

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ULUYAZI (ÇANKIRI) KAMPÜSÜNDE ZEMİN KAYNAKLI YOL
BOZULMALARINDA UYGULANAN YENİ METOTLAR VE KULLANILAN
MALZEMELER**

Muharrem TIRIN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2023**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Muharrem TIRIN tarafından hazırlanan “**Uluyazı (Çankırı) Kampüsünde Zemin Kaynaklı Yol Bozulmalarında Uygulanan Yeni Metotlar ve Kullanılan Malzemeler**” adlı tez çalışması 16/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Nihat Sinan IŞIK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Gazi Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **“Uluyazı (Çankırı) Kampüsünde Zemin Kaynaklı Yol Bozulmalarında Uygulanan Yeni Metotlar ve Kullanılan Malzemeler”** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (16/08/2023).

Muharrem TIRIN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULUYAZI (ÇANKIRI) KAMPÜSÜNDE ZEMİN KAYNAKLI YOL BOZULMALARINDA UYGULANAN YENİ METOTLAR VE KULLANILAN MALZEMELER

Muharrem TIRIN

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU

Türkiye, nüfus artışı ve teknoloji gelişim hızında gelişen ülkeler arasında kendisini ön sıralara taşımaktadır. Bu hızlı gelişim her sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de kendisini göstermektedir. Yeni yerleşim alanlarının kurulması ile yeni yolların da ihtiyacı önem arz etmektedir. Nüfus artışıyla beraber yollardaki araç yükü de artmakta ve eski yol yapım yöntemleri artık bu yükü kaldırmakta zorlanmaktadır. Dolayısıyla geri dönüşü olmayan problemlere sebep olmaktadır. Yol yapılarında karşılaşılan bozulmalar; uygulama hataları, bölgesel hava şartlarının iyi değerlendirilememesi, seçilen yöntemlerin uygunsuzluğu gibi durumlar olabileceği gibi zeminden kaynaklanan bozulmalar da karşılaşılan problemlerin başında gelmektedir. Zemin problemlerinden kaynaklı bozulmalar ise şekil değiştirmeler ve çatlaklar şeklinde gözlemlenmektedir. Teknolojinin gelişimi ile birlikte mühendislik alanındaki uygulamalarda hızlı bir ilerleme kaydedilmiş ve çeşitli yenilikler ortaya çıkmıştır. Uluyazı kampüsünde yapılan yeni yol güzergahında zeminin litolojik özellikleri ve bunların sebep olduğu bozulmalar ile heyelan bölgesinde görülen deformasyonlar incelenmiştir. Bu güzergahta yapılabilecek iyileştirmeler için arazinin litolojisine uygun bir takım yeni metot ve malzemelerin pozitif yöndeki katkıları irdelenmiştir.

2023, 74 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Zeminlerin litolojik özellikleri, Heyelan önleme, Geosentetikler, Yeni yol yapım yöntemi

ABSTRACT

Master of Science Thesis

NEW METHODS AND MATERIALS USED IN SOIL-RELATED ROAD DETERIORATION IN ULUYAZI (ÇANKIRI) CAMPUS

Muharrem TIRIN

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU

Turkey carries itself to the forefront among the countries that develop at the rate of population growth and technology development. This rapid development shows itself in the construction sector as well as in every sector. With the establishment of new residential areas, the need for new roads is also important. With the increase in population, the vehicle load on the roads is also increasing and the old road construction methods are now having difficulty in removing this load. Therefore, it causes irreversible problems. Deteriorations encountered in road structures; there may be application errors, poor evaluation of regional weather conditions, inconvenience of the selected methods, as well as the deterioration of the soil is one of the problems encountered. Deformations caused by lithological problems of soils are observed in the form of deformations and cracks. With the development of technology, rapid progress has been made in engineering applications and various innovations have emerged. The lithological properties of the soil, the deteriorations caused by them, and the deformations in the landslide area were examined on the new road route built on the Uluyazı campus. A number of new methods and materials suitable for the lithology of the land have been used for the improvements that can be made on this route.

2023, 74 pages

Keywords: Lithological properties of soils, Landslide prevention, Geosynthetics, New road construction method

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Uluyazı (Çankırı) Kampüsünde Zemin Kaynaklı Yol Bozulmalarında Uygulanan Yeni Metotlar ve Kullanılan Malzemeler” adlı bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur. Çalışmamı hazırlarken projesinden yararlandığım Çankırı Karatekin Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı’na sağladığı imkânlardan ve proje kapsamında çalışan meslektaşlarıma desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle katkılarını sunan, zamanını ve emeğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU’na bu süreçteki desteği için teşekkür ederim.

Tez sürecimde her daim pozitif düşünceleriyle beni bu yolda yalnız bırakmayarak tezimin son aşamasına kadar desteğini hissettiğim sevgili eşim Seçil TIRIN’a ve bu süreçte beni anlayışla karşılayan çocuklarım Abdullah Yusuf ve Ömer Agah’a sevgilerimi iletiyorum.

Muharrem TIRIN

Çankırı, Ağustos 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	2
1.2 Çalışmanın Alanı.....	2
2. ÖNCEL ÇALIŞMALAR.....	4
2.1 Bölgesel Jeoloji.....	4
2.2 Geosentetikler.....	5
3. BÖLGE JEOLJİSİ.....	8
4. MATERYAL VE METOT.....	13
4.1 Saha Çalışmaları.....	13
4.1.1 Yüzey hareketlerinin belirlenmesi.....	14
4.1.2 Sondaj kuyuları.....	17
4.2 Kullanılan Malzemeler.....	22
4.2.1 Geosentetik ürünler.....	22
4.3 Alınan Önlemler ve Uygulamalar.....	34
4.3.1 Yeraltı su seviyesinin kontrol altına alınması.....	34
4.3.2 Bölgede yeni drenaj hatlarının oluşturulması.....	35
4.3.3 Yol altyapısının güçlendirilmesi.....	37
4.3.4 Yol inşaatı ve katmanları.....	42
4.3.5 Heyelan riski olan yamaçlarda iyileştirme çalışmalarının yapılması.....	45
5. BULGULAR.....	51
5.1 Arazi Araştırmaları ve Deneyler.....	51
5.1.1 Sondaj kuyuları.....	51

5.1.2 Yeraltı suları.....	52
5.1.3 Laboratuvar deneyleri ve analizleri.....	52
5.2 Saha ve Deney Verilerinin Analizi.....	61
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	67
KAYNAKLAR	69
EKLER.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	74



SİMGELER DİZİNİ

γ_n	Doğal Birim Ağırlık
Φ	İçsel Sürtünme Açısı
C	Kohezyon
Dmax	Maksimum Agregat Tane Boyutu
qu	Serbest Basınç Direnci
Wn	Su Muhtevası
Gs	Tane Özgül Ağırlık
ΔX	X Yönünde Değişim
ΔY	Y Yönünde Değişim
ΔZ	Z Yönünde Değişim



KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
BSK	Bitümlü sıcak karışım
GPS	Küresel konumlama sistemi
İHA	İnsansız hava aracı
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
KN	Kilonewton
kPa	Kilopaskal
LL	Likit limit
P.NO	Poz numarası
PI	Plastisite indisi
PL	Plastik limit
SK	Sondaj kuyusu
SPT	Standart penetrasyon deneyi
UD	Undisturbed (örselenmemiş)
URL	Tekdüzen kaynak bulucu
YAS	Yeraltı suyu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Çalışma alanı yerleşim bilgileri.....	3
Şekil 1.2	Çankırı Karatekin Üniversitesi, Uluyazı kampüsü yerleşim alanından daha yakın bir görüntü.....	3
Şekil 3.1	Çalışma alanının genel jeolojisi (Ateş vd. 2008'den değiştirilmiştir).....	9
Şekil 3.2	İncik Formasyonuna ait çakıltaş (çt)-kumtaşı (kt) ardalanması.....	10
Şekil 3.3	Alt seviyelerinde kayatuzu (kt) oluşumları içeren Bayındır formasyonu (Bf) ve üzerinde uyumsuz olarak bulunan Kızılırmak formasyonu (Kf).....	10
Şekil 3.4	Kızılırmak formasyonu (Kf) üzerinde bulunan Bozkır Formasyonu (Bzf)	11
Şekil 3.5	Değim Formasyonunun çamurtaşı-kumtaşı ardalanması	11
Şekil 3.6	Yaşlıdan gence doğru Bayındır formasyonu (Bf), Kızılırmak formasyonu (Kf), Bozkır formasyonu (Bzf) ve üzerinde tarım yapılan Acı Çayın alüvyonları	12
Şekil 4.1	Proje yapılacak alandan bir görüntü.....	13
Şekil 4.2	Uluyazı Kampüsü çalışma alanındaki yarmalarda jips-çamurtaşı (çmt) ardalanması.....	14
Şekil 4.3	Heyelan sahasının ve heyelan sahasında kalan yol güzergahındaki deformasyon ve gerilme çatlaklarının durumu (İHA Görüntüsü).....	15
Şekil 4.4	Topoğrafya ve röper noktaları (Çankırı Karatekin Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Arşivinden)	15
Şekil 4.5	Heyelan bölgesinde yapılan bir sondaj çalışması.....	18
Şekil 4.6	Heyelan topuğundaki yüzeysel akmlar.....	18
Şekil 4.7	Sondaj kuyuları	19
Şekil 4.8	Sondaj kuyularının yerleri.....	20
Şekil 4.9	Farklı sondaj çalışmalarından genel görünümeler	21
Şekil 4.10	Sondaj çalışmalarından elde edilen numuneler	21
Şekil 4.11	Her metreden alınan numuneler	22
Şekil 4.12	4 numaralı kuyunun 14. metresindeki numune	22
Şekil 4.13	Yapay göletlerde su tutmak amaçlı (Url-1).....	24
Şekil 4.14	Tünellerin içinde geçirimsizliği sağlamak (Url-2)	24
Şekil 4.15	Katı atık sahalarında kaplama malzemesi amaçlı (Url-3)	24
Şekil 4.16	Uluyazı Kampüsü yol yapımında kullanılan geomebran	25
Şekil 4.17	Geohücreden bir hücre detayı	26
Şekil 4.18	Uluyazı Kampüsü heyelan bölgesine ait geohücre uygulamasına ait görüntü	26
Şekil 4.19	Dokunmuş geotekstil.....	27
Şekil 4.20	Örgüsüz geotekstil.....	28
Şekil 4.21	Her iki yüzeyi geosentetikle kaplı geonete ait bir görsel	28

Şekil 4.22	Çeşitli geogrid örnekleri (Gezgin 2017).....	29
Şekil 4.23	Çeşitli geokompozit örnekleri (Kocaer 2011).....	30
Şekil 4.24	Geosentetiklerin fonksiyonları (Aksoy 1993).....	30
Şekil 4.25	Ayırma işlevi (Gezgin 2017).....	31
Şekil 4.26	Filtrasyon ve geçirgenlik fonksiyonları (Gezgin 2017)	33
Şekil 4.27	Yalıtım fonksiyonu (Gezgin 2017)	33
Şekil 4.28	Yeraltı suyunun tespiti ve tahliyesi ile ilgili çalışmalar	35
Şekil 4.29	Eski yağmur suyu drenaj hattı.....	36
Şekil 4.30	Uluyazı Kampüsünde yüzey drenaj sistemi	37
Şekil 4.31	Uluyazı Kampüsündeki yeni yol inşaatına ait en kesiti	38
Şekil 4.32	Jipsli zeminin kazılarak yerine sıkıştırılmış dolgunun serilmesi	38
Şekil 4.33	Geomembranın zemine serilmesi	40
Şekil 4.34	Geomembranların birleşimi: a) Kelepçeli birleşim, b) Kaynaklı birleşim.....	40
Şekil 4.35	Kapalı olan geohücrenin akordeon şeklinde açılarak geomembranın üzerine serilmesi.....	41
Şekil 4.36	Akordeon şeklinde açılan geohücrenin birleştirilmesi	41
Şekil 4.37	Uluyazı Kampüsünde kullanılan filtrasyon agregası	42
Şekil 4.38	Serilen geocell hücrelerinin filtrasyon agregası ile doldurularak sıkıştırılması	42
Şekil 4.39	Asfalt plenti iş akış şeması	43
Şekil 4.40	Uluyazı Kampüsünde yol inşaatının temel katmanları	44
Şekil 4.41	Karayollarında kullanılan asfalt tabakaları	45
Şekil 4.42	Heyelan bölgesi eğim azaltma çalışmaları	46
Şekil 4.43	Şev dolgusu iyileştirme çalışmaları.....	47
Şekil 4.44	Hücresel dolgunun serilmesi	48
Şekil 4.45	Hücresel dolgu üzerine bitkisel toprağın serilmesi	48
Şekil 4.46	Bitkilendirme çalışması.....	49
Şekil 4.47	İyileştirilen heyelan alanı. a) heyelan alanının Google earth'deki görünümü, b) heyelan alanına uygulanan iyileştirme metotlarını gösterir kesit	50
Şekil 5.1	Tahliye bacalarının etkilediği vadiden görünüm.....	62
Şekil 5.2	Mevcut durumu gösterir analiz modeli ekran görüntüsü	64
Şekil 5.3	Mevcut durumu gösterir analiz modeli ekran görüntüsü (statik durum).....	64
Şekil 5.4	Mevcut durumu gösterir analiz modeli ekran görüntüsü (deprem durumu)	65
Şekil 5.5	Zemin güvenlik sayısı formülü (EN 1997-1, 2004; British Standard, BS8006-1, 1995)	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	Röper noktalarına ait GPS okumaları (Çankırı Karatekin Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Arşivinden).....	16
Çizelge 4.2	Röper noktalarının deplasman miktarları (Çankırı Karatekin Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Arşivinden).....	17
Çizelge 4.3	Sondaj kuyu verileri.....	19
Çizelge 5.1	Sondaj derinlikleri ve koordinatları.....	51
Çizelge 5.2	Yer altı suyu ölçüm bilgileri (gözlem kuyuları).....	52
Çizelge 5.3	SK-1'den SK-7'ye zemin indeksi deney verileri.....	54
Çizelge 5.4	SK-8'den SK-13'e zemin indeksi deney verileri.....	55
Çizelge 5.5	SK-1'den SK-7'ye zemin sınıflandırma verileri.....	56
Çizelge 5.6	SK-8'den SK-13'e zemin sınıflandırma verileri.....	57
Çizelge 5.7	SK-1'den SK-7'ye zemin Atterberg limitleri.....	58
Çizelge 5.8	SK-8'den SK-13'e zemin Atterberg limitleri.....	59
Çizelge 5.9	Zemine ait mekanik özellikler.....	60
Çizelge 5.10	SK-1'den SK-6'ya kaya zemine ait mekanik özellikler.....	60
Çizelge 5.11	SK-7'den SK-13'e kaya zemine ait mekanik özellikler.....	61
Çizelge 5.12	Deprem yer hareketi düzeyleri (TBDY 2018).....	62
Çizelge 5.13	Deprem yer hareketi düzeylerine ait veriler.....	63
Çizelge 5.14	Analizlerde kullanılan zemin ve kaya parametreleri özet tablosu.....	64

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişimi ile birlikte mühendislik alanındaki uygulamalarda hızlı bir ilerleme kaydedilmiş ve çeşitli yenilikler ortaya çıkmıştır. Teknolojik yenilikler sayesinde bir işin imalat, yapım ve proje aşamalarında kullanılan malzemeler de hızlı bir şekilde gelişmiştir. Sektörler, bu malzemeler sayesinde üretim kalitesini arttırmış, uygulama kolaylığı kazanmış, iş bitirme sürelerini kısaltmış, daha kolay erişim olanaklarına ulaşmış ve maliyetlerde avantajlar sağlamışlardır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte Dünya’da uzun yıllardır kullanılan ve Türkiye’de son 25-30 yıldır kullanılmaya başlayan geotekstiller, bu gelişimden pay alarak hızlı bir yükselişle inşaat sektörünün birçok alanında yerini almıştır. Kullanım alanları artan geotekstillerin mukavemet parametreleri, teknoloji ile artarak birçok alanda olduğu gibi yol inşaatlarında kullanımı hızla artmaya başlamıştır.

İnsanlar yüzyıllar boyunca kendilerini, teknolojilerini, kullandığı araç-gereçlerini ve yapılarını geliştirip değiştirmişlerdir. Fakat değişmeyen bir gerçek var ki, içinde yaşadığımız, gezdiğimiz ve yapılar inşa ettiğimiz, yeryüzüdür. Yeryüzü kendisini ciddiye almamızı bize yüzyıllar boyunca depremlerle, heyelanlarla, sellerle vb. olaylarla öğretmiştir. Bu öğrenimde bizlere ilişikte olduğumuz arazileri incelemeye yöneltmiştir.

Doğada birçok arazi çeşidi mevcuttur. Çabuk aşınabilen, su ile temasında kolaylıkla eriyebilen dirençsiz arazilere karstik arazi denir. İç Anadolu’da görülen kireçtaşı, jips ve kayatuzu, Çankırı’nın litolojik yapısında etkilidir. Bu kayaçlardaki deformasyonlara sebep olan en büyük etken, bu kayaçlarda yeraltı ve yerüstü sularının teması ile erimenin meydana gelmesidir. Jipsin çözünmesinde, jipsin tabaka kalınlığı, tabakalı olduğu diğer birimlerin litolojisi (örn. kumtaşı, çamurtaşı gibi), bu mineralin kimyasal içeriği ve jeolojik yapı (kıvrım, faylar gibi) gibi faktörler etkilidir. Bu tür zemin özellikleri, betonarme binalarda ve yol güzergâhlarında yapısal bozulmalara sebep olmaktadır.

Uluyazı (Çankırı) Kampüsü inşaatı sırasında yapılmış olan çevre yolunda, meydana gelmiş bozulmaların (çökme, kayma ve yol üstyapısındaki yarıklar) ana sebepleri

- Kampüsün karstik bir arazi ve gevşek zemin üzerinde olması,
- Yeraltı su kaynakları ve yağmur sularının bir yatak oluşturarak aşırı su alan bir bölge oluşturması,
- Yol güzergâhındaki şevin bu şartlarda stabilitesini koruyamaması olarak gözlemlenmiştir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı Çankırı ili-Merkez ilçesi-Uluyazı tepesinde konumlanan Çankırı Karatekin Üniversitesi merkez kampüsünde meydana gelen yol bozulmaları için alınacak önlemlerin tartışılarak, alternatif yeni yol güzergâhının yapımında arazi şartları göz önünde tutularak uygulanan metotları ve kullanılan malzemeleri incelemektir.

1.2 Çalışmanın Alanı

Tez kapsamında çalışılan alan Çankırı ili merkez ilçesi sınırları içerisinde (Şekil 1.1, 1.2). Çankırı ili, İç Anadolu Bölgesi'nin en kuzey kısmında ve Karadeniz Bölgesinin sınırında yer alıp 40°30' ve 41° kuzey enlemleri ile 32°30' ve 34° doğu boylamları arasında coğrafi bölge olarak konumlanmaktadır. Çankırı'nın 6 adet sınır komşu ili bulunmakta olup bunlar, güneyde Ankara ve Kırıkkale, doğuda Çorum, batıda Bolu, kuzeyde Kastamonu ve kuzeybatıda Karabük'tür. Çankırı il merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 720 metre olup Uluyazı tepesinin deniz seviyesinden yüksekliği 900 metredir.



Şekil 1.1 Çalışma alanı yerleşim bilgileri



Şekil 1.2 Çankırı Karatekin Üniversitesi, Uluyazı kampüsü yerleşim alanından daha yakın bir görüntü

2. ÖNCEL ÇALIŞMALAR

“Uluyazı (Çankırı) Kampüsünde Zemin Kaynaklı Yol Bozulmalarında Uygulanan Yeni Metotlar ve Kullanılan Malzemeler” adlı bu tez çalışmasında ulusal ve uluslararası literatürler taranarak incelenmiştir. İncelenen öncel çalışmalar jeoloji ve geosentetikler olarak iki başlıkta aşağıda kısaca sunulmuştur:

2.1 Bölgesel Jeoloji

Akyürek vd. (1982), Ankara-Çankırı dolayındaki Mesozoyik yaşlı kaya birimlerini haritalamışlardır. Bölgedeki Tersiyer yaşlı sedimanter-volkanik kaya birimlerinin özelliklerini incelemişler ve bölgenin jeodinamik süreçlerini açıklamışlardır.

Hakyemez vd. (1986), Yapraklı-İlgaz-Çandır (Çankırı) dolayının jeolojisini incelemişlerdir. Bölgenin jeokronolojik süreçlerle tektonostratigrafisini ortaya koymuşlar.

Doğan (2002), çalışmasında, doğada kireçtaşı karstının görüldüğü bölgeler kadar olmasa da, jips karstlarının doğadaki bulunma oranlarının hayatımızda etkisini hissettirecek kadar çok olduğuna dikkati çekmiştir. Jipsin su ile temas ettiğinde çok hızlı bir şekilde eriyen bir kayaç türü olduğunu ve bu nedenle kireçtaşlarına göre yapılara verdiği hasarların daha hızlı meydana geldiğini belirtmiştir. Çalışmasında jips karstlarının çözünmesiyle meydana gelen sübsidans dolinlerinin meydana gelme süreçlerine ve etkilerine değinerek hayatın akış sürecindeki karşımıza çıkardığı güvenlik tehditlerini ortaya koymuştur.

Ateş vd. (2008), Çankırı ilinin kentleşme ile ilgili coğrafik-topoğrafik özellikleri, sit alanları, kentsel atık alanları, depremselliği gibi özelliklerini incelerken ilin jeolojik birimlerini de haritalamışlardır.

Sarıfakıoğlu vd. (2011), Ankara-Çankırı-Çorum üçgenindeki sahanın jeolojik-tektonik özelliklerini ortaya koyarak bölgenin jeodinamik süreçlerini açıklamışlardır.

Ataol ve Şimşek (2022), Çankırı ve yakın çevresinde yapmış oldukları çalışmada jips karstına ait şekillerin görüldüğünü belirtmişlerdir. Bölgede önceden gerçekleşmiş olan, çözünmeden kaynaklı sübsidans dolinleri ile çökme dolinlerini tespit etmişlerdir. Çankırı ili çevresinde birbirine yakın bölgelerde çökme, sübsidans ve çözünme dolinlerini gözlemleyip, Sivas jips karst alanından sonra jips karstlarının en yoğun alanlar olduğunu belirtmişlerdir.

2.2 Geosentetikler

Adams ve Collin (1997), büyük ölçekli modellerde temel yük testleri kullanarak geosentetiklerin potansiyel faydalarını araştırmışlardır. Geocell ve geogridden oluşan iki farklı geosentetik malzemenin sığ temellerin altındaki performanslarını görmek için toplam 34 yük testi yapmışlardır. Yapılan testler neticesinde geosentetiklerin sığ temellerin nihai taşıma kapasitesini 2,5 kat artırabileceğini göstermektedir.

Ling ve Liu (2001), çalışmalarında, tekdüze, döngüsel ve hareketli yükler karşısında geosentetik ile güçlendirilmiş asfalt kaplamanın performansını incelemişlerdir. Geosentetiklerin ayırıcı veya güçlendirici olarak zeminin taşıma kapasitesini artırmak amaçlı yapılan uygulamalardan farklı olarak asfalt ve zeminin birleşim hattı boyunca, asfalt tabakasının altına çekme yönünde çalışması için geogrid yerleştirmişlerdir. Geogridin zamana bağlı ve farklı yükler karşısında gelişen gerinimlerini izlemişlerdir. İki tip geogrid kullanılmış ve etkilerini karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışma geosentetik donatının, asfalt beton kaplamanın yükler altında stabilitesinin bozulmadığını ve taşıma kapasitesini arttığını göstermiştir. Hareketli yükler karşısında geosentetik ile desteklenen asfalt beton tabakasının ömrünün uzadığını belirtmişlerdir.

Erbil (2009), Son yılların dikkat çeken malzemesi olarak geosentetikler, geoteknik mühendisliğindeki sahadaki problemlerin çözümleri ve tatbikinde teknik olarak faydalı

ve maliyet olarak iktisadi katkı sağladıklarından ülkemiz özelinde ve dünya çapında tercih edilerek kullanıldığını söylemektedir. Çalışmanın başlarında geosentetik malzemeleri genel çerçevede tanıtır, kullanım alanları ve işlevselliği hakkında bilgilendirme yapmıştır. Daha sonra geosentetik malzemelerin ülkemizdeki uygulamalarda kullanımı hakkında bahsetmiştir. Son olarak geosentetik ürünlerin Türkiye'deki üretimi ve geosentetiklerin uygulamalardaki avantaj ve dezavantajlarına değinmiştir.

Kocaer (2011), çalışmasında, geosentetiklerin mühendislik uygulamalarında hızlı ve faydalı bir çözüm sundukları için dünya genelinde alternatif bir yol olarak hızla kullanılmaya başlandığına değinmiştir. Tezinin ilk bölümünde geosentetiklerin teknik özelliklerinden bahsederek giriş yapmıştır. Daha sonra geosentetiklerin kullanım amaçlarına göre üretim şekillerini ve kullanılan hammadde özelliklerini anlatmıştır. Geosentetiklerin yol inşaatlarında kullanılırken dikkat edilmesi gereken ilkelere değinmiş ve farklı geosentetiklerle çözümler uygulanmış yol inşaatı uygulamalarını anlatmıştır.

Ovalı (2016), geçilen otuz yıllık süre zarfında esnek üst yapı elemanlarına ait temellerin geosentetik malzemelerle güçlendirilmeleri yaygınlaşmış olup geosentetik ürünlerle desteklenen temellerin üst yapının performansını iyileştirmesine karşın güçlendirmeyi sağlayan durumların henüz net olmadığını belirtmiştir. Yapılan çalışmada, zayıf zemin üzerine geosentetik donatılı temel dolgusu yapılmış yol kaplamalarında, trafik yükleri altında güçlendirmenin etkileri saha deneyleri ile incelenmiştir. Geosentetik ürünün temel malzemesini yanal olarak sınırladığına ve böylece malzemenin sıkışması sonucu kaplamanın performansını olumlu yönde etkilediğini düşünmektedir. Saha testi sonuçları, geosentetiklerle güçlendirmenin, zayıf zeminler üzerine yapılan granüler dolgu tabakalarındaki tekerlek izini azaltmak için iyi bir çözüm olduğunu, fakat yapılan yol inşaatlarında donma-çözülme süreçleri ve uzun vadeli yoğun araç yüklerinden sonra da tespitler yapılması gerektiğini belirtmektedir.

Gezgin (2017), çalışmasında, inşaat sektöründe teknolojinin ilerleyişi ile kullanılan malzemelerin gelişme sağladığını vurgulamıştır. Bu malzemelerden birisinin de

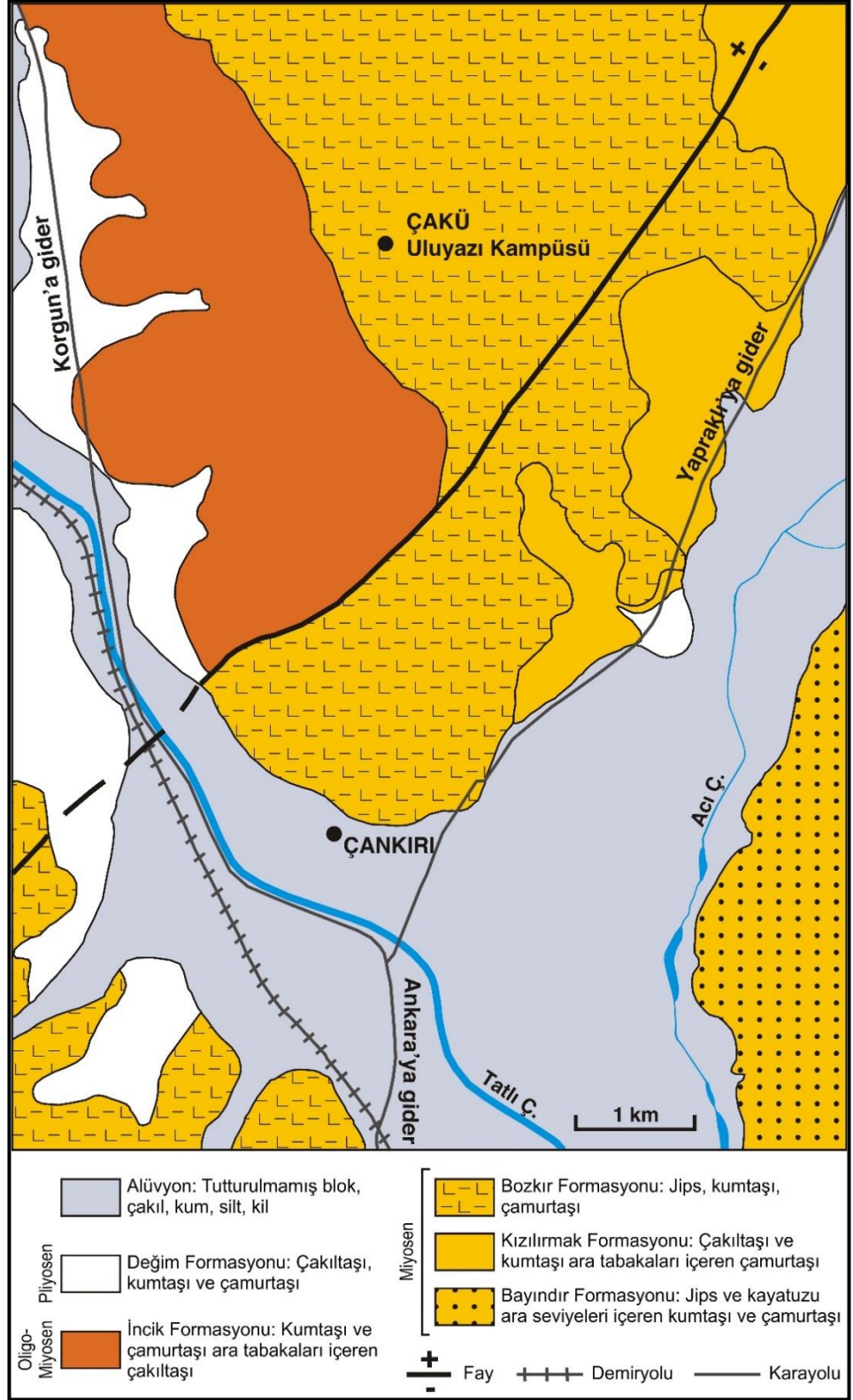
geosentetikler olduğunu belirtmiştir. Geosentetikler insanlara sunduğu imkânlar ile (hızlı uygulama, ekonomiklik ve uzun süreli çözümler gibi) tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kullanım alanlarının azımsanamayacak kadar geniş bir yelpazeye ulaştığını vurgulamıştır. Geosentetiklerin yol inşaatlarında, özellikle zayıf zemin üzerine yapılacak kesimlerde kullanılması diğer yöntemlere göre her yönden avantajlı olduğunu ifade etmiştir. Ülkemizde birçok geoteknik sorunların çözümünde geosentetiklerin kullanılmasının yıldan yıla artış gösterdiğini belirtmiştir.

Ok (2018), çalışmasında inşaat ve yıkıntı atıklarını geri dönüştürerek, statik yüklere maruz dolgularda veya tekrarlı yüklere maruz yol temel/alt temel dolgularında kullanılabilirliğini araştırmaktadır. Dış etkilerin (statik veya tekrarlı yükler) inşaat ve yıkıntı atıklarından inşa edilecek dolgularda, kaliteli doğal malzemeden inşa edilmiş dolgulara göre biraz daha fazla deformasyon oluşabileceğini ve bu sebeple inşaat ve yıkıntı atığı malzemeleri kaliteli doğal agrega malzemelerin performansına getirebilmek için geosentetiklerle güçlendirmek ve bu atıkların geosentetiklerle birlikte göstereceği davranışı incelemenin bu çalışmanın amacı olduğunu belirtmektedir. Bu amaçlar doğrultusunda inşaat ve yıkıntı atığı dolgunun performansı doğal agrega dolgunun performansına göre biraz düşük çıktığı ancak içlerine az bir geosentetik iyileştirme ile dolgunun performansını geçebildiğini gözlemlemiştir.

3. BÖLGE JEOLJİSİ

Çankırı dolayında Tersiyer dönemine ait en yaşlı birimden en genç birime doğru İncik Formasyonu, Bayındır Formasyonu, Kızılırmak Formasyonu, Bozkır Formasyonu, Değim Formasyonu ve Kuvaterner alüvyonları ve taraçaları bulunur (Akyürek vd. 1980, Hakyemez vd. 1986, Sarıfakıoğlu vd. 2011) (Şekil 3.1). Oligo-Miyosen yaşlı İncik formasyonu kızıl renkli, kalın-çok kalın katmanlı çakıltaşlarından ve boz renkli kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşur (Şekil 3.2). Formasyonun üst sınırında jips mercekleri ve tuf içerikleri gözlenmiştir. İncik formasyonun litolojik birimleri, dağlar arası karasal ortamın örgülü akarsu ve menderesli akarsu çökelleridir. İncik formasyonu ile üzerindeki Bayındır formasyonu arasında, kalınlığı 250 m civarında olan kaya tuzu oluşumları yer almaktadır. Orta Miyosen yaşlı Bayındır formasyonu, altındaki evaporit zonu ile birlikte kumtaşı, çamurtaşı seviyeleri ve jips ara tabakalarını içerir (Şekil 3.3). Karasal ortamı temsil eden Bayındır formasyonu dağlar arası menderesli akarsuların boşaldığı bir plâya/göl alanıdır. Gölsel evaporitik bir ortamda, kurak iklim buharlaşmayı artırarak evaporitlerin (tuz yataklarının) çökmesinde etken olmuştur.

Bayındır formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunan Kızılırmak formasyonunda yer yer ince jips seviyeleri gözlenir. Bu formasyon, genellikle vadi yamaçlarında aşınmadan arda kalmış yamalar şeklinde gözlenir. Üst Miyosen yaşlı Kızılırmak formasyonu kızıl renkli çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve marn seviyelerinden oluşur. Gölsel bir havzaya dökülen akarsuların alüvyon yelpazelerini temsil eder. Kızılırmak formasyonunun üzerini Bozkır formasyonunun birimleri uyumlu olarak örter (Şekil 3.4). Bozkır formasyonu, çamurtaşı ara katkıları içeren jipslerden oluşmaktadır. Açık yeşilimsi, açık boz renkli olan çamurtaşları, jips seviyelerine oranla daha ince olup genellikle jips kristalleri içerirler. Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Bozkır formasyonu, Kızılırmak formasyonu ile geçişlidir ve gölsel evaporatik bir ortam çökeldir. Pliyosen yaşlı Değim Formasyonu çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur ve alüvyon yelpazesi ortamını yansıtır (Şekil 3.5). Çankırı havzasının en genç birimleri, Tatlı Çay ve Acı Çayın Kuvaterner alüvyonları ve taraçalarıdır (Akyürek vd. 1980, Hakyemez vd. 1986) (Şekil 3.6).



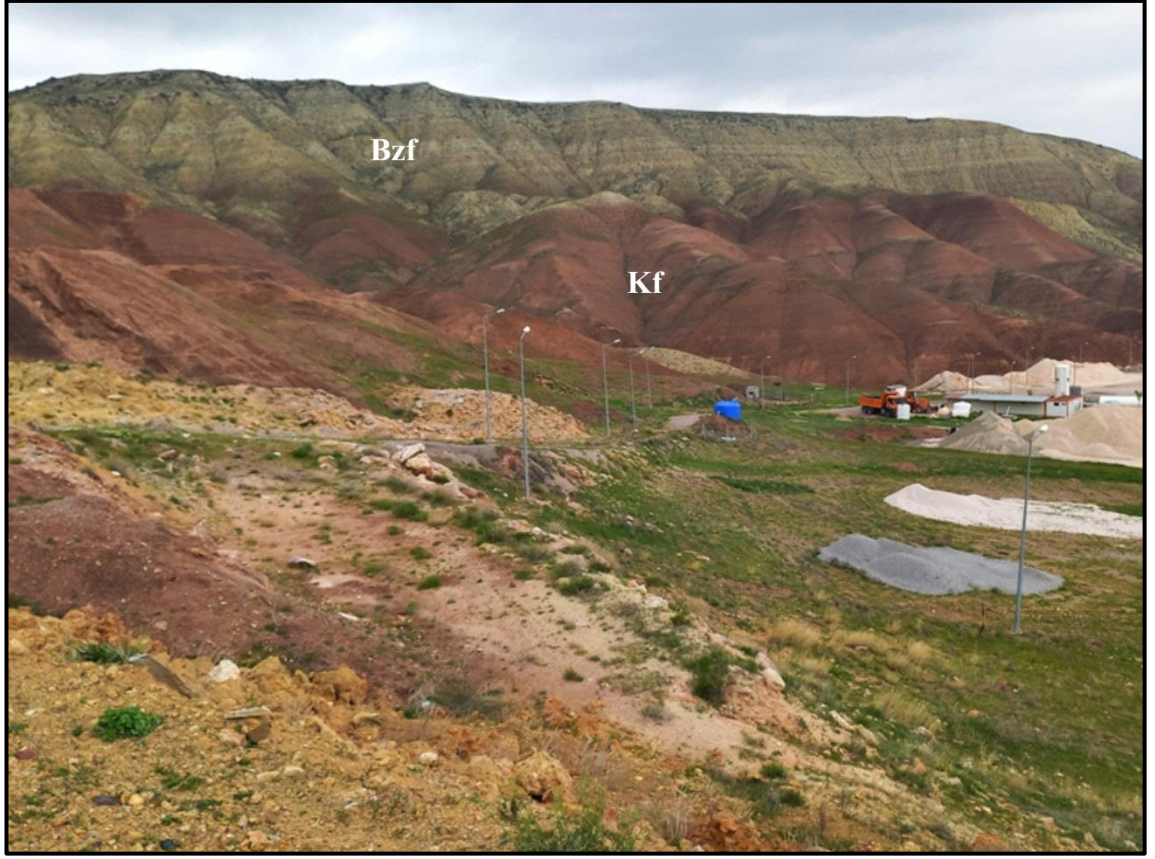
Şekil 3.1 Çalışma alanının genel jeolojisi (Ateş vd. 2008'den değiştirilmiştir)



Şekil 3.2 İncik Formasyonuna ait çakıltaşı (çt)-kumtaşı (kt) ardalanması



Şekil 3.3 Alt seviyelerinde kayatuzu (kt) oluşumları içeren Bayındır formasyonu (Bf) ve üzerinde uyumsuz olarak bulunan Kızılırmak formasyonu (Kf)



Şekil 3.4 Kızılırmak formasyonu (Kf) üzerinde bulunan Bozkır Formasyonu (Bzf)



Şekil 3.5 Değim Formasyonunun çamurtaşı-kumtaşı ardalanması



Şekil 3.6 Yaşlıdan gence doğru Bayındır formasyonu (Bf), Kızılırmak formasyonu (Kf), Bozkır formasyonu (Bzf) ve üzerinde tarım yapılan Acı Çayın alüvyonları

4. MATERYAL VE METOT

Yol yapılarında bozulmalara yol açan birçok faktör vardır. İncelemekte olduğumuz yol güzergâhında ve heyelan bölgesinde yeraltı su seviyesi, zeminin litolojik özelliği ve şev stabilitesinden kaynaklı deformasyonlar gözlenmiş olup, birtakım önlemler alınmıştır (Şekil 4.1). Bu önlemler kapsamında, yeni yol güzergâhının yapımında uygulanan metotlar ve kullanılan malzemeler aşağıdaki başlıklarla ele alınmıştır.



Şekil 4.1 Proje yapılacak alandan bir görüntü

4.1 Saha Çalışmaları

Saha çalışmaları, Uluyazı yerleşkesinde yüzeyleyen jeolojik birimlerin tespit edilmesi, tespit edilen birimlerin yanal ve düşey değişimlerinin belirlenebilmesi ve yeraltı su seviyesinin tespit edilebilmesi için yapılmıştır.

Yapılan saha çalışmalarında Bozkır formasyonuna ait ince taneli kumtaşı, çamurtaşı kiltası, jips ardali seviyeler gözlenmiştir (Şekil 4.2). Bazı sondajlarda ortalama 0,30 m. derinliğe kadar bitkisel toprağın devamında değişik kalınlıklarda zayıf dayanımlı anhidrit (jipsin dehidrasyonu sonucu oluşur) kesilmiştir.



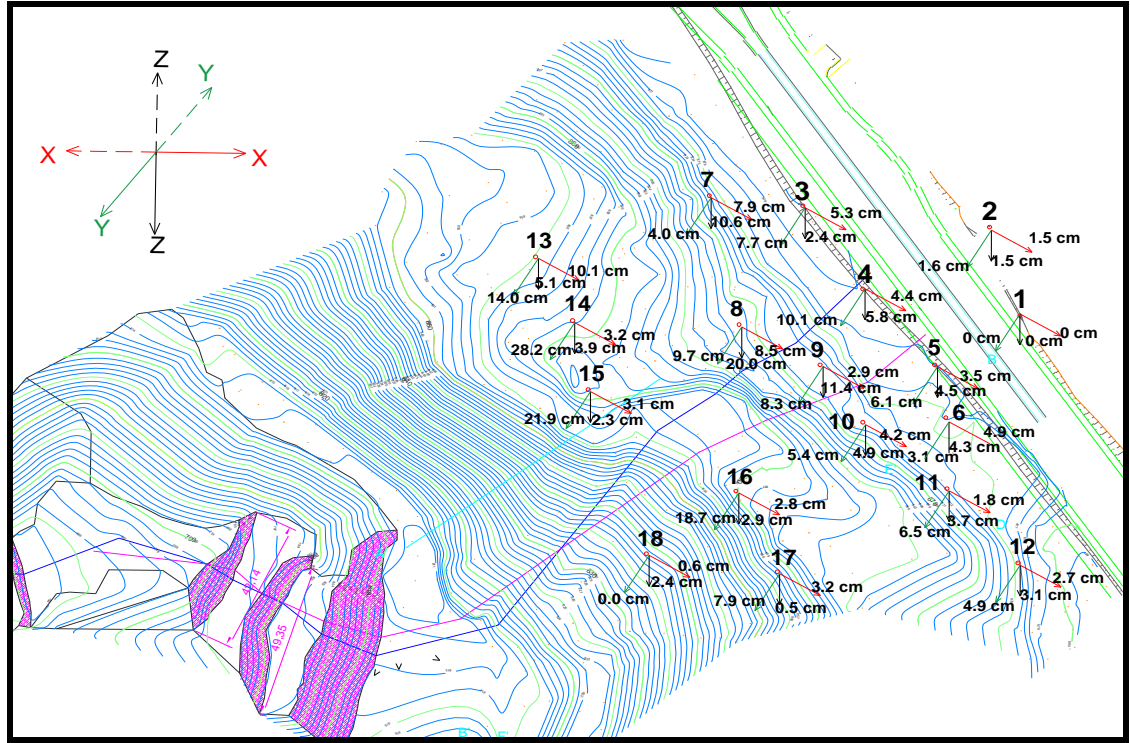
Şekil 4.2 Uluyazı Kampüsü çalışma alanındaki yarmalarda jips-çamurtaşı (çmt) ardalanması

4.1.1 Yüzey hareketlerinin belirlenmesi

Uluyazı kampüsünde zeminin litolojik özelliklerine bağlı olarak yer yer heyelanlar meydana gelmiştir (Şekil 4.3). Zemin yüzeyinde meydana gelen deplasmanları gözlemleyebilmek için yerleştirilen röperlerden elde edilen veriler işlenerek heyelan bölgesinde kayan kütlelerin hareketi belirlenmiştir (Şekil 4.4) (Çizelge 4.1).



Şekil 4.3 Heyelan sahasının ve heyelan sahasında kalan yol güzergahındaki deformasyon ve gerilme çatlaklarının durumu (İHA Görüntüsü)



Şekil 4.4 Topoğrafya ve röper noktaları (Çankırı Karatekin Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Arşivinden)

Çizelge 4.1 Röper noktalarına ait GPS okumaları (Çankırı Karatekin Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Arşivinden)

NOKTA NO	Y	X	Z	NOKTA NO	Y	X	Z
				1/1	552001,055	4498861,395	880,916
1/2	551992,479	4498882,217	880,519	1/2	551992,495	4498882,221	880,534
1/3	551936,824	4498887,612	877,421	1/3	551936,747	4498887,665	877,445
1/4	551955,360	4498864,099	878,566	1/4	551955,259	4498864,157	878,610
1/5	551971,870	4498840,936	873,604	1/5	551971,931	4498840,971	873,649
1/6	551984,257	4498816,358	872,748	1/6	551984,288	4498816,407	873,791
1/7	551911,343	4498889,934	873,186	1/7	551911,303	4498890,013	873,292
1/8	551918,565	4498850,826	873,379	1/8	551918,662	4498850,911	873,579
1/9	551942,543	4498838,286	874,936	1/9	551942,626	4498838,315	875,050
1/10	551954,591	4498819,342	869,333	1/10	551954,645	4498819,384	869,382
1/11	551973,149	4498800,676	868,447	1/11	551973,214	4498800,658	868,484
1/12	551999,722	4498775,986	875,322	1/12	551999,771	4498776,013	875,353
1/13	551958,332	4498873,444	855,839	1/13	551858,472	4498873,343	855,890
1/14	551969,876	4498854,983	859,243	1/14	551870,158	4498854,951	859,282
1/15	551972,384	4498831,361	860,525	1/15	551872,603	4498831,392	860,548
1/16	551916,746	4498798,670	857,162	1/16	551916,933	4498798,698	857,191
1/17	551931,062	4498772,725	858,509	1/17	551931,141	4498772,757	858,514
1/18	551891,740	4498779,237	843,253	1/18	551891,740	4498779,243	843,277

Yerleştirilen röper noktalarından GPS ölçüleriyle alınan okumalar yaklaşık 40 günlük geçen süreden sonra tekrar edilerek yüzeysel hareket miktarları tespit edilmiştir. Geçen zaman zarfında okumalar arasında düşey yönde 20 cm'ye ve yatay yönde ise 28 cm'ye varan yüzeysel deplasmanlar tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Röper nokta okumaları neticesinde gözlemlenen bu zemin kayma hareketlerinin kesitleri oluşturularak heyelanın mekanizması ve kayan kütlelerin yapısal şeklinin tespiti için kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 Röper noktalarının deplasman miktarları (Çankırı Karatekin Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Arşivinden)

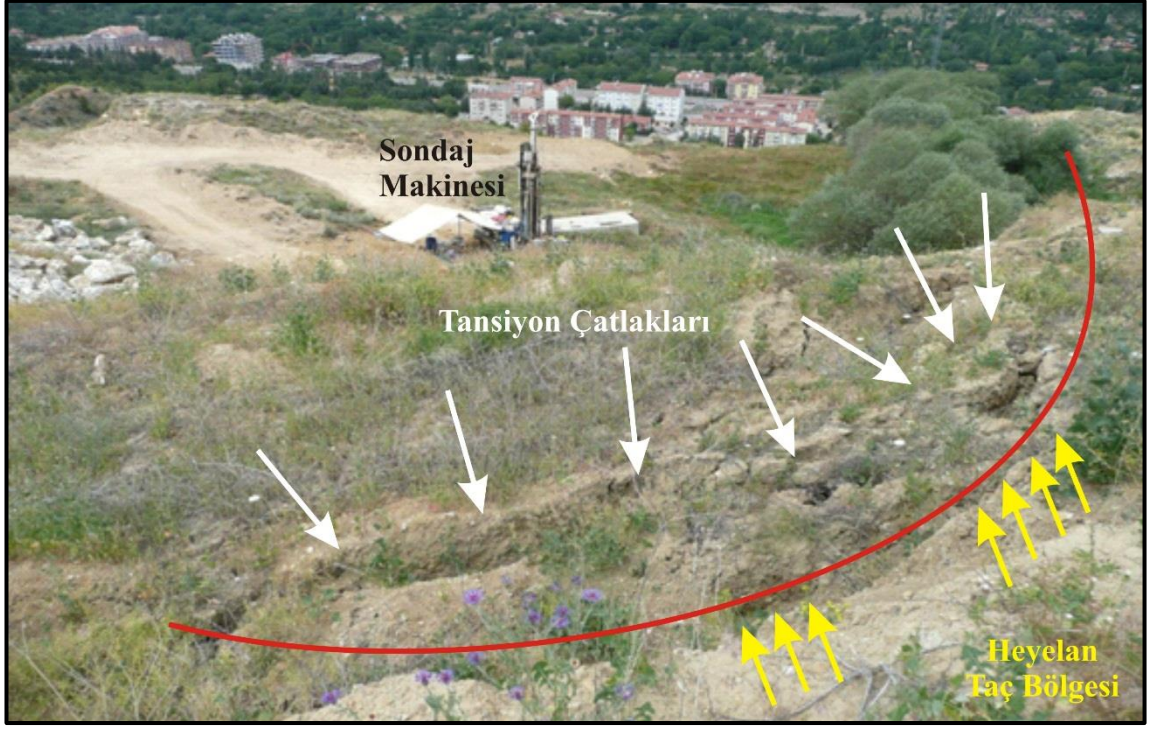
	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔZ (m)
1/2	-0,016	-0,015	-0,015
1/3	0,077	-0,053	-0,024
1/4	0,101	-0,058	-0,044
1/5	-0,061	-0,035	-0,045
1/6	-0,031	-0,049	-0,043
1/7	0,040	-0,079	-0,106
1/8	-0,097	-0,085	-0,200
1/9	-0,083	-0,029	-0,114
1/10	-0,054	-0,042	-0,049
1/11	-0,065	0,018	-0,037
1/12	-0,049	-0,027	-0,031
1/13	-0,140	0,101	-0,051
1/14	-0,282	0,032	-0,039
1/15	-0,219	-0,031	-0,023
1/16	-0,187	-0,028	-0,029
1/17	-0,079	-0,032	-0,005
1/18	0,000	-0,006	-0,024

4.1.2 Sondaj kuyuları

Çalışma alanında heyelan bölgesi ve yeni yol güzergahı olmak üzere 2 kısımda sondaj kuyusu çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda her iki bölgedeki zeminlerin jeolojik özellikleri ve yeraltı suyu seviyelerine ait bilgilerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Heyelan bölgesi sondaj çalışmaları

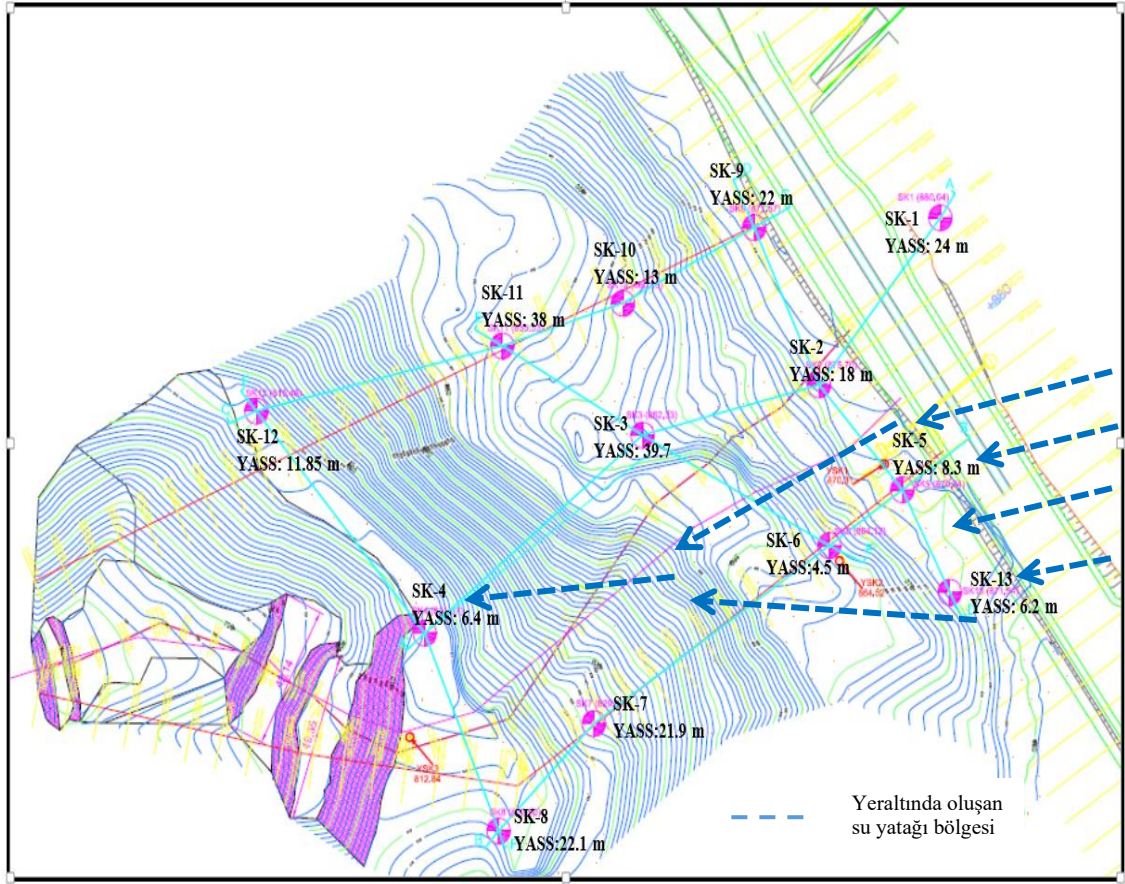
Kampüs çevre yolunun sınırında bulunan heyelan bölgesinde 13 adet temel sondaj ve 3 adet gözlem kuyusu açılmıştır (Şekil 4.5, 4.6, 4.7) (Çizelge 4.3). Sondaj verileri ve saha gözlemleri değerlendirildiğinde çalışma sahasındaki en alt sert tabakanın kıltaşı - kumtaşı - konglomera içerdiği ve bu tabakanın üst seviyelerinde jipsli siltli kil/killi silt/kil tabakalarından oluştuğu en üst seviyelerde ise dolgu malzemesinin bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.5 Heyelan bölgesinde yapılan bir sondaj çalışması



Şekil 4.6 Heyelan topuğundaki yüzeysel akmlar



Şekil 4.7 Sondaj kuyuları

Çizelge 4.3 Sondaj kuyu verileri

KUYU NO	YAŞ DERİNLİĞİ (m)	LİTOLOJİ
SK-1	24	0-2,50 m arasında kil, 2,50-7,50 m arasında kil-çamurtaşı-jips; 7,5-15 m arasında çamurtaşı-jips; 15-30 m çamurtaşı-jips yer yer kumtaşı konglomera ardalanması; en alt tabaka ise kumtaşı konglomera ardalanması
SK-2	18	
SK-3	39,7	
SK-4	6,4	
SK-5	8,3	
SK-6	4,5	
SK-7	21,9	
SK-8	22,1	
SK-9	22	
SK-10	13	
SK-11	38	
SK-12	11,85	
SK-13	6,2	

Yeni yol güzergahı sondaj çalışmaları

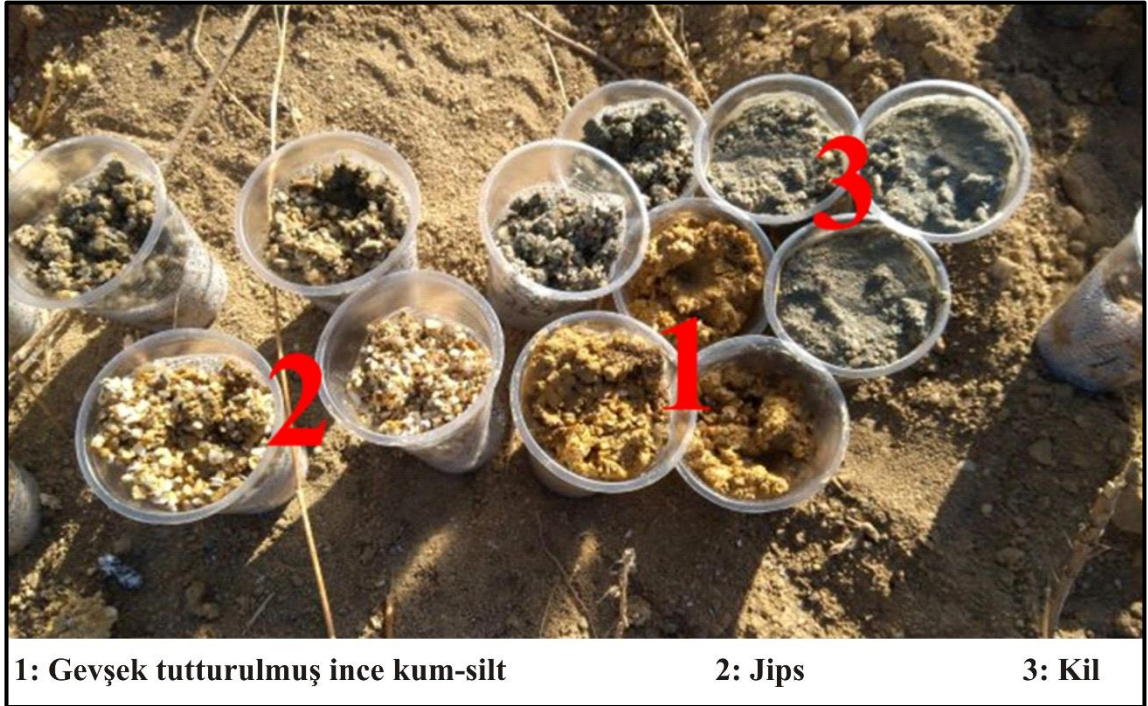
Uluyazı kampüs yol güzergahının değişmesiyle birlikte yeni yol güzergahının aksına paralel olacak şekilde, yol başlangıç ve bitiş noktaları arasında yaklaşık 100 m ara ile sondaj çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Sondaj çalışmasının amacı yol güzergahının belirlendiği zeminin litolojik özelliklerinin belirlenmesi ve yeraltı suyu seviyesi ile birlikte yeraltı sularının yoğun olarak bulunduğu bölgeleri tespit etmektir. Sondaj çalışmaları, her sondaj noktasında ortalama 35 m derinliğe ulaşacak şekilde olup her 1 m'lik tabakalarda zemin numunesi alınacak şekilde düzenlenmiştir. Bu bölümde yeni yol güzergahındaki sondaj kuyusu noktalarına (Şekil 4.8), yapılan sondaj çalışmalarına (Şekil 4.9) ve sondaj çalışmaları sonucu zeminin litolojik özellikleri hakkında bilgi verecek numunelere (Şekil 4.10, 4.11, 4.12) değinilmiştir.



Şekil 4.8 Sondaj kuyularının yerleri



Şekil 4.9 Farklı sondaj çalışmalarından genel görünüm



1: Gevşek tutturulmuş ince kum-silt

2: Jips

3: Kil

Şekil 4.10 Sondaj çalışmalarından elde edilen numuneler



Şekil 4.11 Her metreden alınan numuneler



Şekil 4.12 4 numaralı kuyunun 14. metresindeki numune

4.2 Kullanılan Malzemeler

Bu bölümde, Uluyazı Kampüsündeki yeni yol yapımında kullanılan malzemelerden geosentetikler ve diğer malzemelere değinilecektir.

4.2.1 Geosentetik ürünler

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni malzemeler de hızla inşaat sektöründeki yerini arttırmaya başlamıştır. Bu malzemelerin içinde en yaygın olarak gelişme gösteren polimer bazlı içeriğe sahip geosentetiklerdir. Geosentetikler günümüzde kullanılan klasik yöntemlere karşın daha çok tercih edilmektedirler.

Geosentetiklerin tercih edilme sebeplerinden bazıları; daha az yer kaplamaları, düşük maliyetler, uygulama kolaylığı, iş bitirme süresini kısaltma, teknik açıdan üstünlükleri, tedarik sürecindeki kolaylık olarak sıralanabilir.

Geosentetiklerin kullanım alanlarına göre birçok çeşidi vardır. Bunlar:

- Geomembran
- Geohücre (geocell)
- Geotekstil
- Geonet
- Geogrid
- Geokompozit

Uluyazı kampüsünde kullanılan geosentetik ürünler

Geomembran

ASTM standardında, geomembranın tanımını teknik olarak “geoteknik mühendisliği alanında insan yapımı bir tasarım, yapılarda ve sistemdeki akışkanı kontrol edebilen, asfalt, polimer ve bunların düşük geçirgenliğe sahip karışımlarından oluşan sürekli bir membran tipi kaplama ve yalıtım bariyeri” olarak ifade etmektedir (Yılmaz ve Eskisar 2007).

Geomembran genellikle yapı düzenine tehlike oluşturacak akışkanların, katmanlar arasındaki geçişlerini kontrol etmek veya tahliye etmek amaçlı kullanılan bir çeşit bariyerdir. Geomembranın inşaat sahalarındaki kullanım amaçlarından bazılarını ayrıştırıcı özelliği, fiziksel dirence (oturma, şişme vb.) karşı dayanıklılığı ve sızdırmazlık olarak sayabiliriz. Geomembranlar kullanım amacına göre farklı kalınlıklar ve yüzey pürüzlülüklerinde üretilebilirler. Geomembranların birçok kullanım alanları mevcuttur. Bu kullanım alanları ve uygulamalara ait örnekler aşağıda gösterilmektedir (Şekil 4.13, 4.14)



Şekil 4.13 Yapay göletlerde su tutmak amaçlı (Url-1)



Şekil 4.14 Tünellerin içinde geçirimsizliği sağlamak (Url-2)



Şekil 4.15 Katı atık sahalarında kaplama malzemesi amaçlı (Url-3)

Uluyazı Kampüsünde yeni yol inşaatında fiziksel darbeleri ve bölgesel oturmaları önlemek amacı ile geomembran kullanılmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Uluyazı Kampüsü yol yapımında kullanılan geomembran

Geohücre (geocell)

Geohücreler 3 boyutlu çalışma yapısıyla genellikle güçlendirme ve erozyon kontrolünde kullanılan polimer yapılı bir üründür (Şekil 4.17). Kullanım amaçlarına göre boyutları 50 - 250 mm arasında değişmektedir. Gözenekli ve gözeneksiz olarak üretilen petek görümlü ve akordiyon şeklinde açılabilen bir yapıya sahiptir. Petek yapısı sayesinde her gözeneği ayrı şekilde çalışarak zeminlerin çekme mukavemetini artırır. Petekler arasındaki gözenekler sayesinde bünyesindeki su tutma oranı azalır. Hücreler kullanım amaçlarına göre çeşitli malzemeler (kum, beton, toprak, çakıl vb.) doldurularak sıkıştırılabilirler. Geohücrelerin kullanımı yaygın olarak yol inşaatlarının temel güçlendirilmesinde, eğimli yüzeylerin stabilitesinde, gölet ve kanal şevlerinde, heyelan risk kontrolünde görülmektedir.

Gezgin (2017), geohücre dolgu sisteminin yol inşaatlarının üstyapısına sağlamış olduğu katkıları şu şekilde sıralamıştır:

- Geohücreler ile elde edilen stabil katman ile, yükler geniş bir yüzeye dağıtılmış ve temel zeminine daha az kuvvet etki etmiştir.

- Yol temel inşaatlarında zeminine etkiyen kuvvetteki azalmayla beraber oturma oranlarında azalma meydana gelmiştir.
- Uzun vadedeki gösterdiği performans sayesinde, yinelenen yükler karşısında, güçlendirilmiş katmanda gözle görülür oturma olmayacağı öngörülmüştür.



Şekil 4.17 Geohücreden bir hücre detayı

Uluyazı Kampüsü yol inşaatında temel güçlendirme ve heyelan riskini azaltma amacı ile geohücre uygulaması yapılmıştır (Şekil 4.18).



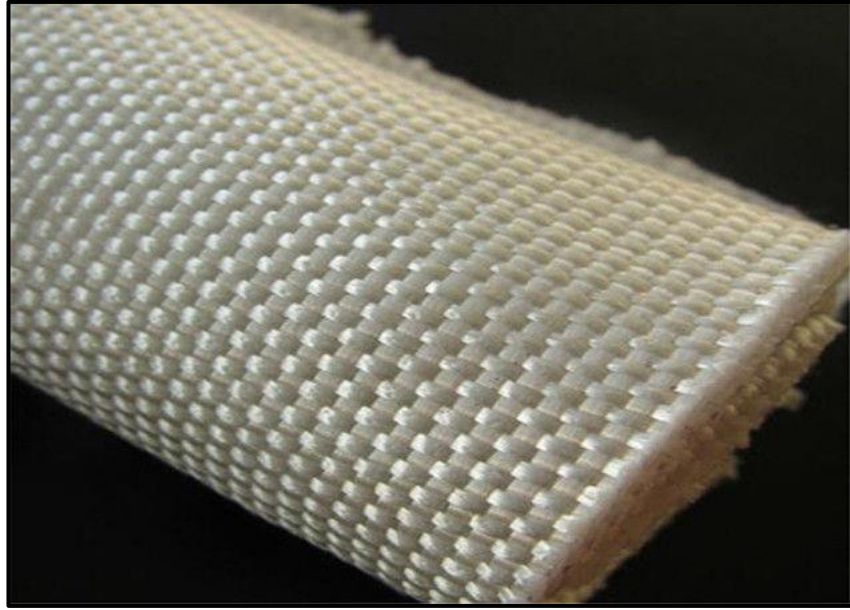
Şekil 4.18 Uluyazı Kampüsü heyelan bölgesine ait geohücre uygulamasına ait görüntü

Diğer geosentetik ürünler

Geotekstil

Geotekstil; “bir inşaat projesi, yapı veya sistemin parçası olarak zemin, kaya, toprak veya diğer geoteknik mühendisliği ile ilgili bir malzeme ile beraber kullanılan geçirimli tekstil ürünü” olarak tanımlanmaktadır (ASTM).

Örgülü ve örgüsüz olarak iki çeşit olarak üretilmektedir (Şekil 4.19, 4.20). Örgülü geotekstillerin mukavemet dayanımı yüksek olması sebebiyle, destek, yük dağıtma ve ayırıcı özellik gerektiren işlerde kullanılır (Tunç 2002). Örgüsüz geotekstillere drenaj, ayırma, filtreleme, koruyucu, tutucu ve yalıtım amaçlı kullanılmaktadırlar.



Şekil 4.19 Dokunmuş geotekstil



Şekil 4.20 Örgüsüz geotekstil

Geonet

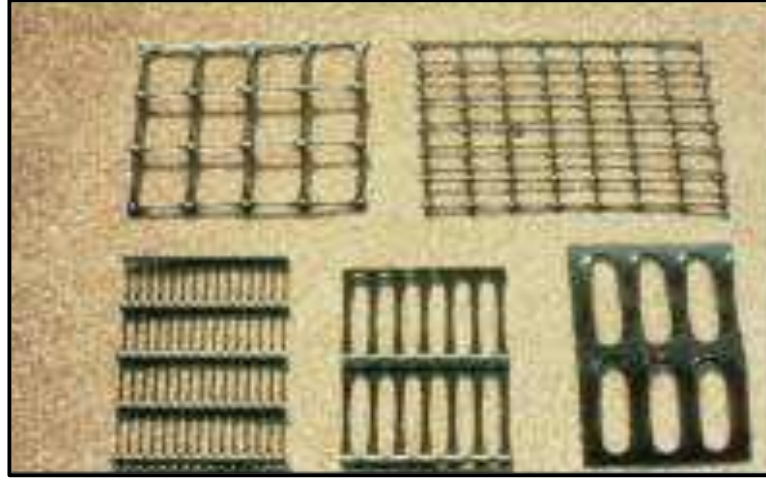
Drenaj amaçlı kullanılan geonetler genellikle iki yüzeyine de yerleştirilmek sureti ile geotekstil, geomembran yahut diğer geosentetiklerle kullanılır (Dernek 1998) (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Her iki yüzeyi geosentetikle kaplı geonete ait bir görsel

Geogrid

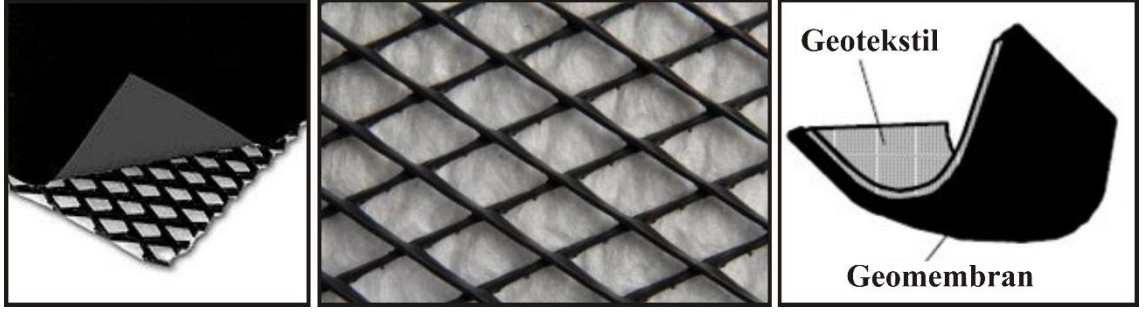
Geogridler birçok alanda kullanılmakla beraber asıl olarak zeminleri güçlendirme özelliği ile ön plana çıkmaktadır. Zemin güçlendirme yöntemi olarak birçok yöntemlerle beraber geogridlerde bu yöntemler arasında yer edinmeye başlamıştır. Geogridler tek ve çift eksenli olarak iki çeşit halinde üretilmektedirler. Farklı gözenek ve mukavemetlerde üretimleri yapılabilmektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 Çeşitli geogrid örnekleri (Gezgin 2017)

Geokompozit

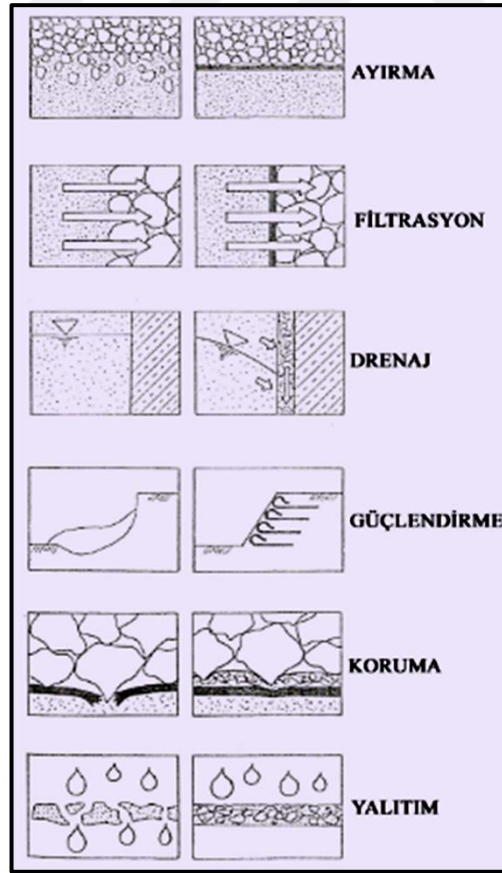
Geokompozitler, geotekstil-geonet, geotekstil-geogrid, geotekstil-geomembran, geomembran-geonet gibi farklı geosentetik ürünlerin birleşmesiyle oluşmaktadırlar (Kotan 2008). Genellikle birkaç işlevselliğin beklendiği çalışma sahalarında, farklı geosentetiklerin değişik özelliklerinden yararlanılarak, sorunlara alternatif çözümler geliştirmek amacıyla tercih edilirler (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 Çeşitli geokompozit örnekleri (Kocaer 2011)

Geosentetiklere ait yapısal fonksiyonlar

Geosentetikler kullanım amacına göre belirli temel fonksiyonlara sahiptirler. Çalışmamızın bu başlığında genel çerçevede bu temel fonksiyonlar ele alınacaktır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 Geosentetiklerin fonksiyonları (Aksoy 1993)

Koruma

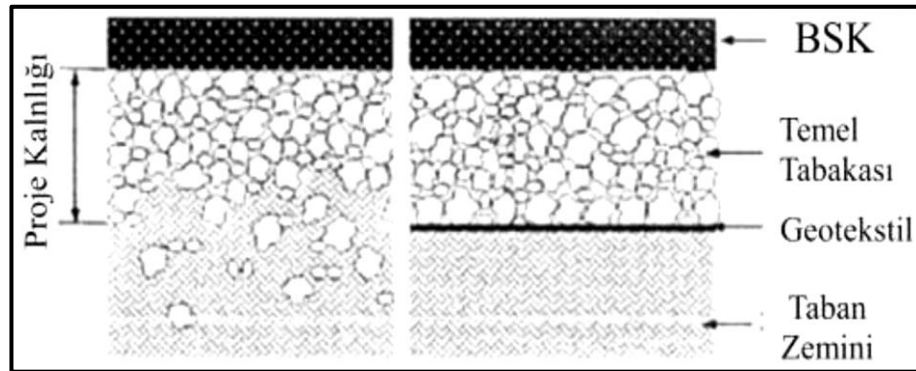
Geosentetikler üzerlerine gelen basınç yüklerini yüzeye üniform şekilde dağıtarak bölgesel deformasyonların oluşmasını engeller ve kullanılan malzemeyi korur. Geosentetikler yapılarını oluşturan lifli tabakanın vermiş olduğu direnç sayesinde hem kendi bünyesindeki deformasyonların (delinme, yırtılma ve kopma vb.) önüne geçmiş olur hem de korumuş olduğu malzemenin özelliğini kaybetmesini engeller.

Ayırma

Geosentetiklerin ayırma fonksiyonunu geçirgen ve esnek bir geotekstilin iki çeşit ürün arasına, iki ürününde kullanım amacının bozulmadan kalması ve iyileştirilebilmesi hedefiyle yerleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Koerner 1999).

Geosentetikler, dane boyut farkı olan iki zemin arasına konulduğunda (özellikle karayolu altyapısında) üzerlerine gelen hareketli yüklerden oluşan kuvvetlerin etkisiyle bozulmaya maruz kalan katmanları koruyarak ayırma işlevini yerine getirir.

Geosentetikler üzerlerine etkiyen dinamik yüklerde ince daneli zeminlerin hareketliliğini kısıtladığı gibi bünyesinde bulunan suyun drenajını mümkün kıldığı için karayollarının kullanım ömrünü ve taşıma kapasitesini artırmış olur (Öztekın 1992) (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 Ayırma işlevi (Gezgin 2017)

Güçlendirme

Geoteknik mühendisliği kapsamındaki yapılarda, kullanım süresi boyunca etkiyen dinamik ve statik yükler ve doğal etkenler gibi (deprem, rüzgar ve yeraltı suları) yüklerin sebep olduğu etkileri asgari düzeye azaltmak amaçlı olarak geosentetikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Geosentetikler çekme gerilmesine karşı gösterdiği direnç sayesinde zeminlere basınç dayanımı ile beraber çekmeye karşıda direnç göstermesini sağlarlar. Bu sayede zeminlerin taşıma kapasitesi performansını da arttırmış olurlar.

Drenaj

Temel anlamda drenaj, suyun doğal veya yapay yollarla istenmediği ortamdan uzaklaştırma işlemidir. Geosentetikler bu işlemi hızlı ve etkili biçimde gerçekleştirmektedirler. Geosentetikler özellikle ince daneli zeminlerin temel özelliklerine karşı daha geçirgen olup darbelere karşı daha dayanıklıdır. Bünyesinde su tutan zemin tiplerinde (killi ve siltli) inşaa edilen yapılarda geosentetiklerin drenaj fonksiyonu yapıyı koruyucu bir etken olarak göze çarpmaktadır. İnce daneli zeminlerde su yerçekimi kuvvetine karşı durarak kılcal boşluklardan yükselmeye başlar (kapilarite ya da borulanma) geosentetik malzemeler bu durumu engelleyerek suyun yapıya vereceği hasarı önlemiş olmakla beraber, yapını bulunduğu hat boyunca suyun bertaraf edilmesini de sağlamış olur.

Filtrasyon

Filtrasyon özelliğini söz konusu uygulama ile uyumlu olarak, hizmet ömrü süresince geotekstil düzlemi boyunca sınırlı zemin kaybını sağlayarak yeterli sıvı akışını mümkün kılan geotekstil ile zemin arasındaki denge sistemi olarak tanımlanmaktadır (Koerner 1999).

4.3 Alınan Önlemler ve Uygulamalar

Günümüz yapılaşmasında sadece yapının sağlamlığı göz önüne alınarak yapı inşa edilmemektedir. Yapının sağlamlığının yanı sıra yapı-zemin ilişkisi de yapı güvenliği için büyük ölçüde önemlidir. Zeminlerin mekanik ve dinamik parametreleri, üzerine imal edilen yapıyı etkilediği gibi, inşa edilen yapının da özellikleri zeminin yapıya gösterdiği tepkiyi etkilemektedir. Bu iki taraflı davranış irdelenerek en makul çözümler sunulmalıdır.

Bu bölümde, heyelan bölgesinde ve belirlenen yeni yol güzergahında yapılan sondaj çalışmaları neticesinde, çalışma bölgesine ait litolojik özellikleri elde edilen zemine uygun yapılan çalışmalar incelenmiştir.

4.3.1 Yeraltı su seviyesinin kontrol altına alınması

Yapısı gereği taneler arasında boşluk ihtiva eden ve bu boşluklar sayesinde suyun geçişine izin veren zeminler, bünyesinde bulundurduğu suyun yer değişimine izin vermesi nedeniyle zeminde meydana gelebilecek geoteknik sorunların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Özellikle yağış miktarının arttığı mevsimlerde yeraltı suyu zeminin mekanik davranışını önemli ölçüde etkileyerek üst yapıya problem oluşturmaktadır. Yeraltı suyunun zemine etkileri, doymun zeminlerde kayma direncinin azalması ve taşıma gücü kapasitesinin düşmesine sebep olur. Killi zeminlerde ise kilin mineral yapısından ve su ile temas ettiği yüzey alanlarının fazla olması sebebiyle suyu bünyesinde daha fazla tutarak şişme ve daha sonrasında su kaybıyla büzölmeye neden olarak rötre çatlakları oluşturur. Bünyesinde su ihtiva eden zeminlerde donma etkisiyle hacimsel genişleme yapan buza dönen su, zeminde kabarmalara neden olmaktadır.

Yeni yol güzergahı hattında ve heyelan bölgesinde yeraltı su seviyesini belirlemek için çalışma alanına paralel sondaj kuyuları açılmıştır (Şekil 4.28). Bu sondaj kuyularının derinliği 30-40 m. arasında değişmektedir. Açılan kuyu incelemelerinde heyelan

bölgesinin yakınlarında yeraltı su seviyesi 6-7 m. olan iki adet kuyu tespit edilmiştir. Bu gözlem, o bölgede yeraltı suyunun bir yatak oluşturarak aktığına işaret etmektedir.

Bu iki kuyuya elektrikli su tahliye pompaları yerleştirilip su seviyesi indirilerek, 35 m.'de tutulması amaçlanmıştır. Kuyulardan çekilen sular yerüstü drenaj kanalları aracılığı ile yağmursuyu hatlarına aktarılmıştır (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 Yeraltı suyunun tespiti ve tahliyesi ile ilgili çalışmalar

4.3.2 Bölgede yeni drenaj hatlarının oluşturulması

Drenaj genel bir ifade ile belli bir bölgedeki suyun doğal veya yapay bir biçimde o bölgeden uzaklaştırılmasına denir. Su her ne kadar yaşam kaynağımız olsa da, inşaat sektörünün birçok alanında işlerimizi zorlaştıran bir detay olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunları, binalarda temel sistemi seçilirken yeraltı suyu, çatı tasarımlarında yağmur ve kar suyu, baraj tasarımlarda su sızıntıları ve yol inşaatlarında yeraltı ve yerüstü suları olarak örneklendirebiliriz.

Yol inşaatı sırasında karşılaşılan zemin suyu birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Killi zeminlerin suyu bünyesinde tutmasının ve kışın zemin içerisindeki suyun donmasının sebep olduğu sonuçlar, şu şekilde sıralanabilir:

- Suya doymuş hale gelen zeminlerde taneler arasındaki bağın azalmasıyla içsel sürtünme kuvveti azalarak zeminin taşıma kapasitesinde azalmalar meydana gelir,
- Karstik arazilerin su ile temasında çözünmeler sonucu çökmeler ve yarıklar görülür,
- Killi ve siltli zeminler bünyesinde suyu tutması sebebi ile yolun üst yapısında kabarmalar meydana getirir,
- Yamaç yollarında yeraltı suyu ile beraber taşınan zemin, yollarda heyelan tipi göçmeler meydana getirir.

Uluyazı kampüsünde bahsedilen olumsuz sonuçların önüne geçilebilmesi için öncelikle heyelan bölgesini olumsuz yönde etkileyen eski yağmur suyu drenaj hattı (Şekil 4.29) iptal edilmiştir. Yeni drenaj hatlarının tahlieleri ise heyelan bölgesinin uzağında bir bölgeye verilmiştir. Ayrıca yeni yüzey drenaj hatları yol güzergahına paralel bir şekilde yapılarak (Şekil 4.30) yamaçlardan ve arazi yüzeyinden akan suları yol üst yapısına gelmeden tahliye etmektedir. Bu iki basit uygulama ile birçok olumsuzluğun önüne geçilmiştir.



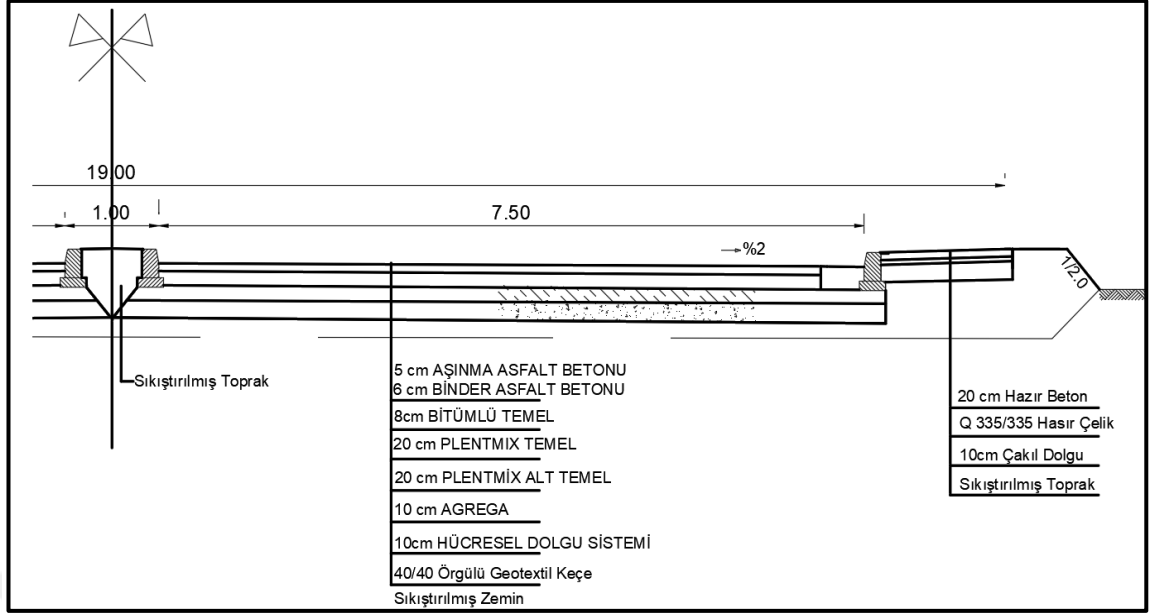
Şekil 4.29 Eski yağmur suyu drenaj hattı



Şekil 4.30 Uluyazı Kampüsünde yüzey drenaj sistemi

4.3.3 Yol altyapısının güçlendirilmesi

Uluyazı bölgesinin doğal topoğrafyasında jips-kil aralanmaları mevcuttur. Bu durum yol altyapılarını ciddi derecede etkilemektedir. Jips seviyelerinin bulunduğu bölgelerde, jipslerin su ile temasında çözümler meydana gelmektedir. Bu durum, o bölgede çökmelere sebep olmaktadır. Jips tabakalarının kil ile aralanması sonucu ise heyelanlar meydana gelmektedir. Uluyazı bölgesinde yol inşaatı sırasında zemin litolojik etüdü için sondaj çalışmaları yapılmış ve elde edilen verilere göre yol en kesit detayı belirlenmiştir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 Uluyazı Kampüsündeki yeni yol inşaatına ait en kesiti

Bu incelemeler ve veriler ışığında yol yapımına geçmeden ilk etapta, doğal zeminin üzerine yol inşaatını yapmak yerine daha dayanıklı (bazalt) sıkıştırılmış dolgu malzemesi ile jipsli zeminin değiştirilmesi uygun görülmüştür. Yol güzergâhının belirlenmesi ile jipsli zemin kazı çalışmalarıyla, doğal zeminden ortalama 1,00 m derinlikte alınarak yerine sıkıştırılmış iri daneli dolgu malzemesi koyulmuştur (Şekil 4.32).



Şekil 4.32 Jipsli zeminin kazılarak yerine sıkıştırılmış dolgunun serilmesi

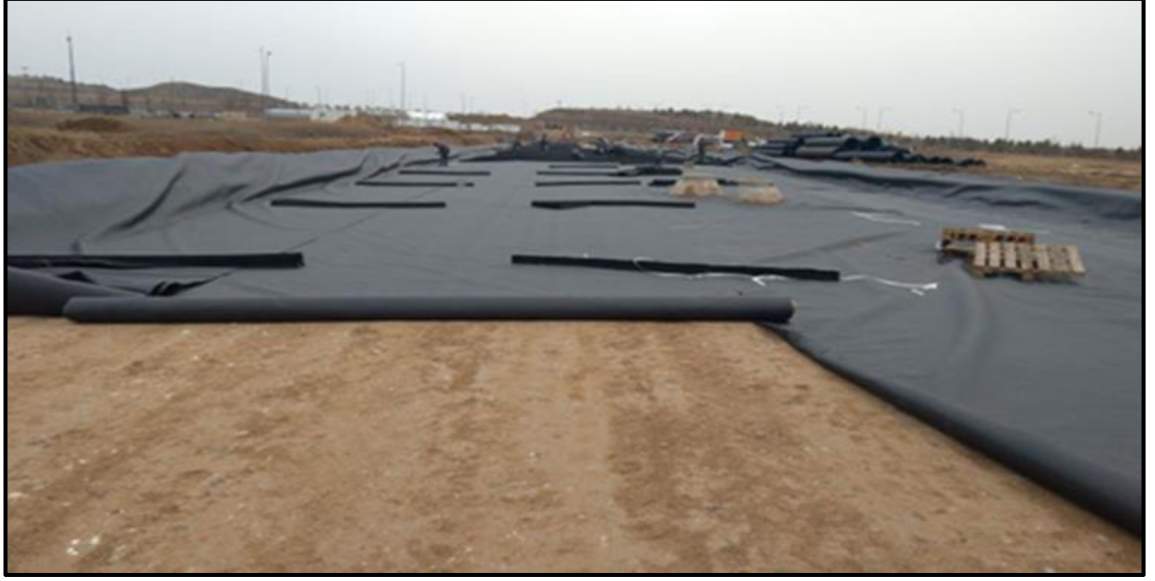
Alt yapı iyileştirme çalışmalarının tamamlanmasından sonra temel zeminin güçlendirilmesi aşamalarına geçilmiştir.

Karayolu inşaat projelerinde temel zemininin güçlendirilerek, mukavemet özelliklerini arttırmak amacı ile yıllar boyu çalışmalar sürdürülerek birçok alternatif uygulama denenmiştir. Bu süreçte kullanılan uygulamalardan birisi de, yol inşaatlarının zeminlerinde geosentetik malzemelerin kullanılmasıdır. Yol inşaatı yapılarında plentmix temel katmanları yolun kullanım ömrü süresince yükün dağılımını sağlar.

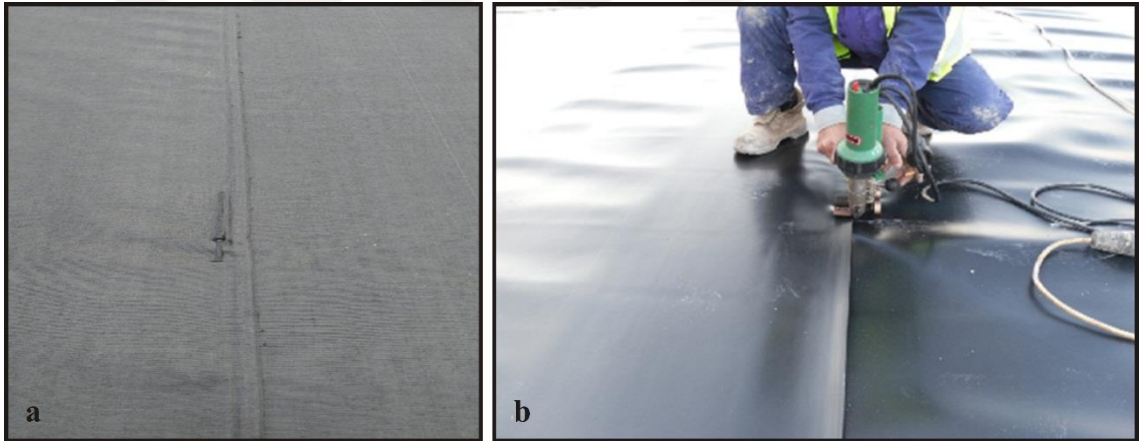
Bu sebeple, temel katmanlarının yük dağılımını eşit yapabilmesi ve kapasitesini koruyabilmesi için geosentetik ürünlerle desteklenmesi yol altyapısının işlevine katkı sağlayacaktır.

Yol inşaatlarından beklenen en önemli geri dönüş, dinamik yükler altında asfalt tabakasına yansıyan deformasyonların olmamasıdır. Yumuşak dolgulara sahip zeminlerin en büyük sorunu, çekme gerilmeleri altındaki zayıf davranışlarıdır. Geosentetikler hakkında bugüne kadar yapılan birçok araştırmada bu ürünlerin filtrasyon, güçlendirme ve ayırma gibi özellikleri ile inşaat alanlarındaki katkısı ortaya konmuştur. Yol inşaatlarında geosentetiklerin kullanılmasındaki en önemli sebep, zeminin donatılı bir şekilde davranış göstermesidir. İncelenen Uluyazı Kampüsü yol inşaatında geosentetiklerin ayırma, güçlendirme ve filtrasyon özelliklerinden yararlanmak için geomembran (ayırma ve güçlendirme) ve geohücre (filtrasyon ve güçlendirme) kullanılmıştır.

İlk olarak geomembranın zemine serilmesi ve birleştirilmesi uygulaması yapılmıştır (Şekil 4.33, 4.34).



Şekil 4.33 Geomembranın zemine serilmesi



Şekil 4.34 Geomembranların birleşimi: a) Kelepçeli birleşim, b) Kaynaklı birleşim

Geomembran uygulamasının ardından geocell (geohücre) uygulamasına geçilmiştir (Şekil 4.35, 4.36).



Şekil 4.35 Kapalı olan geohücrenin akordeon şeklinde açılarak geomembranın üzerine serilmesi



Şekil 4.36 Akordeon şeklinde açılan geohücrenin birleştirilmesi

Serilerek birleştirilen geohücrelerin içine filtrasyon amaçlı dere agregası yerleştirilmiştir (Şekil 4.37, 4.38). Geohücrelerin hücrelerine yerleştirilen bu agregalar, hücreler arasındaki su geçişini sağlamak amaçlı kullanılırlar. Kum ve çakıl içeriği ile bünyesinde suyu muhafaza etmeyerek tam bir filtrasyon görevi görmektedir ve geohücre hücre duvarlarındaki gözeneklerden suyun geçişini sağlayarak zemin problemlerinin oluşmasını önemli derecede önlemektedir.



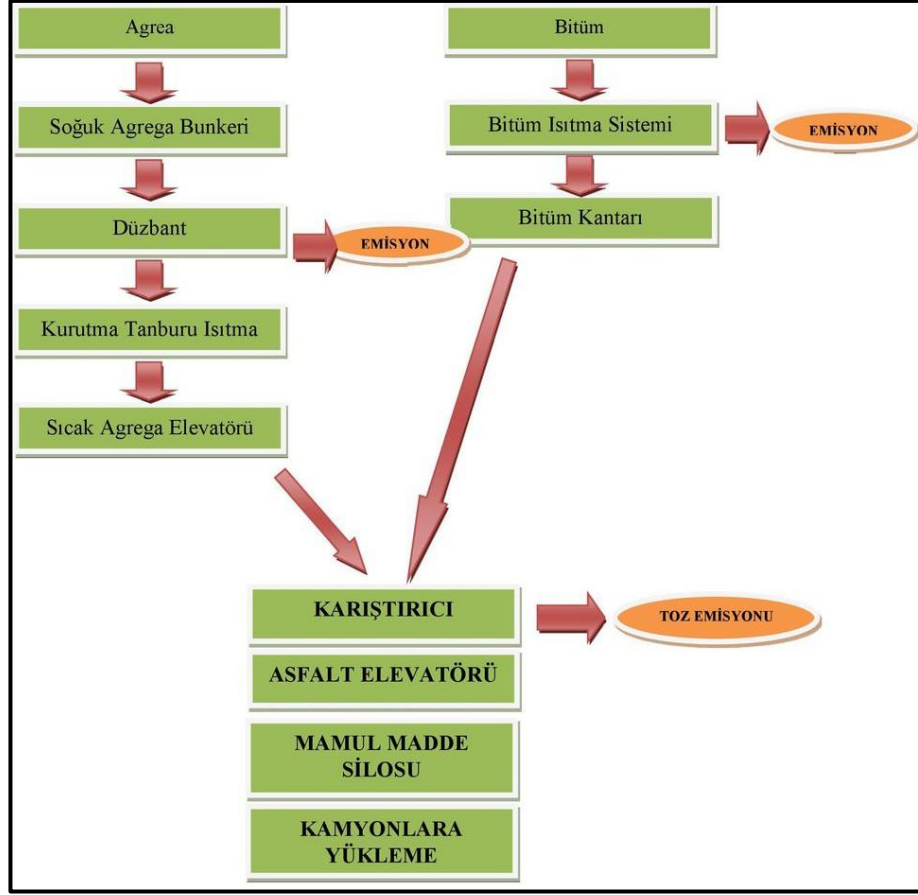
Şekil 4.37 Uluyazı Kampüsünde kullanılan filtrasyon agregası



Şekil 4.38 Serilen geocell hücrelerinin filtrasyon agregası ile doldurularak sıkıştırılması

4.3.4 Yol inşaatı ve katmanları

Asfalt, bitüm ve agrega olarak üzere iki maddeden oluşan bir karışımın ürünüdür (Şekil 4.39). Karışımındaki agrega ve bitüm oranları karışımın kullanılacağı tabakaya ve özelliğine bağlı olarak değişmekle birlikte karışımın yaklaşık %95'i agrega %5'i bitümdür.

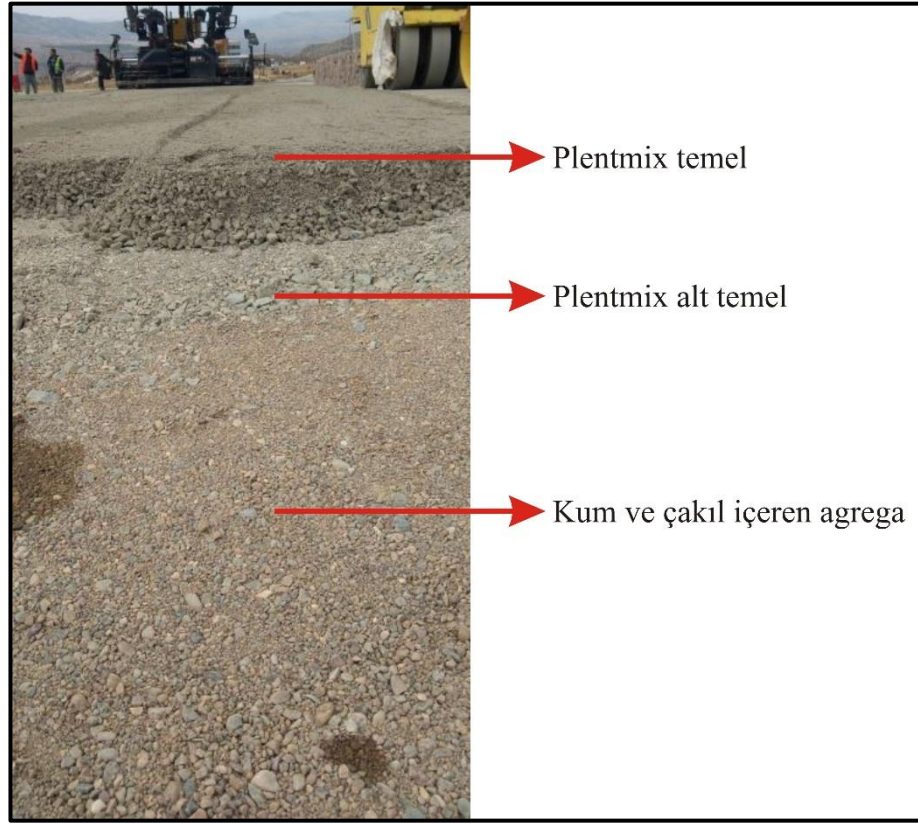


Şekil 4.39 Asfalt plenti iş akış şeması

Bitüm; ham petrolün çökmesi sonucu elde edilen veya arıtılarak damıtılması ile elde edilen, koyu kahverengi ile siyah arası renge sahip, akışkan ya da katı hallerde bulunabilen, uçucu özelliğe sahip olmayan ve yapışkan özelliğe sahip bir maddedir.

Asfalt yol karışımında kullanılan agregalar, karışım dizaynına bağlı olarak fiziksel özelliklerine ve boyutlarına göre sınıflandırılarak seçilen sert kaya parçalarıdır. Bunlar kırmataş, çakıl ve kum gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın cürufu gibi yapay olabilmektedir. Asfalt karışım, yol üstyapısının "kaplama" tabakasında kullanılmaktadır. Kaplama tabakasında kullanılacak asfalt karışımının bazı koşulları sağlaması gerekmektedir. Bunlar, taşıtlar için düzgün konforlu kaymaya dirençli ve güvenli bir yol yüzeyi oluşturmalıdır.

Yol inşaatının alt temelinden, aşınma asfalt betonuna kadar her kademesinde agrega vardır. Kırmataş agregalar, yol inşaatlarının temel kısmını oluşturan plentmix temel ve plentmix alt temel tabakalarında kullanılan boyutları Dmax 38 mm olan agrega tipidir (Şekil 4.40). Yol plent-miks temel malzemeleri; yol gövdesinin plent-miks temel tabakasının oluşturulmasında kullanılan, primer kırma ve eleme işleminden geçirilerek elde edilen agreganın, mekanik plentte belirli oranda su ile karıştırılmasıyla hazırlanan ve yolda finişer ile serilen malzemelerdir. Şekil 4.41’de karayollarında yol plent-miks temel malzemelerinin üzerine uygulanan asfalt tabakaları gözlenmektedir.



Şekil 4.40 Uluyazı Kampüsünde yol inşaatının temel katmanları



Şekil 4.41 Karayollarında kullanılan asfalt tabakaları

4.3.5 Heyelan riski olan yamaçlarda iyileştirme çalışmalarının yapılması

Yapılaşma, insanoğlunun varlığından itibaren artarak devam eden bir süreçtir. Bu süreçte yapılar her zaman düz arazilere yapılamamaktadır. Yerleşim yerlerinin merkezlerinde düz arazilerin zamanla azalması ile birlikte eğimli arazilerde yapılaşma artmaktadır ve yapıların eğimli yüzeylerdeki şev problemleriyle karşılaşması kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu araziler üzerine yapılan tüm mühendislik yapılarında, heyelanların ortaya çıkaracağı sorunların bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Heyelanlar Türkiye’de verdikleri zarar açısından depremlerden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Heyelan terimi kaya, döküntü örtüsü veya topraktan oluşmuş kütlelerin yerçekimi etkisi ile yerlerinden koparak yer değiştirmesi olarak tanımlanır (Erinç 2000). Heyelanların gerçekleşmesini tetikleyici unsurlar, şev stabilitesinin sağlanamaması, aşırı su alma, zemin özellikleri, tabakalanma, iklimsel sıcaklık farklılıkları nedeni ile kayalarda meydana gelen ufalanmalar, yeraltı sularının zemin tabakaları arasındaki bağı azaltması, beşeri müdahaleler ve deprem gibi sarsıntı ve titreşim meydana getirecek faktörler olarak sıralanabilir. Heyelanlar yapılarda hasara neden olmakla beraber karayolları ve eğimli tarım arazileri de etkilenmektedir. Ulaşım hatları da

heyelanlardan en çok etkilenen yapı alanlarından birisidir. Heyelanların iyileştirilmesinde bir çok yöntem kullanılmakla birlikte bu çalışmada heyelan bölgesinin hücresel dolgu ile şev stabilitesinin sağlanması amaçlanmıştır. İlk olarak, yol altyapısında sıkıştırılmış zemin ile dolgu yapılarak yamacın eğimi azaltılmıştır (Şekil 4.42). Ayrıca, Uluyazı bölgesinin doğal topoğrafyasında bulunan jips-kil aralanmalarının bitki yetişmesini olumsuz yönde etkilenmesi, bu yapılan dolgu ile jipsli arazi örtüsünün kapatılması ile bertaraf etmektir. Yeni dolgu malzemesi ile beraber kullanılacak hücresel dolgu sistemi, bitki köklerinin yamaca daha sağlam tutunarak dikey kök salmayı artırmasıyla heyelan önleme çalışmasına katkıda bulunacaktır. Bu uygulamalara ek tedbir olarak, heyelan bölgesine akan drenaj tahliye sularının hatları değiştirilmiştir.

Eğimin azaltılması

Düzensiz olan yamaç bölgesinde, iyileştirme çalışmaları için yüklerin düzenli bir şekilde dağılmasını sağlayacak eğim azaltma çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 Heyelan bölgesi eğim azaltma çalışmaları

Yamaç dolgu toprağının değiştirilmesi

Arazinin doğal jeolojisinde bulunan suya çok duyarlı olan çamurtaşı-jips biriminin yüzeysel yağmur suları gibi etkenlerle ayrışması ve erimesi sebebiyle yeni yarık ve vadilerin oluşmaması için sıkıştırılmış dolgu malzemesi (bazalt) serilmiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43 Şev dolgusu iyileştirme çalışmaları

Geohücre ile güçlendirilmesi

Şev yüzeyinin tamamı gerekli kazı ve dolgu işlemleri ile uniform şekilde düzenlenerek geohücrenin serilmesi için uygun hale getirilmiştir (Şekil 4.44). Hücresel dolgu sisteminin her parçası bağlantı noktalarından kelepçeler ile bağlanmalı ve her bir hücre gözeneklerinin tam olarak açılmasına dikkat edilmelidir. Hücresel dolgu sisteminin zemine ankrajlanması zeminin özelliklerine göre uzunluğu 50 cm-100 cm arasında ve çapı 12 cm-16 cm olan burgulu ankraj demirleri ile yapılmalıdır. Yine zeminin özelliğine göre m²'ye 3 adet ankraj demiri kullanılmalıdır. Ankrajlarla sabitlenen hücresel dolgu sisteminin üzerine bitkisel toprak sererek bitki yetiştirmeye elverişli hale getirilmiştir (Şekil4.45).



Şekil 4.44 Hücresel dolgunun serilmesi



Şekil 4.45 Hücresel dolgu üzerine bitkisel toprağın serilmesi

Ağaçlandırma işlemleri

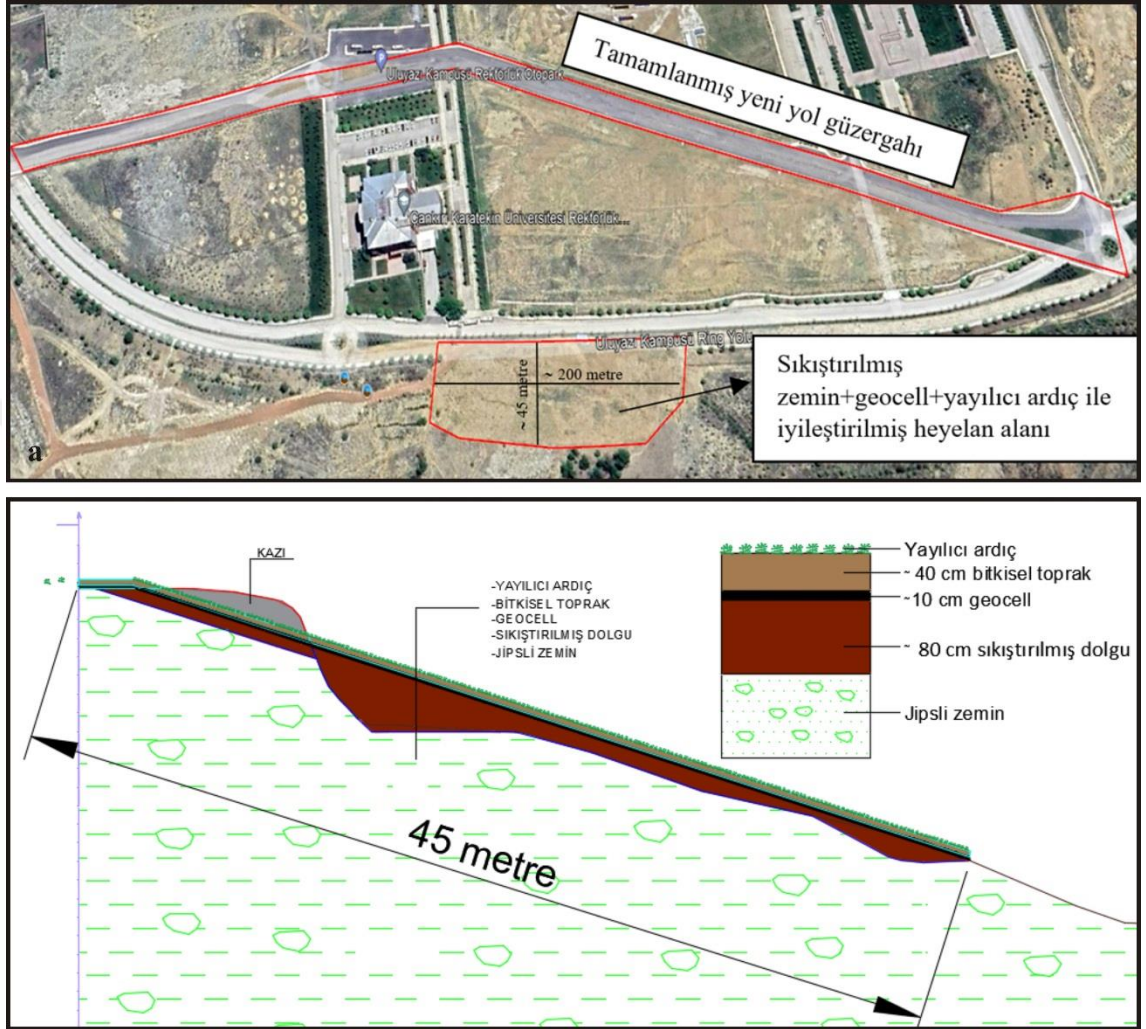
Bitkisel toprak serilen yamacın ağaçlandırma işlemleri için arazi ve bölgesel iklim Őartlarına uygun olan yayılıcı (yatık) mavi ardı bitkisi Őeilmiřtir (Şekil 4.46). Bu bitkiye ait genel zellikler Őu Şekilde sıralanabilir:

- Güneře ve soğuğa çok dayanıklıdır
- Kurak topraklarda kökleriyle derinlere inerek suya ulařır
- Alçak formuyla bir yer örtücü halı gibi yüzeye yayılır
- Sürekli kök atarak ilerlediėinden yamaç ve Şev için uygundur



Şekil 4.46 Bitkilendirme alışması

İyileştirme çalışmaları sonucunda Uluyazı Kampüsü yeni yol güzergahı ve heyelan alanının son durumu Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



Şekil 4.47 İyileştirilen heyelan alanı. a) heyelan alanının Google earth’deki görünümü, b) heyelan alanına uygulanan iyileştirme metodlarını gösterir kesit

5. BULGULAR

Çalışmamızın bu bölümünde, materyal ve metot başlığında değindiğimiz çalışmalar ve araştırmalar sonucunda proje bölgesinden elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan bulgulara değinilmiştir.

5.1 Arazi Araştırmaları ve Deneyler

Arazi çalışmaları, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı-Yapılar için Temel Sondajları Teknik Şartnamesi'ne uygun olarak yapılmıştır. Çalışmalar kapsamında 13 adet toplam 520,20 m derinliğinde sondaj yapılmıştır. Sondajlar sırasında zeminden numuneler alınmış ve yerinde deneyler yapılmıştır. Ayrıca yer altı suyu gözlemi gözlem kuyuları açılmıştır ve litolojik formasyonlarda sürekli karot alınarak ilerleme yapılmıştır.

5.1.1 Sondaj kuyuları

Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanında toplam 13 adet sondaj yapılmıştır. Sondajlara ait bilgiler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Sondaj derinlikleri ve koordinatları

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	KOORDİNATLAR		
		X	Y	Z
SK-1	40,70	551984,64	4498901,78	880,04
SK-2	40,70	551945,67	4498853,16	875,70
SK-3	50,30	551888,95	4498838,57	862,33
SK-4	25,00	551819,00	4498780,99	811,57
SK-5	41,50	551972,43	4498822,69	870,34
SK-6	52,00	551948,96	4498806,44	864,12
SK-7	41,00	551873,35	4498754,72	829,57
SK-8	30,00	551842,77	4498723,47	822,90
SK-9	41,50	551924,85	4498898,91	877,57
SK-10	50,50	551882,66	4498876,99	860,05
SK-11	50,50	551843,93	4498864,52	855,53
SK-12	30,00	551764,95	4498845,58	815,46
SK-13	26,50	551987,67	4498792,87	871,94

5.1.2 Yeraltı suları

İnceleme alanında yapılan sondajlar sırasında gözlenen yeraltı suyu ölçüm bilgileri Çizelge 5.2’de verilmektedir.

Çizelge 5.2 Yer altı suyu ölçüm bilgileri (gözlem kuyuları)

SONDAJ NO	KOORDİNATLAR			YERALTI SUYU DERİNLİĞİ (m)	YERALTI SUYU KOTU
	X	Y	Z		
YSK-1	551966,67	4498830,08	870,31	8,20	862,11
				8,30	862,01
				8,40	861,91
				7,80	862,51
				8,20	862,11
				8,00	862,31
YSK-2	551952,25	4498801,99	864,52	4,00	860,52
				4,20	860,32
				4,30	860,22
				4,50	860,02
				6,10	858,42
				5,30	859,22
				5,65	858,87
				5,80	858,72
YSK-3	551814,23	4498750,82	812,84	7,50	805,34
				8,00	804,84
				8,10	804,74
				10,65	802,19
				11,75	801,09
				12,40	800,44
				12,20	800,64

5.1.3 Laboratuvar deneyleri ve analizleri

Sondajlardan alınan örselenmemiş (UD) ve örselenmiş (SPT) numuneler ve kaya numuneleri üzerinde zeminin özelliklerini belirlemek amacı ile gerekli zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler TS-1900-1 ve ASTM standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Zemin indeks / fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Sondajlar sırasında alınan numuneler üzerinde zeminlerin sınıflandırılmasına ışık tutacak tanımlama deneyleri yapılmıştır. Tanımlama için numuneler üzerinde standart olarak Atterberg limitleri ile granülometrik özelliklerinin tayini için elek analizi ve hidrometre deneyi yapılmıştır. Ayrıca doğal birim ağırlık, doğal su muhtevası, değerleri, elek analizi sonuçları ve zeminlerin birleşik sınıflandırma sistemine göre tanımları da belirlenmiştir (Çizelge 5.3-5.8).

Zeminlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Zeminin kayma mukavemeti ve sıkışabilirlik özelliklerinin tayini için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Kayma dayanımı parametrelerini tayin etmek amacı ile örselenmemiş numuneler (UD) üzerinde serbest basınç deneyi ile konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Serbest basınç deneyi 4 adet numune üzerinde, konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyi ise 6 adet numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Zemin tabakalarının sıkışabilirlik özelliklerinin tayini için 5 adet örselenmemiş (UD) numune üzerinde konsolidasyon deneyi yapılmıştır.

Bu deneylerden elde edilen sonuçlar tablolar halinde belirtilmiştir (Çizelge 5.9).

Kaya mekaniği deneyleri

Kaya birimlerden alınan karotlar üzerinde 42 adet tek eksenli basınç deneyi, 5 adet üç eksenli basınç deneyi, 47 adet doğal birim ağırlık ve 2 adet Elastisite Modülü-Poisson Oranı deneyleri yapılmıştır. Alınan sonuçlar tablolar halinde verilmiştir (Çizelge 5.10, 5.11).

Çizelge 5.3 SK-1'den SK-7'ye zemin indeksi deney verileri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	Wn%	γ_n KN/m ³	Gs
SK-1	UD-1	1,50-2,00	19,84	19,37	2,41
SK-1	SPT-1	2,00-2,07	16,00		
SK-1	SPT-3	4,50-4,68	18,12		
SK-1	SPT-4	6,00-6,07	15,75		
SK-1	SPT-6	9,00-9,24	17,91		
SK-1	SPT-7	10,50-10,59	12,61		
SK-1	SPT-8	12,00-12,11	14,63		
SK-1	SPT-9	13,50-13,64	12,59		
SK-1	SPT-11	16,50-16,95	27,51		2,83
SK-1	SPT-12	18,00-18,08	32,53		
SK-1	SPT-13	19,50-19,60	18,70		
SK-1	SPT-15	22,50-22,61	30,40		2,75
SK-2	UD-1	1,50-1,75	18,30	19,27	2,51
SK-2	UD-2	3,00-3,25	13,79		2,49
SK-2	SPT-3	4,50-4,85	3,98		
SK-2	SPT-4	6,10-6,20	18,67		
SK-2	SPT-5	7,50-7,95	13,30		
SK-2	UD-3	9,00-9,20	13,44		2,42
SK-2	SPT-7	10,50-10,95	23,17		
SK-2	SPT-8	12,25-12,70	25,12		2,84
SK-2	UD-4	12,00-12,25	16,88		
SK-2	UD-5	13,50-13,75	9,77		2,48
SK-2	SPT-10	15,00-15,45	21,26		
SK-2	UD-6	18,00-18,30	16,09		2,47
SK-2	SPT-13	19,50-19,72	20,12		
SK-3	SPT-1	1,50-1,95	15,06		2,45
SK-3	SPT-2	3,00-3,35	7,52		
SK-3	SPT-4	6,00-6,28	22,05		
SK-3	SPT-5	7,50-7,77	18,0		
SK-3	SPT-7	10,50-10,95	32,5		2,91
SK-3	SPT-8	12,00-12,45			
SK-3	SPT-11	16,50-16,86	14,0		
SK-4	UD-1	1,50-1,70	21,71	19,58	2,50
SK-4	UD-2	3,00-3,20	9,52		2,52
SK-4	SPT-3	4,50-4,60	9,68		
SK-5	SPT-1	1,50-1,72	13,49		
SK-5	SPT-2	3,00-3,14	14,70		
SK-5	SPT-4	10,50-10,95	20,55		2,66
SK-6	SPT-1	1,50-1,95	16,99		
SK-6	UD-1	3,00-3,40	19,97		2,40
SK-6	SPT-3	4,50-4,95	22,39		
SK-6	UD-2	6,00-6,25	14,73	19,72	2,41
SK-6	UD-3	9,00-9,25	19,44		
SK-6	SPT-6	10,50-10,95			
SK-6	SPT-8	13,00-13,20	14,69		2,52
SK-7	SPT-1	1,50-1,95	6,07		
SK-7	UD-1	3,00-3,30	21,5		2,50
SK-7	SPT-2	3,30-3,75	17,8		
SK-7	SPT-5	7,50-7,95	34,2		2,78
SK-7	UD-2	9,00-9,50	23,4		2,82
SK-7	UD-3	12,00-12,35	29,7	19,58	
SK-7	UD-4	13,50-13,75	19,3		2,41
SK-7	UD-5	15,00-15,20	9,6		2,47
SK-7	SPT-10	15,20-15,55	12,9		2,40

Çizelge 5.4 SK-8'den SK-13'e zemin indeksi deney verileri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	Wn%	γ_n KN/m ³	Gs
SK-8	SPT-1	1,50-1,95	5,54		
SK-8	SPT-2	3,00-3,45	7,29		
SK-8	SPT-3	4,50-4,95	12,20		
SK-8	SPT-4	6,00-6,45	9,00		
SK-8	SPT-5	7,50-7,95	14,16		
SK-8	SPT-6	9,00-9,45	23,85		
SK-8	SPT-7	10,90-11,35	10,52		2,60
SK-8	UD-1	10,50-10,90	21,88		2,54
SK-8	UD-2	12,00-12,30	22,26		
SK-8	UD-3	13,50-14,00	23,41	19,25	2,47
SK-8	SPT-10	15,00-15,40	16,86		
SK-8	SPT-11	16,50-16,95	15,86		
SK-8	SPT-12	18,00-18,38	14,72		
SK-8	UD-4	19,50-19,85	14,33		2,57
SK-9	UD-1	1,50-1,80	6,09		
SK-9	UD-3	4,50-4,90	13,42		2,40
SK-9	UD-4	6,00-6,30	24,04	19,15	
SK-9	SPT-5	7,60-8,05	26,48		2,40
SK-9	UD-5	9,00-9,30	22,17		2,45
SK-9	SPT-7	10,50-10,57	11,33		
SK-9	SPT-8	12,00-12,43	17,68		
SK-9	SPT-11	16,50-16,95	20,03		
SK-9	UD-6	18,00-18,30	13,82		
SK-9	SPT-12	18,30-18,75	27,35		2,76
SK-9	UD-7	19,50-19,75	14,60	19,65	
SK-9	SPT-15	22,50-22,92	16,22		2,41
SK-9	SPT-17	25,50-25,95	24,42		2,82
SK-9	SPT-21	35,50-35,95	15,94		2,54
SK-10	SPT-1	1,50-1,95	4,86		
SK-10	UD-1	3,00-3,40	14,1	19,88	2,48
SK-10	SPT-3	4,50-4,95	13,9		
SK-10	SPT-5	7,50-7,63	12,9		
SK-10	SPT-6	9,00-9,45			
SK-10	UD-2	10,50-10,70	22,9		2,60
SK-10	SPT-9	16,50-16,95	21,1		2,82
SK-10	UD-3	17,00-17,40	16,6		
SK-11	SPT-1	1,50-1,95	4,00		
SK-11	UD-1	3,00-3,30	26,58	19,58	2,48
SK-11	SPT-3	4,50-4,95	31,53		
SK-11	UD-2	6,00-6,15	22,39		
SK-11	SPT-5	7,50-7,95	21,17		
SK-11	UD-3	9,00-9,25	16,67		2,55
SK-11	UD-4	12,00-12,25	24,73		2,60
SK-11	SPT-9	13,50-13,55	9,48		
SK-12	D-1	1,50-1,60	4,92		
SK-13	UD-1	1,50-2,00	17,49	18,94	2,40
SK-13	UD-2	3,00-3,30	21,77		2,42
SK-13	SPT-3	4,50-4,95	22,89		
SK-13	SPT-4	6,10-6,50	12,55		
SK-13	UD-3	7,50-7,75	15,05		2,40
SK-13	SPT-6	9,00-9,22	14,3		2,40
SK-13	SPT-7	10,50-10,95	16,2		
SK-13	UD-4	12,00-12,35	23,1	19,78	2,58
SK-13	SPT-10	15,00-15,45			

Çizelge 5.5 SK-1'den SK-7'ye zemin sınıflandırma verileri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	ELEK ANALİZİ YÜZDE GEÇEN				USCS
			4	10	40	200	
SK-1	UD-1	1,50-2,00	74,1	66,3	57,9	46,1	SC
SK-1	SPT-1	2,00-2,07	69,4	65,3	60,1	54,1	CH
SK-1	SPT-3	4,50-4,68	85,5	83,0	77,4	73,3	CH
SK-1	SPT-4	6,00-6,07	87,5	83,1	75,4	67,9	CH
SK-1	SPT-6	9,00-9,24	71,6	67,3	63,0	59,7	CH
SK-1	SPT-7	10,50-10,59	81,5	73,9	64,3	52,9	CL
SK-1	SPT-8	12,00-12,11	76,3	65,6	52,9	44,9	SC
SK-1	SPT-9	13,50-13,64	58,4	51,6	44,1	36,9	GM
SK-1	SPT-11	16,50-16,95	78,9	76,0	73,8	72,7	CH
SK-1	SPT-12	18,00-18,08	87,6	80,8	73,9	71,5	CH
SK-1	SPT-13	19,50-19,60	61,1	57,4	54,1	52,6	CH
SK-1	SPT-15	22,50-22,61	96,4	93,2	89,2	85,7	CL
SK-2	UD-1	1,50-1,75	88,5	83,5	79,3	73,1	CH
SK-2	UD-2	3,00-3,25	63,6	60,4	55,6	49,2	GC
SK-2	SPT-3	4,50-4,85	41,3	34,8	28,6	24,1	GM
SK-2	SPT-4	6,10-6,20	61,3	54,3	46,5	40,8	GM
SK-2	SPT-5	7,50-7,95	78,3	70,7	58,5	44,7	SC
SK-2	UD-3	9,00-9,20	39,6	36,7	33,5	27,1	GC
SK-2	SPT-7	10,50-10,95	70,2	65,0	58,3	52,1	CL
SK-2	SPT-8	12,25-12,70	86,8	83,0	81,0	79,0	CL
SK-2	UD-4	12,00-12,25	73,3	67,7	62,3	57,6	CH
SK-2	UD-5	13,50-13,75	67,4	64,6	62,2	56,3	CL
SK-2	SPT-10	15,00-15,45	58,5	53,2	48,8	45,2	GC
SK-2	UD-6	18,00-18,30	53,4	51,1	48,5	45,6	GC
SK-2	SPT-13	19,50-19,72	77,6	72,8	67,5	62,3	ML
SK-3	SPT-1	1,50-1,95	91,2	85,3	73,3	65,1	CH
SK-3	SPT-2	3,00-3,35	59,0	52,3	45,3	42,2	GC
SK-3	SPT-4	6,00-6,28	72,5	62,0	49,8	42,5	SM
SK-3	SPT-5	7,50-7,77	71,0	66,5	61,6	59,5	MH
SK-3	SPT-7	10,50-10,95	57,4	49,1	42,6	35,4	GC
SK-3	SPT-8	12,00-12,45					
SK-3	SPT-11	16,50-16,86	79,9	67,2	50,3	35,3	SC
SK-4	UD-1	1,50-1,70	94,0	89,4	84,7	79,4	CH
SK-4	UD-2	3,00-3,20	38,3	32,8	27,4	22,1	GC
SK-4	SPT-3	4,50-4,60	71,6	61,5	53,2	47,5	GM
SK-5	SPT-1	1,50-1,72	84,6	76,3	67,5	60,7	CL
SK-5	SPT-2	3,00-3,14	72,0	64,2	54,5	44,6	GM
SK-5	SPT-4	10,50-10,95	64,7	61,1	54,9	47,0	GC
SK-6	SPT-1	1,50-1,95	71,4	67,5	60,7	52,9	MH
SK-6	UD-1	3,00-3,40	72,3	69,0	63,1	54,8	CH
SK-6	SPT-3	4,50-4,95	83,3	79,5	71,6	61,7	CH
SK-6	UD-2	6,00-6,25	99,5	98,9	98,2	97,3	CH
SK-6	UD-3	9,00-9,25	44,9	38,6	34,8	29,6	GC
SK-6	SPT-6	10,50-10,95					
SK-6	SPT-8	13,00-13,20	83,3	81,0	76,8	63,8	CL
SK-7	SPT-1	1,50-1,95	40,6	36,1	32,6	28,9	GM
SK-7	UD-1	3,00-3,30	80,4	75,8	71,1	65,4	CH
SK-7	SPT-2	3,30-3,75	72,7	64,4	57,0	49,9	GC
SK-7	SPT-5	7,50-7,95	74,4	68,8	65,1	62,6	CL
SK-7	UD-2	9,00-9,50	70,7	67,8	63,7	59,8	CH
SK-7	UD-3	12,00-12,35	78,2	74,1	70,4	67,9	CH
SK-7	UD-4	13,50-13,75	57,4	54,3	49,7	44,6	GC
SK-7	UD-5	15,00-15,20	58,6	44,9	35,0	27,8	GM
SK-7	SPT-10	15,20-15,55	59,2	48,6	38,0	28,2	GC

Çizelge 5.6 SK-8'den SK-13'e zemin sınıflandırma verileri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	ELEK ANALİZİ YÜZDE GEÇEN				USCS
			4	10	40	200	
SK-8	SPT-1	1,50-1,95	30,8	26,1	22,5	17,8	GM
SK-8	SPT-2	3,00-3,45	36,8	29,7	25,9	21,6	GM
SK-8	SPT-3	4,50-4,95	22,7	20,0	18,8	16,6	GM
SK-8	SPT-4	6,00-6,45	20,7	17,5	15,7	13,7	GM
SK-8	SPT-5	7,50-7,95	35,9	31,0	26,4	22,1	GC
SK-8	SPT-6	9,00-9,45	53,4	48,3	42,5	37,8	GM
SK-8	SPT-7	10,90-11,35	51,3	48,3	42,7	35,3	GM
SK-8	UD-1	10,50-10,90	70,6	67,1	62,5	58,3	CH
SK-8	UD-2	12,00-12,30	55,6	51,3	46,5	43,0	GC
SK-8	UD-3	13,50-14,00	98,0	95,4	90,6	84,1	CH
SK-8	SPT-10	15,00-15,40	92,5	86,8	79,3	68,0	CL
SK-8	SPT-11	16,50-16,95	71,0	58,3	46,2	33,4	SC
SK-8	SPT-12	18,00-18,38	58,2	48,1	38,0	29,3	GC
SK-8	UD-4	19,50-19,85	40,8	34,6	28,8	22,7	GC
SK-9	UD-1	1,50-1,80	53,5	50,6	43,9	34,9	GM
SK-9	UD-3	4,50-4,90	47,2	43,9	40,4	37,5	GC
SK-9	UD-4	6,00-6,30	79,5	77,3	75,0	70,8	CH
SK-9	SPT-5	7,60-8,05	100,0	99,4	96,5	89,2	CL
SK-9	UD-5	9,00-9,30	29,2	27,3	24,8	22,7	GC
SK-9	SPT-7	10,50-10,57	57,5	45,8	35,3	26,1	GM
SK-9	SPT-8	12,00-12,43	84,8	71,8	61,8	54,4	CH
SK-9	SPT-11	16,50-16,95	81,6	71,8	61,2	52,2	CH
SK-9	UD-6	18,00-18,30	47,0	42,1	35,8	32,7	GC
SK-9	SPT-12	18,30-18,75	97,5	95,6	94,5	93,2	CH
SK-9	UD-7	19,50-19,75	56,1	49,7	44,1	39,9	GC
SK-9	SPT-15	22,50-22,92	77,9	73,5	69,6	64,4	CL
SK-9	SPT-17	25,50-25,95	81,3	80,0	78,4	77,2	CH
SK-9	SPT-21	35,50-35,95	100,0	100,0	100,0	97,5	CL
SK-10	SPT-1	1,50-1,95	95,2	90,6	74,4	52,1	SM
SK-10	UD-1	3,00-3,40	60,0	56,1	48,7	38,0	GC
SK-10	SPT-3	4,50-4,95	89,4	82,9	72,2	62,0	ML
SK-10	SPT-5	7,50-7,63	64,4	54,4	45,7	34,3	GM
SK-10	SPT-6	9,00-9,45					
SK-10	UD-2	10,50-10,70	58,1	55,6	54,6	54,1	CH
SK-10	SPT-9	16,50-16,95	77,0	70,9	63,9	51,5	CL
SK-10	UD-3	17,00-17,40	76,5	74,0	72,0	66,2	CL
SK-11	SPT-1	1,50-1,95	80,1	67,8	53,9	42,8	SM
SK-11	UD-1	3,00-3,30	98,9	96,4	90,6	86,8	MH
SK-11	SPT-3	4,50-4,95	93,1	89,6	84,8	80,0	CH
SK-11	UD-2	6,00-6,15	74,6	60,0	48,7	42,5	SM
SK-11	SPT-5	7,50-7,95					
SK-11	UD-3	9,00-9,25	65,5	58,6	52,3	44,3	GC
SK-11	UD-4	12,00-12,25	99,9	99,6	99,4	99,2	CH
SK-11	SPT-9	13,50-13,55	68,1	50,4	26,7	13,8	SM
SK-12	D-1	1,50-1,60					
SK-13	UD-1	1,50-2,00	65,0	63,2	59,2	52,2	CL
SK-13	UD-2	3,00-3,30	45,0	43,2	40,7	37,3	GC
SK-13	SPT-3	4,50-4,95	96,0	93,9	92,4	89,9	CL
SK-13	SPT-4	6,10-6,50	86,1	79,4	70,0	35,8	SM
SK-13	UD-3	7,50-7,75	61,5	60,8	59,9	56,4	CL
SK-13	SPT-6	9,00-9,22	70,2	59,0	49,5	40,8	GM
SK-13	SPT-7	10,50-10,95	92,8	92,5	91,9	91,0	CL
SK-13	UD-4	12,00-12,35	85,1	82,2	80,3	77,8	CH
SK-13	SPT-10	15,00-15,45					

Çizelge 5.7 SK-1'den SK-7'ye zemin Atterberg limitleri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	ATTERBERG LİMİTLERİ		
			LL	PL	PI
SK-1	UD-1	1,50-2,00	45,1	20,6	24,6
SK-1	SPT-1	2,00-2,07	62,3	23,4	38,8
SK-1	SPT-3	4,50-4,68	89,5	28,9	60,6
SK-1	SPT-4	6,00-6,07	57,4	29,6	27,8
SK-1	SPT-6	9,00-9,24	74,7	26,3	48,4
SK-1	SPT-7	10,50-10,59	47,0	26,5	20,5
SK-1	SPT-8	12,00-12,11	55,8	24,8	31,0
SK-1	SPT-9	13,50-13,64	56,6	32,1	24,6
SK-1	SPT-11	16,50-16,95	100,7	24,1	76,6
SK-1	SPT-12	18,00-18,08	81,6	29,6	52,0
SK-1	SPT-13	19,50-19,60	77,3	32,5	44,8
SK-1	SPT-15	22,50-22,61	49,3	24,6	24,6
SK-2	UD-1	1,50-1,75	50,2	25,4	24,8
SK-2	UD-2	3,00-3,25	49,6	22,8	26,8
SK-2	SPT-3	4,50-4,85		N,P	
SK-2	SPT-4	6,10-6,20		N,P	
SK-2	SPT-5	7,50-7,95	46,5	9,8	36,8
SK-2	UD-3	9,00-9,20	50,3	22,4	27,9
SK-2	SPT-7	10,50-10,95	49,3	24,6	24,7
SK-2	SPT-8	12,25-12,70	46,6	22,9	23,8
SK-2	UD-4	12,00-12,25	71,9	29,3	42,6
SK-2	UD-5	13,50-13,75	37,2	21,8	15,4
SK-2	SPT-10	15,00-15,45	90,2	24,0	66,2
SK-2	UD-6	18,00-18,30	55,6	24,5	31,0
SK-2	SPT-13	19,50-19,72	47,3	28,3	19,1
SK-3	SPT-1	1,50-1,95	50,5	21,1	29,4
SK-3	SPT-2	3,00-3,35	61,6	31,1	30,4
SK-3	SPT-4	6,00-6,28	79,3	39,7	39,6
SK-3	SPT-5	7,50-7,77	60,7	31,6	29,1
SK-3	SPT-7	10,50-10,95	61,0	28,8	32,1
SK-3	SPT-8	12,00-12,45			
SK-3	SPT-11	16,50-16,86	36,0	16,0	20,0
SK-4	UD-1	1,50-1,70	50,4	23,8	26,6
SK-4	UD-2	3,00-3,20	35,2	18,6	16,6
SK-4	SPT-3	4,50-4,60		N,P	
SK-5	SPT-1	1,50-1,72	46,9	25,3	21,6
SK-5	SPT-2	3,00-3,14		N,P	
SK-5	SPT-4	10,50-10,95	45,3	25,7	19,6
SK-6	SPT-1	1,50-1,95	50,3	29,1	21,2
SK-6	UD-1	3,00-3,40	52,3	24,9	27,4
SK-6	SPT-3	4,50-4,95	53,0	26,3	26,8
SK-6	UD-2	6,00-6,25	60,9	15,7	45,2
SK-6	UD-3	9,00-9,25	48,0	24,0	24,0
SK-6	SPT-6	10,50-10,95			
SK-6	SPT-8	13,00-13,20	42,0	15,7	26,2
SK-7	SPT-1	1,50-1,95	40,4	31,7	8,7
SK-7	UD-1	3,00-3,30	54,4	22,3	32,1
SK-7	SPT-2	3,30-3,75	48,3	22,1	26,2
SK-7	SPT-5	7,50-7,95	47,4	25,6	21,8
SK-7	UD-2	9,00-9,50	64,6	25,3	39,3
SK-7	UD-3	12,00-12,35	58,6	24,0	34,6
SK-7	UD-4	13,50-13,75	56,0	24,4	31,6
SK-7	UD-5	15,00-15,20		N,P	
SK-7	SPT-10	15,20-15,55	47,5	24,7	22,8

Çizelge 5.8 SK-8'den SK-13'e zemin Atterberg limitleri

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	ATTERBERG LİMİTLERİ		
			LL	PL	PI
SK-8	SPT-1	1,50-1,95		N.P	
SK-8	SPT-2	3,00-3,45		N.P	
SK-8	SPT-3	4,50-4,95		N.P	
SK-8	SPT-4	6,00-6,45		N.P	
SK-8	SPT-5	7,50-7,95	41,5	24,4	17,2
SK-8	SPT-6	9,00-9,45		N.P	
SK-8	SPT-7	10,90-11,35	47,7	29,0	18,7
SK-8	UD-1	10,50-10,90	52,9	22,6	30,3
SK-8	UD-2	12,00-12,30	56,9	23,9	33,0
SK-8	UD-3	13,50-14,00	51,8	22,7	29,1
SK-8	SPT-10	15,00-15,40	40,6	21,6	19,0
SK-8	SPT-11	16,50-16,95	33,4	15,0	18,5
SK-8	SPT-12	18,00-18,38	33,4	16,2	17,2
SK-8	UD-4	19,50-19,85	38,2	15,4	22,8
SK-9	UD-1	1,50-1,80	42,2	32,1	10,0
SK-9	UD-3	4,50-4,90	42,1	25,9	16,3
SK-9	UD-4	6,00-6,30	60,0	25,1	34,8
SK-9	SPT-5	7,60-8,05	49,4	23,7	25,7
SK-9	UD-5	9,00-9,30	54,1	22,7	31,4
SK-9	SPT-7	10,50-10,57		N.P	
SK-9	SPT-8	12,00-12,43	59,4	26,0	33,4
SK-9	SPT-11	16,50-16,95	52,1	22,4	29,6
SK-9	UD-6	18,00-18,30	54,2	27,3	26,9
SK-9	SPT-12	18,30-18,75	50,8	20,2	30,5
SK-9	UD-7	19,50-19,75	60,9	28,1	32,9
SK-9	SPT-15	22,50-22,92	44,1	23,9	20,2
SK-9	SPT-17	25,50-25,95	52,0	23,4	28,7
SK-9	SPT-21	35,50-35,95	45,0	20,9	24,1
SK-10	SPT-1	1,50-1,95		N.P	
SK-10	UD-1	3,00-3,40	47,6	23,7	23,9
SK-10	SPT-3	4,50-4,95	45,7	28,6	17,1
SK-10	SPT-5	7,50-7,63		N.P	
SK-10	SPT-6	9,00-9,45			
SK-10	UD-2	10,50-10,70	52,0	19,6	32,4
SK-10	SPT-9	16,50-16,95	47,0	20,0	27,0
SK-10	UD-3	17,00-17,40	37,2	17,4	19,8
SK-11	SPT-1	1,50-1,95	38,2	25,1	13,1
SK-11	UD-1	3,00-3,30	59,7	32,8	27,0
SK-11	SPT-3	4,50-4,95	58,0	25,0	33,0
SK-11	UD-2	6,00-6,15	37,1	25,3	11,8
SK-11	SPT-5	7,50-7,95			
SK-11	UD-3	9,00-9,25	44,3	26,0	18,3
SK-11	UD-4	12,00-12,25	51,5	18,7	32,8
SK-11	SPT-9	13,50-13,55		N.P	
SK-12	D-1	1,50-1,60			
SK-13	UD-1	1,50-2,00	48,9	24,2	24,7
SK-13	UD-2	3,00-3,30	58,3	25,4	32,9
SK-13	SPT-3	4,50-4,95	49,2	22,3	26,9
SK-13	SPT-4	6,10-6,50		N.P	
SK-13	UD-3	7,50-7,75	48,7	22,4	26,3
SK-13	SPT-6	9,00-9,22	49,8	31,7	18,1
SK-13	SPT-7	10,50-10,95	39,4	22,8	16,5
SK-13	UD-4	12,00-12,35	57,1	22,8	34,2
SK-13	SPT-10	15,00-15,45			

Çizelge 5.9 Zemine ait mekanik özellikler

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	DİREKT KESME DENEYİ		ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		SERBEST BASINÇ DENEYİ	KONSOLİDASYON DENEYİ
			C kPa	Φ	C kPa	Φ	qu kPa	ŞİŞME BASINCI kPa
SK-1	UD-1	1,50-2,00					164,1	10
SK-1	SPT-11	16,50-16,95	48,9	15,2				
SK-2	UD-1	1,50-1,75			40,0	7,1		
SK-2	SPT-10	15,00-15,45	70,0	19,0				
SK-4	UD-1	1,50-1,70			58,0	11,4		
SK-5	SPT-4	10,50-10,95	1,7	29,9				
SK-6	UD-2	6,00-6,25			62,0	29,7		12,5
SK-7	UD-3	12,00-12,35			42	6,9		
SK-8	SPT-7	10,90-11,35	2,3	25,4				
SK-8	UD-3	13,50-14,00			50	7,1		
SK-9	UD-4	6,00-6,30					225,3	
SK-9	UD-7	19,50-19,75					242,3	
SK-9	SPT-17	25,50-25,95	32,6	11,7				
SK-10	UD-1	3,00-3,40						44,5
SK-11	UD-1	3,00-3,30			97,0	7,1		
SK-11	UD-4	12,00-12,25	57,0	21,4				
SK-13	UD-1	1,50-2,00					50	7,5
SK-13	UD-4	12,00-12,35	2,6	21,3				7,5

Çizelge 5.10 SK-1'den SK-6'ya kaya zemine ait mekanik özellikler

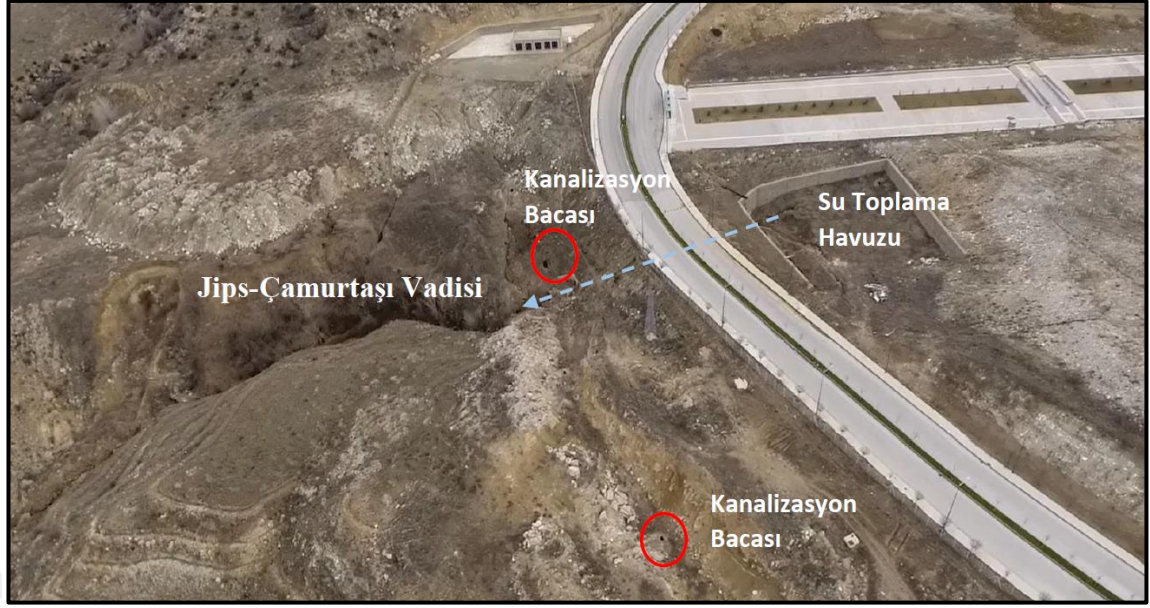
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	DOĞAL BİRİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		TEK EKSENLİ BASINÇ DENEYİ MPa	ELASTİSİTE MODÜLÜ	POISSON ORANI
				C kPa	Φ			
SK-1	1	26,30-26,50	2,30			16,82		
SK-1	2	31,40-31,60	2,29			15,54		
SK-2	1	28,00-28,20	2,25			23,83		
SK-2	2	29,00-29,70	2,29	11	24,3			
SK-2	3	36,30-36,50	2,39			16,87		
SK-3	1	23,00-23,20	2,39			6,96		
SK-3	2	32,60-33,50	2,23	7,8	29,8			
SK-3	3	40,00-40,20	2,35			10,42		
SK-3	4	49,30-49,60	2,35			16,31		
SK-4	1	7,20-7,50	2,36			8,85		
SK-4	2	13,60-13,80	2,42			17,35		
SK-4	3	19,80-20,00	2,44			16,18		
SK-5	1	5,00-5,20	2,28			14,65		
SK-5	2	12,70-12,90	2,30			14,47		
SK-5	3	16,60-16,80	2,33			13,42		
SK-5	4	21,80-22,00	2,28			14,45		
SK-5	5	27,00-27,30	2,44			6,96		
SK-5	6	32,10-32,30	2,42			17,04	5993,10	0,12
SK-5	7	41,30-41,50	2,33			11,70		
SK-6	1	14,20-14,80	2,23	6,30	41,30			
SK-6	2	23,00-23,40	2,40			15,76		
SK-6	3	31,70-32,00	2,32			12,55		
SK-6	4	42,60-43,00	2,34			14,36		
SK-6	5	49,00-49,30	2,36			15,61		

Çizelge 5.11 SK-7'den SK-13'e kaya zemine ait mekanik özellikler

SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	DOĞAL BİRİM AĞIRLIK (g/cm ³)	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		TEK EKSENLİ BASINÇ DENEYİ MPa	ELASTİSİTE MODÜLÜ	POISSON ORANI
				C kPa	Φ			
SK-7	1	20,50-21,50	2,35	10,00	24,10			
SK-7	2	25,50-25,70	2,46			23,66		
SK-7	3	33,80-34,00	2,53			19,52		
SK-7	4	40,50-40,70	2,51			13,28		
SK-8	1	24,60-24,80	2,33			7,31		
SK-8	2	28,60-28,80	2,41			10,39		
SK-9	1	33,10-33,30	2,17			0,82		
SK-9	2	41,00-41,50	2,36			15,52		
SK-10	1	21,00-21,80	2,23	8,00	34,70			
SK-10	2	28,00-28,20	2,31			18,04		
SK-10	3	39,70-40,00	2,28			15,37		
SK-10	4	47,00-47,20	2,29			13,41		
SK-11	1	15,20-16,00	2,20			11,14	3845,20	0,06
SK-11	2	25,00-25,20	2,40			15,31		
SK-11	3	35,70-35,90	2,39			8,90		
SK-11	4	42,20-42,50	2,39			16,86		
SK-12	1	4,00-4,30	2,43			13,21		
SK-12	2	12,85-13,00	2,43			18,32		
SK-12	3	13,20-13,40	2,44			13,05		
SK-12	4	20,30-20,50	2,46			19,25		
SK-12	5	24,00-24,30	2,40			5,97		
SK-13	1	18,60-18,80	2,42			23,26		
SK-13	2	22,20-22,50	2,42			12,82		

5.2 Saha ve Deney Verilerinin Analizi

Arazi incelemelerinde, kampüs alanında bulunan yer altı su tahliye sistemlerinde yüksek debilerle su akışı olduğu görülmüştür. Ayrıca kanalizasyon baca sistemlerinin heyelan sahasında ve kuzeyindeki şevli bölgeler içerisinde de devam ederek su toplama havuzundan hiçbir boru sistemi ve tecrit yapılmadan kontrolsüzce bu vadilere tahliye olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.1). Heyelan alanında yer alan vadide görülen jips-çamurtaşı biriminin tahliye edilen su ile erimesi ve ayrışması, alt kotlara kadar inen derin bir vadinin kazılmasına sebep olmuştur. Bu durumun kampüs yol güzergâhında ve vadideki yamaçlarda uzun vadede duyarlılık problemi yaratma potansiyeli yüksektir. Tüm bu durumların yaratacağı olumsuz etkilerin başında, bölgede heyelanların oluşma riski olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.1 Tahliye bacalarının etkilediği vadiden görünüm

Ayrıca, Çankırı ili etrafında yer alan faylar sismik olarak aktiftir. Çevresinde yer alan ve özellikle büyük ölçekli yıkıcı deprem üretme potansiyeline sahip Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nden (KAFS) önemli ölçüde etkilenmektedir. MTA tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritasına göre il sınırları içerisindeki Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Ilgaz, Bayramören, Sarıalan fay segmenleri, Çankırı Fayı, doğuda Merzifon-Esençay Fayı, güneydoğuda Sungurlu ve Dodurga Fayı bölgedeki önemli tektonik yapılardır. Yakın tarihlerde Haziran 2000 Çankırı-Orta depremi ($M_w = 6,0$) ve 12 Şubat 2019 tarihinde yine Çankırı-Orta merkez üstünde ($M_w = 4,6$) büyüklüğünde meydana gelen deprem, sismik aktivitenin etkin olduğunu ortaya koymaktadır. TBDY 2018'de binaların tasarımında kullanılması amacıyla 4 farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmış olup bu düzeyler Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.12 Deprem yer hareketi düzeyleri (TBDY 2018)

DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	50 YILDA AŞILMA OLASILIĞI (%)	TEKRARLANMA PERİYODU (YIL)	DEPREM YER HAREKETİ NİTELİĞİ
DD-1	2	2475	Çok Seyrek
DD-2	10	475	Seyrek
DD-3	50	72	Sık
DD-4	68	43	Çok Sık

AFAD tarafından hazırlanan “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması” (Url-4) ile mevcut alanın konumundaki zemin etütleri sonucu elde edilen yerel zemin sınıfı ZC’ye ve deprem yer hareketi düzeylerine göre spektral ivme katsayıları Çizelge 5.13’te verilmiştir.

Çizelge 5.13 Deprem yer hareketi düzeylerine ait veriler

PARAMETRELER	DD-1 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	DD-2 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	DD-3 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ	DD-4 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİ
Ss Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]	1,424	0,719	0,269	0,192
S1 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]	0,434	0,228	0,086	0,060
SDS Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]	1,709	0,872	0,350	0,250
SD1 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]	0,651	0,342	0,129	0,090

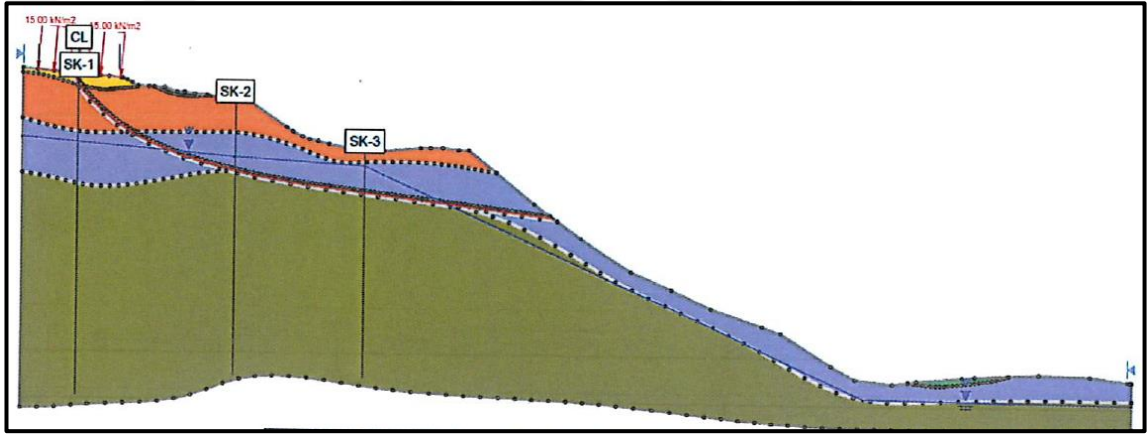
Bu bilgiler, inceleme alanında aktif deprem tehlikesinin göz ardı edilemeyecek derecede yüksek olduğunu göstermektedir. Depremlere bağlı olarak oluşan veya özellikle Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsündeki yol güzergâhı hattında bulunan aktif heyelan sahaları, bu durumdan çok daha fazla etkilenebilir ve bu durumun heyelan sahasındaki kütle ve buna bağlı olarak deformasyon hareketlerini tetiklemesine sebep olacağı düşünülmektedir.

Çizelge 5.14’te saha incelemelerinden elde edilen bilgiler sunulmuştur. Heyelan bölgesinin statik durumda ve bölgenin deprem kuşağındaki risk değerlendirmeleri, Slide 2018 bilgisayar programı kullanılarak durum analizi yapılmıştır (Şekil 5.2, 5.3, 5.4). Risk değerlendirmelerinde depremden kaynaklanan dinamik gerilmeler nedeniyle şevde oluşan kalıcı deformasyonlar (kütleli dayanım kaybı), dinamik yükler altında

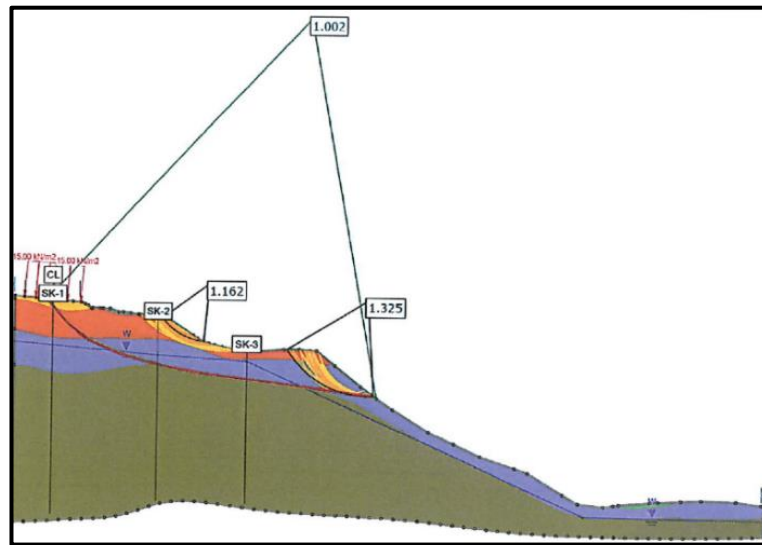
malzemenin gerilme-deformasyon davranışındaki bozulma ve dayanım kaybı nedeniyle oluşan şev stabilitesi bozulması gibi durumlar incelenmiştir.

Çizelge 5.14 Analizlerde kullanılan zemin ve kaya parametreleri özet tablosu

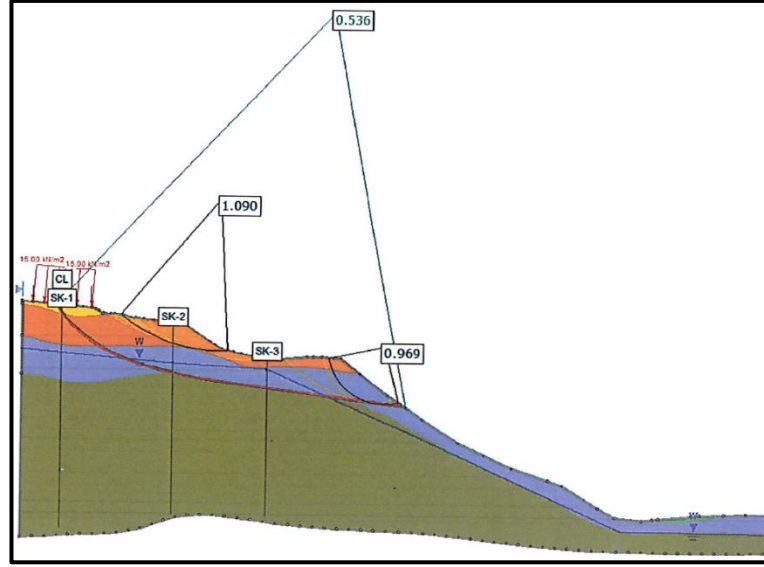
PARAMETRE	KİL	JİPS- ÇAMURTAŞI	KUMTAŞI KONGLOMERA ARDALANMASI	YOL DOLGUSU	PASA	KAYMA DÜZLEMİ	BİRİM
Malzeme Modeli	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	-
Birim ağırlık (γ)	18	23	24	18	18	18	kN/m ³
Kohezyon (c')	3	32	116	1	1	0	kN/m ³
İçsel sürtünme açısı (Φ')	27	32	55	30	30	15	Derece (°)



Şekil 5.2 Mevcut durumu gösterir analiz modeli ekran görüntüsü



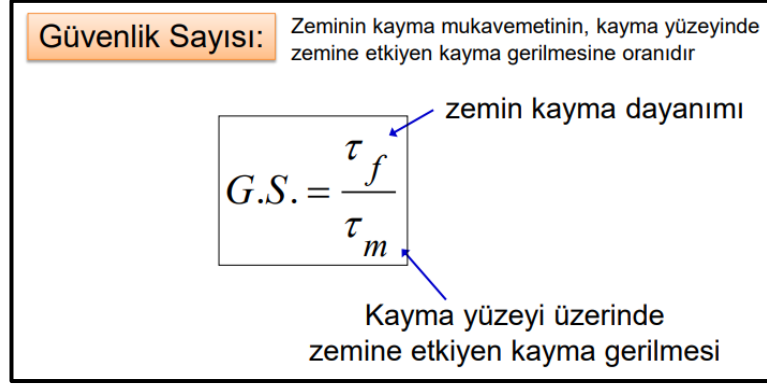
Şekil 5.3 Mevcut durumu gösterir analiz modeli ekran görüntüsü (statik durum)



Şekil 5.4 Mevcut durumu gösterir analiz modeli ekran görüntüsü (deprem durumu)

Analiz modeli ekran görüntülerinden anlaşılacağı üzere heyelan alanının güvenlik sayısı (G.S.) Şekil 5.3'te statik durumda 1'e yaklaşıyorken deprem durumunda Şekil 5.4'te 1'in altına düşüyor ve stabilitenin bozulmasıyla deformasyonların gerçekleşeceği görülmektedir. Güvenlik sayısı (G.S.), Eurocode 7 ve BS 8006 standartlarına göre hesaplanmıştır (Şekil 5.5).

Farklı standartlardaki güvenlik sayıları kullanılarak Kırıkkale-Kalecik karayolunun şev kazısı sırasında meydana gelen heyelanlara ilişkin şev duraylılığı analizlerinde TS 8853, Eurocod 7 ve BS 8006 standartları karşılaştırılmalı olarak kullanılmıştır. Güçlendirilmiş şevler ve toprakarme duvarların analizlerinde BS standardı ile daha güvenilir sonuçlar elde edilmiştir (Büyükkağnıcı ve Işık 2019).



Şekil 5.5 Zemin güvenlik sayısı formülü (EN 1997-1, 2004; British Standard, BS8006-1, 1995)



6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı kampüsünde yapılan yeni yol güzergâhında zeminin litolojik özellikleri ve bunların sebep olduğu bozulmalar ile heyelan bölgesinde görülen deformasyonlar incelenerek çözüm önerileri getirilmesi amacıyla yapılan sondaj, arazi ve laboratuvar deneyleri ile elde edilen sonuçları kapsamaktadır.

Bu güzergâhta yapılabilecek iyileştirmeler için arazinin litolojisine uygun bir takım yeni metotlar ve malzemeler kullanılmıştır.

Çalışmalar kapsamında, heyelan bölgesinde 13 adet toplam 520,20 m derinliğinde ve yeni yol güzergâhı hattında 9 adet olmak üzere toplamda 24 adet sondaj yapılmıştır.

Çalışma alanı sınırları içinde üstte dolgu malzeme, kampüs inşaatı sırasında çıkan hafriyatların dökülmesiyle oluşmaktadır. Blokların boyu 0,50-2,00 m arasında değişmektedir. Bu dolgu malzemesinin altında Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Bozkır formasyonuna ait siltli kil, killi silt, kil birimleri ile jips blokları yer alır. Ara seviyeler halinde izlenen jipslerin yer yer yoğunluğu artmakta ve tane boyutları büyümektedir. Sondajlarda yoğun olarak, tabaka halinde beyaz – sarımsı beyaz renkli jips blokları gözlemlenmiştir. Bozkır formasyonun alt seviyelerinde Üst Miyosen yaşlı Kızılırmak formasyonunun kıvılcımlı çamurtaşı, kumtaşı, çakıltası seviyeleri bulunur.

Yapılan incelemeler neticesinde mevcut heyelan, Bozkır Formasyonu içinde ya da bu formasyon ile Kızılırmak Formasyonu bağlantısına yakın yerlerde meydana gelmiştir.

Çalışma alanında bulunan kayaç birimlerin atmosferik olayların sonucunda ayrışması ve suya doygun hale gelmiş zeminin akmaya maruz kalması, heyelanı tetikleyici unsur olarak göze çarpmaktadır. Yağmur sularının, yeraltı sularının ve kullanım sularının basıncındaki artış neticesinde, doğal zemin yüksek oranda ayrışmaya uğrayarak doğal dengesini yitirmesi ile şevde akma davranışı göstermektedir ve yol güzergâhını tehdit

etmektedir. Çalışma alanında hâkim olan jips birimlerinin doğal ve yapay sulara maruz kalarak çözünmesi ile dayanımını kaybetmesi neticesinde erime boşluklarında oturma problemleri meydana gelmektedir.

Şevde dairesel kayma analizi sonucunda saha gözlemleri ile de uyumlu şekilde stabilitenin kritik seviyelerde olduğu ve deprem yüklerinin bile etkilemesine gerek kalmadan hareketlenebileceğini göstermektedir.

Saha değerlendirmeleri, deneyler, gözlemler, bölge tektoniği ve analizler neticesinde yapılan uygulamalardan istenilen sonuçlar;

1. Hücresel dolgu sistemi (Geoceller) sayesinde hareketli yüklerin oluşturacağı düşey kuvvetler ile yol güzergâhının üst tabakasında çökme ve çatlakların oluşmaması,
2. Geomembranın ayırma özelliği sayesinde güzergâh zemini ile asfalt temel tabakası arasındaki yeraltı suyu geçişinin engellenerek üst tabakadaki deformasyon oranını minimuma indirmek,
3. Sıkıştırılmış zemin dolgusunun arazide bulunan jipsli zemin üzerine serilmesiyle bir alt temel dolgusu oluşturulup yolun daha sağlam zemine oturması,
4. Yeraltı ve yerüstü drenaj hatları ile suyun zeminden mümkün olduğunca uzak tutulması,
5. Heyelan bölgesinde dolgularla eğim azaltma çalışmaları yapıp, şev yüzeyine geoceller ile hücresel dolgu uygulanarak şev stabilitesini arttırabilmek ve heyelanın hızının düşürülmesi,
6. Heyelan bölgesine yapılan kontrolsüz dolguların önüne geçilerek düzensiz yüklerin ortadan kaldırılması

Yapılan bu çalışmalarla daha güvenli bir kampüs yol güzergâhının oluşturulması ve heyelan bölgesinde kaza ve can kayıplarının önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adams, M. ve Collin, J. 1997. Large model spread footing load tests on geosynthetic reinforced soil foundations. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 123(1): 66-72.
- Aksoy, İ. M. 1993. Modern yol inşaatında geotekstil ve geogrid uygulaması konularında araştırma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 115 sayfa, İstanbul.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y. ve Sunu, O. 1980. Eldivan-Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi. MTA Rapor No: 6741.
- Ataol, M. ve Şimşek, M. 2022. Çankırı jips platosu üzerindeki çözünme dolinlerinin morfometrik özellikleri. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 2022(8): 48-60.
- Ateş, Ş., Mutlu, G., Özata, A., Özberk, O. C., Karakaya Gülmez, F., Yeleser, L., Osmañealebiođlu, R. ve Bulut Üstün, A. 2008. Çankırı ili ve kentsel alanların (il-ilçe merkezleri) yerbilim verileri. MTA Derleme, Rapor No: 11098, Ankara.
- Ateş, Ş., Özata, A., Gülmez, F. K., Osmañealebiođlu, R., Mutlu, G., Özerk, O. C., Yeleser, L. ve Üstün, A. B. 2008. Çankırı İli ve kentsel alanların (il-ilçe merkezleri) yerbilim verileri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, 220 sayfa, Ankara.
- British Standard, BS8006-1, 1995. Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and Other Fills.
- Büyükkağnıcı, C.Z. ve Işık, N.S. 2019. Şev Duraylılığı Analizlerinde Limit Denge Yöntemleri, Eurocode 7 Ve Bs8006 Standartlarıyla Hesaplanan Başarı Oranlarının Karşılaştırılması. Türk Bilim Araştırma Vakfı, 12(2): 18-29.
- Çankırı Karatekin Üniversitesi 1. Etap Kampüs Heyelan Alanı Jeolojik ve Geoteknik Etüt Yapım İş Değerlendirme Raporu, Z AKADEMİ, Haziran 2018.
- Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Yerleşkesi Heyelan İyileştirme Projesi Sondaj, Arazi ve Laboratuvar Deneyleri Veri Raporu, TOKER, Ağustos 2014.
- Çevikayak, A. E. 1981. Çankırı Balıbağ Sahası Tuz Aramaları Jeofizik (Rezistivite) Etüdü. Maden Tetkik ve arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı, Rapor No: 7079.

- Dernek, Ö. 1998. Jeosentetikler ve karayollarında kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, U. 2002. Çankırı doğusunda jips karstlaşmasıyla oluşan sübsidans dolinleri. G. Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1): 67-82.
- EN 1997-1. 2004. Eurocode 7: Geotechnical design - part 1: General rules. European Committee for Standardization, Brussels.
- Erbil, S. 2009. Geosentetik ürünlerin Türkiye'deki uygulamaları, gelişme potansiyeli, sağlanan faydalar ve mevcut sorunlar ile ekonomikliği üzerine genel bir inceleme. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 413 sayfa, İzmir.
- Erinç, S. 2000. Jeomorfoloji I, Der Yayınları, Yayın No: 284, 613 sayfa, İstanbul.
- Gezgin, S. 2017. Karayollarımızda geosentetik ürün kullanılarak yapılan iyileştirme uygulamaları ile geosentetik ürünlerin etkinliklerinin ve teorik çalışma mekanizmalarının mukayeseli olarak değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 275 sayfa, İzmir.
- Hakyemez, Y., Barkurt, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağar, Z. ve Sözeri, B. 1986. Yapraklı-Ilgaz-Çankırı-Çandır dolayının jeolojisi. MTA Rapor No. 7966.
- Kocaer, M. 2011. Geosentetiklerin karayolu yapılarında kullanımı: Türkiye örnekleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 103 sayfa, İstanbul.
- Koerner, R. M. 1999. Designing with geosynthetics. Prentice Hall, 4th Edition, 761 pages, New Jersey.
- Kotan, D. 2008. Geotekstil donatılı zemin istinat duvarları ile yamaçlarda stabilitenin artırılması. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 166 sayfa, İstanbul.
- Ling, H. I. ve Liu, Z. 2001. Performance of geosynthetic-reinforced asphalt pavements. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 127(2): 177-184.
- Ok, B. 2018. Geosentetiklerle güçlendirilmiş inşaat yıkıntı atığı dolguların statik ve tekrarlı yükler altındaki davranışının incelenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 377 sayfa, Adana.
- Ovalı, M. 2016. Yumuşak kil zemin üzerine inşa edilen geosentetiklerle güçlendirilmiş yol dolgusu üzerinde arazi deneylerinin yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi ve İskenderun Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüleri Ortak Yüksek Lisans Programı, 106 sayfa, Osmaniye.

- Öztekin, A. 1992. Geotekstil üzerine bir inceleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 106 sayfa, İstanbul.
- Sarıfakıoğlu, E., Erin, B., Tırın, M. ve Sezgin, İ. İ. 2021. Çankırı’da jips seviyelerinin sebep olduğu heyelanlar. 4. Uluslararası Uni-DOKAP Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 98-113.
- Sarıfakıoğlu, E., Sevin, M., Esirtgen, E., Bilgiç, T. Duran, S., Parlak, O., Karabalık, N. N., Alemdar, S., Dilek, Y. ve Uysal. İ. 2011. Çankırı-Çorum havzasını çevreleyen ofiyolitik kayaların jeolojisi: Petrojenezi, tektoniği ve cevher içerikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11449, Ankara (yayımlanmamış).
- TBDY 2018, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar, Bölüm 3 – Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi Ve Tasarımı İçin Genel Esaslar.
- Tunç, A. 2002. Yol mühendisliğinde geoteknik ve uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, 912 sayfa, İstanbul.
- Uğuz, M. F., Turhan, N., Bilgin, A. Z., Umut, M., Şen, A. M. ve Acarlar, M. 1999. Kulu (Konya) Haymana (Ankara) ve Kırıkkale dolayının jeolojisi. MTA, Rapor No: 10399, Ankara.
- Url-1, <https://cankiri.bel.tr/proje/gemi-kutuphane/16#image-3>. Erişim tarihi: 05.03.2023
- Url-2, <https://www.santasizolasyon.com.tr/tunel-tipi-pvc-membran.html>. Erişim tarihi: 05.03.2023
- Url-3, <http://www.cevkainsaat.com/urun/yeni-duzenli-depolama-sahalarinin-yapilmasi/>. Erişim tarihi: 05.03.2023
- Url-4, <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/detayliRapor.xhtml>. Erişim tarihi: 17.08.2023
- Yılmaz, H. R. ve Eskisar, T. 2007. Geosentetik ürünlerin geoteknik mühendisliği sorunlarının çözümünde kullanımı ve sağlanan faydalar. 2. Geoteknik Sempozyumu, Adana.
- Yoldaş, R. 1982. Tosya (Kastamonu) ile Bayat (Çorum) arasındaki bölgenin jeolojisi. Doktora Tezi (Basılmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, 311 sayfa, İstanbul.

EKLER

EK 1. Hücresel dolgu sistemi ürün teknik spesifikasyonu



EK 1. Hücresel dolgu sistemi ürün teknik spesifikasyonu

İnşaat Malzemesinin İsmi: Sabitleştirici Hücresel Dolgu Sistemi 100 mm

İnşaat malzemesinin sınıflandırılması: (SWW): 1365-9, (PCN); 3925 90 80 0, (PKWiU): 25.33.15-90.90.

Ürün Hakkında Genel Bilgi:

HÜCRESEL DOLGU SİSTEMİ – yükseklik 100 mm.

Hücresel dolgu sistemi; ultrason kaynakla, 340mm aralıklarla, tırtıklı ve delikli şeritlerden oluşmaktadır, nominal olarak 1 metre kareye 20 göz şeklindedir (açıldıktan sonra göz ebadı 20 cm x 26 cm'dir). Standart bölümün (62 yaprak için) açıldıktan sonraki ebadı 2,6 m x 6,3 m ($\pm\%2$). Hücre alanı yaklaşık 275 cm²'dir.

HDPE Malzemenin Özellikleri:

Şeritler, HDPE yüksek yoğunluklu polietilenden yapılmıştır.

- Yoğunluk 0,93'ten itibaren 0,96'ya kadar (g/cm³) PN-92/C-89035
- MFR 0,30'den itibaren 1,10'a kadar (g/10 dak.) ISO 1183
- Çekme direnci: ASTM D 638'e göre ≥ 21 (MPa) veya PN-EN 527-2:1998 $\geq 21 000$ kN/m²

Hücresel Dolgu Sisteminin Özellikleri

- Yükseklik 100 mm $\pm\%3$ - Şerit kalınlığı 1,45'ten 1,65 mm'ye kadar
- Şerit yüzeyi çift tarafı romboidal tırtıklı: 1 cm² başına en az 25 oyuk
- Oyukların derinliği 0,4'den 0,6 mm'ye kadar
- Perforasyon, %10'a kadar
- Uygulama ısısı -40 °C'den +60 °C'ye kadar
- UV ışınlarına dayanıklı (SRF ve/veya P tipi is siyahı renklendirici)

Şerit germe azami kuvveti: en az 2,8 kN (-0,2)

Şeritlerin kaynak yerlerini germe azami kuvveti: en az 3,0 kN (-0,2)

Şeritlerin kaynak yerlerini koparma azami kuvveti: en az 1,6 kN (-0,2)

Perfore şeridi germe azami kuvveti: en az 1,96 kN (-0,2)

* Perfore şeritlerinin kaynak yerlerini kesme azami kuvveti: en az 2,25 kN (-0,2)

* Perfore şeritlerinin dayanıklılığı, perforesiz /dolu/ şeritlerinin alt sınırın %60'ından daha düşük olmamalıdır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Muharrem TIRIN

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2019-2023
Lisans	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	2015-2017
Lisans	Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Öğretmenliği Bölümü	2004-2010

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	Görev
2010-Halen	ÇAKÜ Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı	İnşaat Teknisyeni
2009-2010	Yapı Kontrol Müş. Hiz. A.Ş.	Beton Laboratuvar Teknisyeni

Akademik Aktiviteler

Sarifakioglu, E., Erin, B., **Tırın, M.** ve Sezgin, İ. İ. 2021. Landslides caused by gypsum levels in Çankırı [Çankırı’da jips seviyelerinin sebep olduğu heyelanlar]. 4th International Uni-DOKAP Symposium. Proceedings Book, 98-113.