

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANKARA KİLİNİN (ÇANKAYA-ANKARA)
SIKIŞMA-KABARMA
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Uğraş YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLGİSİ	3
2.1. Ankara İli ve Çevresinde Yapılan Genel Jeoloji Çalışmaları	3
2.2. Ankara Kiline Yapılan Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları	5
3. MATERYAL ve METOD	8
3.1. Çalışmanın Tanımı	8
3.1.1. Çalışma Alanının Yeri	8
3.1.2. Çalışma Yöntemi ve Süresi	8
3.2. Coğrafya	10
3.2.1. Yerleşim ve Ulaşım	10
3.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü	11
3.2.3. Jeomorfoloji	11
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	13
4.1. Genel Jeoloji	13
4.1.1. Ankara Grubu	13
4.1.2. Jura Kireçtaşı	20
4.1.3. Miyosen Çökelleri ve Volkanitleri	22
4.1.4. Pliyosen Çökelleri	24
4.1.5. Kuvaterner Çökelleri	25
4.2. Yapısal Jeoloji	25
4.2.1. Uyumsuzluklar	25
4.2.2. Tabakalanma	25
4.3. Hidrojeoloji	26
4.4. Ankara Kili	26
4.4.1. Ankara Kilinin İndeks Özellikleri ve Mineralojisi	29
4.4.2- Ankara Kiline Karşılaşılan Mühendislik Sorunlar	30
4.3. Mühendislik Jeolojisi	33
4.3.1. Arazi Çalışmaları	33
4.3.1.1. Mekanik Sondajlar	33
4.3.1.2. Arazi Deneyleri	34
4.3.1.3. Örselenmemiş Numune Alınması	34
4.2.2 Laboratuvar Deneyleri	34
4.2.2.1. Su Muhtevası (W_n)	34
4.2.2.2. Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	35
4.2.2.3. Elek Analizi	36
4.2.2.4. Kıvam Limitleri	36
4.2.2.5. Konsolidasyon Teoremi	40
4.3. Sondaj Bulguları	50

4.4. Laboratuvar Çalışmaları Bulguları.....	53
4.5. Çalışma Alanının Konsolidasyon Oturması ve Şişme Potansiyeli	54
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	58
6. KAYNAKLAR	61
EKLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	117

ÖZET**ANKARA KİLİNİN (ÇANKAYA-ANKARA)
SIKIŞMA-KABARMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ****Uğraş YILMAZ**

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma alanı, Ankara İli, Çankaya İlçesi sınırlarında bulunan Gölbaşı formasyonunda, literatürde Ankara Kili diye adlandırılan kil alanlarını kapsar.

Ankara kenti ve yakın çevresinde tipik kırmızımsı kahve, kahve renkli, yer yer çakıl ve kireç konkresyonları içeren killi birim *Ankara Kili* olarak adlandırılır.

Çalışmada öncelikle, literatür araştırmaları yapılmıştır. Sonrasında arazi gözlemleri ile sondaj çalışmaları tamamlanarak, laboratuvar deneyleri değerlendirilmiş ve bölgenin jeolojik yapısı ile mühendislik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde beş ana birim ayırt edilmiştir. Bunlar yaşlıdan gence doğru Triyas yaşlı Ankara Grubu, Jura Kireçtaşları, Miyosen çökelleri ve volkanitleri, Pliyosen çökelleri ve Kuvaterner alüvyonlarıdır.

Yapılan çalışma ile, Ankara kili'nin mühendislik özellikleri incelenmiş olup Ankara kilinde karşılaşılabilecek oturma ve şişme problemi klasik konsolidasyon deneyi ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Ankara Kili, Konsolidasyon, Şişme

ABSTRACT**AN INVESTIGATION CONSOLIDATION AND SWELLING PROPERTIES
OF ANKARA CLAYS (ANKARA-ÇANKAYA)****Uğraş YILMAZ**

This study has been prepared for the degree of master thesis to be presented to Süleyman Demirel University, Natural Sciences Institute, Geological Engineering Faculty. Research area is located in the Gölbaşı formation of Çankaya, Ankara region and comprises the clay area that is known as Ankara clay.

The typical reddish brown, brown clay unit that contains pebble and lime in patches, is found in Çankaya, Ankara region and named as Ankara clay.

Literature research was at first made during the study. After having been completed terrain and drilling studies, laboratory experiments were evaluated, geological structure and engineering characteristics of the area were tried to be determined.

Five main units were distinguished in the main and surrounding research area. Namely these are as follows in a row from old to new: Trias old Ankara group, Jura limestone, Miocene deposits and volcanic and Quaternary alluvium.

Through this study engineering characteristics of Ankara clay was examined, consolidation and swelling problems of Ankara clay that are possible to occur were tried to put forward through classical consolidation experiment.

KEY WORDS: Ankara clay, consolidation, swelling

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmasını sağlayan, çalışma süresince yardım ve desteğini esirgemeyen, kıymetli bilgileri ve fikirleri ile beni yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilimsel Araştırma Proje Fonuna 'Ankara Kilinin (Çankaya-Ankara) Sıkışma Kabarma Özelliklerinin İncelenmesi' adlı ve 0976-yl-04 nolu tezime desteklerinden dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Sondaj verilerini kullanmama müsaade eden ve arazi çalışmalarında yardımcı olan Jemas Müh. Ltd. Şti.'ne ve laboratuvar çalışmalarında desteğini esirgemeyen Kaya-Zemin Müh. Ltd. Şti ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca tez metninin bilgisayarda yazılmasına yardımcı olan arkadaşlarım Jeo. Müh. Erkin TOPUZ ve Jeo. Müh. Yakup Bayram DEMİRELLİ'ye teşekkür ediyorum.

Haziran 2006

Uğraş YILMAZ

SİMGELER DİZİNİ

CBR	Kaliforniya taşıma oranı
Cc	Sıkışma indisi
e _o	Başlangıç boşluk oranı
e	Boşluk oranı
H	Sıkışabilen tabaka kalınlığı
H _o	İlksel kalınlık
Ic	Kıvam indisi
I _L	Likitlik indisi
LL	Likit limit
m _v	Hacimsel sıkışma katsayısı
P	Basınç
PI	Plastisite indisi
PL	Plastik limit
S	Tabakanın toplam oturma miktarı
SPT	Standart penetrasyon testi
UD	Bozulmamış numune
V	Hacim
V _S	Dane hacmi
V _o	Başlangıç hacmi
W	Ağırlık
w _n	Doğal su muhtevası
w _s	Hacimdeki dane ağırlığı
γ _n	Doğal birim hacim ağırlık
ΔH	Yükseklik farkı
Δu _w	Boşluk suyu basıncı farkı
ΔV	Hacim değişimi
Δσ	Gerilme değişimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası	9
Şekil 4.1. Çalışma alanı stratigrafik kolon kesiti	14
Şekil 4.2. Ankara İli ve çevresi 1:100 000 ölçekli genel jeoloji haritası	16
Şekil 4.3. Ankara kilindeki istifini temsil eden ve TPAO Genel Müdürlüğü yakınından alınan dikme kesit (Aras 1991'den)	27
Şekil 4.4. Gölbaşı İlçesi'nde Ankara kili içinde görülen kireç konkresyonları	28
Şekil 4.5. Çukurambar Semtinde Ankara kilinde açılan bir yarmadan görünüş...	29
Şekil 4.6. Ankara kilindeki bir gecekonduda, şişme potansiyeline bağlı olarak değişik yönlerde gelişmiş çatlaklar. (Balgat)	31
Şekil 4.7. 100. Yıl semtinde Ankara kili üzerinde inşa edilmiş gecekonduda şişmeye bağlı gelişmiş çatlaklar ve arka planda görülen çok katlı yeni yapılaşma alanı	32
Şekil 4.8. Gölbaşı İlçesi'nde Üst Pliyosen çökelleri ve Ankara kilinden genel bir görünüş	33
Şekil 4.9 Zeminde Sıkışmanın Zamandan Etkilenmesi	41
Şekil 4.10. Bir Boyutlu Sıkıştırma Koşulları (a) Kilin yüklenmesi (b) Boşluk oranında azalma	43
Şekil 4.11. Konsolidasyonda boşluk suyu basıncının zamanla sönümü ve sonucu	44
Şekil 4.12. Sıkışma eğrisinin iki farklı gösterimi	45
Şekil 4.13. Ödometre tipleri (sol) Yüzen halkalı, (sağ) Sabit halkalı	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. SK-14 kuyusu, UD-4 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi	54
Çizelge 4.2. SK-15 kuyusu, UD-3 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi	55
Çizelge 4.3. SK-15 kuyusu, UD-4 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi	55
Çizelge 4.4. SK-16 kuyusu, UD-4 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi	56
Çizelge 4.5. SK-16 kuyusu, UD-5 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi	56
Çizelge 4.6. SK-16 kuyusu, UD-6 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi	57

1.GİRİŞ

Bilimsel tarifıyla kil, hidratlı alüminyum ve magnezyum silikatlardan oluşan doğal bir mineraldir. Tane boyutu 2 μ veya daha düşüktür. Aynı boyuttaki minerallerden farklı olarak su ile karıştırıldığında çamur oluşturur. Hamur halinde şekil verebilecek kadar plastisiteye sahipken, pişirildiğinde büyük dayanım artışları gösteren bir katıya dönüşür. Isıtıldığında genellikle hacim artışı gösterir, kurutulduğunda ise hacmi azalır ve çoğunlukla çatlar (Önalp, 1997).

Killerden birçok durumda jeoteknik özelliklerinden dolayı mühendislikte yararlanılır. Dolgu barajlarda ve atık depolama tesislerinde geçimsizliği sağlamak için, göletlerin su tutması için ve kazılarda kendini tutamayan zeminlere destek olması açısından önemlidir. İri taneli zeminlere çok az miktarda katıldığında bile bu etkisi görülmektedir. Kilin yararlarının yanında jeoteknik mühendisliğinde bazı sorunlar yarattığı da bir gerçektir. Bunlardan en önemlileri; şişme problemi, konsolidasyon oturması problemi, içyapı çökmelerinden dolayı oluşan oturma problemi, şev duraysızlıkları ve taşıma gücü problemleridir.

Ankara kenti ve yakın çevresinde tipik kırmızımsı kahve, kahve renkli, yer yer çakıl ve kireç konkresyonları içeren killi birim **Ankara Kili** olarak adlandırılır (Birand, 1978). Üst Pliyosene ait olan bu çökellerin ayrıntılı sedimantolojik incelemesi Aras (1991) tarafından yapılmış ve kırmızımsı kahve, kahve renkli olan bu çökellerin alüviyal yelpaze ortamını temsil ettikleri belirtilmiştir.

Bu çalışmada Ankara Kilinin jeoteknik mühendisliği açısından yarattığı sorunlardan konsolidasyon oturması ve şişme problemleri incelenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda kilin fiziksel ve mekanik özellikleri sondaj ve laboratuvar çalışmalarıyla ortaya konularak, konsolidasyon oturması ve şişme durumunda karşılaşılan mühendislik sorunlar irdelenmiştir.

Çalışma literatür, arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere dört aşamada yapılmıştır. Literatür aşamasında çalışma alanında yapılan genel jeoloji, mühendislik jeolojisi

alışmaları ile sondaj ve laboratuvar çalışmaları incelenmiştir. İkinici aşama olan arazi çalışmalarında ise bölgenin jeoloji haritası ve sondaj çalışmaları yapılmıştır. Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde ise laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Büro çalışmalarında ise literatür araştırmaları, arazi gözlemleri, sondajlar ve laboratuvar deney sonuçları bir araya getirilerek değerlendirilmiştir. Bu aşamada alınan numunelerden çıkan konsolidasyon oturma değerleri ve şişme miktarları karşılaştırılarak Ankara kilinin konsolidasyon oturması ve şişme miktarı karşında ki davranışı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1. Ankara İli ve Çevresinde Yapılan Genel Jeoloji Çalışmaları

İnceleme alanı ve yakın çevresinde birçok jeolojik çalışma yapılmıştır. İlk çalışmalar daha çok gezi niteliğindedir. İlk sistematik çalışmalar 1930'lu yıllarda başlamış ve günümüzde de halen devam etmektedir. Yapılan çalışmalar genellikle genel jeoloji, hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi çalışmalarıdır. Bu çalışmaların bazıları özet şeklinde aşağıda sunulmaktadır.

Chaput (1931; 1947), Ankara bölgesindeki ilk jeolojik çalışmayı yapmıştır. Chaput, bu çalışmalarında bölgenin 1/135000 ölçekli jeoloji haritası yapmış, genel jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri belirtmiştir.

Baykal (1943), Serpantin-Radyolarit kompleksinin Paleozoik'i örttüğünü, Yahşiyen Serisi adını verdiği sedimentler içinde Aveolina fosilini bularak bunun yaşının Eosen olduğunu ve serpantinlerin bunlar üzerine itildiğini söylemiştir.

Bailey ve McClallien (1950), Ankara civarında yapmış oldukları çalışmalarda ilk kez Ankara Melanjı kavramını ortaya koymuşlardır. Bailey ve McCallien bu çalışmalar sonucu Ankara Melanjı'nın kuzeyden gelen bir napın altında kaldığı ve ezildiğini söylemişlerdir.

Erol (1954), Ankara bölgesinde yaklaşık 8500 km² gibi çok geniş bir alanın ilk kez 1/100 000 ölçekli jeolojik haritasını yapmış ve bölgedeki jeolojik, stratigrafik, tektonik, jeomorfolojik sorunları, 1954'ten önceki çalışmalara da değinerek ayrıntılı bir biçimde tartışmıştır. Erol'a göre serpantinitle zaman zaman Ankara antiklinalinin yamaçlarına tırmanarak, tortul seriler arasına karışmış ve bu nedenle Ankara civarındaki karışık serilerin meydana geldiğini söylemiştir. Önceki çalışmaları göz önüne alarak Serpantin-Radyolarit serisinin Orta-Üst Jura yaşlı olabileceğini savunmuştur. Ayrıca gölsel ortamda çökelmiş tortulların Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı olduğunu ve volkanik faaliyetlerin bu çökelleri Miyosen sonlarına kadar takip

ettiğini söylemiştir. Erol bölgedeki çalışmalarını uzun yıllar devam ettirmiş, bölgesel jeoloji ve jeomorfolojiye önemli katkılarda bulunmuştur.

Norman (1972), Elmadağ doğusunda yer alan Tersiyer sedimanlarını incelemiş ve buradaki karışık tektoniği olistostromlar, su altı heyelanları ve türbiditik akıntılarla izah etmiştir. Norman'a göre su altı heyelan ve kayma olaylarının muhtemelen Alt Kretase'den beri devam ettiği, bir taraftan çok gelen kayaçların bir zaman sonra daha genç olistostromların geldiği şeklindedir. Maastrichtien'de artık bu olaylar şiddetini kaybetmeye başlamış ve bu sonuca göre Norman, Serpantinit-Radyolarit kompleksinin en az Alt Kretase'den Kampaniyen'e kadar uzandığı söylemiştir.

Çalgın vd. (1973), Sincan, Elmadağ, Gölbaşı, Etimesgut civarlarında 1/50.000 ölçekli 10 paftayı kapsayan haritalama çalışmalarında bölgede jeolojik birimlere göre stratigrafik kesit yaparak ayrıntılı bir şekilde incelemiştir. Bu çalışmada Serpantinit-Radyolarit kompleksi içinde Üst Valanginiyen'den genç olduğunu söylemişlerdir. Diğer taraftan radyolaritler üzerine Senomaniyen yaşlı fliş geldiğinden bu birimin Senomaniyen'den yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar, gölsel çökellerin Alt Pliyosen'in üst seviyelerine kadar devam ettiğini söylemişlerdir.

Batman (1978), 'Haymana Kuzeyinin Jeolojik Evrim ve Yöredeki Melanjın İncelenmesi' adlı çalışmasında, araştırdığı bölgede melanj niteliğinde iki ayrı birim yer aldığını tespit etmiştir. Bunlardan, 'Hisarlıkaya Formasyonu' adı verilen birimin üst seviyelerinde yer alan kireçtaşı bloklu ve ofiyolitli melanj, diğeri ise serpantinit matriks içinde çeşitli kayaçlardan oluşan 'Dereköy Formasyonu' dur. Batman, kireçtaşı bloklu melanj ile ofiyolitli melanjın bölgeye değişik zamanlarda yerleştiğini ve oluşumlarının farklı süreçlere bağlı olduğunu saptamıştır.

Çapan vd. (1983), Ankara Melanjı üzerindeki paleomanyetik çalışmalarında elde ettikleri sonuçlara göre Ankara Melanjı, ofiyolitleri ve sedimanter birimleri ile 'Toros' karakterli, oysa zeolitli bazaltik volkanizması ile 'Pontid' karakterli olup Pontid kenarı ile Torid-Anatolid platformu temsil eden Kırşehir Masifi arasındaki

çarpışma yerini belirttiği sonucuna varmıştır. Bu çarpışma Senoniyen'in sonlarına doğru, sağ yönlü doğrultu atımlı hareketlerin egemen olduğu tektonik olaylar nedeni ile meydana gelmiş ve çarpışmayı Kampaniyen sırasındaki alkali volkanizma ve plütonizmanın izlediğini ileri sürmüştür. Ayrıca Oligosen sonları ve Miyosen başlarında ortaya çıkan bir başka tektonik fazın Ankara Melanjının Tersiyer sedimanları üzerine bindirmesi olduğunu belirtmişlerdir.

Akyürek vd. (1984), 'Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının Temel Jeoloji Özellikleri' adlı çalışmada ilgili bölgenin jeolojik birimlerinin özellikleri, oluşum ortamları ile bu birimler arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır.

Akyürek vd. (1997), '1/100.000 Ölçekli Aşınıma Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ankara-F15 Paftası' adlı M.T.A Yayınları çalışmalarında Ankara ili ve çevresinin genel jeolojisi ayrıntılarıyla ortaya konulmuştur.

2.2. Ankara Kilinde Yapılan Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Ankara kilinde yapılan jeomühendislik çalışmalarından bazıları aşağıdaki gibidir.

Birand (1978), Ankara kentindeki Üst Pliyosen çökellerinin killi düzeyleri üzerinde, oturma ve taşıma gücü sorunları ile doğrudan ya da dolaylı olarak yapılan çalışmalar Birand tarafından özetlenmiştir. Bu sonuçlara göre, Üst Pliyosen killerinin hacimsel sıkışabilirlik katsayısı değerleri 0.005-0.0010 cm^2/kg gibi dar bir aralıkta ve derinlikten bağımsız olarak değişmektedir. Gerek jeolojik evrimleri, gerekse doğal su içeriklerinin yüzeyden 30 m. derinliklere kadar plastik sınır düzeyinde kalabilmesi bu killerin ön yüklemeye uğradıklarını göstermektedir. Bununla birlikte, bu killerin bugün üzerlerinde var olan örtü basıncının biraz üzerinde çıkmaktadır. Üst Pliyosen killeri, Ankara kentinde 12 m. derinliğe kadar, yüzeysel kuruma etkisinden dolayı ortalama 3 kg/cm^2 düzeyinde ön konsolidasyon basıncı gösteren bir zemin niteliğindedir. Ancak 12 m. derinlikten sonra kurumunun etkisi kaybolmakta ve bu çökeller normal konsolide kil izlenimi vermektedir. Ankara'daki Üst Pliyosen killeri üzerinde kurulacak yapılarda önemli bir oturma ve taşıma gücü sorunları

beklenmemektedir. Bununla birlikte dar alan araştırmalarında her sorun o yöredeki temel zemini göz önüne alınarak değerlendirmelidir diye özetlemiştir.

Kasapoğlu (1982), Hem önceki çalışmaları ayrıntılı olarak değinmiş hem de deneysel verilere dayalı kaya ve zemin sınıflandırmaları yaparak 1/15.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritasını hazırlamıştır.

Kiper (1983), Etimesgut-Batıkent yöresindeki Üst Pliyosen çökellerini jeomühendislik özellikleri üzerinde yaptığı doktora çalışmasında deneysel olarak bu yöredeki zeminlerin jeomühendislik özelliklerini ortaya koymuş ve bu zeminlerin, yaratabileceği mühendislik sorunları üzerinde tartışmıştır.

Jemas (1984), Çukurambar mevkiinde, Azot Genel Müdürlüğü'ne ait konut alanları ve sosyal tesislerine yönelik zemin araştırmaları yapmıştır. Jemas'a göre Çukurambar bölgesinde genellikle birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre CH grubu az çakıllı kumlu killerin egemen olduğu ortalama su muhtevalarının % 32 civarında olduğu, özgül ağırlıklarının 2.70, kohezyonlarının 0.95-1.70 kg/cm² arasında değiştiği, içsel sürtünme açılarının 3° ile 21° arasında değişim gösterdiği, hacimsel sıkışma katsayılarının 0.005-0.008 kg/cm² arasında değiştiği ve şişme basıncı değerlerinin ise 0.32-0.54 kg/cm² arasında değişim gösterdiği vurgulanmıştır.

Jemas (1986), 'Ankara Büyükşehir Belediyesi şehirlerarası Otobüs Terminali İnşaat Alanı Temel Araştırmaları ve Jeoteknik Değerlendirmeleri' adlı çalışmasında Söğütözü mevkiinde halen hizmet veren AşTİ terminal binası, otel, dahili yollar, köprü ayakları ve otopark yerlerinin zeminlerini incelemiş olup çalışma alanının çok büyük bir kısmı CH grubu az çakıllı kumlu killerin egemen olduğu ortalama su muhtevalarının % 35 civarında olduğu, özgül ağırlıklarının 2.78, kohezyonlarının ortalama 2.15 kg/cm², hacimsel sıkışma katsayılarının 0.010-0.070 kg/cm² arasında değiştiği ve CBR deneyi sonuçlarına göre şişme yüzdesi değerlerinin ise 0.30-1.18 arasında değişim gösterdiği vurgulanmıştır.

Örkmez (1995), Ankara Kilinde yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, Ankara kili içerisinde bulunan kireç yumrularının kilin dayanımın ve deformasyon özelliklerine olan etkisini incelemiştir.

Totiç (2000), Ankara-Etimesgut İlçesinde yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, Türkkonuta ait yerleşim yerlerinin zemin özelliklerini belirlemiş, zemin özelliklerini jeolojik yapı ile yorumlayarak, yapılardan gelecek yüklerle meydana gelebilecek oturma miktarları ve bunlara bağı gelişebilecek stabilite ve ekonomikliği sağlayacak temel tipi seçilimini araştırmıştır.

Ergüler (2001), Ankara Kilinde yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, Ankara kilinin şişme davranışının ve örselenmenin şişmeye etkisini incelemiş ve şişme potansiyelini görgül yaklaşımlarla ortaya koymaya çalışmıştır.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Çalışmanın Tanımı

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

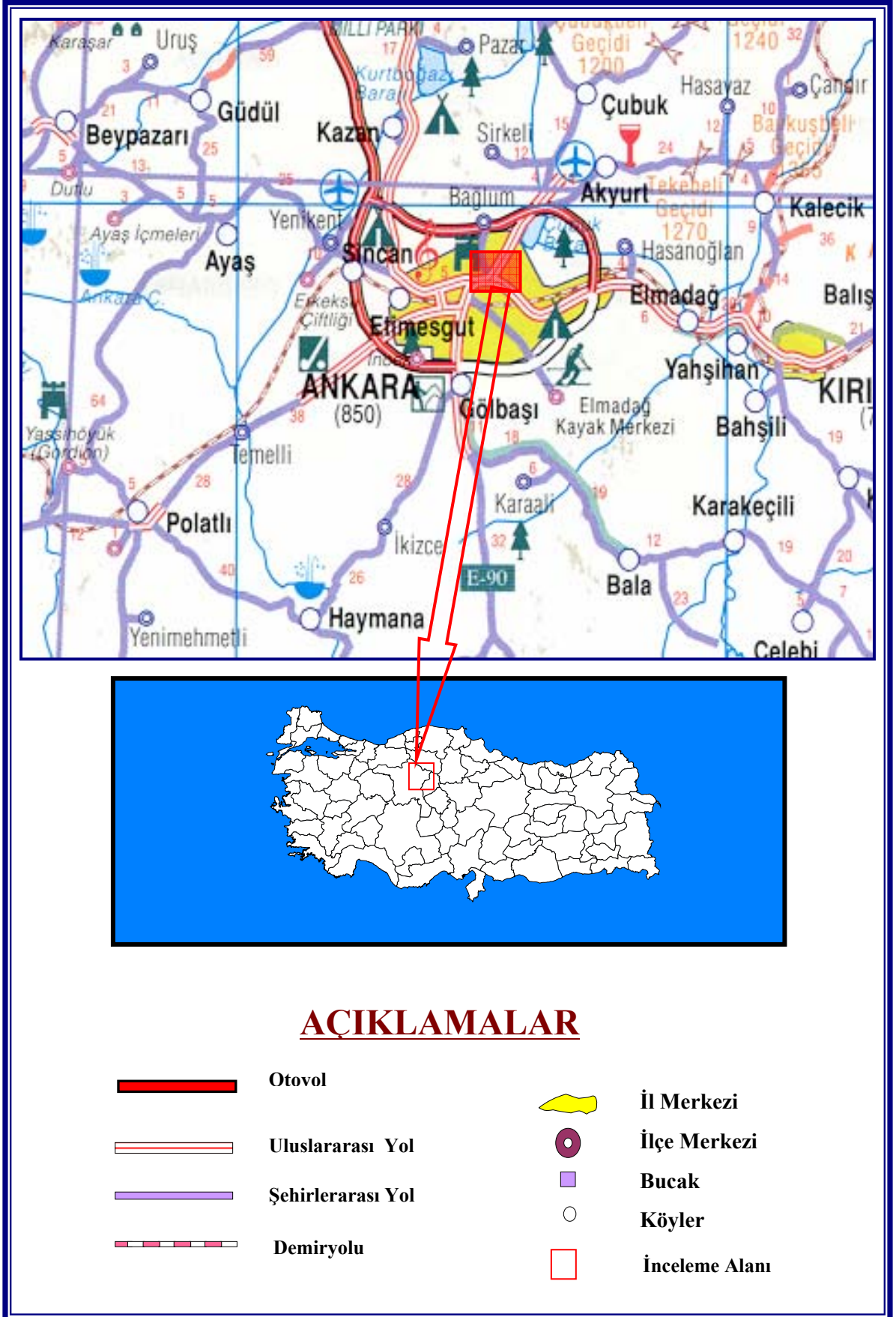
Yapılan çalışmada Ankara İli sınırları içerisinde Ankara Kili diye tanımlanan kilin fiziksel ve mekanik parametreleri belirlenmiş ve inşaat aşamasında yaratabileceği mühendislik problemlerden konsolidasyon oturması ve şişme sorunu incelenmiştir. Bu amaca uygun olarak geçmiş yıllarda özel bir şirket tarafından açılan sondajlar ile tez aşamasında açılan sondajlara bizzat katılarak elde edilen verilere değerlendirilip kilin konsolidasyon oturması ve şişme sorunu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3.1.1. Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Ankara İli sınırları içerisindeki Bahçelievler, Balgat, 100. Yıl Mahallesi, Kızılay, Öveçler, Emek, Söğütözü semtlerini kapsayan ve 1/100.000 ölçekli F-15 paftasında yaklaşık 15 km²'lik bir alanı kapsar (Şekil 2).

3.1.2. Çalışma Yöntemi ve Süresi

Bölgede daha önce yapılmış genel jeoloji ve mühendislik jeolojisi çalışmalarının incelemesi ve daha sonrasında 1/100.000 ölçekli genel jeoloji haritalarının derlemesi ile başlanılmıştır. Özel bir şirket tarafından 1984 yılından itibaren bölgede yapılan sondaj ve laboratuvar deneyleri derlenmiş ve yine aynı özel firmanın mart 2004 ile mart 2006 tarihleri arasında yapmış olduğu sondaj çalışmaları tarafımızca takip edilmiştir. Sondajlarda her 1.5 m.'de bir Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılarak örselenmiş numune ve uygun olan seviyelerden de örselenmemiş numuneler alınmıştır. Sondaj çalışmalarından alınan numunelerin bir kısmı yine bu şirkete ait Bayındırlık Bakanlığı onayı olan zemin mekaniği laboratuvarlarında



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

değerlendirilmiştir. Bir kısmı da Süleyman Demirel Üniversitesi zemin mekaniği laboratuvarında deneylere tabii tutulmuştur.

Laboratuvarda örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde su muhtevası, elek analizi, atterberg limitleri, doğal birim hacim ağırlık, tane birim hacim ağırlık, konsolidasyon deneyi ve şişme deneyleri yapılmıştır.

Büro çalışmalarında ise literatür çalışmaları, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler değerlendirilmiş, yorumlanmıştır. Bu amaçla önce sondajlardan elde edilen verilerle, laboratuvar verileri karşılaştırılarak zemin tanımlamaları yapılmıştır. Daha sonra bu veriler ışığında çalışma alanının genel jeoloji haritası derlenmiştir. Sonraki aşamada ise laboratuvardan elde edilen konsolidasyon ve şişme deney sonuçları değerlendirilerek Ankara kilinde muhtemel mühendislik sorunlar ortaya konularak irdelenmiştir.

Bu çalışma mart 2004 tarihide başlamış ve laboratuvar, büro çalışmaları Mayıs 2006 tarihinde sona ermiştir.

3.2. Coğrafya

Ankara bölgesi daha dağlık ve ormanlık olan Kuzey Anadolu ile daha kurak ve engebesiz olan Konya Ovası arasında bir geçiş alanıdır. Ankara doğu-batı yönünde uzanan Engürü ovası oluşturur. Ova kuzeyde 1200-1500 m. yükseklikteki Kayağdı dağları, güneyde Meşe ve Hacılar dağları, güneydoğuda ise Elmadağ ile yüksekliği 1800 m.'ye varan tepeler ile sınırlanmaktadır (Akçura, 1971). İnceleme alanı bu ovanın doğu yamaçlarının eteklerindeki düzlük arazidir.

3.2.1. Yerleşim ve Ulaşım

Ankara kenti, Türkiye Cumhuriyeti'nin başkenti olduğu günden bu yana sürekli büyümekte ve beraberinde de oldukça yoğun olarak konut problemiyle karşı karşıya kalmaktadır. Ankara Kenti'nin hızla büyüyen semtleri olan Balgat, 100. Yıl, Öveçler,

Söğütözü’de çalışma alanının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu semtlerde bulunan eski yerleşim alanları yıkılarak yerlerine daha modern ve yüksek yapıli konutlar yapılmaktadır.

Çalışma alanı, oldukça gelişmiş bir ulaşım ağına sahiptir. Bunlardan en önemlileri Ankara-Eskişehir ile Samsun-Konya karayollarıdır. Bunların dışında kalan tali ulaşım ağı da asfalt yollar ile çevrilidir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde demiryolu ve metro hatları da bulunmaktadır. Böylece çalışma alanına ulaşım her mevsim kolaylıkla sağlanabilmektedir.

3.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İklim yönünden Ankara’da kışları az yağışlı ve soğuk, yazları ise sıcak ve kurak kara iklimi görülür. Yağışlar en çok ilkbahar mevsimindedir. Gece ile gündüz, yaz ile kış mevsimleri arasında önemli sıcaklık farklılıkları bulunur. En sıcak aylar Temmuz (ortalama 23.1°) ve Ağustos (ortalama 23.3°), en soğuk aylar ise Ocak (ortalama 0.3°) ve Şubat (ortalama 1°) olarak belirlenmiştir. Kırkbeş yılın nisbi nem ortalaması % 60 olarak belirlenmiştir (Jemas, 1989).

Kara iklimine uygun biçimde Ankara’da iki tür bitki örtüsü gelişmiştir. Step ve orman stepler az yağış alan çukur alanlarda ve bazı platolarda görülür. Şehrin kuzeybasında ormanlar geniş alanlar kaplar. Beynam, Kızılıçhamam, Çamlıdere ormanlarında hakim ağaç türleri karaçam, ardıç ve meşedir (Jemas, 1989).

3.2.3. Jeomorfoloji

Ankara ve çevresi, jeomorfolojik açıdan eğimli arazi, platolar, ova taban düzlükleri, olmak üzere üç ana birime ayrılabilir (Erol, 1983). Bu ana birimlere ait olup, kent alanı içinde yer alan başlıca jeomorfolojik alt birimler ise; tepelik araziler, yamaç ve sırtlar, vadiler, alçak platolar, yüksek sekiler, alçak sekiler ve vadi tabanı düzlükleridir. Ankara ve çevresinde, Kuvaterner’de tektonik duraklama ve aşınma evreleri birbirini izlediği için bazı aşınım düzlükleri gelişmiş; onu izleyen evrelerde

etkin vadiler oluşmuştur. Böylece bölge, halen eski ve yüksek düzlükleri kesintiye uğratan dik dağ ve vadi yamaçlarının oldukça sık görüldüğü bir yöre halini almıştır. Bu dik yamaçlar, özellikle dağ ve plato alanlarında, sarp ve kayalıktır. Ovalar ve sekiler bölgesi içinde de bazen dik kayalık yamaçlar bulunmakla beraber, buradaki yamaçlar daha yatık ve alçaktır (Erol, 1973).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Genel Jeoloji

Çalışma alanı ve yakın çevresinde beş ana birim ayırt edilmiştir. Bunlar yaşlıdan gence doğru Triyas yaşlı Ankara Grubu, Jura Kireçtaşları, Miyosen çökelleri ve volkanitleri, Pliyosen çökelleri ve Kuvaterner alüvyonlarıdır (Şekil 4.1). Ankara ve yakın civarının 1/100.000 ölçekli genel jeoloji haritası Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Ayrıca Çankaya İlçesi ve yakın civarının 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası da EK-1’de verilmiştir.

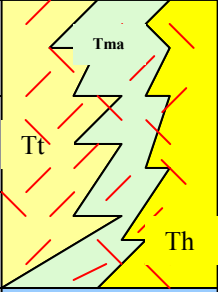
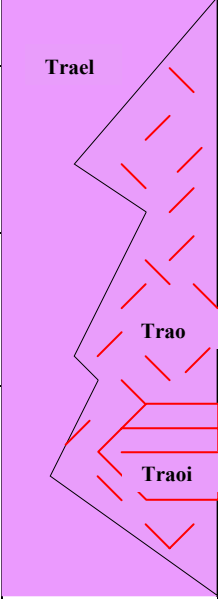
4.1.1 Ankara Grubu

Ankara Grubu olarak adlandırılan Triyas yaşlı birimler Emir, Elmadağ, Ortaköy ve Keçikaya formasyonları olarak, Ortaköy formasyonu ise İmrahor kireçtaşı üyesi ve Radyolarit üyesi olarak ayırtlanmıştır.

Bu grubu oluşturan formasyonlardan Emir formasyonu içinde diyabaz, Elmadağ ve/veya Ortaköy formasyonları içinde ise Karbonifer ve Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları ayırtlanmıştır.

Elmadağ Formasyonu (TRael)

Birim bölgede güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanır. Elmadağ formasyonu ilk kez Akyürek vd. (1982;1984) tarafından kullanılmıştır. Elmadağ formasyonu alttan üste doğru metamorfizması gittikçe azalan ilksel halini kısmen koruyan ve/veya yeşil şist fasiyesi sınırları içinde metamorfizma geçirmiş konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ile volkarenit, aglomera, volkanit ve tüften oluşur. Birimin içinde Karbonifer ve Permiyen yaşlı kireçtaşından oluşan değişik boyutlu bloklar yer alır. Elmadağ formasyonu yaygın olarak sarı, boz, kahverengi, gri renklindedir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON ADI	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOİK	KUVATERNER		Alüvyon	Qa	Qa	Kil, silt, kum, çakıl UYUMSUZLUK
		TERSİYER	PLİYOSEN	Gölbaşı Formasyonu	Tg	Tg
	MİYOSEN		Tekke Volkaniti	Tt		Andezit, Trakiandezit, Tüf, Aglomera
			Mamak Formasyonu	Tma		Aglomera, Tüf ,Andezit
		Hançili Formasyonu	Th	Kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı ,tüf, jips, bitümlü şey UYUMSUZLUK		
JURA	MALM / DOGGER	Akbayır Formasyonu	Ja	Ja	Beyaz, krem ve kırmızı renkli silis bant ve yumrulu kireçtaşı UYUMSUZLUK	
MESOZOYİK	TRİYAS	Orta-Üst Triyas	Keçilikaya Formasyonu	Trak	Trak	Gri, beyaz renkli kireçtaşı
		Orta-Üst Triyas	Ortaköy Formasyonu	Trao		Spilit, diyabaz, tüf, volkarenit , aglomera
		Orta-Üst Triyas	İmrahor Kireçtaşı Üyesi	Traoi		Volkanitler ile ilksel ilişkili kireçtaşları
		Alt – Orta Triyas	Elmadağ Formasyonu	Trael		Metakonglomera, metakumtaşı Kumlu kireçtaşı, kumtaşı, kireçtaşı Volkarenit, aglomera , metavolkanit

Şekil 4.1. Çalışma alanı stratigrafik kolon kesiti (Ölçeksiz)

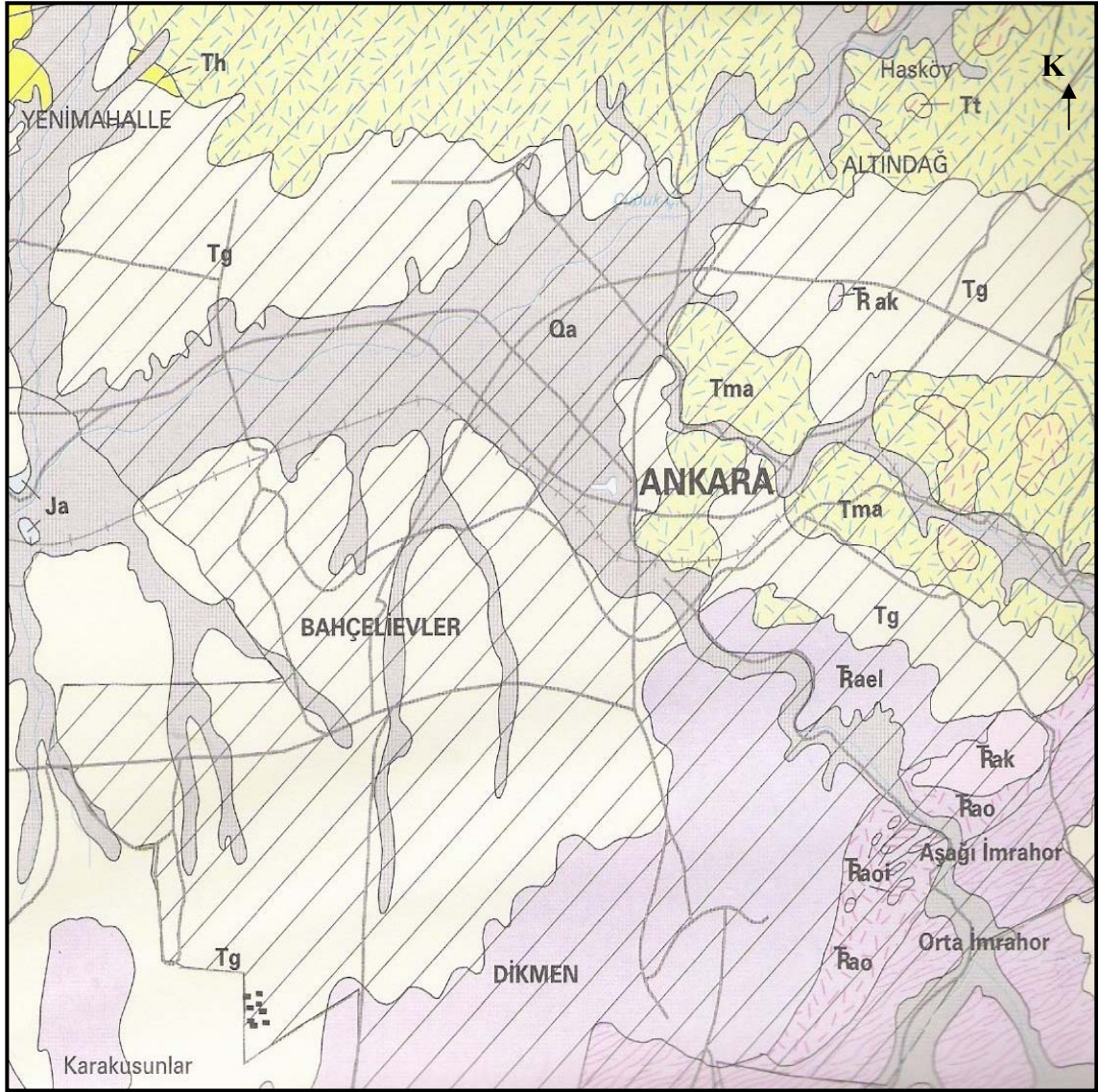
İnce ve orta kalınlıkta tabakalanmalı olan birim, sık kıvrımlıdır. Kıvrımlanmalar ince taneli ve ince tabakalı kesimlerde belirgindir.

Elmadağ formasyonu geçiş zonunda kumtaşı, kumlu kireçtaşı araldanması olarak devam ederek Keçikaya formasyonuna geçer. Elmadağ formasyonu yanal olarak metavolkanit, metatüf, volkarenit ve aglomeradan oluşan Ortaköy formasyonu ile giriktir.

Elmadağ formasyonu ile Emir formasyonu geçiş zonunda bulunan *Meandrospira pusula* (Ho), *Cyclogyra cf. mahajeri* Brönnimann et all, *Earlandia tintinniformis* (Misik), *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Ammodiscus* sp. fosilleri ile Alt Triyas yaşı saptanmıştır. Elmadağ formasyonu içinde bantlar halindeki kireçtaşları fosilli olup, bu bantların değişik kesimlerinde *Meandrospira dinarica* Kochansky-Devide ve Pantic, *Glomospira densa* (Pantic), *Ammoboulites* sp., *Trochommina* sp., *Endothyranella* sp., *Endthyra* sp. fosilleri ile Anisiyen yaşı saptanmıştır. Üst düzeylerden alınan örneklerde ise; *Involutina gaschei* (Koehn-Zaninetti ve Brönnimann), *Trochammima almtalensis* Koehn-Zaninetti, *Involutina eomesozoica* Oberbhauser, *Glomospirella* sp., *Ophthalmidium* sp., *Trocholina* sp., *Ammobaculites* sp., *Endothyra* sp. fosilleri ile de Orta-Üst Triyas yaşı saptanmıştır. Bu bulgular sonucu Elmadağ formasyonu Alt, Orta-Üst Triyas yaşında kabul edilmiştir.

Birim genel olarak kumtaşı ve şeyl araldanması şeklinde çökelen kaya türlerinden ve bunların içinde gelişmiş çakıltaşı kanal çökellerinden oluşmuştur. Birim çökeline devam ederken gelişen volkanizma ve bunların ürünleri değişik evrelerde çökeline katılmışlardır. Çökelim ve volkanizma devam ederken, Karbonifer ve Permiyen yaşlı kireçtaşları değişik boyutlarda bloklar halinde çökelleme havzasına gelmiş ve çökeline katılmışlardır.

Elmadağ formasyonu yaş bulguları ve yorumlan ayrı tutulmak koşulu ile Elmadağ bloklar serisi (Erol, 1956), Temirözü formasyonu (Schmit, 1960), Karışık seri (Çalgın vd., 1973), Kulm fliş formasyonu (Erk, 1977), Ankara flişi (Erk, 1980), Karakaya formasyonu (Bingöl vd., 1973), Kınık formasyonu (Akyürek, 1978; Soysal, 1983), Hisarlıkaya formasyonu (Batman, 1978), Kalker bloklu melanaj (Norman, 1973) ve Kosrelük formasyonu (Akyürek vd., 1979b; 1980) ile eşdeğer tutulabilir.



Qa	Alüvyon; kum, çakıl.	Ja	Akbayır Formasyonu; beyaz, krem ve kırmızı renkli silis bant ve yumrulu kireçtaşı.
Tg	Gölbaşı Formasyonu; konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, silt, kil.	TRak	Keçikaya Formasyonu; gri, beyaz renkli kireçtaşı.
Tt	Tekke Volkaniti; andezit, trakiandezit, tuf, aglomera.	TRao	Ortaköy Formasyonu; split, diyabaz, tuf, volkarenit, aglomera.
Tma	Mamak Formasyonu; aglomera, tuf, andezit.	TRaoi	İmrahor kireçtaşı üyesi; volkanitlerle ilksel ilişkili kireçtaşları.
Th	Hançili Formasyonu; kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı, tuf, iips. bitümlü sevl.	TRael	Elmadağ Formasyonu; muskovit-kuvars şist, serisit-kuvars şist, fillit, kalkşist, metavolkanit, metakonglomera

Şekil 4.2. Ankara İli ve çevresi 1:100 000 ölçekli genel jeoloji haritası. (Akyürek vd., 1997)

Ortaköy Formasyonu (TRao)

Birim, Elmadağ formasyonunun yayılımı içinde farklı kaya türü özellikleri ile ayırtlanmıştır. Ortaköy formasyonu ilk kez Akyürek vd. (1982, 1984)'de kullanılmıştır. Birim, kısmen ilksel halini koruyan, kısmen de düşük derecede metamorfizmaya uğramış bazalt, spilit, diyabaz türü kayalar ile bunların formasyonu içinde sıkça izlenen kireçtaşları İmrahor üyesi olarak ayırtlanmıştır. Koyu yeşil siyah renkli bazaltlarda pillov (yastık) yapılarının ender de olsa korunduğu kesimler vardır. Spilitler gaz boşluklu olup, gaz boşlukları kalsit tarafından doldurulmuştur. Spilitlerde bölgesel kıvamlanmaya uygun olarak belirgin yönlenme görülür. Ortaköy formasyonu içinde Permiyen yaşlı kireçtaşları değişik boyutlarda bloklar halinde izlenir.

Ortaköy formasyonu, Elmadağ formasyonu ve kısmen de Keçikaya formasyonunun çökeli süresince bölgede etkin olan volkanizma ürünlerinden oluşur, yanal olarak Elmadağ formasyonu ve Keçikaya formasyonunun alt kesimleri ile giriktir. Birimin alt sınırı doğrudan izlenmez, ancak Emir formasyonu içinde ayırtlanamamış volkanitlerin varlığı volkanizmanın Emir formasyonunun çökeli süresince de bölgede etkin olduğunu göstermektedir. Üstte ise Keçikaya formasyonunun üst düzeyleri ile örtülüdür.

Ortaköy formasyonu içindeki bant konumlu kireçtaşlarında; *Meandrospira dinarica* Kochansky-Devide ve Pantic, *Glomospira* sp., *Endothyra* sp., *Trochammina* sp. fosilleri saptanmıştır. Bu fosil topluluğuna göre Ortaköy formasyonunun yaşı Orta-Üst Triyas olarak belirlenmiştir.

Ortaköy formasyonu, Elmadağ formasyonunun çökeli sırasında ve hatta Emir formasyonunun çökeli sırasında başlayan ve Keçikaya formasyonunun alt düzeylerinin çökeline kadar süren zaman aralığında oluşmakta olan Okyanus'un bölgede etkin olan ve zaman zaman çökeller içine giren volkanizmasının ürünlerinden oluşur. Emir ve Elmadağ formasyonlarının çökeli sırasında gelişen faylanmaya bağlı olarak çıkan Ortaköy formasyonuna ait volkanitler içine yine

faylanmaya bağlı olarak Permiyen yaşı bloklar yerleşmiştir. Ortaköy formasyonu Orta-Üst Triyas'ta oluşmuş okyanus kabuğuna ait yastık lavlı kesim olarak düşünölmektedir.

Ortaköy formasyonu, Yağızali formasyonu (Akyürek vd., 1979b; 1980), Karakaya formasyonu (Bingöl vd., 1973)'nun volkanitli kesimi ile, Bakırtepe volkanit üyesi (Akyürek, 1978; Soysal, 1983) ve Karışık seri (Çalgın vd., 1973) içindeki spilit, diyabaz ile eşdeğer tutulabilir.

İmrahor Kireçtaşı Üyesi (TRaoi)

İmrahor kireçtaşı üyesi, Ortaköy formasyonunun yayılım alanı içinde ayırtlanan bant şeklindeki kireçtaşlarından oluşur. İnce-orta tabakalanmalı, gri beyaz renkli, seyrek olarak da kırmızı renktedir. Volkanik kumtaşları ile geçişli olduğu yerlerde kumlu kireçtaşı özelliğindedir. İmrahor kireçtaşı üyesi altta ve üstte Ortaköy formasyonu'nu oluşturan kaya türleri ile geçişlidir. Yanal olarak ise yine Ortaköy formasyonu içinde kamalanarak sonlanır.

İmrahor kireçtaşı üyesinin değişik kesimlerinden alınan örneklerde; *Ophthalmidium* sp., *Meandrospira dinarica* Kochansky-Devide ve Pantic, *Glomospira densa* (Pantic), *Trocholina* sp. *Ammobaculites* sp., *Trochammina* sp., *Endothyranella* sp., *Duostominidae*, *Endothyra* sp. fosilleri saptanmıştır. Bu fosil topluluğuna göre birimin yaşı Orta-Üst Triyas'tır.

İmrahor kireçtaşı üyesi, Ortaköy formasyonunun volkanik kumtaşı ve aglomeralarının çökeliminden sonra zaman zaman ortamın sakinleşmesi sırasında çökelmiştir. Spilit, diyabaz ve bunların türleri ile volkanik kumtaşı, kumtaşı, aglomera düzeyleri arasında tekrarlanan düzeyler olarak izlenirler.

İmrahor kireçtaşı üyesi, Alanbaşı üyesi (Akyürek vd., 1979b; 1980) ile eşdeğer tutulabilir.

Keçikaya Formasyonu (TRak)

Bölgede, Elmadağ ve Ortaköy formasyonlarının yaygın olduğu kesimlerde izlenir. İlk kez Akyürek vd. (1982; 1984) tarafından adlandırılmıştır. Birim, gri, beyaz renkli kireçtaşı ve kumlu kireçtaşından oluşur ve yer yer kristalize, yer yer de dolomitik özelliktedir. Orta ve kalın tabakalı olup bol kırıklı ve çatlaklı olması ve tabaka yüzeylerinin kolay aşınma özelliği nedeniyle her yerde tabakalanma belirgin olarak izlenemez. Keçikaya formasyonunun gri renkli kireçtaşı düzeyleri bol fosil içerir.

Keçikaya formasyonu, altta Elmadağ formasyonu ve ortaköy formasyonu ile geçişlidir. Geçiş zonunda kireçtaşı tabakaları artar. Ortaköy formasyonunu oluşturan volkanitler ise Keçikaya formasyonunun alt düzeyleri ile sıcak ilişkilidir. Üstte ise Hasanoğlan formasyonu, çakıltası, kumtaşı düzeyleri ile Keçikaya formasyonu'nu uyumsuz olarak örter.

Keçikaya formasyonunu oluşturan kireçtaşlarında; *Involutina eomesozoica* (Oberhauser), *Glomospirella* sp., *Ophthalmidium* sp., *Trocholina* sp. fosilleri ile Orta Triyas olarak belirlenen birimde ender de olsa *Involutina gaschei* (Koehn-Zaninetti ve Brönnimann) *Trochammina almtalensis* Koehn-Zaninetti fosilleri de bulunmuştur. Bu fosil topluluğu ile Keçikaya formasyonunun yaşı Orta-Üst, Üst Triyas olarak belirlenmiştir.

Keçikaya formasyonu fliş karakterindeki kaya türlerinin çökmesinden sonra ortamın gittikçe sığlaşması ve sakinleşmesi sonucunda oluşmuştur. Geçiş zonunda kumlu kireçtaşı, silttaşı, kumtaşı araldanmasından kireçtaşına geçilmektedir. Keçikaya formasyonunun çökelinin ilk aşamalarında Ortaköy formasyonu volkanitlerinin son ürünü girik olarak izlenir. Bazen Ortaköy formasyonunun içinde Keçikaya formasyonuna ait kireçtaşı parçalarının, bazen de Keçikaya formasyonunu oluşturan kireçtaşları içine Ortaköy formasyonuna ait volkanik parçaların gömülmüş olduğu katmanları araldanmalı olarak izlemek olasıdır. Keçikaya formasyonunun çökelinin son aşamasında volkanizmanın etkinliği izlenmez.

Keçikaya formasyonu yaygın olarak ilk kez Akyürek vd. (1982) çalışmaları ile belirlenmiştir. Birim Yeniçöte formasyonu (Akyürek vd., 1979b; 1980), Kapaklı formasyonu (Keskin vd., 1975) ve Kırkağaç formasyonu (Akyürek, 1978; Soysal, 1983) ile eşdeğerdir.

4.1.2. Jura Kireçtaşı

Akbayır Formasyonu (Ja)

Genel olarak, ince-orta tabakalı, çörtlü, hemipelajik biyomikritik kireçtaşları ile temsil edilen birim, ilk kez Akyürek vd. (1982) tarafından Akbayır formasyonu adı altında incelenmiştir.

Birimin inceleme alanının batısında Alacaatlı ve Ballıkuyumcu köyleri ile güneybatısında Dereköy ve Deveci köyleri civarında geniş yüzeylemeleri bulunmaktadır.

Akbayır formasyonu beyaz, krem, bej ve yer yer kırmızı renkli, midye kabuğu kırılmalı, ince-orta tabakalanmalı, yaygın olarak çört yumru ve bantları içeren killi kireçtaşı ve/veya biyomitritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Hasanoğlan formasyonunun denizel düzeyleri ile geçişli olduğu bölgelerde (Alacaatlı köyü kuzeydoğusu Derinedere), Akbayır formasyonunun alt seviyeleri sarı, kahve-yeşil renkli marn, silttaşı ve killi kireçtaşı ardalanması ile başlanmaktadır. Bu killi ve siltli seviyeler üzerinde, formasyonun yaygın kaya türünü oluşturan hemipelajik kireçtaşı düzeyleri yer almaktadır. Porselenimsi görünümlü bu kireçtaşları içerisinde tektonik deformasyon (kırıklama ve kıvrımlanma) ve birincil sedimanter yapılar (slamp, yamaç breşi vb.) görülmektedir. Ayrıca Alacaatlı yöresinde türbiditik kalkarenit ara düzeyleri de bulunmaktadır.

Tabaka kalınlıkları 5-40 cm. arasında değişen bu kireçtaşları içerisinde, gri-kahverenkli çört mercek ve bantlarının bulunması formasyonun tipik özelliğini

oluştururken, formasyon içerisinde Radiolaria, Spongia, Echinodermata ve Calpionellid fosil ve kırıntıları yaygın olarak görülmektedir.

Akbayır formasyonun oluşturan istifin en üst düzeyleri, inceleme alanının batısında, yeşil renkli marnlar ve bu marnlar arasındaki olistostrom mercekleri ile tamamlanmaktadır. Akbayır formasyonunun mikritik kireçtaşı ve çörtlerinden oluşan olistostrom elemanlarının boyutu 2-15 cm arasında değişmektedir.

Akbayır formasyonu altta Hasanoğlan formasyonu ile geçişlidir. Bu dokanak Alacaatla ve Ballıkuyumcu köyleri civarında izlenebilmektedir. Deveci köyü yöresinde ise Dereköy ofiyolitli melanjı ve Elmadağ formasyonunun Permilen yaşlı kireçtaşları üzerinde tektonik dokanakla bulunmaktadır. Formasyonun üst kesimi Deveci köyü civarında aşınma yüzeyli, Alacaatlı köyü, Ballıkuyumcu batısında ise Karadağ formasyonunun olistostrom içerikli kayatürleri ile örtülmektedir.

Akbayır formasyonu içinde Ballıkuyumcu köyü ve kuzeyinde *Protopeneroplis striata* Weynschenk, *Alveosepta* gr. *jaccardi* (Schrodt), "*Conicospirillina*" *basiliensis* (Mohler) *Neotrocholina valdensis* (Reichel), *Neotrocholina* sp., *Trocholina* sp., *Nautiocolina* sp., *Spirillina* sp., Textularidae, Miliolidae, Lageniidae, Valvuliniidae, *Calpionella alpina* Lorenz, *Calpionella elliptica* Cadisch, *Tintiopsella* sp., *Calpionella* sp., Radiolaria, Spongia, Echinoidae, Bryozoa ve *Mxophite* alg fosilleri ile Kimmericiyen-Titoniyen-Barremiyen (Neokomiyen) yaşlan saptanmıştır. Akbayır Tepe'de ise; *Calpionella alpina* Lorenz, *Calpionella elliptica* Cadisch fosilleri ile Malm yaşı saptanmıştır. Seyrek olarak izlenen oolitleli düzeylerde ise *Protoglobigerina* sp., *Paolzowella?* sp., *Ophthalmidium* sp., *Reophox* sp., *Valvulina* sp., *Lagena* sp., Echinid, Ammonoidca, Gastropoda fosilleri bulunmuştur.

Akbayır formasyonu, Hasanoğlan formasyonunun oluşumunu sağlayan tektonosedimanter sürecin devamında gelişmiştir. Ancak Ankara'nın batısında Üst Jura-Alt Kretase zaman aralığında düzenli olarak devam eden istif derin deniz çökeli

olarak gelişmiştir. Ankara'nın doğusunda ise zaman zaman gelişen denizaltı tepelerinde daha sık kesimlerde yer yer oolitle düzeylerde çökelmiştir.

Akbayır formasyonu, Jura kireçtaşı (Bilgütay, 1960), Lalelik formasyonu (Batman, 1978) ile eşdeğerdir.

4.1.3. Miyosen Çökelleri ve Volkanitleri

Hançili Formasyonu (Th)

Hançili formasyonu ilk kez Akyürek vd. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim killi kireçtaşı, marn, siltaşı, kumtaşı, konglomera ve tüfit ardalanmasından oluşmaktadır ve yer yer jips, bitümlüseyl içerir. Bu ardalanmada yerel olarak bazı kaya türleri egemen duruma geçmektedir. Ayrıca birim içinde andezit silleri gözlenmiştir. Killi kireçtaşı ve marnlar, beyaz, sarımsı beyaz renklerde, ortaçaç tutturulmuş ince ve orta tabakalı olup siltaşı-kumtaşları ile ardalanmalıdır. Siltaşları gri renkli, az tutturulmuş, ince tabakalı ve laminalıdır. Konglomera ve kumtaşları sarımsı, boz renkli, az tutturulmuş ve tabakalanması belirsizdir. Hançili formasyonu altta ve yanalda Kumartaş formasyonu ile, yanalda ise Mamak formasyonu ile giriktir. Üstte ise Mamak ve Gölbaşı formasyonları tarafından örtülür. Hançili formasyonu içinde *Candana (Candona) steinheimensis* Sierap *Candona (Candona) convexa* Livental, *Candona* sp. fosilleri ile Serravaliyen-Tortoniyen yaşı saptanmıştır (Akyürek vd., 1996). Hançili formasyonu, kenarlarında alüvyon yelpazelerinin (Kumartaş formasyonu) geliştiği karasal bir havzadaki ırmak ve gölde çökelmiştir. Göl ortamı, akarsu ortamına göre daha egemen olmuş ve havza giderek tümüyle göl karakterine geçmiştir. Gölde çökelim devam ederken, bölgede etkinliğini sürdüren volkanizmanın ürünlerinden tüfitler çökeline katılmış, andezitler ise siller halinde çökellerin arasına girmiştir.

Hançili formasyonu, göl kireçtaşları (Erol, 1956), Alt Pliyosen çökelleri (Çalgın vd., 1973), Kavaklı formasyonu (Akyürek vd., 1982; 1984) ile deneştirilebilir.

Tekke Volkanitleri (Tt)

İlk kez Akyürek vd. (1982; 1984) tarafından adlandırılmıştır. Birim, andezit, trakiandezit, bazalt, daha az tuf ve aglomera ve dasitten oluşur. Andezitler, kırmızı, pembe, boz ve siyah renklidir. Andezitlerde akma izleri sıkça gözlenir. Tüfler; gri ve beyaz renklere, çok ince taneli olup çoğunlukla andezit ve aglomeralar arasında düzeyler halinde görülür ve aralarında andezit parçaları içerir. Tekke volkaniti, çoğunlukla Mamak formasyonu ile giriktir. Kumartaş ve Hançili formasyonları içinde siller halinde de görülür. Tekke volkanitleri, yanal devamlılıklarında andezit, trakiandezit ve bazalt gibi değişik mineralojik bileşimlerin geçişlerini göstermektedir. Tekke volkanitleri, girik veya içinde siller halinde bulunduğu formasyonlarla eş yaşıdır. Değişik evrelerde oluşmuş birim Üst Miyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir. Birim, bölgede Miyosen zaman aralığında karasal koşulların sürdüğü sırada oluşan volkanizmanın ürünleridir. Bu volkanizmanın tuf ve lavları göl ve akarsularda çökelişini sürdüren kaya türlerinin içine siller halinde sokulmuştur.

Mamak Formasyonu (Tma)

Volkanizmanın yaygın olduğu kesimlerde ayırtlanmıştır. Mamak formasyonu, aglomera, tuf ve andezit, bazalt bileşimli lavlardan oluşur. Aglomeralar beyaz, gri, kırmızı renkli, tuf ile tutturulmuş değişik boyutlarda andezit, dasit, bazalt çakıllarından oluşur. Bazı kesimlerde belirgin tabakalarına gözlenir. Aglomeralar arasında izlenen tüfler, değişik renklere ve ince tabakalanmalıdır. Andezitler ise aglomeralar içinde siller halinde izlenir. Mamak formasyonu, Kumartaş formasyonu ile geçişlidir. Yanal olarak, Tekke volkanitleri ve Hançili formasyonu, ile giriktir. Üstte ise Bozdağ bazaltı tarafından örtülür. Mamak formasyonu, girik olduğu birimlerle aynı yaşta, Üst Miyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir. Mamak formasyonu volkanizma merkezlerine yakın göllerde oluşmuş, volkaniklerin de zaman zaman etkin olduğu volkanosedimanter çökellerdir.

Mamak formasyonu, aglomera-andezit birimi (Çalgın vd., 1973), Eregez aglomerası (Akyürek vd., 1980) ile eşdeğerdir.

4.1.4. Pliyosen Çökelleri

Gölbaşı Formasyonu (Tg)

İlk kez Akyürek vd. (1982; 1984) tarafından adlandırılan birim, gri, boz, kırmızı renkli, tutturulmamış veya az tutturulmuş değişik boyda, farklı kökenli konglomera, kumtaşı, çamurtaşından oluşur. Çoğunlukla tabakalanmasız olup bazı yerlerde yatay tabakalıdır. Kumtaşları ve çamurtaşları arasında moloz akması süreçleriyle oluşmuş konglomeralar yaygındır. Kumtaşı ve konglomeranın tane ve çakıllarını kuvarsit, bazalt, çeşitli kireçtaşları, diyabaz, metamorfik kayaç parçalan, radyolarit, serpantinit, gabro oluşturur. Çimento, kalsit ve kilden oluşmaktadır. Gölbaşı formasyonu çoğunlukla ayrılmış olarak izlenir. Gölbaşı formasyonu, Bozdağ bazaltı ve daha eski birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Üst sınırı ise izlenemez. Yanal devamlılığında Gölbaşı formasyonunu oluşturan kaya türlerinde değişimler izlenir. Gölbaşı formasyonunda çalışmalar sırasında fosile rastlanılmamıştır. Calvin ve Kleinsorge (1940) aynı birim içinde Pliyosen yaşlı mastodon fosilleri bulmuştur. Birimin yaşı, stratigrafideki yeri ve eski çalışmalar göz önüne alındığında Pliyosen olarak kabul edilebilir. Gölbaşı formasyonu alüvyon yelpazesi ve akarsu çökellerinden oluşmuştur. Önünde geliştiği kaynak alanın kaya türüne bağlı olan çakıl içeriği gelişmiştir.

Gölbaşı formasyonu "yamaç molozu birimi" (Çalgın vd., 1973) ve Büyükyakalı formasyonu (Akyürek vd., 1980) ile denestirilebilir.

Bu çalışmanın özünü oluşturan Ankara Kili'de, Gölbaşı formasyonunun killi seviyeleridir. Ankara Kili ile ilgili ayrıntı bilgi, ilerleyen bölümlerde ayrı bir başlık altında anlatılmıştır.

4.1.5. Kuvaterner ökelleri

Alüvyon (Qa)

Birim, bölgedeki nehirlerin yataklarında tutturulmamış veya çok az tutturulmuş, kum, silt, kil ve çakıllardan oluşur.

4.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fayı güneyinde Anatolit tektonik kuşağı içerisinde yer alır. Tektonik yapısı ise Alpin Orojenik evresi ile kazanmıştır. Bölgenin kazandığı en önemli tektonik yapı ve olaylar, Neotetis okyanusunun izlerini taşıyan ofiyolitli melanj oluşumu ile ilgilidir. Çalışma alanının yakın ve civarındaki yapısal unsurlardan uyumsuzluklar ve tabakalanmalar anlatılmıştır.

4.2.1. Uyumsuzluklar

Çalışma alanı ve civarındaki ilk uyumsuzluk Triyas yaşlı Ankara Grubu ile Jura yaşlı kireçtaşları arasındadır. Jura yaşlı kireçtaşları ile Miyosen yaşlı çökeller ve volkanitler arasında da uyumsuzluk vardır. Miyosen yaşlı çökeller ve volkanitler ile Pliyosen çökelleri, Pliyosen çökelleri ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar arasında da uyumsuzluk görülür.

4.2.2. Tabakalanma

Bölgede tabakalanma Miyosen çökelleri ile Pliyosen yaşlı gölsel çökeller ve volkanoklastik kayalar içinde izlenmiştir. Gölsel kökenli kayalarda tabaka kalınlığı milimetre ile bir metre arasında değişmektedir. Volkanoklastik kayalarda ise tabaka kalınlığı daha büyük değerlere ulaşmaktadır. Genelde her iki birimde de tabakalanma yatay ve yataya yakındır.

4.3. Hidrojeoloji

Ankara kenti, doğuda Hasanoğlan'dan batıda Sincan'a kadar dar bir şerit halinde uzanan, drenaj alanı 1166 km², yüzölçümü 57 km² olan Hatip Ovası'nın ortasında yer alır. Ovanın en önemli akarsuyu olan Hatip Çayı ve güneyden gelen İncesu Deresi ile birleşerek, Ankara Çayı adını alır. Batıya doğru akışını sürdüren Ankara Çayı, drenaj alanı içinde doğan ve başlıca kolları olan kuzeydeki Macun Deresi ve güneydeki Kuyugün Çayı'nı alarak, Sincan batısında ovidan çıkar ve Mürted Çayı ile birleşerek, Sakarya Nehri'ne karışır (DSİ, 1975).

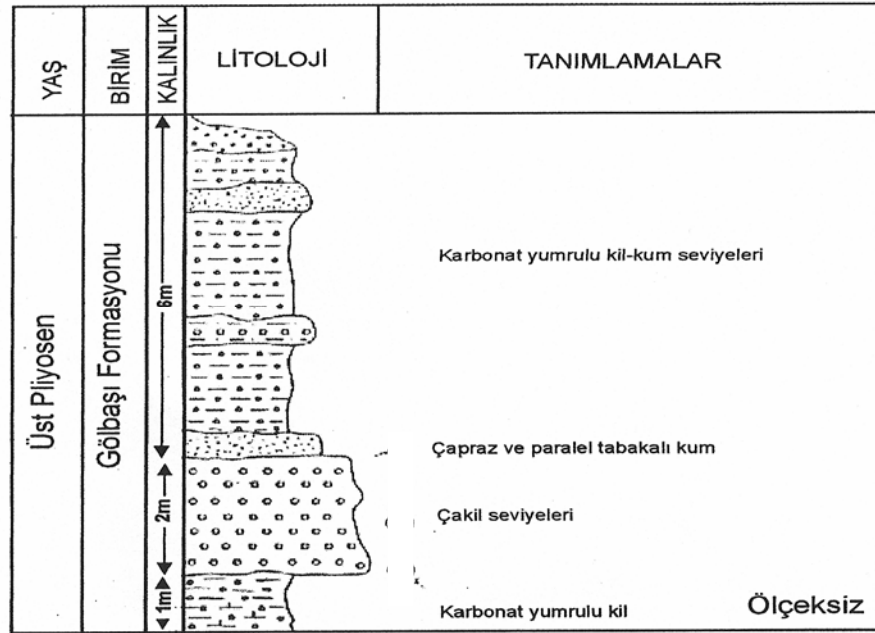
Kent alanının güneyinde çıkma veren Permo-Triyas yaşlı kireçtaşlarından, irili ufaklı pek çok kaynak çıkmaktadır. Debileri 1-20 lt/sn arasında değişen bu kaynakların en önemlisi, batıda Alaçatlı köyü doğusundaki Kırkgöz kaynağıdır. Debisi 20 lt/sn olan bu kaynak, Atatürk Orman Çiftliği tarafından kapte edilmiş olup, kullanılmaktadır. Ayrıca güneydoğuda Elmadağ serisinden çıkan ve toplam debileri 35 lt/sn olan birçok küçük kaynak da, Ankara Belediyesi tarafından kent şebekesine bağlanmıştır (DSİ, 1975).

Bölgede, akifer olarak nitelendirilebilecek tek birim alüvyondur. Hatip Ovası içindeki genişliği 200-2000 m, derinliği ise 10-30 m. arasında değişen alüvyonun, kent alanı içindeki ortalama genişliği 1000 m., ortalama derinliği ise 20 m.'dir. Ankara kent alanı içinde, Atatürk Orman Çiftliği çevresindeki alüvyonda açılan kuyulardan elde edilen özgül verim, 2.5-6.0 lt/sn/m arasında değişir. Alüvyonun oluşturduğu akifer, serbest bir akifer olup, yeraltısuyu seviyesinde, düzensiz yağışlar ve Akköprü-Yenimahalle çevresindeki fazla çekimler nedeniyle, 5-6 m'ye varan değişimler gözlenebilmiştir (DSİ, 1975).

4.4. Ankara Kili

Ankara kenti ve yakın çevresinde tipik kırmızımsı kahve, kahve renkli, yer yer çakıl ve kireç konkresyonları içeren killi birim **Ankara Kili** olarak adlandırılır (Birand, 1978). Üst Pliyosene ait olan bu çökellerin ayrıntılı sedimantolojik incelemesi Aras

(1991) tarafından yapılmış ve kırmızımsı kahve, kahve renkli olan bu çökellerin alüviyal yelpaze ortamını temsil ettikleri belirtilmiştir. Kiper (1983)'e göre ise, Üst Pliyosen çökelleri havza kenarlarında yer yer ufak çakıllarla ince taneli malzemenin bir arada bulunduğu, düzenli bir akarsu çökelimini yansıtmayan ve çamur akıntıları olarak yorumlamıştır. Bu çalışma sırasında İnşaat temel kazılarına dikkatlice bakılmış fakat istifin genel hatlarını ortaya koyan bir kesit ortaya konulamamıştır. Aras (1991) tarafından yapılan çalışmada TPAO civarından alınmış bir stratigrafik dikme kesit Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Bu kesitten de görüleceği gibi, derine inildikçe Ankara kili içinde yer yer iri taneli çökel seviyelerinin de varlığı da söz konusudur. Ulusay (1975)'a göre, Ankara kilinde saptanan kuvars ve oligoklaz (feldspat) bileşimindeki plajyoklasların varlığı, bu çökellerin önemli kısmının volkaniklerden türemiş olması olasılığına da işaret eder.



Şekil 4.3. Ankara kilindeki istifi temsil eden ve TPAO Genel Müdürlüğü yakınından alınan dikme kesit (Aras, 1991)

Ankara kilinde en çok görülen kil mineralleri, smektit, illit, klorit ve kaolinit olup az da olsa diğer kil mineralleri de görülmektedir. Ankara kili montmorillonitte içermesiyle şişme potansiyeli yüksek bir kildir. Zemin sınıflaması olarak genelde yüksek plastisiteli kil (CH), inorganik kil (OH) ve yüksek plastisiteli silt (MH) grubundandır. Ayrıca normal aktif killer grubuna girmekte, indeks ve sınır değerleri

alüvyal kile oranla daha yüksektir. Dane dağılımları ise değişik kil minerallerinden oluştuğu için heterojen görünümündedir. Ankara kilinde yer yer kalışı katmanları ve kalker konkresyonları da görülmektedir. Şekil 4.4.'de görüldü gibi kireç konkresyonları zemin yüzeyine yakın olan yerlerde veya 1 ile 5 metreden fazla olmayan derinliktedirler. Bu yumruların boyutları birkaç milimetreden 80-100 milimetreye kadar hatta bazen daha da büyük olabilmektedir.



Şekil 4.4. Gölbaşı İlçesi'nde Ankara kili içinde görülen kireç konkresyonları



Şekil 4.5. Çukurambar Semtinde Ankara kilinde açılan bir yarmadan görünüş

4.4.1. Ankara Kilinin İndeks Özellikleri ve Mineralojisi

Kasapoğlu (1982), Ankara kilinin çeşitli indeks özellikleri belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada;

- Tane özgül ağırlığı değerinin 2,47 ile 2,76 arasında değiştiğini,
- Ortalama dane boyu dağılımını ise, % 30 kil, % 30 silt, % 25 kum ve % 15 çakıl boyutunda malzeme olduğunu,
- Ankara yerleşim bölgesi içerisinde organik zeminlerin, ortalama tane özgül ağırlığının 2,58 olduğunu,
- Atterberg sınırları ve indeks değerlerinin ortalamasının ise LL (%) =56, PL(%) =32, PI(%) = 24 $C_c = 0,42$ olduğunu belirtmiştir.

Kiper (1983), çökellerin killi ve ince taneli kesimlerinin;

- Tane özgül ağırlıklarının 2,60 ile 2,71 arasında ve ortalama 2,71,

- Üst pliyosen çökellerinin killi düzeylerinde belirlenen, çakıl, kum, silt ve kil yüzdelерinin istatistiksel değeriendirme sonucunda, ortalama % 17,9 kum, % 42,4 silt, % 38,6 kil tane boyutunda olduğunu belirtmiştir.

Kılıç (1990), Üst pliyosen çökellerinin mineralojik bileşimi için,

- Sincan, Beşevler ve Kavaklıdere bölgelerinden alınan numunelerde hakim mineralin kuvars,
- Bu mineralin Kavaklıdere de %35, Beşevler'de % 42, Sincan'da % 48 olduğunu,
- İkinci derecede çoklukta olan mineral kalsit ise, Kavaklıdere'de %30, Beşevler'de % 30, Sincan'da %20,
- Sincan çökellerinin % 20 ni oluşturan montmorillonitinde Kavaklıdere de ancak % 3 oranında olduğunu belirtmiştir.

Aksoy ve Gökçeoğlu (1993), bölgelere göre ortalama tane boyutu dağılımını aşağıdaki gibi özetlemiştir. Zemin sınıflandırılmasına göre örneklerin çoğunun CH ve MH grubunda yer aldığını belirtmiştir.

- Balgat, ODTÜ, Beytepe'de % 59 kil, %26,3 silt, %10 kum
- Yenimahalle, Batıkent, Etimesgut'da % 32,1 kil, %37,4 silt, %28,4 kum
- Çankaya ve Ayrancı'da % 32,1 kil, % 37,4 silt, % 28,4 kumdur.

4.4.2. Ankara Kilinde Karşılaşılan Mühendislik Sorunlar

Ankara kili daha çok göl çökelleri ve taraçalardan oluşmuştur. Ankara baseninin genellikle iç kısımlarında yer yer 20-30 m. kalınlığında bir seviyedir. Alüvyal killer gibi kum, çakıl tabakaları da içerebilmektedir. Ankara kilinin yer altı suyu yüksek kesimlerinde, taşıma gücü problemlerinin olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür. Ayrıca şişme, büzülme ve şev duraysızlığı gibi sorunlar yaratmakta ve silt miktarının fazla olması halinde içyapı çökmelerinden dolayı oturma problemleri olmaktadır. Ayrıca, Ankara kilinin yüksek plastisteli (CH) olan kesimlerinde sık sık fisürlere rastlanılmaktadır. Bu fisürler yapının mukavemetini azaltmaktadır.

Ankara kili ön yüklemeye etkisinde kalmış bir kildir. Bu ön yüklemeyi beş grupta toplamak mümkündür.

- 1- Jeolojik zamanlar boyunca, tabakaların aşınması ve bugünkü görülen killerin yük altında kalmış olması,
- 2- Taban suyu seviyesinin alçalmasından dolayı artan efektif gerilmeler,
- 3- Buzul çağı dönemindeki buzul yükleri,
- 4- Zemin kuruması nedeniyle kapiler gerilmelerden dolayı efektif gerilme artışı,
- 5- Fiziksel dış etmenler ve zemin içi reaksiyonlar.



Şekil 4.6. Ankara kilindeki bir gecekonduda, şişme potansiyeline bağlı olarak değişik yönlerde gelişmiş çatlaklar (Balgat)

Ankara kili şişmeye müsait bir kil olduğundan, üzerine inşa edilecek olan hafif yapılarda (yol, su, kanalizasyon hatları ve 1-2 katlı hafif yapılar vs.) kilin şişme ve büzülme potansiyeli dikkate alınmalıdır. Gerekirse yapılacak kazılarda geçirgenliği yüksek çakıllı-kumlu malzeme, temel üstüne serilmelidir.

Ayrıca son yıllarda, Ankara şehrinin gelişmesi ile paralel olarak, metro çalışmaları, çok katlı yüksek binalar, alt geçit, üst geçit ve viyadükler yapılmaktadır. Bu gibi önemli yapılarda, Ankara kili olumsuz özellikleri ile problemler yaratmaktadır. Kilde problemler ile karşılaşmamak için en uygun sağlamlaştırma yöntemi uygulanmalıdır. Bunların en sık kullanılanları, fore kazık, mini kazık, ankraj, istinat duvarları, zemin çivileri, diyafram duvarlar vs. gibi mühendislik sistemlerdir.



Şekil 4.7. 100. Yıl semtinde Ankara kili üzerinde inşa edilmiş gecekondu da şişmeye bağlı gelişmiş çatlaklar ve arka planda görülen çok katlı yeni yapılaşma alanı



Şekil 4.8. Gölbaşı İlçesi'nde Üst Pliyosen çökelleri ve Ankara kilinden genel bir görünüş

4.3. Mühendislik Jeolojisi

Mühendislik jeolojisi, arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarından oluşmaktadır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlar bulgular bölümünde sunulmuştur.

4.3.1. Arazi Çalışmaları

4.3.1.1. Mekanik Sondajlar

Çalışma alanında Ankara Kilinin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla örselenmiş ve örselenmemiş numune alınması ve yerinde birimi tanımlamak amacıyla sondaj çalışmaları yapılmıştır. Sondajlar özel bir şirket tarafından kamyonu monteli iki adet Crealius XC 90H mekanik baskılı sondaj makinesi ile yapılmıştır. Sondajlarda ilerleme auger ile yapılmıştır. Bu çalışmaya esas olacak şekilde 2 farklı yerde 7 adet toplam 165 m. derinliğinde sondaj kuyusu açılmıştır. Sondajlar açılırken zeminin yanal ve düşey yönde mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla her 1.50 m.'de bir standart penetrasyon testi (SPT) ve uygun olan seviyelerden de bozulmamış (UD) örnekleri alınarak uygun şartlarda muhafaza edildikten sonra

zemin mekaniği laboratuvarına getirilmiştir. Sondajlarda geçilen birimlerin makro tanımlamaları, mühendislik sınıflamaları, SPT ve UD seviyeleri, SPT grafiği ile varsa yeraltı seviyeleri sondaj loglarına işlenmiştir.(Ek-2)

4.3.1.2. Arazi Deneyleri

Sondaj çalışmalarında her 1.5 m.'de bir standart penetrasyon deneyi (SPT) yapılmıştır. Toplam 7 adet sondaj kuyusunda 98 adet standart penetrasyon deneyi yapılmıştır. Bu deneyler ile hem zeminin makro tanımlaması yapılmış, hemde fiziksel özelliklerini (index) belirlemek amacı ile numuneler alınmıştır.

4.3.1.3. Örselenmemiş Numune Alınması

Sondaj kuyularının açılması sırasında geçilen kohezyonlu zeminlerin mekanik özellikleri belirlemek amacıyla, ince cidarlı tüplerle uygun seviyelerden toplam 25 adet örselenmemiş numune alınmıştır. Alınan numuneler su muhtevasını kaybetmemesi için tüpün her iki ucu da parafinle kapatılmış ve laboratuvara gönderilmiştir.

4.2.2 Laboratuvar Deneyleri

Sondaj çalışmalarından alınan 31 adet örselenmiş 24 adet örselenmemiş örnek özel bir şirketin laboratuvarlarına ve bir kısmı da Süleyman Demirel Üniversitesi zemin mekaniği laboratuvarına gönderilmiştir. Alınan numunelerin bir kısmından fiziksel parametreler belirlenmiş bir kısmından da konsolidasyon oturması ve şişme parametreleri elde edilmeye çalışılmıştır. Örselenmiş ve örselenmemiş numunelerden yapılan deneyler aşağıda anlatılmıştır. Bütün laboratuvar deney sonuçları Ek-3'de sunulmuştur.

4.2.2.1. Su Muhtevası (W_n)

Su muhtevası, bir zeminin içinde bulunan suyun ağırlığının, tanelerin ağırlığına oranıdır.

Bu çalışmada su muhtevası tayini etüv metoduyla yapılmıştır. Su muhtevasını tespit edilecek numune rutubet kutusuna konularak tartılır. Sonra rutubet kutusu numuneyle beraber, sıcaklığı devamlı olarak 105°C olan bir etüve konularak 24 saat bırakılır. Rutubet kutusu ve numune tekrar tartılır. İki ağırlık arasındaki fark buharlaşan su ağırlığını verir.

$$\% W_n = \frac{W - W_s}{W} \times 100 (\%) \quad (4.1)$$

W_n : Doğal su muhtevası

W : Hacimdeki yaş numune ağırlığı

W_s : Hacimdeki tane ağırlığı

Bu çalışmada su muhtevası tayini 31 adet örselenmiş numune ve 24 adet örselenmemiş numune üzerinde yapılmıştır.

4.2.2.2. Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)

Doğal haldeki bir zeminin, birim hacimdeki ağırlığı o zeminin doğal birim hacim ağırlığıdır.

$$\gamma_n = \frac{W}{V} \quad (4.2)$$

γ_n : Doğal birim hacim ağırlık

W : Hacmindeki doğal zemin ağırlığı

V : Zemin hacmi

Bu çalışmada konsolidasyon ve şişme deneyleri sırasında 15 adet örselenmemiş numuneden doğal birim hacim ağırlığı tespiti yapılmıştır.

4.2.2.3. Elek Analizi

Elek analizi zemin tane kısmının büyüklüklerinin dağılışı şekli ve miktarını belirtmekte kullanılan bir deneydir. Bu amaçla araziden gelen numune kurutulur. Numune, killi bir malzeme ise havanda lastik uçlu tokmakla taneleri kırmadan dövülerek birbirine yapışmış olan tanelerin ayrılması sağlanır. Böylece hazırlanmış numuneden belli bir miktar 0.1 gr duyarlıkta tartılıp kare açıklı eleklerden elenir. Eleme işlemi sırasında malzeme kaybı olmamasına dikkat edilir. Kullanılan elek numaraları bir tablo üzerinde, 1. kolona yazılır. 2. kolona elek açıklıkları mm olarak yazılır. 3. kolona her bir elek üzerinde kalan numune miktarı 0.1 gr duyarlılıkta tartılıp kaydedilir. 4. kolona aşağıdaki formüle göre hesaplanan her elek üzerinde % kalan miktarı yazılır.

$$\% \text{ Kalan} = \frac{\text{Elek Üzerinde Kalan}}{\text{Toplam Numune}} \times 100 \quad (4.3)$$

5. kolona toplam geçen yani elek ile üstündeki diğer eleklerde yüzde kalan miktarların toplamı yazılır, 6. kolona toplam geçen (her seferinde 5. kolondaki değer 100'den çıkarılarak) yazılır. Elde edilen bu sonuçlara göre tane boyu dağılım eğrisi çizilir.

Çalışma alanında alınan örselenmiş ve örselenmemiş numunelerden toplam 55 adet elek analizi yapılmıştır.

4.2.2.4. Kıvam Limitleri

Likit Limit

Likit limit (LL) zeminin kendi ağırlığı altında akmaya başladığı andaki su muhtevasıdır. Likit limit deneyi Casagrande tarafından tasarlanmış Likit limit aleti yardımıyla yapılır. Bu deney yapılışı şöyledir. 40 No'lu elek altında geçen malzemeden 100-150 gr kadar alınır. Üzerine su eklenerek macun kıvamına gelene kadar karıştırılır. Hazırlanan bu zeminden bir parça alınarak likit limiti kabına konur ve en büyük yüksekliği 1 cm olacak şekilde sıvanır. Oluk açma bıçağı dik tutularak malzeme tanı ortadan ikiye bölünür. Saniyede 2 dönme yapacak hızda yatay kol döndürülerek zeminin iki parçasının oluk tabanında 1.3 cm boyunca birleşmesi sağlanacak darbe sayısı saptanır. Zeminin su içeriği belirlenmesi için, kapanan bölgeden 10 gr kadar numune rutubet kabına konur ve tartılır. Bu işlem üç defa tekrarlanır. Deneme sonunda tartımı alınan numune 105°C etüve konulup 24 saat bekletilir ve % su içeriği saptanır. Üç farklı darbe sayısı ve bunlara karşı gelen su içeriği değerleri yarı logaritmik kağıda işaretlenir ve akış eğrisinde 25 darbeye karşı gelen su içeriği o zeminin likit limiti olarak kaydedilir.

Plastik Limit

Bir zeminin plastik limiti (PL), kırılmadan, kopmadan 3 mm çapında silindir haline getirilebildiği andaki su muhtevasıdır. Likit limit deneyi için hazırlanan numuneden 15 gr kadar alınır ve cam plaka üzerinde elle yuvarlanır. Bu yuvarlama işlemine 3 mm çapındaki çubuk çatlayıp bir kaç parçaya ayrılıncaya kadar devam edilir. Ufalanmış çubuklarının su içeriği belirlemesi likit limit deneyindeki gibi yapılır. İşlem iki defa tekrarlanır. Elde edilen iki su içeriğinin ortalama değeri zeminin plastik limitidir. Plastisite indisi ise, $PI=LL-PL$ ifadesinden bulunur.

Kıvam limitleri ve doğal su muhtevası sonuçlarından yararlanarak,

$$\text{Kıvam indisi} \quad I_c = (LL - w_n) / PI, \quad (4.4)$$

$$\text{Likitlik indisi} \quad I_L = w_n - PL / PI \quad (4.5)$$

ifadelerinden hesaplanır.

Elek analizi ve kıvam limitleri deneylerinde elde edilen sonuçlarından yararlanarak Birleştirilmiş Zemin Sınıflanma sistemine uygun olarak zemin sınıflaması yapılmıştır.

Zemin Sınıflaması

Zemin sınıflaması, araziden alınan zemin örneklerinin standart bir şekilde tanımlanması amacı ile yapılır. Zemin sınıflamalarında yaygın bir şekilde USCS olarak bilinen Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (Unified Soil Classification System USCS, ASTM D2487, ASTM D2488-93) kullanılır. Sınıflamada kullanılan terminoloji aşağıdaki gibidir;

Blok, 3 in (75 mm) elek üstünde kalan malzeme.,

Çakıl, 3 in (75 mm)-No.4 (4.75 mm) elekler arasındaki malzeme

İri çakıl, 3 in (75 mm)-3/4 in (19 mm)

İnce çakıl, 3/4 in (19 mm)-No.4 (4.75 mm)

Kum, No.4 (4.75 mm)-No.200 (75µm) elekler arasındaki malzeme

İri kum, No.4 (4.75 mm)-No.10 (2.00 mm)

Orta kum, No.10 (2.00 mm)- No.40 (425 µm)

İnce kum, No.40 (425 µm)-No.200 (75 µm)

Silt, No.200 (75 µm) elekten geçen malzemedir. Sınıflamada ince taneli zemin olarak adlandırılır, plastisite indisi 4'ten küçüktür, plastisite kartında A hattının altına düşer.

Organik silt, Silt gibi sınıflandırılır, etüvde kurutulmuş likit limit değerinin, etüvde kurutulmamış likit limit değerine oranı 0.75'den küçüktür.

Kil, No.200 (75 µm) elekten geçen malzemedir. Sınıflamada ince taneli zemin olarak adlandırılır, plastisite indisi 4 yada daha büyüktür, plastisite kartında A hattının üstünde yada üzerindedir.

Turba, Değişik oranlarda bitki kalıntılarında ve bunların karışımından oluşur. Koyu kahverengi, siyah rengi, organik kokusu, lifli, boşluklu yapısı ile tanınır.

Sınıflama yapabilmek için zemin No.4 ve No.200 eleklerden elenir, elekten geçen-kalan yüzdeler bulunur ve aşağıdaki yol izlenir;

A- No.200'de kalan malzeme %50'den fazla ise zemin iri tanelidir.

a-No.4'te kalan, No.200 de kalanın %50'sinden fazla ise zemin çakıldır.

- No.200'den geçen % 5'den az ise, diğer elekler kullanılarak elek analizi yapılır. Üniormluk Cu ve Eğrilik Cc değerlerine bakılarak İyi derecelenmiş çakıl (GW), kötü derecelenmiş çakıl (GP) grup sembolü verilir.
- No.200'den geçen malzeme %12'den fazla ise, malzeme No.40'tan elenerek ince ireli kısmı sınıflandırılır ve grup sembolü verilir (GM, GC).
- No.200'de kalan malzeme %5-12 arasında ise, 1.1.1 ve 1.1.2'deki işlemler yapılarak çift grup sembolü verilir (GP-GM, GP-GC, GW-GM, GW-GC).

b-No.4'te kalan, No.200'de kalanın %50'sinden az ise zemin kumdur.

- No.200'den geçen % 5'den az ise, diğer elekler kullanılarak elek analizi yapılır. Üniormluk Cu ve Eğrilik Cc değerlerine bakılarak İyi derecelenmiş kum (SW), kötü derecelenmiş kum (SP) grup sembolü verilir.
- No.200'den geçen malzeme %12'den fazla ise, malzeme No.40'tan elenerek ince taneli kısmı sınıflandırılır ve grup sembolü verilir (SM, SC).
- No.200'de kalan malzeme %5-12 arasında ise, 1.1.1 ve 1.1.2'deki işlemler yapılarak çift grup sembolü verilir (SP-SM, SP-SC, SW-SM, SW-SC).

B- No.200'den geçen %50 yada fazla ise zemin ince tanelidir

a- No.40'tan elenen malzemedden Likit Limit (LL), Plastik Limit (PL) ve Plastisite İndisi (PI) bulunur ve plastisite kartına nokta işaretlenir.

b- $LL < 50$ ise zemin düşük plastisitelidir.

- $PI > 7$ ve nokta A çizgisi üstünde veya üzerinde ise grup sembolü CL dir.
- $PI < 4$ yada nokta A çizgisi altında ise grup sembolü ML dir.
- $4 < PI < 7$ ve nokta A çizgisi üstünde veya üzerinde ise çift grup sembolü verilir (CL-

ML).

c- $LL > 50$ ise zemin yüksek plastisitelidir

- Nokta A çizgisi üstünde yada üzerinde ise grup sembolü CH tır.

- Nokta A çizgisi altında ise grup sembolü MH 'tır.

d- Zemini organik olduğundan kuşkulanırsa (rengi, kokusu, lifli dokusu ile), etüvde kurutulmuş numunenin likit limitinin, etüvde kurutulmamış numunenin likit limitine oranı 0.75'ten küçükse zemin organiktir.

- $LL < 50$ ise grup sembolü OL dir

$PI > 4$ ve nokta A hattının üstünde yada üzerinde ise zemin organik kildir.

$PI < 4$ yada nokta A hattının altında ise zemin organik silttir.

- $LL > 50$ ise grup sembolü OH tır

Nokta A hattının üstünde yada üzerinde ise zemin organik kildir.

Nokta A hattının altında ise zemin organik silttir.

C-Grup sembolü belirlendikten sonra çakıl, kum ve No.200'de kalan malzeme yüzdelere göre grup adı verilir.

4.2.2.5. Konsolidasyon Teoremi

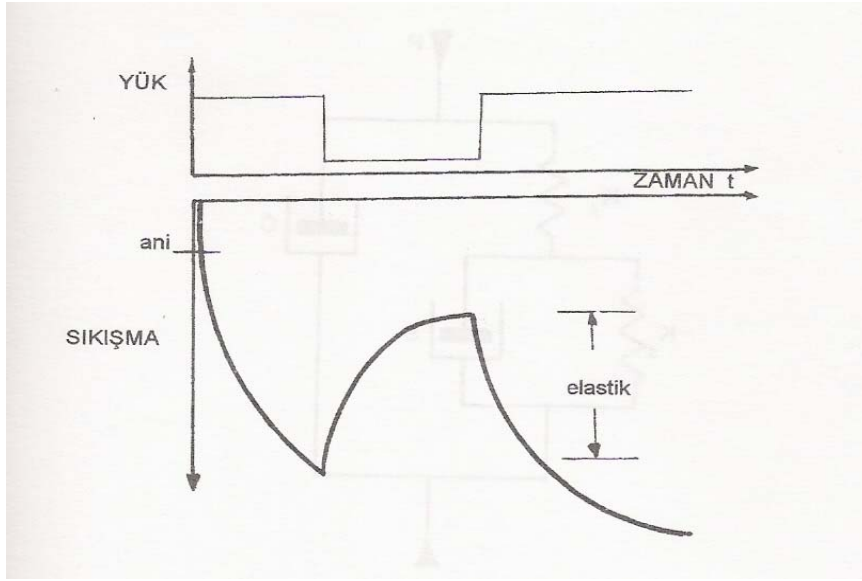
Her cisim gibi zemin de bir gerilme artışı $\Delta\sigma$ aldığında hacim kaybına uğrar. Örneğin, sıkı kuru kum izotop gerilme artışı alındığında gözlenecek hacim kaybı yaklaşık;

$$\frac{\Delta V}{\Delta o} \approx m\sqrt{\Delta\sigma} \quad (4.6)$$

olarak ifade edilebilir. Sıkışabilirliği ifade eden m katsayısı poroziteye bağlı olup 0.0005-0.0020 arasında değişebilmektedir. Aynı gerilme artışı kile uygulandığında sıkışmanın m gibi basit bir katsayı ile ifade edilemeyeceği, öncelikle zamanın önemli bir değişken olarak denkleme gireceği tahmin edilebilir. Bu da sıkışma olayının

kumlarda birkaç günden killerde birkaç yüzyıla değişen bir süreç olduğunu söylemekle özetlenebilir.

Şekil 4.9.'da $\Delta\sigma$ gerilmesi uygulanan bir zeminde zamana bağlı olarak izlenecek şekil değiştirmeler basitçe gösterilmektedir. Gerilme artışı olduğunda hacim ve boy değiştirme ani, yani drenajsız bir sıkışmayı izleyerek zaman içinde giderek azalan bir hızda sürmektedir.



Şekil 4.9 Zeminde sıkışmanın zamandan etkilenmesi

Bu tür bir sıkışma eğrisini oluşturan özellikler şöyle sıralanabilir :

1. Danelerin sıkışması
2. Boşlukları dolduran suyun ve havanın sıkışması
3. Gerilme artışı ile yükselen boşluk suyu basıncının, suyun dışarıya atılmasıyla sönmesi sonucu hacim kaybı (Önalp, 1997).

Bir Boyutlu Sıkışma Mekanizması

Terzaghi İstanbul'da yaptığı gözlemlerde killerin sıkışmasının en önemli etkenin oluşan fazla boşluk suyu basınçlarının zaman içinde sistem dışına atılması sonucu boşluk hacminde azalma olduğunu fark etmiş ve "Terzaghi bir boyutlu

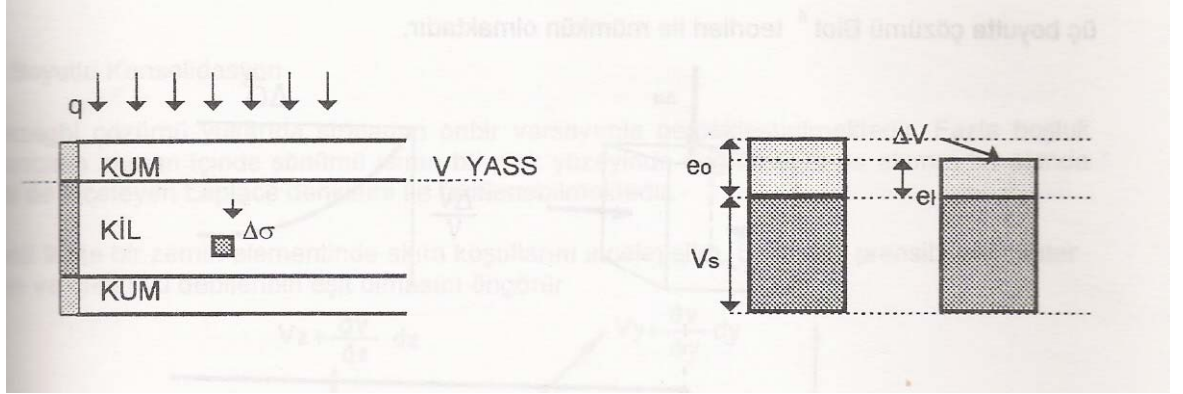
konsolidasyon teorisi”ni gerçekleştirmiştir. Bu teoride yapılan temel varsayım tüm killerin %100 doygun olduğudur. Böylece sıkışmanın sistemdeki havadan kaynaklanmadığı gerçeği çözüme önemli kolaylık getirmektedir.

- 1.Zemin homojendir.
- 2.Tüm boşluklar sıkışmaz sıvıyla doludur, ancak su eriyik gaz içerebilir.
- 3.Danelerin sıkışabilirliği suyunkine oranla ihmal edilebilir
- 4.Suyun sıkışabilirliği ise zemin iskeletine göre ihmal edilebilir
- 5.Darcy yasası geçerlidir.
- 6.Sıkışmalar ve suyun zeminde hareketi tek yönde oluşur.
- 7.Sıkışabilirlik ve geçirimsizlik zeminin aldığı gerilme kademesinden bağımsızdır.
- 8.Boşluk oranı efektif gerilmenin fonksiyonu olup zamanla değişmez
- 9.Oluşan sıkışmalar kilin ilk kalınlığına oranla küçük olduğundan ortalama özellikler ve ortalama boyutlar kullanılabilir.
- 10.Gerilme artışı ani olarak uygulanır.
- 11.Zemin iskeleti hacim değişimine viskoz direnç göstermez.

Bir Boyutlu Sıkışma Denklemi

Zemin Şekil 4.10’da gösterildiği gibi çok yaygın teorik olarak sonsuza uzanan, bir yüklemeye tabi olduğunu düşünelim. Buradan kilin içindeki herhangi bir elemanın düşey yönde sıkışma gösterirken, sınır koşulları nedeniyle yanal deformasyonun ihmal edilebilir düzeyde kalacağı söylenebilir. Buna paralel olarak zemindeki hacim bağıntıları bir blok diyagramda gösterelim (Şekil 4.10b). Sistem doygun olduğundan hacim değişimi sadece boşluk hacmindeki azalmadan kaynaklanacaktır:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{V_s(1 + e_0) - V_s(1 + e)}{V_s(1 + e_0)} = \frac{e_0 - e}{1 + e_0} \quad (4.7)$$



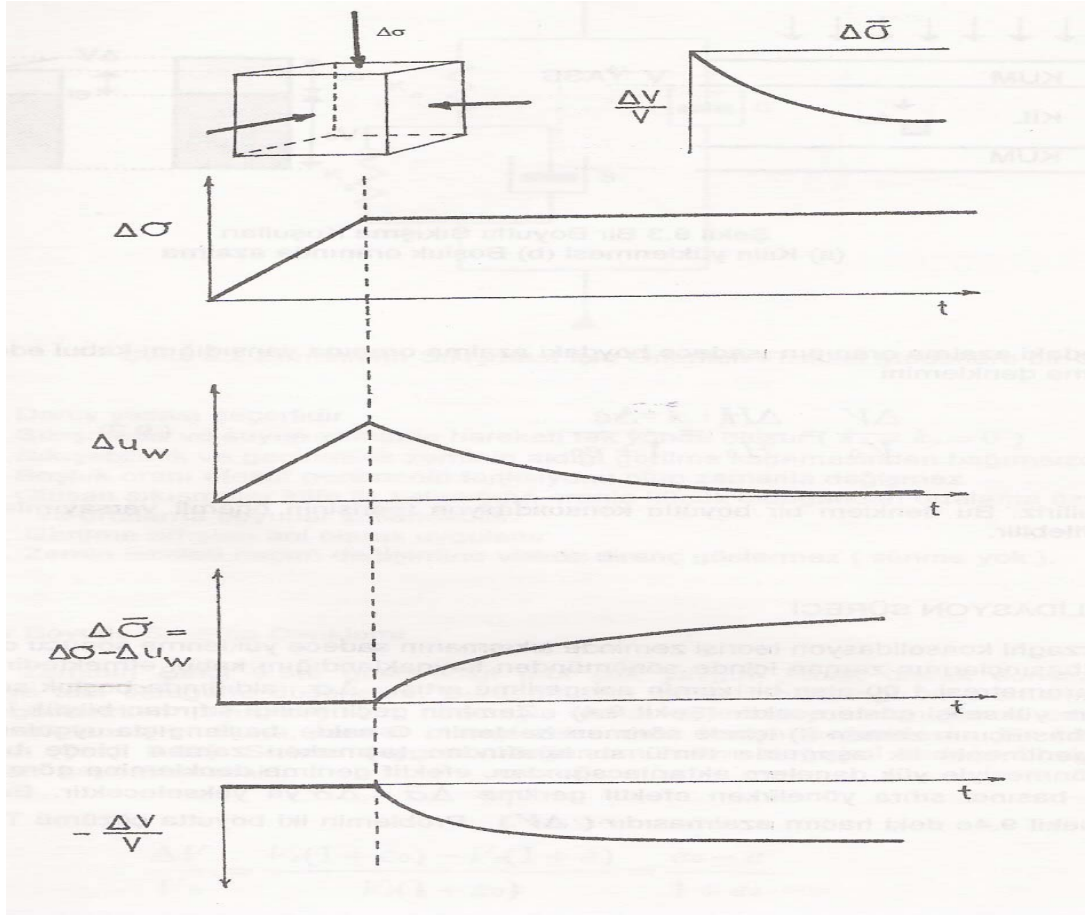
Şekil 4.10. Bir Boyutlu Sıkıştırma Koşulları (a) Kilin yüklenmesi (b) Boşluk oranında azalma

Şimdi, hacimdeki azalma oranının, sadece boydaki azalma oranına yansıdığını kabul edersek bir boyutlu sıkışma denklemi olarak yazabiliriz. Bu denklem bir boyutlu konsolidasyon teorisinin önemi varsayımlarından biri olarak gösterilebilir (Önalp, 1997).

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad (4.8)$$

Konsolidasyon Süreci

Terzaghi konsolidasyon teorisi zeminde sıkışma sadece yüklenme sonucunda oluşan fazla boşluk suyu basınçlarının zaman içinde sönümünden kaynaklandığını kabul etmektedir. Bir başka deyişle, B parametresi 1.00 olan bir zemin ani gerilme artışı $\Delta\sigma$ aldığı anda boşluk suyu basıncı da $\Delta u_w = \Delta\sigma$ yükselişi gösterecektir (Şekil 4.11). Zeminin geçirimliliği sıfırdan büyük ise bu fazla boşluk suyu basıncının zaman (t) içinde sönmesi beklenir. Bunun doğal sonucu da Şekil 4.11 'deki hacim azalmasıdır çözümü yukarıda sıralanan onbir varsayımla gerçekleştirilmektedir.



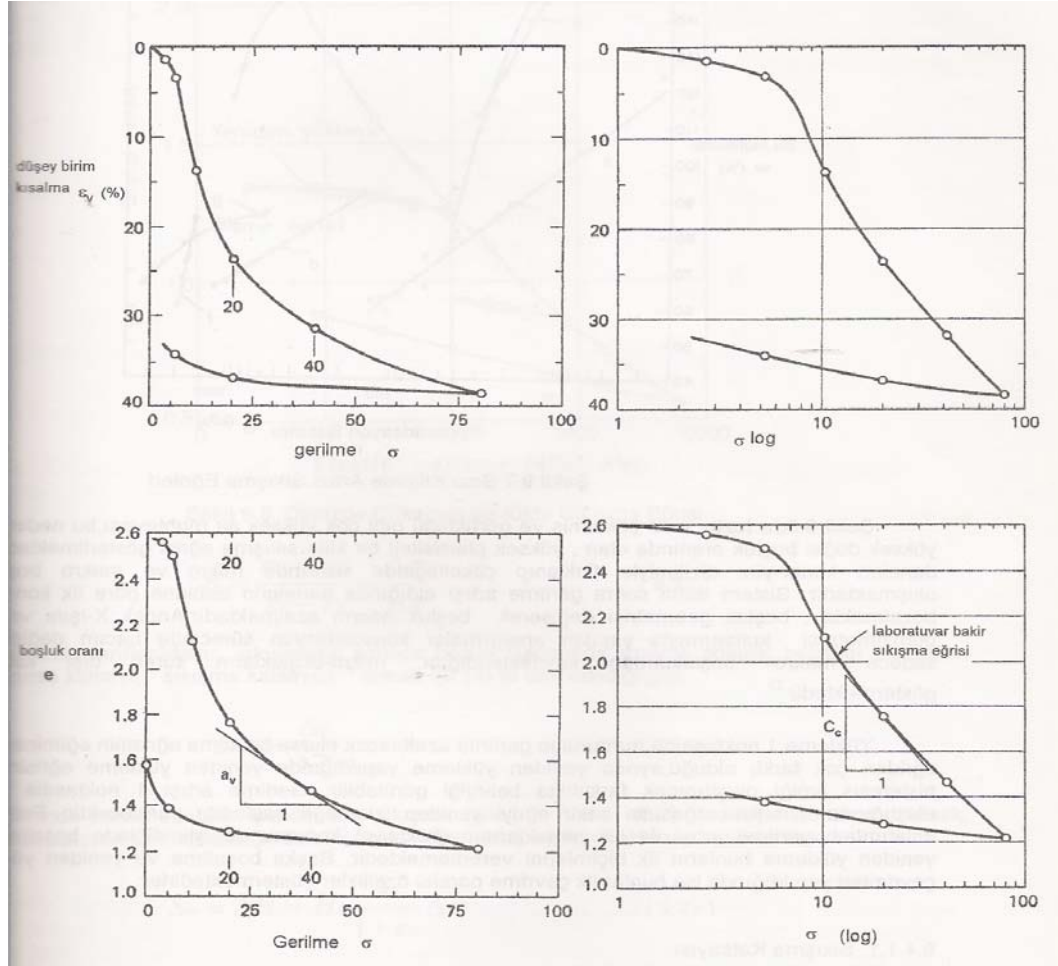
Şekil 4.11. Konsolidasyonda boşluk suyu basıncının zamanla sönümü ve sonucu

Zeminin Sıkışabilirliği

Killer yük aldıklarında gösterdikleri hareketler gözle görülebilecek boyutta ve zamana bağlı olduğu halde kumlarda hareketlerin mertebesi aynı olsa dahi bu hareketler çok hızlı oluşur. Bu özellik mühendislerce kilin sıkışabilir, kumun ise sıkışmaz olduğu gibi hatalı biçimde yorumlanır. Oysa, gevşek kumlarda oluşacak toplam sıkışmanın birçok durumda bazı killerden fazla olduğu bulunmaktadır. Aradaki fark, kum ve çakıllarda sıkışmanın bir süreç değil genelde zamandan bağımsız, yani ani, oluşmasından kaynaklanmaktadır (Önalp, 1997).

Sıkışma Eğrisi

Killer taşınıp çökerek veya yerinde kayacın ayrışmasıyla oluşurlar. En basit durumda, derin bire denize nehirlerce taşınarak getirilen askı maddesi zaman içinde Stokes yasası uyarınca dibe çökler ve $10^2 - 10^6$ yıl süresince öz ağırlığı altında konsolide olarak dengeye gelir. Böyle bir çökel sürekli gerilme artışına tabi olursa Şekil 4.12' de gösterilen biçimde bir sıkışma eğrisi gösterecektir. Günümüzde sıkışmalar % birim boy kısalma (ε_z) yerine boşluk oranı türünden daha yaygın olarak gösterilmektedir. Şekil 4.12'de sıkışmalar aritmetik eksenlerde gösterildiğinde gerilme-sıkışma bağıntısının doğrusal olmadığı görünmektedir. Oysa aynı eğriler yarı logaritmik e- σ (log) çizgisinde doğru veya doğruya yakın bir biçimde belirmektedir.



Şekil 4.12. Sıkışma eğrisinin aritmetik ve logaritmik eksenlerde gösterimi

Zeminin sıkışabilirliğinin sıkışma katsayılarıyla ifade edilmesi için sıkışma eğrisinin doğruya yakın olması gerekmektedir. Oysa hemen hiçbir kilde sıkışma eğrisi doğrusal değildir. O halde, hata yapmamak için α_v 'nin sıkışma eğrisinin bir doğruya yakın olduğu durumlarda kullanılması uygun olacaktır. Bunun yapılmadığı durumlarda eğrinin sadece birbirine yeterince yakın iki gerilme noktası arasında hesaplanması gerekmektedir. Bir başka deyişle kilin sıkışabilirliğinin her gerilme aralığı için ayrı bir değeri olacaktır (Önalp, 1997).

Sıkışma İndisi

C_c ile ifade edilir. Şekil 4.12'de bakir sıkışma eğrisinin eğimi olarak tanımlanır. Killerin likit limiti LL ile C_c sıkışma indisi arasında bazı ampirik ilişkiler bulunmaktadır.

Normal konsolide olmuş killer için;

$$C_c = 0.009 (LL-10) \quad (4.9)$$

Örselenmiş killer için;

$$C_c = 0.007 (LL-10)'dur. \quad (4.10)$$

Jeolojik Geçmişin Sıkışabilirliğe Etkisi

Zeminler jeolojik oluşumlardır. Bu nedenle özelliklerinin jeolojik olaylardan etkilenmesi beklenir. Buna en canlı örnek fiziksel ve mineralojik yapıları farksız olan iki kilin çok farklı sıkışabilirlik göstermeleridir. Öte yandan, killer de diğer malzemeler gibi zaman içinde özelliklerini değiştirirler. Bu olaya kilin yaşlanması denir.

Killer, konsolidasyon geçmişine göre, başlıca üç grupta incelenir. Bunlar;

1- Normal konsolide olmuş killer: Geçmişte, şimdiki yükünden daha büyük yüklere maruz kalmamış olup, halihazırdaki yükler altında, konsolidasyonlarını tamamlamamışlardır.

2- Aşırı konsolide olmuş killer: Geçmişte, halihazırdaki yükünden daha büyük yüklere maruz kalmış killerdir. Jeolojik süreci içerisinde almış olduğu yük, ikincil etmenlerden dolayı ortadan kaldırılmıştır.

3- Konsolidasyonu devam eden killer: Şimdiki yükü altında, konsolidasyonunu tamamlamamış, konsolidasyonu devam eden killerdir.

Aşırı Konsolide Killer

‘Aşırı konsolide olmuş’ veya ‘Önceden yüklenmiş’ (OC) killer oluşumu sırasında veya daha sonra, bugün almakta olduğu gerilmeden daha yüksek gerilmeler almış killerdir. Bunun sonucu katı veya sert kıvam kazanmışlardır. Türkiye’de karşılaşılan killerin önemli bölümü aşağıda sıralanan nedenlerden biri veya birkaçı sonucu aşırı konsolide olmuşlardır. Aşırı konsolidasyonu oluşturan birkaç önemli neden vardır. Bunlar ortamda toplam basınç veya boşluk suyu basınçlarında meydana gelen değişimler sonucu efektif gerilmenin düşmesini sağlayan doğal ve yapay olaylardır. Bu olaylar şöyle sıralanabilir;

- 1.Üstteki katmanların aşınma, faylanma ile ortadan kalkması; eskiden mevcut olup şimdi bulunmayan yapıların etkisi; veya şimdi kalkmış buzul yükleri etkisiyle toplam gerilmede ki değişimler.
- 2.Yeraltı su seviyesindeki değişimler, artezyen basınçları, yüzeyden kuruma, bitki kökleri etkisi ile su kaybı, kılcallık nedeniyle boşluk suyu basıncında değişimler.
- 3.Yaşlanma sonucu kil yapısında değişimler.
- 4.Ortam sıcaklığı, PH ‘sı , tuzluluk gibi çevresel koşullarda değişimler.
- 5.Ayrışma-yıpranma, çökeltme, çimentolanma, iyon değişimi gibi kimyasal değişiklikler.

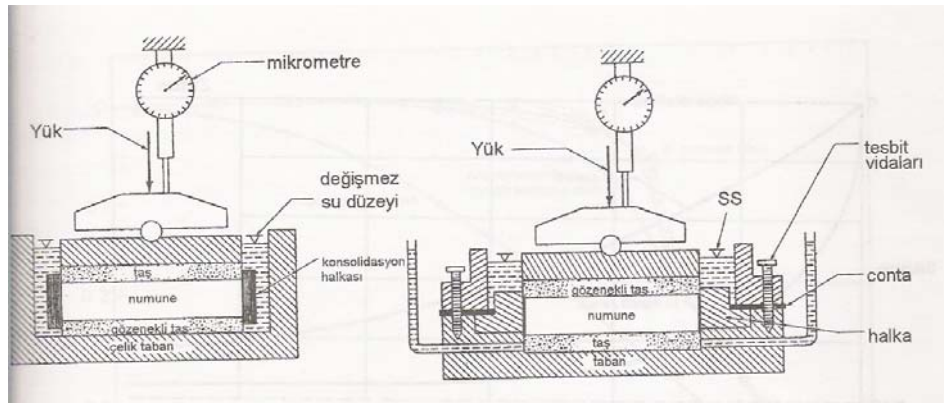
Tüm bu nedenler killer, hatta kumların, ön yükleme gerilmesi ya da aşırı konsolidasyon basıncının gerçek değerlerinin bulunması önem taşımaktadır.

Sıkışabilirliğin Ölçümü

Kıllerin sıkışma eğrilerinin bulunması için yıllarca bekleme gerektirmeyecek kadar hızlı sonuç veren ve basit laboratuvar deneyleri kullanılır. Bu deneylerin getirdiği hatalar önemli olmadığı sürece laboratuvar deneylerinden alınan sonuçların araziye uygulanması olağan uygulamadır.

Sıkışabilirliğin Ödometrede Ölçümü

Ödometre zeminin sıkışma miktarı ve hızını bulan bir ölçüm aletidir. İlk kez 1920'lerde Terzaghi tarafından tasarlanmış olup günümüzde çok az bir değişiklikle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alette sıkışabilirliği ölçülecek zeminden sondajla olabildiğince örselenmeden alınmış numune, şişme veya göçmesine meydan verilmeden çelik konsolidasyon halkasına yerleştirilir ve deney sonuna kadar su altında tutulur. Yükleme standart sıra ve sürelerde yapılırken numunenin gösterdiği sıkışmalar zamana bağlı olarak en az 0.002 mm duyarlıkta mikrometre saati, veya transdüşerle otomatik olarak izlenir. Şekil 4.13'de kullanılan iki tip ödometre gösterilmektedir. Yüzen halkalı ödometre'de geçirimli tabakayı temsil eden gözenekli taşlar numune yüklendikçe üst ve alttan halkanın içine girebilmektedir. Sabit halkalı ödometre'de ise sıkışma sadece üstteki gözenekli taşın hareketi ile sağlanmaktadır.



Şekil 4.13. Ödometre tipleri (sol) Yüzen halkalı, (sağ) Sabit halkalı

Ödometrede çelik halka yanıl deformasyonu önlediğinden sıkışmanın arazideki durumu yansıtan K_0 koşullarında gerçekleştiği kabul edilmektedir. Ancak burada beliren en önemli sorun çap/yükseklik oranı 4 dolayında tutulan numunenin halkayla olan yanıl sürtünmesidir. Bunu önlemek amacıyla halka teflonla kaplanabilirse de sürtünme etkisi tümüyle giderilememektedir. Yüzen halkalı ödometrenin bu etkiyi minimuma indirdiği kanısı yaygındır.

Numune ödometreye yerleştirildikten sonra varsa, şişmesi yükleme plakasına uygulanan mekanik veya hidrolik yüklerle önlenir ve su içinde dengeye ulaşmasına izin verilir. Sonra 25 kPa'dan başlayan 24 saat aralıklı ve 2 katlık gerilme artışı ile 3200 kPa'a kadar yüklenir. Bu sırada zamana karşı boy kısalmaları kaydedilmektedir. Yüklemenin aşamalı olarak yapılması nedeniyle ödometre deneyi basamaklı yükleme tip olarak da nitelendirilmektedir. Boşaltma erişilen son basınç kademesinin 1/8'i veya daha azına yapılmalıdır. Sonuçta, her gerilme aralığı $\Delta\sigma$ için zaman (t)-sıkışma (δ) okumaları elde edilerek δ -log t veya δ - \sqrt{t} grafikleri çizilir, ve hesaplara geçilir (Önalp, 1997).

Ödometre Deneyinde Karşılaşılan Sorunlar

Yukarıda da ele alındığı gibi deneyin en olumsuz yanı numunenin konsolidasyon halkası ile beliren kenar sürtünmesi sonucu oluşan kesme gerilmesinin bir boyutlu olması istenen üniform birim boy kısalmasını önlemesi, böylece üst yüzeye uygulanan gerilmenin tümünün numunenin altına ulaşmamasıdır.

Bunun yanında deneyde şu güçlüklerde belirmektedir;

- a) Araziden numune alınması sırasında oluşan örselenmeler sonucu sıkışabilirliğin gerçek değerinden yüksek belirmesi,
- b) Yükleme aralığının 24 saat süreyle kısıtlanması,
- c) Örneğin deney başlamadan önce her zaman %100 doygunluğa getirilememesi, bunun sonucu ölçülen ancak gerçekte olmayan sıkışmalar,

d) Çelik başlığın numuneye tam değmemesi sonucu başlangıçta ölçülen aşırı sıkışmalardır.

Killerde Sıkışma Hesabı

Zeminde sadece kil ve siltlerin sıkışabilir olduğu kabul edilerek genelde bunların konsolidasyon hesabı yapılır. Kum ve çakıllarda ise değeri ne olursa olsun sıkışmanın ani olduğu varsayımı yapıldığından aynı profilde bunlarda konsolidasyon hesabının yapılması olağan değildir.

Sıkışması hesaplanacak kilin kalınlığı metrelere varan mertebede ise, bu durumda kil homojen olsa dahi derinlik boyunca dış yüklerden doğan gerilmeler yaklaşık hiperbolik azaldığı ve sıkışabilirlik katsayıları değiştiği için kil n sayıda yatay tabakalara bölünerek her tabaka için gerilme artışı $\Delta\sigma$, sıkışma katsayı ve indisleri hesaplanır.

Killerin sıkışma hesabı yapılırken aşağıda belirtilen formül kullanılır.

$$S = H \cdot m_v \cdot \Delta\sigma \quad (4.11)$$

Burada m_v (hacimsel sıkışma katsayısı), birim hacimdeki azalmanın, birim gerilme artışına oranı olarak tanımlanır.

S : Tabakanın toplam oturma miktarı,

H : Sıkışabilen tabaka kalınlığı,

$\Delta\sigma$: Yüklemeden dolayı, tabaka ortasında ki gerilmedir.

Hesap yapılırken hacimsel sıkışma katsayısı m_v , söz konusu gerilme artışı için hesaplanan değer olarak alınacaktır.

4.3. Sondaj Bulguları

Çalışma alanında yapılan 7 adet sondaja ilave olarak muhtelif zamanlarda yapılmış olan 13 adet temel sondajı ve laboratuvar deneyleri incelenmiş ve Ankara Kili'nin mühendislik parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma yapılırken

Kuvaterner yaşı alüvyon birim ile Üst Pliyosen yaşı Ankara Kili geçiş seviyeleri laboratuvar verileri ve sondaj gözlemleri ile dikkatlice ayırt edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanında, 7 adet farklı derinliklerde temel sondajı yapılmıştır. Bu sondajlardan, SK-14, SK-15, SK-16 sondajları Emek 7561 ada 9 parselde, SK-17, SK-18, SK-19, SK-20 sondajları ise Emek 7561 ada 10 parselde yapılmıştır. Sondajlara ait bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

SK-14 No'lu sondaj: Toplam 25.00 m. derinliğindeki sondajda, 1.00 m.'ye kadar bitkisel toprak örtü bulunur. 1.00 m. ile 14.50 m. arasında, Kuvaterner yaşı alüvyon birimin killi seviyeleri gözlenir. Kil, yeşilimsi gri renkli, az çakıllı, kumlu, siltli, genelde yüksek plastisiteli, katı-çok katı kil kıvamındadır. SPT N değeri 15 civarındadır. 14.50 m. ile 25.00 m. arasında ise Ankara Kili gözlenmektedir. Kahve-kızılımsı kahve renkli, az çakıllı ve kumlu, yüksek plastisiteli sert kil kıvamındadır. SPT N değeri 40 civarındadır. Sondaj kuyusunda 3.50 m.'de sızıntı suyu tespit edilmiştir.

SK-15 No'lu sondaj: Toplam 20.00 m. derinliğindeki sondajda, 10.50 m.'ye kadar Kuvaterner yaşı alüvyon birimin killi seviyeleri gözlenir. Kil, yeşilimsi gri renkli, az çakıllı, kumlu, siltli, genelde orta-yüksek plastisiteli, orta katı-katı kil kıvamındadır. SPT N değeri 10 civarındadır. 10.50 m. ile 20.00 m. arasında ise Ankara Kili gözlenmektedir. Kahve-kızılımsı kahve renkli, az çakıllı ve kumlu, yüksek plastisiteli sert kil kıvamındadır. SPT N değeri 40 civarındadır. Sondaj kuyusunda 4.25 m.'de sızıntı suyu tespit edilmiştir.

SK-16 No'lu sondaj: Toplam 20.00 m. derinliğindeki sondajda, 10.50 m.'ye kadar Kuvaterner yaşı alüvyon birimin killi seviyeleri gözlenir. Kil, yeşilimsi gri renkli, az çakıllı, kumlu, siltli, genelde orta-yüksek plastisiteli, orta katı-katı kil kıvamındadır. SPT N değeri 10 civarındadır. 10.50 m. ile 20.00 m. arasında ise Ankara Kili gözlenmektedir. Kahve-kızılımsı kahve renkli, az çakıllı ve kumlu, yüksek plastisiteli sert kil kıvamındadır. SPT N değerleri 21 ile refü arasında değişmektedir. Sondaj kuyusunda 3.75 m.'de sızıntı suyu tespit edilmiştir.

SK-17 No'lu sondaj: Toplam 25.00 m. derinliğindeki sondajda, 1.00 m.'ye kadar dolgu malzemesi bulunur. 1.00 m. ile 15.00 m. arasında, Kuvaterner yaşlı alüvyon birimin killi seviyeleri gözlenir. Kil, yeşilimsi gri renkli, yer yer kum ve çakıl mercekli, orta-düşük plastisiteli, katı-çok katı kil kıvamındadır. SPT N değeri 15 civarındadır. 15.00 m. ile 25.00 m. arasında ise Ankara Kili gözlenmektedir. Sarımsı kahve renkli, az çakıllı ve kumlu, yüksek plastisiteli sert kil kıvamındadır. SPT N değeri 35 civarındadır. Sondaj kuyusunda 7.00 m.'de sızıntı suyu tespit edilmiştir.

SK-18 No'lu sondaj: Toplam 25.00 m. derinliğindeki sondajda, 1.00 m.'ye kadar dolgu malzemesi bulunur. 1.00 m. ile 15.20 m. arasında, Kuvaterner yaşlı alüvyon birimin killi ve kumlu seviyeleri gözlenir. 1.00 ile 5.60 m. arasında kil, yeşil renkli, yer yer karbonat nodüllü, orta-düşük plastisiteli, katı-çok katı siltli kil kıvamındadır. SPT N değeri 15 civarındadır. 5.60 m. ile 12.50 m. arasında kum, koyu yeşil renkli, orta sıkı kıvamlıdır. 12.50-15.20 m. arasında da yeniden yeşil renkli, yer yer karbonat nodüllü, orta-yüksek plastisiteli kil gözlenir. 15.20 m. ile 25.00 m. arasında ise Ankara Kili gözlenmektedir. Sarımsı kahve renkli, az çakıllı ve kumlu, yüksek plastisiteli sert kil kıvamındadır. SPT N değeri 35 civarındadır. Sondaj kuyusunda 6.50 m.'de sızıntı suyu tespit edilmiştir.

SK-19 No'lu sondaj: Toplam 25.00 m. derinliğindeki sondajda, 0.60 m.'ye kadar dolgu malzemesi bulunur. 0.60 m. ile 14.80 m. arasında, Kuvaterner yaşlı alüvyon birimin killi ve kumlu seviyeleri gözlenir. 0.60 ile 4.30 m. arasında kil, yeşil renkli, yer yer karbonat nodüllü, orta-düşük plastisiteli, katı-çok katı siltli kil kıvamındadır. SPT N değeri 15 civarındadır. 4.30 m. ile 7.10 m. arasında kum, koyu yeşil renkli, orta sıkı kıvamlıdır. 7.10 ile 14.80 m. arasında da yeniden yeşil renkli, yer yer karbonat nodüllü, orta-yüksek plastisiteli kil gözlenir. 14.80 m. ile 25.00 m. arasında ise Ankara Kili gözlenmektedir. Sarımsı kahve renkli, az çakıllı ve kumlu, yüksek plastisiteli sert kil kıvamındadır. SPT N değeri 40 civarındadır. Sondaj kuyusunda 7.00 m.'de sızıntı suyu tespit edilmiştir.

SK-20 No'lu sondaj: Toplam 25.00 m. derinliğindeki sondajda, 0.60 m.'ye kadar dolgu malzemesi bulunur. 0.60 m. ile 15.00 m. arasında, Kuvaterner yaşlı alüvyon

birimin killi seviyeleri gözlenir. Kil, yeşilimsi gri renkli, yer yer kum ve çakıl mercekli, orta-düşük plastisiteli, katı-çok katı kil kıvamındadır. SPT N değeri 20 civarındadır. 15.00 m. ile 25.00 m. arasında ise Ankara Kili gözlenmektedir. Sarımsı kahve renkli, az çakıllı ve kumlu, yüksek plastisiteli sert kil kıvamındadır. SPT N değeri 50 civarındadır. Sondaj kuyusunda 6.80 m.'de sızıntı suyu tespit edilmiştir.

4.4. Laboratuvar Bulguları

Çalışma alanında, sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Bunlar, su muhtevası deneyi, elek analizi, kıvam limitleri, özgül ağırlık, birim hacim ağırlığı, konsolidasyon ve şişme basıncı deneyleridir. Toplam 7 adet sondaj kuyusunda 55 adet su muhtevası, 55 adet kıvam limitleri, 55 adet elek analizi, 15 adet özgül ağırlık, 15 adet birim hacim ağırlık, 15 adet konsolidasyon ve 15 adette şişme basıncı deneyi yapılmıştır.

Çalışma alanında gözlenen Kuvaterner yaşlı alüvyon birim ile Üst Pliyosen yaşlı Ankara Kili'nin laboratuvar deney sonuçları aşağıdaki gibi genellenebilir.

Kuvaterner yaşlı alüvyon birim: Bunlar sondajlarda genelde ilk 15.00 m.'de gözlenmektedir. Birleştirilmiş zemin sınıflaması (USC)'e göre genellikle CL, CH, SC, SM rumuzları almaktadır. Su muhtevaları % 13.5 ile 27.7 arasında değişirken, likit limitleri, 27.4 ile 62. arasında değişim gösterirler. Plastik limitleri ise 14.3 ile 29.4 arasındadır. Elek analizi sonuçlarına göre, 4 nolu elekte kalan miktarı % 0 ile 42 arasındadır. 200 nolu elekten geçen miktarları da % 14 ile 95 arasında değişir. Özgül ağırlık sonuçları ise 2.680 ile 2.711 arasında değişir. Doğal birim hacim ağırlıkları, 1.845 ile 1.994 t/m³'dür. Konsolidasyon deneyi sonucunda elde edilen şişme basınçları ise 0.08 ile 0.46 kg/cm² arasında değişim gösterir.

Üst Pliyosen yaşlı Ankara Kili: Sondajlarda genelde 15.00 m.'den sonra gözlenirler. Birleştirilmiş zemin sınıflaması (USCS)'e göre genellikle CH, az da olsa CL rumuzları almaktadır. Su muhtevaları % 21.8 ile 36.2 arasında değişirken, likit limitleri, 39.0 ile 70.3 arasında değişim gösterirler. Plastik limitleri ise 15.9 ile 38.7

arasındadır. Elek analizi sonuçlarına göre, 4 nolu ekte kalan miktarı % 0 ile 11 arasındadır. 200 nolu elekten geçen miktarları da % 60 ile 96 arasında değişir. Özgül ağırlık sonuçları ise 2.715 ile 2.755 arasında değişir. Doğal birim hacim ağırlıkları, 1.834 ile 2.008 t/m³'dür. Konsolidasyon deneyi sonucunda elde edilen şişme basınçları ise 0.51 ile 1.28 kg/cm² arasında değişim gösterir.

4.5. Çalışma Alanının Konsolidasyon Oturması ve Şişme Potansiyeli

Açılan sondaj kuyularından alınan Ankara Kili örnekleri üzerinde yapılan konsolidasyon ve şişme deneyleri sonuçları aşağıdaki gibidir. Burada kilin yüksek şişme potansiyel değerleri dikkati çekmektedir. Hacimsel şişme katsayıları ise kil tabakasının kalın olması durumunda, oldukça yüksek oturma değerleri verebilir.

SK-14 sondaj kuyusu, UD-4 nolu bozulmamış numuneden alınan şişme basıncı değeri 0.84 kg/cm² bulunmuştur. Hacimsel sıkışma katsayıları ise aşağıdaki tabloda basınç aralıklarına göre verilmektedir.

Çizelge 4.1. SK-14 kuyusu, UD-4 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi

P (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kg)
0.84-1.00	0.0140
1.00-2.00	0.0062
2.00-4.00	0.0034
4.00-8.00	0.0022
8.00-16.00	0.0018
16.00-32.00	0.0016

SK-15 sondaj kuyusu, UD-3 nolu bozulmamış numuneden alınan şişme basıncı değeri 0.67 kg/cm² bulunmuştur. Hacimsel sıkışma katsayıları ise aşağıdaki tabloda basınç aralıklarına göre verilmektedir.

Çizelge 4.2. SK-15 kuyusu, UD-3 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi

P (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kg)
0.67-1.00	0.0073
1.00-2.00	0.0070
2.00-4.00	0.0043
4.00-8.00	0.0024
8.00-16.00	0.0016
16.00-32.00	0.0014

SK-15 sondaj kuyusu, UD-4 nolu bozulmamış numuneden alınan şişme basıncı değeri 0.96 kg/cm² bulunmuştur. Hacimsel sıkışma katsayıları ise aşağıdaki tabloda basınç aralıklarına göre verilmektedir.

Çizelge 4.3. SK-15 kuyusu, UD-4 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi

P (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kg)
0.96-1.00	0.0683
1.00-2.00	0.0100
2.00-4.00	0.0072
4.00-8.00	0.0056
8.00-16.00	0.0050
16.00-32.00	0.0027

SK-16 sondaj kuyusu, UD-4 nolu bozulmamış numuneden alınan şişme basıncı değeri 0.51 kg/cm² bulunmuştur. Hacimsel sıkışma katsayıları ise aşağıdaki tabloda basınç aralıklarına göre verilmektedir.

Çizelge 4.4. SK-16 kuyusu, UD-4 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi

P (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kg)
0.51-1.00	0.0061
1.00-2.00	0.0100
2.00-4.00	0.0070
4.00-8.00	0.0067
8.00-16.00	0.0050
16.00-32.00	0.0030

SK-16 sondaj kuyusu, UD-5 nolu bozulmamış numuneden alınan şişme basıncı değeri 0.89 kg/cm² bulunmuştur. Hacimsel sıkışma katsayıları ise aşağıdaki tabloda basınç aralıklarına göre verilmektedir.

Çizelge 4.5. SK-16 kuyusu, UD-5 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi

P (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kg)
0.89-1.00	0.0269
1.00-2.00	0.0100
2.00-4.00	0.0062
4.00-8.00	0.0058
8.00-16.00	0.0053
16.00-32.00	0.0036

SK-16 sondaj kuyusu, UD-6 nolu bozulmamış numuneden alınan şişme basıncı değeri 1.28 kg/cm² bulunmuştur. Hacimsel sıkışma katsayıları ise aşağıdaki tabloda basınç aralıklarına göre verilmektedir.

Çizelge 4.6. SK-16 kuyusu, UD-6 numunesi hacimsel sıkışma çizelgesi

P (kg/cm ²)	m _v (cm ² /kg)
1.28-2.00	0.0077
2.00-4.00	0.0038
4.00-8.00	0.0031
8.00-16.00	0.0029
16.00-32.00	0.0026

Çalışma alanı içinde Ankara Kili olarak bilinen birime ait deney sonuçlarına göre; 0.00-1.00 kg/cm² basınç aralığında, hacimsel sıkışma katsayısı değerleri 0.0061-0.0683 cm²/kg, 1.00-2.00 kg/cm² basınç aralığında, hacimsel sıkışma katsayısı değerleri 0.0062-0.0100 cm²/kg, 2.00-4.00 kg/cm² basınç aralığında, hacimsel sıkışma katsayısı değerleri 0.0031-0.0072 cm²/kg, 4.00-8.00 kg/cm² basınç aralığında, hacimsel sıkışma katsayısı değerleri 0.0022-0.0067 cm²/kg, 8.00-16.00 kg/cm² basınç aralığında, hacimsel sıkışma katsayısı değerleri 0.0016-0.0053 cm²/kg, 16.00-32.00 kg/cm² basınç aralığında, hacimsel sıkışma katsayısı değerleri 0.0014-0.0050 cm²/kg, arasında değişimler gösterir.

Bu deney sonuçları değerlendirildiğinde; çalışma alanında Ankara Kili'nin şişme basınçları 0.51 kg/cm² ile 1.28 kg/cm² arasında değişim gösterir. Bu alanlarda yapılacak yapılarda ise; yapıdan, zeminin birim alanına aktarılan yükün, şişme basıncı değerinden daha düşük olması durumunda, yapılarda şişmeye bağlı hasarlar beklenmelidir. Bu nedenle özellikle hafif yapılarda yapıdan zemine aktarılan yük ile şişme basıncı değerleri mutlaka hesaplanmalıdır.

Herhangi bir alanda şişme yeteneği olan bir zemin üzerinde yapılacak bir yapının, zeminin şişme basıncına bağlı olarak katsayısının seçilmesi gerektiği, eğer kat sayısı az olursa zeminin herhangi bir malzeme kullanılarak şişme basıncının üzerinde yüklenerek yapının yapılması gereklidir. Ancak zeminin şişme potansiyeli, şişme basıncı, ortamın su içeriği gibi özellikler araştırılarak zemine aktarılan basınçlar yersel olarak mutlaka tespit edilmelidir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

-Çalışma alanı Ankara İli sınırları içerisindeki Bahçelievler, Balgat, 100. Yıl Mahallesi, Kızılay, Öveçler, Emek, Söğütözü semtlerini kapsayan ve 1/100.000 ölçekli F-15 paftasında yaklaşık 15 km²'lik bir alanı içerir.

-Çalışma alanı ve yakın çevresinde beş ana birim ayırt edilmiştir. Bunlar yaşlıdan gence doğru Triyas yaşlı Ankara Grubu, Jura Kireçtaşları, Miyosen çökelleri ve volkanitleri, Pliyosen çökelleri ve Kuvaterner alüvyonlarıdır.

-Yapılan çalışma ile, Ankara kili'nin mühendislik özellikleri incelenmiş olup Ankara kilinde karşılaşılabilecek oturma ve şişme problemi klasik konsolidasyon deneyi ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

-Ankara kili, kırmızımsı kahve, kahve renkli, yüksek plastisiteli, bol fisürlü, yer yer karbonat nodüllü, Ankara ve yakın civarında Üst Pliyosen çökel serisi içinde bulunan, alüvyal yelpaze, göl, akarsu ortamlarında oluşmuş killi seviyelerdir.

-Bu çalışmaya esas olacak şekilde 2 farklı yerde 7 adet toplam 165 m. derinliğinde sondaj kuyusu açılmıştır.

-Toplam 7 adet sondaj kuyusunda 55 adet su muhtevası, 55 adet kıvam limitleri, 55 adet elek analizi, 15 adet özgül ağırlık, 15 adet birim hacim ağırlık, 15 adet konsolidasyon ve 15 adette şişme basıncı deneyi yapılmıştır.

-Çalışma alanında yapılan 7 adet sondaja ilave olarak muhtelif zamanlarda yapılmış olan 13 adet temel sondajı ve laboratuvar deneyleri incelenmiş ve Ankara Kili'nin mühendislik parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

-Ankara Kili genelde çalışma alanında 15.00 m.'den sonra gözlenirler. Birleştirilmiş zemin sınıflaması (USCS)'e göre genellikle CH, az da olsa CL rumuzları almaktadır. Su muhtevaları % 21.8 ile 36.2 arasında değişirken, likit limitleri, 39.0 ile 70.3 arasında değişim gösterirler. Plastik limitleri ise 15.9 ile 38.7 arasındadır. Elek analizi sonuçlarına göre, 4 nolu elekte kalan miktarı % 0 ile 11 arasındadır. 200 nolu elekten geçen miktarları da % 60 ile 96 arasında değişir. Özgül ağırlık sonuçları ise 2.715 ile 2.755 arasında değişir. Doğal birim hacim ağırlıkları, 1.834 ile 2.008 t/m³'dür. Konsolidasyon deneyi sonucunda elde edilen şişme basınçları ise 0.51 ile 1.28 kg/cm² arasında değişim gösterir.

-Ankara Kili'nin yüksek şişme potansiyel değerleri dikkati çekmektedir. Hacimsel şişme katsayıları ise; 0.00-1.00 kg/cm² basınç aralığında, m_v değerleri 0.0061-0.0683 cm²/kg, 1.00-2.00 kg/cm² basınç aralığında, m_v değerleri 0.0062-0.0100 cm²/kg, 2.00-4.00 kg/cm² basınç aralığında, m_v değerleri 0.0031-0.0072 cm²/kg, 4.00-8.00 kg/cm² basınç aralığında, m_v değerleri 0.0022-0.0067 cm²/kg, 8.00-16.00 kg/cm² basınç aralığında, m_v değerleri 0.0016-0.0053 cm²/kg, 16.00-32.00 kg/cm² basınç aralığında, m_v değerleri 0.0014-0.0050 cm²/kg, arasında değişimler gösterir. Kil tabakasının kalın olması durumunda, oldukça yüksek oturma değerleri verebilir.

-Ankara kili şişmeye müsait olduğundan, üzerine inşa edilecek olan hafif yapılarda (yol, su, kanalizasyon hatları ve 1-2 katlı hafif yapılar vs.) kilin şişme ve büzülme potansiyeli dikkate alınmalı ve yapılacak yapılarda; yapıdan, zeminin birim alanına aktarılan yükün, şişme basıncı değerinden daha düşük olması durumunda, yapılarda şişmeye bağlı hasarlar beklenmelidir. Bu nedenle özellikle hafif yapılarda yapıdan zemine aktarılabilecek yük ile şişme basıncı değerleri hesaplanarak mühendislik projelendirme yapılmalıdır.

-Ankara kentinde derin kazı gerektiren yapılara olan ihtiyaç arttığından, çok sayıda dik derin kazı yapıldığı gözlenmektedir. Bazı hallerde Ankara Kili'nin çok homojen olup su içeren tabakaların bulunmaması, kilin bünyesindeki fissür ve çatlaklarının müsait olması, havanın kuru gitmesi ve temel inşaatının hızlı tamamlanması durumunda herhangi bir sorunla karşılaşılması, iksasız kazı gibi yanlış bir

uygulama anlayışının yerleşmesine sebep olmuştur. Karşılaşılan şev göçmesi, komşu yapılarda oynama ve çatlakların oluşması vs. problemlerinin önüne geçmek için mutlaka konsolidasyon oturması ve şişme deneyleri yapılmalıdır.

-Ankara kili yüksek plastisiteli ve ön konsolidasyon basıncı altında kalan bir kildir. Yapıların zemin özelliklerinin homojen olmadığı koşullarda, yer yer farklı oturmalara bağlı olarak hasarlı binalarla çalışma alanında da karşılaşılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Akyürek B., Bilginer E., Akbaş B., Hepşen N., Pehlivan Ş., Sunu O., Soysal Y., Dağer Z., Çatal E., Sözeri B., Yıldırım H. ve Hakyemez Y., 1984. Ankara – Elmadağ – Kalecik Dolayının Temel Jeoloji Özellikleri: Jeoloji Mühendisliği, 20, 31-46.
- Akyürek B., vd., 1997. 1/100,000 ölçekli ve açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Ankara-F15 Paftası (MTA Yayını).
- Aydın, S., 1978. Ankara Hatip Ovası Hidrojeolojik Etüdü. Yerbilimleri Açısından Ankara'nın Sorunları Sempozyumu, Türkiye Jeoloji Kurultayı Yayını, 36-42.
- Birand, A., 1978. Ankara Yöresi Zeminleri ve Jeoteknik Sorunlar. Yerbilimleri Açısından Ankara'nın Sorunları Sempozyumu. Türkiye Jeoloji Kurultayı Yayını, 55-60.
- Chaput, E., 1931. Ankara Mıntıkasının 1/135.000 Mikyasında Jeolojik Haritasına Dair İzahat. İstanbul Darülfünun Jeoloji Enstitüsü Neşriyatı, No:7, 46 s.
- Çalgın R., Pehlivanoğlu H., Ercan T., VE Şengül M., 1973. Ankara Civarı Jeolojisi MTA Derleme No:6487 (yayımlanmamış).
- Demirel, Z., Kadioğlu, M., Aray, S., 1991. Orhan, F., Alp, Ahmet., Toprak ve Stabilizasyon Laboratuvarı El Kitabı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Şubesi Başkanlığı, 180 s., Ankara.
- Diş, F., 2001. Aşırı Konsolide Edilmiş Yüksek Plastisiteli Kilin Sıkışma Özellikleri. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), 95 s., Sakarya.
- DSİ, 1975. Hatip Ovası Hidrojeolojik Etüd Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Daire Başkanlığı Yayını, 46 s.
- Erdal, Ş., 2002. Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Jeoloji Mühendisleri Yayınları :28.
- Erguvanlı, K., 1982. 'Mühendislik Jeolojisi' İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu.
- Ergüler, Z.A., 2001. Ankara Kilinin Şişme Davranışının ve Örselenmenin Şişmeye Etkisinin İncelenmesi, Şişme Potansiyelinin Görgül Yaklaşımlarla Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), 125 s, Ankara.

- Güler, A.R., 2001. Ankara Killeri İçin Sıkışma ve Yeniden Yükleme İndisi ile İndeks Özellikleri Arasındaki Ampirik Bağlılıkların Araştırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), 181 s., Ankara.
- Jemas, 1984. Azot Sanayi Genel Müdürlüğü Sosyal Tesisleri Jeoteknik Raporu. Jemas Müh. Tic. Ltd. Şti., 17 s., Ankara.
- Jemas, 1986. Ankara Büyükşehir Belediyesi Şehirler Arası Otobüs Terminali İnşaat Alanı Temel Araştırma ve Jeoteknik Değerlendirme Raporu. Jemas Müh. Tic. Ltd. Şti., 35 s., Ankara.
- Jemas, 1986. Ankara Büyükşehir Belediyesi Zafer Yer altı Çarşısı ve Otoparkı Jeoteknik Raporu. Jemas Müh. Tic. Ltd. Şti., 22 s., Ankara.
- Jemas, 2000. MHP Genel Merkezi İnşaat Alanı Jeoteknik Raporu. Jemas Müh. Tic. Ltd. Şti., 20 s., Ankara.
- Kasapoğlu, K.E., 1980. Ankara Kenti Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri ve Depremselligi. TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:54, 180s.
- Kiper, O.B., 1983. Etimesgut-Batıkent Yöresindeki Üst Pliyosen Çökellerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri ve Konsolidasyonu. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), 160 s., Ankara.
- Kumbasar, V., Kip, F., 1992. Zemin Mekaniği Problemleri. Çağlayan Kitapevi 5.Baskı, 615 s., İstanbul.
- Önalp, A., 1983. İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, Ktü Yayını No.3, Cilt 2, 594-597.
- Önalp, A., 1997. Geoteknik Bilgisi 1 Zeminler ve Mekaniği, Sakarya Üniversitesi Yayını No.27, 440 s.
- Örkmez, A., 1995. Ankara Kili İçinde Bulunan Doğal Kireç Yumrularının (Kalker Konkresyonlarının) Kilin Dayanım ve Deformasyon Özelliklerine Olan Etkisi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), 58 s., Ankara.
- Terzaghi, K., and Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley and Sons, New York, 729 s.
- Tonoz, M.C., 2001. Killi Zeminlerin Kireçle Stabilizasyonu: Ankara Kilinde İndeks, Şişme ve Dayanım Özellikleri Açısından Bir İnceleme. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), 82 s., Ankara.

Totiç, E., 2000. Yapı Temellerinde Taşıma Gücü Oturma ve Oturma Eryaman Toplu Konut Alanı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), 125 s., Isparta.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Uğraş YILMAZ

Doğum Yeri : Samsun

Doğum Yılı : 30.09.1976

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim ve Akademik Durumu:

1990-1993 : Samsun Ondokuz Mayıs Lisesinde Lise Öğrenimi.

1994-2000 : İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümünden 'Jeoloji Mühendisi' ünvanı ile mezuniyet.