



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Kutlubeyyazıcılar Kampüs Alanının (Bartın Üniversitesi) Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi

Ali ATEŞ^a, Ermedin TOTİÇ^b, Burak YEŞİL^{c,*}

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE
^b İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bartın Üniversitesi, Bartın, TÜRKİYE
^c İnşaat Teknolojisi Bölümü, Düzce MYO, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE
* Sorumlu yazarın e-posta adresi: burakyesil@duzce.edu.tr

ÖZET

Çalışma alanı Bartın ili, merkez Kutlubeyyazıcılar Köyü ile Esenyurt Köyü arasında yer alan yaklaşık 117 ha'lık alan üzerinde yer almaktadır. Bartın, Çaycuma Formasyonu (Tec); Volkanit ara katkılı kumtaşı, siltaşı, kiltası ve şeyl ardalanmasından oluşmuştur. Bu çalışmanın amacı, Kutlubeyyazıcılar kampüs alanının, yerleşimi için uygun, önemli ve uygun olmayan alanların sınırlarının belirlenmesidir. Bu amaca yönelik olarak, Çalışma alanının 1/1000 ölçekli mühendislik jeoloji haritaları hazırlanmıştır. Ayrıca, jeolojik amaçlı açılan sondajlardan elde edilen 35 lokasyona ait Standard Penetrasyon Testi (SPT) verileri sıvılaşma potansiyeli değerlendirilmeleri ve taşıma gücü hesaplamaları için kullanılmıştır. Diğer taraftan, kütle hareketi potansiyeli taşıyan ve yüksek topografik eğim değerine sahip olan alanlar ($\alpha \geq 16$) belirlenmiş ve mühendislik haritaları üzerine işlenmiştir. Bu çalışmalar esas alınarak, uygun, uygun olmayan ve önemli alanların değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yerleşime Uygunluk, Sondaj, Geoteknik

Evaluation of Land use Suitability of Kutlubeyyazıcılar Campus Area (Bartın University)

ABSTRACT

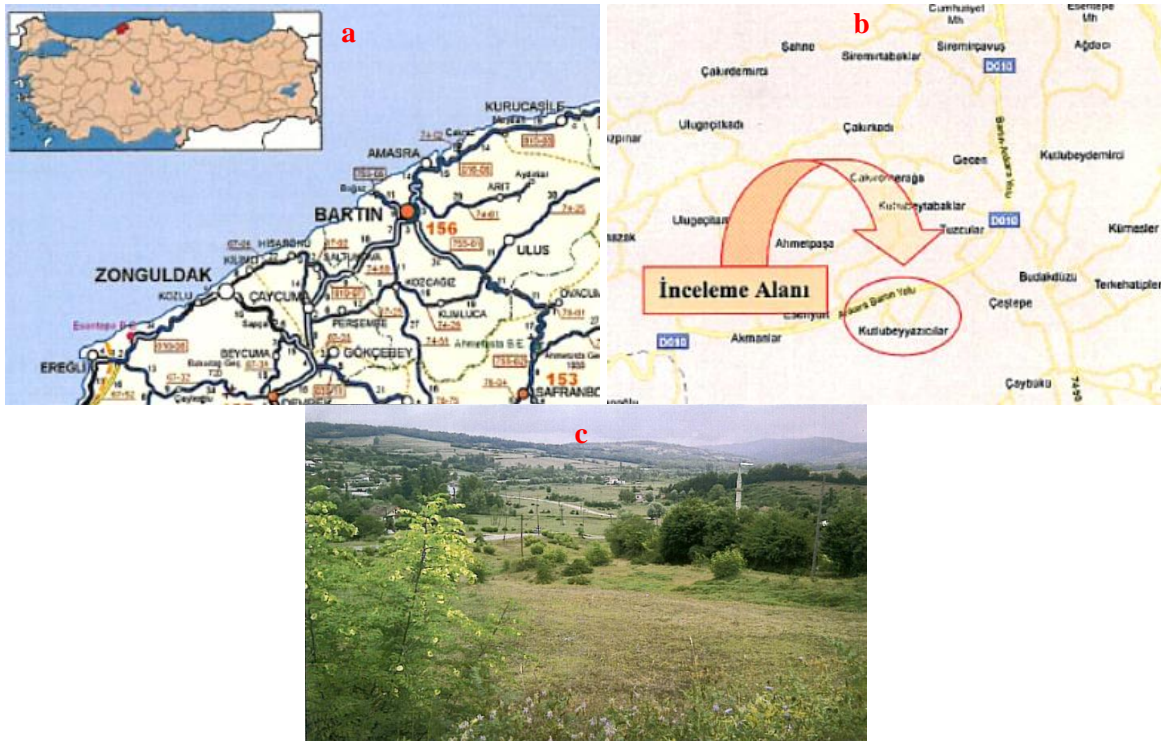
Kutlubeyyazıcılar Campus settlement (Bartın Province) area which is mainly located on an alluvial and hilly plain area. Study area was located on a land which is approximately 117 ha between Kutlubeyyazıcılar village and Esenyurt village. Study area consists of Çaycuma formation which is volcanic additive sand Stone, silt Stone, clay Stone. Geological and geotechnical studies were carried out to determine the suitable, province and unsuitable areas for settlement in Kutlubeyyazıcılar campus area (Bartın). For this reason, 1/1000 scaled engineering geological maps of the study area were prepared. Further more, boreholes were drilled at 35 locations and Standard Penetration Tests (SPT) were carried out through the geological boreholes for bearing capacity calculations and liquefaction potentials assessments of the ground. Consolidation settlement tests and an evaluation of the physical properties of the rock and soil were also carried out. Susceptible areas for mass

movements and steep slope ($\alpha \geq 16$) were determined and shown on the engineering geological maps. As a result of these geological and geotechnical investigations, the provisional (precautionary), suitable and unsuitable areas for settlement were determined for Kutlubeyyazıcılar Campus settlement area (Bartın) and its environs.

Keywords: Settlement suitability, Geotechnics, Borehole

I. GİRİŞ

Bu çalışma, Bartın ili, merkez Kutlubeyyazıcılar Köyü ile Esenyurt Köyü arasında yer alan yaklaşık 117 ha'lık Bartın Üniversitesi Kampüs Alanı'nın zemini jeolojik açıdan incelenmesini içermektedir. Çalışma alanı, 1/5.000 ve 1/1.000 ölçekli olarak planlanmıştır. Çalışma alanında hâlihazırda 1-4 katlı konutlar, ilköğretim okulu, cami, ağıl vb. yapılar ile tarım alanları, bağ, bahçe, söğütlik, kavaklık ve orman alanları yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında, 1/1000 ölçekli 13 adet hâlihazır harita paftaları içerisinde kalan yaklaşık 117 ha'lık alanda ayrıntılı jeomorfolojik, jeolojik, jeofizik ve jeoteknik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ışığında Çalışma alanında yer alan litolojik birimlerin mühendislik özellikleri, afet tehlike ve riski değerlendirilmiştir. Bu çalışmada alanın yerleşim açısından jeolojik sakıncaların bulunup bulunmadığı, varsa alınabilecek önlemler ve önerileri araştırılmıştır. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası (a ve b) ve çalışma alanından genel görünümü (c)

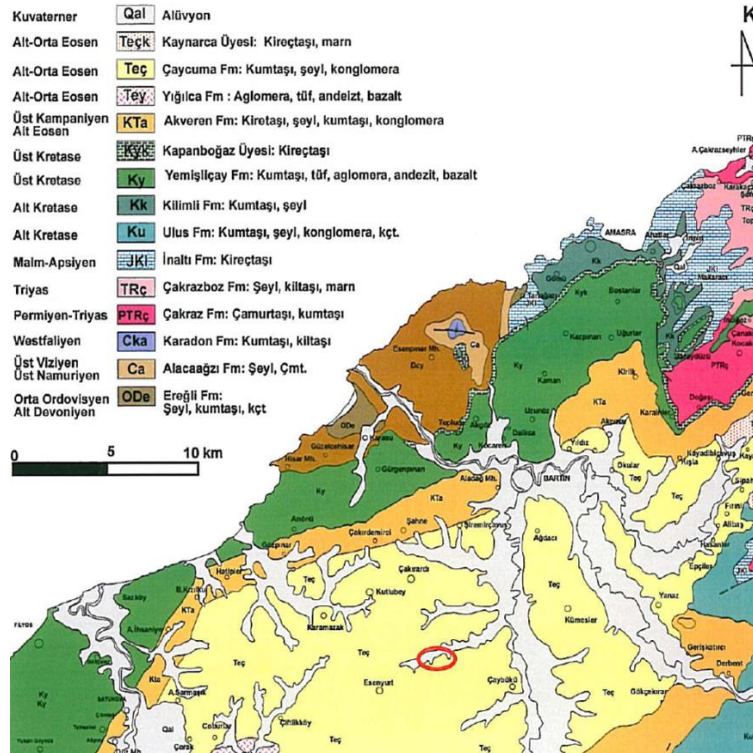
II. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI ve ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Çalışma alanı, Bartın ili, merkez Kutlubeyyazıcılar Köyü ile Esenyurt Köyü arasında yer alan yaklaşık 117 ha'lık sahadır (Şekil 1). Çalışma alanının, güneyinde Karahüseyinli, Akıncılar; güneydoğusunda

Çaybükü; doğusunda Çeştepe, Budakdüzü; kuzeydoğusunda Tuzcular, Kutlubeydemirci; kuzeyinde Kutlubeytabaklar, Çakırömerağa, Ahmetpaşa; kuzeybatısında Ulugeçitambarcı, batısında Akmanlar köyleri yer almaktadır. Bartın-Ankara yolunun hemen kenarında bulunan Çalışma alanı, Bartın'ın yaklaşık 10 km güney batısında yer almaktadır. Bartın, İstanbul'a 440 km, Bolu'ya 170 km, Zonguldak'a 85 km, Karabük'e 80 km, Ankara'ya 265 km, Kastamonu'ya 180 km mesafededir.

III. JEOLJİ

Bölgenin genel jeolojisi ve Çalışma alanı jeolojisi olmak üzere iki ana jeoloji incelenmiştir. Bölgenin genel jeoloji haritası Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanını kapsayan Bartın ve civarının jeoloji haritası.

Genel jeoloji incelendiğinde; Çaycuma Formasyonu (Tec); Volkanit ara katkılı kumtaşı, siltaşı, kilitaşı ve şeyl araldanmasından oluşan birim bulunmakta ve tip yeri Zonguldak ili Çaycuma ilçesi'nde bulunur. Birim Bartın çevresinde de gözlenir. Formasyonun alt ve orta kesimleri grimsi, yeşil renkli, ince-orta tabakalı, şeyl karbonatlı şeyl ile nadir olarak yeşil ve mor renkli kireçtaşlarından oluşur. Birimde üst kesimlere doğru tüfit ara katkıları gözlenir. En üstte ise bol fosilli (Nummulites'li) kireçtaşı ara tabakalı şeyler yer alır. Kaynarca Üyesi (Teçk); Genelde kireçtaşı ve buna eşlik eden marn ve kumtaşından oluşan birime ilk defa Kaynarca üyesi adı verilmiştir. Üye, Bartın ili doğusunda Kayadibi köyü dolayında yayılım sunar. Sarı, gri, beyaz, yeşilimsi gri renkli, orta-kalın katmanlı olan birim tabanında kırıntılı, kil matriksli, bol Nummulit'li kireçtaşı ile başlar, üste doğru kumtaşı ara seviyeli marnlarla devam eder. Kaynarca üyesi, Çaycuma formasyonunun diğer litolojileri ile geçişlidir. Yaklaşık 100 m. kalınlığında olan birimin yaşı içindeki Nummulit fosillerine göre Alt-Orta Eosen'dir. Kaynarca üyesi şelf tipi bir ortamda çökelmiştir. Çaycuma formasyonu tabanda Akveren formasyonu ile geçişlidir. Ancak bu geçiş litolojik olarak çok zor olarak saptanabilmektedir. Üst dokanağı genç birimlerle örtülmüştür. Kalınlığı yaklaşık 350 m'dir. Çaycuma formasyonunun yaşı Alt-Orta

Eosen'dir. Alüvyon (Qal); Akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerine gelmiş düz alanlardaki çakıl, kum, çamur çökelleridir.

Yapısal Jeoloji incelendiğinde; Bölgede Malm öncesi tektonik aktivite artmış Ereğli, Yılanlı, Alacağzı, Karadon, Çakraz ve Çakrazboz formasyonları yükselerek aşınma alanı oluşturmuştur. Malm - Erken Apsiyen tektonik açısından rahatlama dönemidir. Bu dönemde pozitif alanlar düşey alçalma ile şelf-platform (İnaltı çökeli), Apsiyen- Albiyende yamaç-derin deniz konumuna geçmiştir. (Malm - Erken Albiyen döneminde havza, Ulus formasyonunun çökeline uygun havzaya dönüşmüştür). Santoniyen öncesi (olası Türoniyen) Bölgede tektonik aktivitenin arttığı dönemdir. Sıkışma nedeniyle havza içinde yükselen İnaltı formasyonu kuzeye doğru ekaylanarak Yemişliçay formasyonuna malzeme vermiştir. Kampaniyen-Maastrichtiyen arası tektonik aktivitenin arttığı dönemdir. Bu dönemde hem volkanik faaliyet artmış, hem de sıkışmalı yatay hareketlerle Çakraz, İnaltı, Kilimli ve Ulus formasyonlarının sualtı yüzeylemesi gerçekleşmiştir. Maastrichtiyen tektonik duraylılık dönemidir. Bu dönemde Akveren formasyonunun pelajik-yarı pelajik kireçtaşları volkanitlerle geçişli olarak çökelmiştir.

Çalışma alanının jeolojisi incelendiğinde; bu alanda iki farklı birim ayırt edilmiştir. Bu birimler alttan üste doğru ayrılmış Alt - Orta Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu (Teç) ve Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökelleridir(Qal). Çalışma alanının büyük bir bölümünde yer alan Alt - Orta Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu, genel olarak üst seviyelerde açık kahverengi, sarımsı, orta - çok ayrılmış, zayıf - çok zayıf dayanımlı, yer yer ince kumtaşı ve çakıltaşı tabakaları içeren silttaşı - kiltası birimlerden, alt seviyelerde ise yeşilimsi gri renkli orta - çok ayrılmış, zayıf - çok zayıf dayanımlı yer yer ince kumtaşı ve çakıltaşı tabakaları içeren silttaşı - kiltası birimlerden meydana gelmektedir (Şekil 3).



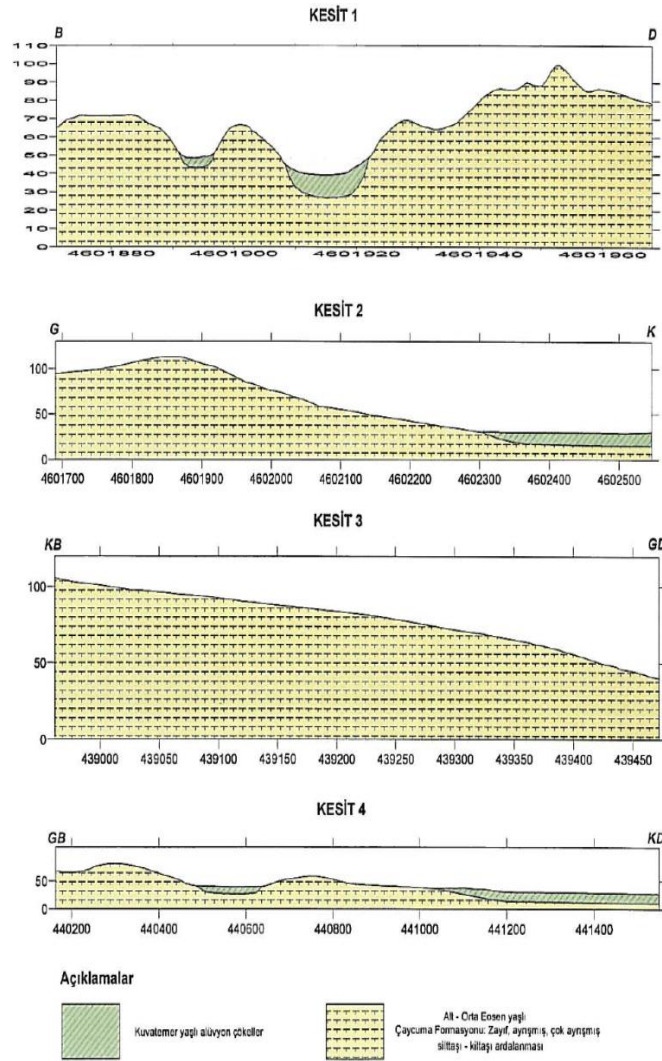
Şekil 3. Çalışma alanında yer alan kumtaşı silttaşı ve kiltası birimlerinden görüntüler

Çalışma alanının düzlük kesimlerini kaplayan Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökelleri ise yeşilimsi gri renkli - açık kahve renkli sarımsı orta katı - katı siltli killerden meydana gelmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökelleri Alt - Orta Eosen yaşlı Çaycuma formasyonunun ayrışması - taşınması ve çökmesi yoluyla oluşmuştur (Şekil 4).

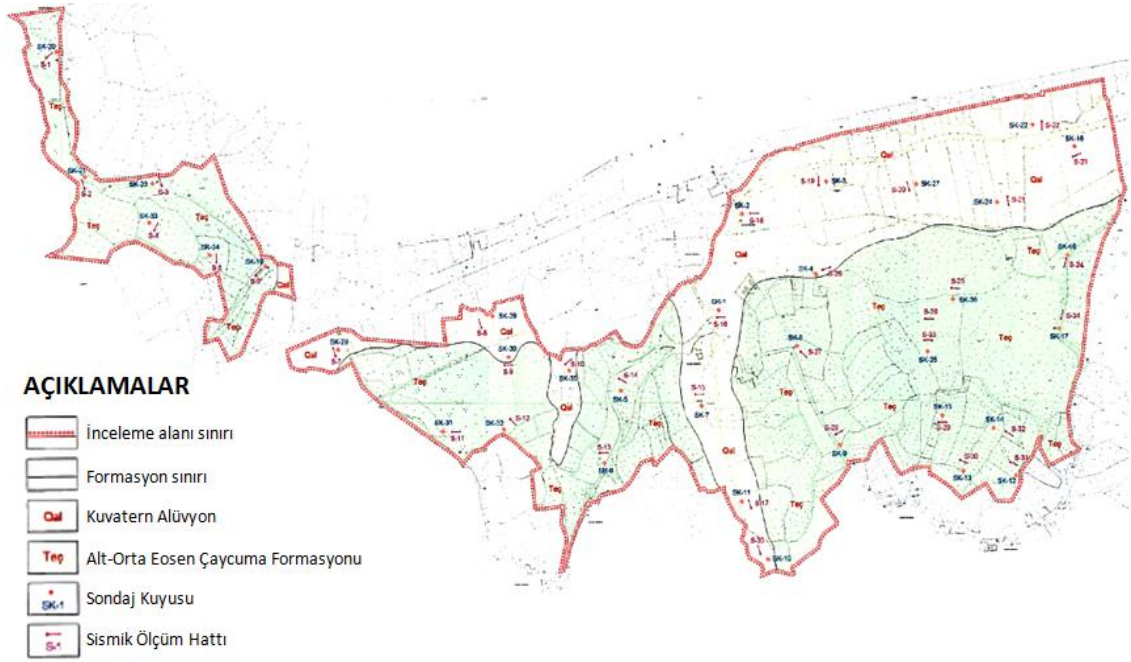


Şekil 4. Çalışma alanında yer alan alüvyon birimden görünümler

Çalışma alanında yer alan birimlerin tanımlanmasında, saha çalışmaları kapsamında açılan jeoteknik sondaj kuyularından elde edilen veriler ile arazi gözlemlerinden yararlanılmıştır. Çalışma alanında yüzeylenen jeolojik birimlerin yanıl ve düşey yöndeki ilişkilerini açıklamak amacıyla 4 farklı yönden jeolojik enine kesitler alınmıştır. Jeolojik enine kesit hatlarının yerleri ile jeolojik enine kesitler Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Çalışma alanının jeolojik enine kesitleri ve kesit hatları

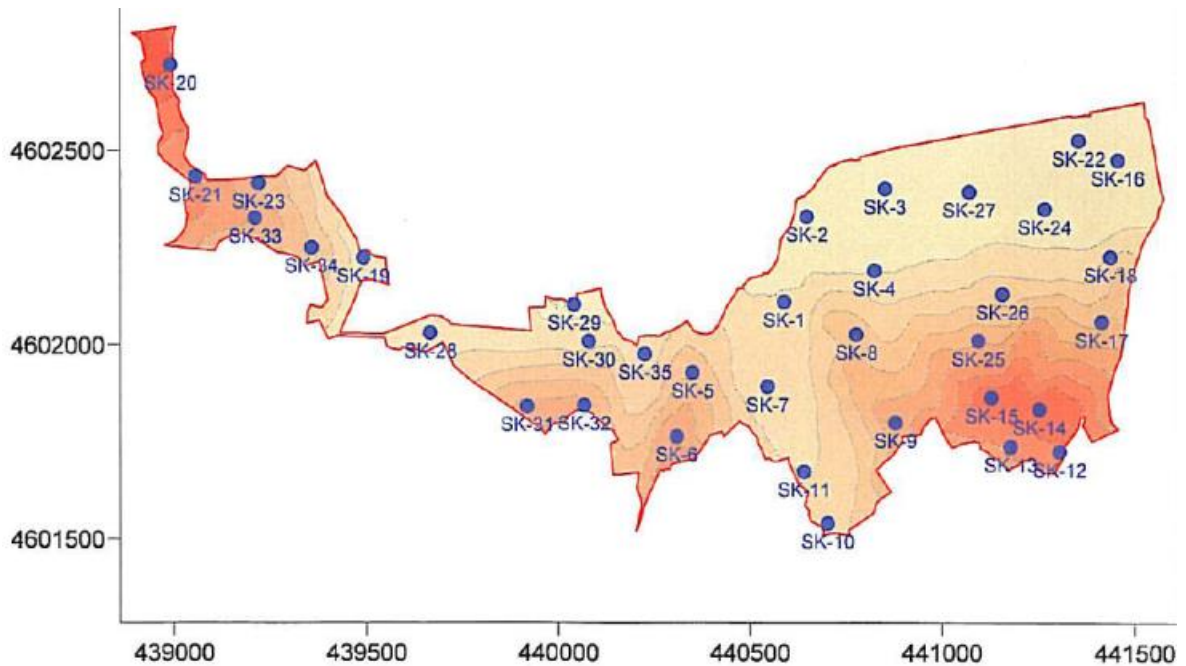


Şekil 6. İnceleme alanının jeolojisi, sondaj kuyu lokasyonları

IV. ARAŞTIRMA ÇUKURLARI, SONDAJ ÇALIŞMALARI ve ARAZİ DENEYLERİ

A. SONDAJLAR

Bölgenin genel jeolojisi ışığında, birimlerin yanal ve düşey yöndeki değişimleri, mühendislik özellikleri, yer altı suyu durumu ve jeoteknik parametreleri saptamak amacıyla, derinlikleri 10 - 20 m arasında değişen toplam 35 adet sondaj açılmıştır (Şekil 7). Sondajlar kamyonla monteli, hidrolik beslemeli D-500 rotary sondaj makinesi ile yapılmıştır. Zemin sondajlarında 4" çapında auger sistemi, kaya sondajlarında ise karotiyer kullanılmıştır. Ayrıca sondaj çalışmalarında NW ve HW muhafaza boruları kullanılmıştır. Çalışma alanında açılan tüm jeoteknik sondaj kuyuları plastik borular ile teçhiz edilmiş olup, kuyu ağızları manşon takılarak ve betonlanarak muhafaza altına alınmıştır.



Şekil 7. Sondaj lokasyon haritası

Çalışma alanında yapılan sondajlarda, kalınlığı yaklaşık 0.5 ile 1.0 metre arasında değişen bitkisel toprak, bitkisel toprağın hemen altında ise, Kuvaterner yaşlı alüvyon birimler ile literatürde Çaycuma formasyonu olarak bilinen kumtaşı-silttaşı-kiltaşı kesilmiştir. Sondajlarda kesilen birimlere ait bilgiler Tablo 1’de özet olarak verilmiştir.

Tablo 1. Sondajlarda kesilen jeolojik birimler

Sondaj No	Derinlik	Açıklamalar (m)	Sondaj No	Derinlik	Açıklamalar (m)
SK-1	0.0-0.80	Bitkisel Toprak	SK-19	0.0-0.60	Bitkisel Toprak
	0.80-20.0	Siltli Kil (Qal)		0.60-9.0	Rezidüel Zemin (Teç)
SK-2	0.0 - 0.70	Bitkisel Toprak	SK-20	9.0-15.50	Silttaşı-Kiltaşı(Teç)
	0.70-20.0	Siltli Kil (Qal)		0.0-0.50	Bitkisel Toprak
SK-3	0.0-0.75	Bitkisel Toprak	SK-21	0.50-2.0	Rezidüel Zemin(Teç)
	0.75-10.0	Siltli Kil (Qai)		2.0-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
	10.0-16.0	Killi Kum(Qai)	0.0-0.50	Bitkisel Toprak	
	16.0-20.	Siltli Kil (Qal)	0.50-3.0	Rezidüel Zemin(Teç)	
SK-4	0.0-0.30	Dolgu	SK-22	3.0-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
	0.30-12.0	Siltli Kil (Qal)		0.0-0.60	Bitkisel Toprak
SK-5	12.0-18.0	Siktaşı-Kiltaşı (Teç)	SK-23	0.60-15.0	Siltli Kil (Qal)
	0.0-0.60	Bitkisel Toprak		15.0-20.0	Silttaşı-Kiitası(Teç)
	0.60-2.50	Rezidüel Zemin (Teç)		0.0-0.50	Bitkisel Toprak
SK-6	2.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Tec)	SK-24	0.50-3.50	Rezidüel Zemin (Teç)
	0.0-0.50	Bitkisel Toprak		3.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
SK-7	0.50-2.50	Rezidüel Zemin (Teç)	SK-25	0.0-0.50	Bitkisel Toprak
	2.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)		0.50-15.0	Siltli Kil (Qal)
	0.0-0.70	Bitkisel Toprak		15.0-20.0	Rezidüel Zemin (Teç)
SK-8	0.70-12.0	Siltli Kil (Qal)	SK-26	0.0-0.50	Bitkisel Toprak
	12.0-18.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)		0.50-3.30	Rezidüel Zemin (Teç)
	0.0-0.60	Bitkisel Toprak		3.30-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
SK-9	0.60-1.50	Rezidüel Zemin (Teç)	SK-27	0.0-0.60	Bitkisel Toprak
	1.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşt (Teç)		0.60-9.0	Rezidüel Zemin (Teç)
	0.0-0.60	Bitkisel Toprak		9.0-15.50	Silttaşı-Kittaşı (Teç)
SK-10	0.60-1.50	Rezidüel Zemin (Teç)	SK-28	0.0-0.70	Bitkisel Toprak
	1.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)		0.70-20.0	Siltli Kil (Qal)
	0.0-0.50	Bitkisel Toprak		0.0-0.70	Bitkisel Toprak
SK-11	0.50-16.0	Siltli Kil (Qal)	SK-29	0.70-18.0	Siltli Kil (Qal)
	16.0-20.0	Rezidüel Zemin (Teç)		18.0-20.0	Rezidüel Zemin (Teç)
	0.0-0.70	Bitkisel Toprak		0.0-0.70	Bitkisel Toprak
SK-12	0.70-16.0	Siltli Kil (Qal)	SK-30	0.70-17.0	Siltli Kil (Qal)
	16.0-20.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)		17.0-20.0	Rezidüel Zemin (Teç)
	0.0-0.60	Bitkisel Toprak		0.0-0.60	Bitkisel Toprak
SK-13	0.60-1.50	Rezidüel Zemin (Teç)	SK-31	0.60-9.50	Siltli Kil (Qal)
	1.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)		9.50-16.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
	0.0-0.50	Bitkisel Toprak		0.0-0.60	Bitkisel Toprak
SK-14	0.50-3.50	Rezidüel Zemin (Teç)	SK-32	0.60-2.0	Rezidüel Zemin(Teç)
	3.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)		2.0-10.0	Silrtaşı-Kiltaşı (Teç)
	0.0-0.50	Bitkisel Toprak		0.0-0.40	Bitkisel Toprak
SK-15	0.50-1.50	Rezidüel Zemin (Teç)	SK-33	0.40-2.0	Rezidüel Zemin (Teç)
	1.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)		2.0-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
	0.0-0.50	Bitkisel Toprak		0.0-0.40	Bitkisel Toprak

Sondaj No	Derinlik	Açıklamalar (m)	Sondaj No	Derinlik	Açıklamalar (m)
SK-16	0.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)	SK-34	0.40-2.0	Rezidüel Zemin (Teç)
	0.0-0.60	Bitkisel Toprak		2.0-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
	0.60-20.0	Siltli Kil (Qal)		0.0-0.50	Bitkisel Toprak
SK-17	0.0-0.50	Bitkisel Toprak	SK-35	0.50-3.0	Rezidüel Zemin (Teç)
	0.50-1.50	Rezidüel Zemin (Teç)		3.0-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
SK-18	1.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)	SK-35	0.0-0.50	Bitkisel Toprak
	0.0-0.50	Bitkisel Toprak		0.50-13.50	Siltli Kil (Qal)
	0.50-1.50	Rezidüel Zemin (Teç)		13.50-20.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)
	1.50-10.0	Silttaşı-Kiltaşı (Teç)			

Sondaj kuyularında geçilen zemin tabakalarının alt ve üst derinlikleri, tanımlamaları, yerinde deney sonuçları ve derinlikleri, numune alınan seviyeler, yeraltı suyu seviyesi ve diğer tüm gözlemler ile değerlendirmeler sondaj arazi loglarına işlenmiştir. Çalışma alanında açılan sondaj kuyularına ait lokasyon haritası Şekil 7’de verilmiştir.

B. ARAZİ DENEYLERİ

B.1. Standart Penetrasyon Deneyi

Jeoteknik sondaj kuyularında geçilen zemin tabakalarının fiziksel niteliklerini belirlemek amacı ile Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Standart penetrasyon deneyinde, dış çapı 50 mm, iç çapı 35 mm ve uzunluğu 650 mm olan boyuna yarık numune alıcı (SPT çarığı) 63.5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 76 cm yükseklikten serbest düşmesi ile zemine 15 cm’lik kademeler halinde toplam 45 cm çakılmakta ve her 15 cm’lik ilerleme için uygulanan darbe sayıları kaydedilmektedir. Kuyu tabanında örselenme olabileceği göz önüne alındığından ilk 15 cm’lik ilerleme için uygulanan darbe sayıları dikkate alınmaz. Son iki kademenin ilerlemesi için uygulanan darbe sayılarının toplamı ise “Zeminin Penetrasyon Direnci-(SPT-N)” olarak kaydedilir. SPT’lerin yapılmasında ülkemizde yaygın olarak kullanılan halat-makara sistemi kullanılmış olup, bu sistemin enerji oranı %45’dir. Çalışma alanında açılan sondaj kuyularında zemin koşullarının uygun olduğu kesimlerde her 1.5 metrede bir olmak üzere toplam 200 adet SPT yapılmıştır. SPT N-30 değerleri 7 ile R (refü) arasında değişmektedir.

SPT örneklerinden laboratuarda incelenebilecek nitelikte olanlar seçilerek, zemin mekaniği laboratuvarına nakledilmiştir. SPT deneylerinin yapılması, alınan örneklerin izolasyonu ve korunması ile ilgili olarak ASTM D-1586, TSE 1900-1 ve TS 1900-2 standartları esas alınmıştır [3, 4, 5].

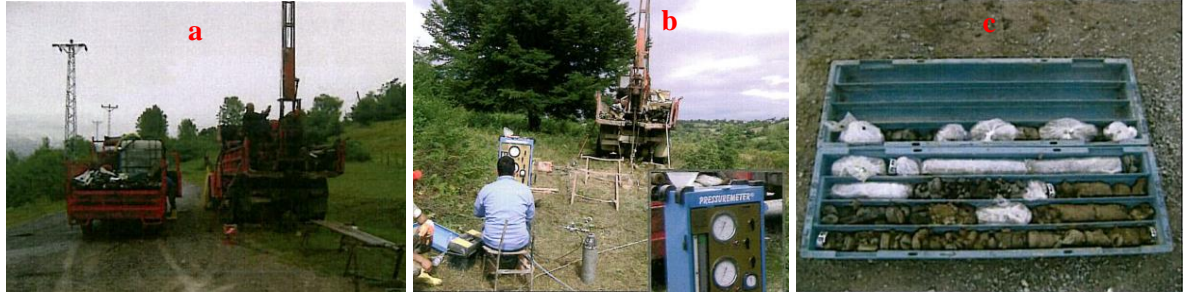
B.2. Menard Presiyometre Deneyi

Menard Presiyometre deneyi önceden açılmış bir sondaj kuyusunda yapılan bir arazi deneyidir. Deneyde zeminde oluşturulan silindirik boşluğun su-gaz basıncı kullanılarak genişletilmesi ve basınç-hacim artışı (genişleme) ilişkisi kullanılarak zeminin gerilme ve deformasyon ilişkisinin belirlenmesidir. Sondaj sırasında deney yapılacak seviyeye ulaşıldığında sondaj ekipmanı kuyudan çıkarılır. Presiyometre probu, kuyuya indirilir. Prob, alt ve üstte koruyucu hücreler ile ortada bir ölçüm lastik hücrelerinden oluşur. Koruyucu hücreler basınçlı gaz ile şişirilir. Bunları ölçen hücreyi alt ve üstten sınırlayarak, düşey doğrultuda deformasyonu önler. Ölçen hücre basınçlı su ile şişirilir gönderilen suyun ve/veya gazın basınçları ölçülür. Hücrenin yanlara temasından sonra hücreye gönderilen suyun hacminden yanal şekil değiştirme hesaplanır. Yan yüzlerde yenilme meydana gelene kadar basınç uygulanır. Menard Presiyometre deneyi ile her bir deney seviyesinde elde edilen basınç/deformasyon grafiklerinden zeminin temel mekanik özellikleri; deformasyon (presiyometre) modülü, E ve limit basınç değeri PI, belirlenmektedir. Limit basınç değeri, deneydeki son

ölçümlerden, presiyometre modülü ise test esnasında kayıt edilen basınç/hacimsel değişim ölçümlerinden yararlanılarak belirlenmektedir. Çalışma sahasında SK-8, SK-12, SK-18, SK-20 ve SK-32 numaralı sondajlarda temel etki derinliği içerisinde kalan ve Çaycuma formasyonunun tamamen ayrılmış seviyeleri olan 2.0-4.0 metre arasında değişen derinliklerde Menard Presiyometre deneyi yapılmıştır. Çalışma alanında yapılan Presiyometre çalışmalarından görünüm Şekil 8’de verilmektedir. Tablo 2’de deneylerden elde edilen deformasyon modülleri ve limit basınçlar özetlenmiştir.

Tablo 2. Menard Presiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Test Derinlik	Limit Basınç	Net Limit Basınç (kg/cm ²)	Elastisite Modülü (kg/cm ²)
SK-8	3.00	15.00	11.37	107.53
SK-8	4.00	28.00	24.54	182.17
SK-12	3.00	>11.00	>11.00	107.53
SK-12	4.00	>13.00	>11.00	135.87
SK-18	2.00	>11.00	>11.00	99.79
SK-18	4.00	17.00	13.54	182.17
SK-20	2.00	>9.00	>9.00	83.84
SK-20	4.00	21.00	15.58	579.46
SK-32	2.00	6.00	4.58	80.86



Şekil 8. Çalışma alanında yapılan presiyometre çalışmalarından görünüm (a: sondaj makinelerinin arazideki görüntüleri, b: sondaj ve presiyometre ölçümleri, c: sondaj numuneleri)

V. JEOTEKNİK AMAÇLI LABORATUVAR DENEYLERİ

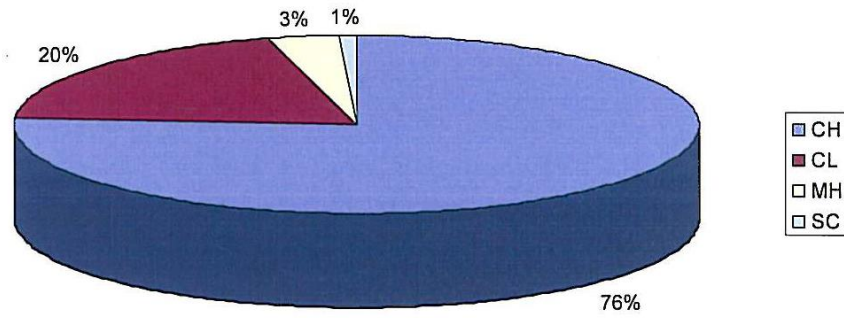
Çalışma alanında yapılan sondajlarla alüvyon ve Çaycuma formasyonuna ait birimlerden alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri ve karot örnekleri üzerinde TSE 1901 standartlarına sahip Zemin Mekaniği laboratuvarında zeminlerin ve kayaçların fiziksel ve mekanik parametrelerini belirlemeye yönelik deneyler yaptırılmıştır. Bu amaçla, SPT+UD ile alınan örselenmiş zemin örnekleri üzerinde “Elek Analizi, Atterberg Limitleri ve Doğal Su içeriği” deneyleri, örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde ise “Konsolidasyon ve Üç Eksenli Basınç (UU)” deneyleri yaptırılmıştır. Karot örnekleri üzerinde ise Tek Eksenli Basınç deneyi ve Nokta Yükleme deneyleri yaptırılmıştır.

89 adet Tek eksenli basınç dayanımı deneyi ve 44 adet Nokta yükleme deneyi ISRM-1978 esas alınarak yapılmıştır [10]. Ayrıca bölgeden derlenen numuneler üzerinde 122 adet Atterberg limitlerinin tayini, 122 adet Elek analizi deneyi, 122 adet Doğal su içeriği deneyi, 18 adet Doğal birim hacim ağırlık deneyi, 18 adet Kuru birim hacim ağırlık deneyi, 18 adet Üç eksenli basınç deneyi (UU),

17 adet Konsolidasyon + şişme deneyi TS 1901, TS 1900-1 ve TS 1900-2 esas alınarak yapılmıştır [1, 2, 3].

A. ZEMİNİN İNDEKS VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeminlerin likit limit, plastik limit ve plastisite indekslerini belirlemek ve birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine [4, 6, 9] (USCS) göre zemin sınıflarını saptamak amacıyla SPT deneylerinden alınan 104 adet örselenmiş örnek ve UD tüplerinden alınan 18 adet örselenmemiş örnek olmak üzere toplam 122 adet örnek üzerinde likit limit, plastik limit ve elek analizi deneyleri yaptırılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar özet halinde Tablo 3’ de verilmiştir. Zemin sınıfları Şekil 9’ da verilmiştir.



Şekil 9. Çalışma alanı zemin türleri (CH -yüksek plastisiteli kil-, CL -düşük plastisiteli kil-, MH -yüksek plastisiteli silt-, SC -killi kum-)

Tablo 3. İndeks ve sınıflama deneylerinin sonuçları

Sondaj No.	Numune No.	Derinlik (m)	No.4 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit -LL- (%)	Plastik Limit -PL- (%)	Plastisite İndisi -PI- (%)	Zemin sınıfı (USCS)	YASS (m)
SK-1	UD-1	2.50	0.0	93.2	66.8	28.1	38.7	CH	4 m
	SPT-3	4.50	0.7	79.1	53.4	22.8	30.6	CH	
	SPT-5	7.50	0.0	96.2	73.3	29.9	43.4	CH	
	SPT-6	9.00	0.0	85.1	59.8	25.2	34.6	CH	
	SPT-11	16.50	0.0	96.5	66.6	27.4	39.2	CH	
	SPT-13	19.50	0.0	89.8	51.4	23.5	27.9	CH	
SK-2	SPT-1	1.50	0.0	93.1	59.3	26.7	32.6	CH	6 m
	UD-1	4.00	0.0	98.6	82.6	31.1	51.5	CH	
	SPT-4	6.00	0.0	92.2	54.7	21.9	32.8	CH	
	SPT-7	10.50	0.0	91.8	58.7	24.5	34.2	CH	
	SPT-10	15.00	0.0	96.3	66.8	25.3	41.5	CH	
SK-3	SPT-12	18.00	0.0	94.7	80.5	31.1	49.4	CH	4 m
	SPT-1	1.50	0.0	95.2	72.4	28.3	44.1	CH	
	UD-1	2.50	0.0	92.2	79.6	28.4	51.2	CH	
	SPT-3	4.50	0.0	84.7	65.5	27.3	38.2	CH	
	SPT-5	7.50	0.0	92.2	78.8	29.4	49.4	CH	
	SPT-9	13.50	1.2	44.8	28.4	15.3	13.1	SC	
	SPT-11	16.50	0.0	92.2	46.7	22.1	24.6	CL	

Sondaj No.	Numune No.	Derinlik (m)	No.4 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit -LL- (%)	Plastik Limit -PL- (%)	Plastisite İndisi -PI- (%)	Zemin sınıfı (USCS)	YASS (m)
SK-4	SPT-1	1.50	0.0	92.2	65.4	24.2	41.2	CH	6 m
	UD-1	4.00	0.0	93.2	83.2	29.6	53.6	CH	
	SPT-4	6.00	0.0	89.8	65.4	24.2	41.2	CH	
	SPT-6	9.00	0.0	83.6	70.8	28.4	42.4	CH	
	SPT-7	10.50	0.0	98.1	59.4	26.1	33.3	CH	
SK-5	SPT-1	1.50	0.0	92.2	60.8	26.5	34.3	CH	-
SK-6	SPT-1	1.50	0.0	92.2	48.3	21.7	26.6	CL	-
	UD-1	2.50	0.0	89.3	72.6	27.4	45.2	CH	
SK-7	SPT-4	6.00	0.7	82.3	71.3	33.5	37.8	CH	6 m
	SPT-6	9.00	0.0	92.1	66.3	31.7	34.6	CH	
	SPT-8	12.00	0.3	81.3	44.2	21.7	22.5	CL	
SK-8	SPT-1	1.50	0.0	89.9	51.8	22.2	29.6	CH	-
SK-9	SPT-1	1.50	0.6	82.2	65.8	25.3	40.5	CH	-
	UD-1	2.50	0.7	74.6	83.9	35.4	48.5	CH	
	SPT-5	7.50	0.9	75.1	68.3	32.7	35.6	CH	
	SPT-9	13.50	0.3	83.0	51.6	23.2	28.4	CH	5.5 m
SK-10	SPT-11	16.50	0.3	79.8	55.7	24.1	31.6	CH	
	SPT-13	19.50	0.0	92.2	58.6	27.3	31.3	CH	
	SPT-1	1.50	0.0	85.5	76.6	29.9	46.7	CH	
	UD-1	4.00	0.0	89.9	73.5	28.2	45.3	CH	
	SPT-5	7.50	0.0	86.2	59.2	27.4	31.8	CH	5 m
SK-11	SPT-8	12.00	0.4	82.0	65.3	26.7	38.6	CH	
	SPT-10	15.00	0.6	78.6	69.3	30.7	38.6	CH	
	SPT-1	1.50	0.9	73.1	45.2	24.7	20.5	CL	-
SK-12	UD-1	2,50	0.3	81.6	53.2	25.1	28.1	CH	
	SPT-1	1.50	1.0	72.0	69.3	31.4	37.9	CH	-
SK-13	SPT-2	3.00	0.0	83.5	66.6	30.1	36.5	CH	
	SPT-1	1.50	0.0	93.1	53.6	23.7	29.9	CH	-
SK-14	SPT-1	1.50	0.0	85.8	73.3	26.8	46.5	CH	
	UD-1	4,00	0.7	73.6	83.2	35.4	47.8	CH	
	SPT-4	6.00	2.6	63.4	52.6	24.8	27.8	CH	
	SPT-5	7.50	2.8	65.1	48.5	22.3	26.2	CL	4 m
	SPT-7	10.50	1.7	71.5	31.2	18.7	12.5	CL	
SK-16	SPT-9	13.50	0.9	74.1	62.3	26.8	35.5	CH	
	SPT-11	16.50	0.0	73.1	46.5	23.1	23.4	CL	
	SPT-13	19.50	2.9	63.2	46.3	22.8	23.5	CL	
	SPT-1	1.50	0.0	81.3	43.2	23.8	19.4	CL	-
SK-17	SPT-1	1.50	0.0	85.2	59.3	26.7	32.6	CH	-
SK-18	SPT-1	1.50	0.0	88.3	69.3	26.5	42.8	CH	
	UD-1	2,50	0.5	81.7	83.2	31.4	51.8	CH	6.5 m
	SPT-3	4.50	0.9	81.1	69.6	28.5	41.1	CH	
SK-19	SPT-5	7.50	0.0	85.2	68.3	28.7	39.6	CH	
	SPT-1	1.50	0.0	85.2	46.3	24.7	21.6	CL	4 m

Sondaj No.	Numune No.	Derinlik (m)	No.4 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit -LL- (%)	Plastik Limit -PL- (%)	Plastisite İndisi -PI- (%)	Zemin sınıfı (USCS)	YASS (m)
SK-21	SPT-1	1.50	0.0	88.6	67.2	27.4	39.8	CH	-
	UD-1	2,50	1.0	75.6	45.3	22.1	23.2	CL	
	UD-1	2,50	0.5	79.8	68.3	27.4	40.9	CH	
SK-22	SPT-2	3.00	0.0	86.9	91.8	34.5	57.3	CH	6 m
	SPT-4	6.00	0.0	86.7	73.5	33.1	40.4	CH	
	SPT-6	9.00	0.0	74.9	38.2	19.9	18.3	CL	
	SPT-8	12.00	1.0	76.4	36.9	19.2	17.7	CL	
SK-23	SPT-10	15.00	0.0	87.7	71.5	33.4	38.1	CH	-
	SPT-1	1.50	2.5	76.1	44.2	20.9	23.3	CL	
	SPT-2	3.00	1.5	73.6	48.2	24.3	23.9	CL	
	SPT-1	1.50	0.0	78.7	70.8	31.2	39.6	CH	
	SPT-3	4.50	0.0	95.9	58.2	36.9	21.3	MH	
SK-24	UD-1	4,50	0.0	85.3	69.3	32.1	37.2	CH	6 m
	SPT-5	7.50	0.0	89.6	67.4	33.1	34.3	MH	
	SPT-7	10.50	1.5	85.6	56.8	32.1	24.7	MH	
	SPT-9	13.50	1.2	77.9	47.5	23.1	24.4	CL	
	SPT-11	16.50	0.0	89.8	76.5	28.4	48.1	CH	
SK-25	SPT-13	19.50	0.0	89.3	47.5	24.6	22.9	CL	-
	SPT-1	1.50	0.0	78.9	47.5	26.3	21.2	CL	
	SPT-2	3.00	0.0	94.0	59.3	26.4	32.9	CH	
SK-26	SPT-2	3.00	0.0	85.8	59.2	25.1	34.1	CH	7 m
	SPT-4	6.00	0.0	88.0	80.4	33.7	46.7	CH	
	SPT-6	9.00	0.0	88.2	61.2	25.4	35.8	CH	
	SPT-1	1.50	0.0	88.1	42.8	22.1	20.7	CL	
SK-27	UD-1	2,50	0.0	87.1	36.9	18.8	18.1	CL	-
	SPT-3	4.50	1.2	83.9	79.6	28.2	51.4	CH	
	SPT-5	7.50	0.0	93.2	79.6	34.2	45.4	CH	
	SPT-7	10.50	0.0	92.9	62.8	28.5	34.3	CH	
	SPT-9	13.50	0.0	89.8	72.8	32.1	40.7	CH	
SK-28	SPT-11	16.50	3.5	78.0	55.3	32.8	22.5	MH	6 m
	SPT-13	19.50	0.0	85.8	47.5	26.3	21.2	CL	
	SPT-2	3.00	0.0	89.8	55.5	24.1	31.4	CH	
	UD-1	4,00	0.0	92.1	86.3	34.2	52.1	CH	
	SPT-4	6.00	0.0	89.7	76.5	29.4	47.1	CH	
	SPT-6	9.00	0.0	75.0	79.4	33.8	45.6	CH	
	SPT-8	12.00	0.0	95.2	85.2	32.8	52.4	CH	
SK-29	SPT-10	15.00	0.0	87.7	44.4	20.3	24.1	CL	6 m
	SPT-12	18.00	2.5	63.7	53.2	21.6	31.6	CH	
	SPT-13	19.50	0.0	86.0	62.3	24.8	37.5	CH	
	SPT-1	1.50	0.0	96.0	82.5	32.4	50.1	CH	
	UD-1	2,50	0.0	83.7	81.2	23.6	57.6	CH	
SK-29	SPT-3	4.50	0.0	93.8	59.7	26.3	33.4	CH	6 m
	SPT-5	7.50	3.5	74.6	66.5	31.6	34.9	CH	

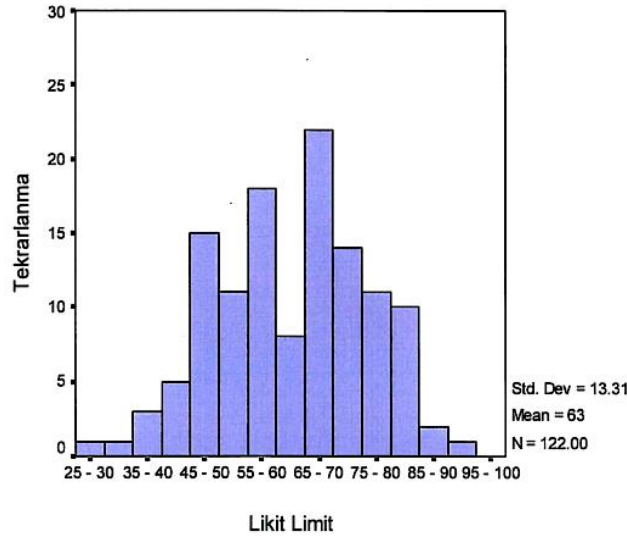
Sondaj No.	Numune No.	Derinlik (m)	No.4 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	Likit Limit -LL- (%)	Plastik Limit -PL- (%)	Plastisite İndisi -PI- (%)	Zemin sınıfı (USCS)	YASS (m)
	SPT-7	10.50	0.0	83.7	57.8	29.1	28.7	CH	
	SPT-9	13.50	0.0	95.4	53.8	27.4	26.4	CH	
	SPT-11	16.50	0.0	86.5	45.6	22.8	22.8	CL	
	SPT-13	19.50	0.0	96.8	69.3	31.2	38.1	CH	
	UD-1	2,50	0.0	89.9	63.5	26.7	36.8	CH	
SK-30	SPT-2	3.00	2.1	69.9	72.5	28.4	44.1	CH	-
	SPT-4	6.00	0.0	95.9	82.2	31.4	50.8	CH	
	SPT-6	9.00	0.0	92.4	58.2	25.4	32.8	CH	
SK-31	SPT-1	1.50	2.5	73.9	50.8	25.5	25.3	CH	-
SK-32	SPT-1	1.50	0.0	87.0	78.5	30.0	48.5	CH	-
SK-33	SPT-1	1.50	0.0	86.6	58.3	20.6	37.7	CH	-
SK-34	SPT-1	1.50	0.0	85.6	47.3	22.6	24.7	CL	-
	SPT-1	1.50	0.4	81.6	72.5	31.5	41.0	CH	
	UD-1	2.50	0.0	93.2	76.3	29.4	46.9	CH	
SK-35	SPT-3	4.50	0.0	88.6	79.3	30.5	48.8	CH	12 m
	SPT-5	7.50	0.6	78.7	72.8	28.5	44.3	CH	
	SPT-7	10.50	2.1	63.3	63.5	26.6	36.9	CH	
	SPT-9	13.50	0.0	87.7	63.5	25.7	37.8	CH	

A.1. Elek Analizi

Elek analizi deneyleri sonucunda 4 No.lu elek üzerinde kalan malzeme oranının % 0-% 3.5 arasında, 200 Nolu elek altına geçen malzeme oranının ise % 44.8-% 98.6 arasında değiştiği belirlenmiştir.

A.2. Atterberg Limit Tayini

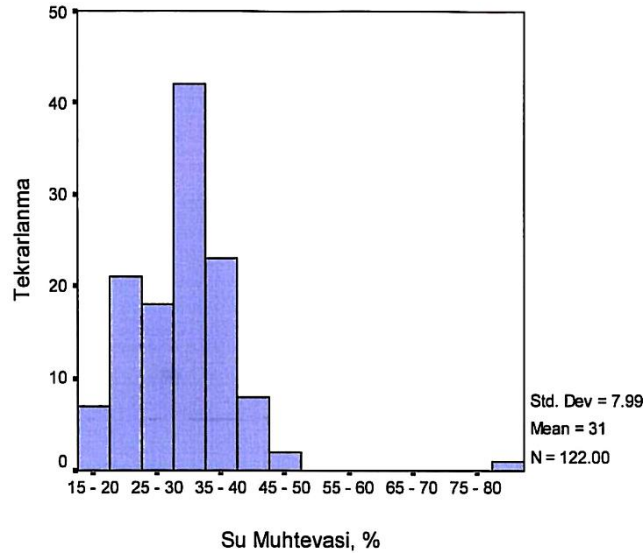
Atterberg limitleri deneylerinin sonucunda, araziden alınan örneklerin likit limitlerinin % 28.4 ile %91.8 arasında, plastik limitlerinin % 15.3 ile %36.9 arasında, plastisite indislerinin ise % 12.5 ile %57.6 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu numunelerin likit limitlerinin dağılımını gösteren histogram grafiği Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Numunelerin likit limitlerinin dağılımını gösteren histogram grafiği

A.3. Doğal Su İçeriğinin Belirlenmesi (w)

Zeminlerin sınıflandırılması amacı ile örnekleme kuyularından alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde toplam 122 adet doğal su içeriği deneyi yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda örneklerin doğal su içeriklerinin % 17.2 ile % 80.9 arasında değiştiği saptanmıştır. Şekil 11’de doğal su içeriği değerlerinin dağılımını gösteren histogram grafiği verilmiştir.



Şekil 11. Numunelerin doğal su içeriklerinin dağılımını gösteren histogram grafiği

Zeminlerin taşıma kapasitelerinin hesaplanmasında Doğal Birim Hacim Ağırlık (bha) değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, sondaj kuyularından alınan 18 adet UD örnek üzerinde zeminlerin doğal birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, örneklerin doğal birim hacim ağırlıklarının 17.55 kN/m^3 ile 18.82 kN/m^3 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Doğal birim hacim ağırlık (BHA) deney sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik	BHA	Sondaj No	Numune No	Derinlik	BHA
-----------	-----------	----------	-----	-----------	-----------	----------	-----

		(m)	(kN/m ³)			(m)	(kN/m ³)
SK-1	UD-1	2.50	18.22	SK-19	UD-1	2.50	17.85
SK-2	UD-1	4.00	18.14	SK-21	UD-1	2.50	17.78
SK-3	UD-1	2.50	18.17	SK-22	UD-1	2.50	18.11
SK-4	UD-1	4.00	18.29	SK-24	UD-1	4.00	18.05
SK-7	UD-1	2.50	17.96	SK-27	UD-1	2.50	18.82
SK-10	UD-1	2.50	17.76	SK-28	UD-1	4.00	17.91
SK-11	UD-1	4.00	17.60	SK-29	UD-1	2.50	17.98
SK-13	UD-1	2.50	17.99	SK-30	UD-1	2.50	17.61
SK-16	UD-1	4.00	17.55	SK-35	UD-1	2.50	17.76

Doğal birim hacim ağırlığı belirlenen zemin örneklerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık değerleri de hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonucunda, örneklerin kuru birim hacim ağırlıklarının 12.16 kN/m³ ile 14.34 kN/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Kuru birim hacim ağırlık (KBHA) deney sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	KBHA (kN/m ³)	Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	KBHA (kN/m ³)
SK-1	UD-1	2.50	13.94	SK-19	UD-1	2.50	13.09
SK-2	UD-1	4.00	13.83	SK-21	UD-1	2.50	14.31
SK-3	UD-1	2.50	13.87	SK-22	UD-1	2.50	13.88
SK-4	UD-1	4.00	14.16	SK-24	UD-1	4.00	13.44
SK-7	UD-1	2.50	13.77	SK-27	UD-1	2.50	14.34
SK-10	UD-1	2.50	12.51	SK-28	UD-1	4.00	12.94
SK-11	UD-1	4.00	12.79	SK-29	UD-1	2.50	14.13
SK-13	UD-1	2.50	13.88	SK-30	UD-1	2.50	12.60
SK-16	UD-1	4.00	12.16	SK-35	UD-1	2.50	12.82

A.4. Konsolidasyon + Şişme Analizleri

Oturma karakteristiklerinin ortaya konulması amacıyla sondaj kuyularından alınan UD örnekler üzerinde 17 adet konsolidasyon+şişme deneyi yaptırılmıştır. Şişme deneyleri sonucunda elde edilen verilere göre, şişme yüzdesi % 0.67 ile % 1.49 arasında, şişme basınçları ise 0.074 kgf/cm² ile 0.157 kgf/cm² arasında değişim göstermektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Şişme deneylerinin sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)	Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)
SK-1	UD-1	2.50	1.32	0.142	SK-19	UD-1	2.50	1.26	0.135
SK-2	UD-1	4.00	1.49	0.157	SK-21	UD-1	2.50	0.99	0.108
SK-3	UD-1	2.50	1.25	0.134	SK-22	UD-1	2.50	1.25	0.130
SK-4	UD-1	4.00	1.44	0.151	SK-24	UD-1	4.00	1.21	0.129
SK-7	UD-1	2.50	1.14	0.124	SK-27	UD-1	2.50	0.74	0.080
SK-10	UD-1	2.50	1.07	0.117	SK-28	UD-1	4.00	1.28	0.137

SK-11	UD-1	4.00	0.81	0.089	SK-29	UD-1	2.50	0.89	0.098
SK-13	UD-1	2.50	1.02	0.110	SK-30	UD-1	2.50	0.78	0.081
SK-16	UD-1	4.00	0.67	0.074					

A.5. Üç Eksenli Basınç Deneyi

Taşıma gücünün hesaplanmasında kullanılmak üzere konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerine gereksinim duyulmaktadır. Bu amaçla örnekleme kuyularından alınan 18 adet UD örnekler üzerinde üç eksenli basınç deneyi yaptırılmıştır. UD örnekler üzerinde yaptırılan üç eksenli basınç deneyleri sonucunda örneklerin kohezyonun katsayısı (c) 0.44 kgf/cm² ile 0.71 kgf/cm² arasında, içsel sürtünme açısının (ϕ) ise 4° ile 10° arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo7. Üç eksenli basınç (UU) deneylerinin sonuçları

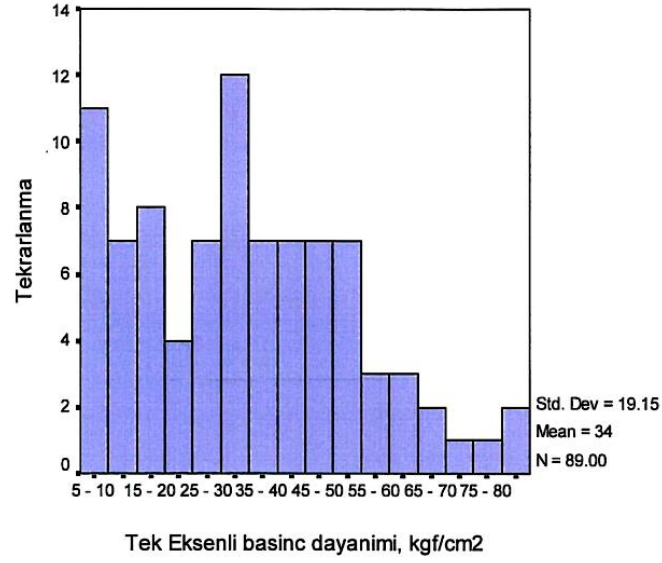
Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Kohezyon katsayısı, c (kgf/cm ²)	İçsel sürtünme açısı, ϕ (°)	Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Kohezyon katsayısı, c (kgf/cm ²)	İçsel sürtünme açısı, ϕ (°)
SK-1	UD-1	2.50	0.67	9	SK-19	UD-1	2.50	0.57	6
SK-2	UD-1	4.00	0.65	8	SK-21	UD-1	2.50	0.52	5
SK-3	UD-1	2.50	0.69	8	SK-22	UD-1	2.50	0.67	7
SK-4	UD-1	4.00	0.71	10	SK-24	UD-1	4.00	0.60	6
SK-7	UD-1	2.50	0.67	6	SK-27	UD-1	2.50	0.56	6
SK-10	UD-1	2.50	0.54	5	SK-28	UD-1	4.00	0.63	6
SK-11	UD-1	4.00	0.48	4	SK-29	UD-1	2.50	0.66	6
SK-13	UD-1	2.50	0.59	6	SK-30	UD-1	2.50	0.45	5
SK-16	UD-1	4.00	0.44	4	SK-35	UD-1	2.50	0.49	5

B. KAYA MEKANİĞİ DENEYLERİ

İnceleme alanında SK-5, SK-6, SK-7, SK-8, SK-9, SK-11, SK-12, SK-13, SK-14, SK-15, SK-17, SK-18, SK-19, SK-20, SK-21, SK-22, SK-23, SK-25, SK-26, SK-30, SK-31, SK-32, SK-33, SK-34, SK-35 numaralı sondajlarda çeşitli seviyelerden sonra Çaycuma formasyonuna ait birimler kesilmiştir. Bu birimlerden alınan karot örnekler üzerinde tek eksenli basınç deneyleri ve nokta yükleme deneyleri yaptırılmıştır [8].

B.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi

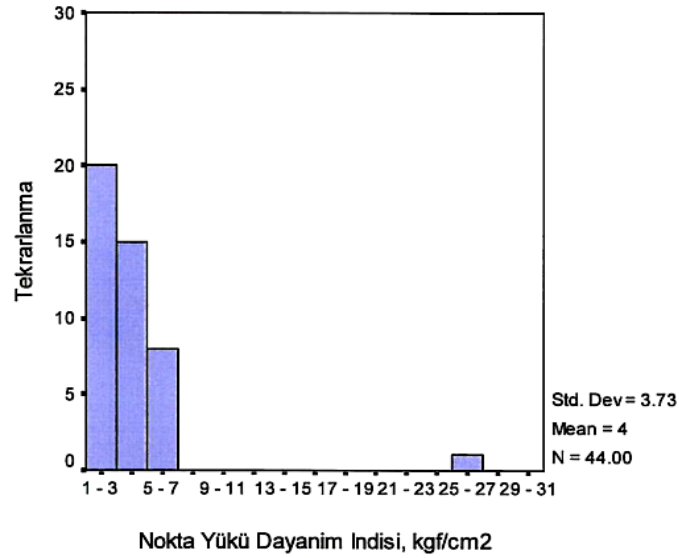
Geoteknik değerlendirmelerde kullanılmak üzere sondaj kuyularından alınan karot örnekler üzerinde 89 adet tek eksenli basınç deneyleri yaptırılmıştır. Bu deneylerin sonucunda karot örneklerin tek eksenli basınç dayanımlarının 5.3 kgf/cm² ile 81.4 kgf/cm² arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin tek eksenli basınç dayanımlarının dağılımını görmek için çizilen histogram grafiği ise Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Örneklerin tek eksenli basınç dayanımlarının dağılımını gösteren histogram grafiği

B.2. Nokta Yükleme Deneyi

En-boy oranı tutmadığından dolayı tek eksenli basınç deneyi yapılamayan karot örnekler üzerinde toplam 44 adet nokta yükleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerin sonucunda örneklerin nokta yükü dayanım indislerinin 1.1 kgf/cm² ile 26.2 kgf/cm² arasında değiştiği belirlenmiştir. Nokta yükü dayanım indislerinin dağılımını görmek için çizilen histogram grafiği Şekil 13’de verilmiştir.



Şekil 13. Örneklerin nokta yükü dayanım indislerinin dağılımını gösteren histogram grafiği

VI. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

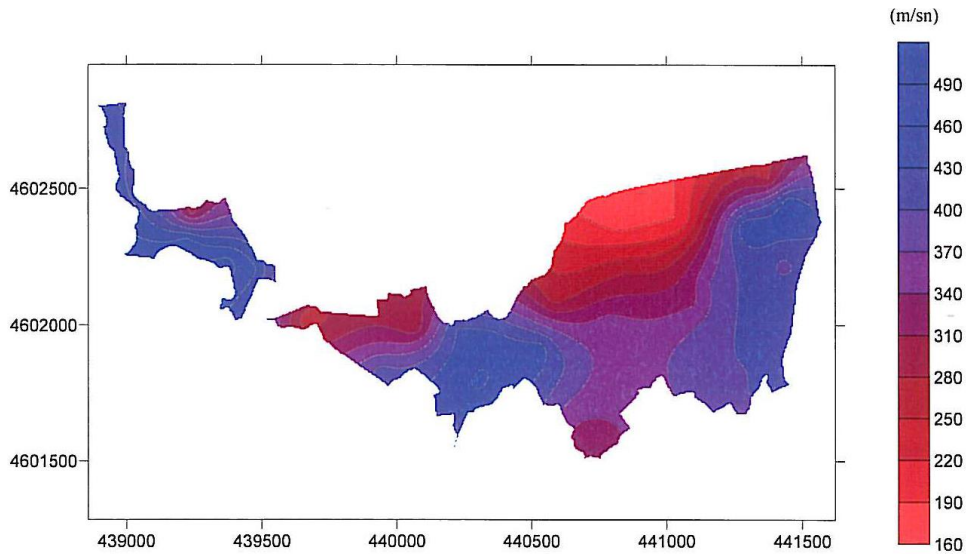
Çalışma alanında 36 adet sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Jeofizikte Yeraltının (zeminin) elastik parametrelerini, yoğunluğunu, zemin hâkim titreşim periyodunu, zemin büyütmesini, tabaka derinliğini, vb. parametreleri belirlemek için sismik kırılma yöntemi kullanılmaktadır.

A. SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMALARI

Çalışma alanında 36 ayrı profilde sismik kırılma çalışmaları yapılmıştır. Sismik kırılma çalışmalarında 12 kanallı GEOMETRİCS marka SmartSeis tipi sinyal biriktirmeli sismograf kullanılmıştır. Sismik kırılma çalışmaları, V_p ve V_s sismik dalga türlerinin ölçülmesi şeklinde yapılmıştır. Sismik ölçüm profillerinde jeofon aralığı 5.0 m ve ofset mesafesi 2.50 m olacak şekilde toplam 60 m serimler gerçekleştirilmiştir. Sismik çalışmada P ve S dalgalarını oluşturma sırasında enerji kaynağı olarak 8 kg'lık balyoz kullanılmıştır. Elde edilen P ve S dalgaları zamana bağlı, X' in fonksiyonu olarak çizilmiş ve hızlar elde edilmiştir. Çalışma alanında yapılan sismik kırılma çalışmalarında, P ve S kayıtları alınarak her biri üzerinde ilk kırılmalar belirlenip, uzaklık-zaman grafiğinde işaretlenmiştir. Bu grafiklerden P ve S hızları elde edilmiştir.

A.1. Sismik Kırılma Çalışmalarından Elde Edilen Parametrelerin İncelenmesi

Hesaplanan V_p ve V_s hızlarına göre yerin dinamik-elastik özelliklerini ortaya koymak amacıyla belirlenen her bir tabaka için yoğunluk (ρ), maksimum kayma modülü (G_{max}), young modülü (E_d), poisson oranı (ν), bulk modülü (K), sismik hız oranı (V_p/V_s) değeri hesaplanmıştır. Çalışma alanında V_s hızları ilk tabakalarda düşük fakat son tabakalarda yüksek değerler hesaplanmıştır. İlk seviyelerde V_s hızları 77 ile 150 m/sn arasında değişmektedir. Buna göre ilk seviyelerdeki alüvyon ve rezidüel zeminler yumuşak - orta katı olarak sınıflandırılabilirler. Kayma dalgası hızları özellikle Çaycuma formasyona ait birimlerin derinlikle birlikte hızla artmaktadır. Zemin büyütmesinde etkili olan yüzeyden itibaren ilk 30 metre derinliğin ağırlıklı ortalamalı kayma dalgası hızları (V_{S30}) hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre çalışma sahasında V_{S30} değerleri 167 - 498 m/sn arasında değişmekte olup ortalama değer 365 m/sn, standart sapma ise 84.4 m/sn'dir. Çalışma sahasında V_{S30} dağılımını görebilmek için çalışma sahasının V_{S30} haritası hazırlanmıştır (Şekil 14).

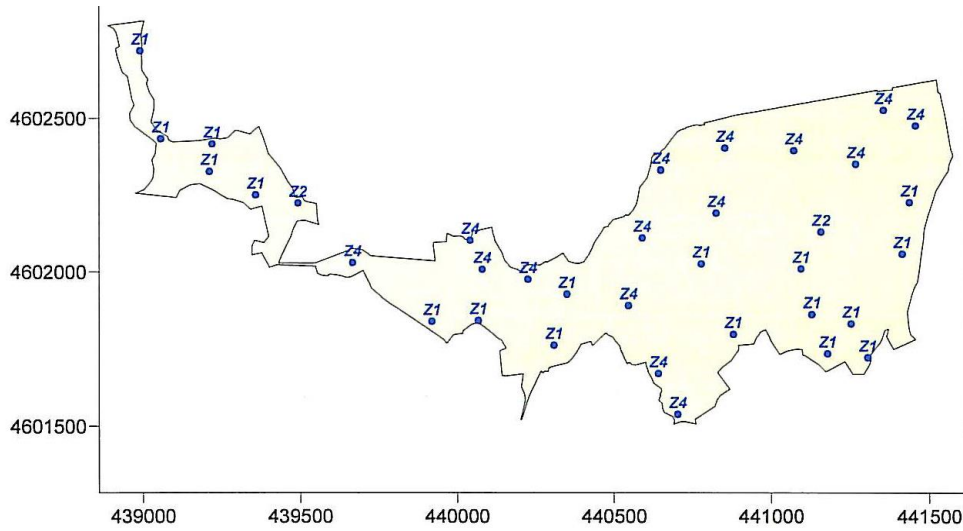


Şekil 14. Çalışma sahasının V_{s30} dağılımı haritası

Laboratuvar deneyleri ve arazi ölçümleri sonucunda alüvyon zeminlerde V_p/V_s oranını 1.28-2.11 arasında (ortalama değer 1.74), kısmen doymuş zeminlerde 1.97-2.65 arasında (ortalama değer 2.30) ve tam doymuş alüvyonlarda 2.30-3.20 arasında (ortalama değer 2.75) değiştiğini belirlemiştir. Belirli bir bölgede elde edilen bu sonuçların genelleştirilmesi mümkün olmamakla birlikte, verilen sonuçlar V_p/V_s oranının 3.00'den büyük olduğu bölgelerin suya doymuş zeminleri işaret edeceği düşünülebilir. Bu açıdan V_p/V_s kesitleri zeminlerin su içeriği hakkında bir bilgi verebilir.

Çalışma alanında V_p/V_s oranının incelenmesi sonucunda sahanın ortalama V_p/V_s oranının minimum değerinin 1.36, maksimum değerinin 8.52, ortalama değerinin ise 3.42 olduğu belirlenmiştir. V_p/V_s oranının yüksek olduğu sismik hatlar alüvyon zeminlere denk gelmektedir. Bu nedenle V_p/V_s oranına bakılarak çalışma sahasında bulunan alüvyon zeminlerin nispeten suya doymuş olduğu söylenebilir. Bu tespit sondaj gözlemleriyle de uyumaktadır.

Çalışma alanında maksimum kayma modülü (G_{max}) değerleri incelendiğinde; yüzeye yakın kısımların genel olarak “gevşek zeminler” derinlere doğru gidildikçe “sağlam ve çok sağlam zemin” sınıfına girdiği anlaşılmaktadır (Şekil 15). Zeminden kaynaklanabilecek yapısal hasarların engellenebilmesi için “depreme dayanıklı yapı tasarımı” ilkelerine uyulması gerekmektedir.



Şekil 15. Çalışma sahasının yerel zemin sınıfları haritası

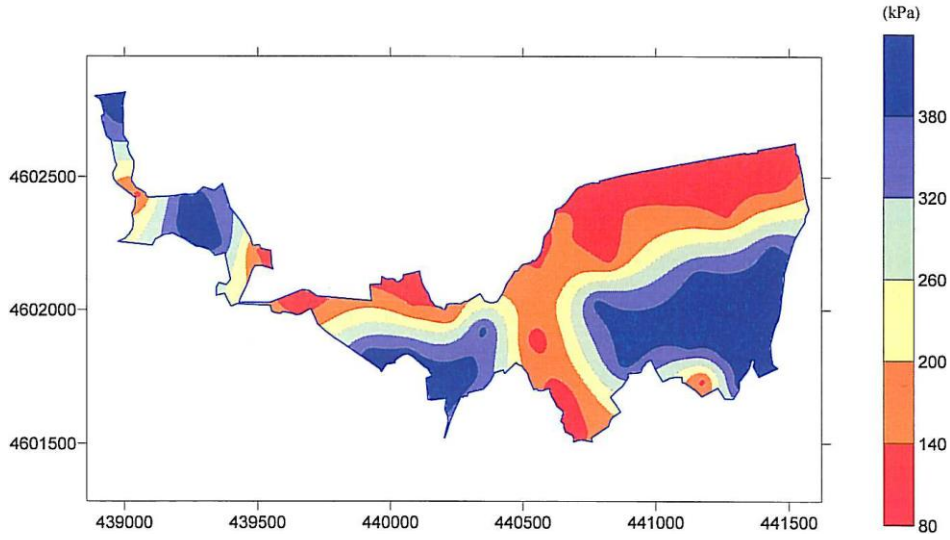
B. ŞİŞME-OTURMA VE TAŞIMA GÜCÜ ANALİZLERİ VE DEĞERLENDİRME

B.1. Taşıma Gücü Analizleri

Daha önce de belirtildiği gibi Çalışma alanında iki farklı birim ayırt edilmiştir. Bu birimler alttan üste doğru ayrılmış Alt - Orta Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu (Teç) ve Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökelleridir (Qal). Bu nedenle taşıma gücü analizleri, sondajlardan alınan örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli deney sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır.

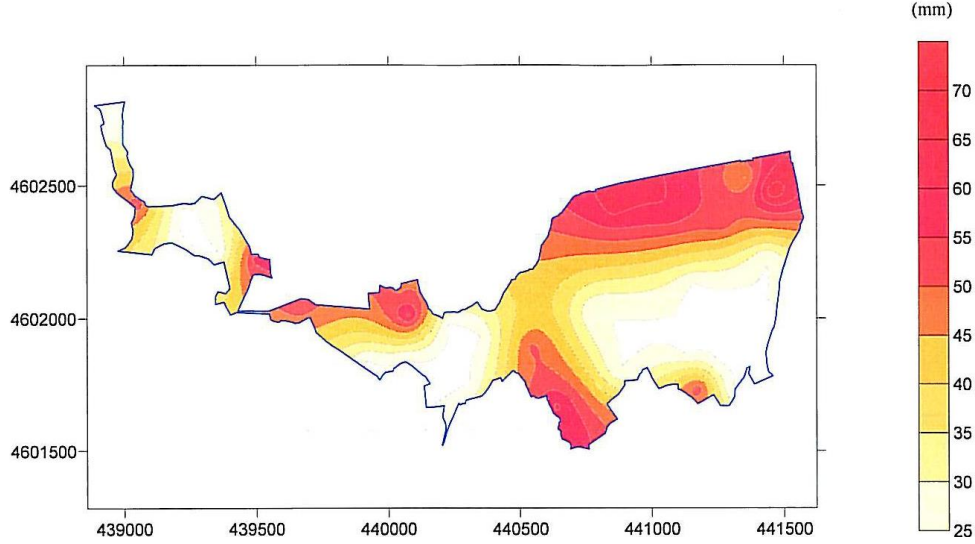
Çalışma sahasında 2 metre genişliğinde, 2 metre derinliğinde şerit temel varsayımı yapılarak zeminlerin emniyetli taşıma güçleri, güvenlik katsayısı 3 alınarak belirlenmiştir. Analizler, Vesic, Meyerhof, Hansen ve Terzaghi yöntemleri kullanılarak yapılmıştır [7, 11, 12, 13]. Her bir sondajda ölçülen yeraltı suyu seviyesi hesaplamalarda kullanılmıştır. Hesaplamalar sondaj kuyularından alınan örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli deney sonuçları kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sahasının taşıma gücü haritasının oluşturulmasında en düşük sonuçları veren Terzaghi yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma sahasında karşılaşılan zeminlerin taşıma gücü haritalarının çizilebilmesi için örselenmemiş örnek alınabilen örneklerin Terzaghi yöntemiyle belirlenen emniyetli taşıma güçleri, diğer sondajlarda ise Çaycuma formasyonuna ait zayıf dayanımlı birimlerin presiyometre deneylerinden elde edilen emniyetli taşıma gücü değerleri kullanılmıştır. Çalışma sahasının emniyetli taşıma gücü haritası Şekil 16'da sunulmuştur.



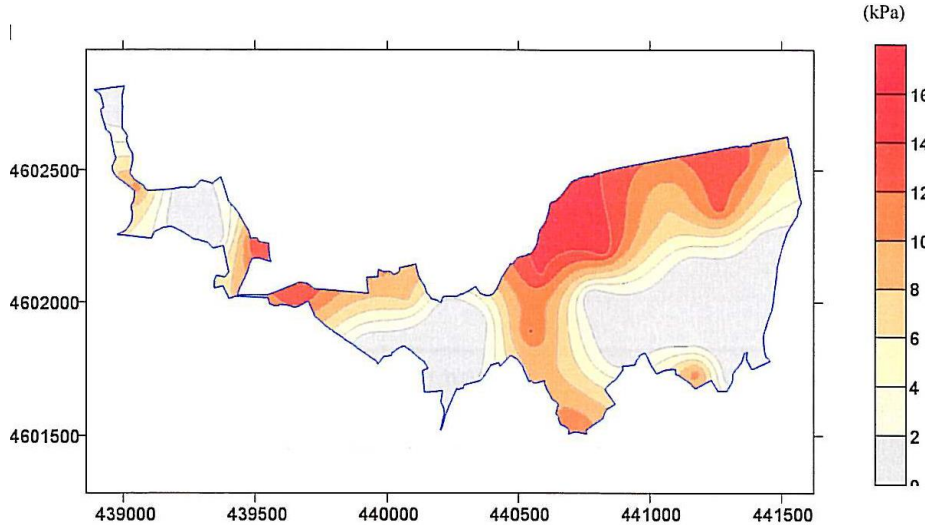
Şekil 16. Çalışma sahasının emniyetli taşıma gücü haritası

Çalışma sahasında 100 kPa yayılı yüklü 2 metre derinliğinde 2 metre genişliğinde şerit temeller için oturma haritası yapılmıştır. Haritanın hazırlanmasında Alüvyon zeminler ve Çaycuma formasyonunun tamamen ayrışmasıyla oluşan killeşmiş rezidüel zeminlerin örselenmemiş örnek alınabilen kesimleri için hesaplanan konsolidasyon oturması değerleri Çaycuma formasyonunun zayıf dayanımlı birimlerinin elastik oturma değerleri kullanılmıştır. Şekil 17'de çalışma sahasının oturma haritası görülmektedir. Şekil 17 incelendiğinde en yüksek oturmanın 68.9 mm, en düşük oturmanın ise 25 mm düzeyinde olduğu görülmektedir.



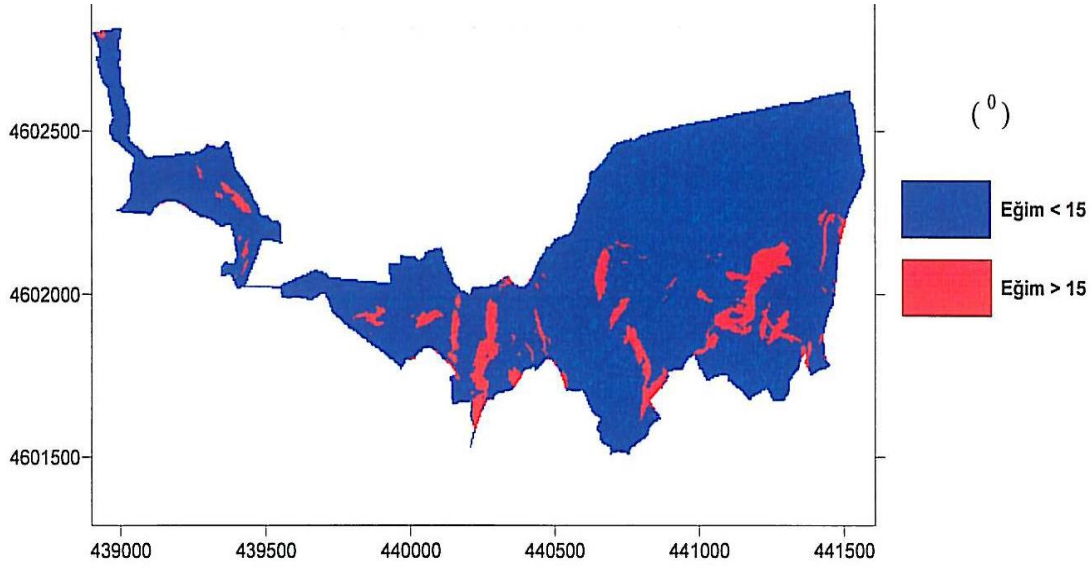
Şekil 17. Çalışma sahasının oturma haritası

Şişme basıncı değerleri ve Çaycuma formasyonuna ait zayıf ve orta dayanımlı birimlerin şişme basıncı değerleri “0” alınarak hazırlanan şişme basıncı haritası ise Şekil 18’de sunulmuştur. Şekil 18 incelendiğinde en yüksek şişme basıncı değerinin 15.7 kPa, en düşük şişme basıncı değerinin ise 0 kPa düzeyinde olduğu görülmektedir. Temelleri aktif bölge (mevsimsel olarak su içeriği değişiklik gösteren zemin kalınlığı) içerisine yapılan çok hafif yapılarda bu şişme basınçları problem yaratabilir.



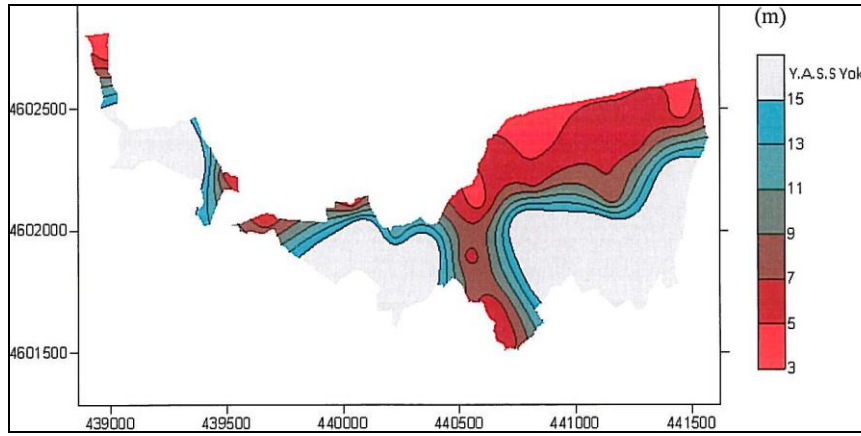
Şekil 18. Çalışma sahasının şişme basıncı haritası

Kesit 2 üzerinde en düşük güvenlik katsayısına sahip dairelerin yamacın açısının yaklaşık 16° olduğu kesiminde konumlandığı görülmektedir. Bu nedenle 15° şev açısı kritik değer olarak değerlendirilmiş ve çalışma sahasının sayısal eğim haritası üzerinde eğimi 15° ’den büyük alanlar coğrafi bilgi sistemi teknikleri kullanılarak belirlenmiş ve çalışma sahasının eğimi 15° ’den büyük ve küçük olan alanlarını gösteren harita Şekil 19’da sunulmuştur.



Şekil 19. Çalışma sahasının eğimi 15°'den büyük ve küçük olan alanların gösteren harita

Çalışma sahasında alüvyon birimlerde yeraltı suyu seviyesi gözlemlenmiştir. Çaycuma formasyonu içerisinde açılan sondajlardan SK-19 ve SK-26 numaralı sondajlarda rezidüel zemin içerisinde, SK-20 numaralı sondajda ise Çaycuma formasyonuna ait ayrılmış birim içerisinde yer altı suyu gözlemlenmiştir. Sondaj kuyularında ölçülen yer altı suyu seviyeleri kullanılarak çalışma sahasının yeraltı suyu seviyesi haritası oluşturulmuştur (Şekil 20).

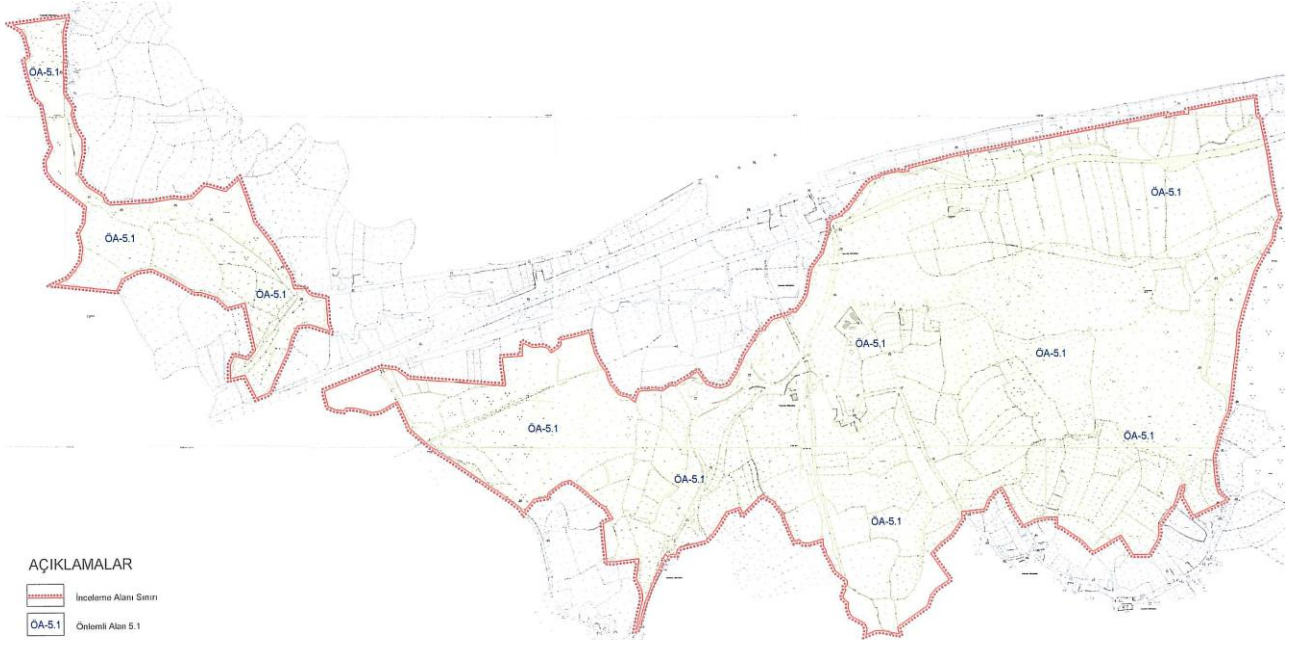


Şekil 20. Çalışma sahasının yeraltı suyu seviyesi haritası

VII. YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma alanı, morfolojik özellikleri, jeolojisi, litolojik-yapısal-tektonik özellikleri, yeraltı suyu durumu, kaya-zeminlerin mühendislik özellikleri, kaya-zeminlerin temel olma özellikleri, dinamik ve elastik özellikler ve deprem-afet durumu esas alınarak, yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmış ve Önlemleri Alan-5.1 (ÖA-5.1) olarak değerlendirilmiştir. Önlemleri Alan-5.1 (ÖA-5.1) olarak değerlendirilen Çalışma alanında, zeminin heterojen özelliği ve ayrılmış bozunmuş örtü tabakası nedeniyle, zeminde kısa mesafelerde şişme, taşıma gücü ve oturma özelliklerinde önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Özellikle ayrışma derinliğinin fazla olduğu (tamamen rezidüel zemine dönüşme) dik yamaçlarda zeminin suya doymuş hale gelmesiyle şev stabilitesi problemleri beklenmektedir. Bu nedenle, parsel bazında yapılacak etütler sonucunda gerekli olması durumunda zemin iyileştirmeleri

ve uygun temel sisteminin seçimi gibi önlemlerle olası farklı oturma, şişme, taşıma gücü, vb. jeoteknik sorunların gelişmesi engellenmelidir. Çalışma alanının 1/2000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası Şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 21. Çalışma alanının 1/2000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası

Her türlü yapılaşmalarda yeraltı sularının temeli etkilememesi için en uygun bir drenaj sistemiyle temelden uzaklaştırılması ve suyun betona olan etkisini belirlemek amacıyla fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılması gerekmektedir. Yeraltı sularının atık suların hem de yüzey sularının drenajı yapılarak temele olan etkisinin önlenmesi gerekmektedir.

VIII. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma alanı deniz seviyesinden 27 m ile 143 m yükseklikler arasında yer almaktadır. Çalışma alanının vadi tabanları düz olup, eğimler %0-15 arasında değişmektedir. Çalışma alanında bulunan tepelerin yamaçları orta-yüksek eğimli olup eğimler %15-45 arasında değişim göstermektedir.

Çalışma alanında 36 adet sismik kırılma çalışması yapılmış ve zeminin dinamik ve elastik parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma alanında zemin hâkim periyotları 0,22 sn ile 0,70 sn ve zemin büyütme katsayısı (Ak) 1.73 ile 3.1 arasında değişmektedir.

Çalışma alanındaki alüvyon zeminlerin ve Çaycuma Formasyonuna ait ayrılmış birimlerin taşıma gücü değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Alüvyon zeminlerin emniyetli taşıma güçleri 0.96 ile 1.46 kgf/cm² arasında değişmektedir. Presiyometre deney sonuçlarına göre ise Çaycuma Formasyonuna ait tamamen - oldukça ayrılmış birimlerin emniyetli taşıma güçleri 4 kg/cm² olarak belirlenmiştir. Çaycuma formasyonunun nispeten daha az ayrıştığı seviyeler için ise emniyetli taşıma gücü ise 13 kgf/cm² olarak belirlenmiştir. Çaycuma Formasyonuna ait tamamen - oldukça ayrılmış birimlerin emniyetli taşıma güçleri nispeten yüksek olmasına rağmen bu birimlerde oturan temellerin tasarlanmasında oturma probleminde dikkat edilmelidir.

Çalışma sahasında en yüksek oturma 68.9 mm, en düşük oturmanın ise 25 mm düzeyinde hesaplanmıştır. Bir yapının net temel gerilmesi sebebiyle zeminde oluşması muhtemel olan oturmalar yapının temel sistemine, zemine aktarılan net temel gerilmesine ve temellerin altındaki zemin koşullarına hassas bir biçimde bağlı olmaktadır; bu nedenle bu raporda verilen oturma hesapları tamamen ön değerlendirme amaçlıdır. Özellikle zeminlerin mekanik özelliklerinin kısa mesafelerde değişme gösterdiği bilinmektedir.

Alüvyon zeminler ve Çaycuma Formasyonunun tamamen ayrışmasıyla oluşan killeşmiş rezidüel zeminlerin örselenmemiş örnek alınabilen seviyeleri için alınan örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan şişme deneyleri ile zeminlerin şişme basınçları belirlenmiştir. Çaycuma formasyonuna ait zayıf ve orta dayanımlı birimlerin parçalanmış - kohezyonsuz yapıları nedeniyle şişme potansiyellerinin olmadığı değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en yüksek şişme basıncı değerinin 15.7 kPa, olarak belirlenmiştir. Bu nedenle temelleri aktif bölge (mevsimsel olarak su içeriği değişiklik gösteren zemin kalınlığı) içerisine yapılan çok hafif yapılarda bu şişme basınçları problem oluşturabilir.

Çalışma sahasında SK-26 numaralı sondajın bulunduğu bölgede eşyükselti eğrilerinin incelenmesi ve arazi gözlemleri sonucunda eski bir heyelan olma ihtimali olan bir alan tespit edilmiştir. Bu sahanın yakınında yapılan SK-26 numaralı sondajda yaklaşık 7 metre kalınlığında SPT değeri 9 ile 14 arasında değişen açık kahve renkli, sarımsı kiltası, siltaşı ar dalanmasının tamamen ayrışmasıyla oluşmuş orta katı rezidüel zemin belirlenmiştir. Yine bu bölgede yapılan 36 numaralı sismik kırılma hattında yüzeyden itibaren yaklaşık 2.5 metre derinliğinde kayma dalgası hızı 89 m/sn olan birim bu birim altında kayma dalgası hızı yaklaşık 361 m/sn olan yaklaşık 13 metre derinliğinde birimler tespit edilmiştir. Bu bölgede yapılaşma öncesinde uygun yöntemle (topoğrafik ölçüm, inklinometre vb.) bu sahada deformasyon ölçümü yapılması, yapılan ölçümler sonucunda hareket tespit edildiği takdirde ise projesi yapılarak hareket önleyici iksa sistemleri ve/veya zemin iyileştirme teknikleri yapılması tavsiye edilir.

Çalışma alanı, morfolojik özellikleri, jeolojisi, litolojik-yapısal-tektonik özellikleri, yeraltı suyu durumu, kaya-zeminlerin mühendislik özellikleri, kaya-zeminlerin temel olma özellikleri, dinamik ve elastik özellikler ve deprem-afet durumu esas alınarak, yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılmış ve Önlemler Alan-5.1 (ÖA-5.1) olarak değerlendirilmiştir. Önlemler Alan-5.1 (ÖA-5.1) olarak değerlendirilen Çalışma alanında, zeminin heterojen özelliği ve ayrışmış bozunmuş örtü tabakası nedeniyle, zeminde kısa mesafelerde şişme, taşıma gücü ve oturma özelliklerinde önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Özellikle ayrışma derinliğinin fazla olduğu (tamamen rezidüel zemine dönüşme) dik yamaçlarda zeminin suya doygun hale gelmesiyle şev stabilitesi problemleri beklenmektedir. Bu nedenle, parsel bazında yapılacak etütler sonucunda gerekli olması durumunda zemin iyileştirmeleri ve uygun temel sisteminin seçimi gibi önlemlerle olası farklı oturma, şişme, taşıma gücü, vb. jeoteknik sorunların gelişmesi engellenmelidir. Ayrıca, yoğun yağışlı dönemlerde sel vb. gelişme olasılığı da dikkate alınmalı ve uygun drenaj önlemleri alınmalıdır.

Çalışma sahasında alüvyon zeminler ile Çaycuma formasyonuna ait birimlerin ayrışmış - parçalanmış kısımlarında ve kırık-çatlaklarında yer altı suyu bulunmaktadır. Bu nedenle alüvyon zeminler ile Çaycuma formasyonuna ait parçalı birimlerin yüzeylendiği kesimlerde çok sayıda keson kuyu bulunmaktadır. Çaycuma formasyonu içerisinde açılan sondajlardan SK-19 ve SK-26 numaralı sondajlarda rezidüel zemin içerisinde, SK-20 numaralı sondajda ise Çaycuma formasyonuna ait ayrışmış birim içerisinde 4.00-12 m arasında değişen derinliklerde yer altı suyu gözlemlenmiştir. Sondaj kuyularında ölçülen yer altı suyu seviyeleri kullanılarak çalışma sahasının yeraltı suyu seviyesi

haritası oluşturulmuştur. Yeraltı sularının, atık suların hem de yüzey sularının drenajı yapılarak temele olan etkisinin önlenmesi gerekmektedir.

Çalışma alanında alınan örneklerin % 76'sı CH (yüksek plastisiteli kil) % 20'si CL (düşük plastisiteli kil), % 3'ü MH (yüksek plastisiteli silt) ve sadece % 1'i killi kum (SC) (Çalışma alanında tek bir örnek SC olarak türü zeminlerden oluşmaktadır. Fiziksel olarak sadece SK 3, SPT 9; 13.5 metre derinlikteki SC örnek sıvılaşabilir niteliktedir [14] (LL = 28.4). Bu birimin üzerinde yaklaşık 10 metre derinliğinde sıvılaşmayan killi birimler olduğundan ve SC birimin yanıl ve düşey devamlılığı olmadığından çalışma sahasında sıvılaşma riski olmadığı değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR: Yazarlar 1/1000 ölçekli jeoloji haritalarının hazırlanması aşamasında emekleri geçen Bartın Üniversitesi İnşaat Teknik Daire Başkanlığına bu çalışmalara verdikleri katkılardan dolayı teşekkür etmeyi bir borç bilirler.

IX. KAYNAKLAR

- [1] TS 1901, *İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri*, (1975).
- [2] TS 1900-1, *İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini*, (2006).
- [3] TS 1900-2, *İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 2: Mekanik*, (2006).
- [4] TS-1500, *İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması*, (2000).
- [5] ASTM D 1586, *Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, (1999).
- [6] D.M. Burmister, *Identification and classification of soil An appraisal and statement of principles*, ASTM STP 113, Amer. Soc. for Test and Mat., Philadelphia, (1951).
- [7] K. Terzaghi, R.B. Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, (1967).
- [8] H. Başarır, M. Kumral, A. Özsan, *Kayaçların tek eksenli basınç dayanımının basit deney yöntemleriyle tahmini*, **VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu**, Sivas-Türkiye, (2004).
- [9] D.U. Deere, R.P. Miller, *Engineering classification and index properties for intact rocks*, Tech. Report, Air Force Weapons Lab., New Mexico, AFNL-TR, Kirtland, (1966) 65-116.
- [10] International Society for Rock Mechanics (ISRM) *Int. J. Rock Mech. Sci. and Geomech. Abstr.*, **15** (1978) 319-368.
- [11] A.S. Vesic, *American Society of Civil Engineers* **99(1)** (1973) 45-73.
- [12] G.G. Meyerhof, *The Bearing Capacity of Foundations Under Eccentric and Inclined Loads*, *Proceedings, Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Zürich, (1953) 440 - 445.
- [13] J.B. Hansen, *A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity*, Danish Geotechnical Institute, Bulletin 28, Copenhagen, (1970).
- [14] T.L. Youd, I.M. Idriss, R.D. Andrus, I. Arango, G. Castro, J.T. Christian, R. Dobry, W.D.L. Finn, L.F. Harder, M.E. Hynes, K. Ishihara, J.P. Koester, S.S.C. Liao, W.F. Marcuson III., G.R. Martin, J.K. Mitchell, Y. Moriwaki, M.S. Power, P.K. Robertson, R.B. Seed and II.K.H. Stokoe, *J. of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, **127** (2001) 817-833.