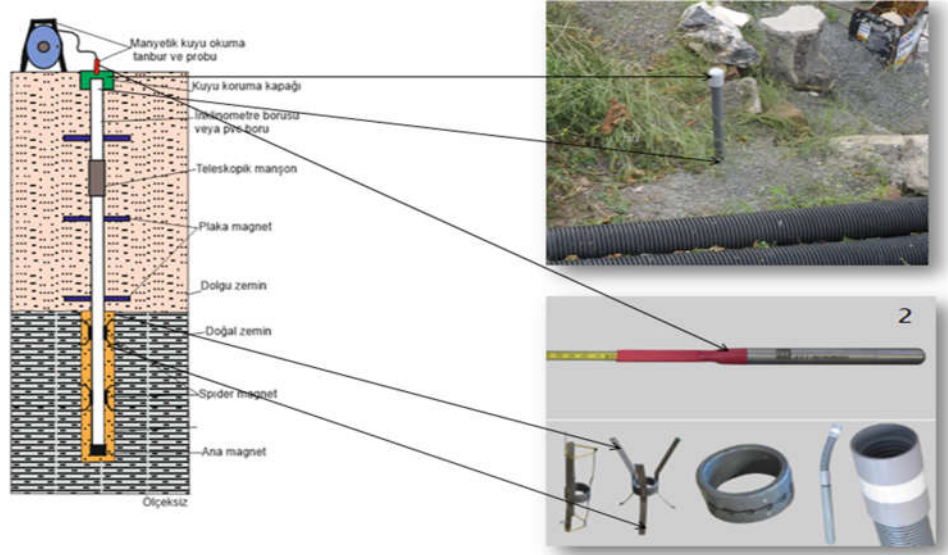
Yerleştirilen magnetlerin enjeksiyon yardımı ile zeminin bir parçası gibi davranması sağlanır, böylelikle zeminde meydana gelen oturma ile birlikte magnetlerde hareket eder. Düşüklü manyetik oturma ölçer yardımı ile bu oturma miktarı ölçülerek ilk okumalarla arasındaki farklar bulunur. Bulunan bu fark değeri zeminin oturmasıyla ilgili bilgi elde edilmesini sağlar. Proje kapsamında manyetik oturma kolonları ofis cephesinde yer alan E1, E2, E3 kesitlerine yerleştirilmiştir. Manyetik oturma kolonu ile ilgili yerleşim çizelgesi ve ölçüm grafiği (Şekil 14 ve Şekil 15)'te verilmiştir.



Şekil 12. Ekstansometre verilerinden elde edilen hareket noktası kazı yüzeyi grafikleri



Şekil 13. Ekstansometre verilerinden elde edilen deplasman zaman grafikleri [4]

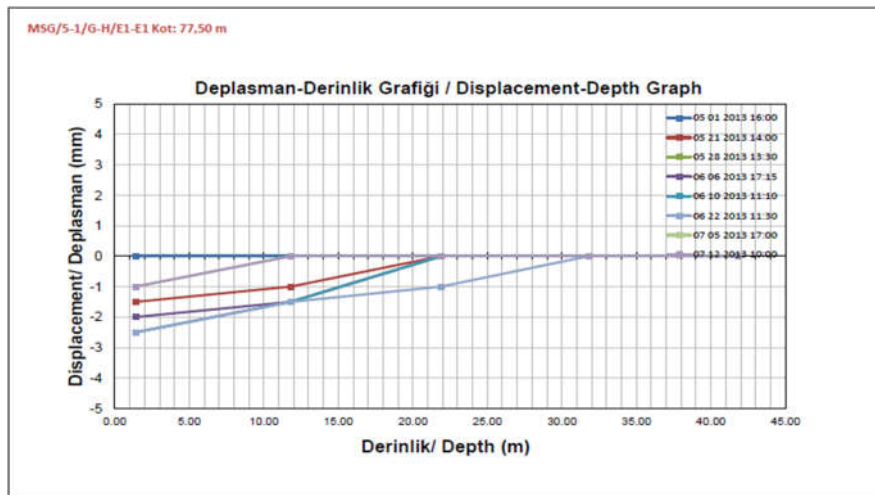


Şekil 14. Manyetik oturma kolunu saha yerleşim planı

4.5. Piyezometre

Proje alanında yeraltı suyu değişimlerini ölçmek amacıyla E1, E2, E3, E6, E7, E8, E12 ve E13 kesitlerine her kesitte ikişer adet olmak üzere 8 adet piyezometre kuyusu açılarak piyezometreler yerleştirilmiştir. Yerleştirilen piyezometrelerden ilki kuyu tabanına yakın derinliğe yerleştirilirken ikinci piyezometre kuyunun orta kısmına yerleştirilmiştir. Yerleştirilen piyezometrelerin alt kısımları 1 m kalınlığında bentonit malzeme ile

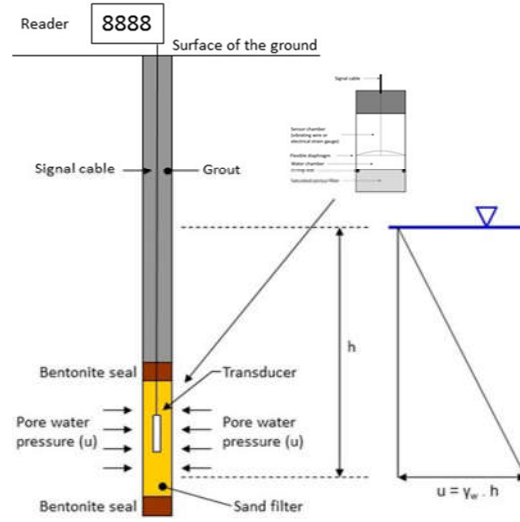
geçirimsiz bir zon oluşturulmuştur. 1 m kalınlığında geçirimsiz bentonit zon üzerine 1m kalınlığında kum filtre oluşturulduktan sonra jeotekstil ile sarılmış kum filtre içerisindeki piyezometre bu 1 m'lik filtre dolgu üzerine temas edecek şekilde düşey doğrultuda tutularak piyezometre çevresi ve üstü 1m kum filtre oluşturulacak şekilde filtre işlemi tamamlanmıştır. Filtre yapımı tamamlandıktan sonra tekrar 50 cm kalınlığında geçirimsiz bentonit zon oluşturulmuştur [2].



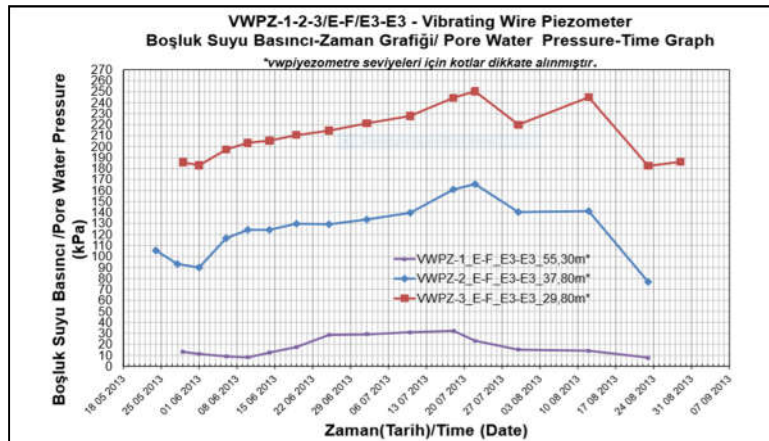
Şekil 15. Manyetik oturma ait yer değiştirme (deplasman) derinlik grafiği



Şekil 16. Piyezometrenin kum filtre ile sarılması



Şekil 17. Piyezometrenin yerleşim şeması



Şekil 17. Boşluk suyu basıncı zaman grafikleri

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma İstanbul İli, Şişli İlçesinde, yer alan çok katlı yapının derin temel kazı çalışmaları boyunca yürütülen çalışmalarda jeoteknik ölçüm yapmak için kullanılan inklinometre, yük hücresi, piyezometre, ekstansometre ölçüm aletleri ve bu ölçüm aletleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular her bir ölçüm aleti için aşağıda özetlenmiştir.

Proje kapsamında 104 jeoteknik ölçüm aleti yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. 19 adet inklinometre, 54 adet yük hücresi, 14 adet ekstansometre, 3 adet manyetik oturma kolonu, 14 adet piyezometre kullanılmıştır. Bu ölçüm aletlerinin kullanıldığı proje alanının temel birimi Paleozoik yaşlı Trakya formasyonundan meydana gelmektedir. Formasyonun başlıca birimlerini kumtaşı şeyl ve kil taşları oluşturmaktadır. Bu birimlerin kalınlıkları çalışma sahası boyunca değişiklik göstermektedir. Proje alanının zemin ve mühendislik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 10 adet araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan sondaj kuyularında yeraltı su seviyesine (yass) SK-5 kuyusunda ve SK-11 nolu sondaj kuyusunda 4,5. m'de SK-7 kuyusunda ise 19,3 m' de ölçülmüştür. Proje alanında yapılan aletsel ölçüm, jeolojik araştırmalar, sondaj çalışmaları, laboratuvar analizleri, teknik hesaplamalar ve gözlemsel araştırmalarla jeoteknik veriler toplanmıştır. Bu veriler değerlendirilerek derin kazı çalışmalarının yürütülmesinde kullanılan jeoteknik ölçüm aletlerinin şev hareketlerinin aletsel ölçümündeki gerekliliğine değinilmiştir.

5.1. Ölçüm Verilerine Göre Gözlemlenen Aşırı Yer Değiştirmeler

Proje alanın E4 kesitinde yer alan tünel cephesinde yüzey sularının etkisi ile ileri derecede bozunmaya uğrayan kumtaşı ve killi birimler içerisinde yapılan temel kazı sonucu yapılan yüzeysel incelemeler ve yerleştirilen ölçüm aletlerinden alınan ölçümler sonucunda kesitteki yatay yer değiştirme miktarının artan kazı derinliğine bağlı olarak

problem oluşturacağı kanaatine varılarak kesitte oluşturulan kazı destek sistemi güçlendirilmiştir. E4 kesitinde meydana gelen hareketlilik şeyl birimi içerisinde meydana gelmiştir. Yapılan inklinometre ölçümüne göre kuyu üst ucundan 6m derinde meydana gelen yatay yer değiştirme miktarı kazı yönünde 30 mm olarak ölçülmüştür. Aynı kesitte yer değiştirme öncesi alınan yük hücresi okuması 498,18 kN iken deplasman sonrası yük miktarı 524,56 kN olarak okunmuştur. İki yük hücresi okuma miktarı arasındaki fark 26,38 kN (2,638t) olarak saptanmıştır. Yapılan yeni ankraj delgileri ve kuşaklı destekleme çalışmaları sonucunda hareket miktarı kontrol altına alınmış, kazı boyunca deplasman miktarının güvenlik sınırları içerisinde kalması sağlanmıştır

5.2. Jeoteknik Ölçüm Aletlerinin Şev Hareketliliklerinin Ölçülmesinde Birlikte Kullanılması ve Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

İnklinometre: İnklinometre verilerinden çalışma kapsamında elde edilen birden çok grafik yardımı ile şevlerde meydana gelen hareketlilik çok yönlü olarak incelenme imkanı sağlamıştır. Ölçüm hassasiyeti çok yüksek olduğu için E4-E4 kesitinde meydana gelen kütle hareketliliği kütleleri oluşturan yapılar birbirinden kopmadan önceden belirlenmiş ve hareketlilik ciddi boyutlara ulaşmadan önlem alınmıştır. Bir tek okuma seti ile birden çok inklinometre kuyusundan okuma alındığı için kazı boyunca daha avantajlı ve ekonomik ölçümler yapılmıştır.

Yük Hücresi: Yük hücreleri, çalışma kapsamında zemin çivilerine ve ankraj uçlarına belirli yüklerle yüklenerek yerleştirilmiştir. Yerleşim işlemi yapıldıktan sonra bu aletlerden veri toplama işlemi tamamen elektronik ortamda gerçekleştiği için hata payı oldukça az olmuştur. Kişiye bağlı okuma hatası neredeyse hiç olmamıştır. Yük hücrelerinden saha bilgisayarı yardımı ile sahada okuma alınabildiği gibi kablolu yoluyla gerekli görüldüğünde otomatik okuyucu sistemlerine bağlanılarak uzaktan okuma alma avantajı da sağlamıştır. Çalışma kapsamında belirli aralıklarla yerleştirilen yük hücreleri ankraj sistemlerinin birlikte çalışıp çalışmadığı hakkında önemli veriler

sağlamıştır. Yük hücrelerinden elde edilen grafikler kullanılarak ölçüm sıklığına bağlı olarak kazı derinliği şev hareketliliği ilişkisi sürekli gözlemlenmiştir. Farklı ölçüm disiplinine sahip diğer ölçüm aletleri ile birlikte aynı kesitlerde kullanıldığı için ölçüm aletlerinin ölçüm hassasiyetleri açısından sınıflandırılmasına olanak sağlamıştır.

Ekstansometre: Yatay hareketliliği ölçmek amacıyla E1, E2 ve E3 kesitlerine 14 adet ekstansometre yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerle ölçülen en büyük yer değiştirme E2 kesitinde 3,8 mm olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer kesit için risk teşkil etmemiştir. Meydana gelen 3,8 mm'lik yer değiştirme ise kazı ile kaldırılan zemin ağırlığına bağlı genleşme hareketi olarak öngörülmüştür.

Manyetik Oturma Kolonu: Proje kapsamında yerleştirilen oturma kolonları yoluyla düşeyde meydana gelen yer değiştirmeler periyodik olarak ölçülmüş, ölçüm verileri diğer ölçüm aletlerinden elde edilen verilerle birlikte analiz edilerek kazı kontrollü bir şekilde sürdürülmüştür. Yapılan ölçümler sonucu çalışma alanında düşey yönde risk meydana getirecek boyutlarda bir oturma ölçülmemiştir.

Piyezometre: Temel kazısı boyunca şev gerisinde açılan sondaj delgilerine yerleştirilen piyezometre ölçümleri ile yeraltı suyu değişimleri gözlemlenerek artan kazı derinliği süresince kütle hareketlerine olan veya olabilecek etkileri düzenli olarak gözlenmiştir. Yeraltı suyu değişimleri mevsimsel yağışlar dışında önemli bir değişkenlik göstermemiştir.

6. SONUÇLAR

Yapılan çalışma süresince elde edilen jeoteknik veriler genel olarak değerlendirildiğinde;

Çalışma boyunca aynı kesite yerleştirilen farklı ölçüm disiplinine sahip jeoteknik ölçüm aletleri olan yük hücresi, ekstansometreler ve manyetik oturma kolonları ve piyezometreler birlikte kullanılmış alınan yer değiştirme miktarları yatay

ve düşey yönlü olarak yeraltı suları etkisinde ölçülmüştür. Yapılan çok yönlü ölçümler ile meydana gelen yer değiştirmeler inklinometre ile yatayda milimetre olarak ölçülürken, yük hücreleri bu yatay yer değiştirmeye neden olan kütle hareketini kN birim ile ölçmüştür. Kesitlere yerleştirilen ekstansometreler ise yer değiştirme miktarlarını, bu yer değiştirmenin meydana geldiği noktanın kazı yüzeyi ile olan ilişkisini çeşitli grafikler yardımı ile inceleme olanağı sağlamıştır. Meydana gelen oturma miktarları ise yerleştirilen manyetik oturma kolonları ile ölçülmüştür. Kazı boyunca aynı kesite yerleştirilen farklı jeoteknik ölçüm aletlerinden alınan veriler birlikte analiz edilerek bu veriler ışığında derinliği 50 metreden fazla olan derin temel kazısı ciddi şev hareketlilikleri yaşanmadan tamamlanmıştır. Yapılan bu çalışma gösteriyor ki derin kazılarda meydana gelen veya gelebilecek kazalar yapılacak jeoteknik ölçümler ile önlenmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Özaydın, K., Yıldırım, M., 2000. İstanbul'un Zemin Koşulları ve Jeoteknik Sorunlar Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Bölümü.
2. Keskin, V., 2018. Derin Kazı Temelerde Şev Duraylılığının Aletsel Ölçümü ve Ölçüm Verilerin Değerlendirilmesi. Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
3. Keskin, V., Türkmen, S., 2019. Derin Kazılarda Şev Duraylılığının Aletsel Ölçümü ve Ölçüm Aletlerinin Değerlendirilmesi. Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, 03-05 Ekim 2019, Denizli.
4. Yüksel, S., Bakılar, G., 2009. Proje Alanı Jeoteknik Etüt ve Sondaj Çalışmaları Temel Etüt Raporu. Elc Group Müş. ve Müh. Ltd. Şti. İstanbul.
5. Keskin, V., Çakar, G., 2015. Sinpaş Bomonti Time Projesi Jeoteknik Enstrüasyon Gözlem Raporları (1-40), Geogrup İnşaat A.Ş., İstanbul.
6. Digital Inclinator System Rstinstrument Ltd. Digital mems <http://www.rstinstrument.com>