



MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

TÜRK MİLLİ KOMİTESİ

BÜLTENİ

1111
SAYI
YIL
HAZİRAN
1989

ERGUVANLI

MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

SEMPOZYUMU

29 - 30 Eylül 1988

İSTANBUL

MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ YÖNETİM KURULU

Başkan : Prof. Dr. Kemal ERGUvanlı (İ.T.Ü. MADEN FAKÜLTESİ - İSTANBUL)
Genel Sekreter : Prof. Dr. Okay EROSKAY (İ.Ü. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ - İSTANBUL)
Sayman : Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (A.K.Ü. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ - ISPARTA)
Üye : Prof. Dr. Erdoğan YÜZER (İ.T.Ü. MADEN FAKÜLTESİ - İSTANBUL)
Üye : Jeo. Yük. Müh. A. Mesut ÇETİNCELİK (D.S.İ. TED - ANKARA)

YAYIN DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Kemal ERGUvanlı (İ.T.Ü.)
Prof. Vahit KUMBASAR (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Ergün TOĞROL (B.Ü.)
Prof. Dr. Erdoğan YÜZER (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Okay EROSKAY (İ.Ü.)
Prof. Dr. Erol İZDAR (D.E.Ü.)
Prof. Dr. Remzi DİLEK (K.T.Ü.)
Prof. Dr. Vedat DOYURAN (O.D.T.Ü.)
Prof. Dr. Erçin KASAPOĞLU (H.U.)
Prof. Dr. Mahir VARDAR (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (A.K.Ü.)
Prof. Dr. Okay GÜRPINAR (İ.Ü.)
Prof. Dr. Gültekin GÜNAY (H.Ü.)
Doç. Dr. Fikret TARHAN (K.T.Ü.)
Doç. Dr. Esat BAŞKAN (S.Ü.)

YAZIŞMA ADRESİ

Prof. Dr. Kemal ERGUvanlı
İ.T.Ü. Maden Fakültesi
Ayazağa Kampüsü 80626 Maslak - İSTANBUL

Prof. Dr. Okay EROSKAY
İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
VEZNECİLER 34 459 İSTANBUL

Basıldığı Yer

ÇAĞLAYAN BASIMEVİ
Cağaloğlu, Çatalçeşme Sok: No: 26/3 - 4 — İSTANBUL

İÇİNDEKİLER

- ◆ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİNİN TÜRKİYE'DEKİ MİMARI
Prof. Dr. KEMAL ERGUvanlı
FOUNDER OF ENGINEERING GEOLOGY IN TURKEY E. YÜZER
- ◆ İSTANBUL BÖLGESİNE KARBONİFER YAŞLI TRAKYA FORMASYONU'NUN
YAPISAL ÖZELLİĞİ
*STRUCTURAL PECULIARITY OF THE CARBONIFEROUS THRACIAN
FORMATION IN THE ISTANBUL AREA* İ. KETİN
G. GÜNER
- ◆ OTOYOL PROJELERİNDE MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ
ENGINEERING GEOLOGY at MOTORWAY PROJECTS O. EROSKAY
Ö. CORUK
- ◆ MÜLLER VE ERGUvanlı'DA DOĞA - DÜŞÜN - SEVGİ ÜÇLÜSÜ
*ÜBER DIE LIEBE, NATUR UND WISSENSCHAFT BEI MULLER
UND ERGUvanlı* M. VARDAR
- ◆ V. ULUSLARARASI HEYELAN SEMPOZYUMU (10-15 Temmuz 1988, Lozan) VE
TÜRKİYE'DEKİ HEYELAN ÇALIŞMALARINA İLİŞKİN DÜŞÜNCELER E. YÜZER
- ◆ GÜLNAR-ILISU ERİK DERESİ TÜNEL VE CEBİRİ BORU GÜZERGAHINDAKİ
ILISU HEYELANLARININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ
*ENGINEERING GEOLOGY OF THE ILISU LANDSLIDES ALONG THE
GÜLNAR-ILISU ERİK STREAM TUNNEL AND PRESSURE PIPE* A. ERTUNC
- ◆ DOLGULARDA STABİLİTE ANALİZİ
STABILITY ANALYSIS OF EMBANKMENTS H. TOSUN
- ◆ HEYELANLARIN VE DİNAMİĞİNİN ARAŞTIRILMASINDA KULLANILAN
JEOFİZİK YÖNTEMLER
*GEOPHYSICAL METHODS FOR THE INVESTIGATION OF LANDSLIDES
AND THE DYNAMICS OF LANDSLIDE PROCESSES* K. ÖZTÜRK
- ◆ SU KUVVETİ POTANSİYELİNİN GELİŞTİRİLMESİNE
KARST ORTAMININ ETKİLERİ
*EFFECT OF KARST ENVIRONMENT TO WATER
POWER DEVELOPMENT* Ü. ÖZİS
- ◆ ORHANGAZİ-NADİR KARSTİK KAYNAĞININ HİDROLEOLOJİ İNCELEMESİ VE
KAYNAK SUYUNUN BULANMASINI ÖNLEME ÇALIŞMALARI
*HYDROGEOLOGICAL STUDY OF THE ORHANGAZİ-NADİR
KARSTIC SPRING AND METHODS TO PREVENT THE TURBIDITY
IN THE SPRING WATER* B. CANİK
- ◆ EDREMIT OVASINDA AKİFER PARAMETRELERİNİN ALANSAL
DAĞILIMININ JEOSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ
*DETERMINATION OF AQUIFER PARAMETERS OF SPATIAL
DISTRUBUTION IN EDREMIT PLAIN BY GEOSTATISTICAL METHODS* A. ARIKAN
L. TEZCAN
- ◆ DOĞRUSAL OLmayan EĞRİ ÇAKIŞTIRMA YÖNTEMLERİNİN POMPAJ
DENEYLERİ ANALİZİNDE KULLANIMI
*UTILIZATION OF NONLINEAR CURVE FITTING TECHNIQUES IN THE
ANALYSIS OF PUMPING TEST DATA* Y. K. BIRSOY

- ◆ TÜNEL VE GALERİLERDE BİRİM PATLAYICI MADDE TÜKETİMİNİN
JEO-MEKANİK ÖZELLİKLERİLE BELİRLENMESİ
*DETERMINATION OF POWDER CONSUMPTION PER UNIT OF EXCAVATION
BASED UPON GEO-MECHANICAL PROPERTIES FOR TUNNELS*E. ARIOĞLU
- ◆ ÇAĞDAŞ HİDROJEOLÖJİ'NİN KURUCULARINDAN
PROF. DR. HENRI SCHOELLER'İ KAYBETTİKA. M. ÇETİNÇELİK
A. ERTÜRK
- ◆ BAYBURT TÜFLERİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ
*PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF BAYBURT TUFFS*F. TARHAN
F. BULUT
- ◆ NEVŞEHİR TÜFLERİNİN HAFIF YAPI GEREÇİ OLARAK
DEĞERLENDİRİLEBİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI
*INVESTIGATION OF EVALUATION POSSIBILITIES OF THE NEVŞEHİR
TUFFS AS LIGHT WEIGHT CONSTRUCTION METERIALS*M. ERDOĞAN
- ◆ KIRKA BORAKS AÇIK İŞLETME ÇALIŞMALARINA
MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİNİN ETKİSİ
*INFLUENCE OF ENGINEERING GEOLOGY ON THE ACTIVITIES
OF ETIBANK KIRKA BORAX OPEN PIT MINE*N. TÜRK
- ◆ SEYHAN-ÇATALAN BARAJI REZERVUAR JEOLOJİSİ, İNŞAAT
SIRASINDA DOĞAN SORUNLAR VE ÇÖZÜMLERİ
*RESERVOIR GEOLOGY OF SEYHAN-ÇATALAN DAM, PROBLEMS WHICH
MAY ARISE DURING CONSTRUCTION AND THEIR SOLUTION*C. DEMİRKOL
N. ÖZGÜZEL
C. KORKMAZ
- ◆ ALÜVYON ENJEKSİYONLARININ YAPILABİLİRLİĞİNİN LABORATUVAR
MODELLEMESİ İLE SAPTANMASI, BEYDAĞ BARAJI ÖRNEĞİ
*MODELLING OF FEASIBILITY FOR GROUTING ON ALLUVIUM OF
BEYDAG DAM*H. BAYKAL
K. ERGUANLI
- ◆ SİLİKAT ENJEKSİYONLU KUM NUMUNELERİN ZAMANA BAĞLI DAYANIM
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
*A RESEARCH OF THE STRENGTH PROPERTIES OF SAND SAMPLES
GROUTED WITH SILICATE-BASED GROUTS DEPENDING ON TIME*F. ÖZBAYOĞLU
L. KENET
- ◆ KURUÇAY (ÇORUM) CİVARINDAKİ EOSEN FLİŞ ŞEYLLERİNİN
TUĞLA-KREMİT HAMMADDESİ OLARAK İNELENMCESİ
*THE STUDY OF THE VICINITY OF KURUÇAY (ÇORUM) EOSEN
FLISH SHALES AS THE BRICK AND TILE RAWMATERIAL*R. KILIÇ
- ◆ KAYANIN İKİNCİL GEVSEMİYEYE BAĞLI DAVRANIŞININ
ARAŞI VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARIYLA ARAŞTIRILMASIY. MAHMUTOĞLU
- ◆ MİMAR SINAN'IN İSTANBUL'DAKİ ESERLERİNDE KULLANDIĞI TAŞLARIN
MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ VE MİMARİ ÖZELLİKLERİ
*THE BUILDING STONES OF SINAN'S MONUMENTS IN ISTANBUL*K. ERGUANLI
Z. AHUNBAY
- ◆ İSTANBUL ÇEVRESİ LINYİT AÇIK İŞLETME SAHALARININ ÜRETİM SONRASI
AĞAÇLANDIRILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM
*A NEW APPROACH FOR EVALUATING THE OPEN PIT MINNING AREAS
AROUND ISTANBUL BY PLANTING AFTER PRODUCTION*O. KURAL
S. KIROĞLU
M. BULUT
- ◆ İSTANBUL ANADOLU YAKASININ YERMÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ
*GEOENGINEERING PROPERTIES OF THE ANATOLIAN SIDE OF ISTANBUL*A. ERCAN
- ◆ ATATÜRK BARAJINDAKİ TEMEL ENJEKSİYONLARIS. ÇAYNAK
- ◆ TRABZON SARAF TEPE BAZANİTİNİN FİZİKOMEKANİK ÖZELLİKLERİE. ATAOĞLU
- ◆ İSTANBUL YEŞİL KİLİNDEKİ YARMALarda
KAYMA MUKAVEMETİ PARAMETRELERİ
*SHEAR STRENGHT PARAMETERS OF CUTS IN ISTANBUL GREEN CLAY*S. YILDIRIM

MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİNİN TÜRKİYE'DEKİ MİMARI

Prof. Dr. Kemal ERGUUVANLI

FOUNDER OF ENGINEERING GEOLOGY IN TURKEY

Erdoğan YÜZER*



Onuruna "Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu" düzenlenen Prof. Dr. Kemal Erguvanlı, ülkemizde Jeoloji mühendisliği disiplininin kurulmasında, kökleştirilip, geliştirilmesinde en büyük katkıyı sağlayan hocamızdır. Bu nedenle Prof. Dr. K. Erguvanlı'nın özgeçmişini sunmanın, bir anlamda Türkiye'de mühendislik jeolojisinin ve jeoloji mühendisliğinin gelişim sürecini belirleme ile özdeş olduğunu söyleyebiliriz.

1920 yılında İstanbul'da doğan Erguvanlı, ilk ve orta öğrenimini, 1930-38 yılları arasında Darüşşafaka Lisesinde tamamlamıştır. Darüşşafakada çocuklukdan, delikanlılığı geçiş döneminde geçirilen bu yılların ve etrafında oluşan ortamın, Erguvanlı'nın bundan sonraki yaşamında, kendine özgü bir düşünüş ve yaşam felsefesini benimsemesinde ve engin bir insan sevgisi ile yoğunlaşmasında çok önemli katkıları olmuştur.

Yüksek öğrenimini 1944 yılında İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesinde tamamlamış ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeoloji Kürsüsüne asistan olarak girmiştir. 1944-48 yılları arasında, rahmetli hocamız Ord. Prof. Malik Sayar'ın yanında, uygulamalı Jeolojiye yönelik bir konuda (Hereke Pudingleriyle Gebze Taşlarının İnşaat Bakımından Etüdü ve Civarının Jeolojisi, 1949) doktora tezini hazırlamıştır. Bu tez, Yüksek Mühendis Mektebinden, Teknik, Üniversiteye dönüştürülmüş İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yapılmış "ilk" doktora tezidir. Bu ilk doktora şeclinin 40 yıl sonra bugündeki aynen kullanılması çok anlamlıdır. Erguvanlı'nın bundan sonraki dönemlerde de bunun gibi birçok "ilk" olayı başlattığı görülecektir.

*Hayatta dostlarda böyle. Sevinice
gümüşe yaşmak, bu fani
mucen seen in büyük
mutsuzluktur.*

*1 Ekim 1988
Hırvatca - İstanbul
[Signature]*

Teknik Üniversitesindeki akademik görevinin İnşaat Fakültesi bünyesinde başlaması ve inşaat mühendisleri ile yakın ilişkisi bulunması Erguvanlı'nın "İnşaat İşlerinde

* Prof. Dr. İ.T.Ü. Maden Fakültesi Dekanı, Sempozyum Düzenleme Komitesi Başkanı.

"Jeoloji", "Mühendislik Jeolojisi" ve nihayet "Jeoloji Mühendisliği" konularını Türk mühendislik dünyasının gündemine getirmesinde başlıca etken olmuştur. İnşaat mühendisleri ile başlayan bu ilişkileri, ilk yılların heyecanlı canlılığı ve hevesi içinde bugün de sürdürmektedir.

1948-52 arasındaki yıllar, bir yandan inşaat mühendisliği öğrencilerine "Jeoloji" öğretimi, bir yandan MTA adına Türkiye'nin çeşitli yörelerinde yapılan arazi çalışmaları, bir yandan da yine uygulamalı jeolojiye yönelik bir konuda (Bilecik Taşları ile Osmaneli Grelerinin İnşaat Bakımından Etüdü ve Civarlarının Jeolojisi, 1952) doçentlik tezinin hazırlanması ile geçmiştir. Bu yıllarda, Türkiye'de jeoloji öğreniminin tarihsel gelişimin Erguvanlı tarafından merak edildiğini ve araştırılmaya başlandığına da tanık oluyoruz. (Halil Ethem ve Jeoloji, 1948). Bu merak, daha sonraki yıllarda "Bilim Tarihi" tutkusuna dönüşerek sürdürüş ve Türkiye madencilik ve yerbilimleri tarihi ile ilgili birçok araştırma ve yayının yapılmasını sağlamıştır (Jeoloji Kongreleri ve Türkiye, 1950; Türkiye'nin ilk maden mühendisi, İbrahim Ethem Paşa, 1952; Dr. Abdullah Beyin Hayatı ve Eserleri, 1954, vb. Yayınlarına bak.)

1952 yılında ITÜ İnşaat Fakültesinde doçent olan Erguvanlı, bu üniversitenin beşinci fakültesi olarak, ilave edilen Maden Fakültesinin kuruluşuna (1953) önemli katkılarda bulunmuş ve bu yıldan itibaren, Maden Fakültesine geçerek, fakültenin, en genç öğretim üyesi olarak kurallarına katılmıştır.

1954-57 arasındaki yıllar, Londra Üniversitesi, Imperial College'de mühendislik Jeolojisinin özel bir alanında, "Baraj Yeri ve Rezervuar Jeolojisi" konusunda araştırma yapmakla geçmiştir. Bu yıllarda, anılan üniversiteden ayrı bir diploma (D.I.C) almış (1956). Jeoteknik ve mühendislik jeolojisi konusunda verilen derslere katılmış, Uygulamalar yapmış, Türkiye hakkında konferanslar vermiştir (Türkiye Jeoloji ve Yapı Taşları, 1955, 1956).

K. Erguvanlı, Londra Üniversitesi, Imperial College'de yapmış olduğu "Geology of Selse Reservoir" isimli çalışması ile, Londra Üniversitesinde "Mühendislik Jeolojisi" dalının açılmasına ve bu çalışmadan sonra da, 1957'den itibaren bu kolejde, mühendislik Jeolojisi dalında, resmen lisans üstü çalışmaların yapılmasına ve diplomaların verilmesine öncü olmuştur,

Türkiye'ye mühendislik jeolojisini yeni bir dünya görüşü ile dönen Erguvanlı, aynı yıl İnşaat Fakültesi, Geoteknik Bölümü öğrencilerine "Mühendislik Jeolojisi" dersini vermeye başlamıştır. Böylelikle, 1957 yılı, ülkemizde inşaat mühendisliği öğreniminde, "Mühendislik Jeolojisi" dersinin "İlk Kez" programa alındığı yıl olmuştur.

Izleyen yıllarda mühendislik jeolojisinin, yapı malzemesi jeolojisi ve hidrojeoloji gibi konularında da çalışmalar yapan Erguvanlı, 1959 yılında profesör olmuş ve ITÜ Maden Fakültesinde yeni kurulan "Tatbiki (Uygulamalı) Jeoloji Kürsüsü"nün bir profesörü olarak görevine devam etmiştir.

Bu yıllar, Türkiye'de hafif yapı malzemesi ve seramik-porselen için hamadde araştırmalarının başlatıldığı bir dönemdir. İşte bu yıllarda Erguvanlı'yı bu çalışmaları da başlatanların önünde görüyoruz (İstanbul Porselen 1956-64, 1959 dan bu yana Ytong).

1960 ve sonrası Erguvanlı'nın mühendislik jeolojisi konusunda genç elemanların yetişmesine ayrı bir önem verdiği ve yoğun çaba harcadığı yıllar olmuştur.

Baraj jeolojisi ve hidrojeoloji konularında Elektrik İşleri Etüd İdaresi, Devlet Su İşleri (DSİ) 1957-61 ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EIEI) 1960-69 destekleri ile doktora çalışmalarının ve öğrenciler ile genç mühendislerden oluşan "Takım Çalışmaları"nın başlatıldığı dönem, bu yıllara rastlamaktadır.

Yine bu yıllarda, "Jeolog" ile inşaat mühendisi arasındaki diyalog kopukluğunu ortadan kaldıracak yepyeni bir formasyonda eleman yetiştirmeye gayretleri görülmektedir. Kuşkusuz, Erguvanlı, bu gayreti gösterenlerin yine başındadır ve Maden Fakültesi bünyesinde, Türkiye'de "İlk Kez", Jeoloji Mühendisliği Bölümünün açılması onurunda da en büyük pey sahibidir (1960).

1960'lı yıllar, ülkemizde bugünkü (GAP) olarak bilinen Güneydoğu Anadolu Proje alanını oluşturan Fırat ve Dicle nehirleri havzalarında büyük su yapılarının planlama çalışmalarının başlatıldığı dönemdir. İşte bu dönemde çalışmalarında Erguvanlı'yı, genç jeoloji

mühendislerinden oluşan ekibin başında, Karakaya, Halfeti (Atatürk), Dicle-Kralkızı, İlisu baraj yerlerinin araştırılması ve rezervuar alanlarının Jeolojik yönden incelenmesi İçin yaptığı çalışmalarda görüyoruz (1961-65, 1966-70, 1978-81). Erguvanlı, yıllar sonra, Türkiye'nin o günkü koşullarında geçen zahmetli ve gerçekten özverili olan bu dönem (1961-68), meslek yaşıntısının "En Mutlu Yılları" olarak sık sık anacaktır!

Yine bu yıllarda, Türkiye'de "İlk Kez" İnşaat mühendisleri için "Mühendislere Jeoloji" (1964) ve "Mühendislik Jeolojisi" (1969) kitaplarının yayınlanması da Erguvanlıya nasib olmuştur.

1960-70 arasındaki dönemde, Erguvanlı için mesleki açıdan olduğu kadar, yönetim görevleri açısından da yoğun geçen bir dönemdir. Nitekim, Hidrojeoloji Enstitüsü Müdürlüğü (1963-75), Tatbiki Jeoloji Kürsü Başkanlığı (1964-78), senato üyeliği (1964-82 aralıkları) ve Maden Fakültesi Dekanlığı (1966-68) bu dönemde başlatılan ve sürdürülen yönetim görevleridir.

Erguvanlı'nın 1960'ların sonlarında başlayan ve 1970'lerde devam eden gayretleri daha çok, Türkiye'deki mühendislik jeolojisi çalışmalarının Türkiye'de ve uluslararası alanda tanıtımına ayrılmıştır.

Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliği (IAEG) nin kurucularından olma (1964), Hidrojeoloji Türk Milli Komitesi üyeliği (1967-71), A.B.D.'de misafir profesör olarak bulunma (1970-71), Uluslararası Hidrojeoloji Derneği Üyeliği (1968-70) ve başkan yardımcılığı (1973-76) bu yıllarda yürütülen görevlerdir. Yine bu yıllarda ülkemizde düzenlenen çok önemli iki uluslararası toplantının organizasyonunda Erguvanlı, önemli sorumluluklar yüklenmiştir (Büyük Barajlar ve 8. Hidrojeoloji Kongreleri). Bu dönemin en önemli girişimi, Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliğinin, ülkemizde, Erguvanlı tarafından 1976 yılında faaliyete geçirilmesi olmuştur. Erguvanlı aynı yıl kurulan Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesinin, kuruluşundan bu yana başkanlığını, zevk duyduğu bir özveri ve kuşkusuz büyük bir başarı ile sürdürmektedir. Hocamızın, ülkemiz mühendislik jeolojisine yaptığı en büyük katkısı, uluslararası bilimsel ilişkilerimizin düzenlenmesini sağlayan bu komitenin kurulması ve daha da önemlisi faaliyetlerini kesintisiz sürdürmesi olmuştur diyebiliriz. Her yıl çıkardığı bir bülten ile mühendislik jeolojisinin güncel konularının kalıcılığını sağlayan bu komite, değişik zamanlarda ve uluslararası toplantıların da yapılmasını üstlenmiştir (Ulusal ve Uluslararası Eriyebilen Kayalar Sempozyumları (1980 ve 1981) içinde ve dışında unutulmayan, anıları her yerde tatlı tatlı anlatılan bilimsel toplantılar olmuştur.

1980'lerden içinde bulunduğuümüz yıllara kadar geçen dönemler de Erguvanlı hocamız için, öğretim, yönetim, yurt içindeki ve dışındaki mesleki çalışmalar ve mühendislik jeolojisinin tanıtımı için sarfedilen tükennmez gayretler içinde geçmiştir. Ecole des Mines de Paris'de bir sõmestre misafir profesör olarak bulunma (1983), Libya'da (1981) Suudi Arabistan'da, Cidde-Mekke-Taif (CMT area) de ve Taif-Mekke'de 1966, 1982 de ve İranda (1984), yeraltı suyu, baraj ve malzeme jeolojisi ile ilgili çalışmalar, ITÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Dekanlığı (1982-84), İSKİ ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi - Yapı Merkezi adına sürdürülen kanalizasyon tünelleri ve hafif metro mühendislik jeolojisi çalışmaları (1982-88), bunlardan başlıcalarıdır.

Erguvanlı'nın doktora ve doçentlik tezlerinde çalışmalarını yaptığı inşaat taşları konusundaki ugraşları günümüze kadar, çeşitli nedenlerle sürdürmüştür. Yine "İlk Kez" rahmetli Ord. Prof. Malik Sayar hocamız ile birlikte hazırladıkları "Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları, 1955 ve 1962 kitabı ile başlayan yayınları, ülkemizdeki taşçılığın ve mermerliğin tarihsel gelişimi ile ilgili çok sayıda makale ve bildiri ile devam etmiştir. Uğraşı alanının hocamızın kendine özgü şırsel anlatımı:

"Taş, Toprak, Su, İşimiz Bul!"

dur. Gerçekten bu ifadede belirtildiği gibi, Erguvanlı hocamız taş, toprak ve su açısından daima zevk alarak, mesleğini seven kişilerin mutluluğu içinde koşmuştur, koşa maktadır. Sadece ITÜ'de değil, Karadeniz Teknik Üniversitesinde, (1968-78), Dokuz Eylül (Ege) Üniversitesinde (1975-82) de öğrencisi olmuş sayısız, inşaat mühendisinin, maden mühendisinin, jeoloji mühendisinin, jeofizik mühendisinin ve mimarın Üniversiteye

öğrenciliği anılarının müstesna bir köşesinde "Erguvanlı Hoca"nın yeri vardır. Derslerinin yanısıra, kendisinden öğrenilen "Sevgi bağları" "Hayat Sırları", çoguna yaşamları boyunca yol gösterici olmuştur. Seneler sonra Türkiye'nin ve dünyanın değişik yerlerinde rastladığı eski öğrencilerinin çoğu, hocalarını, ders dışında kendisinden duydukları bu şirsel ögütlerle anımsamaktadır.

Erguvanlı İsmi ile adeta özdeşleyen "Elma Sevgisi", paylaşmanın, vermenin mutluluğun gerçek sırrı olduğunu belirleyen "Hoca dediğin verici olmalı sözleri, sağ ve sol eli ile birlikte yazması, daima güler yüzü, eksilmeyen neşesi, bunların yanında yardım severliği, zevk-i selim sahibi oluşu, zarif gülünçlüğü, hocamızı tanıyanların hemen hatırladıkları sadece birkaç husustur.

Erguvanlı hocanın, 1945'lerde başlayan taş ve mermer sevgisi, doktora ve doçentlik gibi akademik kariyer çalışmaları yanında, 1972'lerden bu yana günümüze dek, bilim ve teknoloji tarihine doğru yönelik ve "Anadoluda Taş Endüstrisinin ve Teknolojisi"nin kronolojik gelişimi konusunda zevkli bir "Ekip Çalışması" halini almıştır. Hocanın 1982-1988 tarihleri arasında, İstanbul'da "Maden İhracatçılar Birliği" tarafından düzenlenen "Uluslararası Mermer ve Mermer Makinaları Fuarları"nın organizasyon komitesinin başında bulunması, Türkiye mermerlerini dünyaya tanıtmaya çalışması bu tür bilimsel çalışmalaraya ayrı bir yön ve hız verilerek ve zevk alınarak yapılmasına yol açmıştır.

1985 yılında ITÜ Maden Fakültesi Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekanığı Anabilim Dalı grubu ile, Mimarlık Fakültesi Restorasyon Bölümü öğretim üyeleriyile beraberce başlatılan "Marmara Bölgesi Eski Taşocakları ve Bu Taşların Restorasyonda Kullanılması" konusunda TUBİTAK adına yapılan projede, bölgede yıllarca büyük bir zevk ve özveri ile çalışılarak, Marmara Bölgesinde, Romalılardan bu yana açılan ocaklar, çıkarılan taşlar, mühendislik ve mimari özellikleri, taş üretim yöntemlerinin kronolojik gelişimi ve kullanıldığı yapıtlar ve yerler, belge ve fotoğrafla "İlk Kez" ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmaların sonuçları Fransa'da, İsviçre de ve Yunanistan'da verilen konferans ve bildirilerle gün ışığına çıkarılmış, yayınlanmıştır (Yayınlarına bak.).

Aslında Prof. Dr. Kemal Erguvanlı'nın tamamı dolu geçen 45 meslek yılını bu yazdıklarımızla özetlemeye çalışmanın güçlüğünü, hatta imkansızlığını bizler de biliyoruz. Amacımız bu sempozyum vesilesi ile hepimize örnek olabilecek, imrenilecek bir özgeçmişten tipik bir kesit sunarak, Türkiye'de mühendislik jeolojisi ile uğraşanların, Erguvanlı hocaya neler borçlu olduklarını bir kez daha hatırlatmak...

Kendisine, geçmişini aratmayacak nice sağlıklı, mutlu ve başarılı yıllar dileyerek derin saygılarını ve şükranlarını sunuyoruz.

Prof. Dr. Kemal ERGUUVANLI'nın YAYINLARI

- 1946 1 — Gaziantep-Narlı Arasında Bulunan Paleolitik Aletler Hakkında Bir Not. Türk Tarih Kurumu (T.T.K.) Belleten, Cilt. X, Sayı: 39, sayfa: 375-379, 1 Harta, 4 Levha, Ankara.
- 1947 2 — Gaziantep-Narlı Arasının Jeolojisi ve İnşaat Taşları. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 1, sayfa: 32-35, İstanbul.
3 — Kocaeli Triasında Yeni Fosil Yatakları (New Fossiliferous Beds In Kocaeli Triassic Formations). (Türkiye Jeoloji Kurumu (TJK) Bülteni, Cilt: 1, Sayı: 1, sayfa: 158-163, Ankara.
4 — Aydınlı-Mudarlı Arasındaki Bölgenin Jeolojik Etüdü (Kocaeli Yaimadası). İTÜ Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 2-3, sayfa: 62-67, İstanbul.
- 1948 5 — Halil Ethem ve Jeoloji. TTK Yayıını Halil Ethem Hatıra Kitabı, Cilt: 2, sayfa: 27-32, Ankara.
- 1949 6 — İmralı Adasının Jeolojik Etüdü (Etude Geologique de l'île d'İmralı) TJK Bülteni, Cilt: II, Sayı: 1, sayfa: 118-125, Ankara.
7 — Hereke Pudingleriyle Gebze Taşlarının İnşaat Bakımından Etüdü ve Civarının Jeolojisi. (Etude des Pierres de Constructions et Géologie des Environs de Hereke et de Gebze) (Bithynie) İTÜ İnşaat Fakültesi Yayıını, İstanbul (Doktora Tezi).
8 — Kehlibar Cinsleri, Jeolojisi ve Sanayide Kullanış Şekilleri. İTÜ Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 1-2, sayfa: 40-42, İstanbul.
- 1950 9 — Milletlerarası Jeoloji Kongreleri ve Türkiye. TJK Bülteni Cilt: 2, Sayı: 2, sayfa: 68-71, Ankara.
10 — Doğu Anadolu'da Mesken ve İnşaat Malzemesi. İTÜ Dergisi Cilt: 8, Sayı: 2, sayfa: 85-90, Ankara.
11 — Etude des Pierres de Construction et Géologie des Environs de Hereke et Gebze (Bithynie). Bult. of the Technical Univ. of Istanbul, Vol: 2, N: 2, pp: 55-64, 6 Fig., İstanbul.
12 — Türkiye Jeoloji Bibliografyası Sene 1949 (Bibliographie Géologique et la Turquie, année 1949). TJK Bülteni, Cilt: III, Sayı: 1, sayfa: 165-168, 1951, Ankara.
13 — Taşların Tanınması İçin Pratik Klavuz (J. Bourcart'tan). İTÜ Kütüphanesi, Sayı: 23, İstanbul.
- 1952 14 — Bilecik Taşları ile Osmaneli Grelerinin İnşaat Bakımından Etüdü ve Civarının Jeolojisi (Doçentlik Travayı, Gayri Matbu).
15 — Trabzon-Gümüşhane Arasındaki Pontidlerin bir Kesiti. TJK Bülteni, Cilt: III, Sayı: 2, sayfa: 65-68, 1 Harta, Ankara.
16 — Türkiye'nin İlk Maden Mühendisi İbrahim Edhem Paşa. TJK Bül: V. III, 1.2, Ankara.
- 1953 17 — Kuzeydoğu Anadolu'da Mesken ve İnşaat Malzemesi. İTÜ Dergisi Cilt: 9, sayfa: 13-16, İstanbul.
- 1954 18 — Doktor Abdullah Beyin Hayatı ve Eserleri. Türkiye Jeoloji Kurumu. Bül: V. V, No: 1-2, sayfa: 269-272, Ankara.
- 1955 19 — Türkiye Mermeleri ve İnşaat Taşları (Prof. Malik Sayar ile). 130 sayfa, 47 Şekil, 27 renkli Levha, İTÜ Yayıını.
20 — Etude Géologique de l'île de Bozcaada, Bul: Soc. Géol de France, 6 Sé: ie, t: V pp. 399-401, Paris.

- 1956 21 — Geology of Selset Reservoir, York Shire, Thesis. for DIC Imperial College, N.R. University of London. p: 53, Pl: 7, Ph. 14, London.
- 1957 22 — Outline of Geology of the Dardanelles. Geological Magazine V. XCIV N: 1, pp: 47-53, London.
- 1958 23 — Yenî Neşriyat. (Baraj Jeolojisi), TJK Bülteni V. VI, No. 2, sayfa: 139-142, Ankara.
- 24 — İngiltere Jeologlar Birliğinin 100. yıl Dönümü. TJK Bülteni: V. VI, No: 2, Ankara.
- 25 — Endüstri ve Su. Maden Mecmuası, Sayı: 5, sayfa: 39-40, İstanbul.
- 26 — Kırşehir Kuzeyinde Seyfe Ovasının Hidrojeolojik Etüdü. (Hydrogeology of the Seyfe Plain in Northorn Kırşehir, Central Anatolie Turkey). İTÜ Hidrojeoloje Enstitüsü Yayıni No: 4, 31 sayfa, Şekil, 5, Tablo, 4, Foto: 3 Harita.
- 1960 27 — Endüstride Su ve Kalite. Maden Mecmuası, Sayı: 9, sayfa: 10-13, İstanbul.
- 1961 28 — Hımmetdede Civarının Jeolojik ve Hidrojeolojik Etüdü. (The Geology and Hydrogeology of the Hımmetdede Area, Cantral Anatolie, Turkey). TJK Bül: C. VII, Sayı: 2, sayfa: 87-107, Ankara.
- 29 — İngiltere'de Su Temini ve Tesisleri. İTÜ Dergisi C: 19, Sayı: 1, sayfa: 26-28, İstanbul.
- 30 — Further Hydrogeological Investigations in Central Anatolie Turkey. Inter. Assoc. of Scientific Hydrology Groundwater In Arid Zones Pub: No: 57, pp. 93-96, Belgium.
- 31 — Endüstride Su ve Maliyet. Maden Mecmuası C. 2, Sayı: 11, sayfa: 6-5, İstanbul.
- 32 — Su ve Bursa. Bursa Teknik Üniversite Haftası. Sayfa: 21-35, 2 Şekil, 6 Tablo, İTÜ Neşriyatı, İstanbul.
- 1962 33 — Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları (Turkisch Marbles) (Ord. Prof. Malik Sayar ile, genişletilmiş 2. Baskı), İstanbul.
- 34 — Kitle Hareketleri ve Heyelanlar. Umumi Jeoloji II. Kısım, sayfa: 127-156, İstanbul.
- 1963 35 — Maden Hidrojeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Zonguldak Haftası, İTÜ Yayıni, sayfa: 81-89, 2 Şekil, İstanbul.
- 1964 36 — Mühendislere Jeoloji (Geology for Civil Engineers). İTÜ Maden Fakültesi Yayıni, 216 sayfa: 197 Şekil, 6 Tablo, İstanbul.
- 37 — Fırat Nehri Üzerinde Baraj Yeri İmkanları. İstanbul Teknik Üniversitesi Doğu Haftası, sayfa: 95-108, 5 Şekil, 3 Tablo, 4 Foto, İstanbul.
- 1965 38 — The Groundwater Investigation in the Devonien Limestone East of İstanbul, Turkey. Hydrology of Fractured Rocks, Dubrovnik Symposium, pp. 34-347 Oct. Yugoslavia.
- 39 — Ord. Prof. Hamit Nafız Pamir ve Mühendislik Jeolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu, Bültenl, V. X, No: 1-2, Ankara.
- 40 — Ord. Prof. Malik Sayar (1982-1965). Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, V. X, No. 1-2, Ankara.
- 1967 41 — Mühendislere Jeoloji. 1. Baskıya Ek 2. Baskı İTÜ Yayıni No: 709, İstanbul.
- 1968 42 — Jeoloji Öğretiminin Teknik Üniversitede Gelişimi. İ.T.Ü. Maden Fakültesi Klavuzu. 1968, İstanbul Maden Fakültesi Yayıni.
- 43 — Türkiye'de Yeraltı Servetlerinden Faydalananmada Maden Fakültesinin Yeri. Maden Mecmuası, Cilt: IV, sayfa: 3, İstanbul.
- 1969 44 — Mühendislik Jeolojisi (Engineering Geology) İTÜ Maden Fakültesi Yayıni, Sayı: 767, sayfa: 470, İstanbul.
- 1970 45 — (N. KARASU-T. ATAMAN) E.K.İ., Zonguldak Kömür Ocaklarında Rastlanmış olan Pnömokonyoz ve Bununla İlgili Mesleki Hastalıklara ait Davalar Hakkında Bilirkişi Raporu. sayfa: 70, Şekil: 5 Tablo: 13, Arkadaş Matbaası, İstanbul.

- 46 — Engineering Geology in Turkey. Bull. of the Inter. Assoc. of Engineering Geology No: 1, pp. 78-79.
- 1971 47 — Mühendislere Jeoloji (3. Baskı). İTÜ Kütüphanesi, Sayı: 825, İstanbul.
- 1972 48 — (R. E. GOODMAN) Applications of Models to Engineering for Rock Excavations. Bull. of the Assoc. of Engineering Geologists, V. IX, No. 2, pp. 89-104, Kansas, USA.
- 49 — (YÜZER, GÜLEÇ, ZANBAK) Türkiye Mermerlerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri ve Mermerlerin Sınıflandırılmaları Hakkında Düşünceler. [The Physico-Mechanical Properties of Turkish Marbles and Proposals for their Classification]: TJK, Bult. V. XV, No. 2, sayfa: 153-170, Ankara.
- 50 — Çataklı Kayalarda Stabilite ve Stabilitenin Kinematik Modellerle Etüdü. İTÜ Zemin Mek. Araş. Kur. Yayımlı, No: 6, sayfa: II, 1-14, İstanbul.
- 51 — Jeoloji ve Kaya Mekaniği. İTÜ Zemin Mek. Araş. Kur. Yay. No: 6, sayfa: II, 1-7, İstanbul.
- 52 — Kalifornia Üniversitesi Berkeley'de Jeoteknik Öğretimi ve Çataklı Kayalar Üzerine Yapılan Araştırmalar. İTÜ Zemin Mek. Araş. Kur. Yay. No: 6, sayfa: X, 1-4, İstanbul.
- 53 — Depremlerin Yamaçlara ve Mühendislik Yapılarına Etkilerinin Sistematisi Araştırılması. Kuzey Anadolu Fayı Symp. MTA Yayımlı, sayfa: 163-166, Ankara.
- 54 — (R. E. GOODMAN) Kazılarda Çatlık Etkisinin Kinematik Modellerle Araştırılması (Kinematic Model Studies for Excavations in Jointed Rock Masses.) TJK, Bul: V. XVI, No: 1, sayfa: 27-40, Ankara.
- 55 — Mühendislik Jeolojisi, Geliştirilmiş 2. Baskı. 476 sayfa: 233 Şekil, 19 Tablo, İTÜ Yayımlı No: 966, İstanbul.
- 56 — (E. YÜZER) Yeraltısuları Jeolojisi (Groundwater Geology). İTÜ Yayımlı, No. 967, sayfa: 340, Şekil: 151, Tablo: 25, İstanbul.
- 57 — Hydrothermal Karstification at the Keban Damsite. IAEG. Symposium on Sink-holes and Subsidence. Proceedings, Discussion Theme I, P. D. 1-6 Essen.
- 1974 58 — Education of Geological Engineering and its Problems. V. I, pp: 1-10, 1-5 Proc. II. Int. Cong. Ing. Geol. Brazil, São Paulo.
- 59 — (E. YÜZER, K. GÜLEÇ, C. ZANBAK) A Proposal for Classification of Marbles. Proc. II. Int. Cong. Engineering Geol. V. I, pp: 1V-27. I-6 São Paulo.
- 1975 60 — The Shape Effect Relationship in Landslides SMFE, İstanbul Conference, T, I, pp: 257-259, İTÜ İnşaat Fakültesi Yayımlı, İstanbul.
- 61 — Türkiye'de son 50 Yılda Mühendislik Jeolojisi ve Problemleri. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi, MTA Yayımlı, sayfa: 238-256, Ankara.
- 62 — (YÜZER, GÜLEÇ, ZANBAK) Türkiye'de Sıllı Taş Yatakları ve Bunların Ekonomik Önemi. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi, MTA Yayımlı, sayfa: 278-295, Ankara.
- 63 — (YÜZER) Keban Barajı Temellerinde ve Dolayındaki Karstlaşmanın Etkileri. Türkiye İnşaat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, İstanbul İnşaat Mühendisleri Odası Yayımlı, Konu: 1, Tebliğ: 12, sayfa: 1-19, 9 Foto, İstanbul.
- 64 — Jeoloji Mühendisliği Öğretiminin Türkiye'de Gelişimi. Maden Fakültesi 1975-1976 Kılavuzu, sayfa: 55-56, Maden Fakültesi Yayımlı, İstanbul.
- 65 — (Co-auteur) Problèmes de Géologie de L'Ingenieur en Régions Karstiques. Bull. Assoc. Int. Geol. Ing. No: 12, pp: 93-132, Krefeld-Germany.
- 1977 66 — (E. YÜZER) Past and Present Use of Underground Openings In Volcanic Tuffs at Cappadocia Area, Turkey. Symposium on Storage in Excavated Rock Caverns, Stockholm-Sweden.
- 1978 67 — Jeoloji Mühendisliği Öğretiminin Türkiye'de Gelişimi. 25. Yılında Maden Fakültesi Klavuzu, Maden Fakültesi Yayımlı, sayfa: 60-62, İstanbul.
- 68 — Mühendislik Jeolojisının Dünyada ve Türkiye'de Gelişimi. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Yayımlı: 1, Sayı: 1, sayfa: 3-7, Ankara.

- 69 — (E. YÜZER) Karstification Problems and Their Effects on Keban Dam Foundation and Reservoir, Turkey. Proc. III. Int. Cong. I.A.E.G., Sec. III, V: 1, pp: 119-126, Madrid.
- 70 — Jeoloji Mühendisliği Öğretiminin Türkiye'de Gelişimi. Maden Fakültesi 25. Yıl Bülteni, sayfa: 6-8, MTA, Ankara.
- 71 — Mühendislere Jeoloji, 4. Baskı, ITÜ Kütüphanesi, Sayı: 1126, İstanbul.
- 72 — Türkiye'de Jeoloji Konusunda İlk Yayınlar, TJK Yayıncı, Yeryuvarı ve İnsan, C: 3, Sayı: 4, sayfa: 5-12, Ankara.
- 73 — Mühendislik Jeolojisinin Dünyada ve Türkiye'de Gelişimi. 1. Mühendislik 'eolojisi' Sempozyumu, TJK Yayıncı, sayfa: 3-10, Ankara.
- 1979 74 — Kültelerin Mühendislik Özellikleri ve Bunları Saptama Yöntemleri. MJTM Komitesi Bülteni, Y: 2, Sayı: 2, sayfa: 1-3, DSİ Matbaası, Ankara.
- 75 — Türkiye'de Jeoloji Araştırmalarında ve Jeoloji Öğretiminde Öncüler. Dr. Abdullah Bey. TJK Yayıncı, Yeryuvarı ve İnsan, C: 4, Sayı: 1, sayfa: 5-10, Ankara.
- 76 — (YÜZER, E, ORHON, D) Atıksuların Zemine Verilme Esasları ve Antalya Yöreni Zeminine Uygulanması. Antalya Kenti Kullanılmış Suları Toplama ve Uzaklaştırma Sempozyumu, 2-5 Mayıs, Antalya.
- 77 — Zemin Mekanığında ve Temel İnşaatında Mühendislik Jeolojisi Parametrelerinin Etkisi ve Somut Örnekler. Zemin Mek. ve Tem. Müh. Bülteni, C: 1, Sayı: 4, sayfa: 214-224, İstanbul.
- 78 — Pierre de Tchihatcheff (1808-1890) Hayatı, Yayınları ve Türkiye Jeolojisine Katkıları. TJK Yayıncı, Yeryuvarı ve İnsan, C: 4, Sayı: 2, sayfa: 9-14, Ankara.
- 1980 79 — Prof. Dr. Enver Altınlu ve Uygulamalı Jeoloji. TJK Yayıncı, Altınlu Sempozyumu, Sayı: 5, Ankara.
- 80 — Problems of Damsites and Reservoir in Karstic Areas with Some Consideration to their Solution. IAEG Bulletin, No: 20, pp: 173-178, F.R. Germany.
- 81 — (VARDAR, M. YÜZER, E. ZANBAK, C) Ingenieurgeologische Probleme bei der Grundung der Dicle (Tigris). Kralkızı-Talsperre (SO Turkei). Engineering Geology Problems In the Dicle (Tigris) Kralkızı Dam Foundation (SE Turkey). Rock Mechanics, Supplementum 10, Springer-Verlag, Wien.
- 82 — Kayaçların Sertlikleri, Saptama Yöntemleri ve Mühendislikte Önemi. Müh. Jeol. Bülteni, Yayıncı: 3, Sayı: 3, sayfa: 2-6, Ankara.
- 83 — Sovyetler Birliği, Tifliste Yapılan Baraj Yapımında Mühendislik Jeolojisi Problemleri, Uluslararası Sempozyumu. Müh. Jeol. Bülteni, Yayıncı: 3, Sayı: 3, sayfa: 14-15, Ankara.
- 84 — Jeoloji Kongrelerinin 100. Yılı ve Türkiye. Yeryuvarı ve İnsan, TJK Yayıncı, C: 5, Sayı: 1-2, sayfa: 16-16, Ankara.
- 85 — Yerbilimlerini Mektebi Tıbbiyede İlk Kez Türkçe Okutan Hoca: İbrahim Lütfi Paşa. Yeryuvarı ve İnsan, TJK, Yayıncı: C: 5, Sayı: 3-4, sayfa: 9-13, Ankara.
- 1981 86 — Engineering Geology Text-Book in the World. Publ. of Int. Eng. Geol. Symp., p: 16, İstanbul.
- 87 — Taş Endüstrisi ve Teknolojisinin Anadolu'da Tarihsel Gelişimine Genel bir Bakış. 1. Uluslararası Bilim ve Teknoloji Kongresi, C: 3, sayfa: 279-297, İstanbul.
- 1982 88 — Libya'da Su Yapılarına ait Gözlemler. MJTMK Bülteni, Yayıncı: 4, Sayı: 4, sayfa: 11-14, Ankaar.
- 89 — (TARHAN, F) Doğu Karadeniz Kıyı Şeridindeki Kitle Hareketlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi, KTÜ Yerbilimleri Dergisi, 100. Yıl konferanslar Dizisi Özel Sayı, sayfa: 128-166, Trabzon.
- 90 — Halil Edhem Eldem. Temel Bilimler Dálinda Avrupa'da İlk Doktora Yapan, Darülfünün Jeoloji-Mineraloji Muallimi. Yeryuvarı ve İnsan, C: 7, Sayı: 2, sayfa: 17-21, Ankara.
- 91 — Mühendislik Jeolojisi. Değiştirilmiş 3. Baskı ITÜ Yayıncı, 605 Sayfa, İstanbul.
- 92 — (YÜZER, E, ZANBAK, C, VARDAR, M) Open Pit Slope Stability Investigation of the Hasançelebi Iron ore Deposit, Turkey, 3rd. Int. Conf. Stability of Surface Mining. Am. Inst. Min. Met. Pet. Eng., New York, pp. 635-662.

- 93 — 4. Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Kongresi, Bilimsel Toplantı Endüstrişti ve Türkiye. Müh. Jeol. Bült., Sayı: 5, sayfa: 1-4, İstanbul.
- 1983 94 — Afyon ve Marmara Adası Mermer Yataklarının Mühendislik Jeolojisi (Engineering Geology of the Marble Deposits of Afyon and Marmara Island). Uluslararası Mermer Sempozyumu, İstanbul Mermer İhracat Birliği.
- 95 — ITÜ Maden Fakültesinde 30 Yıl. Anılar-Belgeler. ITÜ Maden Fakültesi, sayfa: 29-42, İstanbul.
- 96 — Engineering Geology Fatih Sewage Tunnel of Turkey. Lisboa, Int. Sym. on Eng. Geol. and Undergraud Construction.
- 97 — (YÜZER, E. VARDAR, M) İnşaat Jeolojisi Uygulamaları. Maden Fakültesi Ofset Matbaası, İstanbul.
- 1984 98 — Eski ve Yeni Taş Çıkarma ve İşletme Yöntemleri. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, Sayı: 6, sayfa: 24-25, İstanbul.
- 99 — Necdet Aksu Hayatı ve Mühendislik Jeolojisine Katkıları. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, Sayı: 6, sayfa: 24-25, İstanbul.
- 100 — Uluslararası Mühendislik Jeolojisi ve Yeraltı Yapıları Sempozyumu. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, Sayı: 6, sayfa: 27-28, İstanbul.
- 101 — Yeraltısuları Jeolojisi (Hidrojeoloji). 2. Baskı, ITÜ Maden Fakültesi Yayıncılık, sayfa: 333, İstanbul.
- 102 — Mühendislik Jeolojisi. Ders Konuları ve Uygulamaları. ITÜ Maden Fakültesi Yayıncılık, No: 6, sayfa: 52, İstanbul.
- 1985 103 — (EROSKAY ve GÜNEY) Barajların Çevreye Etkileri ve Oymapınar Barajı Örneği. Müh. Jeol. Bült: Sayı: 7.7, sayfa: 206, İstanbul.
- 104 — Patlayıcı Maddelerle Taş Çıkarma Yöntemleri. Müh. Jeol. Bült. Sayı: 7.7, sayfa: 11-18, İstanbul.
- 105 — Dünyada Mühendislik Jeolojisi Kitapları ve Dergileri. Müh. Jeol. Bült. Sayı: 7.7, sayfa: 28-32, İstanbul.
- 106 — (K. GÖKHAN) Saraylarda Kullanılan Taşlar (Bilinmesi, Korunması, Yenilenmesi) Hakkında Düşünceler. Milli Saraylar Sempozyumu: Yayıncı, İstanbul, sayfa: 339-345.
- 107 — Baraj Yapımıne Etkiyen Mühendislik Jeolojisi Parametreleri. EIEI 50. Yıl Hidroelektrik Enerji Semp. 19-22 Kasım, sayfa: 97-110, Ankara.
- 108 — Anadoludaki Tarihsel Taşocaklarının Araştırılmasının Türkiye Mermer Endüstrisinde Önemi. İstanbul Mermerciler Derneği Dergisi, Sayı: 1-2, sayfa: 84-87, İstanbul.
- 1986 109 — Keserek Taş Çıkarma Yöntemleri. Müh. Jeol. Bült. Sayı: 8, sayfa: 8-15, İstanbul.
- 110 — Türkiye'de Kullanılmış Olan Yabancı Ülke Taşları. İstanbul Mermerciler Derneği Dergisi, Sayı: 1-2, sayfa: 9-10, İstanbul.
- 111 — (E. YÜZER, - M. VARDAR, - İ. ERİŞ) Kentiçi Tünel Güzergahlarında Mühendislik Jeolojisi Sorunları, İstanbul Örneği. DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kont. Dairesi Bşk. Yayıncı, Sayı: 6, sayfa: 1-11, Ankara.
- 112 — (E. YÜZER, - N. ÇEKİRGE) Türkiye Kaplıcalarında Yapılan Bazı Çalışmalar ve Eski Yayınlar. Tıbbi Ekoloji ve Hidro-Klimatoloji Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 2-3, sayfa: 178-189, İstanbul.
- 113 — (E. YÜZER, - N. ÇEKİRGE, - T. ÖZTAŞ) Kaplıca Projelerinin Hazırlanmasında Disiplinlerarası Çalışmaların Önemi. Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 2-3, sayfa: 190-198, İstanbul.
- 1987 114 — Keserek Taş Çıkarında Kullanılan Yeni Yöntemler. Müh. Jeol. Bült., Sayı: 9, sayfa: 2-6, İstanbul.
- 115 — Dilimizde Taş Sözcükler, Deyimler ve Ata Sözleri. Müh. Jeol. Bült. Sayı: 9, sayfa: 53-61, İstanbul.
- 116 — Heyelanları Araştırma İlkeleri ve Yaklaşım Yöntemleri. DSİ Samsun Semp. DSİ Yayıncı, Cilt: II, Sayı: 27, sayfa: 1-6, DSİ, TAKK Dairesi, Ankara.
- 117 — (E. YÜZER) Afyon ve Marmara Adası Mermer Yataklarının Mühendislik Jeolojisi. I. Uluslararası Mermer Semp., Bul: 1, sayfa: 9-17, Maden İhraçatçıları Birliği Yayıncı, İstanbul.

- 118 — (E. YÜZER) Mermer Ocağı İşletmelerini Etkileyen Mühendislik Jeolojisi Parametreleri. II. Uluslararası Mermer Semp. Bull: 2, sayfa: 1-8, Maden İhracatçıları Birliği, İstanbul.
- 119 — (Z. AHUNBAY) Süleymaniye ve Sultanahmet Camilerinde Kullanılan Taşların Mımları Özellikleri ve Onarım Önerileri. I. Uluslararası Mermer Semp. Bull: 2, sayfa: 30-32, Maden İhracatçıları Birliği Yayıni, İstanbul.
- 120 — (E. YÜZER) Yeraltısuları Jeolojisi. ITÜ Yayıni, No. 23, ITÜ Maden Fakültesi, İstanbul (3. Baskı).
- 121 — The Graywacke Problem Related to Istanbul Area. Derin Kazılar ve İksa Metodları Sempozyumu, pp: 19-23, Boğaziçi Üniversitesi Yayıni, İstanbul.
- 122 — Türkiye Granitleri (Yeni Döviz Kaynağı). Mermer, Sayı: 6, sayfa: 19-24, İstanbul. Mermenciler Derneği Yayıni, İstanbul.
- 1988 123 — Çanakkale Kestanbol Granitleri. Dünyanın En Eski Ocakları ve En Çok Kullanılan Taşları Mermer. Yıl 3, Sayı: 8, sayfa: 13-18, İstanbul Mermenciler Derneği, Yayıni, İstanbul.
- 124 — Atatürk (Halfeti) Barajında Yapılan İlk Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları. Müh. Jeol. Bült. Sayı: 10, sayfa: 2-9, İstanbul.
- 125 — Ord. Prof. İlhami Civaoğlu ve Türkiye'de Hidrojeoloji Öğretimin Başlaması. Müh. Jeol. Bült. Sayı: 10, sayfa: 57-58, İstanbul.
- 126 — (AHUNBAY, M. - AHUNBAY, Z - ERİŞ, İ.) The Significance of Research on Old Quarries for the Restoration of Historic Buildings with Special Reference to Marmara Region, Turkey. Proc. Int. Symp. of Athens. (Geologie d'Ing. App. au Travaux Anciens.) Vol: 2, pp: 631-638, Balkema, Rotterdam.
- 127 — Türkiye'nin Yeraltısu Potansiyeli ve Bunun Eski ve Yeni Kullanış Şekilleri. Ulusal 1. Hidrojeoloji Sempozyumu, Ankara. A.Ü. Fen Fakültesi Yayıni, sayfa: 7-18, Ankara.

İSTANBUL BÖLGESİNDE KARBONİFER YAŞLI TRAKYA FORMASYONU'NUN YAPISAL ÖZELLİĞİ

STRUCTURAL PECULIARITY OF THE CARBONIFEROUS THRACIAN FORMATION IN THE ISTANBUL AREA

Ihsan KETİN*
Güneş GÜNER**

OZ — İstanbul Paleozoyik arazisinin üst birimini oluşturan Karbonifer Yaşı Trakya Formasyonu genellikle kumtaşı, grovak, silttaş, kilittaş ve şeyllerden oluşmaktadır ve bu kırtıltı sediment istifisi içerisinde yer yer andezit veya diyabaz türünden damarlar veya siller sokulmuş bulunmaktadır. Yaklaşık 2000 m., kalınlıkta bu tortul istif, ileri derecede tektonik deformasyona uğramış, şiddetle kırılmış, devrilmiş, ezilmiş ve çok sayıdaki çatlak yüzeyleri ve kayma düzlemleriyle kırılmış, parçalanmış, dilim dilim olmuş, formasyonda çok yönlü bir kırılma ve kayma sistemi gelişmiştir.

Trakya Formasyonu'nun bu "özel yapısının" nedenleri ise: Fliz karakteri taşıyan sediment istifinin 2000 metreyi aşan kalınlığı, sedimentlerin litolojik farklılığı, münferit tabakaların inceliği, Formasyon'un Hersiniyen ve Alpin orojenez dönemlerinde farklı yönlere tektonik deformasyona uğramış olması ve belki de, A.M.C. ŞENGÖR'ün (1984) belirttiği gibi, İstanbul Napı'nın bir parçası olarak "allokton bir kütle" durumunda bulunmaktadır.

ABSTRACT — The Trakya Formation of Carboniferous age Constitutes the uppermost unit of the Palaeozoic terrain of İstanbul and is made up commonly of sandstone, greywacke, siltstone, mudstone, and shales. Locally dykes and sills of andesites and diabases intrude this section.

This more than 2000 m. thick sedimentary section is highly deformed by intensive folding, overturning, crushing and breaking along numerous joint and fault surfaces. The rocks are severely disrupted and imbricated along a joint and fault network of diverse orientations.

The reasons for this peculiar structure of the Trakya Formation are as follows: The thickness of the formation exceeding 2 km., the lithological variations

in the sedimentary rocks, thinness of the individual beds, the effects of the Hercynian and Alpin deformations creating structure families of different orientations and, possibly, the allochthonous position of the rocks as part of an İstanbul Nappe proposed by A.M.C. ŞENGÖR (1984).

GİRİŞ

İstanbul'da hâlen yapılmakta olan çok katlı binaların temelleri çoğunlukla Trakya serisi veya Trakya formasyonu olarak adlandırılan Karbonifer yaşı kırtıltı sediment kayaç topluluğu içinde bulunmaktadır.

Bu kısa çalışmada STFA Grubunun (Sezai Türkş-Feyzi Akkaya Şirketler topluluğu'nun) temel araştırmalarını üstlendiği Taksim, Teşvikiye, Zincirlikuyu, Etiler, Tepebaşı ve Kağıthane'deki çok katlı binaların derin temel kazılarında sık sık vukua gelen kaymalar, kaya göçmeleri ve ezik fay zonları incelenmiş, bunların jeolojik nedenlerinin açıklanması amacıyla da, temel çukurlarında ve arazide yüzeyleyen çeşitli tabakaların, kayma düzlemlerinin, çatlak yüzeylerinin, ezik zonların ve mağmatik damarların doğrultu ve eğimleri ölçülmüş, elde edilen veriler streografik projeksiyon ağı üzerinde nokta diyagramları haline getirilerek değerlendirilmiştir.

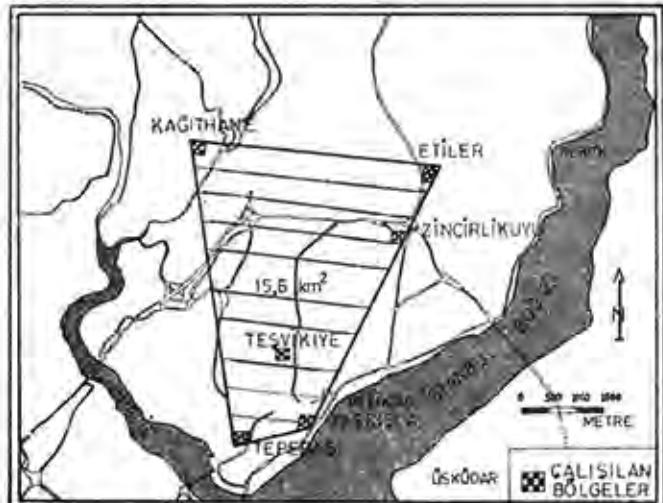
Bu surette, Trakya Formasyonu'nun yapısal özelliği hakkında yeni bulgular ortaya çıkarılmış ve bu yapısal durumun jeolojik-tektonik sebepleri üzerine açıklamalar yapılmıştır. Ayrıca, bu formasyon içinde yapılacak mühendislik çalışmaları için bazı önerilerde bulunulmuştur. Çalışmalarımız yaklaşık 15,6 km² lik bir alan içinde sürdürmüştür (Şekil 1).

JEOLOJİK DURUM

Trakya Formasyonu, İstanbul Paleozoyik arazisinin üst birimini oluşturmaktır ve genellikle İstanbul Boğazı'nın batı yakasında (Trakya'da) yer almaktadır (Şekil 2). Boğa-

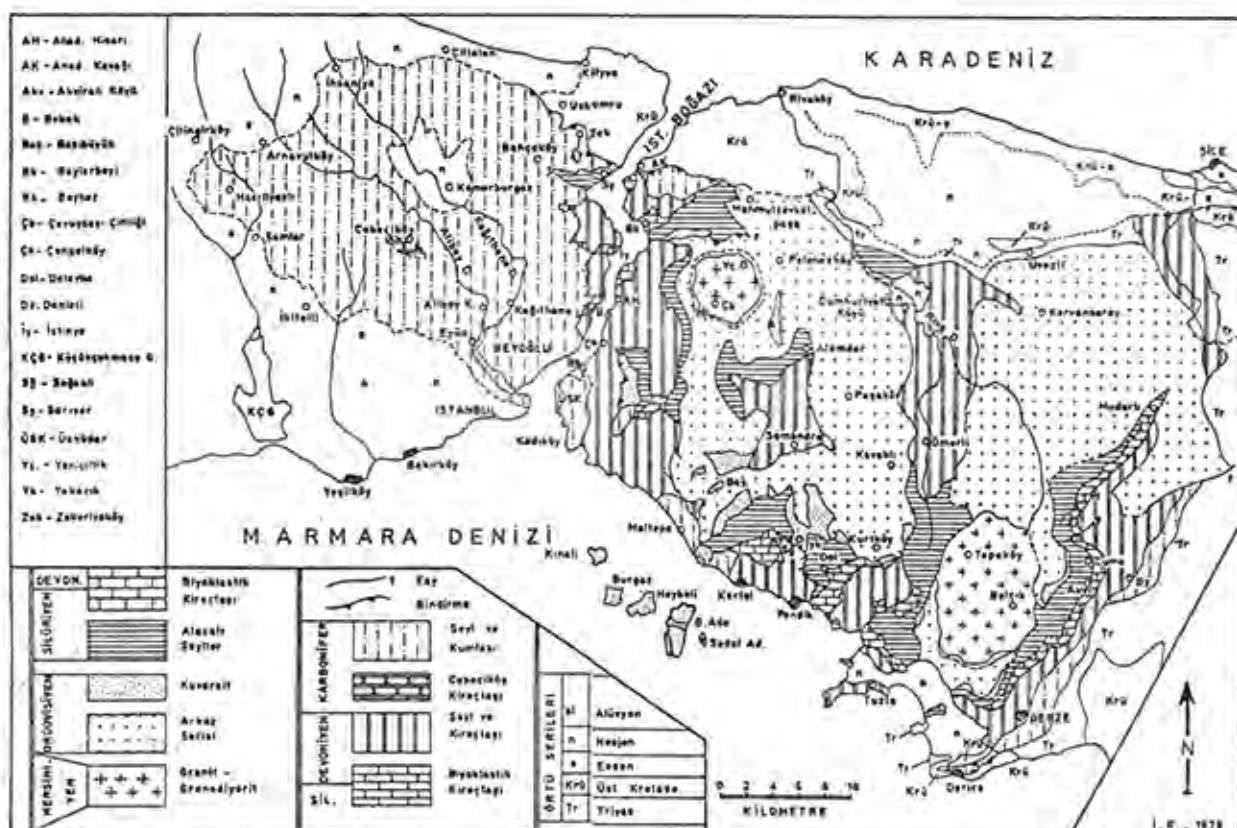
* Prof. Dr. İ.T.O. Maden Fak., Marmara - İstanbul.

** STFA Temel Araştırma A.Ş. Altunizade - İstanbul.



Şekil 1—Trakya Formasyonu içinde inceleme yapılan inşaat sahaları.

zin doğu yakasında, Üsküdar-Kadıköy-Maltepe kıyı bölgesinde ve Beykoz kuzyeyinde de gözlenmekte; ayrıca Kocaeli yarımadasında, Darıca-Gebze-Denizliköy (Dz.) dolaylarında yüzeylemektedir (Şekil 2).



Şekil 2—Istanbul Bölgesinin genelleştirilmiş jeoloji haritası.

Fliş veya molas niteliğindeki Trakya Formasyonu önce Hersiniyen orojenez döneminde ve daha sonra Alpin dönemde şiddetle deform olmuş, kıvrılmış, kırılmış, farklı doğrultularda çatlaç sistemleri ve kayma düzlemleriyle parçalanmıştır.

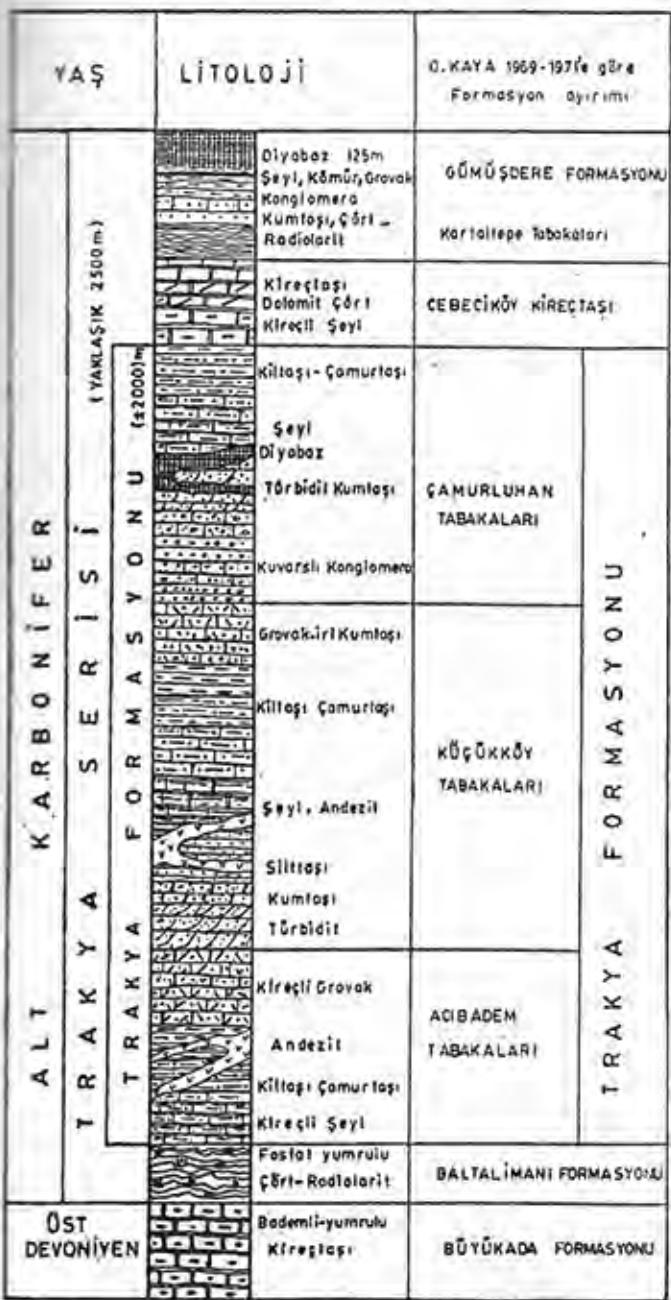
Trakya Formasyonu 60'lı yıllarda Orhan KAYA tarafından doktora tezi olarak incelenmiş ve 1969-1971 yıllarında almanca ve türkçe yayınlanmıştır. Şekil 3'te gösterilen İito-stratigrafik dikme kesitteki stratigrafi birimleri KAYA'nın bu yayınlarından alınmıştır.

Dikme kesitte (Şekil 3) görüldüğü gibi, Trakya Serisinin Alt Karbonifer yaşı kesimi, fosfat yumruları içeren çört (radiolerit) tabakalarıyla başlamaktır, bunun üzerine münavebeli olarak sıralanmış şeyl, kiltası, kumtaşı, grovak, türbiditik kumtaşı, silttaş ve çamurtaş gibi klastik bir istif gelmekte ve bu istif dar anlamda asıl "Trakya Formasyonu" nu oluşturmaktadır. Yaklaşık 2000 m kalınlığındaki bu klastik seri üzerinde, yer yer onunla yanal geçişli olarak, Cebeçiköy Kireçtaşı birimi yer almaktadır, bunun da üzerinde çört-radiolerit, kumtaşı, şeyl, grovak ve diyabaz yatağından oluşan "Gümüşdere Formasyonu" gelmektedir (Şekil 3).

Trakya Formasyonu'nu meydana getiren çeşitli tortul kayaç tabakalarının kalınlıkları genel olarak 5 cm ile 50 cm arasında değişmekte, bazı kısımlarında ise, özellikle kumtaşlarında tabaka kalınlığı 50 ile 100 cm'yi bulmaktadır. Ayrıca, bu tortul istif içerisinde yer-yer andezit ve diyabaz damarları veya silleri de sokulmuştur.

DİYAGRAMLARIN AÇIKLAMASI

Şekil 4'te yer alan bu diyagramlar, İncelenen dört inşaat sahasında ölçümleri yapılan tabakaların, çatlaç sistemlerinin, kayma düzlemlerinin, ezik zonların ve tüm



Şekil 3 — Trakya Serisi'nin (Trakya Formasyonu'nun) Litostratigrafik dikme kesiti. Stratigrafi birimleri O. KAYA (1969-71) göre sıralanmıştır.

süreksizlik düzlemlerinin doğrultu ve eğim değerlerinin toplam olarak dağılımlarını yansıtırlar. Şöyledi;

Şekil 4-a'da, 132 tabaka yüzeyinin kutup noktaları diyagramında: İnceleme yapılan dört sahadaki tabakaların en çok kuzeydoğu-güneybatı, daha az sayıda kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda; eğimlerinin ise, değişik derecelerde en çok kuzeybatıya, daha az güneybatıya ve güneydoğuya yönelik olduğu görülmekte;

Ölçümleri yapılan 125 çatlak yüzeyinin bulunduğu Şekil 4-b diyagramında; çatlak sistemleri doğrultularının hemen-hemen her yönde, fakat en çok kuzeybatı-güneydoğu, nispeten daha az kuzeydoğu-güneybatı olduğu; çatlak yü-

zeyleri eğimlerinin de, çoğunlukla 45° derecenin üzerinde bulunduğu dikkati çekmekte;

Şekil 4-c'de, 88 kayma düzleminin nokta diyagramında: düzlemlerin hemen-hemen eşit sayıda kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultularında geliştileri; eğimlerinin ise, çoğunluk sırasıyla, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatıya yönelik oldukları görülmekte;

Şekil 4-d diyagramında da: 12 ezik zonun daha çok kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda; eğimlerinin de, en çok kuzeybatıya yönelik oldukları dikkati çekmektedir.

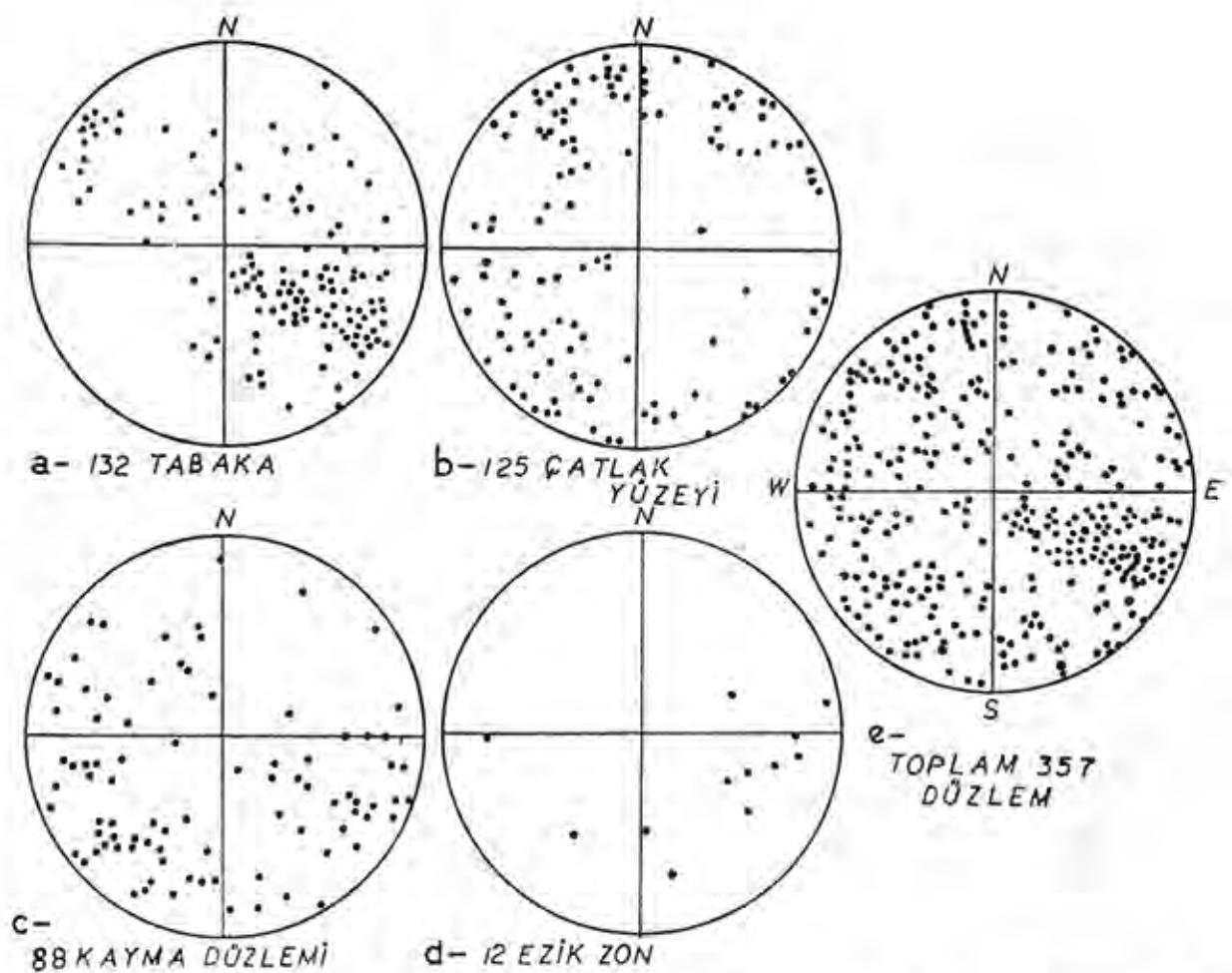
Şekil 4-e diyagramında ise: dört bölgede ölçülen 132 tabakanın, 125 çatlak yüzeyinin, 88 kayma düzleminin ve 12 ezik zonun (toplam 357 süreksizlik düzleminin) kutup noktalarının dağılımı görülmektedir. Bu tür bir dağılım ise, incelenen bölgedeki yapı unsurlarının (tabakaların, çatlak sistemlerinin, kayma düzlemlerinin-fayların- ve ezik zonların) her yönde, her doğrultuda ve her eğim derecesinde oluşmuş ve gelişmiş oldukları açıkça gösterir. Bu araştırmadan çıkan asıl sonuç da, budur.

Şekil 5'te de, inceleme alanlarının yapısal özelliklerini yansıtan iki örnek verilmiştir.

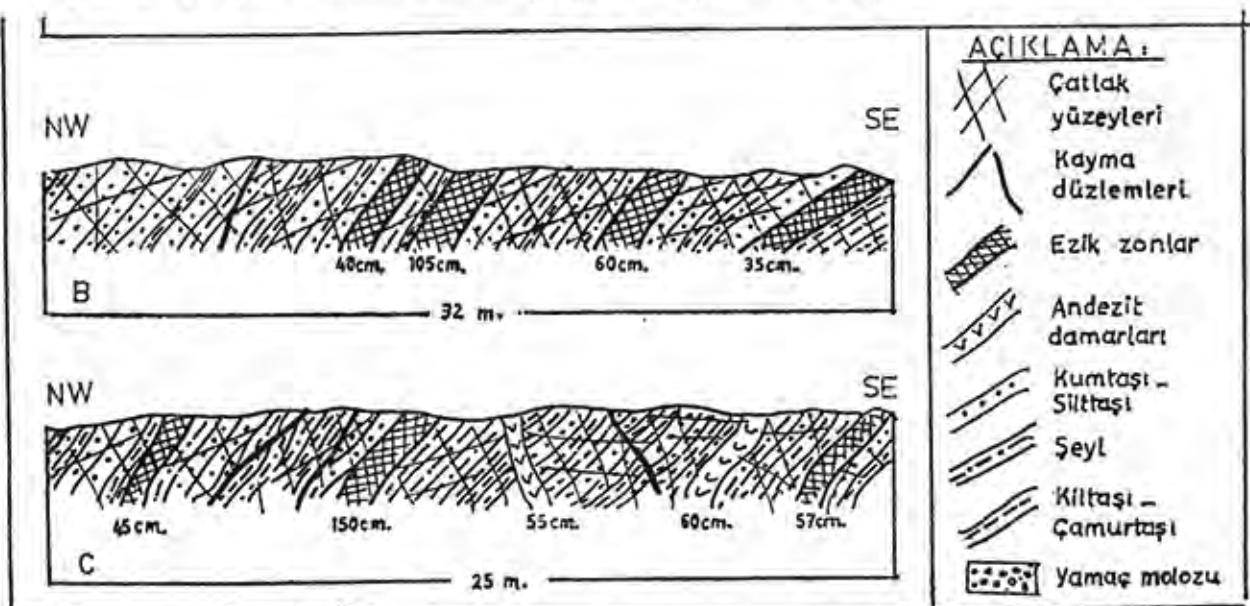
SONUÇ

Buraya kadar açıklamaya çalıştığımız Trakya formasyonu'nun yapısal özelliğini ile ilgili incelemelerimiz sonunda: Çeşitli klastik kayaç topluluğundan oluşan bu formasyonun çok yönlü olarak gelişen kırılma ve kayma yüzeyleriyle parçalanmış, ezilmiş ve dilimlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu özel yapının jeolojik nedenleri olarak da:

- 1 — Formasyonun en az 2000 m kalınlıkta, fliş-molas niteliğinde (kırıntılı-taneli-klastik) bir kayaç topluluğundan meydana gelmiş olması,
- 2 — Tabaka kalınlıklarının birkaç santimetre veya birkaç desimetre boyutunda olması, nadiren bir metreyi bulması,
- 3 — Farklı doğrultularda iki kez tektonik deformasyon geçirmiş bulunması, bunlardan Hersiniyen orojenez döneminde (300-250 milyon yıl öncesinde), yaklaşık doğu-batı yönlü sıkışma etkisiyle kıvrılmış, devrilmiş, çok sayıda çatlak yüzeyleri ve kayma düzlemleriyle kırılmış, parçalanmış ve dilimlenmiş olması; Alpin orojenez döneminde ise, (yaklaşık 100 milyon yıl öncesinde) bu kez yaklaşık (kuzey-güney) yönlü basınçların etkisiyle, farklı doğrultularda yeniden kırılmış, faylanmış, bindirmeli-naplı bir yapı kazanmış olması ve böylece formasyonu oluşturan kayaç topluluğunda çok yönlü bir kırılma ve kayma sisteminin gelişmesidir. Böyle bir sistemin meydana gelmesinde etken olabilecek diğer bir faktör ise, belki de A.M.C. ŞEN-GÖR'ün (1984) belirttiği gibi, Trakya formasyonu'nun İstanbul napının bir parçası olarak allokon bir kütle durumunda bulunmasıdır.



Şekil 4— İnceleme yapılan 4 bölgedeki toplam tabaka sayısının, çatlak yüzeylerinin, kayma düzlemlerinin, ezik zonların ve toplam düzlemlerin nokta diyagramları (açıklama metinde).



Şekil 5— Ayrıntılı inceleme yapılan bölgelerden iki örnek.

B : Teşvikiye'de Milli Reasürans A.Ş. Genel Md. binasının temel kazısında, 32 metrelilik bir kesimde yapılan ayrıntılı incelemeye göre çizilmiş enine bir kesit. Çoğunlukla kumtaşlı ve şeyillerden oluşan tabakalar arasında 35-105 cm kalınlıkta Ezik Zonlar (Kayma-Fay Zonları) gelişmiştir.

C : Taksim'de Uluslararası Turizm ve İş Merkezi temel kazısının 25 metrelilik kesimde yapılan ayrıntılı-enine bir kesit. Ezik zonlar, kayma düzlemleri, Andezit damarı ve çok sayıda çatlak yüzeyleri gözlenmektedir.

ÖNERİLER

İstanbul bölgesinde geniş alanlar kaplayan Trakya formasyonu'nun yukarıda açıklanan özel jeolojik yapısı, bu formasyon içinde yapılacak her türlü tesiste, özellikle tünelerde ve derin temel kazılarında, inşaattan önce ve inşaat süresince ayrıntılı jeolojik inceleme yapılması, inşaat sahası ve yakın çevresinin büyük ölçekli (jeolojik duruma göre, 1/5000 veya 1/2000, asıl inşaat alanının ise, 1/1000 veya 1/500 ölçüğinde) jeoloji haritalarının ve litostratigrafik düşey ve yatay kesitlerinin hazırlanması, inşaat süresince tecrübeli bir Jeoloğun devamlı olarak hazır bulunarak mühendis meslektaşlarıyla birlikte çalışması gerekmektedir. Çünkü, bu formasyon içinde açılan derin temel kazılarının kaplama ve ankrajlama yapılan dik duvarlarında yan-yana veya üst-üste sıralanmış 8-10 m² büyülükteki anolarda dahl, jeolojik yapı birbirinden farklı durumda olabilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasına büyük katkıda bulunan ve yayınlanmasına müsâade eden STFA Temel Araştırma Sondaj Ltd. Şirketi'nin Sayın Yöneticilerine içtenlikle teşekkür ederiz.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- KAYA, O. (1969), Karbon bei İstanbul, N.Jb. Geol. Palaeont. Mh. Jg. 1969, H. 3, 160-173.
- KAYA, O. (1971), İstanbul'un Karbonifer stratigrafisi. T.J.K. Bülteni, Cilt XIV, Sayı 2, S. 143-199.
- KETİN, İ. (1983), Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı: 1259 İ.T.Ü. - Matbaası, Gümüşsuyu, 1983. 595 sahife.
- ŞENGÖR, A.M.C. (1984), The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Eurasia: Geol. Soc. America Spec. Pap., 195, XI+77 s.

OTOYOL PROJELERİNDE MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

ENGINEERING GEOLOGY at MOTORWAY PROJECTS

Okay EROSKAY*
Özkan CORUK**

ÖZ — Yurdumuzda son yıllarda, tamamlanan birkaç otoyol trafiğe açılmıştır. Bazlarının inşası devam etmektedir. Bu nedenle, öümüzdeki yıllarda, otoyollarla ilgili mühendislik jeolojisi araştırmalarının önem kazanacağı düşünülmektedir. Bir otoyol projesi, başlıca güzergâh belirlenmesi, ilk incelemeler, ön proje, kesin proje ve inşaat aşamalarından oluşur. İncelemeler sonunda belirlenen yaklaşık bir kilometre genişliğindeki ön güzergâh boyunca; bölgenin geomorfolojik özellikleri, yüzey suları, zemini oluşturan kayaçların stratigrafik dizilimi, birimlerin geometrisi, fay ve düzlemsel süreksizlikler, yüzeyaltı ve yeraltısu, birimlerin jeoteknik özellikleri, yamaç ve sevlerin稳定性, kazılabilirlik, malzeme olanakları ile köprü, viyadük, alt ve üst geçit gibi, çeşitli sanat yapılarının ayrıntılı temel araştırmaları, otoyol projelerinde, mühendislik jeolojisi incelemelerinin başlıca konularını oluşturmaktadır. Yapılan yeraltı araştırmaları ile laboratuvar deneylerinin, bölgenin jeolojik özellikleri dikkate alınarak programlanması, proje zamanının kısalmasını sağlamaktadır. Çok sayıda uzman tarafından hazırlanan bu projelerde, standart ölçme ve araştırma programlarının uygulanması yararlı görülmektedir.

ABSTRACT — The transit highway transportation mostly makes use of motorways. Recently in Turkey, some motorways have been opened to traffic and several others are under construction. Therefore, it seems engineering geological studies for motorway projects will gain prominence in the near future. A motorway project goes through several stages such as: preliminary planning, preliminary project and final project. In the first stage, along the preliminary route which is a strip approximately one kilometer wide, geomorphology, geology, hydrogeology and engineering geology of the region are carried out in detail. The main subjects of the study are stratigraphic sequence, geometry of the lithological units, surface and subsurface waters, stability of slopes, excavation expertise of soils and for rocks and the materials for fill or aggregate.

A motorway project requires team work which spans two or three years. Planning for subsurface

exploration according to engineering geological parameters can shorten the project and construction period. Also the use of standard surveying program in the field or in the laboratory can provide better correlation between different parameters of the motorway.

GİRİŞ

Günümüzde, ülkeler ve büyük kentler arasındaki transit karayolu ulaşımı, çoğu otoyollarla yapılmaktadır. Son yıllarda, yurdumuzda, inşası tamamlanan Kapıkule-Edirne, İstanbul-İzmit, Kurtboğazi-Ankara... vd., bazı otoyollar trafiğe açılmıştır. Halen, Edirne-Kinalıköprü, Kinalıköprü-Sakarya, Anadolu otoyolu, İzmir-Aydın, Ankara-Adana, Adana-Gaziantep... vd., otoyolların proje çalışmaları veya bazı kesimlerin inşası devam etmektedir. Bu nedenle, otoyol projeleri de, mühendislik jeolojisinin önemli ve güncel konuları arasında yerini almıştır.

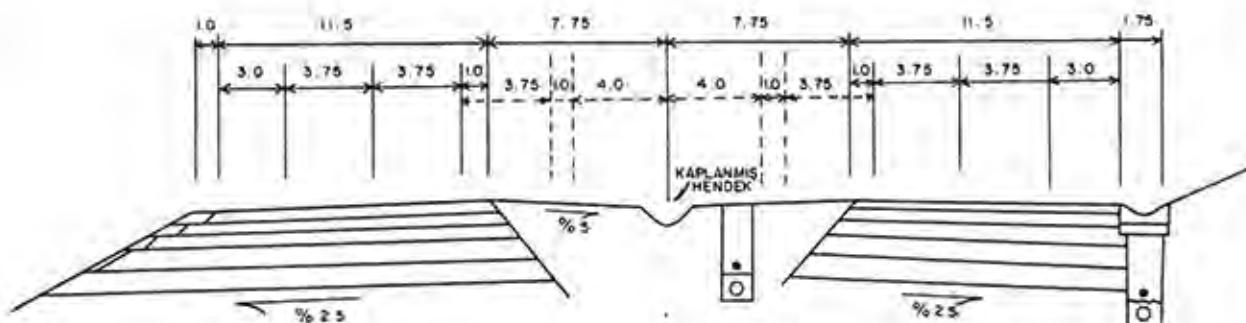
Avrupa Transit Otoyolu Projesi (TEM), Türkiye de dahil 10 ülkeyden geçmektedir. TEM Projesi için otoyol standartları, bu ülkelerin temsilcilerinin oluşturduğu bir yürütme komitesi tarafından kararlaştırılmıştır. Yurdumuzda hazırlanan otoyol projelerinde de, bu standartlara uyulmaktadır (Şekil 1).

TEM projesi için kabul edilen geometrik standartlar dan bazıları Çzl. 1'de görülmektedir. Bu standartlara bağlı kalınarak hazırlanan Edirne-Kinalıköprü otoyolu en kesidi Şekil 1'de örnek olarak sunulmuştur. Otoyolun gereğinden 2×2 den 2×3 seride çıkarılması, normal olarak dış taraflara birer şerit ilave edilerek sağlanacaktır. Tünel, köprü, viyadük vb., üst yapılarda enaz 10 yıl süreyle, trafik ihtiyacı dikkate alınarak projeler hazırlanmaktadır. Bu amaçla viyadük ve köprüler 2×3 veya 2×4 şeritli inşa edilmektedir. Otoyol projeleri genel olarak 20-30 yıl için planlanmaktadır. Trafik yoğunluğu olarak günde 5000 den çok aracın otoyolu kullanacağı kabul edilmektedir.

Yurdumuzda yapılması öngörülen bir otoyolun önce gerekçeli taslak projesi, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından hazırlanarak Devlet Planlama Teşkilat-

* Prof. Dr., İst. Ünlv. Müh. Fak. Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Başkanı

** Araş. Görv., İst. Ünlv. Müh. Fak. Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.



Şekil 1—Edirne-Kinalı otoyolunun enkesiti.

ti'na (DPT) sunulur. Bir projenin teknik ve ekonomik yapılılığı DPT tarafından ayrıntılı olarak incelenir. Uygun görülen tasarılar projelendirmek üzere KGM'ne bildirilir ve programa alınır.

Genel olarak bir otoyol projesi 3 aşamada hazırlanmaktadır. 1. Ön inceleme, 2. Ön proje ve 3. Kesin proje veya uygulama projesi.

KENT DISI OTOYOLLAR	2x2		TEMEL KARARLAR
PROJE ELEMANLARI	OTOYOL (2x2)		
Topografik Model TM(Dz,Dl,Dg)	DÜZ	DALGALI	DAĞLIK
Proje Hızı Vp(Km/saat)	120	100	80
Serit genişliği L(m)	3.75	3.75	3.75
Bonkef genişliği b(m)	3.00	3.00	3.00
Refuj genişliği r(m)	5.00	5.00	4.00
Maksimum boyuno eğim m (%)	4	5	6
Maksimum dever (%)	7	7	7
Maksimum karışık eğim (Boyuno eğim + Dever) (%)	10	10	10
Minimum kurp yarıçapı R(m)	650	450	250
Minimum dairesy Kurp yarıçapı	Açık (m)	5.000	5.000
	Kapıkır (m)	12.000	6.000
Görüş Mesafesi	Düz ve eğimsiz Arazî (m)	225	150
	Kurpto (m)	280	190

Çizelge 1—Geometrik standartlar.

ÖN İNCELEME

Ön inceleme, otoyol güzergâhinin yaklaşık olarak belirlendiği ilk aşamadır. Otoyol ile bağlanması düşünülen kentler veya yerleşim merkezleri arası bu aşamada, 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli haritalar ile 1/35.000, 1/20.000 varsa 1/8.000 ölçekli hava fotoğraflarından incelenir. Arazinin topografik durumu, yüksek tepeler, derin vadiler, göl, büyük nehir, bataklık... vb., doğal engeller

saptanır. Düşünülen güzergâhin yaklaşık bir kilometre genişliğinde bir şerit boyunca 1/25.000 ölçekli jeolojî haritası hazırlanır. Güzergâh boyunca zemin ve kaya birimleri belirlenir. Zayıf zonlar ile eğer varsa, projeyi etkileyebilecek boyutlardaki, heyelan olasılığı bulunan kesimler haritalarda gösterilir. Çevredeki malzeme olanakları ile mevcut taş, micir ve agregat ocakları araştırılır.

Ön incelemenin önemli amaçlarından biri de, tasarlanan otoyol güzergâhi için olası seçenekleri belirlemektir. Bu amacıyla mevcut karayolu ağı, trafik yoğunluğu, kentlerin gelişmesi, büyük sanayi merkezleri, askeri bölgeler... vb., birçok parametre değerlendirilir. Genel olarak otoyolların mevcut karayolundan, 5-10 Km. gibi belli bir uzaklıktan geçmesi istenir. Yerleşim alanlarının büyümeye yönleri, toplu konut alanları dikkate alınmaktadır. Yollar arasında ve yerleşim merkezleri ile bağlantıların uygun kesimlerde olmasına çalışılır.

Kapıkule-Edirne otoyolu, planlama bakımından tipik bir örnektir. Yaz aylarında Avrupa'dan Türkiye'ye arabalarıyla tatil gelen işçiler ile turistlerin sayısı 100.000 leri bulunca; E5 karayoluyla Edirne'den geçerek İstanbul yönüne gitmek, Temmuz ve Ağustos aylarında olağanüstü güçleşmiştir. Aynı şekilde Edirne kent içi trafiği de, tümüyle kilitlenmektedir. Bu durumu çözmek için, kent dışından, Kapıkule ile Trakya Üniversitesi arasında 25 Km.lik otoyol yapılması planlandı ve gerçekleştirildi.

Bölgelerdeki idarecilerden veya yetkililerden gelen, benzer istekler yanında, sanayi kuruluşlarının yol ihtiyacı, ülkenin uluslararası yollara bağlanması, bazan da politik tercihler, otoyollar için güzergâh belirlemesinde etkili olmaktadır.

Daha sonra, ön incelemesi tamamlanan otoyolun Ön projesi ve Kesin projesi hazırlanmak üzere KGM tarafından, ihale edilmektedir.

ÖN PROJE

Bu aşamanın amacı, öngörülen otoyol güzergâhi ve birkaç seçenek varsa en uygunun belirlenmesidir. Belirlenen standartlara uygun otoyol projesi çok sayıda ayrıntılı ölçme ve incelemeler yapılarak hazırlanır. Güzergâh boyunca yüzey şekilleri, topografya eğimleri ve eğim yönleri incelenir.

Hidrolojik veriler, menfez, köprü, sedde vb., üst yapıların projelendirilmesi için önemlidir. Bu bölümde, başlıca yüzey suları, yağış alanları, yağış analizleri, yağış dağılımı, yağış akış ilişkileri değerlendirilir. Olası taşın tekrarlanması 10 ve 100 yıl için istatistik olarak hesaplanır.

Ön projede, arazi gözlemleri, araştırma çukurları, temel sondajları ve jeofizik ölçmelerle, 1/5000 ölçünginde yerüstü ve yeraltı Jeoloji haritaları yapılır. Seçenekler boyunca 1/500 - 1/5000 ölçekli jeoloji profilleri hazırlanır. Bölgesel jeoloji, statigrafik dizilim, litoloji birimleri, yapısal unsurlar, jeolojik evrim, deprem riski bu bölümün ana başlıklarıdır. Ön projede, otoyolun tasarnı için litoloji birimlerinin fiziksel özellikleri ile belirlenmesi gereği vardır. Örtü birimleri ile zemin ve kayaların kapladıkları alanlar, yol boyunca yüzdeleri yanal ve düşey değişimleri, kalınlıkları, otoyol inşası sırasında sebep olabilecekleri sorunlar veya kazılardan çıkacak malzemelerin kullanılabilme özellikleri belirlenir.

Yol ile zemin arasındaki ilişkilerde, yüzeyaltı ve yer altısının temelin fiziksel ve mekanik özelliklerini bozucu etkileri bilinmektedir. Bu nedenle güzergâh boyunca kaynaklar, yüzeyaltısıyu ve yeraltısıyunun yüzeye yakın olduğu kesimler belirli aralarla ölçülür. Hidrojeolojik koşullar belirlenmeye çalışılır. Güzergâh boyunca, akifer niteliğinde birimlerin bulunduğu alanlarda, alüvyon ile kaplı vadi tabanlarında veya kapiler yükselimin otoyol dolgusunu etkileyebileceği kesimlerde daha ayrıntılı hidrojeolojik incelemeler yapılır.

Ön proje aşamasının bir diğer önemli başlığı, yamaçların duraylılığı veya bir başka deyişle, heyelan olasılığı bulunan kesimlerin belirlenerek, ayrıntılı incelenmesidir. Aynı zamanda kazılarda birimlerin düşey ve yatay şevaranları karşılaştırılır. Projenin bu aşamasında duraylılık bakımından sorunlu kesimlerde güzergâhın değiştirilmesi en uygun çözümüdür. Ancak olanak bulunmadığı hallerde, alınması zorunlu mühendislik önlemleri teknik ve ekonomik yapırlılık bakımından ortaya konulmalıdır.

Otoyollarda, taşıma gücü uygun zeminler üzerine, alt temel, temel ve bitümlü katmanlar serilmektedir. Edirne-Kınalı otoyolunda toplam 75 cm kalınlığında değişik katmanlar konulması projelendirilmiştir (Şekil 2). Gerekli malzemelerin istenilen standartlarda ve olanağınca otoyola yakın alanlardan sağlanması maliyeti çok etkilemektedir. Alüvyon ve traça malzemeleri, örtü birimleri, dolgu malzemesi olarak çoğunlukla istenilen standartlarda bulunmaktadır.

Ön projede arazi ölçmeleri, sondaj, jeofizik... vd., ayrıntılı ölçmelerle alınan örneklerin laboratuvar değerlere göre üst yapı tasarnı sonuçlandırılır. Böylece önerilen seçeneklerden kesin güzergâh kararlaştırılır. Alınan kararlar ve tercihler yönünde hazırlanan ön proje KGM tarafından onaylanınca kesinlik kazanır.

KESİN PROJE

Belirlenen güzergâh boyunca, en ayrıntılı ölçme ve değerlendirmeler, kesin proje sırasında yapılır. Çalışma-

lar 1/1000 ölçekli haritalara geçirilir. Daha sık aralıklarla ve sanat yapılarında, temel araştırma sondajları gereklidir. Bu aşamada jeodezik ölçümeler, arazi uygulaması, kamulaştırma plânları ağırlık kazanır. Kırmızı çizgi belirlenir. 1/100, 1/1000 ölçekli boyuna kesit hazırlanır. Mühendislik jeolojisi ve jeoteknik incelemelere kesinlik kazandırılır. Üst yapının boyut ve şekilleri ayrıntıları ile belirlenir. Yan yollar kavşaklar, drenaj, elektrifikasyon, telefon ve sinyalizasyon ile peyzaj, sulama vd., projeler bu aşamanın önemli konularıdır.

5	5 cm.	AŞINMA	KATMANI
4	8 cm.	BINDER	"
3	12 cm.	BITÜMLÜ	TEMEL
2	22 cm.	ÇIMENTO	KARIŞIMLI GRANÜLER TEMEL
1	28 cm.	ALT	TEMEL

Şekil 2 — Edirne-Kınalı otoyolu için önerilen üstyapı katmanları.

OTOYOL PROJELERİNDE MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİNİN YERİ VE ÖNEMİ

Bir otoyol projesi, çeşitli uzmanlıklara dayanan bir takım çalışması sonucunda oluşur. Arazi ve laboratuvar ölçmeleriyle büro değerlendirmelerine dayanır. Bir otoyol projesinin hazırlanması yaklaşık 3 yıl kadar bir süreyle gerektirmektedir. Güzergâhın seçimi ile otoyolun inşası hatta kullanılması döneminde arzu edilen sonuçların sağlanması için; KGM ile projeyi hazırlayan kuruluşlar ve inşaatı yüklenen firmalar arasında yakın işbirliğinin sonu üzerinde olumlu etkileri vardır.

Bu makalenin kapsamı bakımından, bir otoyol projesinde uygulanan mühendislik jeolojisi araştırma ve sonuçlarına kısaca değinilecektir.

Otoyol projelerinde mühendislik jeolojisi çalışmalarının başlıca amaçları şunlardır:

1. Yolun İnşaa edileceği zemini oluşturan örtü ve temel kayaçların belirlenmesi. Amaca uygun zemin sınıflamalarına göre tanımlanması.

2. Temel kayaçlarının yol boyunca geometrisi. Geometriden amaç stratigrafik dizilim, yapısal konum, fay vd., süreksizliklerin mekansal dağılımının öğrenilmesidir.

3. Proje çalışmalarının başlangıç aşamasında daha önce hazırlanmış jeolojik çalışmaları, 1/25 000 ölçekli haritalar, bölgesel jeolojinin değerlendirilmesi bakımından çoğu yararlı ve yeterli olmaktadır. Ancak bölgesel jeoloji çalışmaları ile otoyol projelerinin amaçları farklı olduğundan zaman stratigrafi veya litostratigrafi birimlerine dayandırılarak yapılan incelemeler veya hazırlanan haritalar, mühendislik amaçlı projelerde ayrıntıda sorunların çözümüne çeşitli karmaşıklıklar getirebilmektedir. Örneğin; Trakya'da Istranca masifinin güney eteklerinde yer alan Eosen çökelleri, Eosen kireçtaşı, Kırklareli kireçtaşı, Ressifal kireçtaşı, Killi marnlı kireçtaşı,... vb., birim ayırdı ve adlamalar jeolojik amaçlara yöneliktir. Otoyol projelerinde, yolun inşaa edileceği zemin ve kaya türleri ise fizikal, mekanik ve jeoteknik özelliklerine göre kabul edilen uluslararası standartlarda yapılmalı ve ayrıntılı mühendislik jeolojisi haritaları hazırlanmalıdır.

4. Yapılan yüzey jeolojisi ve arazi gözlemlerile birlikte yeraltı araştırmaları bağıl olarak önem kazanmaktadır. Kırmızı çizginin yüzeye yakın olduğu kesimlerde veya malzeme araştırmalarında toprak zonunun, ayrılmış kesiminin 2 veya 3 metre derinliğindeki araştırma çukurlarıyla incelenmesi ve deney için örnekler alınması pratik, yararlı ve çok uygulanın bir yöntemdir. Yeraltı verileri, çoğu yol eksen boyunca, 500-1000 m., de bir açılan temel sondajları ile sağlanmaktadır. Belirli aralıklarla sondaj yapılması yerine, bölgenin jeolojisi ile litoloji değişimleri, zayıf zonlar, kalın alüvyon dolgular, yanal ve düşey değişimler, yüksek yeraltısu düzeyleri ile malzeme olanakları dikkate alınarak sondaj yerleri seçilmelidir. Genel olarak temel sondajları yol eksen boyunca kırmızı çizginin 5 m. altına kadar; kalın dolgularda taban kayaça en az 3 m. girecek şekilde yapılmalıdır. Ön proje aşamasında, kabul edilen araştırma standartları dışında, yeraltı jeoloji koşullarını denetlemek amacıyla bazen daha derin Jeoloji sondajları da açılması gerekmektedir. Sanat yapılarıyla ilgili kesin proje aşamasında yapılması zorlu araştırma programı da öngörülerek yeraltı araştırmalarının başlangıçta planlanması, zaman ve maliyet bakımından ekonomi sağlamaktadır.

5. Temel araştırma sondajlarında başlıca zemin cinsi, standart penetrasyon deneyi (SPT), elektronik konik penetrasyon deneyi (EPCS), kayaç cinsi, karot yüzdesi (CR), kaya kalitesi (RQD) ve su düzeyi belirlenir. Bozulmuş ve bozulmamış örnekler alınır. Sondaj sonuçları 1/50 veya 1/100 ölçüğünde standart loglara geçirilir. Profil boyunca sondaj verileri korele edilir.

6. Birimlerin fizikal ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla başlıca su laboratuvar deneyleri uygulanır. Birim hacim ağırlığı, su içeriği, Atterberg limitleri, tane boyu dağılımı, zeminin sınıflanması (Karayolları si-

niflaması), makaslama dayanımı (% 90 OPM de sıkıştırılmış), kompaksiyon deneyi (değişkenmiş proktor). Kaliforniya taşıma oranı (CBR, % 100 OPM - % 95 OPM ve % 90 OPM oranlarında) deneyleri yapılır. Doğal sıkılık, kum esdegeri, konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç (UU) ve konsolidasyonlu drenajsız üç eksenli basınç (CU), kesme ve taşıma direnci, geçirgenlik ve kapilarite belirlenir.

Laboratuvar sonuçları çizelge, kesit, diyagram ve şeillerle sunulur. Olanak varsa, laboratuvar sonuçları, sondaj loglarına veya boyuna profillere izdüşürülerek yeraltı bulguları, yeniden değerlendirilir (Çizelge 2).

Mühendislik özellikleri bakımından kabul edilebilen sınırlardan daha zayıf nitelikteki kesimler tasarım gurubu ile birlikte değerlendirilir ve gereklse incelemeler daha ayrıntılı boyutlarda tekrarlanır.

7. Otoyolların inşası için genelde, çok büyük miktarlarda malzeme gerekmektedir. Başlıca gerekli malzemeler şu guruplarda toplanabilir: 1. Dolgu malzemesi, 2. Alt taban ve taban malzemesi, 3. Filtre malzemesi, 4. Beton ve bitümlü kaplamalar için gerekli agregat ve kırmatış. Malzeme araştırmalarının amacı, otoyola en yakın uzaklıkta uygun niteliklerde ve yeterli miktarlarda malzeme bulmaktır. Dolgu için kalitesi uygun ise kazılardan çıkan malzeme kullanılır. Eksik kalan kısımları otoyola en yakın alanlardan tamamlanır. Dolgu için çakılı kumkılı, kumlu kıl, killi kumlu çakıl gibi klastik malzemeler uygun görülmektedir. Karayolları sınıflamasına göre; A2-4, A2-5, A2-6, A2-7 ve A1-a A1-b sınıflarındaki doğal malzemeler bu amaçla kullanılabilir. Kıl oranı % 35'i aşmamalıdır. Dolgu malzemesi için alüvyonlar, akarsu traçaları, birikinti konileri ve Pliyosen veya Kuvatnererdeki tutturulmamış çökeller öncelikle araştırılması uygun alanlardır. Edirne-Kinalı otoyolu İçin, Ergene Havzasındaki İnce formasyonu uygun niteliklerde görülmektedir. Bu birim otoyolun kuzeyinde oldukça geniş alanları kaplamaktadır. Yeterince kalın olduğu alanlardan malzeme ocağı olarak yararlanılabilecektir.

Malzeme alanlarında, uygun bir ağ sistemine göre, 50 ser metre aralıklarla araştırma çukurları açılması ve gereken yerlerde sondajlar yapılarak malzemenin kalınlığının denetlenmesi ve örnekler alınması sağlanır. Genel olarak malzemenin fizikal niteliklerini belirlemek için; 1. Elek analizleri, 2. Atterberg limitleri, 3. Proktor deneyi, 4. CBR ve 5. Su kapsamı ölçülür.

Alt taban, otoyollarda yükleri taşıyan bir katmandır. Düzeltilen zemin veya kaya temel üzerine serilir. Kumlu-çakılı ya da kırmatış olabilir. Stabilize serilebilir. Aynı zamanda, üst yapının drenajını sağlar. Kapiler su yükselmesini de öner. Karayolları sınıflamasında A1-a ve A1-b türü malzemeler bu katmanda kullanılabilir. Kaba kırıntılı akarsu çökelleri veya kırmatış olabilir. Filtre malzemesi iyi boylanmış kaba kırıntıları olabileceği gibi, çoklu kırmatış tercih edilmektedir. Beton agregası veya bitümlü katmanlar için sert kireçtaşı, bazalt vb. kayaçlar kullanılmaktadır.

Sondaj Borehole Depth	Derinlik Depth	Numune Tipi Sample Type	γ_n	Wn	Atberg İmítler			Çakıl Gravel	Kum Sand	Silt Silt	Kil Clay	UU		CU		Konsoli- dasyon Consolidation	Açıklama Comment
					WL	Wp	Ip					Hücre Basınc Cell Pressure	C	C'	δ'		
m			+/-m ³	%	%	%	%	%	%	%	%	kg/m ³	KN/m ³	KN/m ³	m ³ /KN		
PB 1	2.0	SPT		14	45	21	24	12	13	75							
	3.5	SPT		13	34	12	17	34	11	55							
	6.5	SPT		18				4	11	85							
	12.5	SPT		22					3	97							
	14.0	SPT		25	56	24	32	1	5	94							
	15.5	SPT		23					9	26	65						
	18.5	SPT		23	53	27	26		8	23	69						
	23.0	SPT		25	50	21	29		10	90							
	24.5	SPT		23	48	22	26	10	12	22	56						
	27.5	SPT		22					6	17	77						
PB 2	2.5	SPT		16	52	21	31	4	11	30	55						
	8.7	SPT		35	70	28	42			100		1.8	255				
	9.15	T		36	64	29	35										
PB 3	2.5	SPT		14	32	7	25		3	6	7	84					
	5.45	SPT		22	48	19	29								10	22	
	5.9	T		15	37	13	24										
γ_n Hacim ağırlığı Bulk density				WL Likit limit Liquid limit				Ip Plastisite indisi Plasticity index									
Wn Doğal su içeriği Natural water content				Wp Plastik limit Plastic limit				C - C' Drenajlı-drenajsız kohezyon Undrained-drained cohesion									

Çizelge 2 — Deney sonuçları.

İstenilen niteliklerden malzeme sağlanması için, bölgesel jeolojinin değerlendirilmesi ile aramalara başlanmalıdır. Malzeme bakımından ümitli alanlar ayrıntılı haritalandıktan sonra yeraltı araştırmalarına geçilir. Arazî gözlemleri, sondaj ve laboratuvar bulguları ile sistemli yürütülen incelemelerde çoğu uygun nitelikte ve yeterli malzeme, kabul edilebilir uzaklıklarda bulunabilmektedir. Doğal malzemeler genellikle fasiyes değişimleri sunarlar. Ince formasyonu, kaba çakıldan killi düzeylere kadar, farklı boydaki veya bileşimdeki merceklerin girikliklerinden oluşur. Arazide oldukça sık karşılaşılan bu malzemin seçilerek kullanılması, doğal nitelikleri uygun değilse; kalite kontrolü ile niteliklerinin iyileştirilmesi yararlı olmaktadır. Jeoloji mühendislerinin kalite kontrolünde görevlendirilmeleri arzu edilen sonuçlara ulaşmada başarılı olmuştur.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Karayolları Genel Müdürlüğü'ne, Karayolları 17. nci Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş mühendisliğindeki meslektaşlarına ve BOTEK A.Ş. ne sağladıkları olanaklar ve değerli katkıları için en içten teşekkürlerini sunarlar.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ASTALDI-KGM (1987), Anadolu otoyolu Gümüşova-Gerede arası ön etüd raporu.
- BALCI, H. (1977), Tasarlanmış yol güzergahları İçin Jeolojik jeomorfolojik etüd; TCK Araştırma Fen Heyeti Md., Ankara.
- ÇAĞLARER, B. (1986), Yol yapım tekniği; KGM yayın No. 259.
- JONES, D.K.C., BRUNSDEN, D. and GOUDIE, A.S. (1983), A preliminary geomorphological assesment of part of the Karakoram highway; O.J. Engineering Geology vol. 16 no. 4 pp. 331-355.
- NEWBERY, J. and BAKER, D.A.B. (1981), The stability of cuts on the M4 north of Cardiff; O.J. Engineering Geology vol. 14 no. 3 pp. 195-205.
- NOGAMI, J.S., VILLIBOR, D.F. (1979), Soil Characterization of mapping units for highway purposes in a tropical area; Bulletin of IAEG, no. 19 pp. 196-199.

MÜLLER VE ERGUvanlı'DA
DOĞA - DÜŞÜN - SEVGİ ÜCLÜSÜ

ÜBER DIE LIEBE, NATUR UND WISSENSCHAFT BEI MÜLLER
UND ERGUvanlı

Mahir VARDAR*



Es ist das Schönste für einen Lehrer, junge Menschen zu finden, die im Kabinett so stark sind wie im Leben.

Salzburg, 13. OTG. 78

Müller

sechs Jahren war er mir als Doktorvater immer wieder ein unentbehrlicher Wegweiser in der Problematiken der felsigen Wissenschaft, die er bewußt in den Waagschalen der Natur und Mensch zur Blüte brachte. In dieser Zeit lernte ich bei ihm nicht Blüte brachte. In dieser Zeit lernte ich bei ihm nicht nur wie lehrreich und vorbildlich ein erfahrener Lehrer in einem Fachbereich meistern konnte, sondern auch wie weit die angeborene Vorliebe und die geistige Gestaltungsvermögen eines kunstbegabten Technikers an der Lösung und Aufrechnung mancher unlösbar erscheinenden Probleme wirksam werden konnten.

Nach meiner Rückkehr in die Heimat blieben wir auch in engem Kontakt. Letzlich waren wir, fast alle seiner karlsruher Schüler wieder mal wie in den siebziger Jahren fast vollzählig bei seinem Festkolloquium in Salzburg. Ich bin stolz darüber, daß ich ihn als Lehrer-Müller, als Phylosoph-Müller, als Künstler-Müller und als ehrenvoller Weltbürger-Müller kennenlernen durfte.

Professor Leopold MÜLLER ist auch in der Türkei wegen seiner Felsbau-Schule bekannt. Deshalb wurde auch hier im Lande jeder Geotechniker und Geomechaniker durch seinen Verlust tiefst getroffen. Seine zurückgebliebenen Werke und schriftstücke werden ihn in der hiesigen geomechaniken Welt sicher weiterleben lassen.

Dieser bescheidene Vortrag möchte diesen großen Menschen mit den Augen eines von seiner letzten Schülern noch einmal zur Erinnerung bringen und Ihnen in ihm vorhandene Naturliebe und phenomänologische Wissenschaftsphylosophie an einigen Beispielen vorstellen.

Ich hoffe, daß dadurch jedem ERGUvanlı Freund auch klar wird, wieviel Gemeinsames unser heutiger Jubilar mit dem Herrn Professor MÜLLER hat.

* Prof. Dr. İTÜ Maden Fakültesi, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Maslak-İstanbul.

GİRİŞ

Kemal Erguvanlı hocamızın onuruna düzenlenen bu sempozyum için, "Mühendislik Jeolojisi Yönünden Tünellerdeki Kesit Kararsızlıklar" başlıklı bir bildiri hazırlamaktaydım. Ancak Müller hocanın acı kaybını öğrenince, anılarımı dönüp, Erguvanlı hocamızla pek çok benzerlikleri bulunan bu değerli insandan kavrayabildiklerimi sizlere, belki de alışılmamış dışına çıkan bir üslupla aktarmak istedim. Bunu yaparken O'nun kendi sözleri ve pek az kimse bilinabileceğini belgelerdeki deyişleriyle sunmaya çalıştım. 1971 sonbaharından 1977 yazına kadar Karlsruhe Teknik Üniversitesindeki beraberliğimizin bana-son doktora öğrencisine- bu zevkli görevi de yüklediğine inanıyorum. Eğer anlatım ve yazı dilim zaman zaman, bilimsel dilin dışına çıkarsa, bunu konunun özelliğine ve benim tarifsiz heyecanıma bağlayınız lütfen... O'ndan aktarılarda bulunurken de olabildiğince araya girmemeye özen göstereceğim.

MÜLLER SORUSU (Leoben, 1965)

Müller Leoben'da (1965) kendisinin bilim arayışına yön veren şu soruları sıralamıştı:

"Bilim objektif midir ve insanın bağımsız olarak, kendi araçlarıyla ve kendi içindeki özel yasalarıyla mı gelişir? Yoksa insan ona ilk hareket ve yönü mü verir? Bilim, gelişimi sırasında mı (belki de objektif olmaksızın) objektifleşmiştir? Yoksa (kabul edilse de, edilmese de) korktuğumuz gibi, kendisine hiçbir şekilde etki edilmeyecek şekilde insanın karşısına mı dikilmiştir? Biz mi hâlâ bilim yapmaktayız, yoksa o mu bizi güdümlüyor? Bilim bize yararlanabileceğimiz sonuçlar mı sunuyor? Bu özgür iradeyle mı, mantıkla mı, mantiksız mı oluyor? Yoksa o bizi uymak zorunda kaldığımız sonuçlara doğru mu itiyor? Bütün bunlar, herşey tesadüf mü?".

MÜLLER YANITI (1908 - 1988)

Yaşam tarzı ve başardıklarıyla sorulara şu ortak yanıtı verdi. "İnsan, iyllik ve doğruluk arzusu için bilimle uğraşmayı beceren bilim insanının denge koşullarını bozmaya yönelik bir zamanda; genç nesillerin bilgisayarlarla insanlardan daha fazla güven ve zeka bahsettiği ve hatta çevresindeki kırkınlığından olacak- ona politik ve sosyal karar alma görevlerini bile lütfettiği bir zamanda, bir hoca olarak aşağıdaki ilkelere uyulmasını zorunlu bulurum.

dir. Oluşabilecek sorunları ve bunların çözümünün gerekliliğini önceden farkedebilmesi göze batan yetenekleri arasındadır".

"Sanatın varlığı ve bilimle sanatın ilişkisi, Mülleri daima ilgilendirmiş ve hatta onu büyümeliştir. Öğretmeni Cloos'tan bilerek şu önermeyi devralmıştır: Üretken olabilmek için, her bilim adamının içinde bir fiskecik olsun sanatçı ruhu bulunmalıdır".

"Sanatçılıktan, hem kişiliğin derinliklerinden yaratmayı ve hem de içe doğma yeteneğine bağlı yaratıcılık taşımayı anlamaktadır".

"Müller'in bu görüşüyle yalnızca O'nun çok yönlü, ince anlamlı ve genel ilgileri olması değil, O'nun mutluluk arayışı, yanlışlıklar sonrasında sukunetli, günlük yaşamın sıkıcı olaylarındaki hoşgörüsü ve insanlarda hayranlık uyandıran verimlilik, bunların hepsi, bütündeki şaşkınlık veren kararlılıklarıyla eşleşerek uyum halindedir. İnsan ve bilim adamı olarak Onun sorumluluk duygusu da hep o aynı kökene dayanır".

70. DOĞUM YILINDA NELER DEMİŞTİ (Karlsruhe, 1978)

"Bilimin yükselen akımında kalabilmek için eskilerden bize doğru esen rüzgara ihtiyacımız vardır. Çünkü Hebbel'in bir sözüne göre; verdiklerini kimse almak istemediği iki eli de dolu olan kişi, bir köşede boş ellerle duran dilenciden de daha fakirdir".

"Tekniğin makina dünyasının, insanların aşağılamaya ve yer yuvarımızın denge koşullarını bozmaya yöneldiği bir zamanda; genç nesillerin bilgisayarlarla insanlardan daha fazla güven ve zeka bahsettiği ve hatta çevresindeki kırkınlığından olacak- ona politik ve sosyal karar alma görevlerini bile lütfettiği bir zamanda, bir hoca olarak aşağıdaki ilkelere uyulmasını zorunlu bulurum.

1 — Uzmanlık araştırmaları her zamanki gibi ve simdi, hatta daha da fazla önem taşmalıdır.

2 — Ama daha da önemlisi; bilimsel araştırma sonuçlarının doğru anlaşılabilir ve gerçek gelişmeye hizmet edebilir şekilde uygulama alanlarına akışının sağlanması gerekdir.

3 — Fakat hepsinden önemlisi; araştırma projelerinde olduğu gibi, öğretinin de etkisiyle, bu alanda çalışanları, onlarda doğuştan bulunan ve herkesin kendine özgü içsel yasalarıyla gelişebilen "Herhangibir Varlık Olma"dan "Kişilik" olmaya yonelten ön koşulların yaratılmasına çalışılmalıdır".

"34 yıllık uygulamalı meslek yaşamında şu belirgin sonuçlara vardım:

. Tüm başarısızlık ve felaketler hiçbir zaman hesap hatalarından kaynaklanmıyor. Bunlar daima düşünme kusurlarına bağlı oluyor.

. En azından jeoteknik konularda; pratik uygulamaları peşinden sürükleme gereken bilim lokomotifi, katardan

çoktan kopmuş bulunuyor ve vagonlar geriye kaymaya başlıyor.

- Kaya mekaniği bilimi belki durmadan geliştiriliyor. Ama öyle bir başarıyla ki; artık kaya mekanığı daha az kullanılıyor. Çünkü uygulayıcılar büyük bir olasılıkla artık bilimi yakalayamıyorlar".

"Üniversitelerimizde genç insanların hesap işlemlerinde ne kadar güçlü ve doğal olayları gözlemleme ve anlamada ne denli zayıf olduklarını hayretle izledim. Bu nedenle de öğrencilerimi sonuçları belli olan fikirler üzerinde yeniden düşündürmek yerine, onlar kendilerine yabancı gelen tanımların pençesine düşmesinler diye, onları bu kavramları pençelerine nasıl alabilecekleri konusunda da yönlendirmeye çalıştım".

"Öğreti ve yetiştirmeye yöntemimde: soyut örneklemeler yerine hep uygulamaya yönelik somut olguların ve etkileşimlerin kavranmasına değer verdim. Ağızlarda önceden pek çok kez çiğnenmiş soyutlamalardaki şablonlu düşünelerden olabildiğince kaçtım".

"Belki basitleştirmelere ve modellemelere de ihtiyacımız var; ama bunlara gerçeklermişcesine inanmaktan, bunları zorla doğaya uydurmayla çalışmaktan ve hele gözleme yeteneklerimizi bunlarla körlemekten her zaman kaçınmalıyız".

"Yeterince açıklanamamış ve kanıtlanamamış ifadeleri sessizce kabullenme şeklinde ortaya çıkan asırımızın o kötü alışkanlığına hep karşı koymaya çalıştım. Çok yaygın bir düşünsel kusur bu... Aristo tarafından daha o zamanlar, "Entymeme" diye tanımlanan ve ön koşulsuz Anglosakson İfadelerinde "Konstriktion" denen, bilimi engelleyici bu afet ile ne yazık! ki artık pek az ilgilendiriyor olduk...".

"Aptallığın da öğretilebilir ve öğrenilebilir olduğunu bildikten sonra, genç insanların düşünelerini kendi düşünelerimiz doğrultusunda yönlendirmek yerine onları kuşkulandırmaya çalışmak gereklidir. Bu nedenle ben, derslerime son verirken, öğrencilere anlattıklarımın belki de doğru olmadığını, ama bildiklerimin en iyisi olduğunu söylemeden edemedim".

"Kaya yapılarının araştırmalarında da, bana pek çokları karşı çıktığı halde, bunların hep uygulamaya yönelik olmasına çalıştım. Ve inandım ki, bilim ancak böylelikle kanıtlanabilir. Ben genç bilimcileri savunduğum ilkelere uyacak şekilde hep dedükif bilim yerine endüktif bilim yapmaya ittim ve onları daima somut olaylara yönelttim".

HOCA-ÖĞRENCİ YAKLAŞIMLARINDAN ÖRNEKLEMELER

1977 sonbaharında Türkiye'ye dönmenden sonraki mektubunda:

"Sevgili Vardar; asla pratik zekanızla desteklemeyeceğiniz araştırmalar yapmayıza. Öğrencilerinize sizi aşmaları için gerekli olan bilim anlayışını aşılayınız. Ben buna hep özen gösterdim. Bir öğretmen için en yüce mutluluk, almadı olduğu gibi vermede de çok güclü olan genç insanlarla karşılaşmasıdır".

1978'de rock mechanics yayın kurulu üyeliğine seçilmem sonrasında:

"...incelemeye sunulan bir çalışmanın yayınlanabilmesi O'nun bilimsel tutarlığını ve en az bir alanda birikim, yenilik veya ilerleme getirmesine bağlı olmalıdır. Bilimsel tartışma açan çalışmalar bulup çıkarmada ön isminiz gibi yanlışlıyorsam ana dilinizde becerikli anlamdaydı- olunuz".

DOÇENTLİK KUTLAMASINDA

"Sevgili öğretmen Vardar; akademik çalışmalarında araştırma konuları değil, bu çalışmaları yürütmenin kişilikleri ağırlık taşımalıdır. Ve üniversitedeki dersler bilgi aktarımı için değil, bilim arayışı için kullanılan saatler olmalıdır".

TÜBİTAK MAG (Mühendislik Araştırma Grubu) yürütme kurulu üyeliğine atanmadan sonra:

"...Kendine özgü yapıçı ve yaratıcı felsefesi olmayan araştırma programlarını oluşturmayınız. Bunların devreye girmesine aracılık etmeyeiniz ve bu yönde çalışanlara asla yardımcı olmayınız".

80. doğum yılı kolloquumu sonrasında gönderdiğli, be nimle olan son yazışmasında:

"Eğer uzun bir yaşamın çabaları, en güzel ödüller olmuşsa; eğer yaptıklarımızın ve düşündüklerimizin meyvaları kabullenip kullanılmışsa ve eğer bunların yararlı oldukları da kanıtlanabilmişse-İşte bütün bunlar bizi tatmin edebilir. Fakat ulaşılabilen ve yaşanmak istenen en yüce değer; kendileri böylesini istediğiinden, dünya böyle istediğiinden, kardeşlik böyle istediğiinden, ve Yaradan böyle istediğiinden, varlıklarının odaıyla konuşulabilen ve onlar tarafından da kabul edilebilen insanları bulabilmektir. Çünkü "İnsan Tüm Dünyanın Çocugu" (Paracelsus), tüm evren onun içinde toplanmıştır ve onun içinde vardır.

80. doğum günümde, beni deri mutluluk hisleri ile doyuran bu kardeşlik dolu insan yakınlığının kanıtları ile bezenmiş, çok sayıda iyi dilekler aldım. Bunlar için doğrudan teşekkürlerimi ifade etmek, benim için içten gelen bir zorunluluğuktur.

Sevgili meslektaşım Vardar,

Sizin, hem de kışılığınızla katıldığınız bu kolloquum şöleni benim için en büyük doğum günü mutluluğu oldu. Bunun için içten teşekkür eder. 1988 için en iyi dileklerimi sunarım.

Allaha ismarladık
Müller'ınız

BİR EDELWEISS ÖYKÜSÜ

Araştırma blokları bakımlı asfalt yollar ve beton kaledirimişlerce çevriliydi, 1970'lerin Karlsruhe Üniversitesi'nde. Binalarla yollar arasında yeşil alanlar bırakılmıştı. Kaya mekaniği deney holü ile garaj ve atölye binasının yan duvarlarını gören zemin kattaki bir odada MÜLLER hoca

çalışmaktadır. Buradan avluya açılan cam kapı aynı zamanda bu odanın penceresiydi de. İki adım ötede, beş-altı metre genişliğinde, büro bloğu boyunca uzanan düzenli bir çim örtü başlarıydı. İyi seçilmiş küme ağaçları bu yeşil alana özenle serpiştirilmişti. Avlu içindeki asfalt kuşak garaj bloğunun yan cephesini ve onun yanındaki küçük koruyu bu çim örtüden ayırdı. Benim araştırma laboratuvarım bu garaj bloğunun altındaydı ve İşte tam buradan 28 basamaklı bir merdivenle oraya iniliyordı. Araştırma tezgahımı kurabilmek için, bu atıklar deposunu nasıl temizleyip de yaşanabilir duruma soktuğumu bir ben biliyorum. Yerleri çimento şerbetiyle düzleyip, marleyleri nasıl yapıştırıldığını bir ben biliyorum. Büro bloğunun ikinci katındaki aydınlatılı odamı bırakıp, sıçınak görünümü bu kendi dünyama geçişimi, bu emek dolu laboratuvarımı, "Felskeller" imi, hala o yağlı rutubet kokusuyla içim kaynasarak hatırlıyorum. Bir araştırma ürpertisi ve binlerce kıvılcım sarar beni...

Müller okulunda bu böyledi. Araştıracaksan, her şey sana bağlıydı. Konunu bilimin tıkandığı noktalardan bulup çıkarmak senin işindi. Müller hocaya gitmeden önce, seçilen konunun daha deneyimlilerle her boyutta tartışılmış olması gerekiyordu. Düşünceler, yöntem ve öneriler böylece kağıda aktarılır ve ancak bundan sonra Müller hocaya dilebilirdi. Projelerde çalışmak için kimse kimseyi görevlendirmez, istenirse işin bir ucundan tutulmaya çalışılırdı. Hiç kimse kimseyi bir işe zorlamazdı. Ama hersey nedense aksamaksızın, kusursuz yürüdü. Herkes biribirini sayar ve severdi. Arkadaşlık, dostluk tamdı. Günün pek büyük bir bölümü neşeli gülüşlerle geçerdi. Sanki yalnızca vermek ve sevmek için günler birbirini izledi. Kimse kimseyi kıskanmadı. Ama herkes herkesle amansız yarıştı...

1974 kişisinde ilk kar yağlığında her yer bembeyazdı. Sincaplar hocanın kapısına kadar gelirlerdi. Kuşlar da gelirlerdi. Hocadan ürkmezlerdi. Hoca onları seyrederken dalar, giderdi. Sincaplar ve serçeler hep hocanın kapısına gelirlerdi; çünkü hoca kapısının önüne yiyecek birşeyler bırakırdı... Hoca her varlığı, bir başka severdi...

Son kar yağlığında da bahçe bembeyazdı. Hocanın odasına gelişti ve burada kalma süresi de alışılmışın dışında artmıştı. O yıl, biribirini izleyen lodoslu günlerle birlikte kar hızla eridi, çimenler yeşillendi. Bahçenin bakımına başlandı. Hoca bahçede çalışanlarla şakalaşırıdı. Marangoz Wetzstein'ı da severdi. Wetzstein kent dışındaki evinin bahçesindeki havuzda balık üretirdi. Bize 1.5-2 kg'lık yayın balıkları getirirdi. Balıklar yenirdi yememesine de, biraz çamur kokardı. Bunun için pişirilirken tutam tutam defne yaprağı kullanılırdı.

O sabah çimenler bitiliyordu. Wetzstein'la selamladık. Müller hoca da odasındaydı. Geniş kapı camının arkasından bana el sallamıştı. Sığınagma indim.

Birden bağırlılar duyuldu, cam sesi geldi, kapılar çarptı. Basamakları ikişer, üçer sıçrayarak güne kavuştum. Müller hoca kırkırmızı kesilmiş yüzü, dağılmış saçları, burunun ucuna kadar inmiş kalın camlı gözlüğüyle avluya atmıştı kendini... Hiddetle, hırsla bağırıyor, söyleyiyordu. O'nun ilk ve son kez böyle gördüm.

Wetzstein'ın olsaları anlayamamıştı. Geri çekilmek, bırakıp kaçmak istercesine çim makinasına tutunup, öylece kalmıştı. "Ama, ...ben..., niçin? ..., ...kim?..." gibi sözcükleri anlamsızca sıralıyordu. Herkes hızla dışarılara fırlamış, ama avluya attığı ilk adımda ürkerek, gizlenilebilen ilk kuyutlukta donup kalmıştı. Ben, orada, açık ortada durayazdım. Göz göre geldik...

Müller hoca soluklanıp bana doğru: "Siz, Herr Vardar!" dedi, siz de güzel, ender olanı ayırtedemeyenlerle birlikte olduğunuz sürece gelişmeyeceksiniz! Siz, hepiniz böyle giderse bilim delisi olabileceksiniz; ama bilimi ne için ve niçin aradığınızı bileyemeceksiniz! Siz de zamanla belki bahçevan olacaksınız. Bir b... tan makinanın sapına yapışacaksınız ve benim günlerdir kar örtüsünü dellip, dışarı fişkirini hayranlıkla seyrettiğim "Edelweiß"imi biceceksiniz. Alplerin yüksek tepelerine ait olan bu çiçeği bir ovada bulacaksınız ve farketmeyeceksiniz. Bu ender güzellik yaşıyamayacak ve onu koruyamayacaksınız. Doğanın sevilmediği ve algılanamadığı bir ortamda benim kaya mekanığım asla yapılamaz!... Bu böyle билine...".

Müller hoca bir daha o odayı hiç kullanmadı. Wetzstein bir daha hiç çim biçmedi, çiçek yetiştirmedi. Marangozhanede çalıştı... Enstitüye Steinbrunn adında bir bahçevan alındı...

Hocaya göre, her işi yalnızca bilenler ve sevenler yapmalıydı; hele işin konusu insan ve doğa olunca...

BİLİM-SEVGİ VE İNSAN ÜSTÜNE

Erguvanlı sempozyumunda sizlere jeomekanik bilim dalını ve kaya mekanığını kuran ve geliştirenlerden bir yüce insanı benim yaşayabildiğim, görebildiğim ve algıyalayabildiğimambaşka yönleriyle siz, dost ve meslektaşlarımıza tanıtmak istedim. Kendisi "İlahi Kanun"un kaçılmaz daveti nedeniyle çok istediği halde dostu Erguvanlı'nın bu özel toplantısına gelemedi. Erguvanlı hocamız ile benzeren çok yönleri vardı. Ben akademik kariyere Erguvanlı sevgi ve saygıyla başladım. Müller ummanına O'nun teşvikleriyle bırakıldım. Dönüşte Erguvanlı adasına zevkle sarıldım.

Bilim dünyasında sevgi ve insanı bu denli birlestirebilenler enderdir. Ben bu bakımdan da çok şanslı oluyordum.

1971 sonbaharında yurtdışında aldığım, rahmetli babamdan gelen ilk satırlar şöyleydi: "An ile mekan içinde görünmektir hayat, kalır yüceye eserlerin, başlarken bu seyyahat".

1984 kasımında, O'nun anlamakta güçlük çektigim bu beyitini, (bu) sözcüğünü, (son) şeklinde değiştirerek başucuna kazittım.

Bilim-sevgi ve insan üçgenini bilenler ve kurabiller okusun diye... Kalıcı eserler oluşturulabilisin diye...

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Festschrift Leopold Müller-Salzburg zum 65. Geburtstag, Karlsruhe-Durlach, (1974).

Grundlagen und Anwendung der Felsmechanik, Felsmechanik, Felsmechanik Kolloquium Karlsruhe, Trans Tech Publications, (1978).

V. ULUSLARARASI HEYELAN SEMPOZYUMU
(10-15 Temmuz 1988, Lozan)
VE
TÜRKİYE'DEKİ HEYELAN ÇALIŞMALARINA İLİŞKİN DÜŞÜNCELER

Erdoğan YÜZER*

GİRİŞ

Beşinci Uluslararası Heyelan Sempozyumu, bundan önce Kyōto (1972), Tokyo (1977), Yeni Delhi (1980) ve Toronto (1984) da yapılan dört sempozyumu izleyerek İsviçre'nin Lozan kentinde 10-15 temmuz 1988 tarihleri arasında yapılmıştır.

Bu sempozyuma, 38 ülkeden 400'den fazla delegen katılmıştır. 6 oturum halinde düzenlenen sempozyumda 239 bildiri, 50'den fazla da poster bildiri sunulmuştur. 5 gün süren sempozyum sırasında, çeşitli yörelere, mühendislik jeolojisi ile ilgili günübirlik geziler düzenlenmiştir. Sempozyum sonrasında da 2-5 gün süreli teknik geziler yapılmıştır. Türkiye gibi gerek iklim, gerekse jeolojik koşulları heyelana çok uygun bölgeleri olan bir ülke için, bu nitelikteki bilimsel toplantıların bir fırsat olarak değerlendirilmesinin önemi açiktır. Ne yazık ki bu sempozyuma Üçüncü İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesinden, Üçüncü de Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden olmak üzere sadece 6 kişi katılmıştır.

Bu sempozyum vesilesi ile, aktif ve potansiyel heyelan alanları açısından oldukça yoğun bölgeleri olan Türkiye gibi ülkeler için, konunun bilimsel olarak araştırılmasının ve bunun için gerekli özel bir kuruluşu biran önce kavuşmanın önemi, bir kez daha anlaşılmıştır.

SEMOZYUM OTURUMLARI

V. Uluslararası Heyelan Sempozyumu 6 oturum halinde düzenlenmiştir. Her oturumda konu ile ilgili raporlar özetleyen bir "Genel Rapor" sunulmuş ve çağrılmış konuşmacılar tarafından iki veya üç özel konferans verilmiştir.

İki cilt halinde yayınlanan sempozyum bildirilerinin toplam sayısı 239'dur. Sempozyuma sunulan bildiri sayısı için ülkelere göre sıralama yapıldığında ilk 10 sırayı aşağıdaki ülkeler almıştır:

Ülke	Sunulan Bildiri Sayısı
İtalya	28
Çin Halk Cumhuriyeti	24
Fransa	22
İsviçre	21
İngiltere	16
Kanada	12
ABD	11
Japonya	10
Polonya	9
Batı Almanya, Çekoslovakya, SSCB	8

Gördüğü gibi, ev sahibi ülke ve komşuları yakınık ve Alp dağlarındaki yoğun kitle hareketleri nedenleri ile ilk sıraları paylaşmaktadır.

Çin Halk Cumhuriyetinin son yıllarda, tüm bilimsel toplantılara çok sayıda delegen ile, bildiri vererek katılımları, bu sempozyumda da görülmüştür. İtalya'nın hemen ardından ikinci sırayı almaları ilginçtir. Türkiye bu sempozyuma bir bildiri ve bir de Çatak Heyelanına ilişkin bir poster ile katılmıştır.

1 — Birinci Oturum:

"Jeoloji ve Parametrelerin Seçimi"

Genel Raportör: J.N. HUTCHINSON (İngiltere)

HUTCHINSON, "Heyelanlara Etkili Olan Morfolojik ve Jeoteknik Parametreler" adını taşıyan genel raporunu sunusunda, yamaçlarda görülen kütle hareketlerinin Jeoteknik yönünden genel bir sınıflandırmasını yapmıştır. Bu rapor sonunda, kütle hareketleri ile ilgili çalışma yapmak isteyenlerin yararlanabilecekleri, 300'den fazla yayın ismini içeren bir bibliyografi bulunmaktadır. Başlıbasına bir başvuru kaynağı olarak değerlendirilebilir.

Aynı oturumda F.D. PATTON (ABD) ve K. SASSA tarafından konu ile ilgili 2 özel konferans verilmiştir.

58 bildirinin sunulduğu oturumda, bildiri sayısı İtalya ile, Çin Halk Cumhuriyeti (9), Japonya (8) ve İtalya, ABD (7) ilk sıraları almıştır.

* Prof. Dr., İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Maslak - İstanbul.

2—İkinci Oturum:

"Denetim Yöntemleri ve Arazi Ölçümleri"

Genel Raportör: K. KOVARI (İsviçre)

KOVARI'nın "Heyelanların Denetim Yöntemleri"ni açıklayan genel raporu ile başlayan oturum, R.K. BANDHARI (Hindistan) E. KRAUTER (Batı Almanya) tarafından sunulan iki özel bildiri ile devam etmiştir. 27 bildirinin sunulduğu bu oturumda, bildiri sayısı bakımından ilk sıraları İtalya (5), İsviçre (3) ve Çin Halk Cumhuriyeti (3) almışlardır. Bu oturumda, fosil, potansiyel ve aktif heyelanlar için ölçümleme ve denetim yöntemleri ayrı ayrı bellirtilemiştir.

3—Üçüncü Oturum:

"Analiz Yöntemleri ve Kültelerin Davranışlarının Öngörülmesi"

Genel Raportör: F. OBONI (İsviçre)

Analiz yöntemleri ve kültelerin davranışları konusu ve bu konuda verilen bildirilerin tanıtıldığı genel rapordan sonra, T. BERGADO (Tayland) ve R.N. CHOWOHURY (Avustralya) tarafından iki özel bildiri sunulmuştur.

53 bildirinin yeraliği bu oturumun bildirileri sayıları itibarı ile, ilk sıraları, Fransa (7) ABD (7) ve Çin Halk Cumhuriyeti (6) tarafından paylaşılmıştır.

4—Dördüncü Oturum:

"Drenaj ve Duraylılık"

Genel Raportör: F. SEMBENELLI (İtalya)

Bu oturumun konusu F. SEMBENELLI tarafından ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Oturumun özel çağrılı bildirilerinin verilmesi için E. TOĞROL (Türkiye) ve A.D. AKSENOV (SSCB) programlanmış iken, son anda E. TOĞROL'un sempozyuma katılmaması nedeni ile sadece AKSENOV'un bildirisini sunulmuştur.

40 bildirinin sunulduğu bu oturumda, bildirilerin ülkelerde göre dağılımında ilk sıraları, İtalya, Kanada ve SSCB dörder bildiri ile almışlardır.

5—Beşinci Oturum:

"Duraysızlık Risklerinin Değerlendirilmesi"

Genel Raportör: L. VIELBERG (İsviçre)

Bilgisayar uygulamalarının yoğun şekilde kullanıldığı görülen bu oturumda, E.V. EDRIS (ABD), H.E. EINSTEIN (ABD) ve E.W. BRAND (Hong Kong) tarafından 3 özel bildiri sunulmuştur.

Toplam 38 bildirinin yeraliği bu oturumda, bildirilerin sayıları itibarı ile ilk sıralarında, İtalya (4), Çin Halk Cumhuriyeti (4) ve ABD (3) yer almıştır.

6—Altıncı Oturum:

"Alp Bölgesindeki Ülkelerde Duraysızlık Sorunları"

Genel Raportör: G. SPAUN (Batı Almanya)

Genel raportörün bu oturuma sunulan bildirileri özetlemesinden sonra, Alp dağlarının çeşitli kısımlarını paylaşan ülkelere P. ANAGNOSTI (Yugoslavya), M. GOVI (İtalya), G. PILOT (Fransa), C. SCHINDLER (İsviçre) ve G. SPAUN (Batı Almanya) tarafından, ülkelere karışılaşılan çeşitli kütle hareketlerinin örneklentiği 5 özel bil-

diri sunulmuştur. 23 bildirinin sunulduğu bu son oturumda bildiri sayısı itibarı ile ilk sırayı ev sahibi İsviçre (7) almış, bunu İtalya (5) ve Fransa (4) izlemiştir.

5 gün süren sempozyum sonunda, İsviçrenin ve diğer komşu ülkelerein çeşitli yerlerindeki heyelan bölgelerine teknik geziler düzenlenmiştir.

TÜRKİYE'DEKİ HEYELAN ÇALIŞMALARINA İLİŞKİN DÜŞÜNCELER

Ülkemizin çeşitli bölgelerinde, jeolojik yapısının ve buralarda hakim olan iklim koşullarının doğal bir sonucu olarak değişik yoğunlukta ve değişik nitelikte kütle hareketleri görülmektedir. Ancak Doğu Karadeniz bölgesinin kütle hareketleri yoğunluğu açısından ülkemizde çok farklı bir yerl ve önemi vardır.

Karayollarının 16 bölgesinde görülen başta heyelanlar olmak üzere diğer kütle hareketlerinin neden olduğu şev duraysızlıklarının önlenmesi için 1988 yılında toplam 362.7 milyar TL.— göngörülülmüş iken bu miktarın 329.5 milyar TL.— sınırlı sadece, 10. bölge (Trabzon) İçin düşünülmüş olması bu bölgedeki farklı yoğunluğu açıkça göstermektedir. Bu bölge elemanları tarafından 1988 yılında yapılan başka bir çalışmada ise, bölgedeki illerde (Trabzon, Rize, Giresun, Gümüşhane) mevcut toplam 1716 km.²lik yolun % 70'lik kesiminin heyelanlı bölge içinde kaldığı, burada değişik büyüklükte ve nitelikte 300'den fazla heyelanın bulunduğu, bunların toplam 4.400.000 m³'lik alan da yayıldığı ve yine toplam yaklaşık 35.000.000 m³'lik bir malzemenin hareket halinde veya harekete hazır durumda olduğu belirtilmektedir.

Aynı bölge içinde karayolu güzergahlarının dışında bulunan, ancak yerleşme açısından sorun yaratılan diğer heyelanların, inceleme sorumluluğu karayollarından başka bir kuruluşu, (Afet İşleri Genel Müdürlüğü) alt olduğundan, yukarıda belirtilen miktarların daha da büyük sayılarla ulaşacağı kuşkusuzdur.

Anılan hususlar gözönünde alındığında, bu bölge heyelanlarının sistematik olarak incelenmesi, ayrıntılı olarak haritalanması ve önlemlerin projelendirilmesi işini üstlenecek özel bir "Heyelan Araştırma Merkezi"nin birrancı kurulmasının önemi açıkça anlaşılmaktadır. Bu günde yapıları ve kadrolaşma imkanları ile ne Karayolları ne de Afet İşleri Örgütlerinin bu yaygın sorunu gereği gibi çözmesi beklenemez.

Gerektiğinde, başta bölge üniversiteleri olmak üzere, diğer üniversitelerin de bilimsel desteği ile kurulacak böyle bir ayrı merkezin biran önce çalışmaya başlamasında sayısız yarar bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler bünyesinde doğal afetlerin zararlarının en aza indirilmesi ile ilgili 10 yıllık çalışmaların gündemde bulunduğu bir dönemde, bu hususa ayrı bir önem verilmesi gerektigine inanıyoruz. Ancak o zaman, bu tür merkezlerde üretilen bilimsel çalışmalarla bir yandan heyelanların doğrudan zararlar en aza indirilerek, ülke ekonomisine katkıda bulunulacak, diğer yandan ülkemiz, uluslararası heyelan sempozyumlarında veya benzeri toplantılarında, içinde bulunduğu sorunları yansıtır biçimde temsil edilebilecektir.

GÜLNAR-ILISU ERİK DERESİ TÜNEL VE CEBİRİ BORU GÜZERGAHINDAKI
ILISU HEYELANLARININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

ENGINEERING GEOLOGY OF THE ILISU LANDSLIDES ALONG THE
GÜLNAR-ILISU ERİK STREAM TUNNEL AND PRESSURE PIPE

Aziz ERTUNC*

ÖZ — Ermenek çayıma, Ermenek ilçesinin 16 km. güneydoğusunda kavuşan Erik deresi, 450 m. düşü oluşturur. Karstik pınarlardan beslenen Erik deresinin ortalama debisi $3.86 \text{ m}^3/\text{sn}$ dir. Bu düşüden yararlanmak için, Erik deresinin sol yamacından tünel ve cebri boru geçirilmesi uygun görülmüştür.

Inceleme alanı, Toros Orogenik Kuşağı'nın orta Toroslar bölümünde yer alır. Yörede en eski birim, Karbonifer-Triyas yaşı kireçtaşı, marn, kilitaşı ve kumtaşı nöbetleşmelidir. Kireçtaşı ve dolotaşları Triyas-Kretase yaşıdır. Ofiyolitlerin yerlesim yaşı Ust Kretase olarak kabul edilmiştir. Bu formasyonlar tektonik olayların etkisiyle melanj oluşturmuşlardır. Eosen marn, kilitaşı, kumtaşı, kireçtaşı ve çakıltısından ibarettir. Miyosen karstik kireçtaşıdır.

Tünel güzergahları incelemesinde Bieniawski ve Barton'un sınıflandırmaları göz önünde tutulmuş, Çimene Formasyonunun çok zayıf ve zayıf; Barton'a göre ise çok zayıf ve olağanüstü zayıf olarak sınıflandırılmıştır. Nadire Formasyonu ile Ermenek Formasyonu orta ve iyi kayadır. Görmel Formasyonu, Bieniawski'ye göre çok zayıf ve zayıf; Barton'a göre de olağanüstü zayıf ve çok zayıf olarak sınıflandırılmıştır.

İlk etüdlerde, tünelin Ilisu köyünün altındaki Çimene Formasyonunda başlaması düşünülmüştü. Ancak, meydana gelen heyelanlar, Ilisu köyünü tümüyle yok etmiştir. Bu durum, hem yerleşim alanları, hem de tünel güzergahı araştırmalarında mühendislik jeolojisi etüdlerinin önemini göstermiştir.

ABSTRACT — The Erik stream, which joins the Ermenek river 16 km. southeast of the town of Ermenek, shows a 450 m. fall. The average discharge rate of the Erik stream, fed by karstic springs, is $3.86 \text{ m}^3/\text{sec}$. In order to utilise the fall of the Erik stream, a tunnel and a pressure pipe is planned along the left slope of the Erik stream.

The study area lies in the Middle Taurides of the Tauride orogenic belt. The oldest unit in the region is Çimene Formation of Carboniferous-Triassic age made up of intercalation of limestone, marl, shale and sandstone. The Nadire Formation made up of limestone and dolomite is of Triassic-Cretaceous age. The emplacement age of the ophiolites in the region (Yeniköy Formation) is regarded as Upper Cretaceous. These formations form a melange due to tectonic events. The Görmel Formation of Eocene age is made up of marl, shale, sandstone, limestone and conglomerate. Ermenek Formation of Miocene age is a karstic limestone.

Bieniawski and Barton classifications were used while studying the tunnel line. The Çimene Formation is very weak to weak according to Bieniawski and very weak to extraordinarily weak according to the Barton classification. Nadire and Ermenek Formations are medium to good rocks. Görmel Formation is classified as very weak and weak according to Bieniawski and extraordinarily weak to very weak according to Barton.

The initial plan was to start the tunnel in the Çimene Formation under the Ilisu village. However, before any detailed studies, a landslide has completely destroyed the Ilisu village. This shown the importance of engineering geological studies in the tunnel construction and town planning.

GİRİŞ

Ermenek Çayıma, Ermenek İlçesinin 16 km güneydoğusunda sağ yamaçtan (güneyden) kavuşan Erik Deresi, Ilisu Pınarı ile Ermenek Çayı arasındaki yaklaşık 4,5 km uzaklıkta 450 m düşü oluşturur. Karstik pınarlardan beslenen Erik deresi'nin ortalama debisi $3.86 \text{ m}^3/\text{sn}$ dir. Sadece eylül ($2.97 \text{ m}^3/\text{sn}$) ve ekim ($2.85 \text{ m}^3/\text{sn}$) aylarında $3 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'nın altına inen debi, ocak ayında $5.11 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'ye çıkar. Bu, oldukça düzenli bir akımdır. Ilisu pınarı ile Ermenek Çayı arasındaki düşüden yararlanmak amacıyla,

* Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Adana.

Erik Deresi'nin her iki yamacından tünel ve cebri boru geçirme koşulları araştırılmıştır.

İnceleme alanı, Konya İl sınırları içinde, Ermenek İlçesinin kuş uçuşu 16 km güneydoğusunda, 1/25.000 ölçekli Silifke-0 30-d4 paftasındadır. Alan, depremselik yönünden Türkiye'nin en sakin bölgelerinden biri içinde yer alır (Şekil 1).



Şekil 1 — İnceleme alanı haritası.

Alanda 1974 yılında Sümerman ve arkadaşları çalışmıştır. 1975 yılında yazar ve arkadaşları Gezende baraj yeri ile Göktepe (Fariske) arasındaki geniş alanda çalışmışlardır. İlisu Köyünü tamamen yok eden heyelانlardan sonra yazar, yeni tünel ve cebri boru güzergahları araştırmış, Bleniawski ve Barton sınıflamalarından yararlanmıştır.

JEOLOJİ

İnceleme alanı, Toros Orogenik Kuşağının Orta Toroslar Bölümünde yer almaktadır. Yöredeki en yaşlı birim olan Karbonifer-Triyas yaşı Çimene formasyonu, kireçtaşı, marn, kilitaşı ve kumtaşından oluşmuştur. Triyas-Kretase yaşı kireçtaşı ve dolotaşına Nadire formasyonu adı verilmiştir. Ofiyolitlerin yerlesim yaşı Kretase olmalıdır. Eosen yaşlı marn, kilitaşı, kumtaşı, kireçtaşı ve çakıltaşından oluşan birime Görmel; kireçtaşının egemen olduğu Miyosen yaşlı karstik birime de Ermenek formasyonu adı verilmiştir.

Çimene formasyon (K-Trç)

Erik Deresi'nin iki yamacının büyük bir bölümü ile İnceleme alanının kuzeybatısında mostra veren Çimene formasyonu, kireçtaşı, marn, kilitaşı ve kumtaşından oluş-

mustur. Kireçtaşı ince ve orta tabaklı, düzenli eklemli, yer yer bükümçülü, ezilme zonlu, çürüme yüzeyi gri, taze yüzeyi siyah, koyu gri, bej renkli, sert, yeniden billurlaşmış, kalsit damarlı, yer yer çakıltası görünlüyor, karstik, yüzeyi karrenli, yer yer mağaralıdır. Kilitaşı ve marn sarı, bej, gri renkli, laminalı, ince ve orta tabaklı, dağılgan, dayanımsızdır. Kumtaşı yeşilimsi, sarı, gri renkli, ince ve orta tabaklı, ince tanelli, kireç çimentolu, dayanımlıdır.

İnceleme alanından ve daha batıdan alınan numunelerin kapsadığı fosillerden Globivalvularia sp., Ammodiscus sp., Tuberritina sp., Tetrataxis sp., Textulariidae, Ungarella sp., Profusilinella sp., Bradyna sp., Eotuberritina sp., Ammodiscidae, Beresella, üst Namuriyen-Moskoviyen yaşı verir. Endothyra sp., Ammobaculites sp., Meandropisina, Iulina (Premoli Silya), Glomospira sp., Glomospirella sp., Agathammina ise Triyas yaşı verir. Bu fosillere göre Çimene formasyonunun yaşı Karbonifer-Triyas'tır. Birimin tabanı görünmediğinden, kesin kalınlık verilemez.

Nadire formasyonu (Tr-Kn)

İnceleme alanında Çimene formasyonu içinde mercekler şeklinde mostra veren kireçtaşı ve dolotaşına Nadire formasyonu adı verilmiştir. Aslında Çimene formasyonu, kireçtaşı blokları ve ofiyolitlerin bir türlü oluşturduğu düşününlerek, bu tür bir ayırım tartışılabilir. Ancak, mühendislik amaçları açısından böyle bir ayırma gerek duymuştur.

Kireçtaşı gri, bej, pembemsi, laminalı, ince-orta-kalın tabaklı, yeniden billurlaşmış, çok sert, dayanıklı, tabakanmaya uygun şekilde erimelemdir.

Dolotaşı: Erik Deresi'nin sol yamacında, Ermenek formasyonunun altında bir şerit şeklinde uzanır. Çürüme yüzeyi esmer, taze yüzeyi koyu gri, siyah, kahverengi, bej, parlak şeker dokulu, ince, orta ve kalın tabaklı, sert, dayanıklı, yeniden billurlaşmış, kalsit damarlarıyla yer yer kesilmişdir.

Kireçtaşı merceklerinden alınan numunelerde Endothyra sp., Trochammina sp., Involutina sp. Orta-Üst Triyas'ı; Valvulina sp., Dicyclina, Cuneolina fosilleri ise Jurasik-Kretaseyi işaretler. Bu fosillere göre Nadire formasyonunun yaşı Triyas-Kretase olarak kabul edilmiştir.

Yeşilköy formasyonu (Ky)

Erik Deresi'nin Ermenek Çayı'na karıştığı kısmına yakın yerlerde ve ayrıca bunların 2 km kuzeybatısında koyu yeşil, mavı, kahverengi, siyah renkli, yer yer ezilmiş, paralanmış, ayırmış, kuvvetli tektonizma geçirmiş gabro, diyabaz ve hornblendeden oluşmuş, çeşitli derecelerde serpentinleşme görülen kayaların yerlesim yaşı Kretase'dir. Ayırmamış kısımlar oldukça sert ve dayanıklı olmakla beraber, ayırmadan çokça görüldüğü kısımlar yer yer topağımış görünümlü almıştır.

Görmel formasyonu (Tg)

Görmel formasyonu, yörede kendisinden yaşlı kayaların Kretase sonrası aşınmış topografyasını doldurmuştur. Bu formasyon, marn egemen olmak üzere marn, kilitaşı,

kumtaşı, kumlu kireçtaşısı, kireçtaşısı ve çakıltaşından oluşmuştur. Marn ve kilitaşı sarı, beyaz, krem rengi, yeşilimsi, laminer, ince-orta-kalın tabakalı, dayanımsız, dağılgandır. Silislesmiş ağaç parçaları, sileksit yumruları ve seyrek olarak jips damarları kapsar. Kumtaşı koyu yeşil, kahverengi, orta ve kalın tabakalı, 0,1-2 mm tane boyunda serpantinit, kireçtaşısı, kuvars, biyotit tanelli, limonit içeren orta sıkı kireç çimentoludur. Dayanımlıdır, topoğrafyada korniş yapar. Aynı elemanlardan yapılmış çakıltaşının gevşek çimentolu, çakıl boyu en çok 3 cm, kötü boyanmış, yuvarlak ve küttür. Kireçtaşısı beyaz, bej, orta ve kalın tabakalı, tebeşirimsi, kaba dokuludur. İnceleme alanı dışında Ermenek İlçesi güney batısında Küçük Çay sağ yamacında bu birim içinde işletilmekte olan kömür yatakları vardır. Sahadan alınan numunelerde bulunan Nummulites cf. globulus LEYM, Alveolina parçası, Robulus sp., ye göre birimin yaşı Eosen'dir.

Ermenek formasyonu (Te)

Erik Deresi'nin her iki yamacında ve daha güneyde, daha eski kayalar üzerinde örtü şeklinde bulunan Ermenek formasyonu, karstik kireçtaşısı ile yer yer kumtaşı ve kumlu kireçtaşından oluşmuştur. Egemen litoloji olan kireçtaşısı, arazide tabakalar boyunca gelişmiş mağaralı görünümüyle kolayca tanınabilir. Tabakalanma yataya yakınır. Kireçtaşının çürüme yüzeyi gri, bej, taze yüzeyi bej, beyaz renkli, ince, orta, kalın tabakalı, gevrek, sert, yeniden billurlaşmış, kalsit damarlı, karstik, yüzeyi erimesi ve yer yer süngez görünümündedir, bol makro fosil kapsar.

Kireçtaşından alınan numunelerde Amphistegina, Operculina, Rotalia, Heterostegina, Globoratalia, Porites, Gypsina, Milliolidae, Textularia, Elphiidae, Globigerinidae, Bryozoa, Alg, Chlamys bulunmuş ve Miyosen yaşı verilmiştir.

MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

İlusu Pınarı ile Erik Deresi'nin sularını 780 kotundan alıp, Gezende Barajı'nın maksimum su kotunu göz önünde tutacak şekilde Ermenek Çayı'na düşürerek enerji sağlamak amacıyla, çeşitli tünel, kanal ve cebri boru güzergâhları Sümerman ve arkadaşları (1974) tarafından incelenmiştir. Ancak 1982 yılında İlusu Köyü'ne tıpkı yok eden heyelanlardan sonra, yazar yeni tünel ve cebri boru araştırmalarına başlamıştır.

Çimene formasyonunun killi ve marnlı düzeyleri nedenyle oluşan heyelanlar, sol yamacı İlusu Köyü'ne yok etti gibi, sağ yamacı da etkili olmuş ve İlusu değiirmeni ile köprü de yok olmuş, mezarlık büyük ölçüde hasar görmüştür. Egemen hareketin tipi dönel çokmedir. Hareketin oluşumunda yeraltısu, yağışlar, litoloji, yamaç eğimi ve Erik Deresi'nin topuk aşındırması başlıca etkenler olmuştur. Hareketin yavaş olarak meydana gelmesi, evlerin boşaltılmasına fırsat vermiş ve böylece can kaybı olmamıştır. Bu heyelanlar, Çimene formasyonu üzerinden kanal geçirilmesinin olanaksızlığını da göstermiştir. Bu nedenle, her iki yamacı da tasarlanan tünel güzergâhlarını heyelanın arkasından dolaştırmak gerekmistiştir. Aş-

ağıdaki bölümlerde önce Erik Deresi sağ ve sol yamacıdan tasarlanan tünel güzergâhları anlatılacak, daha sonra bu güzergâhların Bieniawski ve Barton'a göre sınıflandırılmaları yapılacak, elverişli güzergâh önerilecektir.

Erik Deresi sağ ve sol yamaçları tünel ve cebri boru güzergâhları:

Sağ yamacıda tasarlanan tünel, Nadire formasyonunda başlar ve Çimene formasyonuna geçer. Daha sonra Ermenek formasyonunda devam eder ve Görmel formasyonunda son bulur. Cebri boru güzergâhı da Görmel formasyonu üzerindedir.

Sol yamacıda tasarlanan tünel de Nadire formasyonunda başlar ve Çimene formasyonuna geçer, sonra tekrar Nadire formasyonunda devam eder. Cebri boru güzergâhı ise Görmel formasyonu üzerindedir (Jeoloji haritasına bakınız).

Bu formasyonların Bieniawski ve Barton'a göre sınıflandırımları aşağıda sunulmuştur.

Nadire formasyonunun (kireçtaşısı ve dolotaşı) Bieniawski'ye göre tünel güzergâhındaki nitelikleri şöyle değerlendirilmiştir.

	Minimum	Maksimum
Tek eksenli basınç direnci	7	7
ROD	13	17
Ekleme sıklığı	10	25
Eklemlerin durumu	20	25
Yeraltısu	4	7
Düzelte puanı	-10	-10
	44	71

Bu durumda Nadire formasyonunu en kötü koşullarda orta; en iyi koşullarda iyi kaya niteliğindedir. Aynı sınıflama Barton'a göre yapıldığında:

$$ROD = 60-80$$

$$Jn = 4-9$$

$$Jr = 2-4$$

$$Ja = 1-2$$

$$Jw = 0.66-1$$

$$SRF = 1$$

$$Q_1 = \frac{60}{9} \cdot \frac{2}{2} \cdot \frac{0.66}{1} = 44 \text{ Orta}$$

$$Q_2 = \frac{80}{4} \cdot \frac{4}{1} \cdot \frac{1}{1} = 80 \text{ Çok İyi}$$

Çimene formasyonunun özellikleri litolojiye göre değişmektedir. Ancak, kilitaşı ve marn nedeniyle genel nitelikler elverişsizdir. İlusu Köyü'ne ve değiirmeni yok eden heyelanlar, bu birimdeki kilitaşı ve marn düzeyleri nedeniyle olmuştur. Bu yüzden, Çimene formasyonunun kireçtaşısı ve kumtaşı düzeylerinin daha dayanıklı kabul edilmekle birlikte, değerlendirmede kilitaşı ve marn düzeyleri ağırlıklı olacaktır. Bieniawski'ye göre:

	Minimum	Maksimum
Tek eksenli basınç direnci	1	2
ROD	3	3
Eklem sıklığı	5	10
Eklemelerin durumu	6	20
Yeraltısu	7	10
Düzeltme puanı	-10	-10
	12	35

Bu durumda Çimene formasyonu çok zayıf kaya niteliğindedir. Kumtaşı ve kireçtaşının düzeyleri yersel olarak orta ve iyi kaya özelliği gösterecektir.

Değerlendirme Barton'a göre yapılrsa:

$$\begin{aligned} ROD &= 10 \\ Jn &= 2-20 \\ Jr &= 0,5-2 \\ Ja &= 2-8 \\ Jw &= 0,66-1 \\ SRF &= 10 \end{aligned}$$

$$Q_1 = \frac{10}{20} \cdot \frac{0,5}{8} \cdot \frac{0,66}{10} = 0,002 \text{ Olağanüstü zayıf}$$

$$Q_2 = \frac{10}{2} \cdot \frac{2}{2} \cdot \frac{1}{10} = 0,5 \text{ Çok zayıf}$$

Ermenek formasyonunun çok büyük bir bölümünü oluşturan kireçtaşının Bieniawski'ye göre şöyle sınıflandırılabilir:

	Minimum	Maksimum
Tek eksenli basınç direnci	4	7
ROD	8	17
Eklem sıklığı	20	30
Eklemelerin durumu	12	25
Yeraltısu	7	10
Düzeltme puanı	-10	-10
	41	79

Buna göre kireçtaşının orta ve iyi kaya niteliğindedir.

Barton'a göre değerlendirme yapıldığında:

$$\begin{aligned} ROD &= 40-80 \\ Jn &= 2-6 \\ Jr &= 1,5-4 \\ Ja &= 1-2 \\ Jw &= 0,66-1 \\ SRF &= 1-2,5 \end{aligned}$$

$$Q_1 = \frac{40}{4} \cdot \frac{1,5}{2} \cdot \frac{0,66}{2,5} = 1,32 \text{ Zayıf}$$

$$Q_2 = \frac{80}{2} \cdot \frac{4}{1} \cdot \frac{1}{1} = 160 \text{ Son derece iyi}$$

Görmel formasyonunda, Ermenek güneybatısında kömür ocakları bulunduğu gözönüne tutularak, metan gazı olasılığına karşı dikkatli olunmalıdır. Bu formasyon Bieniawski'ye göre şöyle sınıflandırılmıştır.

	Minimum	Maksimum
Tek eksenli basınç direnci	1	2
ROD	3	3
Eklem sıklığı	10	20
Eklemelerin durumu	6	12
Yeraltısu	7	10
Düzeltme puanı	-10	-10
	17	37

Buna göre Görmel formasyonu çok zayıf ve zayıf kaya niteliğindedir.

Barton'a göre:

$$\begin{aligned} ROD &= 10 \\ Jn &= 2-12 \\ Jr &= 0,5-2 \\ Ja &= 3-12 \\ Jw &= 0,66-1 \\ SRF &= 10 \end{aligned}$$

$$Q_1 = \frac{10}{12} \cdot \frac{0,5}{12} \cdot \frac{0,66}{10} = 0,002 \text{ Olağanüstü zayıf}$$

$$Q_2 = \frac{10}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{10} = 0,33 \text{ Çok zayıf}$$

SONUÇ

Erik Deresi'nin sol yamacından geçen tünel güzergâhının çok büyük bir bölümü, Nadire formasyonunun kireçtaşının ve dolotaşının üzerindedir. Çok az bir kısım Çimene formasyonundan geçecektir. Buna karşılık, sağ yamacın tünel güzergâhı Nadire formasyonunun kireçtaşında başlayıp, hemen Çimene formasyonuna geçer ve daha sonra Ermenek formasyonunda devam ederek, Görmel formasyonunda son bulur. Çimene ve Görmel formasyonları tünel açımı yönünden elverişsiz olduğundan, çok büyük bir bölümü kireçtaşının ve dolotaşının üzerinde bulunan sol yamac tünel ve cebri boru güzergâhı daha elverişli olacaktır.

VARARLANILAN KAYNAKLAR

- BOZKAYA, Y., TAŞLICA, A.H., (1973), Göksu-Kayraktepe rezervuarı jeolojî incelemesi, EİE Yayıncılık.
- ÇETİN, M. ve diğerleri, (1974), Göksu Nehri amenajmanı jeoloji ve mühendislik jeolojisi ilk etüdü. EİE Yayıncılık.
- ERGUVANLI, K., (1982), Mühendislik Jeolojisi, İTÜ Yayıncılık.
- ERMETİN, İ., (1972), Gülnar-İlsu (Erik Deresi) ilk etüd raporu. EİE Yayıncılık.
- EROSKAY, S.O., (1970), Laleli Toskoy derivasyon tüneli jeoloji incelemesi. EİE Yayıncılık.
- SÜMERMAN, K. ve diğerleri (1975), Gülnar-İlsu (Erik Deresi) hidroelektrik projesi mühendislik jeolojisi incelemesi. EİE Yayıncılık.

DOLGULARDA STABİLİTE ANALİZİ

STABILITY ANALYSIS OF EMBANKMENTS

Hasan TOSUN*

ÖZ — Dolgularda oluşan yenilmeler, temel zeminden bağımsız gelişmemektedir. Dolgunun iyi sıkıştırılmaması, uygun şeş açısının seçilmemesi ve boşluk suyu gibi faktörlerin etkisiyle dolgu içinde yerel yenilmeler oluşuyor olsa bile, asıl etkili yenilmelerin temel zeminin stabil olmamasından kaynaklandığı açıklıdır. Özellikle düşük kayma direncine sahip kohezyonlu yumuşak zeminler üzerine inşa edilen dolgularda, temel zemininden kaynaklanan genel yenilme tipleri oluşabilemektedir. Bu çalışmada, dolguların temel zemininden kaynaklanan stabilité problemleri incelenmekte ve bu problemin çözümü doğrultusunda geliştirilmiş stabilité analizleri sunulmaktadır. Bu tip stabilité analizlerinde düşük emniyet faktörleri kullanıldığından zemin mukavemet parametrelerinin hassas seçilmesi gereklidir.

ABSTRACT — Failure on embankments is not independent of foundation soils. Even if it depends on some factors such as poor quality of compaction, unsuitable slope angle and high pore water pressure, main effective failure occurs because of foundation soil is weak. Especially failure depending on the foundation soil develops in the embankments constructed on soft cohesive soil having low shear strength. This article investigates the stability problems associated with foundation soils and discusses the stability analyses introduced for this type of problems. In this type of stability analysis, low factor of safety is used, therefore representing parameters must obtained acurately.

GİRİŞ

Yumuşak kıl üzerinde inşa edilen dolguların stabilitesi, ilk inşaat işlerinden beri mühendisin ilgisini çeken bir konu olmuştur. Son 60 yıl içinde bu konu üzerine yapılan çoğu yayından bu ilginin devam ettiğini açık olarak görülmektedir. Son 20 yılda ise bazı önemli gelişmeler elde edilmesine rağmen, yumuşak zemin üzerindeki dolguların stabilité probleminin çözümünde uygulanacak temel bir yaklaşım henüz elde edilmiş değildir. Mühendisler, hassas killer üzerinde inşa edilen dolguların stabilité analizinde büyük oranda basitlik ve hassasiyete da-

yarı yarı-empirik yöntemlere güvenmek zorundadır. Farklı esaslara dayalı bu yöntemlerden bazıları kısaca özetlenecektir.

Stabilité analizlerinde kullanılan yarı empirik yöntemlerden birincisi, Bjerrum yaklaşımıdır. Bu yaklaşımında, yerinde yapılan kanatlı kesici deney neticesinde elde edilen değerin kullanılmasıyla $\phi=0$ stabilité analizinin yapılması teklif edilmektedir. Dolgu temelinde drenajsız şartların hakim olduğu varsayılmıştır. Bu yöntem, basitliği nedeniyle proje mühendisleri arasında oldukça yaygın kabul görmüştür. Ancak değerlerin aşırı derecede empirik olması ve gerçek zemin şartlarının temsil edilmesindeki eksikliği hala eleştirilmektedir.

Diğer yaklaşım ise SHANSEP yöntemidir. Ladd ve Foott tarafından teklif edilen bu yöntem, "gerilme birikimi ve zeminin normal mühendislik parametreleri (stress history and normalized soils engineering parameters)" teriminin baş harflerile gösterilir. SHANSEP yöntemi, aynı aşırı konsolidasyon oranına sahip kil numuneler üzerindeki laboratuvar deneyleri neticelerine dayanmaktadır. Bu deneyler, tipik yenilme yüzeyleri boyunca var olan muhtemel gerilme sistemlerini temsil etmektedir. Ladd ve Foott'a göre kayma blok ve dairesel kayma analizlerinde direk kesme deneyi, diğer deneylere göre daha düşük neticeler sunmasına rağmen, zeminin gerçek dayanımını en iyi şekilde temsil etmektedir.

Hassas killerin stabilité analizinde kullanılan yaklaşımardan biri de La Rochelle ve arkadaşları tarafından teklif edilen USALS yöntemidir. Kısaca "geniş birim deformasyon altında drenajsız dayanım (undrained strength at large strain)" teriminin baş harflerile gösterilir. Bu yaklaşımda kılık kayma dayanımı, ya konsolidasyonlu isotropik drenajsız (CIU) veya konsolidasyonsuz drenajsız (UU) deneyleri ile belirlenir.

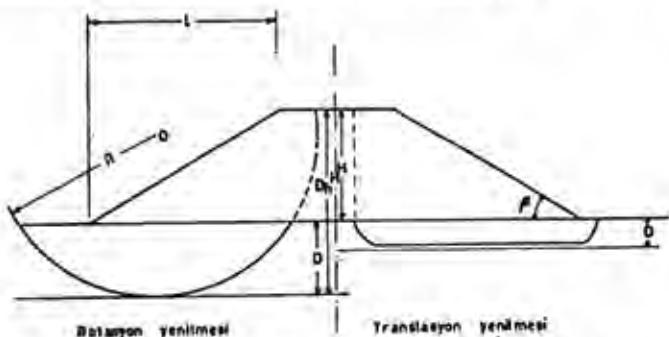
SHANSEP ve USALS yöntemleriyle benzer dayanım profili elde edilir. $c_u=0.22 \sigma'$ ilişkisi her iki yöntemle de doğrulanmaktadır. Burada c_u , drenajsız kohezyon direnci, σ' ise önkonsolidasyon basıncıdır. Aşağıda anlatılan kayma blok ve dairesel kayma analizlerinde bu yöntemlerin hiçbirine bağlı kalmadan genel ifadeler kullanılmıştır. Bu nedenle analizlerde verilen parametrelerin, seçilecek yön-

* Jeo. Yük. Mühendisi, DSİ 18. Bölge Müdürlüğü - Isparta.

temin belirlediği esaslara göre uyarlanması gerekmektedir.

GÖÇME TIPLERİ VE HOMOJEN KIL DEPOZİTLERİ

Dolgulara rıjît yapılarda olduğu gibi kenar yenilmesi olma ihtimali yok veya çok azdır. Dolgular derin kil depozitleri üzerinde inşaa edildikleri zaman, ya dolgu şevinin orta noktasına yakın geçen dikey pozisyondaki bir ekse-ne göre genel bir rotasyon yenilmesine veya eğer temelde çok ince kil tabakaları mevcut ise, bu tabaka içinde gelişen yatay bir kayma hareketine bir başka deyişle translasyon yenilmesine maruz kalır (Şekil 1).



Şekil 1 — Dolgularda temel zeminine bağlı yenilme tipleri.

Nispi olarak üniform dayanıma sahip kil depozitlerde, kayma dairesi mümkün olan en derin seviyeye kadar gelilecektir. Yani böyle durumlarda kayma dairesinin pozisyonu alttaki sağlam tabakanın derinliği ile sınırlanmaktadır. Eğer c kilin yenilme anındaki ortalama kayma direnci ise, teorik taşıma gücü denklemi aşağıdaki gibi basitleştirilebilir (Eşitlik 1). Bu eşitlik, limit denge şartlarını temsili etmektedir.

$$q_u = \gamma H = c N_c \quad (1)$$

q_u =dolgu yükü veya temel zeminin son taşıma gücü

γ =dolgu birim ağırlığı

H =dolgu yüksekliği

c =kilin yenilme anındaki kohezyonu

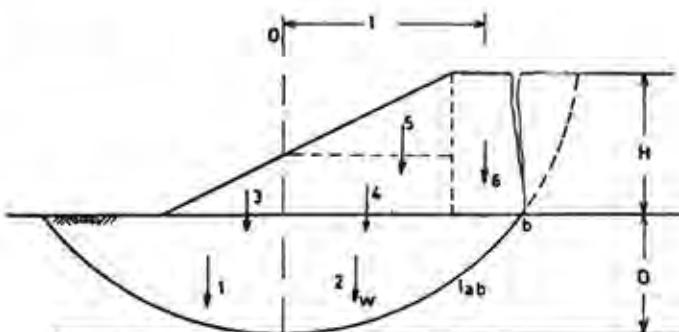
N_c =taşıma gücü faktörü

Eşitlik 1 de kullanılan N_c , şev açısının ve derinlik faktörüne bağlı bir büyülüktür (Şekil 1). Altta sağlam tabaka olan derinlik, $D_b H$ büyülüğu ile tanımlanır. Temel altındaki yumuşak tabakanın kalınlığı ise $H(D_b - 1)$ olarak verilir ve D ile gösterilir. N_c nin en düşük değeri şev açısının 45 derece olduğu derin kil depozitleri için yaklaşık 5.5 dir. Ancak ilk amaçlı stabilite analizi için geliştirilmiş bu genel kural, eğimin 1:1 veya 1:2 ve kil kalınlığının dolgu yüksekliği kadar olduğu durumlar için kullanılabilir. Şev açısının ve derinlik faktörünün azalmasıyla N_c hızla artar. Eğer dolgu $N_c=5.5$ olduğu durumda, şev açısı ve derinlik faktörüne bağlı kalmaksızın stabil ise yeni bir analize gerek yoktur.

HOMOJEN OLМАYAN KİLLER VE DAİRESEL KAYMA ANALİZİ

Homojen olmayan killerde veya $N_c=5.5$ olduğu halde stabilitenin uygun olarak sağlanamadığı nispi üniform ince

kil tabakaları üzerinde inşa edilecek dolgulara, dalresel kayma analizi kullanılarak stabite araştırması yapılır. Şekil 2 deki bu analizde, kritik dalrenin merkezi Bölüm 1 de anlatılan tasarım yöntemlerinden biri kullanılarak belirlenir. Dolgunun tüm derinliği boyunca bir çekme çatlağının meydana geldiği varsayılmıştır. Bu varsayılm analizi kolaylaştırılmıştır. Eğer F kilin kayma direnci için tanımlanan emniyet faktörü ise, Şekil 2 de kayma yönünde etkiyen ve



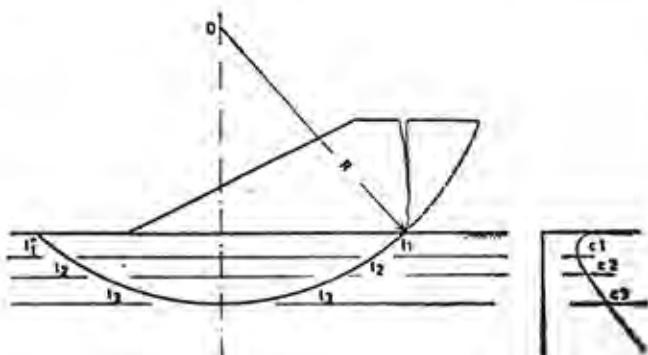
Şekil 2 — Üniform kil üzerindeki dolgulara stabilité analizi.

kaymaya direnç sağlayan yüklerin O noktasına göre moment dengesi yazılarak ve birbirini dengeleyen momentlerin eliminasyonu ile emniyet faktörü Eşitlik 2 şeklinde hesaplanır.

$$F = \frac{c I_{ab} R + w_s l}{\Sigma w I_{[1,5,6]}} \quad (2)$$

Küçük emniyet faktörü değerlerinin verilerin çok iyi elde edildiği, büyük deformasyonların kabul edilebilir olduğu ve inşaatın potensiyel tehlikesinin bulunması nedeniyle ölçüm teknikleriyle sürekli kontrol edildiği durumlar için kullanıldığı belirtilmektedir. Ancak emniyet faktörü genellikle 1.25 veya civarında bir değer olarak seçilir.

Farklı kil tabakaları mevcutsa (Şekil 3), her tabakanın kaymaya karşı göstereceği direnç farklı olacaktır. Bu durumda Emniyet Faktörü Eşitlik 3 şeklinde hesaplanır. Eşitliklerde c kohezyonu, 1 yay uzunluğunu göstermektedir.



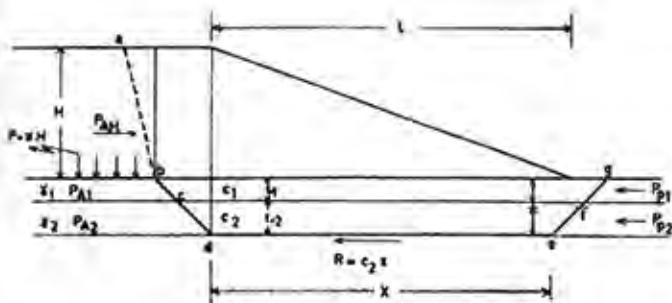
Şekil 3 — Homojen olmayan kil depozitleri üzerine oturan dolgulara stabilité analizi.

$$F = \frac{2R[c_1l_1 + c_2l_2 + c_3l_3] + w_1l_1}{\sum w_l_{(4,5,6)}} \quad (3)$$

ÇOK İNCE KİL TABAKALARI VE BLOK KAYMA ANALİZİ

Çok ince kıl tabakaları üzerindeki dolguların稳定性 tahkiki, blok kayma analizi kullanılarak yapılır. Bu analizde yenilme yüzeyinin düzlemsel olduğu ve zayıf ince kıl tabakası içinde geliştiği varsayıılır.

Dolgu yükünden dolayı aktif toprak basıncının bir translasyon yenilmesine yol açacağı düşünülerek çözüme başlanır (Şekil 4). Bu aktif basınçla karşı P_s ile gösterilen pasif basınç ve x boyunca harekete geçen R kayma mu-
kavemeti vardır.



Sekil 4—Cok ince kil tabakasi ve kayma blok analizi.

Yenilme yüzeyinin Şekil 4 de görüldüğü gibi bir abdeg hattı boyunca oluşacağı varsayılar. Ancak iki nokta d ve e nin yeri x büyülüğünü elde etmek için önemlidir. Bu büyülüük düşük bir emniyet faktörü dikkate alınarak deneme yoluyla belirlenir. Eğer bd ve eg yüzeylerinin yatayla 45° lik bir açı yaptığı varsayılsrsa, bu büyülüğün belirlenmesi daha da basitleşecektir. Bu duruma göre x büyülüğü aşağıda verildiği gibi tanımlanır.

$$x = L - \frac{1}{2} (t_1 + t_2) \quad (4)$$

Dolguların yumuşak kıl üzerine inşaa edildiği durumda derin düşey çatıtlakların meydana geldiği sık sık gözle-nen bir durumdur [10]. Bu çatıtlaklardan dolayı dolgu içinden etkiyen dolgu aktif toprak basıncı (P_{AH}) ihmäl edilebilir. Eğer çok küçük kohezyon direncine sahip malzeme-den bir banket inşaa ediliyor ise, P_{AH} sıfır olarak alınmalıdır. Temiz iri tanelli zeminlerde dolgu aktif toprak basıncı P_{AH} dikkate alınabilir. Yeraltısuyu tablası üstündeki ince tanelli kumlarda suyun kum tarafından emilme özelliğine çok küçük bir görünür kohezyon direncinin gelişmesine neden olabilir. Bu durumda P_{AH} 'nın azaltılmış değeri kullanılmalıdır. Eğer $P_{AH}=0$ kabul edilirse denge denklemi aşağıdaki gibi yazılabılır.

$$P_{A1} + P_{A2} = P_{S1} + P_{S2} + R_s \quad (5)$$

Burada $P_{A,2,..}$ belirtilen tabakada oluşan efektif toprak basıncı ve $P_{pl,1,..}$ aynı tabakalardaki pasif toprak basıncıdır. R. ise kayma yüzeyi boyunca oluşan dirençtir.

$(R_s = cx)$. Dayanım üzerine tanımlanan emniyet faktörü için kohezyonun ölçülen ve sahip olması gereken değerlerinin bilinmesi gerekmektedir (Eşitlik 6).

$$F_s = c_{\text{sat}} / c_{\text{ss}} \quad (6)$$

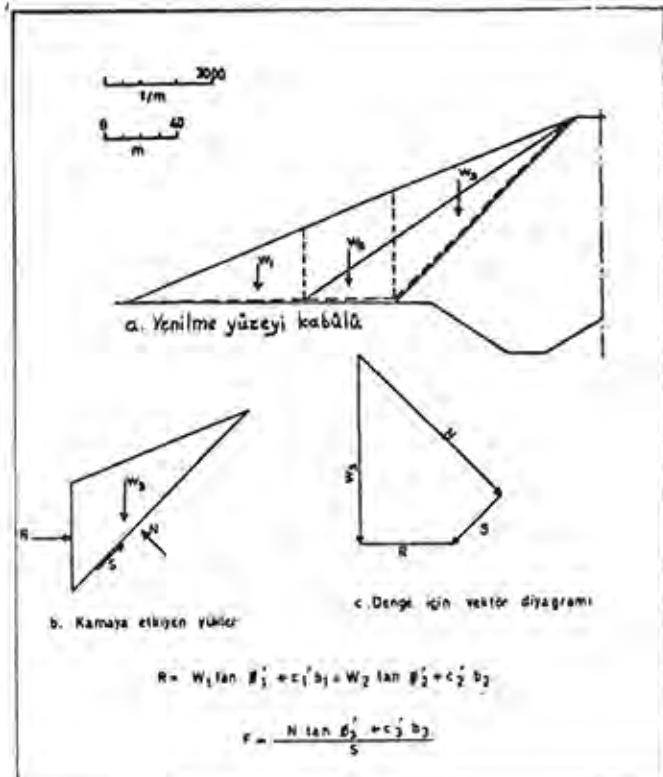
Burada F , dayanım için tanımlanan emniyet faktörü, c_{2m} zeminin ölçülen veya bilinen kohezyon direnci, c_{2r} ise olması gereklili kohezyon direncidir. Yapının genel emniyeti için tanımlanan emniyet faktörü ise etkiyen ve direnç gösteren yüklerin mukayesesı ile belirlenir.

$$F_t = \frac{\Sigma P_p + R_s}{\Sigma P_s} \quad (7)$$

Burada F_t , yükler için tanımlanan emniyet faktörüdür. ΣP_p toplam pasif basınç, ΣP_a toplam aktif basınç, R , kayma yüzeyi boyunca oluşan dirençtir. P_a , P_p ve R , nin hesaplanmasıında c_2 ölçülen kohezyon direnci kullanılır. Bu değerlerin hesaplanması Bölüm 1 de kısaca anlatılan tasarım yöntemlerinin belirlediği esaslara bağlı kalınması gerekmektedir. Eğer F_t çok düşük ise, stabilité L uzunluğunun artırılmasıyla geliştirilebilir.

KOMPOZİT YENİLME YÜZEYİ ANALİZİ

Toprak dolgu barajlar geçirimsiz, yarı geçirimsiz, filtre ve riprap gibi değişik zonlardan oluşur. Bu zonlar farklı dayanıma sahip olduklarından, dolgu içinde ve bu zonlar boyunca yenilme yüzeyi oluşma ihtimali yüksektir. Şekil 5 de görüldüğü gibi bu zonlar arasında kompozit bir yenilme yüzeyi olusur veya olusacaq varsayılarak stabilité



Sekil 5 — Kompozit yenilme yüzeyi analizi.

analizi yapılır. Bu yenilme yüzeyi muhtemelen çekirdeğin üst sınırı boyunca gelişecektir (Şekil 5a). Böyle bir yenilmede ilk hareket, zayıf ve dayanımı yüksek zonların birleşim yerinde yani çekirdeğin üst sınırında gelişen yenilme yüzeyinde meydana gelecektir. Bu harekete neden olan kuvvet, yenilme yüzeyi üstündeki W_1 kama ağırlığıdır. W_1 ve W_2 kama ağırlıkları ise bu harekete direnç gösterir. Kaymaya ters istikamette etkiyen yatay kuvvet R_s , Eşitlik 8 den hesaplanır.

$$R_s = W_1 \cdot \tan \phi_1 + b_1 c_1 + W_2 \cdot \tan \phi_2 + b_2 + b_2 c_2 \quad (8)$$

Burada c_1 , ϕ_1 , c_2 ve ϕ_2 temel tabanında oluşacağı düşünen kayma yüzeyindeki birimlerin efektif kayma dayanım parametreleridir. b_1 ve b_2 ise ilgili birimlere ait genişliklerdir.

R_s ve W_1 kuvvetlerinin bileşkesi, yenilmeyi önlemek için gerekli S kayma kuvveti ile kayma yüzeyine dik etkiyen N normal kuvvetini verir (Şekil 5c). Bu kuvvetlerin bulunmasıyla kompozit bir yenilme için emniyet faktörü hesaplanır.

$$F = \frac{N \tan \phi'_s + c'_s L}{S} \quad (9)$$

Burada L , yenilme yüzeyinin uzunluğu; c'_s ve ϕ'_s zayıf zonun dayanım parametreleridir. Bu analizde stabilité tahkiki yapan proje mühendisinin üzerinde durması gereklidir.

önemli nokta, temel zeminin kalıcı kayma direncinin ne olduğunu söylemektedir. Eğer dolgu altındaki temel zemin, değişik faktörlerin etkisiyle bozulmaya maruz kalyorsa ve bu duruma ait zeminin kayma dayanımı parametreleri üstteki dolgu malzemesine ait büyülüklerden de küçük ise, kompozit yenilme yüzeyi analizi, zeminin bu parametreleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

SONUÇ

Dolguların stabilité analizinde kuvvetlerin belirlenmesi iki ana esasa göre yapılır. Bunlardan birincisi elastik teori tipi analizlerin benzeri gerilme analizi yöntemlerinden oluşur. İkincisi ise bu makalenin konusunu teşkil eden limit denge yöntemleridir. Bütün dolgu ve temel zeminindeki gerilme ve deformasyonların belirlenmesine izin veren gerilme analizi yöntemleri son yıllarda oldukça yaygın kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar kullanımını gerektiren kılan sonlu elemanlar, sınır elemanları ve sonlu farklar gibi numerik çözüm yöntemleriyle dolgu ve temel zeminin stabilité tahkiki yapılmaktadır. Ancak bu numerik yöntemlerin gerçek zemin ve dolgu şartlarının temsil edilmesinde bazı eksiklikleri mevcuttur. Bu makalede anlatılan limit denge yöntemleri ise empirik yaklaşımlar olup pratik sonuçlar vermektedir. Büyük barajlar ve hassas temel zeminin üzerine inşa edilen dolgularda stabilité tahkiki her iki yöntemle de yapılmalı ve sonuçların birbirini doğrulaması beklenmelidir.

HEYELANLARIN VE DİNAMİĞİNİN ARAŞTIRILMASINDA KULLANILAN
JEOFİZİK YÖNTEMLER

GEOPHYSICAL METHODS FOR THE INVESTIGATION OF LANDSLIDES
AND THE DYNAMICS OF LANDSLIDE PROCESSES

Kurultay ÖZTÜRK*

OZ — Heyelanlar, dünyanın pek çok yöresinde olduğu gibi ülkemizde de sık sık vukuubulmaktadır. Bu jeolojik olaylar, dağ yamaçlarında olduğu gibi nehir, göl, rezervuar ve deniz kenarlarında da meydana gelebilir.

Heyelan, birbirinin tersi ve dereceli fiziksel özelliklere sahip bir tabakalar tertibinin oluşturduğu karmaşık bir kütledir. Kayaçların ani veya tedrici kopması ve gravite kuvvetiyle aşağı eğimli hareketi biçiminde gözüktür. Bunun için, eğimi teşkil eden toprağın durumu ve özellikleri kadar heyelan eğiminin yapısı ve su doygunluğunu araştırmak birinci derecede önem sahiptir. Bütün bu soruların araştırılması ve tam değerlendirilmesi, alışlagelmiş mühendislik jeolojisi yöntemleriyle bazen mümkün olamamaktadır.

Elektrik ve sismik yöntemler, eğim stabilitesinin tayininde gereksinilen bilgiyi elde etmede kullanılırlar. Bu amaçla heyelan kütlesinin ve kayma zonunun kalınlığının saptanmasına çalışılır. Self-potansiyel, rezistivite ve sıcaklık ölçü yöntemleri ile heyelan kütlesinden geçen sızıntı akımının karakteri ortaya konabilir. Self-potansiyel, rezistivite ve sıcaklık anomalileri heyelan aktivitesinin arttığı yerlerle alakalıdır.

Jeofizik parametrelerin zamanla değişimlerinin ölçülmesi heyelan toprağının durumundaki değişmeleri değerlendirmede önem taşır. Heyelan hareketlerinin yön ve hızının gözlenmesi magnetik ve elektrik yöntemlerle mümkün olabilmektedir.

ABSTRACT — Landslides occur frequently in our country as well as in all countries of the world. These geologic phenomena may occur on the banks of rivers, lakes, reservoirs and seas as well as on mountain slopes.

A landslide is a complex geologic body composed of a combination of layers having contrasting and gradational physical properties. It implies a sudden or

gradual rupture of rocks and their movement downslope by the force of gravity. Thus, it is of prime importance to investigate the structure of the landslide slope and its water saturation as well as the properties and status of the soils comprising the slope. The investigation and full evaluation of all these problems by traditional methods of engineering geology are sometimes impossible.

Electrical and seismic methods are used to obtain the information needed to determine slope stability. For this purpose, it is tried to determine the thickness of both the landslide body and the slip zone. The methods of self-potential, resistivity, and temperature measurement are analyzed for characterization of the seepage flow through the landslide body. Selfpotential, resistivity, and temperature anomalies are associated with sites of increased landslide activity.

Measurement of changes of geophysical parameters with time are significant in assessing changes in the states of landslide soils. Observation of the direction and velocity of landslide movements is possible with magnetic and electrical methods.

GİRİŞ

Kayaçların ani veya kademeli kırılması ve gravite kuvveti ile aşağı eğimli hareketi biçiminde tanımlanabilen heyelanların ekonomik gelişmeye açık sahaları ve mühendislik yapılarını tehlikeye sokan önemli etkileri vardır. Heyelanların kontrolü son derece masraflı ve zahmetli olup, her zamanda bu konuda etkili olunamaz. Kontrol usulleri başlatıldıktan sonra bile, bazen deformasyon şiddetli artabilir.

Heyelan tehlikesinin doğru tayini, kayacın bireysel tabakalarının durumu ve özellikleri (örneğin, kalınlık ve su içeriği) kadar, eğimin yapı ve terkibine dair özel problemlerin çözümünü de gerektirir. Eğim (yamaç) duraylılığının (slope stability) saptanması için, ayrıca yeraltısu reji-

* Prof. Dr., İst. Üniv. Müh. Fak. Uygulamalı Jeofizik Anabilim Dalı.

ml, bölgenin iklim ve hidrojeolojik koşulları, ekonomik aktivite ve yöresel heyelanların tarihçesi ile ilgili bilgilere de ihtiyaç vardır.

Jeofizik yöntemlerin uygulanması çok büyük sahaların çabuk incelenmesi için yeni olanaklar sağlar. Bu surette, ıslak ve kuru toprağın mekanik özelliklerinin saptanması, araştırılan yamaçta oluşan gelişmelerin doğrudan ve büyük bir hacim içindeki ölçümlerine dayandırılmış olur.

Jeofizik yöntemler, heyelan işlemlerinin dinamikini araştırmada uzun dönemli gözlemler için en etkin olanıdır. Heyelan olaylarının dinamikinin araştırılması, gerçek tehlikeni ortaya konulması ve heyelan kontrol usullerinin planlanması için gereklidir. Bu, toprak kütelerinin gerilme hallerinin zamanla değişimlerini, yerdeğiştirme hız ve istikametleri hakkındaki bilginin edinilmesini ve yamaç duraylılığını saptanmasını kapsar. Magnetik ve elektrik yöntemlerle heyelan hareketlerinin hız ve istikametlerinin gözlenmesi mümkündür.

HEYELANIN JEOLOJİK ŞEKLİNİN ARAŞTIRILMASI

Heyelanlar, farklı istikametlerde yönlenmiş ve değişik mertebede fiziksel özellik kontraslarına ve gradyentlerine sahip tabakaların bileşimi ile karakterize edilir. Jeolojik şekillerinin karmaşıklığı ayrıntılı araştırılmasını gerektirir. Jeoelektrik koşullarının uzaklıkla çabuk değişmesi nedeniyle çoğu kez, yapılacak birkaç elektrik sondajı kendisini temsil etmeye yetmeyecektir. Bu nedenle heyelan üzerinde oluşturulacak seyrek ölçü istasyonları şebekesinin araştırmayı başarısızlığa götürmesi kesindir. Gözlem noktalarının düzgün bir şebekesini (grid) tesis etmenin ekonomik ve teknik olarak uygun olmadığı zamanlarda, heyelan araştırması bir profiller sistemi kullanarak yapılmalıdır. Böyle hallerde, heyelan ekseni (yani yaklaşık olarak akış doğrultusu) boyunca yerleştirilmiş üç profil önerilir. Ayrıca, bir takım profiller de heyelan kütlesinin enine doğrultuda olmalıdır. Yerdeğiştiren heyelan kütlesi içinde elde edilen ölçüm değerleri ile duraylı yamacını kıyaslamak için, boyuna ve enine profillerin her ikisini de heyelan sınırının ötesine uzatmak gereklidir.

Yeterli yoğunluktaki ölçü istasyonlarına ilaveten, özel problemlere yönelik yöntemlerde kullanılmalıdır. Elektrik sondaj eğrileri ve refraksiyon yol-zaman grafiklerinin yorumlanması sık sık güçlükle karşılaşılır. Zira ortaya çıkarılacak ara yüzeyler sürekli ve yakın bir şekilde yerlirlar. Ayrıca tabakalar ince olup çoğu kez kayaç özelliklerinde küçük ve tedrici değişimler söz konusudur. Örneğin, homojen bir toprak içindeki bir kayma zonu, zon içindeki fiziksel özelliklerin kuvvetli bir kontrasına rağmen yer yüzeyinde yapılan jeofizik ölçüler etkilemeyecek kadar ince olabilir.

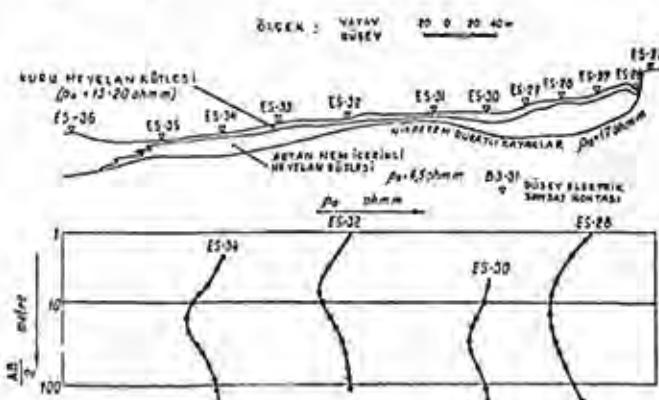
Elektrik sondajlarını değerlendirdirken, çoğunlukla kayma zonunu (slide zone) temsil eden bir ara tabakanın iletkenliğindeki bir gradyentin gözönüne tutulması gereklidir. Son araştırmalara göre, sürekli olarak değişen iletkenlige sahip ara tabakalı kesitler için hesaplanan üç tabakalı eğrilerin, sabit rezistivite modeller için çizilenlerden bir hayli farklı oldukları saptanmıştır. Akan heye-

lanlar, iletkenliği sürekli değişen ara tabakası olan H-tipi ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$) üç tabaklı kesitlerle karakterize edilirler.

Sismik dalga sönümlenmesi büyük olan sahalardan elde edilen sismik kayıtların değerlendirilmesi, boyuna ve enine dalgaların her ikisinin de kaydını ve dalga yayının ayrıntılı bir analizini içermelidir. Sismik gözlemlerin yapılmasında kullanılan serim-atış noktası düzeni, doğru ve ters biçimdeki yol-zaman eğrilerinin elde edilmesini da tanımlamalıdır. Keza, yararlı sinyallerin, yan etki gürültüsünden (background noise) ayırt edilmesinde kullanılan istatistik yöntemler de, elektrik ve sismik ölçmelerin her ikisinden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde çok önemlidir. Her birindeki özel problemlerin çözümünde yararlı olan sinyalleri yükseltmek için filtre (süzgeç) tekniklerinin uygulanması gereklidir.

Elektrik ve sismik prospeksiyon yöntemlerinin heyelan kütelerinin jeolojik biçiminin araştırmasına dair başarılı birçok uygulaması vardır. Bunlardan bazıı aşağıdaki paragraflarda sunulmuştur.

Örnekler

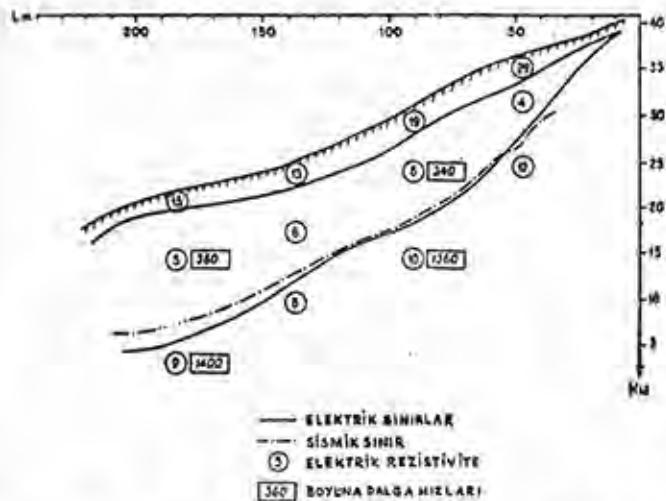


Şekil 1. Volga nehri vadisinde bir heyelan yamacının jeoelektrik kesiti.

Şekil 1'de H-tipi eğrilerin hakim olduğu Volga nehri vadisindeki bir heyelan yamacının araştırmasına ait bir kesit görülmektedir. Üst tabaka, 20 Ωm mertebesinde bir rezistiviteye sahip kuru heyelan çökelidir. İkinci tabaka, heyelan kütlesinin esas kısmı olup artan bir nem içeriğle (yüzde 34-37) ve bunun sonucu 4-5 Ωm'ye düşmüş bir rezistivite ile karakterize edilmektedir. Heyelan işlemleriyle bozulmamış kayalarından oluşmuş üçüncü tabaka, yüzde 25-28'lik nem içeriğine sahiptir ve birinci tabaka ile aynı mertebede rezistivite göstermektedir.

Şekil 2, Kafkasya'nın Karadeniz sahilinde Sochi şehri yakınındaki akan heyelanlardan biri üzerinde yapılmış jeofizik incelemelerin sonuçlarıdır. Elektrik ölçümler yamaç içindeki şu üç tabakayı ayırt etmiştir: heyelan kütlesine karşılık gelen üst tabaka ($\rho_1=13-29 \Omega\text{m}$), kayma zonuna karşılık gelen orta tabaka ($\rho_2=4-6 \Omega\text{m}$) ve heyelanın tabanını içeren alt tabaka ($\rho_3=9-12 \Omega\text{m}$).

Tek bir sınırı belirleyen sismik ölçüler, iki farklı kayaya kütlesi halinde heyelan yamacını ayırmaktadır. Üst kısım ($V_i=340-360 \text{ m/sn}$) heyelan kütlesi ve kayma zonu-



Şekil 2—Karadeniz sahilinde Sochi (Kafkasya) şehri yakınındaki bir heyelanın elektrik ve sismik sınırları.

nu içermekte, alt kısmı (1360-1400 m/sn) ise heyelan tabanına karşılık gelmektedir. Yamacın üst kısmında sismik sınır ile alt elektrik sınır arasında iyi bir uyuşma vardır.

HEYELAN OLUSUMUNDA BIR ETKEN OLARAK YERALTISUYUNUN ARASTIRILMASI

Yamaç duraylılığı ve dolayısıyle tüm heyelan işlemi, heyelan kütlesinde içeren yeraltisuyundan önemli derecede etkilenir. Yeraltisuyunun seviyesi; sızıntı akımının hidrodinamik basıncı ile birlikte heyelan kütlesi duraylılığını etkileyen faktörlerden olan hidrostatik basıncı beslediği gibi, heyelan kütlesinin ağırlığını da belirler. Bu sebepten, bir jeofizikçi daima yeraltisuyu seviyesini ve onun zamanla değişimini tayin göreviyle karşı karşıyadır.

Heyelanların çoğunun jeolojik kesitinde killi tabakaların bulunması, yeraltisuyu derinliğinin tayini için elektrik prospektiyonun uygulanmasına engel teşkil eder. Bununla beraber, yeraltisuyu seviyesi çoğu kez, toprak veya kayaçın doygunluğundaki değişme ile bağlantılı olarak sismik hızda değişmeden doğrulukla saptanabilir. Su ile doyurulmuş ve doyurulmamış kayaçlardaki boyuna dalga hızlarının oranı; kayaçların litolojisi, yoğunluğu, gözenekliliği ve derinliğine bağlıdır. Deneyim bu oranın çoğulukla 1.4'ü aştığını göstermiş olup bu da, kırılmış dalganın yeraltisuyu yüzeyi boyunca iyi bir şekilde yayındığının ifadesidir. Fakat, enine dalgaların hızı su doygunluk derecesine az bağlılı olduğundan bu dalgalar için iyi bir kırıcı ortam değildir.

Heyelan kütlesinin kısmen veya tamamen kilden oluştuğu yerlerde yeraltisuyu tablasının belli bir ayrimı yoktur. Böyle sahalarda heyelan toprağının farklı derecede ıslaklılığı bahis konusudur.

Yamaç stabilitesini etkilemesi nedeniyle, yeraltisuyu tablası parametreleri ve sınırlarının değişimi gözlemlerinin büyük önemi vardır. Bu amaçla yapılan ölçümelerin,

kesinlikle aynı tertip ve ölçü teknikleriyle aynı profiller boyunca sistemli bir şekilde tekrarlanması gereklidir. En önemlisi, en çok ve en az yağış periyodları arasındaki değişimlerin gözlenmesidir. Bazen, şiddetli yağmurlardan sonra yeraltisuyu derinliğindeki değişimin bulunmasında başarılı olunabilir. Farklı zamanlara ait yeraltisuyu tablası kontur haritalarının karşılaşması, yeraltisuyu depolanması ve tekrar dolum alanının bir fonksiyonu olan yeraltisuyu tablası değişim dinamiğinin değerlendirmesini mümkün kılar.

Self (doğal) potansiyel ve sıcaklık ölçümünün kullanılması

Yeraltisuyu sızıntı araştırmalarına SP yönteminin (doğal elektrik potansiyel ölçümleri yöntemi) uygulanması, kayaç içinden akan su tarafından indüklenmiş potansiyellerin ölçülmesine dayanır. Doğal şartlar altında bu potansiyellerin büyüklüğü birkaç yüz millvolt'a kadar erişebilir.

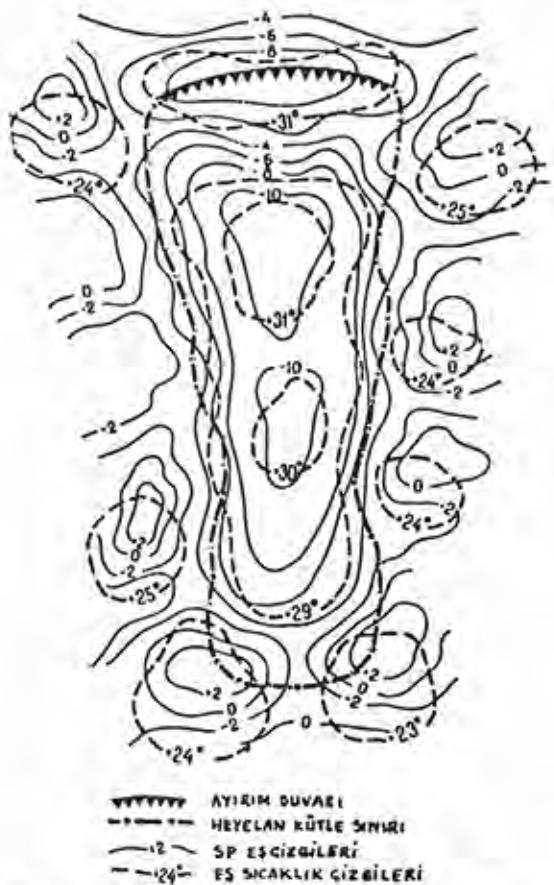
Homojen topraklara ait akış potansiyelerinin eşdeğer konturlarını gösteren haritalar, çok defa su tablası konturlarının şeklini yansıtır. Bu haritalar, sızıntı akımının uzaysal görünüşü, doğrultusu ve şiddeti üzerine olan bilgiyi içerir.

Elektrik potansiyellerin dağılım biçimleri ve polariteleri, sadece hidrolojik faktörlerden değil toprağın litolojisinden de etkilenir. Örneğin, yüksek miktarda kil içeriğine sahip zonlar, su akış bölgeleri üzerinde gözlenenklere benzer pozitif anomalilerle kendini belli eder. Bundan dolayı SP kontur haritalarının güvenilir yorumu, bu haritalar ile toprak litolojisindeki değişimleri gösteren elektrik rezistivite haritalarının karşılaşmasını gerektirir.

Termal alan ölçümülerinden elde edilen bilgi, heyelan kütlesinin su doygunluk derecesi ve yeraltisuyu akışının ayrıntılarını da yansıttığı için, SP ölçümülerinden sağlanmış bilgiyi etkin bir şekilde tamamlar. Sıcaklık ölçümleri, ucunda bir sıcaklık ölçüleri olan özel şekilde hazırlanmış birburgu kullanmak suretiyle yapılır. Sıcaklıklar, günlük değişim zonunun aşağıdaki sabit bir derinlikte ölçülür.

Örnekler: Her iki yöntemin etkin uygulaması, Adler (Rusya) şehri yakınında küçük bir akan heyelan üzerinde yapılmış araştırmaların sonuçlarıyla açıklanabilir (Şekil 3). Heyelan kütlesinin konumu farklı negatif anomalilerle gösterilmektedir. Eşpotansiyel konturlar, genellikle, heyelan sınırlarını izlemekte ve minimum gradyentler yeraltisuyu akış yönündedir. Potansiyel minimumları; heyelan eksoni boyunca meydana gelmekte, alta uzanan geçirimsiz tabakanın iniş çıkışları ve heyelan kütlesinin su geçirimsizliğindeki değişme ile kontrol edilen sızıntı akımının karakterini yansıtmaktadır. Heyelanın baş tarafındaki negatif anomali, ayırm duvarı yakınında yer alan kırıklar içine süzülen su ile bağlantılıdır.

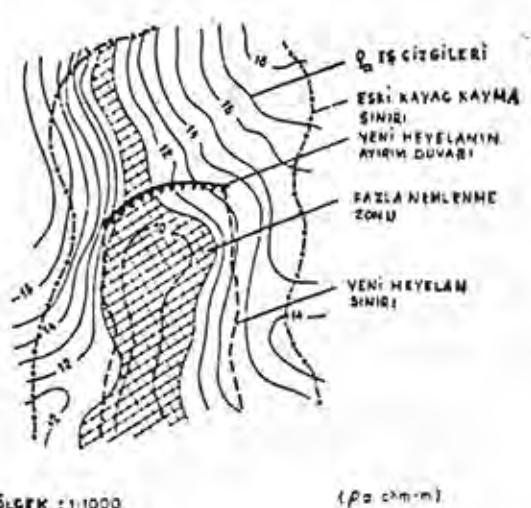
Heyelan kütlesi, ayrıca, +31°C'ye varan sıcaklıklarla da karakterize edilir. Bu anomaliler, yeraltisuyu seviyesinin daha büyük bir derinlikte olduğu yerlerde üstteki toprak tabakasının ısınması ile ilişkilidir. Sızıntıının dışarıya doğru olduğu yerlerde (heyelanın dışında ve ucuna yakın kısımlarında) sıcaklık +23°C'ye düşmektedir.



Şekil 3—Adler şehri yakınında akan bir heyelan üzerinde yapılan SP ve sıcaklık ölçüm sonuçları. SP konturları mV, sıcaklık konturları °C dır.

Rezistivite Ölçümleri

SP yönteminin kullanılmasına ilaveten, bir heyelan kütlesi içindeki sızıntı akıntıları rezistivite yöntemiyle de araştırılabilir. Homojen kayaçlarda, ρ_a haritaları da su doygunluk derecesini gösterebilir. Şekil 4, Gagra (Rusya) şeh-



Şekil 4—Gagra şehri yakındaki bir heyelanın rezistivite kontur haritası.

rı yakınında sığ bir heyelan üzerinde yürütülmüş (elektrik) sondajlarından derlenmiş bir rezistivite haritasını göstermektedir. Bu heyelanın merkezi kısmındaki azalan rezistivite değerleri, toprağın en büyük su doygunluğu bölgesinde karşılık gelir. Alanın kuzeybatı kısmındaki düşük rezistiviteyi dar zon, yeni ayırım duvarının oluşmuş olduğu bu heyelanın merkezi kısmına su getiren bir yeraltı kanalını işaret eder.

HEYELAN ÇÖKELTİLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE DURUMU İLE BUNLARIN ZAMANLA DEĞİŞMELENİN İNCELENMESİ

Heyelan toprağının özelliklerinin incelenmesinde jeofizik yöntemlerin kullanılması nisbeten yeni olmasına rağmen, elde edilen neticeler hakkında bazı genel sonuçları çıkarmak mümkündür.

Kayaçların doğal yapısı, öncelikle, kayaçların aslında kırık olduğu, mineralojik terkibinin değişikliğe uğradığı ve nem içeriği ile gözenek suyu tuzluluğunun arttığı kayma zonunda değişimeye uğrar. Bu değişimler elektrik rezistivitedeki bir azalma ile sonuçlanır. Kayma zonundan alınmış su örneklerinin rezistivitesi, araştırma alanı içindeki yeraltısuunun ortalama rezistivitesinden 1.5-2 misli daha düşük olabilmektedir.

Elektrik iletkenlikteki en belirgin artış, örneğin şeyl ve kayma zonunda bulunabilen killi kumtaş gibi sert, nispeten yüksek gürce sahip kayaçlar tarafından gösterilir. Yüksek plastisiteye sahip kil içinde iletkenlikteki artış oldukça daha azdır. Kayma zonundaki toprağın özellikleri, heyelanın her ardıl hareketi ile gittikçe daha fazla değişir.

Yamaçtan aşağıya kayma da kayacın mekanik özelliklerini değiştirir: kayaçlar kırılır, yerdeğiştirme ile dirençleri azalır ve daha az duraklı olurlar. Sıkışma (basınç) ve deformasyon zonlarının muhtelif terkipleri gelişir ve bu zonlar, elastik özelliklerde karşılık gelen değişimlerle karakterize edilirler.

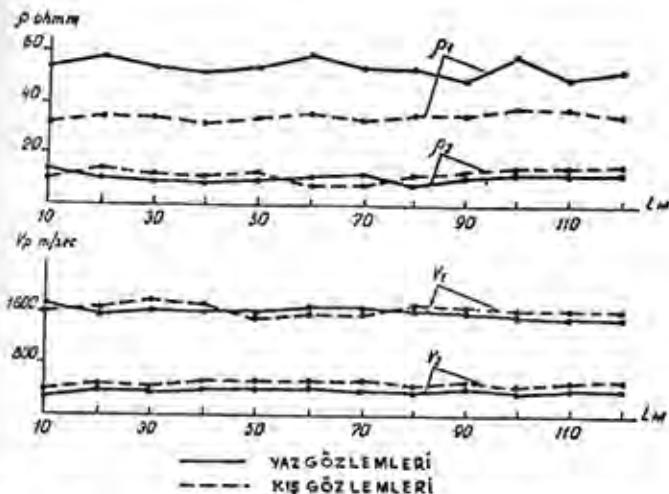
Heyelan kayaçları ile temel kayaların sismik özelliklerindeki fark çeşitli biçimlerde gözükür. Yamacın duraysız kısmında hem boyuna hemde enine dalga hızlarında bir azalma gözlenir ve heyelan kütlesini oluşturan kayaçlar için V_s/V_p oranı, duraklı yamaçtaki aynı kayaç tipleri için olandan daha yüksektir. Gene bu fark, sismik dalgaların etkin sönüm (attenuation) katsayıları ölçüllerinde de görülebilir. Heyelan kayaçları içindeki boyuna (α_p) ve enine (α_s) dalga etkin sönüm katsayıları aynı cins temel kayadakinden daha yüksektir.

Heyelan kütlesi içindeki sismik özelliklerin değişimi ve bu değişimlere hakim olan koşullar da önemlidir. V_p ve V_s hızlarının ölçümleri bir heyelanın baş tarafında daha düşük değerler verir (yani lineer deformasyon etkilerinin hüküm sürdüğü daha yüksek seviyelerde, heyelan dili içindekinden daha düşüktür).

Heyelan araştırmalarına jeofizik yöntemler uygulandığında, toprağın fiziksel özelliklerinin zamanla değişimi sıkça karşılaşılan bir olaydır. Elektrik rezistivite, doğal

elektrik potansiyel, elastik modülü ve diğer parametreler nem içeriği ve sıcaklık değişimleriyle kuvvetle etkilenirler. Bu gerçek, yılın farklı mevsimlerinde toprağın fiziksel özelliklerinde gözlenen değişimlerin sebeplerine dair bazı sonuçların çıkarılmasına izin verir.

Bu hususu açıklamak için aşağıdaki örnek, Adler şehri yakınındaki heyelanların birinden elde edilen veri ile gösterilmektedir. Kış ve yaz gözlemleri, heyelan kütlesini (ρ_t) ve kayma zonunu (V_p) karakterize eden rezistivite değerlerinin zamanla eşit olarak değişmediğini saptamıştır (Şekil 5).



Şekil 5 — Adler şehri yakınındaki bir heyelan üzerinde yapılmış rejim gözlemlerinden elde edilen ρ_t ve V_p değerlerinin değişimi.

Alttaşı tabakanın (ρ_t) rezistivitesi kış ve yaz hemen hem de aynıdır ki bu da kayma zonundaki kayaçların nem içeriğinin değişmediğine işaretettir. Diğer taraftan üst tabakadaki kayaçların (ρ_t) rezistivitesi, heyelan toprağının nem içeriğindeki mevsimlik değişmeden dolayı yazın oldukça artar. Heyelan kütlesi içinde boyuna dalgaların (V_t) hızının kış ve yaz yaklaşık olarak aynı olduğu karakteristikdir. Bundan dolayı rezistivite yöntemi, heyelan çökeltilerinin nem içeriği değişimlerini daha etkin bir inceleme olanağını sağlar.

HEYELAN KÜTLESİ YER DEĞİŞTİRME İŞLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

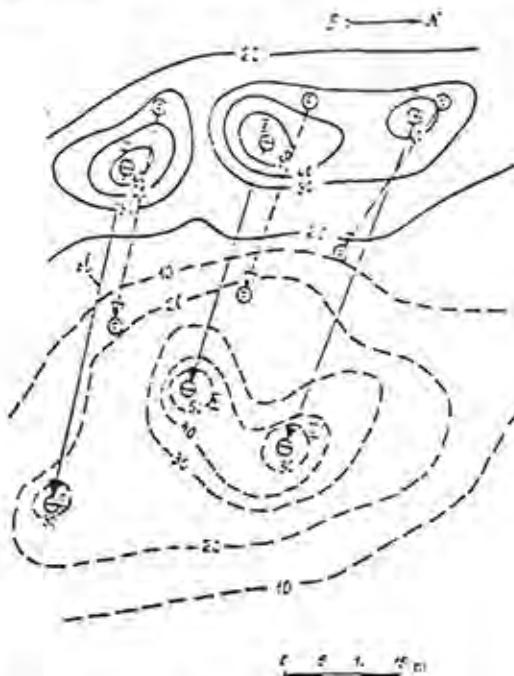
Toprağın yerdeğiştirmeleri konusunda güvenilir bilgi, hem özel esnek bir boru ile kaplı kuyuların sapmasından, hem de gözlem kuyularındaki boruların yerdeğiştirmesi ölçümülerinden elde edilebilir. Fakat bu yöntemler teknik olarak karmaşık ve pahalı olup sadece küçük yer değiştirmelerin araştırılması olanağına sahiptir. Çoğu hallerde, özellikle akan heyelanların araştırılması zorunluluğunda nispeten büyük toprak hareketleri söz konusudur. Bu gibi örneklerde, yerdeğiştirme konusunda sürekli bir bilgi sağlamak için konum işaretçilerinin (position markers) kullanılması önerilir. Borulanmamış kuyular içine indirilmiş miknatıslar konum işaretçilerinin en basit tipini oluşturur,

Cok kuvvetli miknatıslar kullanılmalıdır. Aksi takdirde, yüzeyde yaratılan anomali, miknatıslar sadece 4-6 m'lik bir derinliğe indirilseler bile, yan etki gürültüsünü (background noise) aşmayıacaktır. Araştırmalar, 0,5 m'den daha fazla olmayan 4-6 sayıda silindirik miknatıstan oluşan bilesik miknatıs dipollerinin kullanılmasının en uygun olduğunu göstermiştir.

Konum işaretçileri demirli yapılardan, elektrik güç nakil hatlarından ve insan yapısı magnetik alanların diğer kaynaklarından uzakta bulunmalıdır. Magnetik gözlemlerin, elektrikli demir yolları ve nakliye sistemlerinden etkilenmiş bölgelerde yapılmaması gereklidir.

Magnetik alan gözlemleri 0,25-0,5 m istasyon aralıklarıyla radyal veya dikdörtgen ölçüm şebekesi halinde yapılır. Gözlem noktaları titiz bir şekilde yerleştirilmelidir. Ölçü hassasiyetini artırmak için gözlemler, birbir baz istasyonunda bulunan iki magnetometre ile aynı zamanda yapılır. Bunun sonucu 3-4 γ'lik ortalama bir ölçü hassasiyetine ulaşılır.

Her tekrarlanan magnetik ölçüm sonuçları bir magnetik şiddet kontur haritası şeklinde grafik olarak gösterilir. Bu haritanın maksimumu yer yüzeyi üzerinde konum işaretçisinin izdüşüm yerine karşılık gelir. İşaretçi-



- > Birinci dönem gözlemlerinin eşiğileri
- > İkinci " " " "
- ⊕ Derin magnetik işaretçilerin yeri
- ◎ Magnetik işaretçi içeren kuyuların ağız yeri
- Derin magnetik işaretçilerin yerdeğiştirme vektörleri
- Kuya ağızlarının yerdeğiştirme vektörleri

Şekil 6 — Birbirini izleyen iki gözleme için yüzey konum işaretçileri ve derin magnetik işaretçilerin sebep olduğu magnetik anomalilerin düzlemsel yerdeğiştirmesi.

ının yerdeğişitirmesi, yamaç üzerindeki hareketsiz noktalardan nırengi yapmak (triangulation) suretiyle saptanabilir. Birbirini izleyen ölçümler arasındaki uygun zaman aralığı belirli bir yamacın heyelan aktivitesine bağlıdır ve 0.5 ile 12 ay arasında değişebilir (Şekil 6). Bu gibi ölçümlerin sonuçlarını kullanarak, konum işaretçilerinin yerdeğişitirmesinden saptanabilen farklı yerdeğişitirmeli haritaları derlenir. Gözlemsel sonuçlar yorumlanırken hem magnetik işaretçinin vektör yerdeğişitirmesi (L) hemde işaretçinin içine indirildiği kuyu ağzı yerinin yerdeğiştirme vektörünün (I) dikkate alınması gereklidir. Bu vektörlerin oranı, heyelan kütlesi hareketliliğinin bir göstergesidir. Blok heyelanlar için bu oran, maksimum heyelan yerdeğiştirme yerlerini ayırt etmek için kullanılabilir.

Gözlemler, bir kuyu içine bırakılan muhtelif sayıda elektroldardan oluşan elektrik işaretçilerle de yapılabilir. Bunların yerdeğişitirmesi, yer yüzeyinde ölçülen elektrik potansiyelin maksimum değerlerinin değişiminden gözlenebilir.

SONUÇLAR

Heyelan olaylarının araştırılmasına jeofizik yöntemlerin uygulanması çeşitli problemlerin çözümünü mümkün hale getirir. Bunların en önemlileri; (1) heyelanların geometrisinin ve su doygunluğunun saptanması, (2) heyelanı kapsayan kayaçların durumları ve fiziksel özelliklerinin ortaya konulması, ve (3) heyelan kütlesi hareketinin incelenmesidir.

Heyelanlar konusunda doğrudan doğruya yapılan jeofizik araştırmalar şunları içermelidir :

1. Self (doğal)-potansiyel, rezistivite, sisimik, sıcaklık ve magnetometre ölçümlerinin bilesimleri. Konu içinde degenilimli bazı özel yöntemler (kuyu Inklinometre ölçüleri, yamaçların toprak tabakaları içinde meydana gelen mikrosismik gürültülerin analizi gibi).

2. Yamaçların geometrisi, fiziksel özellikleri ve islaklığının önemli özelliklerini ortaya koymaya yeterli olacak ayrıntılı ölçüler.

3. İçeriye akan su ve heyelan aktivitesi bakımından en önemlisi olan yılda zaman zaman yapılan rejim gözlemlerinin sistematik tekrarı (kısmen veya tamamen).

Keşif (reconnaissance) ve ayrıntılı jeofizik ölçümleri bilgisi heyelan kontrol usullerinin planlanmasıında kullanılmalıdır. Yapay heyelan kontrol tekniklerinin geçerliğini saptamak için yapılan jeofizik ölçüler, arama (exploration) jeofizigi yöntemlerinin spesifik bir uygulamasını teşkil eder.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- BOGOSLOVSKY, V. A., and OGILVY, A. A., (1977), Geophysical methods for the investigation of landslides: *Geophysics*, V. 42, P. 562-571.
- BOGOSLOVSKY, V. A., OGILVY, A. A., and STRAKHOVA, N. A., (1977), Magnetometric and electrometric methods for the investigation of the dynamics of landslide processes: *Geophysical Prospecting*, V. 25, P. 280-291.

SU KUVVETİ POTANSİYELİNİN GELİŞTİRİLMESİNDEN
KARST ORTAMININ ETKİLERİ

EFFECT OF KARST ENVIRONMENT TO WATER
POWER DEVELOPMENT

Ünal Özış*

ÖZ — Su kuvveti potansiyelinin geliştirilmesi açısından, erime boşluklu karbonatlı kayaçların oluşturduğu karst ortam: (a) yukarı havzalarda yerüstü su kaynağını azaltıcı; (b) aşağı havzalarda pınarların katkıyla bu kaynağı çoğaltıcı; (c) istasyonlarda gözlenen akarsuların baraj veya bağlama yerini temsil edecek biçimde dönüştürülmesinde özel güçlükler yaratıcı; (d) mevsimlik değişimlerin nisbi azalmasıyla, biriktirme hacmi ihtiyacını hafifletici; (e) yeraltı boşluklarının ek hacminin katkısıyla, yine biriktirme hacmi ihtiyacını hafifletici; (f) taşınır zirve akışlarındaki değişikliklerin, ortalama tekerler aralıklarında çok daha büyük zaman farklarına karşı gelmesine yolaçıcı; (g) hızanelerin geçirimsizlik sorunlarıyla baraj boyutlarını sınırlayıcı, etkilerde bulunabilmektedir.

Türkiyede Dalaman havzasından Dicle havzasına kadar uzanan büyük karst oluşumlarının, su kuvveti potansiyelinin geliştirilmesinde bazıları olumlu, bazıları olumsuz nitelikteki bu etkileri, gerek mevcut, gerekse tasarılmış su kuvveti tesislerinden örneklerle incelemektedir.

ABSTRACT — The effect of the karst environment, created by solution channels in carbonate rock formations, with regard to water power development are: (a) decrease of the surface water potential in upper basins; (b) increase of this potential in lower basins, through spring effluents; (c) complications in transferring the gaging-station-information to dam or weir sites; (d) alleviation in reservoir storage needs, through decrease in seasonal variation; (e) alleviation in reservoir storage needs, through bank storage in karst channels; (f) leading to larger changes in mean recurrence intervals for changes in flood peak flows; (g) limiting dam sizes, by reservoir leakage problems.

These effects, some of them being favourable, others unfavourable for water power development, are investigated on existing and planned water power sc-

hemes in karst regions of Turkey, extending from Dalaman to Dicle basins.

GİRİŞ

Erime boşluklu karbonatlı kayaçların oluşturduğu karst ortam, bir bölgenin su kuvveti potansiyelinin geliştirilmesi açısından, bazıları olumlu, bazıları olumsuz yönde, çeşitli etkilerde bulunabilmektedir.

Karstik kayaçlar yeryüzünde oldukça geniş bölgelere yayılmış olup, bazı ülkelerin su kaynakları açısından büyük önem taşıyan oluşumlardır. Bu ülkelerin biri olan Türkiye'de, özellikle Dalaman havzasından başlayarak, Eşençay, Köprüçay, Manavgat, Göksu, Lamas, Berdan, Seyhan, Fırat ve Dicle gibi akarsu havzalarını kapsayan bir kuşak boyunca karşılaşılan karstik kayaçlar (Eroskay ve Günay 1980), ülkenin su kaynaklarının geliştirilmesinde ayrıcalıklı bir yere sahip bulunmaktadır (Özış 1979; Yevjevich 1981; Özış v.d. 1985).

Bu havzalarda karst ortamdan kaynayan pınarların ortalama debillerinin toplamı $1100 \text{ m}^3/\text{sn}$ mertebesinde olup, söz konusu havzaların toplam $3300 \text{ m}^3/\text{sn}$ civarındaki su potansiyelinin üçte birine, Türkiye'nin toplam $5800 \text{ m}^3/\text{sn}$ civarındaki su potansiyelinin ise beşte birine karşı gelmektedir (Baran v.d. 1987).

Bu çerçevede içerisinde, karst ortamın su kuvveti potansiyelinin geliştirilmesine etkilerini, mevcut ve tasarılmış su kuvveti tesisleriyle ilgili örneklerden de yararlanarak incelemekte, Türkiye ve benzeri ülkelerin kalkınma çabaları açısından pek çok yarar bulunmaktadır.

**YUKARI HAVZALARDA YERÜSTÜ SU
KAYNAKLARININ AZALMASI**

Eriyebilen karbonatlı kayaçların egemen olduğu akarsu havzalarının genellikle yukarı kesimlerinde, erime boşluk ve çatlaklarının özellikle yüzeye çıktığı kesimlerde, yağışın önemli bir bölümünü yüzeysel akışa geçemeden

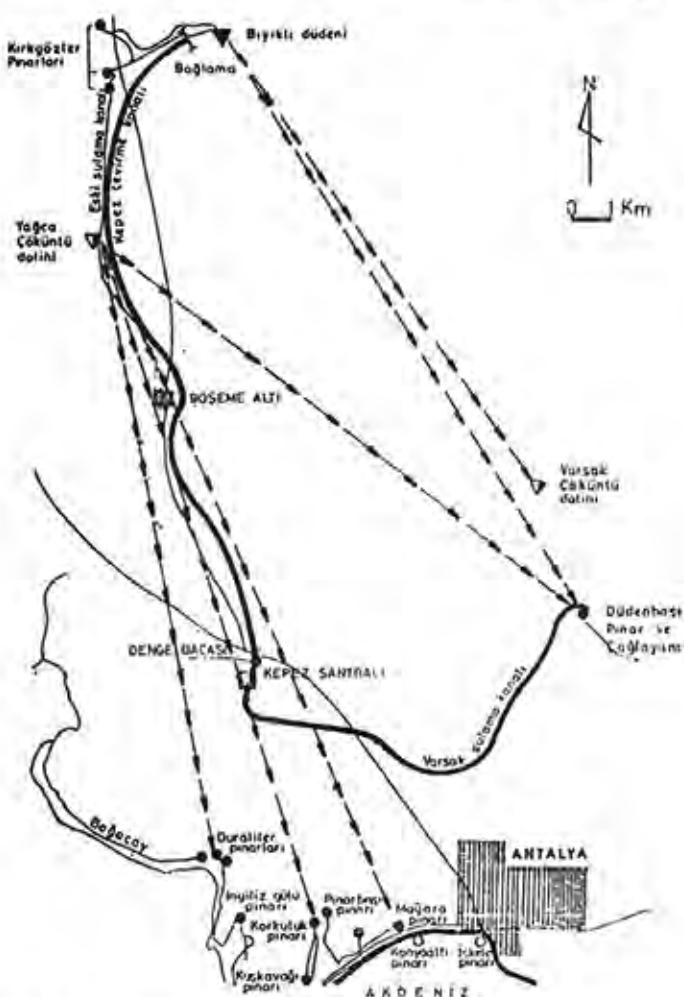
* Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. Bornova - İzmir.

yeraltına sızmaktadır; bu kesimlerde birlik yağış alanı başına yüzeyel akış modülü ($lt/sn/km^2$) benzeri iklim koşullarındaki farklı ve nisbeten geçirimsiz zemin örtülü havzalara kıyasla çok düşük kalabilmektedir.

Bu konuda en ilgi çekici örneklerden birini Lamas (Limonlu) havzasından vermek mümkündür. Beş adet hidroelektrik çevreme santralinin kurulması tasarlanan bu havzada, 504 km^2 yağış alanına sahip Sarıaydın akım gözlem istasyonunda $4,6 \text{ m}^3/\text{sn}$ ortalama debinin $1,8 \text{ m}^3/\text{sn}'lik$ ($3,6 \text{ lt/sn/km}^2$) kısmi yüzeysel akış olarak tanımlanabilirken, mansabındaki 995 km^2 yağış alanına sahip Kızılgeçit akım gözlem İstasyonu ile arasındaki 491 km^2 yağış alanına sahip, Kuzeydoğu'dan gelen ve yılın büyük çoğunuğunda yatağı kuru olan Evdilek kolunu da kapsayan ara havzanın yüzeysel akışı $0,5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ($1,0 \text{ lt/sn/km}^2$) mertebede kalmaktadır. Ara havzadan ayrıca $1,8 \text{ m}^3/\text{sn}$ pınar katkısı olup, Kızılgeçitin ortalama debisi $6,9 \text{ m}^3/\text{sn}$ dir (D.E.Ü. 1985, 1986; Benzeden ve Arısoy 1987).

Karst ortamda, yüzeysel suların düdenlerden yeraltına akarak kaybolması da mümkün olabilmektedir.

Antalyanın kuzeyinde, polye niteliğindeki karstik kaplı havzalardan yeraltına sızan suların beslediği Kırkgöz-



Şekil 1—Antalya yakınındaki Kırkgözler-Düden karst havzasındaki akış unsurlarının ve tesislerin genel yerleşim planı ve karst ortamda akış yönleri.

ler pınarlarının suyu Büyüklı düdeninden tekrar yeraltına sızıp, Düdenbaşında yüzeye çıkmakta iken (Şekil 1), Büyükliden önce derlenip, Kepez I ve II çevreme santrallarında değerlendirilmektedir (Acatay 1966; Atalay ve Sipahi 1980; Yevjevisch - 1981 Özlis 1984, 1985).

AŞAĞI HAVZALarda PINar KATKıLARIYLA YERÜSTÜ SU KAYNAKLARININ ARTıSİ

Akarsu havzalarının yukarı kesimlerinde yeraltındaki karst ortama sızan sular, aynı havzanın veya komşu havzaların aşağı kesimlerinde, büyük debili pınarlar olarak, genellikle akarsu yatağına yakın seviyelerde, tekrar yüzeyine çıkmakta ve yüzeysel sularda önemli artışlar meydana getirmektedir.

Türkiye'nin güneyinde, özellikle Akdeniz yöresindeki bazı havzalarda, bu tür pınarlar uluslararası ilgi çekicek özelliktedir (Dincer ve Payne 1971; Öziş v.d. 1980; Öziş ve Yurtsever 1982).

Üzerinde birçok su kuvveti tesisinin kurulması öngörmüş bulunan Eşençay havzasında (Şekil 2), yukarı kesimdeki Kavaklıdere akım gözlem istasyonunda ortalama akış $4.6 \text{ m}^3/\text{sn}$ (8.4 lt/sn/m^2) iken aşağı kesimin başlan-



Şekil 2 — Eşençay havzası yüzeysel yağış alanı ve yan kolları.

gicindaki Örenköy istasyonunda $19,5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ($24,2 \text{ lt}/\text{sn/km}^2$) olmaktadır; Kavaklıdere'de $1,6 \text{ m}^3/\text{sn}$, Örenköy'de $12,6 \text{ m}^3/\text{sn}$ pınar katkısı bulunmaktadır (Özış ve Keloğlu 1976; Baran v.d. 1987).

Manavgat havzası bu tür pınar katkısının en büyük önem taşıdığı örnek olup, bugün Oymapınar barajı hiznesi içinde kalmış olan Dumanlı pınarı (Şekil 3), ortalama $50 \text{ m}^3/\text{sn}$ mertebesindeki debisyle dünyanın tek gözen kaynayan en büyük pınarı niteliğini taşımaktadır (Karanjac ve Günay 1980; Yevjevich 1981; Özış ve Yanar 1984). Homa akım gözlem istasyonundan 41 km^2 daha küçük yağış alanına sahip Oymapınar baraj yerinde ortalama akış $139 \text{ m}^3/\text{sn}$, bunun içindeki toplam pınar katkısı $103 \text{ m}^3/\text{sn}$ mertebesinde bulunmaktadır (Benzeden, Yurdusev ve Aslan 1987).

BARAJ VE BAĞLAMA YERLERİNE GELEN AKIŞLARI BELİRLEME GÜÇLÜĞÜ

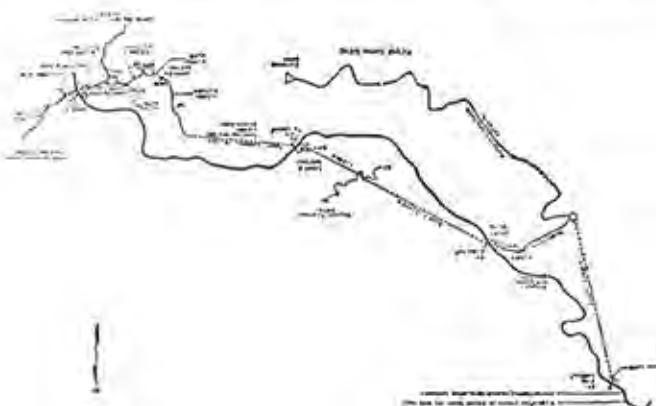
Karst pınarlarının akarsu debilerinde ani artışlar yatan nitelikteki katkıları, akım gözlem istasyonlarında ölçülen akışların bir baraj veya bağlama yerini temsil edecek şekilde aktarılmalarda özel güçlükler göstermektedir. Genellikle yağış alanları oranı ve bu alanlar üzerindeki yağışların oranı esasına dayanan, alışlagelen aktarma yaklaşımları, karst pınarlarının bu sıçrama niteliğindeki etkileri sebebiyle doğrudan uygulanamamaktadır.

Karst pınarları genellikle akarsu yatağına yakın seviyelerde kaynadığından, debilerinin sürekli ve doğrudan ölçülmesi de pek mümkün olmamakta, karst pınar katkısının belirlenmesi için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmektedir (Özış v.d. 1985).

Dumanlı pınarının mansabında yer alan Oymapınar baraj yerine, daha sonraki pınarı da dikkate alarak (Şekil 3), Homa istasyonunda gözlenmiş akışların aktarılma-

sı, bu alanda en ilgi çekici örneklerden biri olup (Karanjac ve Günay 1980, Karanjac ve Altuğ 1980, Özış ve Yanar 1984, Eroskay v.d. 1986), Homa'daki pınar ve yüzeysel akış bileyenlerin matematik modelleri ve haznenin dolması süresinde barajla Homa arasındaki havzada pınar akış gözlemlerine dayanarak, Oymapınar baraj yerine Homa'daki pınar katkısının % 91'i, doğrudan yüzeysel akışın % 96'sı dolayısıyla Homa toplam akışlarının % 92'si mertebesinde su geleceği belirlenmiştir (Benzeden, Yurdusev ve Aslan 1987).

Lamas havzasında da (Şekil 4), I. ve III. bağlama yerlerine gelen akışların belirlenmesinde, II. bağlama yerl



Şekil 4 — Lamas havzasının orta ve aşağı kesiminde yer alan, sulama tesisi ve yüksek düşülü çevreme santrallerinin genel yerlesim planı.

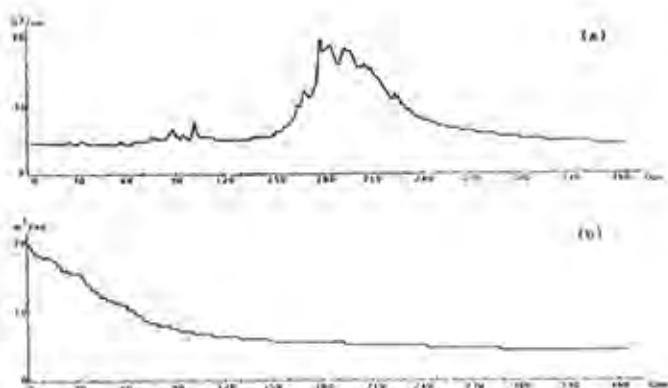
yakınındaki Kızılığecit istasyonu ile yukarı havzadaki Sarıaydın istasyonu gözlemlerinden yararlanılarak; özel yaklaşımlar uygulanmıştır (D.E.U. 1985, 1986; Benzeden ve Arısoy 1987).

PINAR AKIŞLARININ MEVSİMLİK DEĞİŞİMİ DAR SINIRLAR ARASINDA OLUDOĞUNDAN DÜZENLEME İHTİYACININ AZALMASI

Yeraltı sızan suların karst ortamda ötenmesi sonucunda, pınar debillerinin mevsimlik değişmesi doğrudan yüzeysel akışa geçmiş olan akarsu debilerine kıyasla daha dar sınırlar arasında olmaktadır. Bu sayede, akışların yıl içinde mevsimlik düzenlemesi için baraj haznelarında gerekli biriktirme hacmi ihtiyacının nisbi olarak azalması; hatta kurak dönemlerde de pınarlar genellikle beli bir debi sağladığından, barajla biriktirme yapmağa yönelik olumsuz, bağlamayla çevreme suretiyle suyun derlenmesi mümkün olmaktadır.

Lamas havzasında akışların bu özelliği (Şekil 5), suyun bağlamayla derlendiği yüksek düşülü çevreme santrallarına imkân vermiş (D.E.U. 1985, 1986; Benzeden ve Arısoy 1987); Manavgat havzasında Oymapınar barajının da nisbeten küçük, ortalama yıllık akışın % 7'si mertebesindeki bir hazne hacmiyle, 550 GWh/y civarında güvenilir, 850 GWh/y civarında ikincil, dolayısıyla 1400 GWh/y civarında toplam ortalama üretim yapabilecek bir su kuvveti tesisi olmasını mümkün kılmıştır (Benzeden, Yurdusev ve Aslan 1987).





Şekil 5 — Lamas çayı Kızılgeçit akım gözlem istasyonunda 1967-83 süresinde günlük ortalama akışların: (a) gidiş çizgisi; (b) sürekli eğrisi.

Kurak dönemdeki pınar akışlarının üstel boşalım fonksiyonlarıyla tanımlanıldığı matematik modeller, Türkiye'de özellikle Manavgat havzası örneğinde ele alınmıştır (Karancı ve Günay 1980; Yevjevich 1981, Özış v.d. 1981, Benzeden ve Tatlıoğlu 1985, Keloğlu 1985, 1987).

KARST ORTAMIN BOŞLUKLARININ KATKISIYLA FAYDALI BIRIKTİRME HACMININ ARTIŞI

Karst ortamda oluşturulan bir baraj haznesinin, yüzeysel faydalı hazne hacmine ilâveten, seviyenin yükselmesiyle karst ortamındaki boşlukları da suyun doldurması, seviyenin alçalmasıyla hazneye boşalması biçimindeki davranış, yeraltında ek bir faydalı hazne hacmi niteliğini taşımaktadır.

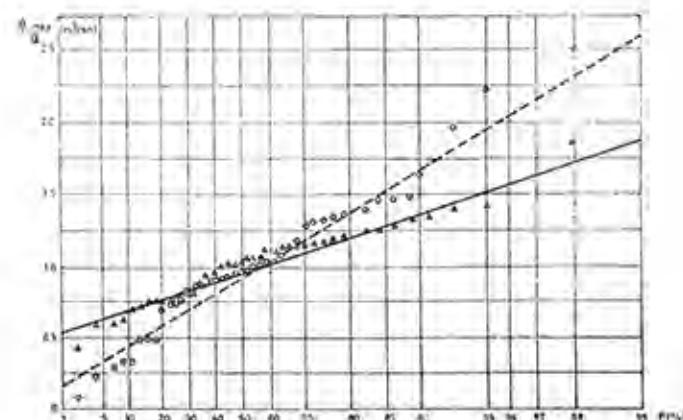
Manavgat havzasında Oymapınar barajı (Şekil 3) üzerinde yapılan çalışmalar (Özış v.d. 1980, 1981; Yevjevich 1981) bu katının % 10 ile % 50 mertebesinde olabileceğini ortaya koymuş, ayrıntılı son bir çalışmada bu oranın % 10 mertebesinde olduğu belirlenmiştir (Eroskay v.d. 1986).

TAŞKIN ZİRVE AKIŞLARINDAKİ KÜÇÜK DEĞİŞİKLİKLERİN ORTALAMA TEKERRÜR ARALIKLARINDA BÜYÜK DEĞİŞİKLİKLERE YOLAÇMASI

Karst pınar debillerinin taşkınlarda yüzeyaltı akış ilişkileri de olmakla birlikte, bu pınarların önemli katkısının olduğu akarsularda taşkin zirve akışlarının olasılık dağılımları, bu tür pınar katkıları bulunmayan ve doğrudan yüzeyde doğan taşkin zirve akışlarının olasılık dağılımına göre, karst ortamındaki ötelemenin sonucunda daha yavaş değişim, daha yatkı bir gidiş göstermektedir. Bu durumda, karst pınar katkıları akarsuların taşkin zirve akışlarında meydana gelecek bir değişiklik, o taşının ortalama tekerrür aralığında çok daha büyük bir değişime yol açmaktadır, özellikle inşaat sırasında çevre sistemlerinin boyutlandırılması açısından önem taşımaktadır.

Bu husus, Manavgat havzasındaki Homa istasyonunda gözlenen taşkin zirve akışları ile, bu tür pınar katkıları bulunmayan Çine havzasındaki Kayırılı istasyonunda gözle-

nen taşkin zirve akışlarının kıyaslanmasında açıkça görülmekte (Şekil 6); Oymapınar barajının inşaat sırasında tünelli çevreme sisteminin (Özış ve Yanar 1984) $1100 \text{ m}^3/\text{sn}$ olan ve ortalama 50 yılda bir aşılma olasılığına sahip kapasitesine karşı, inşa sırasında gelen $1290 \text{ m}^3/\text{sn}$ taşkin zirve debisi 1000 yılda bir aşılma olasılığına sahip bulunmaktadır (Olcay, Türkmen ve Benzeden 1987).



Şekil 6 — Karst pınar katkılı Homa/Manavgat (dolu çizgi) ile bu tür katkısı olmayan Kayırılı/Çine (kesikli çizgi) taşkin zirve akışlarının tekerrür dağılımları.

BARAJ HAZNELERİNİN GEÇİRİMSİZLİK SORUNLARI

Karst ortam niteliği gereği geçirgen olduğundan, barajla oluşturulan hazneden mansaba veya komşu havzalarara suyun kaçması, haznenin görevini kısmen veya tümüyle yapamaması tehlikesi bulunmaktadır. Bu kaçışı önleyebilecek geçirimsiz formasyonların arada bulunmaması durumunda, hazne oluşturma düşüncesinden vazgeçerek, suyu bağlamaya derleyeceğ tesis türüne yönelik zorunda kalınabileceğini gibi, bu tür geçirimsiz formasyonların belli bir seviyeye kadar varlığı baraj yüksekliğini sınırlayıcı başlıca etken de olabilmektedir.

Ayrıca, karst ortamındaki boşlukların killi malzeme ile dolmuş olması sonucunda su tutulduğunda sızdırmayan bir havzede zamanla yumuşayan killi tıkaçların artan basıncı altında akış gitmesi sonucunda, işletmeye alındıktan yıllar sonra dahi önemli sızma kayiplarıyla karşılaşılması lâhtimal dahilinde bulunmaktadır.

Keban barajında su tutulmaya başlandığında, havzede su belli bir seviyeye geldikten sonra $2,5 \text{ km}$ manşaptaki yanderede ortaya çıkan (Şekil 7) ve debisi, sonrasında alınan önlemlerle birkaç m^3/sn mertebesine düşürülmüş olmakla birlikte, bir ara $20 \text{ m}^3/\text{sn}$ mertebesine kadar yükselen kaçak pınarlar (Akhan 1976; Alpaslan 1982, 1983); Dicle havzasında, tek yüksek baraj yerine iki barajlı (Kralkızı ve Dicle) seçenekçe yol açan sınır koşulları (Erguvanlı v.d. 1980); Oymapınar barajının geçirimsizliğinin tâhîkî konusundaki yoğun çalışmalar (Altuğ 1976, 1982; Özış ve Yanar 1984) Türkiye'de bu alanda karşılaşılan en önemli örnekleri oluşturmaktadır.



Şekil 7—Keban barajı haznesi ve karst formasyonlarından kaçaklarla oluşan manşap pınarlarının genel yerleşim planı.

SONUÇ

Su kuvveti potansiyelinin geliştirilmesi açısından, bazıları olumlu, bazıları olumsuz nitelikte çeşitli etkileri bulunan, erime boşluklu karbonatlı kayaçların oluşturduğu karst ortam, Türkiye'de özellikle Dalaman havzasından Dicle havzasına kadar uzanan bir kuşak boyunca varlığını göstermekte olup, bu havzalarda bugün mevcut, inşa halinde, tasarılanmış çeşitli su kuvveti tesisleriyle ilgili olarak irdeledenen bu etkiler, gerek Türkiye'deki diğer çalışmalarla, gerekse karst ortamın önemli yer kapladığı başka ülkelerde su kuvveti potansiyelini geliştirme çabalarına ışık tutacak kapsamdadır.

TEŞEKKÜR

Karst su kaynaklarıyla ilgili inceleme ve araştırmalarda bana yardımcı olmuş (bir bölümü yüksek lisans ve doktora tezlerini bu çerçevede hazırlamış) çalışma arkadaşları, Doç. Dr. Ertuğrul Benzenden, Dr. Nejat Keloğlu, Dr. Ahmet Alpaslan, Doç. Dr. Nilgün Harmancıoğlu, Doç. Dr. Adem Özer, Uzman Y. Müh. Yalçın Arısoy ve özellikle bu tebliğin yayına hazır hale getirilmesindeki katkılarından da ötürü Y. Müh. Ergün (Ünal) Tatlıoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ACATAY, T. (1966b), Beyşehir gölü - Manavgat ırmağı ilişkisi. Ankara, DSI, "Teknik Bülten", n. 9, s. 1-24.
- AKLAN, T. (1976), "Keban baraj yerinde su kaçakları ile ilgili çalışmalar". Ankara, DSI Jeoteknik Hiz. ve Yeraltı Suları Dairesi.
- ALPASLAN, A. (1982), An approach to karst hydrology using the relationships between reservoir water level and spring discharge. Aachen/Essen, "Bulletin of the International Association of Engineering Geology", n. 25, pp. 111-115".
- ALPASLAN, A. (1983), Karst ortamda yeraltısu genel akış denklemlerinin belirlenmesi için hidrolojik bir sistem yaklaşımı. Ankara, "DSI Teknik Bülten", n. 54, s. 11-19.
- ALTUĞ, S., (1976), Leakage study of the west side of the Oymapınar Reservoir. Krefeld, "Bulletin of the International Association of Engineering Geology", n. 14, pp. 147-153.
- ALTUĞ, S., (1982), Leakage study of the east side of the International Association of Engineering Geology", Oymapınar Reservoir. Paris, "Bulletin of the In. 25, pp. 117-124.
- ATALAY, M., SİPAHİ, H., (1980), Explanatory notes on the karst system of Antalya travertines. Ankara, "International Seminar on Karst Hydrogeology, Oymapınar 1979, Proceedings (Ed. G. Günay)", pp. 350-354.
- BARAN, T., HARMANCIOĞLU, N., ÖZİS, Ü., (1987), Türkiye'nin akarsu havzalarında karst pınar katkıları. Ankara, İnşaat Mühendisleri Odası "Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi". C. II. s. 299-311.
- BENZEDEN, E., TATLIOĞLU, E. (ÜNAL), 1985, Hydraulicity and aquifer discharge coefficient in river basin with significant karst spring effluents. Ankara, "International Symposium on Karst Water Resources Proceedings", pp. 77-86".
- BENZEDEN, E., ARISOY, Y., (1987), Lamas havzası örneğinde biriktirmesiz çevreme santrallarında değerlendirilebilin debilerin çevreme kapasitesi ile değişimi. Ankara, İnşaat Mühendisleri Odası "Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi". C. II. s. 65-79.
- BENZEDEN, E., YURDUSEV, M.A., ARSLAN, M., (1987), Oymapınar HES aylık enerji üretimlerinin analizi. Ankara, İnşaat Mühendisleri Odası "Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi". C. II. s. 283-297.
- D.E.U. (Özis, Benzeden, Arısoy, Olcay), (1985), "Mersin-Limonlu havzası Lamas hidroelektrik santralleri (IIIA, B; IV) yapılabilitirlik etüdü hidroloji raporları. (C. I: Genel su potansiyeli), (C. II: Taşın durumu), (C. III: Santral işletme çalışmalarında yararlanılacak akışlar)". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. C. I: 107 s.; C. II: 40 s.; C. III: 83 s.
- D.E.U. (Benzeden, Arısoy, Özis). (1986), "Mersin-Limonlu havzası Lamas hidroelektrik santralleri (I ve II) yapılabilitirlik etüdü hidroloji raporları". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. 269 s.
- DİNÇER, T.; PAYNE, B.R., (1971), An environmental isotope study of the southwestern karst region of Turkey. Amsterdam, "Journal of Hydrology", v. 14, pp. 233-157".
- ERGUUVANLI, K.; VARDAR, M.; YÜZER, E.; ZAMBAK, C., (1980), Ingenieur-geologische Probleme bei der Gründung der Dicle-Kralkızı-Talperre (SO Türkei). "Rock Mechanics", Suppl. Vol. 10, pp. 9-22.
- ERÖSKAY, O.; GÜNAY, G., (1980), Tecto-genetic classification and hydrogeological properties of the

- karst regions in Turkey. Ankara, "International Seminar on Karst Hydrogeology, Oymapınar 1979", DSI-UNDP Project, (Ed. G. Günay), pp. 1-41.
- EROSKAY, O.; GÜNEY, G.; ARIKAN, A., (1986), "Oymapınar Barajı'nın karst ortamındaki etkileri". Ankara, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Proje no TBAG-625, 121 s.
- KARANJAC, J.; GÜNEY, G., (1980). Dumanlı Spring, Turkey, the largest karstic spring in the world. Amsterdam, "Journal of Hydrology", n. 45, pp. 219-231.
- KARANJAC, J.; ALTUĞ, A., (1980), Karstic spring recession hydrograph and water temperature analysis: Oymapınar dam project, Turkey. Amsterdam, "Journal of Hydrology", V. 45, pp. 203-217.
- KELOĞLU, N., (1985), Mathematical simulation model with exponential deterministic component for monthly river runoff receiving karst spring effluents. Ankara, "International Symposium on Karst Water" Resources, Proceedings", pp. 135-139.
- KELOĞLU, N., (1987), Karst pınar katkılı aylık akışların üstel deterministik bileşenli matematik benzetim modelleri. Ankara, "Devlet Su İşleri Teknik Bületeni", n. 57, s. 33-43.
- OLÇAY, S.; TÜRKMAN, F.; BENZEDEN, E., (1987), Oymapınar Barajı örneğinde önemli karst pınar katkılı akarsularda çevirme sistemi kapasitesinin incelenmesi. Ankara, İnşaat Mühendisleri Odası "Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi", C. II. s. 313-319.
- ÖZİŞ, Ü.; KELOĞLU, N., (1976), Some features of mathematical analysis of karst runoff. Fort Collins. Water Resources Publications "Karst Hydrology and Water Resources", (Dubrovnik 1975, Proceedings) (Ed. V. Yevjevich), pp. 221-235.
- ÖZİŞ, Ü. (1979), Türkiye'de karst hidrolojisi çalışmalarına toplu bakış. İstanbul, "I. Ulusal Hidroloji Kongresi", s. 49-63. & (trans. N. Harmancioğlu): "An outlook to karst hydrology studies in Turkey". In: Karst Hydrogeology (Ed. G. Günay) (1980), pp. 294-304.
- ÖZİŞ, Ü.; HARMANCIOĞLU, N.; ÖZER, A., (1980), Mathematical analysis in karst hydrology of southwest Turkey. İzmir, E.Ü. "VI. Colloquium on Geology of the Aegean Region, 1977, Proceedings", pp. 491-498.
- ÖZİŞ, Ü.; BENZEDEN, E.; HARMANCIOĞLU, N.; ÜNAL, E., (1980), Baraj göllerinin faydalı hacmine eriyebilen kayaların katkısı. İstanbul, IAEG Türk Millî Komitesi, 'II. Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu', (özel önbaskı, 16 s.).
- ÖZİŞ, Ü.; ÜNAL, E.; HARMANCIOĞLU, N.; BENZEDEN, E., (1981), Underground storage capacity of dams in karst regions, estimated through recession hydrographs. Aachen-Essen, "Bulletin of the International Association of Engineering Geology", n. 24, pp. 75-79.
- ÖZİŞ, Ü.; YURTSEVER, Y., (1982), An outlook on tracer applications in karst hydrology of Turkey. Bern, "Beitrag zur Geologie der Schweiz-Hydrologie", v. 28, s. 149-160.
- ÖZİŞ, Ü., (1984), Environment and underground: karst waters of Antalya, İzmir, "Umwelt" 84; V. Türk-Alman Çevre Mühendisliği Sempozyumu tebliğleri", s. F-31-F-33.
- ÖZİŞ, Ü.; YANAR, H., (1984), Turkish dam impounds world's largest karst spring. London, "International Water Power and Dam Construction", v. 36, n. 12, pp. 44-49".
- ÖZİŞ, Ü.; (Çev.: TÜRKMAN, F.; BARAN, T.), (1985), Antalya'nın karstik suları. Isparta, "Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi III. Mühendislik Haftası, Bildiriler", s. 1-9.
- ÖZİŞ, Ü.; BENZEDEN, E.; KELOĞLU, N.; HARMANCIOĞLU, N., (1985), Assessment of karst water resources. Brussels, IWRA, "Vth World Congress on Water Resources", Proceedings, V. I, pp. 95-102.
- YEVJEVICH, V., (1981), "Karst waters of southern Turkey". Ankara DSI-UNDP Project. Final Technical Report.

**ORHANGAZİ-NADİR KARSTİK KAYNAĞININ
HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ**
ve
KAYNAK SUYUNUN BULANMASINI ÖNLEME ÇALIŞMALARI
**HYDROGEOLOGICAL STUDY OF THE ORHANGAZİ-NADİR
KARSTIC SPRING AND**
METHODS TO PREVENT THE TURBIDITY IN THE SPRING WATER

Baki CANIK*

ÖZ — Orhangazi şehrini su ihtiyacını karşılayan Nadir Kaynağı, etkili ve sürekli yağışlardan sonra bulanmaktadır. Kaynağın beslenme alanında yaptığıımız hidrojeoloji çalışmaları ile bulanmanın nedeni belirlenmiş ve çözüm yolları önerilmiştir.

Jeoloji ve hidrojeoloji çalışmaları, 1/25.000 ölçekli haritalarda, yaklaşık 60 km² lik alanda yapılmıştır. Temeli, metagrovak, şeyl ve şist oluşturmaktadır, üzerlerinde ise içerisinde mağara, olaraka, suytan vb. gibi karst şekillerinin yaygın olduğu mermerler bulunmaktadır.

Debisi 120 l/s. olan karstik Nadir Kaynağına ulaşan yeraltı suyunun akım hızı, fluoresein boyalı deneyi ile 90 m/saat olarak hesaplanmıştır.

Şistlerin ve mermerlerin bozulma ürünü olan kırmızı renkli malzemenin etkili yağışlarla kaynağa kadar ulaştığı ve bulanmanın bu şekilde oluştuğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada bu tür yüzeysel suların obruklardan yeraltına süzülmemesi için gerekli işlemler önerilmiştir.

ABSTRACT — The Nadir spring, which supplies water to the town of Orhangazi, becomes turbid after heavy and long precipitation. Studies conducted in the catchment area of the spring have shown the cause of the turbidity; methods to prevent the turbidity are suggested.

Geological and hydrogeological studies are conducted on 1/25.000 scale maps covering an area of about 60 km². The basement of the region is made up of metagreywacke shale and schist; these are overlain by marbles with extensive karstic features such as caves, (obruk), etc. The discharge rate of the karstic Nadir spring is 120 lt/s and the flow rate, determined by (fluoresein) colouring, is 90 m/hour.

The turbidity is caused by the leaching of the superficial red clay-rich material, formed by the alteration

of schist and marble, to the spring after heavy rains. Methods are suggested to prevent the leaching of superficial water to the underground.

GİRİŞ

Orhangazi İlçesinin içme ve kullanma suyunu temin eden Nadir kaynağının suyu, beslenme bölgesindeki sürekli ve etkili sağnak yağışlardan sonra bulanmaktadır. Bazı günlerce süren bulanmanın nedenini araştırmak için Belediyenin isteği ile bölgede, Ağustos-Kasım 1987 arası Jeoloji ve hidrojeoloji incelemeleri yapılmıştır.

Kaynağın beslenme bölgesi ve yakınında 60 km² lik alanda 1/25.000 ölçekli Jeoloji haritası yapılmış, kayaçların birbirleri ile ilişkileri ve hidrojeoloji özellikleri ortaya konmuştur. Kaynağa ulaşan yeraltı suyunun akım hızı fluoresein boyalı deneyi ile tespit edilmiştir.

COĞRAFYA: İnceleme alanı Armutlu yarımadasının GD sundadır (Şekil 1). Orhangazi'de 125 m olan rakım,



Şekil 1 — İnceleme alanı.

* A.Ü. Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Tandoğan - Ankara.

Nadir kaynağında 180 m dir. Orhangazi'den batıya yükseltiler artar ve Kovacık T 414 m, Kuşaklı T 750 m. ve Karaincir T 964 m. dir.

Akarsuların hemen hepsi mevsimliktir. Orhangazi meteoroloji istasyonunun 14 yıllık ölçümlerine göre yıllık yağış ortalaması 775 mm, sıcaklık ortalaması ise 13° , 2°C tır.

JEOLOJİ

METAMORFİK ŞİSTLER: İnceleme alanında alta metamorfik şistler bulunmaktadır. Mostraları alanın kuzeyinde ve güneyinde izlenir. Metamorfik şistlerin çoğu, metagrovak, fillit, yeşil şist, siyah şeyl ile klorit-muskovit şistlerinden oluşur. Arada kalınlığı 1 m ye ulaşabilen kuvarsit tabakaları bulunmaktadır. Seri sık sık ve oldukça geniş yer kaplayacak biçimde bazik volkanik damarlarla kesildikleri gözlenmektedir. Damar kayaları çoğunlukla bozuşmuş olup kaolinleşme ve zeolitleşme görülür.

Metamorfik sistemlerin yaşını Alt Paleozoyik olarak düşünmektedir.

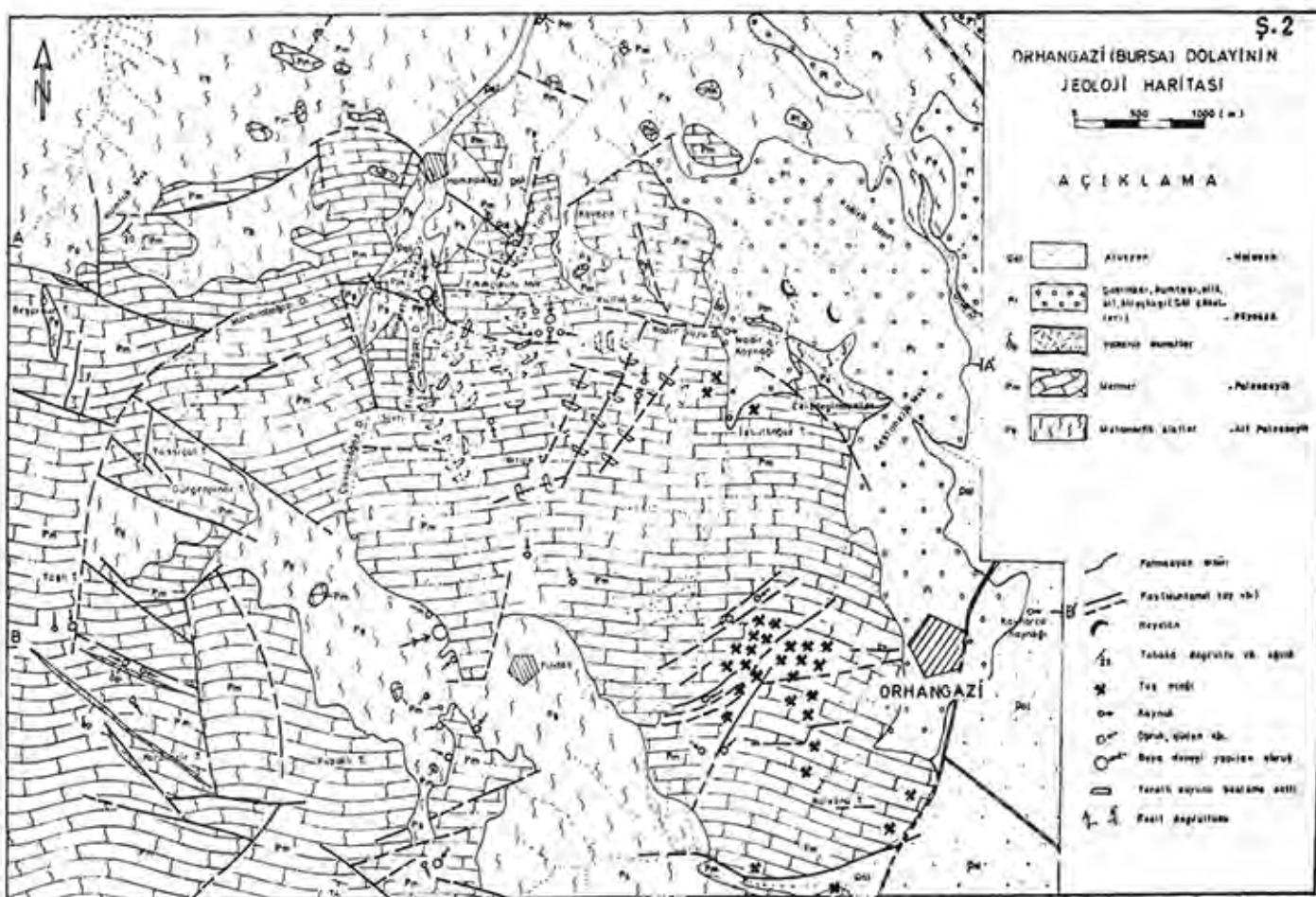
MERMERLER: Alanda geniş yer kapılarlar. Çoğu gri ve beyaz renkli, granoblastik dokuludur. Çok az tabakalanma gösterirler. Kalınlıkları 400 m ye ulaşır. Faylı, bol kırık çat�ak ve erime boşlukludur. Orhangazi B'sindaki taş ocaklarında mermerlerin metamorfik şistlerin içine kamalandığı gözlenmektedir. Alanda, mermerlerle metamorfik şistlerin dokanağında pekçok obruk, dolin, su yutan vb. gibi farklı boyutta karst şekilleri vardır.

Mermerlerde fosil bulunamamış olup, yaşıları oransal olarak orta-üst Paleozoyik tahmin edilmektedir.

GÖL ÇÖKELLERİ: Altta kırmızımsı çakıltaş, kumtaş, silt ve kilden oluşur. Mostrası alanın B sindadır. Arada, kalınlığı 1,5-2 m olabilen beyaz killi kireçtaş ve marn vardır. Üstte fazla sıkışmamış kırmızı killi çimşentolu konglomera, kumtaşları ve killi bulunur. Kalınlığı 120-160 m kadardır. Yaşları Pliyosen olarak düşünülmektedir.

ALÜVYON: Dere yataklarında, kalınlığı birkaç metreye ulaşabilen çakıl, kıl, kum ve siltli malzemeden oluşur.

KAYAÇLARIN HİDROJELOJİ ÖZELLİKLERİ: Metamorfik sistemlerin çoğu geçirimsiz olup, bozulma fazladır.



Bozusma Ürünü killidir. Aradaki kuvarsit seviyeleri ve bozusması az olan şistlerin sürekli düzlemleri, boyunca porozite ve permeabilitenin arttığı kuşaklardan boş-

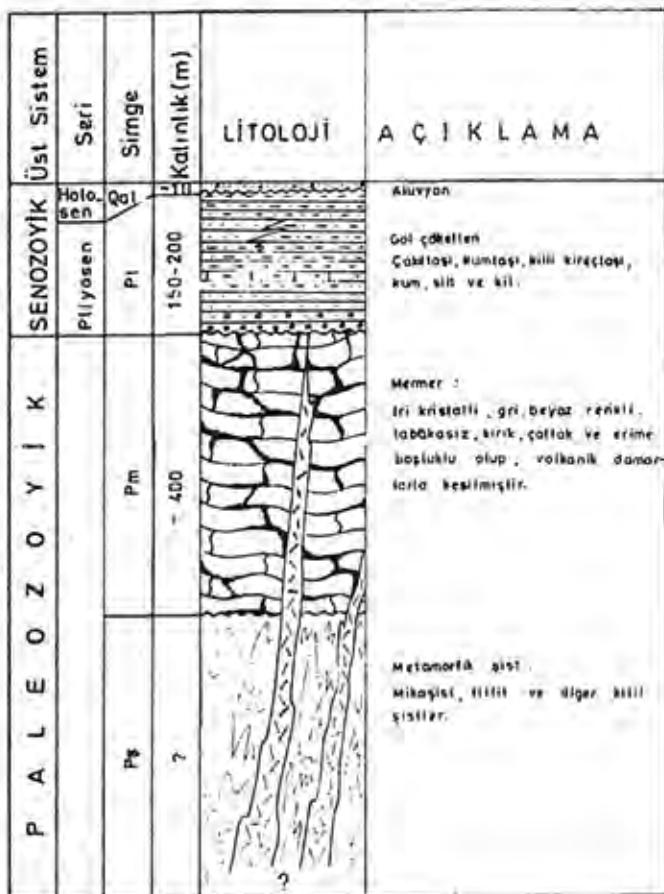
İan (debilleri 0,1 lt/sn den küçük) kaynaklar gözlenmemektedir.

Sistler, mermerlerin altında geçirimsiz tabanı oluştururlar ve negatif sınır ödevi görürler.

Mermerlerin ikincil gözeneklilik ve geçirgenliği çok artmış olup, çatlaklı yapının denetlediği karstlaşma çok gelişmiştir. Alınan örneklerin % ağırlık olarak kimyasal tahlili sonuçları şöyledir:

CaO : 55,08	Fe ₂ O ₃ : 0,10
MgO : 0,27	SiO ₂ : 0,04
Ateşte zayıflat: 43,90	

Mermerler, metamorfik sistlerin üzerinde su depolayabilecek özelliğe sahip oluşumlardır ve Nadir karst kaynağı da bunlardan beslenmektedir.



Şekil 3—Organzazi (Bursa) dolayının stratigrafik dik kesiti.

Pliyosen göl çökelleri çoğu killi olup akifer özellikte görülmemektedir. Ancak, Orhangazi ve dolayında mermerlerden D ya doğru boşalan sular, bunların çakılı seviyelerinde depolanarak basınçlı bir akifer oluşturabilirler.

NADİR KARST KAYNAĞININ BESLENMESİ: Kaynak, mermerler üzerine düşen yağış suları ile doğrudan beslenmektedir. Beslenme alanına düşen yağış, fay kuşakları, yarık, çatlak, erime boşlukları ve diğer karst şekilleri gibi, suyun hareketine uygun kuşaklar boyunca doygun kuşağa ulaşır.

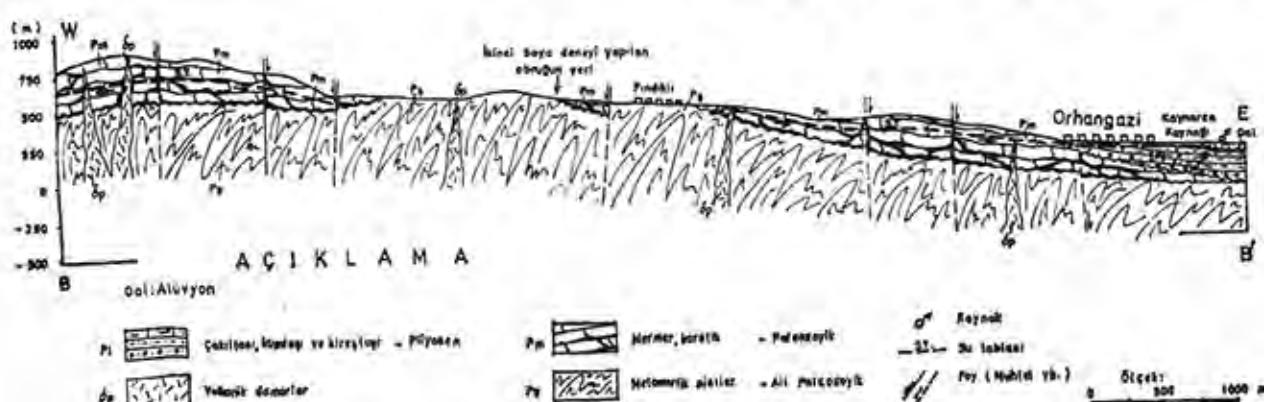
Beslenme alanı batıda Karaincır T., Taşlı T. ve Başpinar T. den itibaren doğuda kaynağa kadar devam eder. Bu alanda yüzey karst sisteminin geliştiği gözlenmektedir. Sivri T., Kiran T. ve Küllük sırtı dolayında gözlenen pek çok dünen, dolin ve obruklar, yeraltı karst sisteminin de mağara ve geniş erime boşlukları şeklinde gelişmiş olabileceğini kanıtlamaktadır.

DEBİSİ: Nadir kaynağındaki kaptajdan suyun bir miktarı şehrde gelmekte, bir miktarı da sulama suyu ihtiyaci için dışarıya aktılmaktadır. Kaynağın debisi mevsimlik değişme göstermektedir. 1987 Ağustos sonunda kaptajdan dışarıya atılan suyun miktarı OTT tipi mulline ile 75 l/s olarak ölçülmüştür. Aynı gün şehrde gelen su, depoya girdiğinde belirli hacim yöntemi ile 45 l/s olarak hesaplanmıştır. O halde kaynağın toplam debisi 120 l/s ye ulaşmaktadır.

YERALTISUYUNUN HAREKET YÖNÜ VE HIZI: Mermerlerde depolanan suyun kuzeye doğru hareketi, metamorfik sistlerin geçirmsiz sınır oluşturması nedeniyle mümkün değildir. Güneyde Fındıklıdan KB ve GD yönünde uzanan sistelerde burada geçirmsiz bir sınır olduğundan, Fındıklıdan K deki mermerler üzerinde düşen yağışın güneye akımını engellemektedir.

Doygun kuşağa ulaşan yeraltısuyu karst sisteme bağlı olarak yersel yön değişimleri yapsada genel akım yönü batıdan doğuya yanı Nadir kaynağuna doğrudur.

Yeraltısuyunun belirlenen yöndeki hızını hesaplamak için fluoresein boyası kullanılarak iki noktadan deney yapılmıştır. Hamzalı köyün 1 km G indeki büyük obruktan önce 30 m³ su boşaltılarak, su tablası üzerindeki muhte-



Şekil 4—Orhangazi kaynaklarının hidrojeoloji kesiti.

mel erime oyuklarının su ile dolması sağlanmış sonra 500 gr boyalı 5 m³ su içinde homojen çözelti haline getirilip dökülmüş ve üzerine 20 m³ su boşaltılarak boyanın doygun kuşağa ulaşması sağlanmıştır.

Boyalı döküldükten 1 saat sonra kaynaktan her saat başı numune alımına başlanılmış ve bu işe 6 gün devam edilmiştir. Deneyin başlangıcından yaklaşık 24 saat sonra kaynaktaki açık sarımı yeşil renk çiplak gözle gözlenmeye başlanmıştır. Alınan örneklerin boyalı konsantrasyonu fluorimetre ile tayin edilmiştir.

Buna göre, zamana bağlı olarak kontrasyon değişim eğrisi çizilerek yeraltı suyunun akım hızı hesaplanmıştır. Yeraltısuunun katettiği yol harita üzerinden 2250 m olarak hesaplanmıştır. Maksimum hız 102 m/saat, minimum konsantrasyon 10^{-4} ppm ve maksimum konsantrasyon 0,2 ppm olduğuna göre ortalama zaman $t_m = t_1 + t_2 / 2$ eşitliğinden $t_m = 22 + 28 / 2 = 25$ saatdir. Yeraltısuunun en büyük ortalama hızı $V_m = 1/t_m$ olup, $V_m = 2250 / 25 = 90$ m/saat olarak hesaplanmıştır.

Fındıklı köyünden 1 km B daki obruktan yapılan deneye, boyalı Nadir kaynağında gözlenmemiştir, yalnız köyün B ucundaki çeşmede gözlenmiştir.

NADIR KAYNAĞININ BULANMASI: Kaynağın beslenme alanındaki mermerlerin karstlaşması sonucu oluşan kırmızı kil ve silt (Terra Roza), mermerlerin yarık, erime boşluğu ve bazen fayların doldurduğu gibi düşen ve dolinlerin tabanlarında da gözlenir. Alandaki metamorfik sistelerin bozusma ürünü de gri kırmızımsı killi ve siltildir.

Bölgelerde, özellikle vadi tabanlarında oluşan su yutanların üzeri bazen yerli veya az çok taşınmış bu kırmızımsı malzeme ile 8-10 m. kalınlığa kadar örtülebilir.

Bölgeye düşen sürekli yağışlarla etkili sahnaklardan sonra meydana gelen sel suları küçük debili de olsalar, sıkışmamış malzeme olan alandaki bozusma ürünü bu kırmızı killi ve silti kolayca taşıyabilmekte ve bulanmaktadır. Bulanan bu sular obruk alanına gelince, oradaki fazla sıkışmamış alüvyon malzemeden de mekanik aşındırma sonucu bir miktar daha bünyesine almaktır ve yerin altına taşımaktadır. Yeraltıda doygun kuşağa ulaşan bulanık su, içinde asılı duran ve onu bulandıran malzemenin çökmesine zaman bulmadan, 2-2,5 km mesafedeki kaynağa ulaşmaktadır. Burada su yeryüzüne bir noktadan değil 85-90 m² lik bir kaptaj içinde sayısız noktalardan yanı bir kaynak alanından çıkmaktadır. Kaynak alanında, özellikle büyük debili çıkışların dolayında kırmızımsı killi silt ve çok ince kum yığıntıları gözlenmektedir. Eşitlik malzemeleri suyun Orhangazi'deki dağıtım deposunda da gözlenmiştir.

Kaynağın bulanmasına neden olan suyun yeraltına boşalmasını sağlayan obruktardan önemlileri şunlardır:

1. Hamzalıköy Büyük Obruk: Köyün 1 km güneyinde ve birinci boyalı deneyinin yapıldığı obruktur. Elipsoidal şekilli olup, uzun eksen KD-G 50 m, kısa eksen 30 m dir. Obrugun KD ucu 12 m derinlikte olup, burada mermerlerin içinde su yutan görülmektedir.

2. Küçük Obruk: Büyük obrugun 8-10 m KKD da alüvyon içinde oluşmuş, elipsoid, uzun eksen 19,5 m kısa eksen 16,5 m ve derinliği 5 m dir.

3. Hımmetalan Obruğu: Hamzalıköyün 700 m G İndedir. Metamorfik sistelerle mermerlerin dokanağında oluşmuştur. KD-GB uzanımı asimetrik elips şeklinde olur. Uzun eksen 15 m, kısa eksen 12 m dir. Su yutan obrugun KD ucunda ve 5 m derindedir.

4. Çavlık dere Obruğu: Metamorfik sistelerle mermerlerin dokanağını oluşturan bir fayın B ucundadır. Yaklaşık 20 m çapında dairesel ve 4 m derinliktedir. Su yutan obrugun tabanında ve D ucundadır.

5. Çukurtarla Obrukları: Hamzaköyün 750 m GD da, K-G uzanımı çukur bir tarlanın D kenarında aralarında 60-70 m mesafede bulunan iki obruktur. Obruklar dairesel olup çapları 25 m, derinlikleri 5-6 m dolayındadır.

6. Fındıklı köyü Obrukları: Fındıklı'nın 500 m B da bulunan ve 2. boyalı deneyi yapılan obrukla, bunun 150 m ve 300 m KKB sında bulunan iki obruk da metamorfik sistelerle mermerlerin dokanağında oluşmuşlardır.

NADIR KAYNAĞININ BULANMASININ ÖNLENMESİ: Kaynak suyunun bulanmasını önlemek için tek önlem, kırmızımsı renkte akan sel sularının obruktardan yerin içine süzülmesini önlemektir. Bunun için her obruk tek tek ele alınıp şu çalışmalar yapılmalıdır:

1. Hamzaköy Büyük Obruk: Obrugun 200 m G İnden dere yatağı beton setle kapatılır, sel suları kanal içinde obrugun 50 m B sından geçirilerek Çavlık dereye akıtmalıdır. Kanal alüvyonda kaplamalı olmalıdır. Obruk dibindeki mağara şekilli su yutan ince çatlakları kapaması için önce birkaç yüz litre cimento serbeti gönderilmelidir, sonra kumlu ince çakılı ve daha kıvamlı cimento harcı kullanılarak mağara, giriş ağzına kadar doldurulmalıdır. Obruk alanı tabandan itibaren killi ve siltli malzeme ile sıkıştırılarak tamamen doldurulabilir. Bu durumda obruk alanı tarım alanına dönüştürülmüş olur.

2. Küçük Obruk: Etrafi, D ve GD den gelebilecek sel suları obruga girmeyecek tarzda düzenlenmelidir.

3. Hımmetalan Obruğu: Obruga G ve KD dan gelebilecek sel suları kanal içine alınarak B ya, çavlık dereye akıtmalıdır. Ayrıca su yutan yine önce cimento serbeti ile sonra da obruk sıkıştırılmış killi, silt ve üst kısımda toprakla doldurularak tarım alanına dönüştürülebilir.

4. Çavlık Dere Obruğu: Burada da cimento serbeti ve doldurma işlemi önceki obruktardaki gibi yapılmalıdır.

5. Çukur Tarla Obrukları: Buraya gelen sular tarlanın G ve D daki mermerler üzerine düşen yağıştan selenlerdir. Sel suları daha çok tarladaki bozusma ürünü killi ve silti obruga taşımaktadır. Bu nedenle çukur tarlanın G ucundan itibaren Kiran T ye kadar vadi içinde uygun yerlere yeraltı suyunu besleme setleri yapılmalıdır. Yüksekliği 1-2,5 m olabilecek bu setlerin arkasında biriken sular, hareketine uygun kuşaklar boyunca yerin içine süzülecektir. Setlerden taşan su tarladan kanaletle geçirilip G deki obruga akıtmalıdır. Kuzeydeki obruk öncekilerde olduğu gibi cimento, sıkıştırılmış killi silt ve toprakla kapatılmalıdır.

6. Fındıklı Köyü Obrukları: Burada yalnız 2. boyaya deñeyi yapılan obruk doldurulmadan bırakılmış sellenmeler drenaj hendeği ile bu obruğa akıtmalıdır. Bunun KKB sindaki 2 obruk öncekiler gibi doldurularak tarım alanına dönüştürülmelidir.

NADİR KAYNAĞININ FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ: Kaynağın toplam debisi 120 l/s (27.8.1987) ve sıcaklığı 14°C tır. Suyun tahlil sonucu aşağıdadır:

	mg/l	meg/l	% meg
Ca	106.0	5.3	91.0
Mg	4.8	0.4	6.87
Na	2.53	0.11	1.89
K	0.55	0.014	0.24
Cl	12.43	0.35	6.62
SO ₄	1.73	0.036	0.68
HCO ₃	207.4	3.4	64.32
CO ₂	90.0	1.5	28.38

Elektrikli kondüktivite: 340 cm

pH : 7.52

NO₂ : 0.01 ppm

NO₃ : 0.0 ppm

Toplam sertlik (Fr.S°): 29

Yukarda verilen bilgilerden faydalananlarak çizilen Scholler ve üçgen diyagramlarından, kaynak suyunun Kalsiyum ve bikarbonatlı olduğu, ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramında zıralı sulama suyu olarak C₁S₁ sınıfına, içilebilme diyagramında ise devamlı içilebilen 2. kalite (oldukça iyi) sv sınıfına girdiği anlaşılmıştır.

YERALTı SUYUNUN BESLENMESİNİ ARTIRMA: Kaynağın beslenme alanında, özellikle çukur tarla, sıvritepe, Kiran tepe ve Nadir kaynağı arasındaki alanda ve uygun yerbilere boyu vadî genişliğine bağlı olarak, yüksekliği

1-2,5 m arasında değişebilen yeraltı suyunu besleme setleri yapılmalıdır. Bu setlerin arkasında biriken sel suları, erime boşlukları, su yutanlar dolinler büyük yarık çatlak ve faylar boyunca, derinlere süzülecektir. Dolin ve düşenlerin tabanından süzülmeyi artırmak için tabanlarında birikmiş killi toprak kaldırılmalıdır. Yüzeyde, suyun süzüleceği uygun bir nokta yoksa, dinamit patlatılarak süzülme için uygun bir ortam oluşturmak ta mümkündür. Bellirlenen alanda bu setlerden 40-50 adet yapılabilir. Kaynağın ilerde kirlenmesini önlemek için bu alanın yapılaşmaya kapatılması şart olduğu gibi, sürekli hayvan otlatılması veya alana sokulması da önlenmelidir. Bunun için alanın tel örgü içine alınması kalıcı bir önlem olarak görülmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

CANİK, B., (1985), The formation of sinkholes (OBRUK) between Karapınar and Kızören KONYA Karst water resources symposium. AIHS publ. no: 161, Ankara.

CANİK, B., (1986), Bodrum yarımadasının doğu yarısında karst şekillerinin oluşumu ve yeraltı suyundan yararlanma imkânları. DSİ, Jeoteknik seminer, İstanbul.

CANİK, B., (1988), Karst Hidrojeolojisi ders notları. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi yayınlanmamış.

CARO, P., (1965), La chimie du gaz carbonique et des karstiques, et les phénomènes hydrogéologiques. Chronique d'Hydrogéologie, no 7, p. 51-77 Bulletin du BRGM, Paris.

MİJATOVIC, B.F., (1975), Exploitation rationnelle des eaux karstiques. Hydrogeologie des terrains karstiques. AIH, serie B, no 3 p. 123-134, Paris.

EDREMIT OVASINDA AKİFER PARAMETRELERİNİN ALANSAL DAĞILIMININ JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF AQUIFER PARAMETERS OF SPATIAL DISTRIBUTION IN EDREMIT PLAIN BY GEOSTATISTICAL METHODS

Alpaslan ARIKAN*
L. TEZCAN**

ÖZ — Yeraltısu sistemlerinin davranışlarının incelenmesinde matematiksel modeller yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Genellikle sonlu farklar yöntemi ya da sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak hazırlanan bu modellerde, model alanı, hidrojeolojik parametrelerin sabit kaldığı küçük model elemanlarına bölünmektedir. Hidrolik yük dağılımı $[h(x,y,z,t)]$ zamanın ve konumun bir fonksiyonu olarak her bir model elemanı için bir diferansiyel eşitlik ile ifade edilmekte ve akifer parametreleri bu eşitlikte birer katsayı olarak yer almaktadır. Matematiksel model çalışmalarında ortaya çıkan başlıca sorun bu katsayıların her bir model elemanı için alacağı değerin belirlenmesidir. Pompalama denemeleri ya da laboratuvar analizleri ile bazı noktalarda ölçülen bu parametrelerin alansal dağılımının belirlenmesinde doğrusal interpolasyon yöntemi yeterli olmamaktadır. Bu amaçla "Kriging" ve "Co-Kriging" gibi jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

Edremit ovasında iletkenlik değerleri, mevcut kuyuların bazlarında yapılan pompalama denemeleri ile belirlenmiştir. Bütün kuyularda deneme yapılamadığı için iletkenlik ile özgül debi arasında doğrusal bir regresyon ilişkisi kurulmuş ve buradan hesaplanan değerler kullanılarak, Kriging yöntemi ile iletkenlik dağılımı belirlenmiştir. Ayrıca iletkenlik ve özgül debi değerleri kullanılarak co-kriying yöntemiyle de alansal dağılım belirlenmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

ABSTRACT — Mathematical models are widely used to determine the behaviour of the complex groundwater systems. In these models, generally finite difference or finite elements methods are used and the model area is discretized into model elements in which the hydrogeological parameters remain constant. The distribution of the hydraulic heads are expressed as a function of time and space $[h(x,y,t)]$ by partial differential equations for each model element and the

aquifer parameters are the coefficients of these equations. The main problem arising in mathematical model studies is to determine the value of these coefficients for each elements. Linear interpolation techniques are not satisfactory to determine the spatial distribution of the point aquifer parameters obtained from pumping test data or laboratory analysis. Thus, geostatistical methods, namely "Kriging" and "Co-Kriging" are used to determine the spatial distribution of the parameters.

The transmissivity values are obtained from the pumping tests carried out in some of the exploitation wells in Edremit plain. A linear regression equation between transmissivity and specific capacity values is built up to get the transmissivity values for all wells. The transmissivity distribution in Edremit plain is obtained by kriging and co-kriging methods.

GİRİŞ

Hidrojeolojik parametrelerin alansal dağılımlarının belirlenmesinde jeostatistiksel yöntemlerin kullanılması oldukça yaygınlaşmıştır. Noktasal olarak ölçülen/belirlenen ve akifer sisteminin hidrolik özelliklerini ancak ölçüm noktasından kısa bir uzaklık içinde geçerli olan bu parametrelerin alansal yayılımlarının belirlenmesi, su kaynaklarının optimum kullanımında ve alternatif işletme politikaları için karar verme sırasında büyük önem taşımaktadır.

Kriging ve co-kriging yöntemlerinin hidrojeoloji konusunda kullanımları 1970'lerden itibaren birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Delhomme (1976, 1979), Ahmed and De Marsily (1987) ve diğer birçok araştırmacı akifer özelliklerinin yayılımlarının belirlenmesinde bu yöntemleri kullanmışlardır.

Bu çalışmada Edremit ovasında transmissivite katsayılarının alansal yayılımları her iki yöntem de kullanılarak belirlenmiştir.

* Doç. Dr. Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Hidrojeoloji Anabilim Dalı Beytepe - Ankara.

** Doç. Dr. Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Hidrojeoloji Anabilim Dalı Beytepe - Ankara.

ÇALIŞMALARININ TANITILMASI

Edremit Ovası'nda Paleozoyik'den Kuvaterner'e kadar sedimanter, magnetik ve metamorfik kayaçlar yer almaktadır. Paleozoyik yaşı metamorfik kayaçlar inceleme alanının kuzeybatısında yer almaktadır. Ovanın kuzeyinde çok geniş yer kaplayan Mesozoyik yaşı Karakaya Formasyonu üzerinde Triyas yaşı transgresif bir seriler yer almaktadır. Jura yaşı killi kireçtaşları Edremit'in kuzeyinde ve güneyinde görülmektedir. Tersiyer'de meydana gelen bir volkanizma sonucu inceleme alanının doğusunda geniş bir bölgede andezit, dasit, ofiyolit ve tifler yerleşmiştir (Bingöl, 1973). Tersiyer yaşı volkanitler hidrojeolojik açıdan geçirimsiz birimlerdir. Bu birim üzerinde de Pliyosen yaşı killi kireçtaşı, kil, marn, miltası bulunmaktadır. Pliyosen'de meydana gelen tektonik hareketler sonunda D-B yönlü grabenler oluşmuş, bu sırada Edremit Ovası açılarak, Havran ve Edremit akarsularının getirdiği alüvyonlar ile dolmuş ve bugünkü görünümünü kazanmıştır.

Kuvaterner yaşı pekişmemiş alüvyonlar bol miktarda yeraltısu taşılmaktadır. Ovanın batı tarafında, üst seviyelerde yer alan kalın bir kill tabakası basınçlı akiferi oluşturmaktadır. Doğu kesiminde ise birikinti konileri ve kumlu, çakılı birimler serbest akiferi oluşturmaktadır. Alüyon kalınlığı 140 m'yi bulmaktadır. Serbest akifere alt hidrolik iletimlilik katsayısı 10-60 m/gün, depolama katsayısı ise 0.01-0.2 değerleri arasında değişmektedir. Basınçlı akiferde de transmissivite 1000-5000 m²/gün arasında değişmektedir. Ovada DSİ tarafından açılmış 78 adet işletme kuyusu yer almaktadır. Beslenme yağıstan ve yüzeysel akıştan olmaktadır. Yıllık ortalama beslenme 42×106 m³/yıl'dır (Doyuran ve Ural, 1987).

ILETKENLİK KATSAYILARININ ALANSAL DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

1 — Kriging Yöntemi

Iletkenlik katsayılarının alansal dağılımını belirlemek amacıyla Edremit ovasında mevcut kuyularla yapılmış pompalama denemeleri sonucu hesaplanan değerler kullanılarak alansal dağılım modelinin belirlenmesi gerekmektedir. Ovada yeralan kuyulardan ancak 47 tanesinde pompalama denemesi yapılmıştır. Bu kuyuların ovanın belli bir kesiminde toplanmaları, geliştirilecek modelin tüm ovayı temsil etmesini engellemektedir. Bu amaçla pompalama denemesinin yapılmadığı ancak özgül debi (O_i) değerlerinin belli olduğu 31 kuyuda, özgül debi ile iletkenlik katsayısı arasında bir regresyon eşitliği türetilmiş ve böylece noktalı iletkenlik katsayılarının sayıları arttırmıştır.

Iletkenlik katsayıları ile özgül debi değerleri arasında yapılan korelasyon sonucu korelasyon katsayısı $r=0.92$ olarak belirlenmiştir. Kriging ve Co-Kriging yöntemleri doğrusal kestirciler olduklarından ve iletkenlik katsayılarının logaritmaları normal dağılım fonksiyonuna uyduklarından, logaritmik değerler kullanılarak tekrar korelasyon yapılmış ve korelasyon katsayısı $r=0.949$ olarak hesaplanmıştır. Bu durumda regresyon eşitliği:

$$\log T = 2.240 + 0.9053 \log Q,$$

şeklini almıştır. Iletkenlik katsayılarının sayıları bu şekilde arttırılmışından sonra regresyon ile hesaplanmış değerlerin alansal modelinin belirlenmesi amacıyla varyogram fonksiyonu belirlenmiştir. Varyogram fonksiyonu rastgele bir değişkenin $(Z(x_i), i=1, \dots, n)$ birbirinden h kadar uzaklıkta yer alan iki nokta (x_i, x_i+h) arasında değişimini gösterir ve deneysel olarak:

$$\gamma(h) = E[(Z(x+h) - Z(x))^2]/2$$

eşitliği ile belirlenir. Deneysel olarak belirlenen bu noktalara teorik bir varyogram modelinin uydurulması gerekmektedir. Edremit ovasında belirlenen teorik varyogram modeli:

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0.3805[(h/2000) - 0.5(h/3000)^3] & h \leq 3000 \\ \gamma(h) &= 0.3805 & h > 3000 \end{aligned}$$

dir. Şekil 1'de deneysel varyogram ve teorik varyogram modeli gösterilmiştir. Bu durumda herhangi bir (x_i) noktasında Z değişkeninin alacağı değer:

$$Z(x_i) = \sum_{j=1}^n (\lambda_j Z(x_j))$$

eşitliği belirlenir. Burada λ ağırlık katsayısı olup:

$$\sum_{j=1}^n (\lambda_j \gamma(x_i, x_j) - \lambda_j \sigma_i^2 + \mu) = \gamma(x_i, x_i) \quad (i=1, \dots, n)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

eşitliklerinden belirlenir. $Z(x_i)$ değerine ait hata varyansı ise:

$$\sigma_i^2 = \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu$$

eşitliği ile belirlenmektedir. Edremit ovasında bu yöntem kullanılarak her 500 metrede bir hesaplanan iletkenlik katsayılarının alansal dağılımı Şekil 2.a'da, hata varyansları ise Şekil 2.b.'de gösterilmiştir.

2 — Co-Kriging Yöntemi

Co-Kriging yöntemi, rastgele bir değişkenin herhangi bir noktada alacağı değeri, daha iyi örneklenmiş başka rastgele değişkenler yardımıyla kestirilmesini sağlamak üzere geliştirilmiştir (Ahmed and De Marsily, 1987). Bu yöntemde değişkenler arasında var olan alan-

sal korelasyon kros-varyogram fonksiyonu ile belirlenmektedir. Rastgele değişkenler olarak kabul edilen logaritmik İletkenlik katsayıları ($Z(x_i)$, $i=1, \dots, n$) ile logaritmik özgül debi değerleri ($Y(x_k)$, $k=1, \dots, m$) arasındaki kros-varyogram fonksiyonu

$$\gamma_{ZY}(h) = E[(Z(x+h) - Z(x))(Y(x+h) - Y(x))] / 2$$

eşitliği ile hesaplanır. Şekil 1'de İletkenlik varyogramı, Şekil 3'te özgül debi varyogramı, Şekil 4'te ise kros-varyogram çizilmiş ve bunlara uydurulan teorik modeller gösterilmiştir. Bu modeller:

$$\begin{aligned}\gamma_z(h) &= 0.38[(h/2000) - (0.5(h/3000)^2)] & h \leq 3000 \\ \gamma_z(h) &= 0.38 & h > 3000 \\ \gamma_y(h) &= 0.054 + 0.15[(h/2000) - (0.5(h/3000)^2)] & h \leq 3000 \\ \gamma_y(h) &= 0.204 & h > 3000 \\ \gamma_{zy}(h) &= 0.12[1.5(h/3750) - (0.5(h/3750)^2)] & h \leq 3750 \\ \gamma_{zy}(h) &= 0.12 & h > 3750\end{aligned}$$

dir. Alansal yapının bu modellerle belirlenmesinden sonra herhangi bir x_0 noktasında İletkenlik katsayısının alacağı değer:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n (\lambda_i^1 Z(x_i)) + \sum_{k=1}^m (\lambda_k^2 Y(x_k))$$

$$\sum_{j=1}^n (\lambda_j^1 \gamma_{j,x}) + \sum_{k=1}^m (\lambda_k^2 \gamma_{k,x}) + \mu_1 = \gamma_{x,x} \quad (i=1, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^n (\lambda_i^1 \gamma_{i,x}) + \sum_{j=1}^m (\lambda_j^2 \gamma_{j,x}) + \mu_2 = \gamma_{x,x} \quad (k=1, \dots, m)$$

Eşitliklerinden belirlenmektedir. Burada $\gamma^1, \gamma^2, \gamma^x$ sırasıyla İletkenlik, özgül debi ve kros-varyogramdan hesaplanmaktadır. Bu yöntem kullanılarak hesaplanan İletkenlik katsayıları Şekil 5'de verilmiştir.

SONUÇ

Edremit ovasında Kriging ve Co-kriging yöntemleri kullanılarak İletkenlik katsayılarının alansal dağılım-

ları belirlenmiştir. Kriging yöntemi kullanılarak elde edilen değerlerin hata varyansları şekil 2.b den görülebileceği gibi son derece küçütür ve hesaplanan değerler ile pompalama denemeleri ile belirlenmiş değerler arasında fark yoktur.

Co-Kriging yöntemi, İletkenlik ile özgül debi arasındaki alansal korelasyona bağlı olduğundan, kros-varyogram modelinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Ancak Edremit ovasında sınırlı sayıda örnekleme olduğundan ve bu değerlerin ovanın belirli bir bölümünde toplanmaları nedeniyle krosvaryogram modelli yeterince doyurucu olmamıştır. Bundan dolayı co-kriging yöntemi ile hesaplanan değerler, gözlenen değerlerden uzaktır. Örneklemenin az olduğu noktalarda kriging yöntemi daha iyi sonuç vermektedirse de Co-Kriging yöntemi değişkenler arasında alansal korelasyonu da gözönüne aldığından daha hassas sonuçlar vermektedir. Ancak, bölgesel koşullar dikkate alındığında yöntemlerden hangisinin daha üstün olduğu konusunda bir şey söylememektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AHMED, S., MARSILY, G., (1987). Comparison of Geostatistical Methods for Estimating Transmissivity using data on Transmissivity and Specific Capacity, Water Resources Research, 23(9), p. 1717-1737, USA.
- BİNGÖL, E., AKYÜREK, B., KORKMAZER, B., (1973), Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonun bazı özellikleri, Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, s. 70, Ankara.
- DELHOMME, J.P., (1976), Application de la théorie des variables régionalisées dans les sciences de l'eau: Doctoral Thesis, Ecole des Mines de Paris, France.
- DELHOMME, J.P., (1979), Spatial Variability and Uncertainty in Groundwater Flow Parameters, A Geostatistical Approach, Water Resources Research, 15(2), p. 269-280.
- DOYURAN, V., URAL, T., (1987), Finite-Difference Modelling of Edremit Plain Groundwater Reservoir, METU Journal of Pure and Applied Sciences, 18(3), p. 315-325, Ankara.

**DOĞRUSAL OLMAYAN EĞİ ÇAKIŞTIRMA YÖNTEMLERİNİN POMPAJ
DENEYLERİ ANALİZİNDE KULLANIMI**

**UTILIZATION OF NONLINEAR CURVE FITTING TECHNIQUES IN THE
ANALYSIS OF PUMPING TEST DATA**

Yüksel K. BİRSOY*

ÖZ — Pompaj deneyleri verilerinden faydalansılarak akifer parametrelerinin (T ve S) saptanmasında, genellikle önceden hazırlanmış abaklar kullanılır. Bildiği gibi bu abakların kullanılması uzun ve zahmetli bir iş olduğu gibi, değerlendirmecinin kişisel hatalarının da sonuç üzerinde payı büyütür.

Bu çalışmada, zamanumuzın hızlı bilgisayarlarına bağlı olarak geliştirilen doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemleri kullanılarak akifer parametrelerinin süratle ve daha sağlam hesaplanabileceği gösterilmiştir.

ABSTRACT — Previously prepared type curves are generally used for determination of aquifer parameters (T and S) from pumping test data. Utilization of type curves is, of course, time consuming and boring. Besides, personal errors of investigators play an important role on results.

In this study, it is shown that aquifer parameters can, quickly and accurately, be calculated by using nonlinear curve fitting techniques developed together with the advancement of present day fast computers.

GİRİŞ

Matematik modeller, eğri çakıştırma yöntemleri açısından, a) Doğrusal, b) Doğrusallaşırılabilen veya c) Doğrusal olmayan modeller olmak üzere üç şekilde sınıflandırılabilirler.

İletkenliği (T) depolama katsayıısı (S) olan bir akiferde açılmış ve Q debisi ile su çekilen bir kuyudan r mesafedeki bir noktadaki düşümün (Δ) zaman (t) içersindeki değişimini veren Theis

$$\Delta = \frac{Q}{4\pi T} \int_{u_1}^{\infty} \frac{\exp(-u)}{u} du \quad (1)$$

ve bu eşitlikte $u=r^2S/(4Tt)$ şeklinde tanımlanan u değişkeninin 0.01'de daha küçük değerleri için geçerli olan Jacob

$$\Delta = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2.25Tt}{r^2S} \quad (2)$$

modellerinin her ikisi de, doğrusal olmayan modeller sınıfına girer. Ancak Jacob modeli $x=\ln(t/r^2)$ dönüşümü yapılarak $\ln(\Delta)=A+Bx$ şeklinde doğrusallaşırılabilir.

Doğrusallaşırılabilen modellere, doğrusallaştırmayı yapmadan doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemlerinden birini uygulamak daha gerçekçi olmakla beraber; doğrusallaştırma işlemi pratiklik açısından tercih edilebilir.

Bu çalışmanın amacı, doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemlerinden birini kullanarak Theis eşitliğindeki T ve S parametrelerini saptamaktır. Doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemleri de, eskiden yeniye doğru a) Newton, b) Dik Inis (Steepest Descent) ve c) Marquardt yöntemleri olmak üzere başlıca üç sınıfta toplanabilir.

Newton yöntemi oldukça eski bir yöntemdir ve bugünkü bir çok eğri çakıştırma yöntemlerinin temelini tesis eder. Bu yöntemle ilgili geniş bilgi birçok sayısal analiz kitaplarında (Conte 1965, Aktaş 1981) bulunabilir. Newton yönteminde yakınsama ciddi bir sorundur. Yakınsama çok yavaş olabilir, yenilemeler (iterasyonlar) gerçek değer etrafında salınımlar yapabilir ve hatta gerçek değerden gittikçe uzaklaşabilir. Bu sorunlar dik inis yöntemi ve eşlenik eğim (Conjugate Gradient) yöntemleriyle giderilmeye çalışılmıştır (Bkz. Aktaş, 1981).

Marquardt (1963), daha önce önerilmiş yöntemlerin olumlu taraflarını alarak, yakınsama sorununu çözümlemiş görünümekle beraber; bu konudaki çalışmaların devam etmeye olduğunu (Marquart, 1970 Inman, 1975) belirtmek doğru olacaktır. Bu çalışmada kullanılan yöntem Marquardt (1963) yöntemi olup aşağıda kısa bir özeti verilmiştir.

* Dr., D.E.U. Müh.-Mim. Fak. Jeolojî Müh. Bölümü Bornova/İzmir.

YÖNTEM

Tüm eğri çakıştırma yöntemleri ile bir matematik modelin b parametrelerinin hesaplanmasıındaki temel ilke; serbest değişkeni n bileşenli \vec{x} yoneyi, parametresi, k bileşenli \vec{b} yoneyi ve bağımlı değişkeni de $y(x, \vec{b})$ şeklinde ifade edilebilen bir işlevin gözlenen \vec{y}_i ve modelden kestirilen \widehat{y}_i bağımlı değişkenleri farkının karelerinin toplamını (\varnothing)

$$\varnothing = \sum_{i=1}^m (\widehat{y}_i - y_i)^2 \quad (3)$$

mınimum yapan \vec{b} yoneyini bulmaktadır. Bu eşitlikte i sayaç ve m de gözlemler veya ölçümlerden elde olunan veri sayısıdır.

Söz konusu \vec{b} yoneyini bulmada, karşılaşılan çeşitli sorunlara ve bu sorunların çözümlenmesinde kullanılan matematik tekniklere göre eğri çakıştırma yöntemlerini çeşitli sınıflar altında toplamak olasıdır. Ancak burada, doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemleri ve özellikle bu çalışmada kullanılan Marquardt (1983) yöntemi kısaca tanıtlacaktır.

Bilindiği gibi, doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemlerinde \vec{b} yoneyi için bir ilk tahmin yapılmakta ve yenilemelerle tahmine dayanan \vec{b} yoneyi adım adım yenilenmektedir.

Bu amaçla; $y(x, \vec{b})$ işlevini her gözlem noktası için \vec{b} yoneyi etrafında Taylor serisine açıp, iki ve daha yüksek dereceli terimler ihmali edildiğinde

$$y(x_i, \vec{b} + \vec{\delta}) = y(x_i, \vec{b}) + \sum_{j=1}^k \frac{\partial y_i}{\partial b_j} \delta_j \quad (4)$$

$i=1 \dots m$

eşitliği elde olunur.

Bu eşitlikte; sağ taraftaki ilk terim gözlenen y_i , sol taraftaki terim ise tahmin edilen \vec{y}_i bağımlı değişkenidir. $\vec{\delta}$, \vec{b} yoneyinin tahmininde yapılan hata yoneyi, δ_j ise bu yoneyin j'inci bileşenidir. b_j de, gene aynı anlamda, \vec{b} yoneyinin j'inci bileşenidir. Simgesel olarak

$$\vec{\delta} = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k) \quad (5a)$$

$$\vec{b} = (b_1, b_2, \dots, b_k) \quad (5b)$$

şeklinde gösterilir. Bu eşitliklerde (~) simgesi yazımada yer kazanmak amacıyla, söz konusu yoneyelerin dönüğü

(transpozesi) anlamında kullanılmıştır. \vec{y} ve \vec{y} yoneyeleri ve P matrisi sırasıyla

$$\vec{y} = (y_1, y_2, \dots, y_m) \quad (6a)$$

$$\widehat{\vec{y}} = (\widehat{y}_1, \widehat{y}_2, \dots, \widehat{y}_m) \quad (6b)$$

$$P = \begin{bmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial b_1} & \frac{\partial y_1}{\partial b_2} & \dots & \frac{\partial y_1}{\partial b_k} \\ \frac{\partial y_2}{\partial b_1} & \frac{\partial y_2}{\partial b_2} & \dots & \frac{\partial y_2}{\partial b_k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial y_m}{\partial b_1} & \frac{\partial y_m}{\partial b_2} & \dots & \frac{\partial y_m}{\partial b_k} \end{bmatrix} \quad (6c)$$

şeklinde tanımlanarak, bir eşitlik sistemi olan Eşitlik (4) matris gösteriminde çok öz olarak

$$\vec{y} = \vec{y} + P \vec{\delta} \quad (7)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu eşitliğin sağ tarafındaki ilk terim \vec{y} eşitliğinin sol tarafına alınıp, her iki tarafın P matrisinin dönüğü (transpozesi) P ile ön çarpım yapıldığında

$$\vec{g} = P(\vec{y} - \vec{y}) \quad (8a)$$

$$A \vec{\delta} = \vec{g} \quad (8b)$$

tanımları yapılacak olursa Eşitlik (7)

$$A \vec{\delta} = \vec{g} \quad (9)$$

şekline dönüştürülebilir.

Eşitlik (9) k bilinmeyen k adet eşitlikten oluşan bir eşitlik sistemini simgelemektedir.

A matrisi ve \vec{g} yoneyi, tahmin edilen \vec{b} yoneyi kullanılarak bilgisayarlarda kolaylıkla oluşturulabilir ve Eşitlik (9), \vec{b} yoneyinin tahmininde yapılan $\vec{\delta}$ hata yoneyi için çözümlenerek, \vec{b} yoneyi

$$\vec{b}_j = \vec{b}_{j-1} + \vec{\delta} \quad (10)$$

eşitliği ile yenilenebilir. Burada j yenileme sayısını simgelemektedir. Herhangi bir yenileme sonunda $\vec{\delta}$ hata yoneyinin tüm bileşenlerinin mutlak değerleri daha önceden kabul olunan bir hata payının altında kalıyorsa, yani

$j=1, 2, \dots, k$ için

$$100 \left| \frac{\delta_j}{b_j} \right| < \text{hata payı} \quad (11)$$

ise yenilemeye son verilir. Aksı halde, yenilenen b yöneyi ile A matrisi ve g yöneyi tekrar oluşturulur. Eşitlik (9) δ hata yöneyi için tekrar çözülür ve b parametre yöneyi tekrar hesaplanılır. Bu hesaplara Eşitlik (11) gerçekleştirinceye kadar devam edilir.

Bu şekilde hesaplanacak b parametre yöneyinin Eşitlik (3) ile ifade edilen \emptyset 'yi minimum yaptığını göstermek bu çalışmanın amacı dışındadır. Ancak, bu konuda ilgi duyanlar Draper ve Smith (1966) ve Hoel ve diğerleri (1971)'e müracaat edebilir.

Buraya kadar konu edilen yöntem klasik Newton yöntemidir. Newton yönteminde yakınsama önemli bir sorundur. Hata yöneyinin bileşenleri δ 'ler her yenilemede küçülebilir, sıfır etrafında salınım yapabilir ve hatta her yenilemede gittikçe büyüyebilir.

Marquardt (1963) Newton yönteminin bu sorununu. Eşitlik (9)'u

$$(A + \lambda I)\delta = g \quad (12)$$

şeklinde ifade ederek önemli ölçüde çözümlemiş görülmektedir. Burada I birim matrisi λ başlangıç değeri önceden seçilmiş bir değişkeni simgelemektedir.

Marquardt (1963 ve 1970), her yenilemede Eşitlik (3)'i kullanarak \emptyset 'yi hesaplamakta ve $\emptyset_j < \emptyset_{j-1}$ veya $\emptyset_j > \emptyset_{j-1}$ olmasına göre sırasıyla $\lambda = \lambda/v$ veya $\lambda = v$ eşit-

liklerini kullanarak λ 'ları da yenilemektedir. A matrisinin ve g yöneyinin normalizasyonundan sonra Marquardt (1963) $v=10$ ve başlangıç değeri olarak $\lambda=0.01$ alınmasını tavsiye etmektedir.

Bu çalışmada akifer parametrelerinin hesaplanması amacıyla Marquardt (1963) yöntemini kullanarak, Basic dilinde bir bilgisayar programı yazılmış ve Theis eşitliğindeki T ve S parametreleri bu programla hesaplanmıştır.

UYGULAMA VE TARTIŞMA

Doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemini ve bu çalışmada kullanılan bilgisayar programı sonuçlarını kontrol ilk aşamada gerçekleştirılmıştır. Birinci aşamada, klasik abak çakıştırma yöntemiyle değerlendirilmiş ve sonuçları ile birlikte yayınlanmış pompaj verileri kullanılmıştır. İkinci aşamada, iletkenliği $T=0.8 \text{ m}^3/\text{dak}$, depolama kat sayısı $S=0.0001$ olan bir akiferde açılan ve $1.5 \text{ m}^3/\text{dak}$ 'lık bir debi ile su çekilen bir kuyudan 60 m . mesafedeki bir gözlem kuyusunda gözlenen çeşitli zamanlarda 60 adet düşüm değeri Theis eşitliğini kullanarak yapay olarak üretilmiş ve bu değerler kullanılarak da akiferin önceden bilinen T ve S değerleri hem klasik abak yöntemi hem de bu çalışmada kullanılan bilgisayar programını kullanarak geriye doğru tekrar hesaplanmıştır. T ve S parametrelerinin hesabında yakınsama gibi bir soruna karşılaşılmamıştır. Klasik abak yöntemi ve bu çalışmada kullanılan bilgisayar programıyla elde olunan sonuçlar aşağıdaki tabloda karşılaştırılmış olarak özetlenmiştir.

KAYNAK	PARA-METRE	HESAPLANAN		$\emptyset \times 10^4$		ρ
		ABAK	PROGRAM	ABAK	PROGRAM	
TODD (1963) sayfa 92	T g/d/f	103000	100301	424.4	16.44	0.96
	S	0.000198	0.000202			
WHORTER (1977) sayfa 200	T m^3/dk	0.8140	0.8650	117.2	3.216	0.97
	S	0.0530	0.0580			
WHORTER (1977) sayfa 202	T m^3/dk	0.7840	0.6580	227.0	38.78	0.83
	S	0.0680	0.1000			
YAPAY VERİLER $T=0.8 \text{ m}^3/\text{dak}$. $S=0.0001$ için	T m^3/dk	0.7853	0.8000	44.83	0	1
	S	0.000105	0.0001			

Çizelge 1 — Doğrusal olmayan eğri çakıştırma ve klasik abak yöntemlerinin karşılaştırılması.

Bu tablonun üç ve dördüncü sütunlarının tetkikinden, klasik abak yöntemi ve bu çalışmada kullanılan programla hesaplanan parametreler arasında önemli sayılabilecek

farklılıklar olduğu görülmektedir. Beş ve altıncı sütunların tetkikinden de bu farklılaşmanın bu çalışmada yazılmış programlarına olduğu görülmektedir. Parametre he-

sabındaki bu iyileşmeyi sayısal olarak ifade edebilmek amacıyla iyileşme oranı (ρ)

$$\rho = (\bar{\phi}_{\text{abak}} - \bar{\phi}_{\text{prog}}) / \bar{\phi}_{\text{abak}} \quad (13)$$

şeklinde tanımlanmış ve beş ve altıncı sütunlarda bulunan $\bar{\phi}$ değerleri kullanılarak hesaplanan iyileşme oranları yedinci sütunda verilmiştir. İyileşme oranlarının $0 < \rho \leq 1$ arasındaki değerleri bu çalışmada yazılan programın, sıfırdan küçük değerleri ise klasik abak yöntemi lehine olduğu açıklıdır. Yedinci sütunun tetkikinden Marquardt yöntemi kullanılarak yazılan programın, doğal verilerde, 0.83'ten 0.97'ye kadar bir iyileşme sağladığı görülmektedir. Yapay verilerde ise iyileşme oranı teorik olarak alabileceğim maksimum değerine ulaşmıştır.

SONUÇLAR

Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir.

- 1) Doğrusal olmayan eğri çakıştırma yöntemleri ile matematik modellerin parametrelerinin hesaplanması çok daha sıhhatli sonuçlar elde edilebilir.
- 2) Verilerin değerlendirilmesi aşamasındaki kişisel değerlendirme farkları ortadan kaldırılabilir.
- 3) Bilgisayarlarda, bu hesaplama işlemi için harcanan süre oldukça kısaltır.
- 4) Doğadan toplanan her türlü verinin değerlendirilmesinde bu tür programların kullanılması, hidrojeolojide daha sıhhatli, daha güvenilir sonuçlar elde olunmasına neden olacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AKTAŞ, Z., (1981), "Sayısal Çözümleme", ODTU. Yayınevi, Cilt I, 413 s.
- CONTE, S.D., (1965), "Elementary Numerical Analysis", McGraw-Hill Book Company, New York, 278 s.
- DRAPER, N.R. and SMITH, H., 1966, "Applied Regression Analysis", John Wiley & Sons Inc., New York, 407 s.
- HOEL, P.G., PORT, S.C. and STONE, C.J., (1971). "Introduction to Statistical Theory", Houghton Mifflin Company, Boston, 370 s.
- INMAN, J.R., (1975), "Resistivity Inversion with Ridge Regression", Geophysics, Vol. 40. No. 5., s. 798-817.
- MARQUARDT, D.W., (1963), "An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters", J. Soc. Indust. Appl. Math. No. 11., s. 431-441.
- MARQUARDT, D.W., (1970), "Generalized Inverses, Ridge Regression, Biased Linear Estimation and Non-linear Estimation", Technometrics, Vol. 12. No. 3., s. 591-612.
- TODD, D.K., (1963), "Ground Water Hydrology", John Wiley & Sons Inc., New York, 336 s.
- WHORTER, D.M. and SUNADA, D.K., (1977), "Ground-Water Hydrology and Hydraulics", Water Resources Publication, 290 s.

TÜNEL VE GALERİLERDE BİRİM PATLAYICI MADDE TÜKETİMİNİN JEO-MECHANİK ÖZELLİKLERLE BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF POWDER CONSUMPTION PER UNIT OF EXCAVATION BASED UPON GEO-MECHANICAL PROPERTIES FOR TUNNELS

Ergin ARIÖĞLU*

ÖZ — Bu çalışmada, belirli kabuller altında çıkışan birim patlayıcı madde tüketimi

$$q = 256 \cdot d^2 \left(\frac{\sigma_v}{F} \right)^{0.5} \text{ kg/m}^3$$

(d =kartuş çapı m, σ_v =tek eksenli basınç direnci, kg/cm², F =tünel veya galeri kazı kesit alanı, m²) Wild'in Batı Almanya Kömür Ocakları için verdiği (birim patlayıcı madde tüketimi-kazı kesit alanı) değişimleri ile karşılaştırılmıştır. Sözkonusu formülün sonuçlarının amprik tecrübelere dayanan değerlerle iyi bir uyum içinde bulunduğu keza gözlenmiştir.

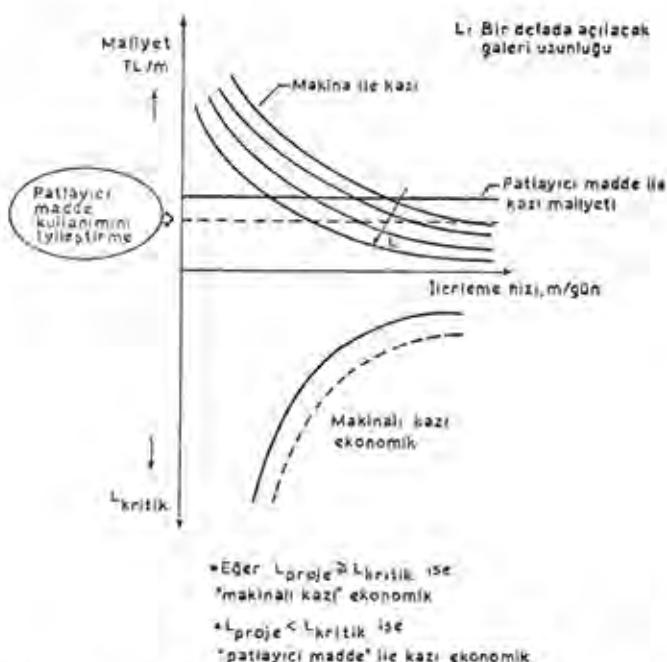
ABSTRACT — The equation derived in Table 1 reveals the amount of powder consumption per unit of excavation that can be computed for various of tunnel and rock quality. It was found that the results of the equation are in a good agreement with wild's values related to the cross-section of the tunnel or the gallery and the amount of powder consumption for various formations.

GİRİŞ

İnşaat ve Maden Mühendisliğinde son 10 yıl içinde geniş bir uygulama alanı bulan makinalı galeri açmada

- ◆ Bir kez olarak sürecek "galeri uzunluğu"
- ◆ Kayaç basınç direnci, bu büyülüğün fonksiyonu olarakta "keski tüketim masrafi"

sisteminin ekonomikliğini denetleyen en belirgin faktörlerdir. Patlayıcı madde ile uygulanan kazı tekniğinde gerçekleştirilemeyecek bazı iyileştirmeler sayesinde örneğin büyük çaplı kartuş kullanımı ile galeri ilerleme hızını belirgin ölçüde artırmak dolayısıyla birim ilerleme maliyetini azaltmak mümkündür (Şekil 1). Başka bir anlatımla, patlayıcı maddenin kullanıldığı "klasik kazı"ının uygulama sınırları yukarıda belirgin kritik faktörler karşısında ekonomikliği daha da zorlanan "makinalı kazı" ya kıyasla genişletilebilir.



Şekil 1 — Patlayıcı madde kullanım teknikinde yapılabilecek iyileştirmelerin kazı performansı üzerine etkisi.

Bu çalışmada, klasik kazının maliyetini geniş ölçüde kontrol eden "patlayıcı madde tüketimi" jeo-mekanik büyülüklere (basınç direnci, O kayaç faktörü), ve kullanım pratığında gösterilen mühendislik özenin bir ölçüsü olarak tanımlanabilecek "lağım atma verimi" ne dayandırılmıştır. "Patlayıcı madde tasarımları"nın ölçülebilir büyülüklükler cinsinden formüle edilmesi sözkonusu teknigin ekonomikliğine önemli katkı getirebilecektir.

BİRİM PATLAYICI MADDE TÜKETİM BÜYÜKLÜĞÜ. NÜN JEO-MECHANİK BÜYÜKLÜKLER CİNSİNDEN BE- LİRLENMESİ

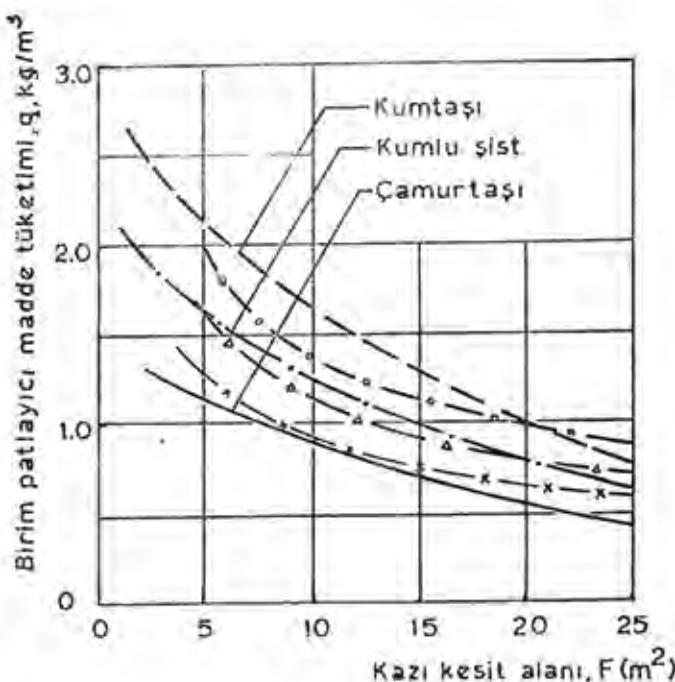
Birim patlayıcı madde tüketimini belirlemek için çi-
kartılan formül ile ilgili ayrıntılı açıklamalar Çizelge 1'de

* Prof. Dr. Müh., İ.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Ayazağa - İstanbul.

özetlenmiştir. (Arioglu, 1984, Arioglu, 1988). Çizelge 2 ise, birim patlayıcı madde tüketim büyülüğünün "O" kayaç kalite faktörü cinsinden ifade edilişi görülmektedir.

ÇIKARTILAN BİRİM PATLAYICI MADDE TÜKETİM FORMÜLÜNÜN WILD'in DEĞERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Çizelge 1'de çıkarılmış özetlenen birim patlayıcı madde tüketim ifadesi, Wild'in (1977) Batı Almanya Kömür Ocaklarında uzun tecrübeler sonucunda kumtaşı, kumlu şist ve çamurtaşının elde ettiği değerler ile karşılaştırılmıştır. Şekil 2 de ve Çizelge 3'de yapılmıştır. İzlendiği üzere, söz konusu formülün sonuçları amprik tecrübelere dayanan değerlerle iyi bir uyum içinde bulunduğu anlaşılmaktadır. Pozitif ve negatif sapmaların ortalaması değerleri incelenen formasyonlar için sırasıyla % 3.5 ve % 14 mertebelerinde olup, pratik mühendislik çalışmalarında kabul edilebilir düzeydedirler.



Teklif edilen formülün sonuçları:

- o— Kumtaşı
- *— Kumlu şist
- x— Çamurtaşısı

Şekil 2 — Çeşitli kayaçlar için (birim patlayıcı madde tüketimi - kazı kesit alanı) değişimleri ve Wild' (1977) in örneği değerler ile karşılaştırılması.

♦ Bir deliğe koulan patlayıcı madde miktarı:

$$Q_d = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot l \cdot \gamma_p \cdot \beta, \text{ kg/deliğ}$$

$$\alpha = \frac{l_i}{l} \rightarrow l = \frac{l_i}{\alpha}$$

$$Q_d = 0.785 \cdot d^2 \cdot \frac{l_i}{\alpha} \cdot \gamma_p \cdot \beta$$

♦ Birim delik sayısı: (Onika, 1972)

$$n = 2.7 \left(\frac{l}{F} \right)^{0.5} = 0.27 \left(\frac{\sigma_b}{F} \right)^{0.5} (\text{adet/m}^2)$$

$$f = 0.01 \alpha_0$$

♦ Birim (spesifik) patlayıcı madde tüketimi:

$$q \cong \frac{Q}{V} \cong \frac{N \cdot Q_d}{l_i \cdot F} = \frac{n \cdot F \cdot Q_d}{l_i \cdot F} = \frac{n \cdot Q_d}{l_i} ; \text{ kg/m}^3$$

$$q \cong 0.21 \cdot \frac{d^2 \cdot \gamma_p \cdot \beta}{\alpha} \cdot \left(\frac{\sigma_b}{F} \right)^{0.5} ; \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = 0.8 \text{ iyi lağım teknigi ve uygulaması}$$

$$\beta = 0.666 \text{ normal şartlar}$$

$$\beta = 0.50 \text{ gazlı ocak-yeraltı şartları için}$$

$$\gamma_p = 1450 \text{ kg/m}^3$$

normal şartlar için:

$$q \cong 256 \cdot d^2 \cdot \left(\frac{\sigma_b}{F} \right)^{0.5} ; [\text{kg/m}^3]$$

Burada:

$$q = \text{Birim patlayıcı madde tüketimi, kg/m}^3$$

$$d = \text{Kartuş çapı, m}$$

$$\alpha_0 = \text{Tek eksenli basınç direnci, kg/cm}^2$$

$$F = \text{Kazı kesit alanı, m}^2$$

$$\gamma_p = \text{Patlayıcı madde yoğunluğu, kg/m}^3$$

$$l = \text{Lağım deliği uzunluğu, m}$$

$$l_i = \text{Galeri ilerleme miktarı, m/atım}$$

$$\beta = \text{Patlayıcı maddenin delik içinde işgal ettiği uzunluğunun toplam delik uzunluğuna oranı}$$

$$\alpha = \text{Lağım atım verimi}$$

$$f = \text{Protodyakonov sertlik katsayısı}$$

$$V = \text{Kazı hacmi m}^3/\text{atım}$$

Çizelge 1 — Birim patlayıcı madde tüketiminin hesaplanması

* Ruhr Kömür Havzasında ortalama basınç dirençleri kumtaşı, kumlu şist ve çamurtaşısı için sırasıyla $\alpha_0 = 800$, kg/cm^2 $\alpha_0 = 550 \text{ kg/cm}^2$ $\alpha_0 = 350 \text{ kg/cm}^2$ alınmıştır (Kook te J, 1986).

- ◆ Protodyakonov sertlik katsayısi "Q" Kayaç Kalite faktörü arasında kurulan korelasyon ifadesinden hareketle;

$$f = A + B \ln Q \quad (0.030 \leq Q \leq 250)$$

$$A = 7.30$$

$$B = 2.03$$

$$r = 0.941 \text{ (korelasyon katsayısi)}$$

- ◆ Birim patlayıcı madde tüketimi:

$$q = 2.12 \cdot d^2 \cdot \gamma_p \cdot \left(\frac{\beta}{\alpha} \right) \cdot \left[\frac{7.30 + 2.03 \ln Q}{F} \right]^{0.5}, \text{ kg/m}^3$$

İfadesinden hesaplanabilir.

$$\alpha = 0.80$$

$$\beta = 0.666$$

$$\gamma_p = 1450 \text{ kg/m}^3 \text{ değerleri için}$$

$$q = 2560 \cdot d^2 \cdot \left[\frac{7.30 + 2.03 \ln Q}{F} \right]^{0.5}, \text{ kg/m}^3$$

yazılabilir.

Burada:

$$q = \text{Birim patlayıcı madde tüketimi, kg/m}^3$$

$$d = \text{Kartuş çapı, m}$$

$$Q = \text{Kayaç kalite faktörü}$$

$$F = \text{Kazı kesit alanı, m}^2$$

Veriler:

$$\text{Kazı alanı } F = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Kartuş çapı } d = 0.035 \text{ m}$$

$$\text{Kayaç faktörü } Q = 50 \text{ "çok iyi-tahkimat gerekmeyen"}$$

Birim patlayıcı madde tüketimi:

$$q = 2560 \times (0.035)^2 \left[\frac{7.30 + 2.03 \ln Q}{25} \right]^{0.5} = 2.45 \text{ kg/m}^3$$

olarak bulunur.

Çizelge 2 — Birim patlayıcı madde tüketiminin "Q" kayaç kalite faktörü clnsinden hesaplanması

KAZI KESİT ALANI (m ²)	KUMTAŞI			KUMLU ŞİST			ÇAMURTAŞI		
	WILD'IN EĞRİSİ (1)	TEKLİF EDİLEN FORMÜL (2)	FARK $\frac{1-2}{1} \times 100$ (%)	WILD'IN EĞRİSİ (1)	TEKLİF EDİLEN FORMÜL (2)	FARK $\frac{1-2}{1} \times 100$ (%)	WILD'IN EĞRİSİ (1)	TEKLİF EDİLEN FORMÜL (2)	FARK $\frac{1-2}{1} \times 100$ (%)
5	2.15	2.0	7	1.7	1.7	0.0	1.2	1.3	-8.3
10	1.7	1.4	17.6	1.3	1.2	7.7	0.9	0.9	0.0
15	1.3	1.2	7.7	1.0	1.0	0.0	0.7	0.8	-14.3
20	1.0	1.0	0.0	0.8	0.8	0.0	0.55	0.7	-27
25	0.8	0.9	-12.5	0.65	0.7	-7.7	0.45	0.6	-33

$$\begin{aligned} \text{KUMTAŞI } & \left. \begin{aligned} &+ \text{Sapma \% 8.6} \\ &- \text{Sapma \% 12.5} \end{aligned} \right\} & \text{KUMLU } & \left. \begin{aligned} &+ \text{Sapma \% 1.9} \\ &- \text{Sapma \% 7.7} \end{aligned} \right\} & \text{ÇAMURTAŞI } & \left. \begin{aligned} &+ \text{Sapma \% 21} \\ &- \text{Sapma \% 21} \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

Çizelge 3 — Çeşitli kayaçlar için patlayıcı madde tüketimi, Kg/m³.

SONUÇ

Bu çalışmada incelenen konulardan çıkartılan ana sonuçlar şöyle sıralanabilir:

♦ Birim patlayıcı madde tüketimi, tünel geometrik boyutlarına (delik çapı, kazı kesit alanı), patlayıcı madde kullanım tekniğinde gösterilen özeni bir anlamda ifade eden lağım atım verimine ve geçilen formasyonun laboratuvar basınç direncine bağlı olarak formüle edilmiştir (Çizelge 1).

♦ Çıkarılan birim patlayıcı madde tüketim formülü, patlayıcı madde kullanım literatüründe yaygın biçimde kullanılan (birim tüketim-kazı kesit alanı) değişim eğrileri (Wild-1977) ile karşılaştırılmıştır. Formül değerinin (Çizelge 1), sözkonusu değişim eğrileri (Şekil 2) ile çok iyi bir uyum içinde bulunduğu keza gözlenmiştir (Çizelge 3).

YARARLANILAN KAYNAKLAR

ARIOĞLU, E., (1984), Jeoloji Mühendisleri İçin Madencilik Bilgisi, İ.T.Ü. Vakfı Kitap Yayınları No=4, 87-95.

ARIOĞLU, E., (1988), Çözümlü Madencilik Problemleri, Maden Mühendisleri Odası Yayınevi, Ankara.

KOOK TE J., (1986), Konvergenzvorausberechnung und Ausbaubemessung für Gesteinsstrecken Glückauf für Schungshefte, Jahrgang 47, Heft 3, 112-119.

ONIKA, D., (1977), Excavation of Mining Openings. Mir Publishers, Moscow.

WILD, W.H., (1977), Spengtechnik in Bergbau Tunnel und Stollenbau, Glückauf-Betriebsbücher Band 10.



ÇAĞDAŞ HİDROJEOLÖJİ'NİN KURUCULARINDAN PROF. DR. HENRI SCHOELLER'İ KAYBETTİK

A. Mesut ÇETİNCELİK*
Adnan ERTÜRK**

Çağdaş Hidrojeoloji'nin kurucularından Profesör Henri SCHOELLER'in 13 Mart 1988 günü 89 yaşında Fransa'da vefat etmiş olduğunu üzüntü ile öğrenmiş bulunuyoruz.

1899 yılında Fransa'da doğan Henri SCHOELLER'e 1929 yılında Jeoloji Profesörlerinden DOLFUSS, HANG, JACOB ve A.M. LEVY Jeoloji formasyonu vermişler ve tezini desteklemişlerdir.

1930 yılında Tunus'a giden Dr. H. SCHOELLER, bu ülkenin ilk yeraltısu değerlendirilmesi çalışmalarına katılmış ve Tunus'un ilk Hidrojeoloji haritalarını gerçekleştirmiştir.

Tunus'taki çalışmalarını 7 yıl süren Prof. H. SCHOELLER, 1937 yılında Fransa'ya dönerken çalışmalarına Bordeaux Üniversitesi'nde önce asistan sonra 1947'de Doçent olarak sürdürmüş 1949 da Profesör DAGUIN'in yerine Profesör olarak atanarak ders ve konfesanslar vermeye başlamıştır.

1945 yılından itibaren Petrol ve yanıcı Sivilar Milli Yüksek Okulunda, Uygulamalı Jeoloji ve Hidrojeoloji dersleri vermiştir. Bordeaux Üniversitesi Fen Fakültesinde olaganüstü çalışmaları ile Hidrojeoloji merkezinin oluşturulmasını sağlamış ve kariyerinin en üst düzeyine ulaşmıştır. Araştırma ve çalışma enerjisiyle emeklilik yaşı dahil durduramamış, yılmadan yorulmadan çalışmıştır. Bilimsel çalışmaları jeolojinin tüm disiplinlerini içерdiği gibi,

Alpler, Maures masifleri, Tunus, Paris havzası, Akiten havzası ve Pireneleri de kapsamaktadır.

Hidrojeoloji biliminin gelişmesinin başlangıcında, yeraltısu kimyası konusunu UNESCO İçin "Kurak bölgeler hidrojeolojisi ve yeraltısu" adlı eserinde derleyerek biraraya getirmiştir.

Profesör H. SCHOELLER Unesco nezdinde Uzman, Uluslararası Hidrojeologlar Birliği'nin Fransa bölümü başkanı olarak, faaliyeti ve şöhreti Fransa sınırları dışına yâlmıştır. Uluslararası kuruluşlar ve çeşitli ülkelerin İşteği üzerine Türkiye, ABD, SSCB, Tunus ve diğer birçok ülkede dersler, seminerler, konferanslar vermiştir.

3 ème cyde Doktora veren, Hidrojeoloji-Hidroşimi merkezinin müdürü ve Profesörü olarak titiz ve sürekli çalışmalarıyla, pek çok yabancı ve fransızın belli bir jenerasyonunun formasyon kazanmasını sağlamıştır.

Profesör Henri SCHOELLER, çok belirgin bir şekilde jeoloji biliminin uygulamasını kimya, fizik ve matematik bilgileri ile bağıdaştırmayı bilen ve Modern Hidrojeolojinin kurucularından biri olarak belleklerde büyük bir kültür ruhunun anısı ile daima yaşayacaktır.

"1957 ve 1959 yıllarında yanında çalışma mutluluğuna erdiğim Sayın Hocamı saygıyla anar hatırlası önünde eğillirim. A. Mesut ÇETİNCELİK".

* Jeo. Müh. DSİ Gn. Md. Teknoloji Dairesi Başkan Yardımcısı, Hidrojeolog.

** Jeo. Yük. Müh. DSİ Gn. Md. Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı.

BAYBURT TÜFLERİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ

PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF BAYBURT TUFFS

Fikret TARHAN*
Fikri BULUT**

ÖZ — Bayburt'un kuzeybatısında yüzeylenen Eosen yaşı türler hafif, kolay işlenebilir ve homojen olmaları nedeniyle asırlardır yapı, süsleme, son yıllarda da kaplama ve onarım taşı olarak kullanılmaktadır.

Türlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini saptamak amacı ile araziden alınan bloklardan çıkarılan karot örnekleri üzerinde tek eksenli basınc, Brazilian, don, dondan sonra basınç deneyleri yapılmıştır. Ayrıca Schmidt çekici sertlikleri, statik ve dinamik elastisite modülleri bulunmuştur. Deney sonuçlarına göre türlerin çok fazla boşluklu, sert, düşük ve orta dirençli, genelde orta modül oranlı kaya sınıflarında yer almıştır.

ABSTRACT — *Tuffs of Eocene age, which crop out Northwest of Bayburt, have been used for centuries as building and ornamentation stone and more recently as a covering and restoration stone because of their easy workable and homogeneous nature.*

To determine the physico-mechanical properties of the tuffs uniaxial compressive strength, Brazilian, frost action and after frost uniaxial compressive strength experiments have been done on the core samples which are taken out from block samples. Also Schmidt hammer hardness and modulus of static and dynamic elasticity were determined.

Results of the above experiments show that the tuffs can be classified as very porous, hard, low and medium strength with average modulus ratio type of rocks.

GİRİŞ

Türkiye'nin doğal zenginliklerinden birisi de değişik yapırlarda değişik amaçlarla kullanılan doğal taşlardır. Doğal taşların yapırlarda değişik amaçla kullanılabilmesi jeolojik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi ile mümkündür. Bu araştırmada, Kuzeydoğu Anadolu'da asırlardır değişik amaçlarla kullanılan ve Bayburt taşı olarak bilinen türlerin fiziksel-mekanik özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

JEOLOJİ

Gümüşhane'nin Bayburt İlçesi kuzey ve kuzeybatısında geniş alanlar kaplıyan Eosen yaşı kayaçlar, tabankonglomerası ile Malm'in yaşı kayaçları üzerinde yer almaktadır (Şekil 1). Konglomera gri-esmer renkte, değişik orijinali blok, çakıl ve kum boyutlu elemanlardan oluşmuştur. Konglomera gri-bej renkte, orta taneli, kırıntılı dokuda, orta ve ince tabaklı kireçtaşları üstlemektedir. Gerek konglomera, gerek kireçtaşları bol Nummulites ve Assilina fosilleri içermektedir.

Kumlu kireçtaşları üzerinde, yeşil ve kırmızı renkli marnlar yer almaktadır. Marnlar yer yer kumtaşı ve tuf seviyeleri içermektedir. Marnların üzerinde oldukça kalın, genelde tabaklı yapıda türler görülmektedir. Türler oldukça geniş alanlar kaplar. Renkleri beyaz, yeşil benekli beyaz, ve sarı renklerdir. Değişik renkteki türler yer yer yanal geçişlidir.

Tabaklı yapı gösteren Eosen yaşı kayaçlarda tabaka doğrultuları genelde KD-GB, eğimleri 5-25 dereceler arasında KB'ya'dır. Diğer bir yapısal özellik K47°B/80°KD, K77°D/69°GB, K15°D/72°KB ve K29°B/83°GB doğrultu ve eğimindeki hakim çatlaklılardır.

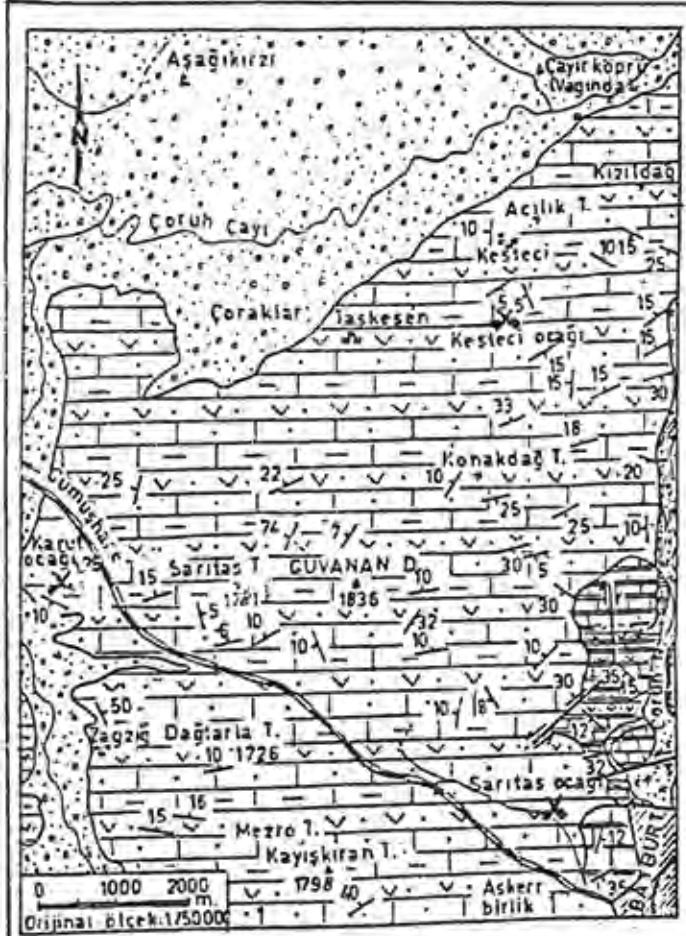
Çatlak yüzeyleri hafif pürüzlü olup, bazıları kayma izlidir. Çatlak ara uzaklıkları 0.3-3 cm, çatlak açıklıkları 0.5-3 cm. arasında değişmektedir. Çatlakların çoğu kırmızı renkli, yüksek plastisiteli kil ile dolguludur. Yer yer kalsit damarları da izlenir.

TÜFLERİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Kuzeydoğu Anadolu'da bayburt taşı olarak bilinen türlerin fiziksel-mekanik özelliklerini saptamak amacıyla arazide, değişik renkteki türlerden çıkarılan 50×40×35 cm boyutlu bloklardan, tabakanmeye dik ve paralel yönde, 50 mm çaplı ve boyu çapının iki katı olan toplam 200 karot alınmıştır. Deneyler Türk Standartları Enstitüsü TS-699 Mart 1988 UDK-691-2 tarih ve sayılı "Doğal yapı taşlarının muayene ve deney metodları" esaslarına göre yapılmıştır.

* Doç. Dr. KTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

** Dr. KTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.



BAYBURT KUZEY BATISININ JEOLOJİ HARİTASI

Tarhan-Bulut - 1988

İŞARETLER

Tabaka doğrultu ve eğimi

Fay

Formasyon sınırı

Taş ocakları

Alüvyon

IKUVATER-
JNER

Konglomera, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, tuf ve tüfít TEKÇAM TEPE FORMASYONU ESEN

Masit kireçtaşı üyesi

ARDICLIGÜNEY FORMASYONU

Kumlu kireçtaşı üyesi

JURA

Harmanyeri üyesi Konglomera, kumtaşı, marn, kireçtaşı, bazaltik tuf ve tüfít HACİÖREN FORMASYONU

Jeoloji haritası MTA ve ÖZER (1983)in jeoloji haritalardan yararlanılarak çizilmiştir.

Fiziksel Özellikler

Tüf bloklarından alınan 200 karot örneği arı suda, sezik saat ara ile ölçülen ağırlıkları arasındaki azalma % 0,1 oluncaya kadar bekletilerek ve aynı örneklerler etüvde 105°C de 24 saat kurutulduktan sonra tartılarak doygun ve kuru ağırlıkları bulunmuştur. Ayrıca doygun ve kuru halde, tabakalanmaya dik ve paralel olarak alınan karotların ses iletme özelliği ultra-ses aleti ile ölçülüştür. Bu verilerden yararlanarak tüflerin kuru ve doygun birim hacim ağırlıkları (γ) poroziteleri (P), ağırlıkça (gs) ve hacimce (hs) su emmeleri hesaplanmıştır. Blokların doğadan çıkarıldığı anda ve çıkarıldıktan 15 gün sonra, schmidt çekici ile sertlikleri (R) ölçülüştür. Tüflerin özgül ağırlıkları (G) ise her renk tüften alınan 3'er örnek üzerinde yapılan piknometrik deneyi ile bulunmuştur. Deneyler sonucu hesaplanan fiziksel özelliklerin ortalama değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1 de görüldüğü gibi tüfler yüksek porozitelidir. Ayrıca sertlikleri ocak suyunu kaybettiklerinde ve tabakalanma yüzeyine dik yönde daha fazladır. Tüfler ocak su-

yunu kaybettiklerinde "sert kaya" sınıfında yer almaktadır.

Mekanik ve Elastik Özellikler

Bayburt Tüflerinin mekanik özellikleri eraziden alınan bloklardan çıkarılan karot örnekleri üzerinde, laboratuvara yapılan tek eksenli basınç (σ_1), çekme (σ_3), don ve dondan sonra basınç (σ_2) deneyleri ile saptanmıştır.* Deneyler tabakaya dik ve paralel yönde alınmış 5'er karot örneği üzerinde, kuru ve doygun halde yapılmış ve hesaplanan değerlerin ortalamaları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Değişik renkli tüflerden alınmış karotlardan kuru haldeki 3'er örnekte, tek eksenli basınç deneyi esnasında değişik kuvvetlere karışık gelen enline ve boyuna birim deformasyonlar, strain gage yardımıyla okunmuş ve gerilme-birim deformasyon ilişkisinden yararlanarak tabakalanmaya paralel ve dik yöndeki statik elastisite modülleri (E_s) ve poisson oranları (v) hesaplanmıştır. Ayrıca ölçülen ses hızlarından yararlanarak dinamik elastisite modülleri (E_d) YOUASH (1979)** formülünden yararlanarak bulun-

* Tek eksenli basınç direnci (σ_1) = P/A , çekme direnci (σ_3) Brazilian deneyi ile $\sigma_3 = 2P/\pi DL$ formülünden yararlanarak bulunmuştur. Formüllerde: P: Karot örneğine uygulanan kuvvet (kg) A: Karotun kesit alanı (cm^2). D: Karot çapı (cm) L: Karot boyu (cm).

** Dinamik elastisite modülünün hesaplandığı Youash (1970) formülü $E_d = 5.16 \cdot L/D \times W \cdot (1/t) \times 10^4$ dir. Burada E_d : dinamik elastisite modülü (kg/cm^2), L: karot boyu (cm), D: karot çapı (cm), W: örnek ağırlığı (gr), t: ses dalgasının karot boyunu katetme zamanı (μs).

Tuf türü	Sarı renkli						Beyaz						Yeşil benekli beyaz												
Deney türü	Tabakalanmaya																								
	Dik			Paralel			Dik			Paralel			Dik			Paralel									
	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	
Ses nizi m/s	kuru	3277	2920	2989	183	2823	2562	2632	99	2697	2503	2576	85	2950	2820	2889	76	2456	2298	2392	63	2632	2520	2559	45
doy.	—	—	2614	—	2366	2109	2239	104	2485	2092	2320	192	2538	2227	2438	128	2242	2094	2177	59	2290	2112	2232	72	
	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	
γ gr/cm ³	kuru	2.24	1.82	1.92	0.09	1.95	1.83	1.88	0.03	1.73	1.64	1.69	0.02	1.93	1.86	1.89	0.01	1.4	1.1	1.2	0.6	1.2	1.1	1.2	0.6
doy.	2.34	2.01	2.09	0.07	2.05	1.97	2.02	0.02	1.93	1.86	1.89	0.01	2.05	1.92	1.95	0.01	1.9	1.8	1.85	0.01	1.9	1.8	1.85	0.01	
G	2.59						2.51						2.30												
% P	30			13			26			3			27			22			25			1.2			
% qs	12			4			9			1			9			5			7			1.1			
% hs	21			10			17			2			17			10			13			1.7			
R	teze			27			30			33			37			35			36			37			
15 gün	33			32			38			37			38			37									

Çizelge 1 — Bayburt tüflerinin fiziksel özellikler.

muştur. Hesaplanan elastisite modülleri (E_d ve E_s) ile poisson oranları ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2 Incelendiğinde, sarı tüflerin kuru ve doygun halde "düşük dirençli" "orta modül" oranlı, beyaz tüflerin

kuru halde "orta dirençli", "düşük modül oranlı", doygun halde "düşük dirençli", "orta modül oranlı", yeşil benekli beyaz tüflerin ise kuru halde "düşük dirençli", "düşük modül oranlı" doygun halde "çok düşük dirençli", "orta modül oranlı", oldukları anlaşılmaktadır.

Tuf türü	Sarı renkli						Beyaz renkli						Yeşil benekli beyaz renkli												
Deney yolu	Tabakalanmaya																								
	Dik			Paralel			Dik			Paralel			Dik			Paralel									
	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	
σ_b kg/cm ²	Kuru	726	385	480	139	404	302	348	35	799	757	777	18	828	678	736	59	466	391	447	32	521	440	428	34
Doy.	487	267	352	84	244	142	201	40	328	256	300	36	362	22	321*	59	231	179	196	21	263	159	189	41	
σ_{bd} kg/cm ²	Kuru	485	463	471	10	436	385	404	13	732	636	686	36	859	494	737*	143	576	500	529	32	546	450	493	42
Doy.	306	275	290	14	256	234	245	9	351	234	312	47	369	224	281	54	216	165	193	21	290	222	256*	30	
σ_c kg/cm ²	Kuru	96	75	83	8	74	55	65	8	132	110	123	8	98	82	88	6	66	50	56	7	51	40	45	4
Doy.	45	26	35	13	44	24	31	11	51	41	45	5	26	23	25	1.2	29	23	26	2.6	23	16	20	3	
$E_d \times 10^3$ kg/cm ²	Kuru	2.11	1.46	1.74	0.3	1.58	1.22	1.34	0.1	1.41	1.16	1.26	0.1	1.65	1.43	1.57*	0.1	1.03	0.89	0.97	0.1	1.19	1.09	1.12*	0.04
Doy.	1.59	1.42	1.51	0.1	1.14	0.9	1.03	0.1	1.28	0.9	1.11	0.2	1.29	1.00	1.19*	0.1	0.97	0.83	0.91	0.1	1.00	0.86	0.95*	0.06	
$E_s \times 10^4$ kg/cm ²	13.4 , v=0.20			13.2 , v=0.17			7.6 , v=0.12			7.5 , v=0.22			5.8 , v=0.15			6.4 , v=17									

Çizelge 2 — Bayburt tüflerinin mekanik ve elastik özellikleri.

Tüflerin tabakalanmaya dik ve kuru haldeki mekanik özellikleri, tabakalanmaya paralel ve doygun haldeki mekanik özelliklerinden daha yüksek değerlerde olduğu Çizelge 2'de görülmektedir. Tüflerin çok fazla boşluklu olması, fazla su emmelerine dolayısıyla kuru haldeki mekanik özelliklerinin azalmasına neden olmaktadır.

Çizelge 3'de kuru ve doygun haldeki tüflerin mekanik özellikleri arasındaki oran ve kuru haldeki değerde azalma yüzdesi verilmiştir.

Çizelge 3 Incelendiğinde suyun, tabakalanmaya paralel yonede mekanik özellikler üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir.

Özellikler	σ_b		σ_{bd}		σ_d		E_d		Ses		
	Oran	%	Oran	%	Oran	%	Oran	%	Oran	%	
Sarı renkli	Dik.	1.36	27	2.31	57	2.37	58	1.15	13	1.14	13
	Para.	1.73	42	1.65	39	2.10	52	1.30	23	1.18	15
Beyaz renkli	Para.	2.99	61	2.20	55	2.73	63	1.14	12	1.11	10
	Dik.	2.29	56	2.62	62	3.52	72	1.32	24	1.18	16
Yeşil benekli beyaz	Dik.	2.28	56	2.74	64	2.15	54	1.07	6	1.10	9
	Para.	2.26	56	1.93	48	2.25	56	1.18	15	1.15	13

Çizelge 3 — Bayburt tüflerinin mekanik özelliklerinde kuru/doygun oranı ve kuru değerde azalma % si.

Bayburt tüflerinin, tabakalanmaya paralel ve dik yönde direnç özellikleri ortalama değerlerine göre hesaplanan anizotropi değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi tüflerin suya doygun olmaları halinde, direnç anizotropileri artmaktadır.

Bayburt tüflerinin dona karşı dayanıklılığını saptamak amacıyla her renk tüften tabakalanmaya paralel ve dik yönde alınmış 10'ar karot üzerinde TS 699 Mart 1978 UDK-691-2 tarih ve sayılı esasları çerçevesinde don deneyi yapılmıştır. Yirmibeş kez tekrarlanan deneyde, 15.

Anizotropi		σ_b	σ_{bd}	σ_d	E_d	Ses
Sarı renkli	Doy.	1.38	1.66	1.28	1.30	1.14
	Kuru	1.75	1.18	1.13	1.47	1.17
Beyaz renkli	Kuru	1.06	1.07	1.40	1.25	1.12
	Doy.	1.07	1.11	1.80	1.07	1.05
Yeşil benekli beyaz renkli	Kuru	1.04	1.07	1.24	1.15	1.07
	Doy.	1.04	1.33	1.30	1.04	1.03

Çizelge 4 — Bayburt tüflerinin anizotropi değerleri.

tekrardan sonra karot yüzeylerinde hafif pürüzlenmeler, keskin kenarlarda küçük ufalanmalar, yeşil benekli beyaz tüflerde, yeşil beneklerde oyulmalar, dökülmeler gözlenmiştir.

Don deneyinden sonra kuru haldeki ağırlık ve demeye başlamadan önceki kuru ağırlıklar arasındaki farklar ile azalma yüzdeleri hesaplanmış ve sonuçları tablo 5'te verilmiştir.

Tüp türü	Sarı renkli				Beyaz renkli				Yeşil benekli beyaz renkli			
	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.	Max.	Min.	Ort.	S.S.
Ağırlık azalması gr.	1.57	0.94	1.13	0.17	19.94	6.42	11.22	4.27	6.45	4.59	5.21	0.59
Ağırlık azalma % si	0.40	0.30	0.31	0.03	5.5	1.70	3.03	1.18	1.90	1.4	1.59	0.17

Çizelge 5 — Don deneyinde 10 ar karotörneğinde ortalama ağırlık azalmaları ve azalma yüzdeleri.

Çizelge 5'te görüldüğü gibi don deneyinden beyaz ve yeşil benekli beyaz renkli tüpler, sarı renkli tüplerden daha fazla etkilenmiştir. Ancak standartlar göz önüne alındığında değişik renkteki tüplerin genelde doldan etkilenmediği anlaşılmıştır.

Don deneyi uygulanan karotların 5'er tanesi üzerinde, kuru ve doygun halde tek eksenli basınç direnci (σ_{bd}) deneyi yapılmış ve sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, kuru haldeki tek eksenli basınç direncinin, doygun haldeki tek eksenli basınç direncinden

hemen hemen % 50 fazladır. Buna karşılık dondan önce ve dondan sonra kuru haldeki basınç dirençleri arasında belirgin bir fark görülmemektedir.

SONUÇ

Kuzeydoğu Anadolu'da Bayburt taşı olarak bilinen, Eosen yaşı tüfleri, geçmişte olduğu gibi günümüzde de yapı taşı olarak kullanılmaktadır.

Bayburt tüfleri sarı, beyaz, yeşil benekli beyaz renklerde olmak üzere üç grupta toplanabilir.

Bayburt tüfleri çok boşluklu (ortalama porozite > 25%) olup, özgül ağırlıkları 2.30 ile 2.60 arasında değişmektedir. Schmidt çekici sertliğine göre ocak suyu içerdiklerinde "yumuşak", ocak suyunu kaybettiklerinde "sert" kaya sınıfında yer alırlar.

Kuru halde tabakalanmaya dik yöndeki tek eksenli basınç direnci ortalamaları 777 ile 428 kgf/cm², tabakalanmaya paralel yöndeki dirençler ise 200-350 kgf/cm² arasında değişmektedir. Tek eksenli basınç direnci, çekme direncinden ortalama olarak 7 kat fazladır.

Tabakalanmaya bağlı olarak kuru haldeki direnç anizotropileri 1.04 ile 1.4 arasında değişmektedir. Özellikle sarı renkli tüflerde anizotropi daha fazladır.

Kuru haldeki tüflerin mekanik özellik değerleri, doygun haldeki değerlerden yaklaşık % 50 oranında fazladır. Bu da tüflerin kuru ortamlarda kullanılmalarının daha uygun olacağını göstermektedir.

Don deneyleri, tüflerin kısa sürede (25-30 yıl) dondan önemli derecede etkilendmediğini göstermiştir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- JAEGER, J.C. and COOK, N.G.W., (1976), Fundamentals of Rock Mechanics. Chapman and Hall, London.
- LAMA, R.D., VUTUKURI, V.S., (1978), Handbook on Mechanical properties of Rocks. Vol. I, II, IV Trans Tech. Publ.
- ÖZER, E., (1983), Bayburt (Gümüşhane) yörenin jeolojisi ve Mikrofaslıyes incelemesi. KTÜ Fen Fil. Ens. MMLS tezi Trabzon.
- SAYAR, M., ERGUUVANLI, E., (1962), Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları, İTÜ. Maden Fak. İstanbul.
- TARHAN, F., (1984), Artvin Granitinin Mühendislik özellikleri, KÜ Dergisi, jeoloji cilt: 3. S.: 1-2, s. 33-46, Trabzon.
- TSE, (1978), Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deney Metotları. TS 699/Mart 1978, UDK 691.2.
- YOUASH, Y.Y., (1970), Dynamic Physical Properties of Rock Part-I, Theory and Procedure. Prod. 2nd cong. Int. Soc. Rock. Mech. PP. 171-183, Belgrade.
- YÜZER, E., ZANBAK, C., (1974), Jeolojide Deneysel Kaya Mekanığı. İTÜ Kütüphanesi S: 998, İstanbul.

NEVŞEHİR TÜFLERİNİN HAFİF YAPI GEREÇİ OLARAK
DEĞERLENDİRİLEBİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF EVALUATION POSSIBILITIES OF THE NEVŞEHİR TUFFS
AS LIGHT WEIGHT CONSTRUCTION MATERIALS

Mustafa ERDOĞAN*

ÖZ — Bu yazında, Nevşehir-Avanos-Urgüp üçgeni içinde jeolojik olarak ayırtlanan üst Miyosen volkanizmasının ürünü Kavak tufeti, Çavuşını tufu, Sarımadentepe ignimbriti, Tahar tufu ve Karadağ ignimbritinin yapı gereci şeklinde kullanılabilmeye olanakları laboratuvar verilerine bağlı olarak tartışılmıştır.

İşlenme ve şekillendirilmesi kolay, yanına dayanıklı, ısı ve sese karşı yalıtkan olan bu kayaçların üretim maliyetleri eşdeğerdeki diğer yapı gereçlerine göre daha düşüktür. Kapadokya uygarlıklarının vazgeçilmez yapı gereçini oluşturan bu volkanitler günümüzde de yöresel tekniklerden yararlanılarak yaygın bir şekilde işletilmekte ve kullanılmaktadır. Ayrıca yörede, son yıllarda artan yapıtının isteklerinin zorlaması sonucu kullanımına hazır yapı elementi boyutunda üretim yapan, büyük kapasiteli mekanize ocaklar devreye girmeye başlamıştır.

Kentleşmenin, hava kirliliğinin, gürültünün ve enerji girdilerinin giderek arttığı ülkemizde, özgün ve nitelikli yapıtaşlarının araştırılarak kullanıma sunulması; yatırımları ve doğal kaynakların rasyonel kullanımı yönünden önemlidir.

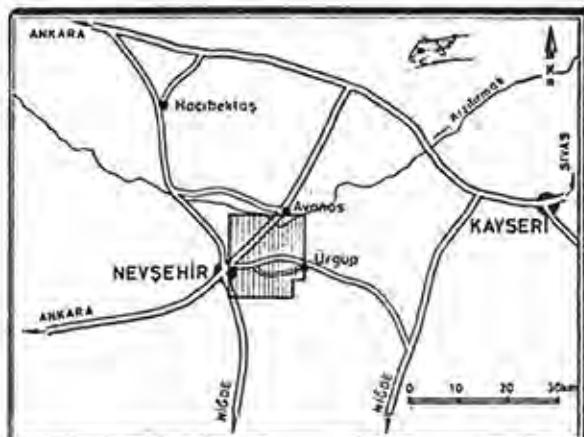
Yazında, volkanik tuffler üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik deney sonuçlarına kısaca değinildikten sonra, laboratuvar verileri diğer doğal ve yapay yapı gereçlerinin sonuçları ile birlikte karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT — In this paper the use of various tuff units in the Nevşehir-Avanos-Urgüp region is discussed based on laboratory experiments. These tuff units are products of Late Miocene volcanism and include Kavak tuff, Çavuşunu tuff, Sarımaden, Tepe ignimbrite, Tahar tuff and Karadag ignimbrite.

It was concluded that Kavak tuff and Sarımadentepe ignimbrite are not suitable for use in buildings as the former alters very readily and the latter fractures at temperatures of above 300°C. Other formations show features suitable for use as building stones.

ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN ÖZET JEOLOJİSİ

Araştırma bölgesi, Nevşehir İl sınırları içinde ve Orta Anadolu Masifinin güney kenarı boyunca yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 — Araştırma Alanının Konumu.

Arap-Afrika levhaları ile Anadolu levhası arasındaki çarpışma (kita/kita) sonucu Üst Miyosen'den Pliyosen'e kadar kesintili olarak devam eden kalkalkalen türkeli volkanik etkinliğinin ürünü olan bu volkanitler, Ürgüp Formasyonunu oluşturmaktadır. Formasyon tabanda ince elemeli kumtaşı, siltaş, kilitaş, marn ile kireçtaşlı araseviyeli volkano tortularla başlayıp üstte doğru tuf-ignimbritlere dönüşmektedir. Ürgüp Formasyonu kendisinden daha yaşlı Paleosen, Eosen ve Oligosen birlimleri üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (Şekil 2). Ürgüp Formasyonu kendi içinde başlıca dokuz ümeye ayrılmıştır (Şekil 3). Yer yer volkano sedimanter krakter gösteren bu formasyonun farklı düzeylerinde yer alan belirli bir rezerve sahip olan Kavak üyesi, Sarımadentepe üyesi, Çavuşunu üyesi, Tahar üyesi ve Karadağ üyesinin yapıtının yönünden fiziksel-mekanik özellikleri laboratuvara araştırılmış ve bulgular izleyen satırlarda sunulmuştur.

* Yrd. Doç. Dr., ITÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.

KUVATERNER		SİSTEM	SERİ	LİTOLOJİ	DİĞER	AÇIKLAMALAR
				KALINLIK (m)		
R	E	HOLOSEN PLEYISTOSEN	YUZEYSİL CAZELİLER	30	Traverten, Nehir Taraçası, Yamaç Molozu, Alüvyon: Daha yaşlı birimlerin kırıntılarını içерirler.	
		MİYOSEN — PLİYOSEN	SÜNGERTAS KUMTEPE ÖYLÜDAĞ AŞIKDAG BAZALTı	35	Süngertağı-Volkan Külü: Bol miktarda bazalt ve obsidyen kırıntıları içeren volkan külleri ile ardalanmalı süngertaglarından oluşur.	
				200	Ojitalı Bazalt: Alt seviyeleri yoğun ve koepakt üste ise gözeneklidir. Kolunsu yapı gösterir. Plajiyoklas mikrolitlerinden oluşan yarı camsı ve akça yarı hamur içinde labradorit, zonlu andezin, kümeler halinde idiomorf ojıt, rombusal piroksen ile opaklaşmış biyotitden oluşur.	
				520	Anderitik Bazalt: Koyu gri-siyah ve bazında kırmızı renklidir. Plajiyoklas ve klinopirokseninden oluşan akma yapılı mikrokristalin hamur ile plajiyoklas, pleokroik ortopiroksen, hornblend ve biyotit fenokristallerinden oluşur.	
S	I				Tuf, Tüfit, Lahar, İgnimbirit: Kumtaşı, silttaşısı, kilittaşısı, kireçtagları ile ara seviyelidir. Genelde gri, beyaz, pembe reklidir. İçinde bol miktarda andezit, bazalt süngertağı ile ofiyolit ve granitik kayag çakılları yerler. Tabanda tüfistik özellik gösteren birim üstte doğru ignimbrite dönüür. Kireçtaşı-kilittaşları içinde tatlısu molluskleri, dityatom kavaklıları ve ostrokot fosilleri izlenir. Tüfitik düzeylerde Hippurion gracile de Christol, Hippurion mediterraneum Hansel, Antilop sp., Gazella sp.'ye ait parçalar bulunur.	
T	E	PALEOSEN (Alı — Oria)	EOSEN OLİGOSEN	75	Riyolit-Riyodasit: Gri-mor renkli yarı camsı hamur ile kuvars, feldspat ve biyotit fenokristallerinden oluşur.	
	R	BARANDAĞ PLÜTONU	ARZILAR KIREÇTAŞI	300	Cakıltası, Kumtaşı, Çamurtaşı: Granit, granodiyorit, monzonit, metamorfik gışt, marmar, fosilli kireçtagı, riyolit çakıllarından oluşan kötü boyanmalı, gevşek çimentolu, yer yer çapraz tabakaalanma gösteren çakıltası-kumtaşları ile yanal geçigili ve ayrılmış kırmızı renkli çamurtaglarından oluşur.	
		200	YEVLİHSAR KONGLOMERASI	160	Kireçtagı: Gri-acık sarı-boz renkli kireçtagı-marnlarından oluşur. Taban düzeylerinde kumtaşı-kilittaşları yerler. Ağır derecede kırıklı ve kıvrımlı yapı gösteren kayag, üstte doğru "pelletli biyomikrit'e dönüür. Bol miktarda Alveolina, Orbiculites ve Nummilites fosilleri içерir.	
					Uyumsuzluk	
					Uyumsuzluk	
					Uyumsuzluk	

Şekil 2 — İnceleme alanının genelleştirilmiş Jeoloji Dikme Kenti.

FORMASYON SERİ	ÜYE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	DİĞER	AÇIKLAMALAR
PİLLİYOSSEN	KİŞLADÄĞ	50		Kireçtaşı-Marnı: Alt seviyeleri marn, kireçtaşı, silittaşı, üstte ise opal arasıviyeli, tatlısu mollüsksü ve ostrokot fosili mikritten oluşur.	
	KARADAĞ	40		İgnimbirit-Tüfit: Tüfítlerle bağlar üstte doğru ise inimbirite dönüğü. Yarı camsı hamur içindeki başlıca mineral bileyenleri kuvars, albit, oligoklas ve biyotittir.	
	AKDAĞ	80		Marn, Silittaşı, Kumtaşı, Çakıltası: Tabanda gevrek çimentolu, kötü boyanmalı, çapraz tabaklı çakıltası-kumtaşı, üstte doğru ise silittaşı, kumtaşı ve giderek volkanik element katkılı plaketli marnılara dönüğü.	
ÜNEMESEN	TAHAR	80		Lahar: Pesbo renkli tek bir kalın tabakadan oluşmuştur. Ağır derecede ayırmaktır. Tamamen veya kısmen bozulmuş yarı camsı hamur içinde izlenen albit, oligoklas, kuvars ve biyotit'ten oluşur.	
	ÇAVUSINI	20		Süngertaklı Tüft: Yarı camsı hamur içinde bol miktarda süngertası, plajiyoklas, kuvars, biyotit ve sanidinden oluşur.	
	SARMADENTEPE	50		İgnimbirit: Gri-kahverenkli masif ve tek bir tabakadan oluşur. Akma yapılı camsı hamur ile plajiyoklas, kuvars, biyotit'den oluşur.	
	ÜÇHİSARDÄĞ	20		Aglomera: Bazalt, andezit, süngertaklı çakıllarından oluşan tuf matriksli ve çapraz tabaklıdır. — Uyumsuzluk —	
KİMI	KAVAK	120		Tüfit-Lahar: Marn, silittaşı, kumtaşı ve kireçtaşı ara seviyelidir. Tabanda tüfütük üstte ise laharik bir karakter gösterir. Kayacı, yarı camsı hamur ile plajiyoklas, kuvars, hornblend ve biyotit fenokristalleri oluşturur. Tüfitik düzeyleerde, Hippurion gracile de Christol, Hippurion mediterraneum Hansel, Antilop sp., Gazella sp., kemikleri bulunur.	
	BAYRAMHACI	60		Marn, Kiltası, Silittaşı, Kumtaşı: Tabanda kumtaşı, silittaşı üstte ise silittaşı, kumtaşı ara seviyeli marn şeklindedir. — Uyumsuzluk —	
OLİGOSEN	YESİLHİSAR KONGLOMERASI	300		Çakıltası, Kumtaşı, Çamurtaşısı: Kırmızı renkli ve ağır derecede ayırmaktır. Temol'e ait kayaların kırıntılarından oluşur.	

Şekil 3 — Ürgüp Formasyonu'nun genelleştirilmiş Jeoloji Dikme Kesiti.

NEVŞEHİR VOLKANİTLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE DİĞER YAPI GEREÇLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Tüfler üzerinde, yapıtaşları standartlarında öngörülen, yapının ve dolayısı ile yapı gerecinin çevresel koşullardan farklılığı etkileşimi belirlemeye tasarımıca ışık tutan çok sayıda fiziksel deney gerçekleştirılmıştır. Diğer bir anlatımla tüflerin birim hacim ağırlığı, su emme, porozite, gaz geçirimsizliği, su geçirimsizliği, genleşme, özgül ısı, ısı iletkenliği, ses absorbasyonu ve sertlikleri ölçülmüştür. Bu deneyel araştırma bulguları diğer bazı doğal ve yapay yapı gereçlerinin sonuçları ile birlikte Çizelge 1, Çizelge 2, Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir. Şe-

kil 4'te de görüldüğü gibi CORMON (1973) tarafından betonlar üzerinde yapılan ve tarafımızdan yapıtaşlarına uyanan sınıflandırmaya göre Nevşehir tüflerinden Karadağ ignimbriti dışında kalanlar hafif yapıtaş sınıfına girmektedir. Çizelge 1'den de izleneceği gibi tüflerin su emme oranları ve gözeneklikleri oldukça yüksektir. Kavak tüyü, Tahar tüyü ve Karadağ Ignimbritinin gözenekleri bir biri ile ilişkili olmaması nedeniyle gaz ve suya karşı geçirimsizdir. Bu sonuca karşın söz konusu kayaçların su emme oranlarının yüksek oluşu bu kayaçlar içinde yer alan ve ayrışma sonucu kile dönüşen feldispatlardan kaynaklanmaktadır.

Büyük bir kısmı süngertaşı elemanları tarafından oluşturulan Çavuşisini tüfunun ısı iletim katsayısi gaz betonuna yakın düzeydedir. Diğer volkanitlerin ısı iletkenlikleri ve özgül ısı değerleri; curuf betonu, süngertaşı katkılı beton ve delikli tuğlaya eşdeğerdedir. Ayrıca Nevşehir volkanitlerinin ısı iletkenlikleri TS 825'de öngörülen değerlerden daha olumluudur (Şekil 5). Gürültü kaynağının havada olması durumunda Nevşehir tüflerinin ses absorbasyon değerleri (500 Hz. için) % 26-31 arasında değişmektedir (Çizelge 3). Tüflerin kesilmesi, yontulması ve şekillendirilebilmesi yönünden önemli bir ölçüt olan sertlik ölçümlerinin sonuçları incelendiğinde, ignimbritik kayaçların (Sarımadentepe ignimbriti ve Karadağ ignimbriti) daha sert oldukları görülmektedir. Bu sonuca karşın araştırmaya konu olan volkanitler, genleştirilmiş perlit betonu, inşaat tuğası, izotuğla ve gazlı beton sertliğindedirler.



Şekil 4—Volkanik Tüflerin Hafif Yapı Gereci Sınıflandırmasındaki Yerleri.

Tüflin Cinsi ve Alındığı Yer	Birim Hacim Ağırlığı (γ) gr/cm^3			Su Emme (%)		Gözeneklilik (n) (%)	Su Geçirimsizliği (K) $\text{cm}/\text{sn} \times 10^{-4}$	Gaz Geçirgenliği (K _g) $\text{md} \times 10^2$
	Dökül. (w_d)	Suya Dayan. (w_d)	Kuru (w_k)	Ağırlıkça (w_a)	Hacimce (w_h)			
Kavak TÜFLÜ (Nevşehir)	1.59	1.92	1.51	27.15	35.41	28.46	0.0	0.00
Sarımadentepe İgnimbriti (Nevşehir)	1.78	1.94	1.74	11.49	25.18	24.04	0.2	0.18
Çavuşini TÜFLÜ (Nevşehir)	1.27	1.75	1.08	53.70	44.78	43.16	2.0	1.90
Tahar TÜFLÜ (Nevşehir)	1.58	1.91	1.53	24.83	36.82	31.11	0.0	0.00
Maradığ İgnimbriti (Nevşehir)	1.95	2.11	1.85	12.63	21.78	18.38	0.0	0.00
İhlara TÜFLÜ (Nevşehir)	-	-	1.80	15.00	-	26.00	-	-
Ürgüp TÜFLÜ (Nevşehir)	-	-	1.15	25.00	-	28.00	-	-
Kaymaklı TÜFLÜ (Nevşehir)	-	-	1.26	22.00	-	27.00	-	-
Derinkuyu TÜFLÜ (Nevşehir)	-	-	1.48	19.00	-	27.00	-	-
Kayseri TÜFLÜ (Kayseri)	-	-	1.80	11.20	16.66	6.70	-	-
İsparta TÜFLÜ (İsparta)	-	-	1.27	23.50	28.95	4.60	-	-
Marmalı Kelkeş (Geziantep)	-	-	1.67	20.05	33.12	6.30	-	-
Yağışlı Traverten (Bolu)	-	-	2.47	2.57	6.35	6.35	-	-
Gözenekli Traverten (Bolu)	-	-	2.28	2.34	5.34	5.35	-	-
Marmara (Marmara Adası)	-	-	2.70	0.06	0.16	0.70	-	-
Dolomitik Marmara (Marmara Adası)	-	-	2.81	0.10	0.33	1.10	-	-
STANDARTA GÖRE SİNİR DEĞERLERİ	-	-	2.54	1.80	-	-	-	-

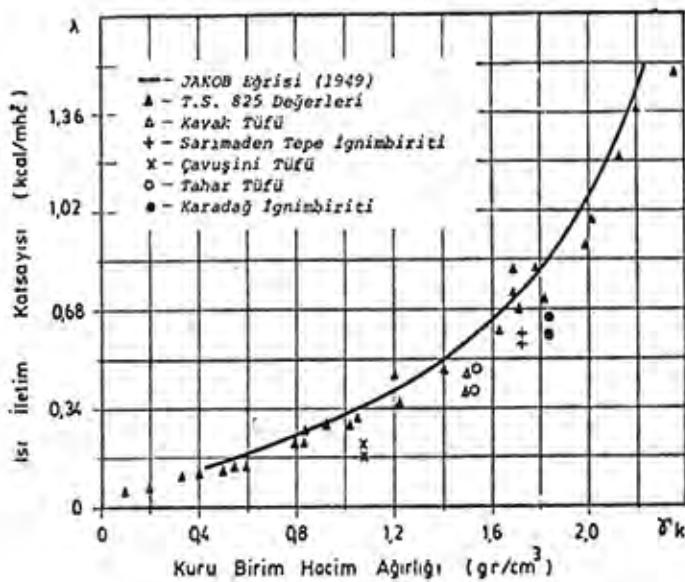
Çizelge 1—Nevşehir Tüflerinin ve Diğer Yapıtaşlarının Birim Hacim Ağırlığı, Su Emme Gözeneklilik, Su Geçirgenliği ve Gaz Geçirgenliği Deney Sonuçları.

Malzeme TÜFÜ	Kuru Birim Hacim Ağırlığı "γ" (gr/cm ³)	Genleşme Katsayısi -δx-10 ⁻⁶ /°C	Sıvı Isı -C- Katsayısi °C Kcal/mh°C	Isı İletkenlik Katsayısi "λ" Watt/m°C
Kavak TÜFÜ	1.51	6.3	0.210	0.43*
Sarımaden Tepe İgnimbiritti	1.74	3.9	0.220	0.56*
Çavuşını TÜFÜ	1.08	-	0.190	0.24*
Tahar TÜFÜ	1.53	4.8	0.215	0.44*
Karadağ İgnimbiritti	1.65	5.5	0.223	0.43*
Inhâre TÜFÜ	1.60	-	-	1.43
Ürgüp TÜFÜ	1.15	-	-	0.32
Mayaklı TÜFÜ	1.26	-	-	0.26
Derinkuyu TÜFÜ	1.48	-	-	0.42
Mermer	2.70	0.08	0.211	2.00
Nunlu taşı	2.20	0.08	0.211	2.00
Mircigiz taşı	2.48	0.08	0.211	1.00
Sığıkârlıdere Beton	2.48	1.2	0.230	1.30
Cırılfı Betonu	1.28	1.0	0.230	0.40
Tüfde Mermeri Petekli Beton	1.20	0.6	0.220	0.40
Sığır Taşı Petekli Beton	1.20	0.7	0.220	0.40
Başlı Kireç Betonu	1.68	0.28	0.25	0.10
Bei Betonu Gk 25	0.47	0.08	0.251	0.28
Bei Betonu Gk 50	0.44	0.08	0.251	0.33
Bei Betonu Gk 75	0.78	0.08	0.251	0.15
Angus Taşları Petekli Beton	1.00	0.1	0.245	0.15
Hesman Tuğla	1.66	0.05	0.220	0.60
Delişli Tuğla	1.20	0.05	0.220	0.35
Gözenevli Hafif Tuğla	0.80	0.05	0.220	0.28
Perlit Mihalıçlı Tuğla	0.95	-	-	0.15

Çizelge 2 — Tüflerin ve Diğer Yapı Gereçlerinin Laboratuvara Ölçülen Genleşme Katsayıları, Özgül Isı ve Isı İletkenlik Değerleri.

Malzeme TÜFÜ	Ses Absorbsiyon Katsayıları "α" (%) (500 Hz için)
Kavak TÜFÜ	0.26
Sarımaden Tepe İgnimbiritti	0.19
Çavuşunu TÜFÜ	0.23
Tahar TÜFÜ	0.25
Karadağ İgnimbiritti	0.31
Mermer	0.01
Gözenevli Tuğla	0.55
Cırılfı Betonu	0.15
Süngertağı Betonu	0.16
TÜF Betonu	0.16
Gaz Betonu G15	0.25
Gaz Betonu G25	0.18
Gaz Betonu G50	0.17
Genleştirmiş Yüksek Fırın Cırılfı Betonu (Blok)	0.40
Normal Ağregeli Beton Blok	0.20
Hafif Ağregeli Beton Blok	0.20
Perlit Akustik Sıva	0.40

Çizelge 3 — Tüflerin ve Diğer Yapı Gereçlerinin Laboratuvara Ölçülen Ses Absorbsiyon Katsayıları.



Şekil 5 — Tüflerin Isı İletkenlik Değerlerinin TSE 825 Verileri ile Karşılaştırılması.

NEVŞEHİR VOLKANİTLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE DİĞER YAPITAŞLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

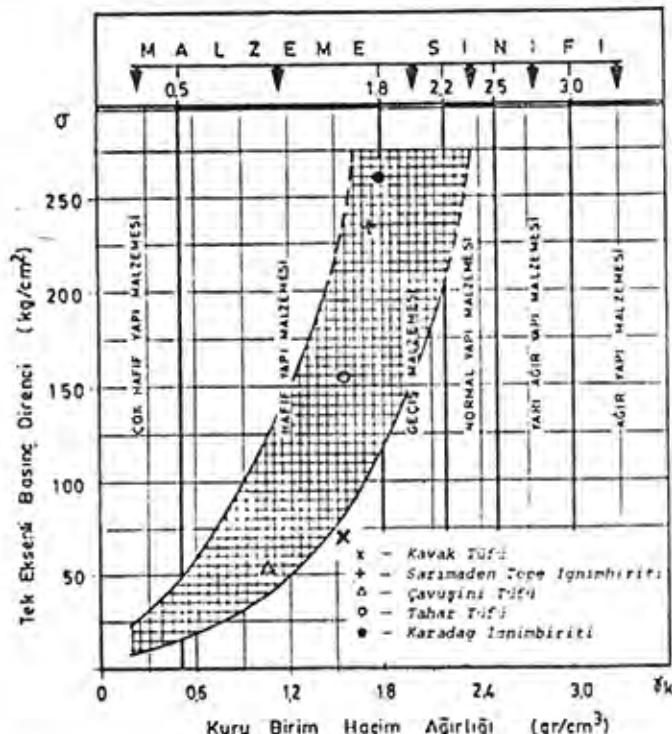
Nevşehir volkanitleri üzerinde tek eksenli basınç, üç eksenli basınç, çekme, eğilme, nokta yükleme, aşınma ve

Malzeme TÜFÜ	Birim Hacim Ağırlığı "γ" (gr/cm ³)	SHOR Sertlik İndeksi (S ₁)	
		Suya Dayanık Oranı	Muru Oranı
Kavak TÜFÜ	1.51	24-30	40-48
Sarımaden Tepe İgnimbiritti	1.74	24-32	61-77
Çavuşunu TÜFÜ	1.08	22-26	38-34
Tahar TÜFÜ	1.53	50-56	65-71
Karadağ İgnimbiritti	1.65	72-80	73-86
Genleştirmiş Perlit Betonu	0.50	-	31-36
Genleştirmiş Kıl Betonu	1.60	-	71-92
İngatlı Tuğla	1.60	-	79-92
İzolasyon Tuğla	0.60	-	64-72
Normal Kireçliği Ağregeli Beton	2.40	-	65-95
Gazlı Beton	0.50	-	31-36
Karumazur TÜFÜ (Huysu)	2.54	-	60
Karumazur TÜFÜ (Huysu)	2.45	-	66
Karumazur TÜFÜ (Huysu)	2.52	-	52
Karumazur TÜFÜ (Huysu)	2.51	-	51
Karumazur TÜFÜ (Huysu)	2.50	-	57
Karumazur TÜFÜ (Huysu)	2.54	-	60
Karumazur TÜFÜ (Huysu)	2.28	-	65

Çizelge 4 — Tüflerin SHOR Sertlik İndeksi Değerlerinin Diğer Doğal ve Yapay Yapı Gereçleri İle Karşılaştırılması.

elastisite modülü deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları, yapıtaşları olarak kullanılan diğer yören kayaçları ile birlikte Çizelge 5'te sunulmuştur. TSE 2513'te öngörülen tek eksenli basınç sınır değerlerine göre Nevşehir volkanitleri yapıtaşları olarak kullanılamaz niteliktedir. Oysa Nevşehir dolayındaki bu kayaçların yapıtaşları olarak kullanıldığı Selçuklu ve Osmanlı dönemi eserleri (Görünüm: 1) hala ayaktadır. Ayrıca bu eserlerde kullanılan tüflerde oluşan bozulmalar; TSE 2513'e göre kullanılabılır lík sınırı içinde kalan taşıyıcı mermer sütunlarda da (Kirşehir mermeri) gözlenmektedir.

Öte yandan VENUAT (1983) tarafından hazırlanan ve yapıda kullanılan hafif yapı gereçlerinin tek eksenli basınç dirençleri ile birim hacim ağırlıkları arasındaki diyagrama göre Kavak tüfeti'nin dışındaki diğer kayaçlar (Sarımadentepe ignimbriti, Çavuşını tufu, Tahar tufu ve Karadag ignimbriti) yapıtaşları olarak kullanılabilir niteliktedir (Şekil 6).



Şekil 6 — VENUAT (1983) Diyagramına Göre Tüflerin Kullanılabilirlik Sınıflaması.

SONUÇLAR

Karadağ ignimbritinin dışındaki diğer volkanitler hafif yapı gerici sınıfına girmektedir.

Tahar tufu ve Karadağ, ignimbriti suya karşı geçirmsizdir. Bu nedenle yapılarda (temelin dışında) sıvasız olarak kullanılabilirler. Çavuşunu tufünün ısı iletim katsayıtı düşük fakat, su emme oranı yüksektir. Bu kayaç, suya karşı yalıtılmazı (sivanması) durumunda ideal bir yapı malzemesidir.

Sarımadentepe ignimbritinin sert ve sağlam olması na karşın 300°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda kısa sürede parçalandığı görülmektedir. Bu nedenle konutlarda kullanılması sakincalıdır.

Kavak tüfeti donma-çözülme olaylarından etkilenderek dağılmaktadır. Bu yüzden yapıtaşları olarak kullanılmamalıdır.

TSE 2513'e göre kullanılamaz olarak nitelenen Nevşehir volkanitlerinin eski eserlerdeki bugünkü durumu oldukça olumludur (Görünüm: 1). Bu sonuctan hareketle yapı-



Görünüm 1 — Nevşehir Tüflerinden Yapılan Nevşehirlili Damat İbrahim Paşa Camii (Yapılış Tarihi: 1772).



Görünüm 2 — Yörede İşletilen Mekanize Bir Ocak ve Diskli Kesici Sistem.

Toplam Çınlalı ve Alındığı Yer	Tek Eksenil Düzensiz Dirneçl-E ₀ - (kg/cm ²)	Dekme Dirneçl -E ₀ - (kg/cm ²)	Eğitme Dirneçl -E ₀ - (kg/cm ²)	Nokta Vidrome Dirneçl-E _n - (kg/cm ²)	Statik Elastisite Modülü-E _s - (kg/cm ²)x10 ⁴	Dinamik Elastisite Modülü-E _d - (kg/cm ²)x10 ⁴	Böleme -C- (kg/cm ²)	İç Sürtme Açısı (°)	Aşırılık Faktör -K _a - (%)	Yanımlanım Hesabı
Kavaklı Tufa (Nevşehir)	65	7.0	5.0	4.0	2.4	4.0	9.0	49	9.1	
Sarımadan Tepe İğimibirit (Nevşehir)	255	25	21	18	4.7	21	51	52	6.1	
Çavaklı Tufa (Nevşehir)	55	6.0	3	2	2.3	3.1	7.0	49	10.1	
Tehar Tufa (Nevşehir)	150	18	11	9	4.5	6.2	28	48	8.3	
Karakadık İğimibirit (Nevşehir)	320	35	29	24	5.1	20	74	55	3.6	
İhlara Tufa (Nevşehir)	135	20	-	-	6.5	9.1	25	46	-	
Ürgüp Tufa (Nevşehir)	55	6	-	-	1.4	4.2	12	40	-	30
Kaymaklı Tufa (Nevşehir)	65	8	-	-	2.3	4.5	13	43	-	
Derinkuyu Tufa (Nevşehir)	105	14	-	9	4.5	8.1	23	43	-	
Kayseri Tufa (Kayseri)	120-210	16-22	-	-	-	-	35	35	-	
İmperyal Tufa (İsparta)	70	14	-	9	3.2	3.1	19	32	19.4	
Marmeli Melker (Gaziantep)	100	18	-	-	1.0	1.6	20-22	36-39	29.0	93
Yıldızlı Traverten (Bilecik)	405-625	40-42	-	44	6-6.6	60-61	43-44	44	2.50	
Gözengenlik Traverten (Bilecik)	300-350	30-35	-	26	5-7-6.0	64	39-43	39-43	6.10	
Marmara (Marmara Adası)	680-1180	78-90	-	34-40	11-12	72-82	45-52	45-52	5.80	
Bolomitslik Marmara (Marmara Adası)	1025-1125	58-68	-	30-47	73-90	100-106	49-53	49-53	11.50	
STANDARTA GÖRE SİNİR DEĞERLERİ	350	-	30	-	-	-	-	-	-	63

Çizelge 5 — Tüflerin ve Diğer Yapıtaşlarının Karşılaştırmalı Mekanik Özellikleri.

taşları ile ilgili Türk Standartlarında yeni düzenlemelerin yapılması kaçınılmaz görülmektedir.

Yörede geniş rezervleri olan Nevşehir volkanitlerinin yeterince tanıtılması ve çağdaş yöntemlerle ocak üretiminin yapılması durumunda ülke ekonomisine büyük katkılar sağlanacaktır (Görünüm 2 ve 3).



Görünüm 3 — Yörede Diskli Kesicilerle Yerinde Kullanıma Hazır Halde Kesilmiş Tuf Blokları.

VARARLANILAN KAYNAKLAR

- PASQUARE, G., "Geology of the Cenezoic Area of Central Anatolia", Atti Della Accad., Naz., Del. Linceie., Memorie, Serie 8, Vol: 9, Fasc. 3, Roma (1968).
- INNOCENTI-et al., "The Neogene Calcareous Volcanism of Central Anatolia Geochronological Data on Kayseri-Nigde Area", Geol. Mag., No. 112/4, Cambridge (1975).
- ERGUUVANLI, - K. YÜZER, E., (1977), "Past and Present of Underground Openings Excavated In Volcanic Tuffs at Cappadocia Area", Rock Stor, Oslo.
- TSE 2513, (1977), "Doğal Yapı Taşları", TSE Basimevi, Ankara.
- YÜZER, E., (1977), "Türkiye Yapıtaşlarından Bazılarının Jeomekanik Özellikleri", ITU Maden Fakültesi, İstanbul.
- COOK, E.E., (1966), "Tufflavas and Ingimbrites", Elsevier Publishing Cam., New York.
- CORMON, P., (1973), "Beton de Granulats Légers", Edition Eyrolles, Paris.
- VENUAT, M., (1983), "Du Béton Mousse au Béton de Polymerés", Cah., Tech., du Bafiment, No. 52, Mai, Paris.
- ERDOĞAN, M., (1986), "Nevşehir Ürgüp Yöresi Tüflerinin Malzeme Jeolojisi Açısından Araştırılması", Doktora Tezi, İstanbul.

KIRKA BORAKS AÇIK İŞLETME ÇALIŞMALARINA
MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİNİN ETKİSİ

INFLUENCE OF ENGINEERING GEOLOGY ON THE ACTIVITIES
OF ETIBANK KIRKA BORAX OPEN PIT MINE

Necdet TÜRK*

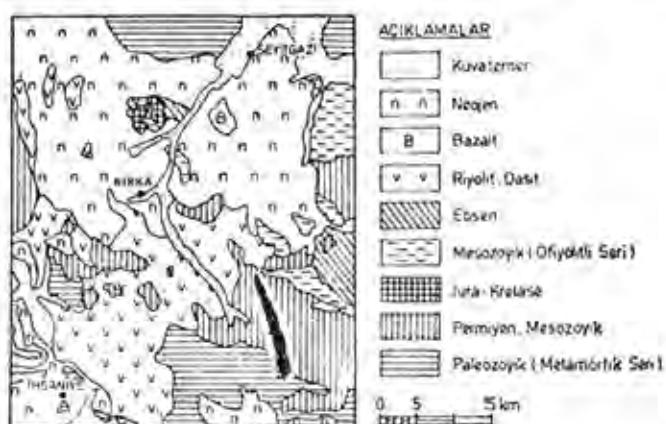
ÖZ — Etibank Kirka Boraks Açık İşletmesinde meydana gelen heyelanların oluşum mekanizması incelemek, işletme civarında kaymaya sebep olan faktörler belirlenmiştir. İşletme sahası civarında çok sayıda eski heyelanların varlığı gözlenmiş ve açık işletmede oluşan büyük boyutlu şebe kaymalarının önceden kaymış malzemelerin tekrar hareket etmesiyle oluşturuları belirlenmiştir. Dairesel kaymalar şeklinde oluşan bu heyelanların, silsilî kireçtaşının altındaki marnların içindeki kil bantları ve boraks cephelerinin üstünde yer alan, smektit tipi killerin üzerinde oluşturuları belirlenmiştir. İşletme, eski heyelanlarla varlığını sürdürmek zorunda olup, işletmede şeberin dizaynını ve kazı yaparken heyelan malzemelerinin varlığı dikkate alınmalıdır.

ABSTRACT — Factors controlling the slope slides occurring in and around the Etibank Kirka Borax open pit mine are investigated. Presence of a large number of landslides are observed and it is also noted that the presently occurring large scale slope slides come about by resliding of the previously slided mass. The slope slides occur in circular form and take place above the smectite layers occurring within the marn layers and above the borax layer, below the silicified limestone. The open pit mine has to live with these historic slides, thus, presence of these previously slided rock mass has to be taken into account when designing slopes and carrying out excavations in the mine.

GİRİŞ

Kirka Boraks cepheleri yatağı yaklaşık 500 milyon tonluk tıkal rezervi; bugünkü hesaplarla 200 yıllık üretim kapasitesine sahip olan ve Türkiye ekonomisine önemli katkıda bulunan bir maden açık işletmesidir.

Kirka Boraks Açık İşletmesi, Eskişehir III, Seyitgazi İlçesi, Kirka nahiyesinin 4,5 km batısında bulunmaktadır. 1/25.000 ölçekli Eskişehir J24-b3 paftalarında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 — Kirka'nın bulduru ve bölgesel jeoloji haritası (Yalçın, 1988).

1960 yıllarda Türk Boraks Madencilik A.Ş. tarafından kapalı işletme şeklinde faaliyet gösteren, Kirka Sarıkaya Boraks yataklarının 1968-1969 yıllarında M.T.A. ve Etibank tarafından yapılan sondajlarla ekonomik potansiyeli ortaya çıkarılmış ve işletme imtiyaz hakkı Etibank'a devredilmiştir.

Etibank 1970 yılından itibaren, Kirka Boraks cephelerini, cephelerin yüksek tenörlü, kaliteli yerinden ve eski kapalı işletme kuyusunun yaklaşık 300 m güneybatısında doğuya bakan yamaçtan başlıyarak, açık işletme yöntemiyle işletmeye başlatmıştır. Açık işletmede 1975 yılında meydana gelen heyelan, o zamanki açık ocağın batı kısmini tamamen kapatmış ve işletme günde kaydırılmasına sebep olmuştur. Geçen süre içerisinde, kayan malzemeler kendi haline bırakılmış ve zamanla daha geniş alanlara yayılmıştır.

1987 yılında eski heyelan alanının güneyinde ve eski kayma aynasının uzantısında çekme çatıtları oluşmuş ve gün geçtikçe bu çatıtların uzunluklarının artarak 400 m'ye kadar ulaşarak, işletme tehdit eder duruma gelmiştir.

* Doç. Dr. D.E. Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Jeo. Müh. Bölümü Bornova - İzmir.

Bu yayında, önce Kırka Boraks Açık İşletmesi civarının genel Jeolojisi ve İşletme faaliyetleri hakkında kısa bilgi verilecek, sonra da, arazide yapılan gözlemler ve önceki yapılan çalışmalar ışığında açık işletmede meydana gelen kayma hareketlerinin mekanizması ve onları kontrol eden faktörler belirtilecek ve İşletme çalışmaları sırasında eski heyelanların dikkate alınmasının gerekliliği belirtilecektir.

BÖLGENİN JEOLOJİSİ

Kırka Boraks Açık İşletmesi civarının detay jeolojik etüdleri ilk kez M.T.A. tarafından yapılmış ve bu çalışmalarla yörenin ekonomik potansiyeli ortaya konulmuştur. Bundan sonra, yörede gerek Etibank ve gerekse de çeşitli araştırmacılar tarafından değişik amaçlı jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Arda, 1969, Ataman and Baysal 1973, Baysal 1973 ve 1974, Gök ve diğerleri 1980, Sunder 1980, İnan ve diğ. 1973 ve Yalçın 1988).

Yörede yapılan en son jeolojik araştırmasıyla, Yalçın (1988) Neojen yaşı, Kırka gölgesel volkanosedimanter baseninin genelleştirilmiş stratigrafik istifli ve bu istifli oluşturan birimlerin yanal ve düşey yöndeki mineralojik ve jeokimyasal değişimlerini ortaya koymayı çalışmıştır (Şekil 2 ve 3). Yalçın, Kırka yöresinde formasyon mertebe-

sinde beş litolojik stratigrafik birim ayırtetmiştir. Bu birimler, temelden üste doğru, Miyosen öncesi, sist metakuvarsit, kristal kireçtaşı ve fosilli kireçtaşıdan oluşan temel kayaçları, Alt Miyosen yaşı, İdrisyayla volkanitleri ve volkanik tüfleri içeren Karaoren formasyonu, Orta-Üst Miyosen yaşı ve karbonat kayaçları ve boraks cevherini içeren Sarıkaya formasyonu, Üst Miyosen yaşı Türkmençe bazaltı, Pliyosen yaşı resedimanter tüflerden oluşan Fethiye formasyonu ve Kuvatner olusuklardır.

Sarıkaya formasyonunda egemen kayaç türleri, karbonat kayaçları (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit) ile dolomitli kilitaş/marnlardır. Killi-karbonatlı kayaçlarda arakatkılı olarak kristal kül tüfleri yer almaktadır. Bu formasyonda kil mineralleri, trioktaedrik simektit (saponit, stevensit, hektorit) ve çok az miktarlı illit ile temsil edilmektedir. Alt ve üst kesimlerinden karbonat kayaçları ile sınırlanmış olan borat yatakları istifin orta düzeylerinde bulunmaktadır. Yataktaki bolluk sırasına göre Na-borat (boraks, kernit), NaCa-borat (üleksit), Ca-borat (inyoit, meyerhofferit, kolemanit), Mg-borat (kurnakovit, inderit), CaMg-borat (hidroborasit, inderborit) ve Sr-borat (tünellit) mineralleri gözlenmektedir.

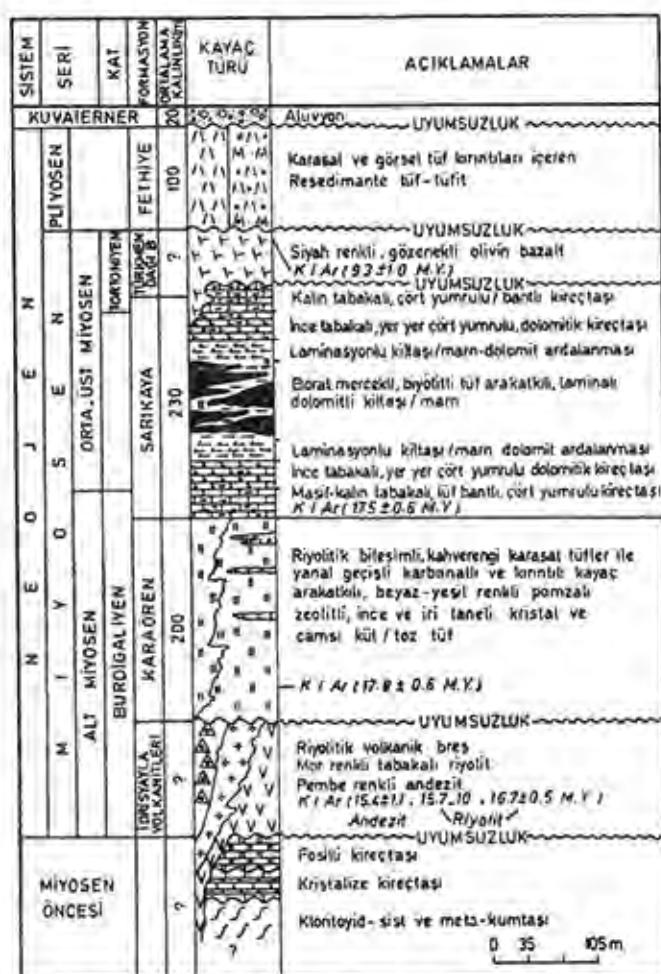
Sarıkaya formasyonunda düşey ve yanal yönde borat minerallerinde Ca-Na-Ca-Na-Na-Ca-Ca borat, karbonat minerallerinde düşük Mg kalsit-kalsit-dolomit-dolomit (ideal dolomit ve Cadolomit)-kalsit-dolomit-düşük Mg kalsit, simektitlerde Li saponit-Li stevensit-hektorit-Li stevensit-Li saponit biçiminde dizilim gösteren mineralojik zonlamalar gelişmiştir.

Kırka bölgesindeki boraks cevherinin içinde yeraldiği Neojen çökelleri, kıvrımlı bir yapı gösteren taban kalkerleri üzerine uyumsuz olarak gelirler. Kayabogaç mevkiiinde mostra veren taban kalkerleri, bu bölgede kuzey güney yönünde uzanan gösteren bir antikinal çekirdeği oluşturmaktadır.

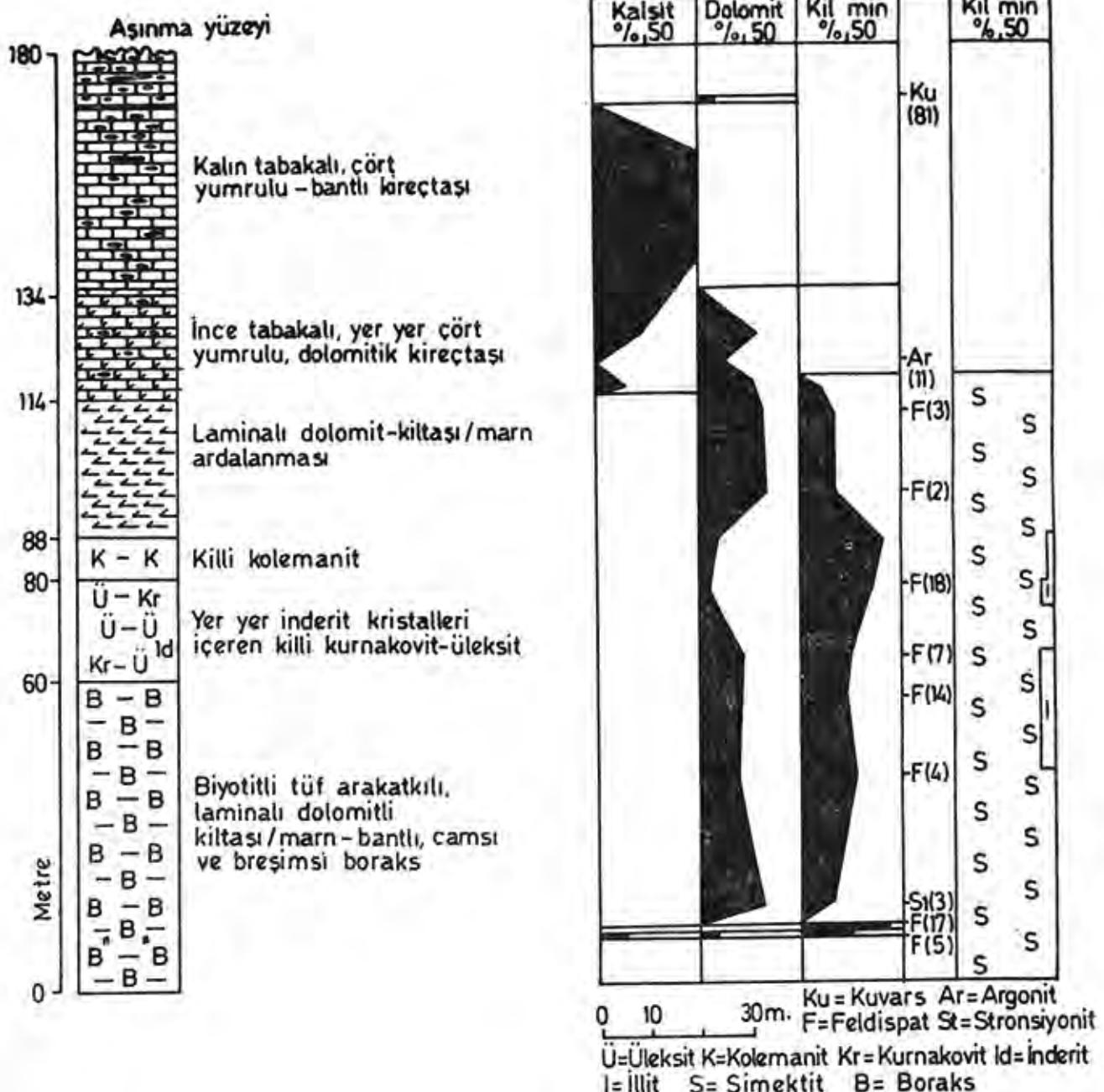
Neojen çökellerinde büyük boyutlu kıvrımlanmalara rastlanmayıp, özellikle killi seviyelerde deformasyon etkisi gözlenmiş ve neticede küçük boyutlu kıvrımlar saptanmıştır. Bu çökeller genelde yataya yakın konumda olup, doğrultuları NW-SE yönünde, eğimleri de 4-10° arasında SE ve NW yönündedir.

Kırka İşletmesi civarındaki alanlarda mevcut faylar, genç formasyonlarla ve bitki örtüsü ile gizlenmiş bulunmaktadır. Yöredeki faylar, genelde eğim atımlı normal faylar olup, N-S ve NE-SW yönünde uzanarak, işletme civarında basmak şeklinde giderek alçalan bir yapı oluştururlar. Ayrıca, işletme sahasında, Neojen çökelleri içerisinde küçük atımlı faylar yer almaktadır.

Açık işletme sahasında gözlenen boraks cevheri: breşik, tabakalı ve masif olmak üzere üç değişik tipte bulunmaktadır. Açık ocapta cevherin ortalama tenörü % 26 B₂O₃ olup, yoğunluğu da 1.92 gr/cm³'dir. Cevher yatağının ortalama kalınlığı 70 m olup, büyük eksenin kuzey güney yönünde uzanan bir ellipsoidal yapıda bulunmaktadır. Bu yatapta işletilen ana cevher minerali tinkel olup, bu-



Şekil 2 — Kırka bölgesindeki kayaçların genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Yalçın, 1988).



Şekil 3—Kırka Boraks Açık İşletmesindeki kayaçların düşey istifli ve içerdikleri kıl ve karbonat minerallerinin dağılımı (Yalçın, 1988).

nun yanında işletmede, Tılkalkonit, üleksit, tünellit, kolemanit gibi diğer bor mineralleri de bulunmaktadır. Kırka boraks cevher yatağının yaklaşık 500 milyon ton görünür rezervi bulunmaktadır, bugünkü üretim kapasitesi ile yaklaşık 200 yıllık işletilebilir rezervi bulunmaktadır.

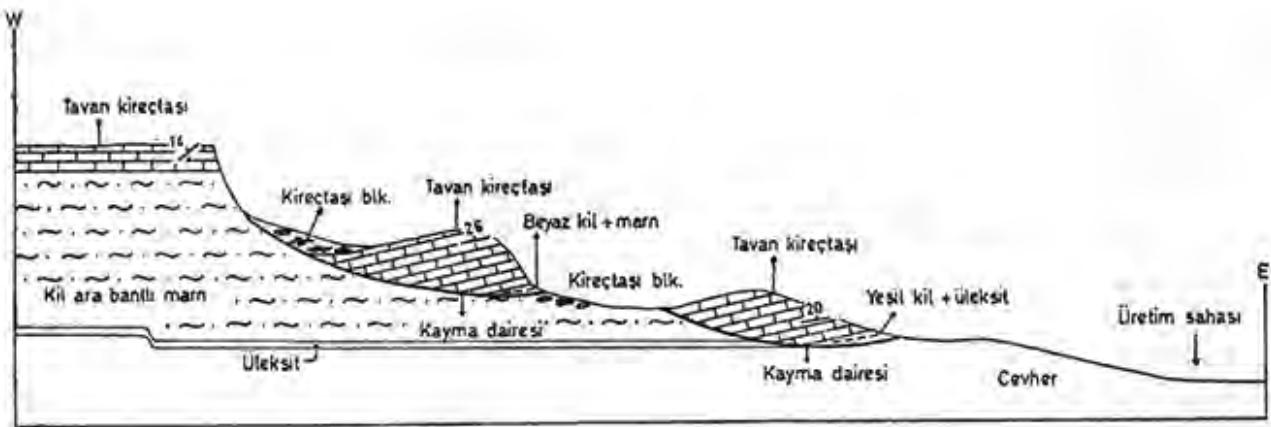
Açık işletme civarında yapılan gözlemlerden, işletme civarında büyük boyutlu eski dairesel kaymaların olduğu ve işletmenin heyelanlı ve genel eğimi 20° - 25° olan yamaçlarda faaliyete geçmiş olduğu gözlenmiştir. Eski heyelanların, üstteki sivilsiz kireçtaşları altındaki marnlar içindeki kıl bantları ve boraks cevheri üzerinde yer

alan simektit tipi killerin üzerinde kaymasıyla oluşmuş oldukları gözlenmiştir (Şekil 4).

İşletmede önemli sayılacak miktarda su geliri yoktur. Açık İşletmede gözlenen yeraltısu gelirleri genelde marn ile simektit tipi killerin kontağından olmaktadır. Ayrıca cevher üzerindeki killi ve marnlı seviyelerdeki sinsedimenter fayların lokal olarak su içerdikleri gözlenmiştir. Sular, boraks mineralini kolayca eriterek, cevher içinde karstik benzeri boşlukları oluşturmaktadır.

KIRKA BORAKS AÇIK İŞLETMESİ

EtiBank Kırka Boraks Açık İşletmesi, işletme saha-



Şekil 4 — Kırka Boraks cevheri sahasında tarihi heyelanların kesidi.

sının cevher potansiyeli 1968 ve 1969 yıllarında MTA ve Etibank tarafından yapılmış bulunan sondaj çalışmaları ortaya konulduktan sonra, daha önceki yeraltı üretim çalışmalarına son verilerek, 1970 yılında faaliyete geçmiştir. Açık işletme $500 \times 400\text{ m}^2$ yüzey yayılımlı ve 60 m derinliğinde olup, çalışmalar dekapaj ve cevher üretimi olarak iki sahada uyumlu bir şekilde yürütülmektedir. İşletmede kazı, basamaklar halinde yürütülmekte, ve ortalama basamak yüksekliği 8 m dir. İşletmede ortalama 85° lik basamak açısı ve $16-25^\circ$ lik genel şev açısı altında çalışılmakta olup, yıllık ortalama tüvenan cevher üretimi 750.000 tondur. Halen, cevher üretimi tabanda 1097 m kodunda yapılmaktadır.

İşletmede 1975 yılında meydana gelen heyelan, işletmenin güneye kaydırılmasını zorunlu kılmıştır. 1987 yılında da eski heyelanın kayma aynasının devamında ve işletmenin batısındaki şevlerindeki örtü malzemesinde eski heyelan malzemesi hareket etmeye başlayarak tekrar işletmeyi tehdit etmeye başlamıştır.

HEYELANIN OLUŞ MEKANİZMASI VE TARTIŞMA

Kırka Boraks Açık İşletmesi civarında yapılan göremelelerden, topoğrafyanın basamaklı bir yapı oluşturduğu gözlenmiştir (Şekil 4). Basamakların üst kısmında gözlenen dalresel şekilli yamaçların, eski heyelanların kayma yüzeyleri oldukları ve basamakların da kaymış malzemeleri içerdikleri saptanmıştır. Yörenin jeolojisine bakıldığından öste yer alan silsilî kireçtaşının, marn tabakalarının içindeki kil bantları ve cevher üstünde yer alan simektit tipi killerin üzerinde kayarak yörede gözlenen eski dalresel kaymaları oluşturmıştır. Ayrıca, bu tip kaymaların birden fazla ve birbirini basamaklı bir şekilde izleyen dalresel kaymalar dizili şeklinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4).

Sondaj loglarının incelenmesinden özellikle cevher üstünde bulunan yerlerde silis içerikli zonların çoğu kez 2-3 defa tekrarlandığı gözlenmiştir. Bu durum yörede gözlenen eski heyelanların birden fazla tekrarlandıklarına işaret etmektedir.

İşletme şevlerinde meydana gelen heyelanların ilk şekilde oluştuğu gözlenmiştir;

1. Eski heyelanlarla kaymış malzemeler içinde açılmış bulunan şevlerde gözlenen kaymalar. Bu tür kaymalar 1975 ve 1987 yıllarında açık ocağın batısında meydana gelen heyelanların ana sebeblini oluşturmaktadır.

Eskiden kaymış yamaç malzemeleri, genellikle örselenir ve kayma duruktan sonra duraylı bir duruma geçerler. İşletme sırasında yapılan kazılar bu malzemelerin stabilitesini bozarak tekrar hareket haline geçirir.

2. Simektit tipi kil tabakası içinde görülen kaymalar. Bunlar ilk defa oluşan ve genelde işletmenin basamaklarında gelişen küçük boyutlu kaymalardır.

İşletmede yapılan kazının yanı sıra sular ve cevher istishali için yapılan patlamaların da kayma hareketlerini artırdıkları gözlenmiştir.

Heyelanlarla ilgili olarak yapılmış önceki çalışmalar da, yöredeki eski heyelanlar yanlışlıkla çoğu kez fay olarak tanımlanmıştır. Bu durum, araştırmacıların heyelan oluşum mekanizmasını tanımlamalarını zorlaştmış ve işletmede kaymayı önlemek için pratik önlemlerin alınmasını güçleştirmiştir.

Jeolojik ve jeomorfolojik yapı itibarıyle, Kırka Boraks Açık İşletmesi, uzun dönemde de eski heyelanlarla yaşam zorunda olup, işletme faaliyetlerinin, bu durum gözönüğe alınarak yapılması gereklidir.

SONUÇ

Etibank Kırka Boraks Açık İşletmesi yöresinde dalresel eski heyelanların varlığı saptanmıştır. Bu heyelanlar işletmede cevherin üzerinde gözlenen simektit tipi killerin etkisinde gelişmiştir. Açık işletme bu eski heyelanlarla yaşamak zorundadır. İşletmede bu husus gözönüne alınarak şevlerin tasarımı gereklidir.

SEYHAN-ÇATALAN BARAJI REZERVUAR JEOLOJİSİ, İNŞAAT
SIRASINDA DOĞAN SORUNLAR ve ÇÖZÜMLERİ

RESERVOIR GEOLOGY OF SEYHAN-ÇATALAN DAM, PROBLEMS WHICH
MAY ARISE DURING CONSTRUCTION AND THEIR SOLUTION

Cavit DEMİRKOL*
Nuri ÖZGÜZEL**
Cuma KORKMAZ***

ÖZ — Çatalan Barajı ve HES tesisleri Adana ilinin 30 km kuzeyinde Seyhan nehrı üzerinde inşa edilmektedir. Zonlu toprak dolgu bir barajdır. Taşkin koruma, enerji ve sulama amaçlıdır.

Baraj yeri ve rezervuarında Orta Miyosen yaşı seyel-yapılışlı Güvenç formasyonu ile Üst Miyosen yaşı Kuzgun formasyonu ve Kuvaterner'e ait traça, alüvyon yüzeylenmektedir. Baraj yeri Kuzgun formasyonu üzerinde bulunmaktadır. Burada Kuzgun formasyonu tamamıyla menderesli nehir nitelikleri sunan karasal gökellerden oluşmaktadır. Bu kesimde 200 m'ye yakın bir kalınlık ölçülmüş olup birim dönemli ardalanma sunmaktadır. Herbir dönemde aşınmaların bir taban üzerinde gelişmiş kanal dolgusu asfasiyesi, yukarı doğru noktabarı ve taşkin ovası asfasiyeslerine geçmektedir. Kanal dolgusu asfasiyesi, aşınmaların bir taban üzerinde keskin bir dokanak ile maksimum 2 cm boyaya erişen kuvars, oşiyolit, kireçtaşı, radyolarit vb. den türeme ögelerden oluşmuş; tekne şeklinde çapraz katmanlı, yer yer yanal yüksirim yüzeyli, çamur topacıklı çakılı kumtaşı-kumtaşı yapılmıştır. Nokta barı gökelleri ise genellikle açık yeşilimsi gri, kanal dolgusu asfasiyesindekiler ile eşitli bileyenlere sahiptir. Taşkin ovası asfasiyesi gökelleri ise kahverengi-kirmizi renkli, yer yer ince kumtaşı bantlı, kalkritli (paleosol), akıntı karışıklık silttaşı ve çamurtaşı yapılmıştır.

Rezervuarda, baraj yerinde Kuzgun formasyonu içinde fay ve kıvrımlanma gözlenmemiştir. Genel olarak düşey ve verev yönde gelişmiş çatlak sistemi bulunmaktadır.

Kanal asfasiyesini oluşturan çakılı kumtaşı ile kumtaşı sıkı tutturılmış olup su taşıyıcı özellikler gösterdiginden tabaka doğrultusu boyunca sıran sular heyelanlara neden olmaktadır. Kumtaşının yukarıya

doğru tane boyunun incelmesi, usanır hal almamasına neden olmakta, silttaşı-çamurtaşı düzeyleri tamamıyla gevşek tutturulmuş dağulan olduğundan sürekli akma ve göçmelere neden olmaktadır. Bu nedenle çevirme tüneli ortalama 125 m membaya konduvi şeklinde; tünel çıkış ağızları da heyelan ve duraylılık problemlerinden dolayı yaklaşık 100 m membaya alınmıştır.

Zeminin duraysızlığı, inşaatı sırasında sorunlar yaratmış ve bu sorunlar inşaat sırasında çözümlenmiştir. Ayrıca baraj işletmeye açıldıktan sonra da rezervuardaki suyun GD istikametindeki tabaka eğimleri boyunca mansap ve yan derecelere kaçak yapabilecegi, rezervuarda heyelanlar olabileceği düşüncesi nedeniyle ayrıntılı çalışmalar yapılmaktadır.

ABSTRACT — Çatalan Dam and her Hydroelectric power plant appurtenances are presently under construction at a section of the Seyhan River 30 km north of Adana. This is a zoned earth-fill type of a dam, to serve the purposes of flood damage mitigation, hydroelectric power generation and irrigation.

Middle Miosene aged Güvenç formation of shale, Kuzgun formation of upper Miocene, Quaternary aged terrace and alluvium outcrop in the dam site and in the reservoir area. The dam itself is located on the Kuzgun formation, which completely consist of terrestrial deposits in this part exhibiting a meandering river character. In this area, the unit was measured to have about a 200 m thickness, showing a cyclic succession. In each cycle, the channel fill subspecies developed on an erosional surface passes up into point bar and flood plain subspecies. The trough-shaped coarse bedded channel fill subspecies reaching a maximum size of 2 cm with an abrupt contact on an erosional sur-

* Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Adana.

** Doç. Dr., DSİ Çatalan Barajı ve HES Müdürlüğü, Adana.

*** Doç. Dr., DSİ Çatalan Barajı ve HES Proje Müdürlüğü, Adana.

face which consist of such derived elements as quartz, ophiolite, limestone, radiolarite, etc. is of a mud pellet, and pebbly sand-sandstone structure having a lateral accretion surface.

Pointbar deposits are generally pale grey and similar in constitution to those in channel fill subfacies. Flood plain subfacies deposits however, consists of brown-red colored, locally thin sandstone banded, calcareous (paleosol), ripple-marked siltstone and mudstone.

At the reservoir and dam area, no faults and foldings were observed in the Kuzgun formation. Generally, a crack system developed in the vertical and diagonal directions is present.

Pebby sandstone and sandstone constituting the channel subfacies are well consolidated, but because they show water-bearing properties, water leakages along bed strikes cause landslides. The sandstone becomes loose upwards because its mean grain size gets finer in this direction, and siltstone-mudstone horizons cause permanent flows and creeps owing to their poor consolidation. For this reason, the diversion tunnels were withdrawn in upstream direction about a 100 m backwards because of landslide and stability problems.

Unstability of the ground gave some problems during the dam construction stage, but they were solved almost immediately during construction. Detailed studies are presently carried out to overcome problems such as possible leakage of impounded water along dips of SE striking beds to side channels and downstream areas, and as possible landslides into the lake after reservoir is opened to operation.

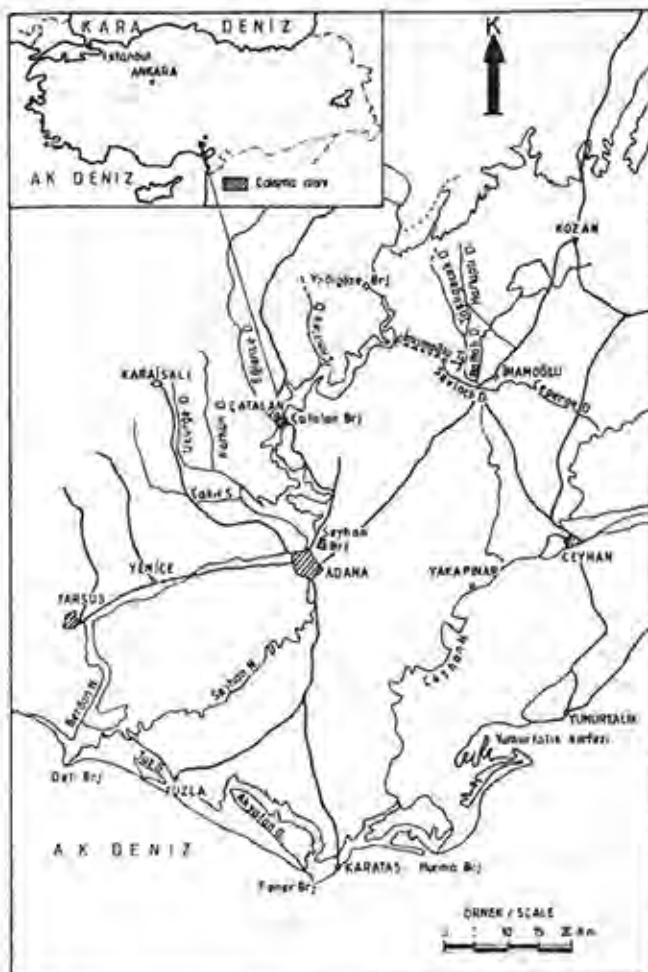
GİRİŞ

Çatalan barajı ve HES tesisleri Adana ilinin 30 km kuzeyinde Seyhan Nehri üzerinde zonlu, toprak dolgu bir baraj olarak inşa edilmektedir (Şekil 1). Taşkin koruma, enerji ve sulama amaçlıdır. Barajın gövde yüksekliği 82 m, gövde dolgu hacmi ise 17 milyon m³ tür.

Baraj sol sahilinde yapımı planlanan; uzunluğu 710 m ve 783 m, çapı 8.5 m olan daire kesitli betonarme kaplamalı 2 tünel ile baraj sağ sahilinde 6500 m³/sn boşalım kapasiteli 6 adet radyal kapakla kontrol edilecek dolu savak inşaatı kısmen bitirilmiştir. Ayrıca Seyhan Nehri taşkınlarını önlemek ve inşaatı hızlandırmak üzere geçici ek çevreme tesisi yapılarak nehir 4 Aralık 1985'te çevrim kanalına alınmıştır.

REZERVUAR JEOLOJİSİ

Baraj yeri ve rezervuarında Orta Miyosen yaşı şejil yapılılı Güvenç formasyonu, üst Miyosen yaşı Kuzgun formasyonu ile Kuvaterner'e ait traça ve alüvyon yüzeylenmektedir. Baraj yeri Kuzgun formasyonu üzerinde bulunmakta olup, menderesli nehir çökelleri hakimdir. Bu ke-



Şekil 1—Aşağı Seyhan projeleri genel durum planı ve mevkî haritası.

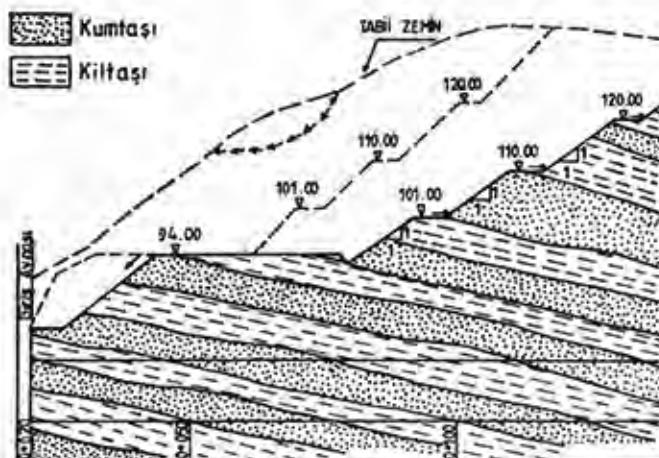
simde 200 m'ye yakın bir kalınlık ölçülmüştür (Yetiş ve diğerleri, 1986).

İnceleme alanında temelde Güvenç formasyonu üzerinde noktabarı ve taşkin ovası asfasiyesli birim bulunmaktadır. Noktabarı çökelleri olarak başlıca kuvars, kireçtaşı, ofiyolit, radyolarit vb. den türemeye açık yeşil-gri renkli çakılı kumtaşı-silttaşı gözlenmektedir. Taşkin ovası asfasiyesi ise çamurtaşından oluşmaktadır. Bunları kanal dolgusu ve noktabarı çökelleri izlemektedir. Kanal dolgusu asfasiyesi; aşınmalı bir taban üzerinde kuvars, ofiyolit, kireçtaşı ve radyolaritten türeyen çakılı kumtaşı-kumtaşından oluşmaktadır. Üste doğru paralel laminalı, yer yer akıntı kırışıklığı, ince-orta kumtaşı nitelikli çökellere geçilmektedir. Bunlara; formasyon içi çamur topacıkları kapsayan kahve-kırmızı renkli, ince kumtaşı bantlı silttaşı-çamurtaşlı izlemektedir. Klimi dönemlerde çamurtaşları içerisinde tatlı su lamelli branşları bulunmaktadır. Bunların üzerine çapraz katmanlı, formasyon içi çamurtaşlı topacıklı, mika pullu silttaşı-çamurtaşlı çökelleri gelmektedir. Daha üst kesimde açık kahverengi silttaşı-çamurtaşlı ardanımlı çökeller bulunmaktadır. En üst kesimde ise 10-15 cm boyu erişen kuvars, ofiyolit, kireçtaşı vb. den türeyen kötü boyanmalı, gevşek tutturulmuş traça gözlenmektedir.

BARAJ İNSAATI SIRASINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR ve ÇÖZÜMLERİ

Çatulan barajı ve HES inşaatında ana kaya olarak tanımlanan Kuzgun formasyonunu oluşturan litolojilerde kazı şev eğimleri genelde 1:1 olarak projelendirilmiştir. Çevirme tünelleri giriş kazısı 150 m kotundan itibaren 1:1 eğimde ve her 10 m'de bir 5 m palya bırakılmak suretiyle yapılmıştır. Zeminin killi, kumlu birimlerden oluşmuş olması ve yağış sularının etkisiyle zeminde zamanla kopolmalar meydana gelmiş, bunlarda büyütürek heyelanları oluşturmuştur. Jeolojik yapı ve topografya dikkate alınarak tünel girişlerinde 2. aşama kazısı ile şevler 1:1 olarak yeniden düzenlenmiştir. Bu ikinci düzenlenmede, aynı şekilde, her 10 m'de bir 5 m geniş kademeler oluşturulmuş ve bu kademelerin enine eğimleri yüzeysel suların aksalanması için yamaç tarafına doğru düzenlenmiş ve ilâve olarak boyuna eğimde verilmiştir.

T-1 Tüneli girişinde 68-94 m yükselti arasındaki yüzey, tünelin giriş aynasını oluşturmaktan ötürü şotkrit, hasırçelik ve kaya bulonları ile desteklenmiştir. Ayrıca 68-84 m yükselti arasında 12 m uzunlukta 8Ø8'lik ön gerilmeli ankrallar uygulanmıştır. Buna rağmen yüzey sularının etkisi ve zemin duraysızlığı nedeniyle 94 m yükseltide çatlak sistemi gelişmiş ve daha önce desteklenen kesim heyelana uğramış, T-1 tünelinin giriş ağını kapatmıştır (Özgür ve diğerleri, 1986; Bozkurt ve Özgür, 1987). Bu olaydan sonra gerekli temizlik yapılmış, anakayaya kadar kazı yapılarak şev yüzeyi destekleme elemanları ile desteklenerek duraylı hale getirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2 — T-1 Tüneli girişini şev düzenlemesi.

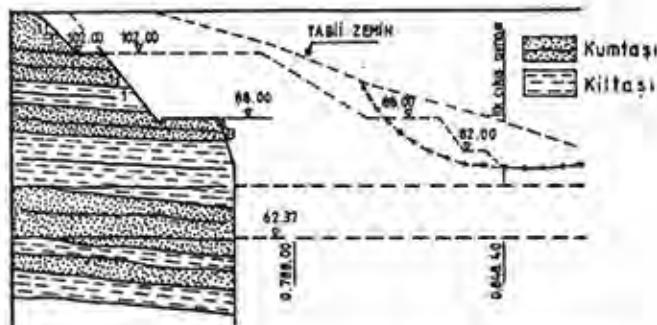
T-2 tüneli giriş sol yamacında 2. aşama kazısı ile gerekli şev düzenlemesine rağmen yağış sularının etkisiyle yüzeysel kopolmalar gelişmiş ve 68 m yükseltiye kadar heyelanın indiği gözlenmiştir. Bu bölgenində sonra baraj gölü altında kalacağı, göl seviyesi değişikliğinden etkileneceği ve büyük heyelanlara neden olabileceği kılunda tünel giriş yapılarına zarar vereceği düşünülerek, ayrıca topografyanın şevlerin daha fazla eğimli oluşturulmasına imkan vermediğinden tünel girişleri konduvi olarak T-1 tünel girişinde 145.17 m, T-2 tünel girişinde

116.18 m membaya uzatılması ve şevlerinde 130 m kotuna kadar 2-3 nolu (yarıgeçirimli-geçirimli) dolgu malzemesi ile kaplanarak korunması ve duraylı hale getirilmesi sağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3 — T-2 Tüneli giriş sol yamac korunması.

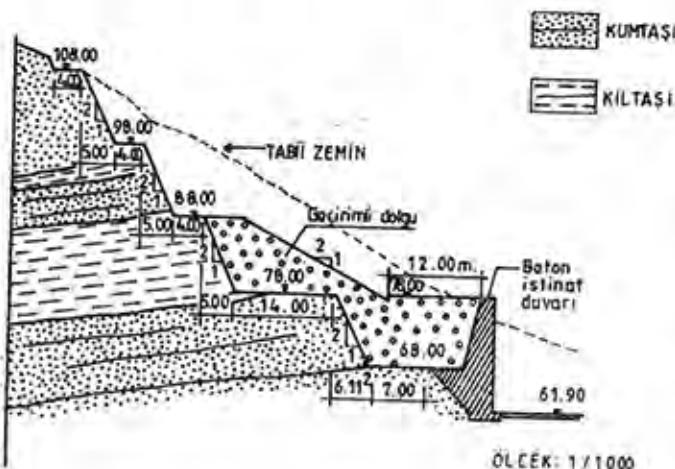
Çevirme tünelleri çıkışındaki Kuzgun formasyonunu oluşturan birimlerin eğimlerinin mansaba 10-15° eğimli olması, ayrıca T-2 tüneli üzerinde eski bir dere yatağının bulunduğu zemin duraylılığını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenle tünel çıkış aynaları katı projede konumundan farklı olarak 43 m membaya alınmıştır. Fakat kazı sırasında dere yatağının daha derinlere kadar etki yaptığı ve zeminin hareketlendiği gözlenmiştir. Bu nedenle tünel çıkış aynalarının daha sağlam bir kesime alınması için aynalar ayrıca 60 m daha membaya çekilmiştir (Şekil 4). Böylece tünel çıkış aynaları ilk katı projeden farklı olarak 103 m membaya alınmış ve yüzey 78-88 m yükselti arasında hasırçelik, şotkrit ve 4 m boyunda kaya bulonları ile desteklenmiştir. 67-78 m yükselti arası hasırçelik, şotkrit ve 12 m boyunda 8Ø8'lik ön gerilmeli ankrallar ile desteklenmiştir. Ankrallar 10-30° lik açı ile uygulanmıştır. Kuzgun formasyonunu oluşturan birimlerin tünel çıkışına doğru eğimli olması, yeraltısu ve yüzey sularının zaman zaman etki yapması nedeniyle tünel çıkışının emniyete alınma zorunluluğu ortaya çıkmış ve 67-78 m yükseltiler arasında yaygın istinat duvarı yapılmış, ayrıca drenaj için yeterli sayıda drenaj deliği bırakılmıştır.



Şekil 4 — T-2 Tüneli çıkışında şev düzenlemesi.

Çevirme tünelleri ve dipsavak boşalım kanalı sol yamacında mühendislik açısından sağlam litolojik birimlerin bulunması ve eğimlerinin duraylılık yönünden olumlu olması nedeniyle kazı eğimi 2:1 (düşey 2, yatay 1) olarak

oluşturulmuş ve her 10 m'de 5 m'lik palya bırakılarak kazı yapıldıktan sonra 2 yıldan fazla bir sürenin geçmesi nedeniyle hava ve yağış sularının etkisiyle kaya birimlerinde aşınma ve dökülmeler, kopmalar meydana gelmiştir. Bu durumun uzun sürede sorunlar yaratacağı ve çevreme sırasında kanalda $1610 \text{ m}^3/\text{sn}$ su geleceğinin dikkate alınarak kanal şev eteklerinin istinat duvarı yapımı ve yapı arkası gerecen geçirilmiş dolgu malzemesi ile korunması sağlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5 — Derlavasyon tünelleri ve dipsavak boşalım kanalı şev korunması.

BARAJ YAMAÇ KAZILARI

Baraj gövdesinin oturacağı yamaçlarda sıyırmaya kazısı kesin projede 2-3 m dolayında gösterilmiştir. Fakat sıyırmaya kazısına girmeden önce projedeki sol sahil enjeksiyon ve ağaçlama galerisi girişinde, projeye daha sonra alınan sol sahil ulaşım galerisi girişinde ve geçici ek çevreme kanalının bulunduğu sağ sahilde yapı yerleştiriminde belirli kesimlerde kazı yapılması gerekmistiştir.

Sol sahil enjeksiyon-ağaçlama galerisi ile ulaşım galerisi girişinde kazılar 1:1 şevde ve her 10 m'de bir 5 m palya bırakıldığı halde yüzeysel sular birim içinde kopmalar meydana getirmiştir, daha sonra heyelan oluşmuştur. Yapıların giriş aynalarının emniyete alınması, gövdeden

oturacağı kesimin duraklı hale getirilmesi için sol sahil ulaşım galerisi ile enjeksiyon ve ağaçlama galerisi giriş kısmında 2. aşama kazı ile şevlerinyatırılması zorunlu lu ortaya çıkmış ve şevler 1:1,5 olarak düzenlenmiş, her 10 m'de bir 5 metre genişlikte palyalar korunmuştur. Bu işlemden sonra zemin duraklı hale gelmiştir.

Geçici ek çevreme tesislerinin bulunduğu sağ sahilde kalın bir yamaç molozu bulunduğundan çevreme kanalı yamaça yanaştırılmış ve kanal kazısı yamaç tarafı şevleri 1:2,75 ve 1:4 olarak projelendirilmiş ve kazısı yapılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çatalan barajı ve HES inşaatında kazılar sırasında yamaç ve şev durayılık problemleri beklenenden çok daha fazla olmuştur. 1980 yılı Mart ayında gelen Seyhan nehri taşğını Seyhan barajına rağmen büyük hasarlar oluşturduğundan zamanın sorumlularını Çatalan barajı yapımına zorlamıştır. Yeterli fizibilite çalışmaları yapılmadan katlı proje hazırlanma zorunluluğu, inşaata başlandıktan sonra kazı ve çevrim tünelleri yapımında büyük problemlerle karşılaşılmasına ve maliyet artışı neden olmuştur. Ayrıca normal olarak baraj yeri önemli durayılık problemlerinin bulunduğu bir bölgedir. Karşılaşılan bütün problemler inşaat sırasında çözümlenmeye çalışılmış ve çalışmaya devam edilmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

BOZKURT, S., ÖZGÜZEL, N., (1987), Çatalan barajı ve HES inşaatında karşılaşılan yamaç ve şev stabilité problemleri ve alınan önlemler. Yamaç ve şevlerin stabilitesi Dayanma Yapıları Semineri, c. 1. Samsun.

ÖZGÜZEL, N., KORKMAZ, C., KESER, Ş., TAŞKIN, J., (1986), Çatalan barajı ve HES Proje Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve YAS Başmüdürlüğü yıllık çalışma raporu, Adana (Yayınlanmamış).

YETİŞ, C., DEMİRKOL, C., KEREY, E., (1986), Adana havzası Kuzgun Formasyonu'nun (Üst Miyosen) Fazlıyes ve ortamsal nitelikleri. Türkiye Jeol. Kur. Bult., c. 29, 81-96.

ALÜVYON ENJEKSİYONLARININ YAPILABİLİRLİĞİNİN LABORATUVAR
MODELLEMESİ İLE SAPTANMASI, BEYDAĞ BARAJI ÖRNEĞİ

MODELLING OF FEASIBILITY FOR GROUTING ON ALLUVIUM
OF BEYDAĞ DAM

Hasan BAYKAL*
Kemal ERGUUVANLI**

ÖZ—Ödemiş (İZMİR) dolayındaki Küçük Menderes nehri üzerinde, Beydağ baraj yeri alüvyonları pilot bölge olarak seçilmiş ve bu alan baraj yeri olma açısından ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Beydağ baraj yeri ve göl alan arazisinin jeolojik, litolojik, fiziksel, mekanik ve geçirimsizlik özellikleri saptanmıştır. Özellikle baraj yerinde 44.75 m. derinlikte ve 15.000 m²'lik bir alanı kaplayan alüvyonların değişik sedimentoloji, farklı tane dağılımı, geometrisi ve geçirimsizlik özellikleri gösteren kısımlarının teorik olarak ne tür karışımalarla enjekte edilebileceği araştırılmış ve bu karışımaların donma süreleri ile dirençleri saptanmaya çalışılmıştır.

Farklı karışımalar daha sonra laboratuvara taşırılan deney donanımının doğasına mümkün olduğunda uygun yerleştirilmiş alüvyon malzemesi içerisine, değişik basınçlarla verilmiştir. Deneylerden sonra örnekler üzerinde gözlem ve ölçmeler yapılarak, tek eksempli basınç dirençleri ve karışımaların enjeksiyonda ne derece başarılı oldukları saptanmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT—Alluvial Beydağ site on the Küçük Menderes river near the town of Odemiş-İZMİR, is selected as a study area for its possible use as a dam site.

Geology, lithology, physical, mechanical and permeability properties of the Beydağ dam site and the reservoir area, were investigated. Groutability of an area of about 15.000 m² having thicknesses of 44.75 m. and showing different sedimentology, varying grain distribution, geometry and permeability by different mixtures were investigated. The relation between the solidification time and uniaxial strength of these grout mixtures were determined.

Different mixtures were injected into the representative soil samples in the laboratory, under different pressures. After the grouting operation, the qua-

lity of the grouting operation is assessed by observation, making measurements and determining the uniaxial compressive strength of the grouted soil samples.

GİRİŞ

Baraj gövdesi altında kalan, kaldırılması çok zor veya gayri ekonomik olan alüvyonlarda, enjeksiyonun, alüvyonun doğasına ve özelliklerine bağlı olarak, hangi şartlarda, ne tip karışımalarla yapılabileceğinin ve sonuçların başarı oranının ne olacağının laboratuvara model deneylerle saptanması, çalışmanın özünü oluşturmaktadır. Bu araştırmada pilot proje olarak küçük Menderes nehri Üzerindeki Beydağ barajı (İzmir-Ödemiş) alınmıştır. Baraj gövdesinin temeldeki genişliği 500 m., en derin alüvyon 44.75 m. dır. Yaklaşık alüvyon alanı ise 15.000 m². dır.

ÖN ÇALIŞMALAR

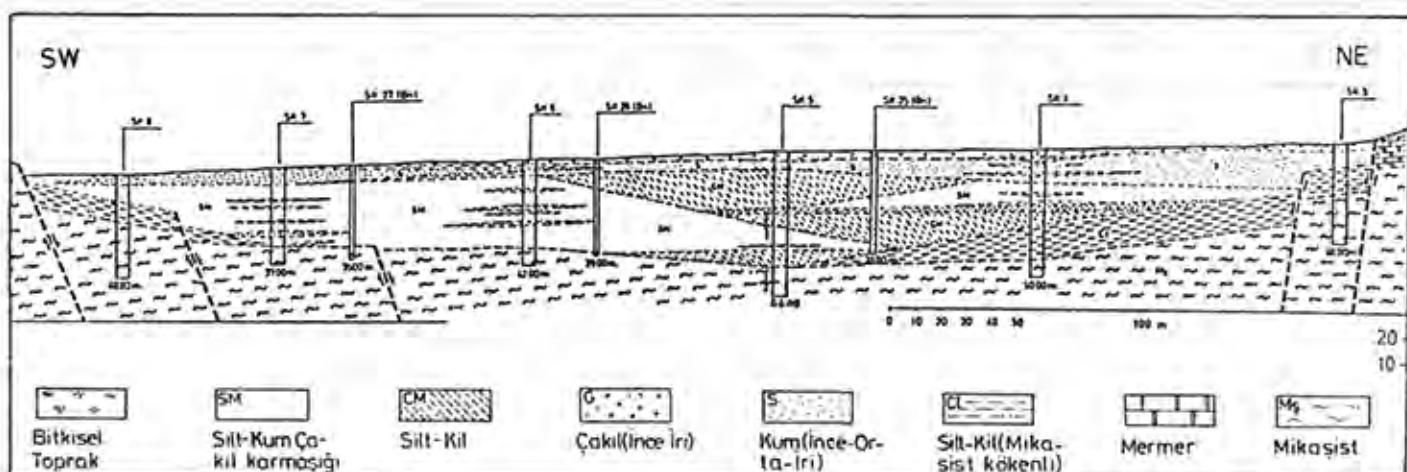
Beydağ barajı gövde altı alüvyonu, açılan sondajlarda ki karotlardan ayrıntılı bir biçimde tanımlanmıştır. Birleşik zemin sınıflamasında (USC) yerleri saptanın düzeyler, sondajlar arasında korele edilerek, alüvyon bileşenleri dağılım geometrisi belli lenmiştir. (Şekil 1).

Alüvyon içerisindeki sondajlarda yapılan basınçsız geçirimsizlik deneylerine göre, alüvyonun ortalama geçirimsizliği $K=6.3 \cdot 10^{-4}$ cm/sn olarak hesaplanmıştır. Deney kademelerinde elde edilen değerler sondajlar arasında karşılaştırılarak (zemin tane bileşenleri de dikkate alınarak) baraj ekseni üzerinde bir alüvyon geçirimsizlik geometrisi çıkarılmıştır. Alüvyon bileşenleri ve proje özellikleri gözönüne alınarak hesaplanan alüvyon içi su süzülme hızı değeri, borulanma olayın olabileceği işaret etmektedir.

Yerinde yapılan çalışmalarla bileşen dağılım geometrisi, geçirimsizlik geometrisi, sıklığı, laboratuvardaki deneyleri ile de, fiziksel, mekanik özellikler ve geçirimsizliği saptanın alüvyon malzemesinde, su süzülme hızının, kumun kritik sürüklendirme hızından fazla olduğu kısımlar 1. derecede (öncelikli) enjeksiyon bölgesi, kumun kritik sü-

* Dr., DSİ 2. Bölge Md., İzmir.

** Prof. Dr., İTÜ Maden Fak., Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Maslak - İstanbul.



Sekil 1 — Beydaq Barajı alüvyyonu bileşenlerinin genel geometrisi.

rüklenme hızından küçük olan bölgeler ise, ya doğal halde geçirimsiz, ya da geçirimliliği kabul edilebilir limitlerde bölgeler olarak tanımlanmıştır. (2. derece enjeksiyon bölgesi). 1. derece enjeksiyon bölgesi malzemesinin elek analizleri yapılarak ortalama bir granülometri eğrisi çizilmiştir. Yine bu bölge malzemesinin ortalama özgül ağırlığı, optimum nem ve sıklığı, doygun birim hacim ağırlığı, parozitesi, porozitesi boşluk oranı ve 200 no'luk elekten geçen malzeme yüzdesi hesaplanmıştır.

Laboratuvara özellikleri saptanan 1 no'lu enjeksiyon bölgelerine ait malzeme, deney tüpüne verlestirilmeden ön-

ce özelliklerini yeniden kazandırma İşlemlerinden geçirilerek 3 kademe ile deney tüpüne sıkıştırılarak yerleştirilmiş, sıklık ve nem kontrolü tüp içinden örnek alınarak yinelenmiştir. Bu aşama deney sonuçları ile malzemenin sondajlardan alınma sonrasında doğal özellikleri Çizelge 1'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çalışmanın 2. bölümü, geçirimsizliği sağlanması gereken alüyon malzemesinin ne tür bir karışımıla ve hangi şartlarda enleksiyon yapılabileceğine yönelikti.

Enjeksiyon perdelerinin yapımında kullanılacak malzeme ve karışımının seçimi, geçirilimlilik katsayısının

Laboratuvar Deneyleri	Laboratuvara Hazırlanan Zemin Örneği	Sondajdan Alınan Zemin Örneği	Değişim Yüzdesi
Özgül ağırlık	2,74	2,72	0,73
Komplaksiyon yon	K _{max.} W _{opt.}	2013 9,3	2074 9,8
γ _d (gr/cm ³)		2,15	2,20
n (%)		26,4	23,7
e (%)		36	31
200 No'lu Elektén Geçen		20,8	17,3
Sınıf Sembolü	SM	SM	—

Çizelge 1 — 1 No'lu enjeksiyon bölgesi için sondajlardan alınan ve laboratuvara hazırlanan zemin örneklerinin bazı fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması.

yanında, alüvyonun porozitesi, sıklığı ve D_{10} efektif tane çaplarında bir arada değerlendirilmiştir. Çizelge 2'de ara sondalarından alınan örneklerde yapılan elek analizi çalış-

malarında D_{10} eftektif tane çapı değerleri ve dağılımları görülmektedir. Bu tane çapları enjeksiyon çalışma sınırlarını belirleyen ALLEN-HAZEN tablosunda da değerlendiriliyor.

SONDAJ NO	ÖRNEK METRESİ m	D ₅₀ EFEKTİF TANE ÇAPı	MAKSİMUM-MİNİMUM DEĞERLER	200 NO'lu ELEKTEN GEÇEN %
SK-25/1	0.00-13.50	0.03		24.0
SK-25/2	13.30-26.50	0.028	maks : 0.030 mm	24.6
SK-25/3	26.50-38.75	0.013	min : 0.013 mm	23.9
SK-26/1a	0.00-18.60	0.034		16.8
SK-26/1b	18.60-29.20	0.048	maks : 0.048	17.2
SK-26/2	29.20-35.00	0.028	min : 0.028	19.6
SK-27/1	0.00- 8.70	0.11	maks : 0.11	8.3
SK-27/2	9.15-18.60	0.037	min : 0.022	16.0
SK-27/3	18.60-26.00	0.022		20.8
SK-27/4	26.00-33.50	0.030		14.5
SK-28/1	0.00- 5.00	0.090		8.8
SK-28/2a	5.00-16.50	0.15	maks : 0.15	5.5
SK-28/2b	5.00-16.50	0.037	min : 0.033	14.6
SK-28/3	16.50-21.00	0.033		14.9
SK-28/4	21.00-28.00	0.10		8.2
SK-28/5	28.00-31.90	0.074		9.9
SK-29/1	Ince yüzdesi çok fazla	—	(Değerlendirilmeye alınmadı)	55.4
SK-29/2	2.00- 8.00	0.045	maks : 0.045	12.8
SK-29/3	8.00-10.70	0.035	min : 0.0065	15.9
SK-29/4	10.70-14.30	0.0065		29.3
SK-29/5	14.30-34.60	0.037		13.7

Çizelge 2 — Ara sondajlardan alınan örneklerin efektif tane çapları dağılımları.

rılmıştır. Alüvyonun ortalama geçirimliliği olarak verilen $K=6.3 \times 10^{-4}$ cm/sn değeri dikkate alındığında, alüvyonun kimyasal ağırlıklı enjeksiyon malzemeleri ile geçirimsizliğinin sağlanması zorunlu görülmektedir. Ancak alüvyonun geçirimlilik katsayıları yanında, sondaj anında alınan karotların yerinde makro tanımlamalarında, iri bileşenin hâkim olduğu düzeyleri de içerdığı saptanmıştır. Bu ne-

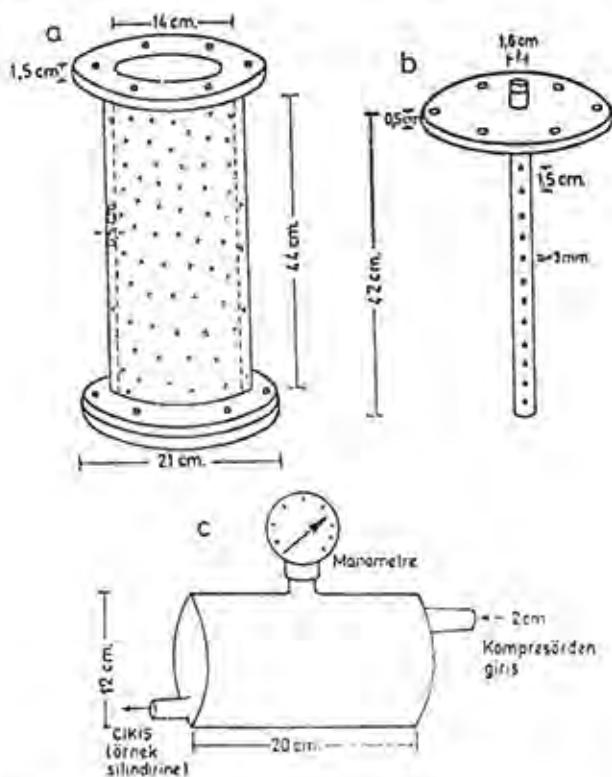
denle kimyasal enjeksiyonun daha iri denebilecek (çimento-uçucu kül gibi) başka malzeme ile karıştırılarak kullanılması mümkün görülmektedir. Kimyasal madde olarak Sodyum Silikat (Na_2SiO_3) bu grup içerisinde kolay bulunup, uygulanması ve diğer kimyasal maddelere göre daha ucuz olması açısından araştırma şartlarına uygun bulunmaktadır.



Fotoğraf 1 — Sol yamaçtan genel görünüm. Gövde altı alüvyonu ve sağ yamaç (H. BAYKAL, 1987)

DENEY ALETLERİ

Laboratuvara enjeksiyon deneylerinin gerçekleştirilmesi için 2 farklı ekipman dizayn edilmiş ve kullanılmıştır. Deneylerin çoğunluğunun gerçekleştirildiği ekipman üç ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2 — Laboratuvardaki enjeksiyon ekipmanının ana parçaları ve boyutları

- Zemin örneği sıkıştırma silindiri
- Enjektör (3 sıra \times 25 = 75 delik)
- Enjeksiyon şerbeti karışım tankı.

1. Örnek Silindiri: 44 cm. yüksekliğinde, 15 cm. dış çaplı, 14 cm. iç çaplıdır. Tüm çevrede 2 mm. çaplı delikler bulunmaktadır.

2. Enjektör: 42 cm. uzunluğunda, silindirin üst plakasına kaynatılmış halde, üzerinde 1,5 cm. aralıklı 3 sıra (120° lik açı ile) 3 mm. çaplı delikler yer almaktadır.

3. Enjeksiyon karışım tankı: 12×20 cm. boyutunda ve 5 mm. et kalınlığındadır. İki çıkıştan biri kompresöre, diğeri ise bağlantı hortumu ile örnek silindrine bağlı olup, üst yuvaya manometre bağlanmıştır.

Daha küçük boyuttaki 2 no'lu ekipman, 5×3 cm. boyutunda, çevresi delikli, şeffaf plastik örnek silindiri ve 1 Atmosfere kadar basabilen karışım havuzlu bir pompa ile ibarettir.

KARIŞIMLAR

1 no'lu memba yüzü perdesi için yapılan karışım deneylerinde, ilk aşamada katı/su oranı 1/2 olarak alınmıştır. Katı içerisinde % 75 uçucu kül, % 25 çimento yer almıştır.

mişir. Bu oranlarda hazırlanan karışımın çökelme hızının çok yüksek, buna karşın donma süresinin 24 saatten fazla olması nedeni ile, enjekte etme aşamasına gerek görülmenden bu karışımından vazgeçilmiştir. Daha sonra hazırlanan % 50 çimento + % 50 uçucu kül+su karışımında da fazla olan çökelme hızını düşürmek için şerbetle elektrolit olarak 0.10-0.50 ml. arasında değişen oranlarda Na₂SiO₃ ilavesi yapılmıştır.

2 no'lu perde için yapılan karışım deneylerinde % 50 çimento + % 50 uçucu kül+su+şerbet hacminin % 25'i oranında Na₂SiO₃ ilavesi ile oluşturulan karışımın 45 dakika sonra donmaya başladığı, 2,5 saat sonra ise tamamen donduğu görülmüştür. Silindirden çıkarılan örnek 24 saat açık havada, 48 saat suda bekletilmiştir. Sudan çıkarılan örneğin tek eksenli basınç direnci 12 kg/cm² olarak ölçülmüştür. Bu değer perde direnci için yeterli olmaktadır.

3 no'lu mansap perdesi için, Na₂SiO₃ içerisinde reaktif olarak % 10'luk HCl asit ilave edilerek karışım hazırlanmıştır. Deneyler sırasında 30 Bome'lik Na₂SiO₃ solüsyonuna % 15.5 oranında HCl asit ilave edildiğinde solüsyonun 11 dakika sonra jelleşmeye başladığı görülmüştür. 33 dakika sonra ise jelleşme büyük oranda tamamlanmış ve karışım eldeki mevcut veriler çerçevesinde uygulanabilir olarak kabul edilmiştir.

ENJEKSIYON İŞLEMLERİ

1 no'lu perde için düşünülen karışım, büyük deney ekipmanına doğal özelliklerine mümkün olduğunda uygun ve üç aşamada yerleştirilmiş alüvyon malzemesi içerisinde basınçla enjekte edilmiştir. Basınç yükselmeleri 0-2-4 atmosferlik kademelerde 5'er dakikalık beklemelerle yapılmıştır. 2 Atm. de örnek kabının dış deliklerinden boşluk suyunun atıldığı gözlenmiştir, 4 Atm. de su atımı hızlanmış ve zemine ait ince malzemenin (200 no'lu elek altı) örnek silindiri dış çeperindeki deliklerden atıldığı görülmüştür. 5 Atm. de aynı tip malzeme boşalımı hızlanmış, ancak enjeksiyon karışımına ait bir belirti gözlenmemiştir. Drenaj sonrasında şerbet tankında yapılan tartımda bir kısım karışımın zemin içerisinde itildiği görülmüştür. Hidrolik presle silindirden çıkarılan (24 saat sonra) örnek üzerinde yapılan çalışmalarda şerbetin zemin içerisinde, 3 yönde en fazla 5'er cm. ilerlediği ve orta-ıri kum, ince çakıllar arasında iyi bir giriş yaptığı gözlenmiştir.

2 no'lu perde için, karışım denemesi yapılan 2 kısım su + 1 kısım katı (% 50 uçucu kül + % 50 çimento) + 1/4 sodyum silikattan (Hacim olarak) oluşan şerbet, gövde altı alüyonunda % 58 ağırlıklı 200-4 no'lu elek aralığındaki ince-orta-ıri kum malzemesi içerisinde 1 Atm. lik basınçla basılmıştır. Örnek silindiri dış deliklerinden şerbet akımı görüldüğünde enjeksiyonara verilmiştir. Enjekte edilen malzeme 10 dakikada kendini tutabilecek hale gelmiş ve silindirden bozulmadan rahatlıkla çıkarılmıştır. Su içinde 48 saat bekletildikten sonra yapılan tek eksenli basınç direnci deneyinde ortalama 11 kg/cm²lik değer elde edilmiştir. Kırılmış örnek üzerinde yapılan gözlemlerde şerbetin taneler arasında çok iyi girdiği, boşlukları dol-

darduğu, ancak kırık yüzeylerdeki kum tanelerinin kolaylıkla yerinden söküldüğü ve su ile yıkandığı görülmüştür. Edinilen deneyimler, katı madde içerisinde çimento oranının az artırılması ile şerbet zemin kaynaşmasının olumlu yönde etkileneceğini göstermektedir.

3 no'lu perde (mansap yüzü) için Sodyum Silikat ve HCl karışımından ibaret LAMAIRES-DUMONT karışımı, daha önce belirtilen oranlarda hazırlanmış ve yine 4 ve 200 no'lu elek aralığındaki kum üzerine hem serbest olarak boşaltılmış, hemde kumun içerisinde enjekte edilmiştir. 1,5 saat sonra kum taneleri arasında yapışma başlamış ve örnek kabindan bir bütün olarak çıkarılmıştır. Açıktı 24 saat bekletildikten sonra örneğin sertleşmesi arzu edilen düzeye olmamıştır. El yükü ile şeklini kaybettiği, enjeksiyon deliğinden verilen suyun örnek içinde bir miktar iletildiği gözlenmiştir. Sonucun bu şekilde olmasında, karışımında reaktif olarak HCl asit kullanılmasının neden olduğu düşünülmektedir. Bazı araştırmacılar, yöntemde reaktif olarak yukarıda anılan asitlerin kullanılmasının sakincalarından sözetsiz ve Sodyum Karbonat, Sodyum alüminat vb. maddelerin kullanılmasını önermektedirler. (TİMUR. 1974)

SONUÇLAR

Deneme enjeksiyonu öncesinde, alüvyona bakış noktalarının, temel kriterlerin ne olması ve çalışmanın nasıl yönlendirilmesi gerektiğini ortaya koymayı amaçlayan bu çalışmada özetle;

1. Baraj gövdesi altında kalan alüvyonun enjeksiyonu kabul edecek,
2. Kimyasal enjeksiyonun zorunlu olduğu ve alüvyon özelliklerine en uygun maddenin Na SiO olduğu, H₂SO₄ ve HCl asit dışındaki reaktiflerle oluşturulan karışımlarda zeminle uygun bir kaynaşmanın olacağı,

3. Diğer perde malzemesi olarak, çimento ve uçucu kül kullanımının zemine uygun bir karışım olduğu, perdeye direnç özelliği yanında, uçucu kül kullanımının önemli derecede ekonomi yaratacağı,

4. Deneme enjeksiyonlarında, belirtilen karışımların kullanılmasının, asıl uygulamaya geçişte zaman ve mali yönünden ekonomi sağlayacağı ortaya konmaya çalışılmıştır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- BADER, T.A., KRIZEK, R., (1982), Injection and Distribution of Silicate Grout in Sand, Proceeding of the Conference on Grouting in Geotechnical Engineering, A.S.C.E. 10-12 New Orleans Lousiana.
- DSİ, (1977), Çimentolu Enjeksiyon Şerbetleri, DSİ: Ar. Geliştir. Dair. Başk. Yayıını, no Kİ-643.
- ERTUĞRUL, M., (1965), Aswan Barajı IV. Mühendislik Jeolojisi Semineri, DSİ Yayınları.
- KAROL, R.H., (1982), Chemical Grounds and Their Properties, Proceeding of the Conference on Grouting In Geotechnical Engineering, A.S.C.E. 10-12 New Orleans, Lousiana.
- KOCAÇITAK, S., DALBUDAK, G., (1972), Çimento Enjeksiyonlarında Uçuc Kül ve Bentonit Kullanılması, DSİ Araş. Geliştir. Dair. Başk. Yayıını no Kİ 572.
- MOLLAMAHMUTOĞLU, M., (1987), Kimyasal Enjeksiyon ile Laboratuvar Çalışmaları. 2. zemin mek. ve Tem. Müh. Ulusal Kong. Cilt II, B.Ü.
- TİMUR, E., ALBAYRAK, Z., (1974), Alüvyonlarda Yapılan Jeoteknik Çalışmalar Üzerine, DSİ.

SİLİKAT ENJEKSİYONLU KUM NUMUNELERİN ZAMANA BAĞLI DAYANIM
ÖZELLİKLERİNN BELİRLENMESİ

A RESEARCH ON THE STRENGTH PROPERTIES OF SAND SAMPLES
GROUTED WITH SILICATE-BASED GROUTS DEPENDING ON TIME

Fahri ÖZBAYOĞLU*
Lütfü KENET**

ÖZ — Bilindiği gibi, zeminlerin iyileştirilmesi alanında, son yıllarda, kimyasal enjeksiyonların kullanımı büyük ölçüde artış göstermeye başlamıştır. Bu gün için, kimyasal enjeksiyonların, çok değişik türlerinin üretilmesine rağmen, silikat kökenli enjeksiyonların kullanımının diğerlerine göre, oldukça yaygın olduğu izlenmektedir. Bunun başlıca iki nedeni vardır:

- 1 — Zehirleyici bir özelliğe sahip olmaması
- 2 — İstenilen konsantrasyonda amaca uygun olarak hazırlanabilmesi ve buna ek olarak, söz konusu uygulamanın daha ekonomik olmasıdır.

Bu özellikleri yanında, bu maddenin fiziko-kimyasal yapısının incelenmesi ve katalizör maddeler yardımı ile oluşan silikat jellerinin karakteristiklerinin araştırılması, gereklidir.

Bu çalışmamızda gerçekleştirilen laboratuvar deneylerinde sodyum silikat maddesi, temel olarak belirli oranlarda sulandırıldıktan sonra HCl (reaktif maddesi) nin % 5 lik konsantrasyonuyla, reaksiyona sokulup, meydana gelen jelin kimyasal ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Daha sonra sodyum silikat hidroklorik asit kompozisyonu, gradasyonu belirli kum numunelere enjekte edilerek, jelleşme sonrası mukavemet değerleri belirlenmiştir. Ancak, maddenin kimyasal yapısından dolayı, deneyler sonucu belirlenen fiziksel ve mekanik özelliklerinin enjeksiyonlu numuneler üzerinde de izlenmesi gereklidir. Bu nedenle, enjeksiyonlu numuneler, iki ayrı durumda, belirli süreler sonunda, mukavemet deneylerine tabi tutulmuştur. Numunelerin jellesmeden hemen sonrası mukavemet değerleri, su altında ve açıkta, belirli zaman aralıklarında bekletilerek, mukavemet özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir.

ABSTRACT — The application of chemical injections, on the soil stabilisation, in the recent years, showed a visible increment. Today the many types of

chemical grouts were used and among them, the application of silicate based grouts are more popular comparing with the other types. There are two reasons for that:

- 1 — These types of grouts have non-toxic effect on soils.
- 2 — These grouts can be prepared on desired concentration depending on the purposes of the grout. In addition to that, the mentioned application is more economic comparing with the others.

Among these properties, the investigation of physico-chemical structures of this materials and gelation characteristics of silicate based grouts obtained by adding catalysing materials.

In our laboratory works, sodium silicate materials, basically were diluted with distilled water up to a certain extent, than % 5 concentrated HCl (reagent material) were added to the solution, in this research the chemical and mechanical properties of the gel obtained by this manner were researched. Then, this composition were injected to the sand samples which have a certain particle size gradation curve. After gelation, the mechanical properties of the stabilised material were investigated. These samples, were tested by direct shear and unconfined test equipments. These samples were kept under the water and in the air.

The shear strength of the grouted samples showed, for the first 48 hours, nearly % 100 increment. After passing the time, the strength diminished notable. During the same time period the same samples of grouted sands, showed nearly % 50 increment in the shear strength.

The unconfined comp. strength increased, by the same manner nearly % 100 for the samples waited in the air. But, after passing nearly 1 week, notable loss of the strength were observed.

* Y. Doç. Dr., Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü, Jeoteknik A.B.D. Ankara.

** Araş. Gör. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü Jeoteknik A.B.D. Ankara.

For the samples which were kept in the water, generally some diminishing values of q_u , strength were observed.

GİRİŞ

Ayrik danelli zeminlerin mekanik ve fiziksel dayanıklarının, kimyasal stabilizasyon yöntemleri ile İslahı, son yıllarda ülkemizde de bazı araştırmacıların ve uygulayıcı firmaların dikkatlerini çekmeye başlamıştır. Bilindiği gibi, Ince danelli zeminler arasındaki boşluk boyutlarının nisbeten küçük olması nedeniyle, süspansiyon materyallerine sahip enjeksiyonlara direnem gösternelerine karşılık, viskoziteleri oldukça düşük olarak hazırlanmış; (bu değişim isteğe bağlıdır ve katalizör miktarına bağlı, kontrollü olarak uygulanabilmektedir), bazı özel tip kimyasal enjeksiyonlarla daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Bunun başlıca nedeni, enjeksiyon materyalini oluşturan süspansiyon halindeki daneciklerin, zemin formasyonlarının kılcal çatlaklarından ve boşluklarından daha büyük boyutlara sahip olmaları ve dolayısı ile enjeksiyon şerbeti (sıvısı) penetrasyonunun bir ölçüde engellenmesidir. Bu na göre, diğerlerine göre, daha büyük ortalama çapa sahip katı maddeler İhtiyaç eden cimento şerbeti, aynı zamanda büyük viskozite değerleriyle, küçük boyutlardaki boşluk ve çatlakların dolgu ve enjeksiyonunda, diğer enjeksiyon sıvıları kadar başarılı olamadığı izlenmiştir.

Belirli dane büyüklüklerine sahip, ayrik danelli zeminlerde enjeksiyon materyalinin uygunluğu, enjekte edilebilirlik oranı ile belirlenebilmektedir.

(D_{10}) zemin > 25 ; ve kaya çatlakları için
 (D_{10}) enj. dane.

(D_{10}) yarık > 5 olması halinde başarılı
 (D_{max}) enp. dane.

Bir enjeksiyon gerçekleştirilebilmektedir. Ince kum ve silt boşluklarına girebilecek enjeksiyon dolgu materyalinin, bu boşlukları yeterince doldurabilmesi için düşük viskozite değerlerine sahip olmaları gereklidir.

Bu tip problemleri formasyonların (yani düşük porozite değerlerine sahip ve ince açıklıklı çatlaklar İhtiyaç eden zeminler) İslahı; suyun viskozitesine yakın veya olabildiğince düşük değerde viskoziteye sahip kimyasal enjeksiyon materyalleriyle sağlanabilmektedir. (Şekil 1) den de görülebileceği gibi, kimyasal enjeksiyon türlerinin, süspansiyon tipi enjeksiyonlardan üstün yanı, daha ince danelli zeminlerde, sizıntı yoluyla daha başarılı olabilmesidir. Viskozite değerleri daha küçük olduğu için pompalama sırasında, pompa direnci nisbeten küçük olmakta ve belirli oranlarda reaktif (katalizör) maddesi ilave edilerek, jelleşme zamanı; boşlukların ve kılcal çatlakların boyutlarına göre ayarlanabilmektedir.

Bilindiği gibi, enjeksiyon sıvısının sızma sınırları, zemin danecikleri arasındaki boşlukların tipine, büyüğüğe ve geometrisine, sıvının viskozitesine, jelleşme süresine, sıcaklığına ve enjeksiyon basıncına bağlı olarak değişmektedir (Şekil 2).

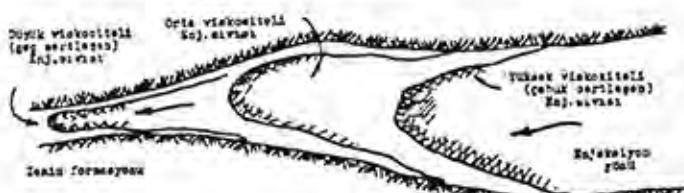
ÇAKIL	LUM	SILT	KIL
CİMENTO	Çakılı yüzdesi/viskozite/serbest basıncı: 10/70-80/ 20-90/100-400		
KİREC			
RENTON İ			
REÇENELER	10-50/1,4-30/+30		
LİGIN	10-30/1,4-11/+3		
AKRİLAMİDLER		10-50/1,3-2,5/3-30	
SİLİKATLAR	10-30/1,5-30/3-30		

Şekil 1 — Değişik tür enjeksiyon materyallerinin karşılaştırılması.



Şekil 2 — Enjeksiyonun uygulandığı boşluk tipleri.

Enjeksiyon sırasında basınç ve jelleşme süreleri, bizerler için önemli sınırlar ortaya koyabilmektedir. (Şekil 3) de görüldüğü gibi, büyük açıklıklı boşlukların çabuk jelleşen ve aynı zamanda yüksek viskoziteli sıvılarla doldurulması, buna karşılık ince ve dar çatlakların düşük viskoziteli, geç jelleşen enjeksiyon sıvısı ile doldurulması daha rasyonel ve gerçekçi olmaktadır.



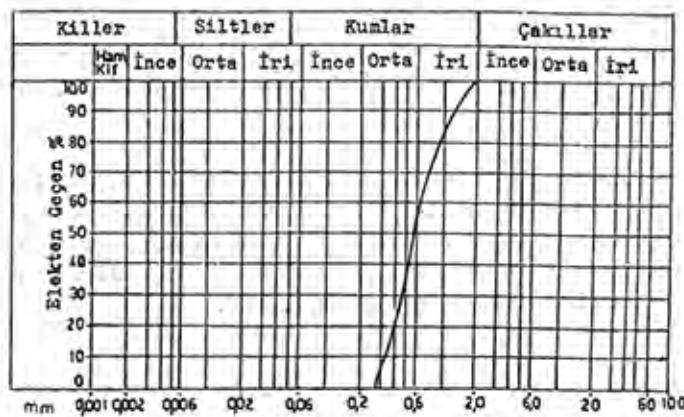
Şekil 3 — Enjeksiyon sıvısı viskozite değerlerinin ve jelleşme sürelerinin boşluk açıklıklarına bağlı olarak değişimleri.

Materyal ve yöntem

Bu çalışmamızda gerçekleştirilen laboratuvar deneylerinde sodyum silikat maddesi, belirli oranda sulandırılmış haliyle, bir diğer ifade ile yaklaşık 40 bome (Be40) derecesinde; % 5 konsantre HCl, (% 37 lük HCl sulandırılarak) katalizörlerinin etkisi altında meydana gelen jellerin oluşturduğu stabilizasyona ait mekanik dayanımlar, değişik zaman aralıklarında;

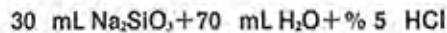
- a) Açıkta
- b) Su altında
- c) % 70-80 nemli kür ortamında bekletilerek incelenmiştir.

Deneylede kullanılan kum zemin örneklerine alt granulometrik dağılım eğrisi (Şekil 4) de gösterilmiştir. Söz konusu kum örnekleri, (Şekil 5) de gösterilen ve boyut-

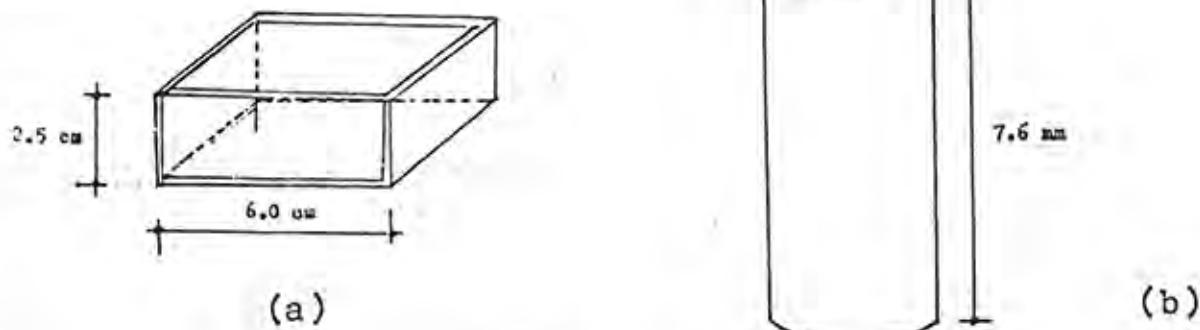


Şekil 4 — Deneylerde kullanılan kumun granulometrik dağılım eğrisi.

ları belirtilen kalıplar içinde, kumların yaklaşık 5 cm yükseklikten, doğal haliyle dökülmesi ve bunlar üzerine, sodyum silikat+katalizör maddeleri ilaveleri suretiyle elde edilmiştir. Bu durumda, kum taneciklerinin belirli bir düzeye, rölatif sıkılığının temin edilmesine özen gösterilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, deneyler sırasında 40 Be bome derecesi civarında sodyum silikat çözeltileri kullanılmış ve enjeksiyon sıvısının hazırlanması sırasında su oranları kullanılmıştır.



Deneýler sırasında, ortam sıcaklığı 20°C civarında ve bu durumda 24 mL HCl çözeltisi ilave edilmesiyle jelleşme süresi 6-7 dakika olarak belirlenmiş ve bu süre zarfında, enjeksiyon sıvısının, test örneklerinin tüm boşluklarını doldurabileceði, deðiþik deneýlerle ortaya konmuştur. Kimyasal stabilizasyonun en önemli safhası, jelleşme zamanının, isteðimizde baþlı olarak, bizim için en elveriþli sürede temin edilmesi ve bunun için farklı oranlarda ve deðiþik sıcaklıklarda jelleşme testlerinin yapılmasıdır.



Şekil 5—a) Direkt kesme deneylerinin yapıldığı zemin örnekleri kalıbı, b) Serbest basınç deneylerinin yapıldığı zemin örnekleri kalıbı.

Bu amaçla, değişik oranlarda katalizör çözeltisi (% 5 konsantrه HCl) 40 Be dereceli sodyum silikat üzerine ilave edilerek, jelleşme testleri yapılmıştır. Sonuçlar (Şekil 6) da gösterilmiştir. Bu şekilden de izlenebileceği gibi, 20 mL değerleri altındaki hızlandırıcı ilaveleri, jelleşme sürelerinin 3-4 saat gibi, çok uzun süre olmasına yol açmaktadır. Bu kadar uzun süreli jelleşme değerlerine sahip silikat enjeksiyonlarında beklenilen yararlar elde edilememekte ve enjeksiyon sıvısı, tüm zemin boşluklarını doldurup, stabilizasyonu temin etmekten ziyade, akıp gitmektedir.

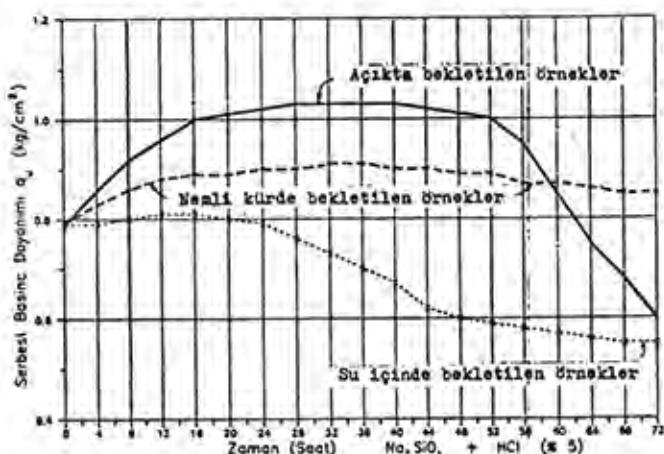
- Deneylere tâbi tutulan zemin örnekleri açıkta, su içinde ve nemli ortamda bekletilerek, bu üç farklı ortamındaki kür değerleri mukayese edilmiştir. Buna göre, deneyler, değişik sürelerde, bu örnekler üzerinde uygulanmıştır.



Şekil 6 — % 5 konsantrasyonlu HCl katalizör katkılı sodyum silikatının jelleşme süreleri.

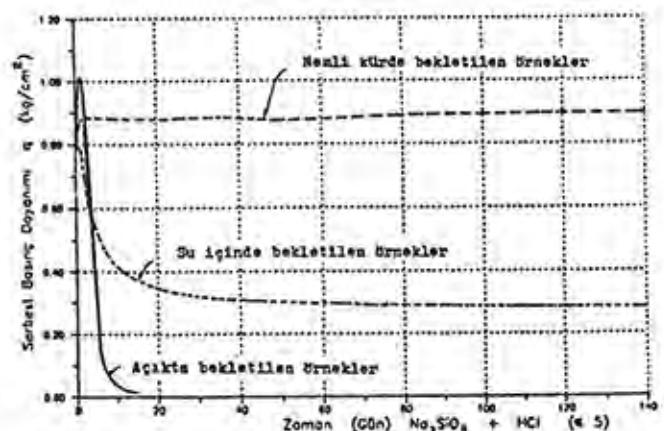
SONUÇLAR

Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Zemin Mekanığı laboratuvarlarında yapılan serbest basınç deneylelerine alt sonuçlar (Şekil 7) ve (Şekil 8) de gösterilmiştir. (Şekil 7) de test örneklerinin açıkta, su altında ve nemli kür ortamında, ilk saatlerdeki değişimleri izlenmektedir. Bu sonuçlardan da anlaşılmacı üzere, açıkta bekletilen örneklerin, serbest basınç dayanım değerlerinde, ilk 1-2 gün içinde, yaklaşık % 30 değerlerine varan artışlar izlenebilmesine karşılık, (Şekil 8) den de görüldüğü gibi, ilk haftalarda, serbest basınç dayanım değerleri yaklaşık, sıfıra kadar düşmektedir.



Şekil 7 — Serbest basınç dayanımlarının ilk 3 gün süresince değişimleri.

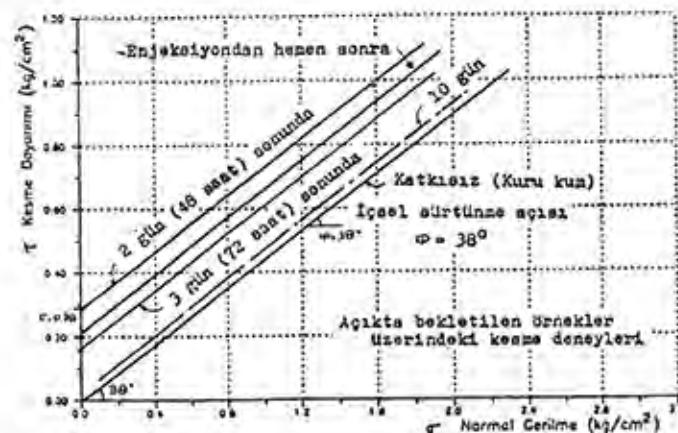
Su içinde bekletilen örneklerde, ilk saatlerde, belirgin bir artış görülmemesine karşılık, daha sonraki haftalarda $q_s=0,30 \text{ kg/cm}^2$ değerlerine varan düşmeler izlenmiştir. Nemli ortamda kür içinde bekletilen örneklerde ise, kür içindeki süreleri zarfında, başlangıçta bir süre, az da olsa artışlar izlenmiş ve daha sonraki haftalarda, dayanım değerlerini koruduğu görülmüştür. (Şekil 8).



Şekil 8 — 120 gün (4 ay) lik süre boyunca serbest basınç dayanım değerlerinin zamanla değişimi.

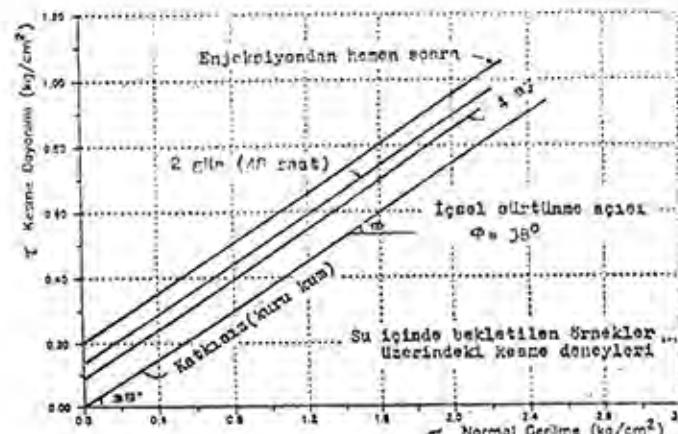
Benzer şekilde, direkt kesme deneylelerine alt sonuçlar; (Şekil 9), (Şekil 10) ve (Şekil 11) de gösterilmiştir. Açıkta bekletilen örneklerde ait kesme dayanım değerleri (Şekil 9) da görülmektedir. Katkısız kuru kum örneğine ait kesme parametreleri $\phi=38^\circ$ ve $C=0$ olarak belirlenmiş ve silikat enjeksiyonları sonrasında, açıkta bekletilen örneklerde ait kohezyon değerlerindeki artışlar, ilk bir gün içinde $0.28 \sim 0.30 \text{ kg/cm}^2$ değerleri civarında bulunmaktadır.

Uzun süreli bekleme durumunda (Serbest basınç dayanımı tamamen kaybolmaktadır), kohezyon değerlerinin de sıfıra yaklaşığı ve kum örneklerine ait içsel sürtünme açısı değerleri yaklaşık olarak, katkısız durumındaki kuru kum değerlerinde olduğu izlenmektedir.



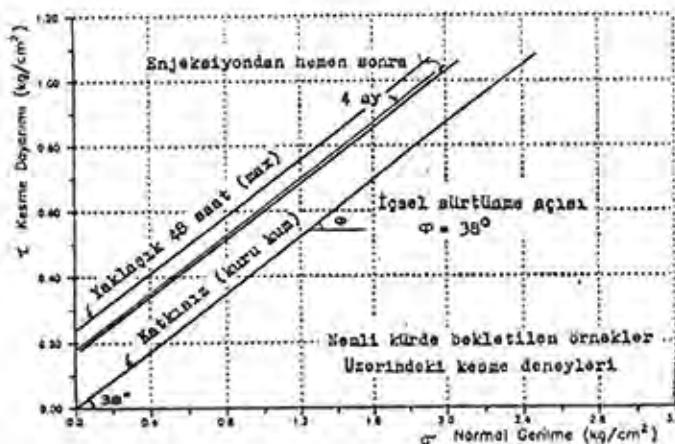
Şekil 9 — Açıkta bekletilen örneklerde ait kesme dayanım değerleri.

Su içinde bekletilen örneklerde ise, aynı şekilde belirgin bir artış izlenmemiştir ve daha sonraki haftalarda, % 50 lere varan bir azalma görüldüğü deney sonuçlarından anlaşılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10 — Su içinde bekletilen örneklerde ait kesme dayanım değerleri.

Nemli kür ortamında bekletilen örneklerde ait kesme dayanım değerleri (Şekil 11) de izlenmektedir. Deney sonuçlarına göre, başlangıçtaki dayanımın, bekleme süresi boyunca, fazla kayba uğramadan korunduğu gözlenmiştir.



Şekil 11—Nemli kür ortamında bekletilen örneklerde ait kesme dayanım değerleri.

Deney sonuçlarından ortaya çıkan önemli bir bulgu ise, ϕ içsel sürtünme açısının değerlerinin, tüm testler boyunca fazla bir değişim göstermemesidir.

SONUÇ

G.U.M.M.F laboratuvarlarında elde edilen bu deney sonuçlarına göre, HCl katalizör katkılı sodyum silikat enjeksiyonu ile stabilizesyonu yapılan kumlu zemin örnekleri, ancak geçici kısa bir süre, dayanımlarını koruyabilmek-

tedir ve bu tip enjeksiyonlarla sağlanan stabilitelerin geçici oldukları gözden uzak tutulmamalıdır. Buna göre, tünel ve yarmalardaki tahlimat işlerinin, mümkün olan en kısa zamanda tamamlanmasına çalışılmalı ve öngörülen sürede, inşaatın tamamlanamaması halinde, kesinlikle gerekli önlemler alınmalıdır. Ortamın, belli bir düzeyde % neme sahip olması, silikat stabilizesyonunun dayanım süresini artırabilecegi hesaba katılarak, gerektiğinde yapı planlamasının bu esaslara göre düzenlenmesi önerilmektedir. Hatta, koşullar uygun olduğu takdirde, zemin boşluk ortamında, nem oranının yapay olarak artırılması da düşünülebilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- CRAIG R.F., (1983), Soil Mechanics, pp 3-48, Dundee Van Nostrand.
- LAMBE T.W. and Whitman R.W., (1969), Soil Mechanics, John Wiley and Sons.
- KRIZEK, R.J. et al., (1958), Evaluation of Adhesion in Chemically Grouted Geomaterials, Geotechnical Testing Journal.
- KUTZNER, C., (1968), Über die Mechanischen Eigenschaften der mit Silikatgelen Injizierten Erdstoffe, Bautechnik 45.
- ÖZBAYOĞLU, F.U., (1968), DSİ Jeoteknik Semineri.
- WARNER, J., (1972), Strength Properties of Chemically Solidified Soils. A.S.C.E. Soil Mech. Found. Eng. Div. Vol. 98 SM 11.

**KURUÇAY (ÇORUM) CİVARINDAKİ EOSEN FLİŞ ŞEYLLERİNİN
TUĞLA-KREMIT HAMMADDESİ OLARAK İNCELENMESİ**

**THE STUDY OF THE VICINITY OF KURUÇAY (ÇORUM) EOSEN
FLISH SHALES AS THE BRICK AND TILE RAWMATERIAL**

Recep KILIÇ*

ÖZ — Çorum tuğla - kiremit endüstrisinin hamadden ihtiyacını karşılamak amacıyla alternatif saha olarak Kuruçay (Çorum) civarı incelenmiştir. Yapılan incelemede sahanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. İnceleme alanının temelini Eosen fliş ait şeyl ve kumtaşı oluşturur ve üstte Eosen volkanitlerine geçer. İnceleme alanı güneyinde Neojen sedimanları açısından uyumsuzlukla gelir. 10.000.000 m³ rezerve sahip olan malzeme kuskülük veya kaya klasındadır ve açık işletme metodu ile işletilebilir. Ortalama 30 cm kalınlıktaki bitki artıkları toprak sıvırma hafriyatı gerektirir.

Rezidüel analiz sonuçlarına göre kumlu kalkerli kilitası olan şeyl DTA ve XRD graflarından klorit, illit, kuvars, kalsit ve feldspat minerallerinden oluşan belirlenmiştir. Numuneler TS 1901 Türk Standard'ına göre alınmış ve TS 4792 ve TS 705'e göre incelenmiş tir.

Alınan örneklerin CaCO₃ bileşimi, plastisite suyu, kuruma durumu ve kuruma küçülmesi, kuru kirılma (eğilme) dayanımı, pişme durumu ve rengi, sertlik, toplam küçülme, su emme, basınç dayanımı, zararlı kireç ve magnezi ve dona dayanıklılık özellikleri standart değerlere uygundur. Malzeme tuğla - kiremit üretimine elverişlidir. Ancak şeyl suda dağılmadığından 1 mm nin altında öğütüllererek kullanılmalıdır.

ABSTRACT — The object of the study is to investigate vicinity of Kuruçay (Çorum) area as an alternative for tile and brick material for soil industries of Çorum. In this study geological map of 1/25.000 scale of the area is already made. It consists of Eosen flish shale and sandstone, evorlay by Eocene volcanics. In the south of the study area overlay by Neogene sediments with angular unconformity. The deposits have about 10.000.000 m³ of materials which may be excavated by open-cut method. The deposits are covered by a top soil approximatly 30 cm thick. This soil has to be moved before excavation.

The Eosen flish shale is sandy calcerous clayston and calcerous clayston according to the residuel analysis. It consists of chlorite illite, quartz, calcite and feldspathoid minerals determined by DTA and XRD methods. The samples are taken from the shale in accordance with TS 1901, and have been defined in accordance with Turkish Standard 4790, and 705.

The CaCO₃ content, plasticity water, moldability, dried condition, linear drying shrinkage, dry break resistance, sinterization capability and colour, hardness, total shrinkage, water absorption, pressure resistance, harmful calcite - magnesite contents, and cryogenic resistance properties of the samples are adequate for standard limits. But shale cannot be dispersed in water, therefore the material has to be grained below 1 mm diameter.

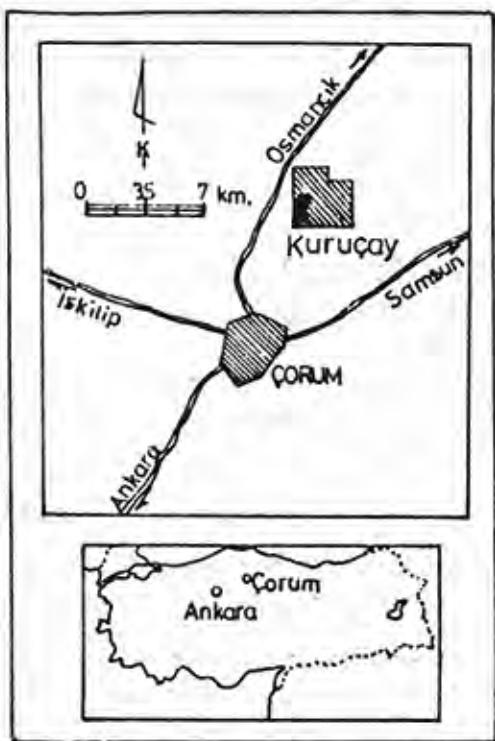
GİRİŞ

Yapı malzemesi olarak kilden üretilen tuğla ve kiremit, kullanım hacmi ve özellikleri bakımından önemli yer sahiptir. Çorum tuğla-kiremit endüstrisinin hamadden ihtiyacını karşılamak amacıyla tarımsal değeri düşük alanlarda çeşitli incelemeler yapılmıştır (1). İlaz ve diğerleri (2) ön incelemelerinde Teslim ve Kuruçay sahalarından alınan numunelerin uygun sonuç verdiği, Kuruçay sahanının detaylı incelenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Şekil 1). Bu araştırmada Kuruçay köyü civarının jeolojisini incelemektedir. 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, hammaddede olacak malzemenin rezervi hesaplanarak, mineralojik ve teknolojik özellikleri incelenmiştir.

İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ

İnceleme alanının temelini Eosen flish oluşturur (Şekil 2). Flış hareketli bir deniz ortamında çökelmiş sedimenter oluşuklardır (3). Flış içerisinde hakim litoloji şeyldir. Şeyl ile ara katkılı ince taneli kumtaşı tabakaları gözlenir. Şeyl yeşilimsi, boz, ince taneli sert yapıda olup,

* Y. Doç. Dr., A.Ü. Fen Fak. Jeo. Müh. Böl. Ankara.



Şekil 1 — Lokasyon haritası.

midye kabuğu şeklinde kırılma gösterir. Alınan örneklerde fosile rastlanmamıştır. Birgili ve diğ., (1974) bu birimlere Alt Eosen (Cuisian) yaşıını vermiştir (4).

Şeyl açık şekilde tabakalanma göstermemekle beraber arada 2-30 cm kalınlıkta kumtaşı seviyeleri mevcuttur. Eosen fliş inceleme alanı kuzeyinde N 10°, E/20° SE, güneyinde ise N 35° W/30° NE eğimlidir. Kırımlı yapıya

sahip olan flişin genel olarak eğimi 20-30 ile NE yadır. Fliş içerisindeki kumtaşları açık yeşil, boz, ince taneli ve sert yapıdadır. Kalın tabaklı ve açık sarı, boz renkli bol karbonatlı kumtaşları topoğrafyanın yüksek kesimlerini oluşturur. Eosen fliş üzerine inceleme alanı güneyinde Neojen kumtaşları açılı uyumsuzlukla gelir.

MALZEMENİN SAHADAKİ KONUMU

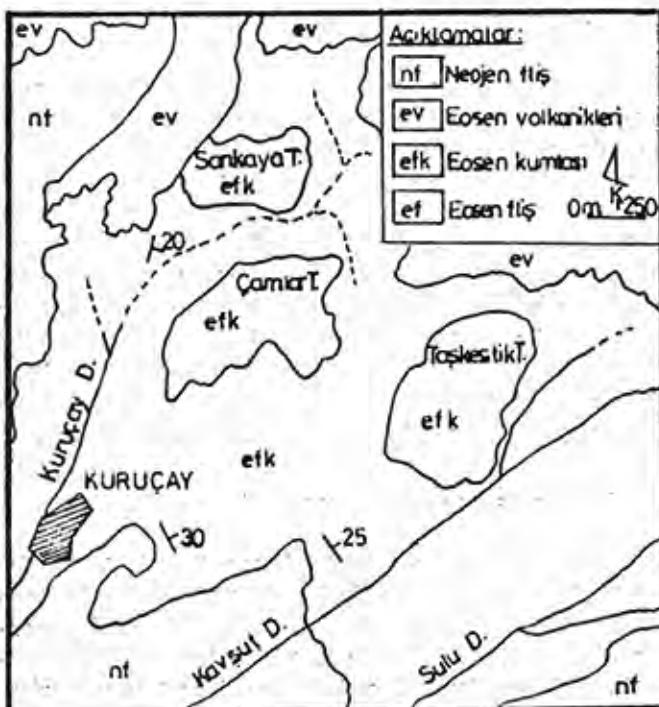
İnceleme alanı Çorum İl merkezinin 7 km kuzeyinde ve Kuruçay köyünü içine almaktadır. Çorum ile köy arası stabilizedir ve malzeme sahası ile köy arasında yol yapımı gerekmektedir.

Malzeme sahasının alanı yaklaşık 2.685.000 m² dir. Açılan 2 m derinliğindeki yarma ve numune çukurlarının tabanında malzemenin devam ettiği ve topoğrafik olarak sahanın değişik yükseklikteki tepelerden oluşan gözönüne alındığında malzemenin rezervi en az 10.000.000 m³ olarak tahmin edilmektedir. İnceleme alanının doğusunda ve batısında malzeme devam etmektedir.

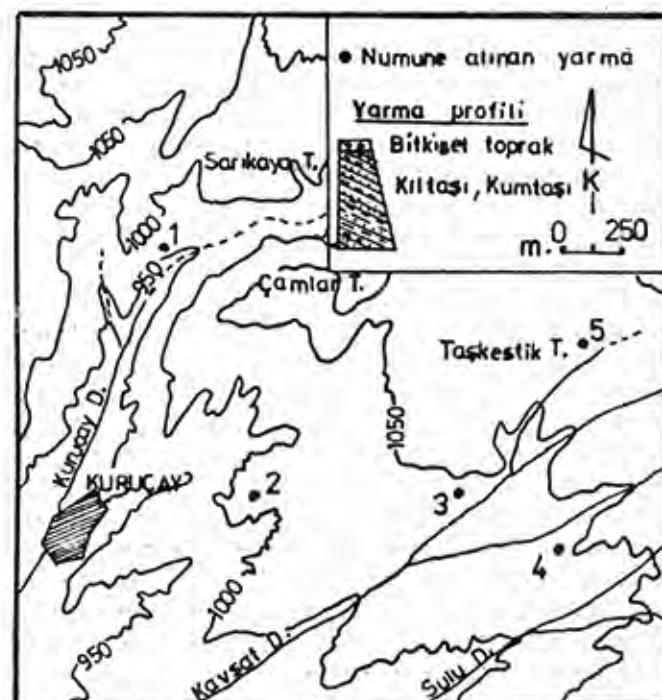
Malzeme, oacaklardan açık işletme metodu ile alınabilir. Üstte ortalama 30 cm kalınlıktaki bitki artıklı toprak sıyırmaya hafriyatı gerektirecektir. Malzeme küskülük yer yer kaya klasındadır.

MATERYAL VE METOD

Araştırmmanın materyali inceleme alanındaki şeylerden alınan örneklerdir. Malzeme sahasının litolojik yapısı gözönüne alınarak TS 1901 İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri Türk Standard'ına uygun olarak seçilen 5 noktada numune çukurundan orijinal örselenmiş örnek alınmıştır. Kumtaşlarından alınan örneklerin ince kesiti yapılarak polarizan mikroskopla incelenmiştir.



Şekil 2 — İnceleme alanının Jeoloji haritası.



Şekil 3 — İnceleme alanı örneklemeye haritası.

Örneklerin mineralojik bileşimi Diferansiyel Termal Analiz yöntemi ile A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında belirlenmiştir. Sahadan alınan örneklerin teknolojik özelliklerinden, CaCO₃ miktarı, plastiklik suyu, kalıplanma kabiliyeti, kuruma durumu ve kuruma küçülmesi oranları, kuru kırılma (eğilme) mukavemeti, pişme durumunda sertlik ve su emme deneyleri MTA Teknoloji laboratuvarında, basınç mukavemeti G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi yapı malzemesi laboratuvarında, "TS 4790 Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu" ve TS 4562 Fabrika Tuğlaları Türk Standardına uygun olarak yaptırılmış-

tır. Zararlı kireç ve manyezi deneyi ile dona dayanıklılık deneyi G.U.T.E.F. Yapı Malzemesi laboratuvarında "TS 705 Fabrika Tuğlaları - Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli" Türk Standardına uygun olarak yapılmıştır.

MİNERALOJİK ÖZELLİKLER

Malzeme sahasındaki Eosen fliş alt örneklerin bileşenleri rezidüel analiz ile belirlenerek isimlendirilmesi yapılmıştır (5). Elde edilen sonuçlar ile kayaçların adlanması Çizelge 1'de verilmiştir.

Örnek No.	Kum %	Kil %	CaCO ₃ %	Kayacın Adı
KN-1	16.0	59.5	24.5	Kumlu karbonatlı kilitası
KN-2	9.0	69.0	22.0	Karbonatlı kilitası
KN-3	13.0	71.0	16.0	Kumlu karbonatlı kilitası
KN-4	6.5	74.0	19.5	Karbonatlı kilitası
KN-5	8.0	73.0	19.0	Kilitası
KN-6	22.0	34.0	44.0	Kumlu killi kireçtaşı

Çizelge 1 — Örneklerin rezidüel analiz sonuçları.

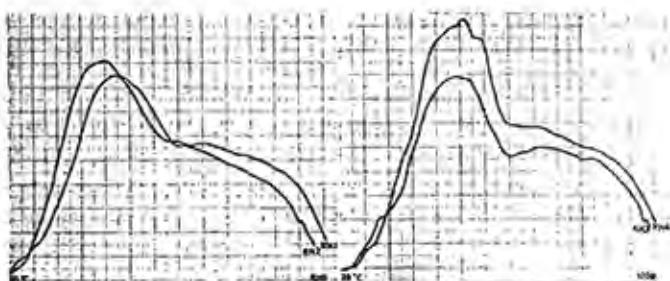
KN-6 no.lu örnek fliş içerisindeki ince taneli kumtaşının tabakalarından alınmış olup, ince kesitleri polarizan mikroskop altında incelendiğinde kuvars plajiolas, biotit, klorit, kireçtaşı parçaları, opak mineraller ve az miktarda de epidottan oluşan gözülmüşdür. Taneler silik köşeli olup, cimentosu karbonattır.

Şeyden alınan örneklerin mineralojik bileşimi Diferansiyel Termal Analiz (DTA) ve x-ışınları Diffraktometresi (XRD) ile incelenmiştir. Mineraller Şekil 4 deki DTA ve Şekil 5 deki XRD graflarının standard eğrilerle mukayese edilerek belirlenmiştir (6, 7). Tüm örnekler klorit, illit, kuvars, kalsit ve feldspattan oluşmaktadır.

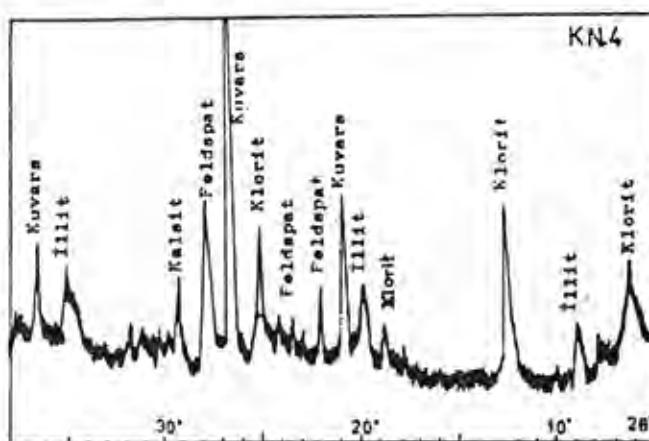
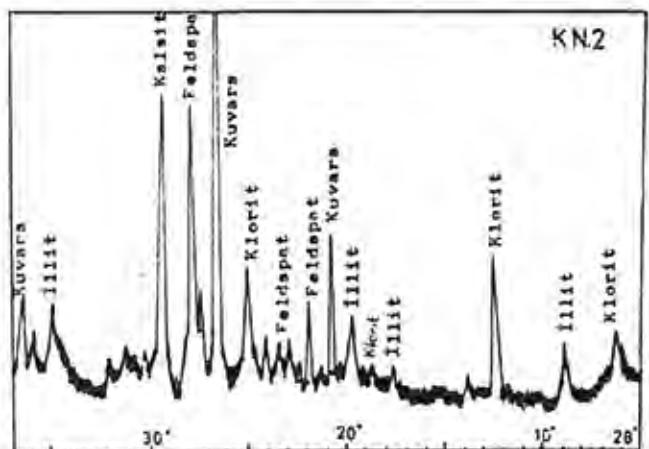
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLER

Deney Örneklerinin Hazırlanması:

Teknolojik özelliklerin incelenmesinde malzeme sahasında alınan şeyl örneklerinden çeyreklemme metodu ile deneyler için yeterli miktarlarda örnekler alınmıştır. (8). Şeyl sert yapıya sahip olduğundan ve suda erimediginden tüm örnekler kademeli olarak çeneli ve merdaneli konkasörler yardımı ile tabii rutubetinde, 1 mm incelikte



Şekil 4 — Bazı örneklerin DTA eğrileri.



Şekil 5 — Bazı örneklerin XRD grafları.

öğütülerek deneye hazırlanmıştır. Çeneli konkasör 25 mm incelikte merdaneli konkasör ise ters yönde dönen ve ayarlanabilen iki silindir yardımı ile 1 mm nin altında

ögütme yapabilmektedir. Her iki konkasör de trifaze 3 kv elektrik motoru ile çalışmaktadır.

Öğütlen örneklerde yeterli oranda su katılmak sureti ile plastik kıvamda çamur elde edilmiş, düzgün saç levha üzerinde hava kabarcığı kalmayınca kadar vurularak şekillendirmeye hazırlanmıştır.

Plastik çamurlar 25×25 mm kesitli çıkış ağzı olan Gebruder Netzschr Extruder yardımı ile 115 mm boyutunda kesilerek her gözlem noktasından alınan malzemeden 45 adet deney örnekleri üretilmiştir.

1. CaCO₃ miktarı

Orijinal malzeme örneğinden gereğinden fazla ve serbest olarak bulunan CaCO₃ fırında 800-900°C de CaO, daha sonra da rutubetin etkisi ile Ca(OH)₂ haline dönüşür. Bu olay hacmin genişlemesine, dolayısı ile çatlama sebebi olacaktır. Ayrıca pişme ıstısı 900°C nin üzerinde kiremidi rengi açık kiremit rengine çevirir. CaCO₃ miktarı en fazla % 25-35 oranında bulunmalıdır (9). TS 4790 Türk Standard'ına göre HCl asit reaksiyonu ile elde edilen CO₂ miktarından hesaplanan örneklerin CaCO₃ miktarları Çizelge 2 de gösterilmiştir. Miktarlar % 7-13 arasında değişmektedir.

Örnek No	CaCO ₃ , %	Plastiklik suyu %	Kuruma küçülmesi %	Kuru kırılma mukavemeti kN/m ²
Standard	<35	25<...<35	<12	>200
Kn 1	11	26	8.7	230
Kn 2	13	27	9.0	250
Kn 3	7	21	6.3	240
Kn 4	10	24	7.4	200
Kn 5	9	28	9.3	260

Çizelge 2—Örneklerin bazı teknolojik özellikleri.

5. Pişme Durumu ve Rengi

Deney için hazırlanan örneklerden altışar adedi Heraeus silindirlik gövdeli, 220 V trifaze elektrikle 1200°C ısınan, 150°C/dakika ayarlanabilen fırında 800, 900, 1000 ve 1100°C de pişirilmiştir (8). Pişirmeden sonra tüm örneklerde herhangi bir deformasyon, çatlama ve erime gözlenmemiştir. 800°C deki pişme rengi açık kiremidi olurken, 900°C, 1000°C ve 1100°C deki renkleri kiremidi olarak gözlenmiştir.

6. Sertlik

Malzeme yüzeyinin kalıcı şekil değiştirmeye karşı mukavemetini belirten özelliğidir. 900°C de pişirilen örneklerin mohs sertliği 2 den az ise tuğla, 3 den az ise kiremit üretiminde kullanılması uygun görülmemektedir. Örneklerin sertlikleri mohs sertlik cetveline göre belirlenmiş olup, 800 ve 900°C deki sertlikleri, 3, 1000 ve 1100°C deki sertlikleri ise 4 dür.

2. Plastisite Suyu

Tuğla ve kiremit üretiminde kullanılacak toprakların plastisite suyu % 25-35 arasında bulunmalıdır (10). Çok plastik killere kururken ve pişerken çatlamlara sebep olmaktadır. Şekillendirildikten hemen sonra örneklerin plastik su oranları belirlenerek Çizelge 2 de verilmiştir (11).

3. Kuruma Durumu ve Kuruma Küçülmesi

Üretilen tuğla ve kiremitlerin boyutlarını tutturabilmek için hammaddenin kuruma özelliklerini, kuruma ve pişme küçülmesini bilmek gereklidir. İnce taneli çok plastik killere kurumaya karşı daha hassas olup, çatlamlara sebep olur. Ayrıca kuruma küçülmesi % 12 den fazla olmamalıdır. 110±5°C sıcaklığındaki etüdde kurutmadan sonra deney örneklerinde çatlama, ufanma ve deformasyon görülmemiştir. Kurumadan sonraki ölçülen küçülme oranları Çizelge 2 de verilmiştir.

4. Kuru Kırılma (Eğilme) Mukavemeti

Tuğla ve kiremtin kuru kırılma mukavemeti, fırınlaşmadan önce taşıma ve istifleme esnasında deformasyon ve hasar olmaması bakımından önem taşımaktadır. Killere kuru kırılma mukavemeti 200 kN/m² nin altında olmamalıdır. Örneklerin kuru kırılma mukavemetleri Çizelge 2 de verilmiştir.

7. Toplam Küçülme

Kil maddesinin pişme anında boşluklarındaki ve kristal yapısındaki su tamamen uzaklaşacağından boyutlarında bir miktar küçülme meydana gelecektir. Deney numunesinin plastik haldeki uzunluğu ile değişik sıcaklıklarda piştiğinden sonraki boyları arasındaki farkın orijinal boyuna oranı toplam küçülme oranını vermektedir. Pişmeden sonraki değişik sıcaklıklara bağlı olarak küçülme oranı Çizelge 3 de verilmiştir. Tuğla ve kiremit hammaddesinin toplam küçülme oranı % 12 den fazla olmamalıdır.

8. Su Emme

Dona dayanıklılık bakımından önemli olan su emme miktarı porozite ile doğrudan ilgilidir. Kuruma ve pişme anında buharlaşan suyun yerinin levhalar ve rötre ile kapanmaması irtibathı ve irtibatsız boşlukların oluşmasına neden olmaktadır.

Her bir sıcaklık için en az 6 adet pişmiş deney örnekleri üzerinde su emme deneyi yapılmıştır. Su emme

deneyinden sonra örnek yüzeyinde 2 den fazla patlama görülsürse bu hammadde kiremit üretimi için uygun görülmektedir. 900°C deki su emme değeri % 8 den az olanlar tuğla, % 18 den fazla olanlar kiremit üretimine elverişli değildir (11). Örneklerin değişik sıcaklıklardaki ağırlıkça su emme değerleri Çizelge 3 de verilmiştir.

9. Basınç Mukavemeti

Her örnekten her sıcaklık için 10 (on) adet deney numunesi uygun basınç uygulayan pres ile basınç deneyine tabi tutulmuştur (8). Deneylerde 200 ton kapasiteli, 220 V elektrik akımıyla hidrolik yükleme yapan, üst başlığı ayarlanabilen ELE tipi pres kullanılmıştır.

Elde edilen değerler Çizelge 3 de verilmiştir. Bu değerler TS-705 Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli Türk Standard'ına uygun olarak hesaplanmıştır. (Basınç mukavemeti sonuçlarının aritmetik ortalaması 10, 800°C de 18, 75, 900°C de 24, 76, 1000°C de 30, 73 ve 1100°C de 35, 39 N/mm² dir.) Standarda uygun pişirme isıları 900, 1000 ve 1100°C ler için aritmetik ortalaması değerleri standard sonuçlarına uygundur.

10. Zararlı Kireç ve Manyezi

800, 900, 1000 ve 1100°C de pişirilmiş deney örnekleri her sıcaklık için 5'er adet olmak üzere TS 705 e göre uygun deneye tabi tutulmuştur. Deney sonucunda sağuyan örneklerde çatlama, kopma, pullama, dağılma ve bunun gibi hasarlara rastlanmamıştır.

11. Dona Dayanıklılık

800, 900, 1000 ve 1100°C de pişirilen deney örnekleri TS 705 de öngörülen metoda uygun olarak dona da-

yanıklılık deneyine tabi tutulmuştur. Deneyden sonra 900-1000-1100°C deki basınç mukavemeti değerleri dolu tuğla 2000 kg/m³, 2,0/240 modeli sınır değerlerinin % 85 i ile karşılaştırılmıştır (12). Elde edilen sonuçlar Çizelge 3 de verilmiştir. Dona dayanıklılık deney sonuçlarının aritmetik ortalaması 800°C de 10, 90, 900°C de 22, 84, 1000°C de 23, 1100°C de 27, 71 N/mm² olarak hesaplanmış olup, sıcaklığı bağlı olarak artmaktadır.

SONUÇLAR

1. İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Eosen fliş incelenen alanda 2-30 cm kalınlıkta ince taneli kumtaş tabakası arasında yer yer 10 m ye varan kalınlıktaki şeyllerden oluşmaktadır. Fliş genel olarak kuzey doğuya 20°-30° eğimlidir.

2. Rezervi en az 10.000.000 m³ olarak hesabedilmiş olup, inceleme alanının doğu ve batısında malzeme devam etmektedir. Açık işletme metodu ile alınabilecek olan malzemenin üzerindeki ortalama 30 cm lik bitki artıklı toprak siyırma harfiyatı gerektirecektir. Malzeme kükürlük ve kaya klasındadır. İşletme sırasında kumtaş seviyelerinin ayrılmasına gerek görülmeyecektir. Şeyl ile birlikte 1 mm nin altında öğütüldüğü zaman üretim için engel teşkil etmemektedir.

3. Rezidüel analiz sonuçlarına göre fliş içerisindeki şeyl karbonatlı kilitası ve kumlu karbonatlı kilitasıdır. Da-ha sert yapıda olan kumtaşlı seviyeler kumlu killi kireçtaşıdır.

4. Mineralojik olarak, XRD ve DTA graf sonuçlarına göre klorit, illit, kuvars, kalsit ve feldspat bileşenlerinden oluşmaktadır.

5. Malzemenin CaCO₃ bileşimi TS 4790 Türk Standard'ına göre hesaplanmış olup, % 7-13 arasındadır ve limit değerleri içerisinde edilmiştir.

Plastiklik suyu, kuruma durumu ve kuruma küçülmesi, kuru kırılma (eğilme) mukavemeti değerleri standart değerlere uygundur.

6. Pişme durumu ve rengi, sertliği toplam küçülme, su emme, basınç mukavemeti, zararlı kireç ve manyezi ve dona dayanıklılık değerleri standarda uygundur.

7. Alınan tüm örnekler tuğla ve kiremit üretimine elverişlidir. Ancak şeyl suda dağılmadığından 1 mm nin altında öğütülkerek kullanılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Araştırmacı, araştırma süresinde her türlü yardımcı esirgemeyen Metin ARSLAN'a, makalenin kritiği ve değerli katkıları için Prof. Dr. Vedat DOYURAN'a içtenlikle teşekkürlerini sunar.

Örnek No.	Özellik Sıcaklığı	Toplam Kütle g		Su Emme %	Basınç Dayanımı N/mm ²	Dona Dayanıklılık N/mm ²
		800	900			
EN 1	800	9.2	18	18.60	10.88	
	900	9.6	16	24.60	22.81	
	1000	9.8	16	31.50	23.80	
	1100	9.9	14	34.72	27.70	
EN 2	800	9.5	18	18.80	10.90	
	900	10.1	17	24.15	22.84	
	1000	10.4	16	30.40	23.81	
	1100	10.6	15	35.74	27.72	
EN 3	800	6.6	19	18.95	10.89	
	900	7.0	17	24.85	22.83	
	1000	7.2	17	30.65	23.80	
	1100	10.6	16	35.60	27.73	
EN 4	800	7.7	18	18.65	10.91	
	900	8.1	18	25.24	22.85	
	1000	8.2	18	30.50	23.81	
	1100	9.1	16	35.25	27.70	
EN 5	800	9.6	18	18.75	10.90	
	900	10.3	17	24.88	22.85	
	1000	10.4	16	30.60	23.80	
	1100	10.8	14	35.64	27.71	
Standard	900°C	<12	Tuğla >8 Kiremit<18	Arit.ort.23.5 >18.6	23.5 ± 0.85 19.95	

Çizelge 3 — Örneklerin bazı teknolojik özellikleri

1988 YILINDA MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ ÖDÜLÜ KAZANAN ÇALIŞMALAR



KAYANIN İKİNCİL GEVSEMİYE BAĞLI DAVRANIŞININ ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARIYLA ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

Yöneten : Prof. Dr. Mahir VARDAR
İTÜ Fen Bil. Enst.

Yılmaz MAHMUTOĞLU*

ÖZ — Bu çalışmada, yapısal ve dokusal süreksizlikler içeren ve bulunduğu mekandan kaynaklanan etmenlerin etkisi altında davranışının değişen çatlaklı kayanın iki boyutta (alansal) gevsemeye bağlı davranışının nasıl değiştiği araştırılmıştır. Model ortam olarak, günümüz ve yakın gelecekte büyük ve pahalı yerüstü ve yeraltı kaya yapılarının yerelacığı, İstanbul grovakları seçilmiştir.

Modellemeye kullanılabilecek prototip özelliklerinin tanımlamasında, arazi ve laboratuvar çalışmaları beraber yürütülmüştür. İlk durum girdileri ve boyutsal mekan verileri arazide belirlenirken, sınır değerleri de laboratuvar çalışmalarıyla saptanmıştır.

Model deneyler sırtınesiz yatay düzleme üzerinde tek eksenli olarak yapılmıştır. Birim kaya eleman-

larının arazideki konumları dikkate alınarak hazırlanan deney ortam, 5 farklı yükleme doğrultusunda yüklenmiştir. Her deneyde, belirli yükleme basamakları, için sabit uzaklıktan sistemin fotoğrafları çekilmiştir. Alansal gevsemeler elde edilen bu fotoğraflar yardımıyla saptanmıştır.

Elde edilen deney sonuçlarına göre bu tip çatlaklı kaya ortamın süreksızlıklarının açıortayı doğrultusunda yüklenmesi durumunda, maksimum taşıma kapasitesine, % 5'lik bir alansal gevseme alanında eriştiği saptanmıştır. Sistemin diğer doğrultularda yüklenmesi durumunda, yüklenenin başlangıcında doku kapatılmasına bağlı (kontakrans) olarak, ortamın maksimum relatif taşıma kapasitesine sıkışma anında erişeceği sonucuna ulaşılmıştır.

* Ar. Gör. Y. Müh. İ.T.U., Maden Fak. Jeo. Müh. Böl. Maslak - İstanbul.

MİMAR SINAN'IN İSTANBUL'DAKİ ESERLERİNDE KULLANDIĞI TAŞLARIN
MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ VE MİMARİ ÖZELLİKLERİ

THE BUILDING STONES OF SINAN'S MONUMENTS IN ISTANBUL

Kemal ERGUVANLI*
Zeynep AHUNBAY**

ÖZ — Osmanlı İmparatorluğunun 16. yüzyıldaki yapısal etkinliğinin büyük bir bölümü Mimar Sinan'ın eliyle İstanbul'da gerçekleştirilmiştir. Başkentteki yapılar için gerekli malzemenin yakın çevreden sağlanmasına çalışılmış, ancak büyük sultan külliyesi için uzaklardan renkli ve desenli taşların getirilmesi için çaba harcanmıştır. Büyük çeşitlilik gösteren taş türleri arasında Mısır graniti, eski kırmızı ve yeşil porfir, serpentin breşi gibi yurt dışından getirilen renkli taşlar da bulunmaktadır. Mimar Sinan'ın İstanbul'daki yapılarında en çok kullandığı taş ocakları, karsurlarının batsındaki alanda uzanan Bakırköy küfekileridir. Marmara mermeri, Kestanbol graniti gibi antik dönemden beri çok kullanılan taş türleri, antik sitlerden derlenen hazır öğeler, ya da yeniden işlenen bloklar olarak değerlendirilmişlerdir.

ABSTRACT — As the chief architect of the Ottoman Empire for fifty years (1538-1588), Sinan was involved in more than three hundred projects all over the empire but his construction activity was concentrated in and near Istanbul. For most of the building activity in the capital, stone was procured from nearby quarries but for the major monuments of the sultans coloured stones and marbles were supplied from overseas. Among these, the most important are the red and green porphyry, verde antico and syenite. Limestone from Bakırköy quarries was the prime element of Sinan's monumental architecture in Istanbul. Columns made of Proconnessian marble and granite from Troad were collected from ancient ruins and reused.

GİRİŞ

1538-1588 yılları arasında Osmanlı devletinin mimarbaşılık görevinde bulunan mimar Sinan'ın mesleki etkinliği, doğuda Irak, batıda Avusturya, kuzeyde Kırım, güneyde Suudi Arabistan'a kadar uzanan bir alana yayılmakla birlikte, esas olarak İstanbul ve çevresinde yoğunlaşmıştır. Sinan'ın eserlerinin listesini veren üç önem-

li belge, Tezkiret-ül Ebniye¹, Tezkiret-ül Bünyan² ve Tuhfet-ül Mimarın'e³ göre sayıları üçyüzün üzerinde olan uygulamalarının çoğu İstanbul'dadır⁴. Haseki Külliyesiyle (1538/9) başlayan anıtsal yapım zinciri, Şehzade, Süleymaniye, Mihrimah Sultan (Edirnekapı), Atik Valide⁵ gibi projelerle İstanbul'a büyük bir anıtsal birikim kazandırılmıştır. Cami, mektep, medrese, tekke gibi din ve eğitimle ilgili yapıların yanı sıra, 16. yüzyılda Osmanlı toplumunun gereksindığı ulaşım, ticaret, sağlık ve sosyal dayanışma yapıları da Sinan tarafından Inşa edilmiştir. Mimar Sinan sultanlar ve vezirler için köşkler ve saraylar da yapmıştır. Bu yapılardan günümüze yalnız tümüyle kârgır, ya da ana taşıyıcıları kârgır olanlar ulaşabilmıştır. Bu olguda kuşkusuz İstanbul'un geçirdiği sayısız yanıklar kadar, kârgır binaların çoğunun vakıf yapıları olmaları; dolayısıyla sürekli bakımlarının sağlanabilmesi etkili olmuştur.

MİMAR SINAN'IN ESERLERİNDE KULLANDIĞI
TAŞLAR

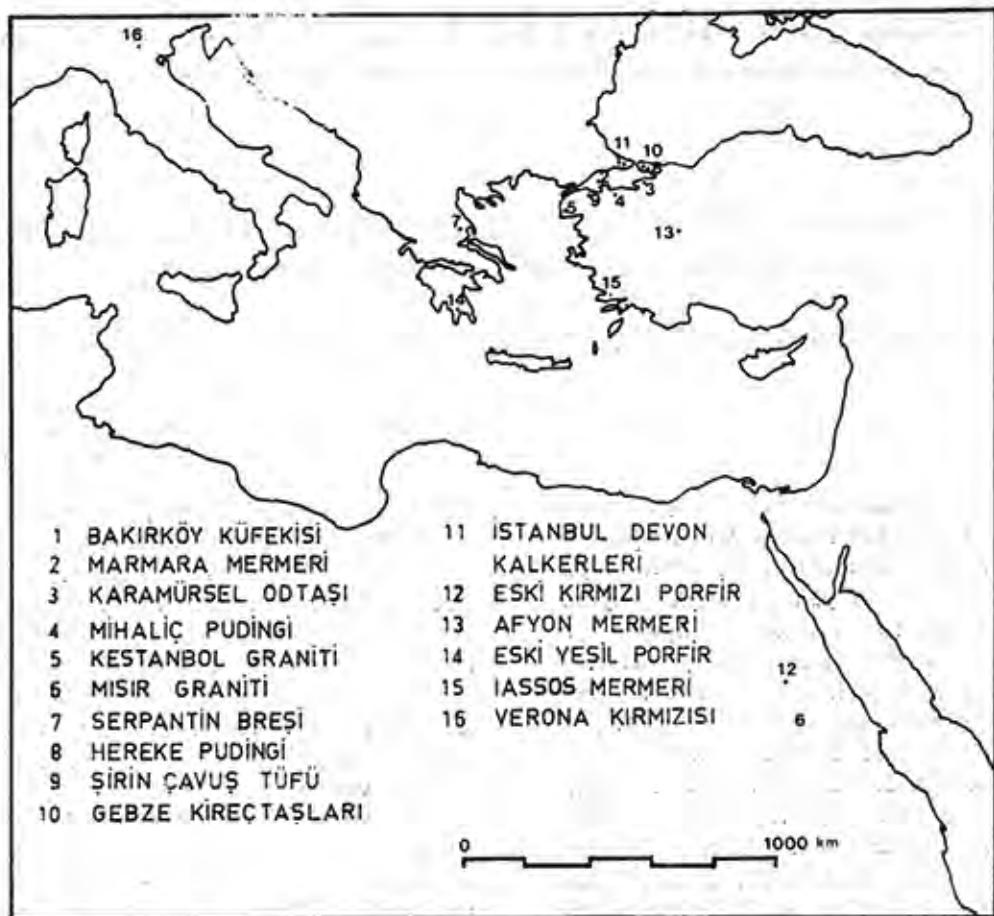
Mimar Sinan, malzeme kullanımı açısından, kendisinden önceki mimarlardan çok farklı olmayan bir yol izlemiştir; yoğun yapısal etkinliğini İstanbul ve yakın çevresinde bulunan malzeme kaynaklarından yararlanarak gerçekleştirmiştir⁶. Malzeme kaynağının yakınılığı, taşıma giderlerini azalttırdan, yapı maliyeti açısından önemlidir. Ancak sultanların yapılarının görkemi için, çeşitli renkli taşların uzaklardan, Mısır ve yakındıdan getirilmesi için masraftan kaçınılmamıştır⁷ (Şekil 1). Mimar Sinan'ın İstanbul'daki yapılarında kullandığı başlıca taşlar, kullanım yoğunluğuna bağlı olarak şöyle sıralanabilir:

o Küfeki taşı

İstanbul'daki yapı etkinliğini besleyen en yakın ve verimli kaynak, "Bakırköy taşı", "fosilli", "lümaşelli, maktralı kireçtaşı" olarak da anılan küfeki taşıdır. Arapça yazılışının değişik biçimlerde okunabilmesi nedeniyle "kefeke", "köfek" "küfeke" şeklinde yazılışlarına da rastlanan bu sözcük Arapça "köfek" kelimesinden gelmekte ve

* Prof. Dr., ITÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul.

** Prof. Dr., ITÜ Mimarlık Fakültesi, Restorasyon Anabilim Dalı, Taşkısla, Taksim, İstanbul.



Şekil 1 — Mimar Sinanın yapılarında kullandığı taşlar ve ocaklarının yerleri.

'sünger gibi delik taşı' anlamını taşımaktadır⁴. Küfeği taşı ocakları, İstanbul Karasurlarının batısından başlayarak Bakırköy-Sefaköy (Safraköy) e doğru açılmıştır. Süleymaniye külliyesi yapımı sırasında, Haznedar köyü yakınında, Mehmet Paşa ve Lütfü Paşa çiftlikleri çevresinde bulunan devlet taş ocaklarının işletildiği İnşaatla ilgili belgelerden öğrenilmektedir⁵. Üst Miyosen döneminde oluşan ve değişik litolojik özellikte (killi, kumlu, tebeşirli, boşluklu, fosilsiz, vb.), ve kalınlıkta bulunan küfeği taşlarının mühendislik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Küfeği taşı Mimar Sinan'ın İstanbul'daki eserlerinin ana malzemesini oluşturmaktadır. Duvar örgüsünde tek başına, ya da tuğla ile almışık olarak kullanılan küfeği taşından Süleymaniye, Mihrimah Sultan (Edirnekapı) gibi şirsel tepeler örülülmüştür. Mimar Sinan'ın küfeği taşıyla yaptığı en erken tarihli yapı Fatih'te, Zincirlikuyu meydanında bulunan Üçbaş Nureddin Hamza Mescidi'dir. Yatılına göre 1531 tarihinde yapılan bu bina, Mimar Sinan'ın henüz mimarbaşı olmadan gerçekleştirdiği mütevazı boyutlu bir eserdir. Mimar sağlanan maddi olanaklar, yapıda kullanılan malzemenin türünü ve niteliğini etkilememektedir. Bu nedenle, Mimar Sinan'ın eserlerinde kullanılan küfeği taşlarında kaba işlenmiş nitelikten, kesme taş ve zengin bezemeli düzeye kadar kademelenme göstermektedir. Küfeği taşı yalnız örgü ve dışta cephe kaplama malzemesi olarak değil, iç mekânda, duvarlarda, taşıyıcı öğe-

lerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, portal ve mihraplarda, parmaklıklarda da kullanılmıştır (Foto 1).

Taşın tuğla ile birlikte kullanımı, yapının önemi ve sağlanan maddi olanaklarla ilgilidir. Almaşık örgü (1 sıra taş, iki veya üç sıra tuğla) cami, medrese, mektep, kervansaray, tekke, hamam yapılarında sıkça kullanılmıştır. Ayrıca aynı yapının ön cephesinin küfeği, yan veya arka cephesinin ise, taş-tuğla almaşık örgülü olduğu uygulamalar da vardır.

Küfekiyle, genelde düz kesme taş niteliğinde yalın cephe düzenleri oluşturulmuştur. Kent dışında yapılan su kemerlerinde kenar şeritli (bosajlı) örgü teknigi yaygındır. Hava koşullarına dayanıklılığı nedeniyle küfeği taşından ince bezeme ayrıntılarının yapılması uygun olmamaktadır. Fatih'teki Hüseyin Paşa türbesinin, zengin yüzey bezemesi zamanın etkilerine dayanamamış, parçalanarak dökülmüşdür.

o Marmara mermeri

Küfeği taşından sonra, Mimar Sinan'ın İstanbul'daki yapılarında en çok kullandığı taş türü Marmara mermeridir. İstanbul'un 80 km güneybatısında bulunan Marmara adasının kuzeyinde, Paleozoyik yaşılı metamorfik sistler arasında 1.5 km genişlikte, 3 km uzunlukta bir alanda kalın bir mermer bandı bulunmaktadır. Bu şerit orta-iri kristalli ($3 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$) gri-beyaz renkli, yer yer demir oksitli,

siyah bantlı, yer yer silisli ve dolomit ($MgCO_3$) bantlı, yer yer kıraklı ve faylıdır. Bazen ince beyaz, bazan da çok kalın tabakalıdır.

Marmara mermerleri antik dünyyanın ve Türkiye'nin en çok işletilen taşları arasındadır. Ancak Ö.L. Barkan tarafından yayınlanan Süleymaniye Külliyesi İnşaat Defterlerinde Marmara adasındaki ocakların o sırada işletildiğini kanıtlayan belgeler bulunmamaktadır. Defterlerin bir bölümü eksiktir; bu nedenle kesin bir yargıya varmak olanaksızdır. Buna karşılık Edincik'te, yani antik Cyzicus kentinin kalıntılarının bulunduğu alanda (bugünkü Erdek yakınında) yoğun bir mermer işleme etkinliği olduğu belgelerden anlaşılmaktadır¹⁰. Belgelerde "mermer-i Aydıcık"¹¹ olarak geçen taşlar, Marmara mermerinden yapılmış büyük anıtların bulunduğu antik Cyzicus kenti bir taşocağı gibi kullanılarak sağlanmış olmalıdır.

Marmara mermeri kaplama taşı olarak döşeme ve cepheerde, taşıyıcı olarak sütun ve ayaklarda, ayrıca kemer, başlık, mukarnası portal, mihrap, minber, müezzin mahfeli, hünkâr mahfeli, pencere, şadırvan gibi öğelerde dayanıklılığı ve ince bezemeye olanak veren özellikleriyile kullanılmıştır (Foto 1).



Foto 1 — Şehzadebaşı Şehzade Mehmet Türbesi alt pencere detayı; Marmara mermeri (söve) ve Küfeği çerçeveye kakma kırmızı tüfler.

o Odtaşı

Süleymaniye külliyesi inşaat defterlerine göre Kadıköy'den Marmara Ereğli'sinden ve Karamürsel'in Kavak İskelesinden yapılmış için od taşı getirilmiştir¹². "Od taşı", "seng-i ateş" olarak da anılan bu taşın 13 Kadıköy'de ve Ereğli'deki ocaklarının yeri bilinmemektedir. Karamürsel'de, ilçenin güneybatısında Dereköy ve Tepeköy dolaylarında eski ocaklar bulunmaktadır. Açık ve koyu renkli, demiroksitli, limonitli, gri-siyah mangan benekli bu andezitik tüflerin mühendislik özellikleri Çizelge 1 de verilmiştir. Dış etkilerle işlerindeki killi ve ayrılmış tüflü bölümler kolayca aşınan od taşlarının temel yapımında, fırın, mutfağ ve hamam külhanlarında kullanıldığı belgelerden anlaşılmaktadır¹³. Ocaktan çıkarılan taş boyutları büyük kalıp (2.5×1.5 zira ve değişik kalınlıkta) ve küçük (1.5 zira x 1 zira ve değişik kalınlıkta) olmak üzere belirlenmiştir¹⁴.

o Pudingler

Fatih döneminden başlayarak İstanbul'daki birçok anıtta, sütun söve ve kemer taşı olarak kullanılan pembe-kırmızı çimentolu pudingin (konglomera) yalnız Hereke çevresinden çıkarıldığı sanılıyordu. Süleymaniye Külliyesi inşaat defterlerinde Hereke'den taş getirildiğini belgeleyen hiçbir kayıt bulunmamakta; Mihaliç'in adı geçmektedir¹⁵. Mihaliç bugünkü Karacabey İlçesinin eski adıdır. İlçe'deki İmaret Camisinde (1456-9) ve Ulu Caminin 19. yüzyıl onarımında puding kullanıldığı gözlenmiştir. Böylece tarihi belgelere dayanılarak unutulmuş bir taş işleme merkezi ortaya çıkarılmıştır.

TÜBİTAK desteği içinde yaptığı araştırmalarda¹⁶, Karacabey'in hemen kuzeyinde bulunan Jura konglomeralarında açılan ocakların büyük blok verecek boyutta olmadığı saptanmıştır. Buna karşılık İzmit'in batısında, Hereke çevresinde kıyıya yakın yamaçlarda Üst Kretase'ye ait konglomeralar geniş bir alan kaplamaktır ve büyük bir kalınlık göstermektedir. 10-15 m olan eski ocak aynaları, bu çevreden 4-5 m uzunlukta blok anılabileceğine tanıklık etmektedir. Hereke pudinglerinin içinde bulunan karakteristik fosillerde taşın kaynağı kolayca saptanabilmektedir.

Mimar Sinan'ın eserlerinde yer alan Hereke pudingoğlu öğelerin devşirme malzeme oldukları; Hereke ocaklarının Süleymaniye yapımı sırasında işletilmektedikleri ileri sürülebilir. Bu ocakların Mimar Sinan'dan sonra mimarbaşılık görevine gelen Davut Ağa döneminde işletildiğini gene bir tarihi belgeden öğrenmektedir¹⁷. 1592 yılında İstanbul'da Sarayburnu'nda yapılan Sinan Paşa köşkü için "mermer-i surh-i" Darıca, yani çıkarıldığı yöreye izafeten "Darıca kırmızı mermeri" olarak anılan taştan 282 adet kemer taşı işlenmiştir (Foto 2).

o Gebze fosilli kireçtaşları

İstanbul'un 50 km doğusunda, Gebze-İzmit karayolu üzerindeki Tavşanlı köyü çevresinden çıkarılan Üst Kretase'ye ait turuncu-kırmızı renkli zemin üzerine beyaz fosilli ve marnlı kireçtaşları Roma döneminden bu yana kullanılmıştır. Antik ocaklar bugün de görülebilmektedir.

Taş Türü	Birim Hacim Ağırlığı (g/cm³)	Ağırlıkça Su Emme (%)	Porozite (%)	Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm²)	Elastisite Modülü (kg/cm³)	Ağırlıkça Aşınma (%)
Bakırköy Taşı (Küfeki)	2.15	3.01	6.63	325-340	237.10³	20.-24
Marmara Mermeri	2.70	0.06	0.07	11100	8.2.10³	5.8
Odtaşı	2.06	7.83	16.1	352	2.10⁴	4.64
Hereke Pudingi	2.70	0.42	1.14	530	2.10⁴	2.05
Karacabey Pudingi	2.69	0.24	0.66	—	3.10³	5.83
Gebze-Tavşanlı Kireçtaşısı	2.67	0.23	0.64	885	48.10³	—
Siyah Kireçtaşısı İstanbul-Balat-İlimanı-Kanlıca	2.67	0.12	0.32	6.54	—	—
Şirin Çavuş Dasitik Tüp	2.10	8.24	17.29	380	—	9.6
Kestanbol Graniti	2.68	1.02	1.02	2700	75.10³	1.05

Çizelge 1 — Mimar Sinanın en çok kullandığı taşların mühendislik özellikleri.



Foto 2 — Süleymaniye Camii, Minare kapısı. Kemer taşları mermer ve puding; minare ve beden duvarları küfeki.

Bu taşların Mimar Sinan döneminde işletildiğini kanıtlayan belgeler henüz bulunmamıştır. Mimar Sinan'ın yapılarında kullanıldığını saptadığımız hippüritli kireçtaşlarının devşirme malzeme olduğunu sanıyoruz. Süleymaniye camisi pencere içi mozaiklerinde, Rüstem Paşa camisi mihrap duvarı önündeki döşeme mozaiklerinde; Topkapı Kara Ahmet Paşa camisinde kemer taşı olarak ve pencere çevresinde olarak şerit olaark; Kılıç Paşa camisi mihrabının iki yanındaki sütunelerde bu taştan yararlanılmıştır (Şekil 1).

o Kırmızı killi kireçtaşları

Kırmızı-bej dalgılı killi kireçtaşları, konglomera ve hippüritli kireçtaşısı ile birlikte, Gebze'nin Tavşanlı köyünde, aynı alan içinde yanyana bulunmaktadır. Topkapı'daki Kara Ahmet Paşa külliyesinde cami ve medresede kullanılan kırmızı ve kırmızı-bej dalgılı taşlar Gebze çevresinden getirilmiştir. Düz kırmızı olan bölümler kemer taşları ve dekoratif disklerde; dalgılı olanlar medrese hücrelerinin kapı söylelerinde yer almaktadır. Aynı taşın kırmızı olanlarından süleymaniye camisi pencerelerinin içlerindeki taş mozaikler için yararlanılmıştır.

o Bordo ve pembe renkli tüfler

İstanbul'da Osmanlılar tarafından Mimar Sinan'dan önce de kullanılan bordo renkli andezitik tüflerin kaynağı henüz belirlenmemiştir. Mimar Sinan bu taştan Haseki medresesinin ve Şehzade cami ve türbesinin bezenmesinde yararlanmıştır (Foto 1). Kayseri yöresinde "yonu" adıyla anılan ve gri-beyaz, pembe, kırmızı renklerde bulunan tüflerin, orta Anadolu'dan getirilerek İstanbul'da kullanılmış olması bir olasılık olarak düşünülebilir.

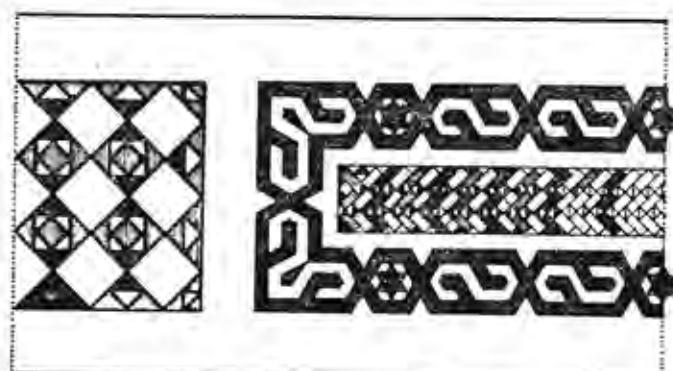
Kullanıldığını Piyale Paşa ve Kılıç Ali Paşa camilerinde gözlediğimiz pembe renkli, iri feldispatlı traktik tuf-

lerin ocakları ise Marmara bölgesinde, Erdek'in 5-6 km batısında, "Şirin-Çavuş" köyü yakınında bulunmaktadır. Denize yakın bir yamaçta yer alan ocakların antik çağdan başlayarak işletildiği anlaşılmaktadır. Mimar Sinan döneminde bu taşların Cyzicus'taki kalıntılarından alınarak İstanbul'a getirilmiş olması da mümkündür; halen bu çevrede mevcut kalıntılarda aynı taşın varlığı gözlemezbilmektedir.

o Gri-mavi-siyah kireçtaşları

İstanbul'da, Boğaz'ın iki yakasında, Kuruçeşme, Balatlımanı, Yeniköy, Beykoz, Kanlıca, Kandilli, Beylerbeyi, Ümraniye gibi yerlerden çıkarılan Devon kalkerleri, hava koşullarına dayaniksız ve büyük boyutlu blok üretimine elverişsiz taşlardır. Taşın rengi zamanla solmaka ve bir kırkı ince tabakalara ayrılarak dökülmektedir. Süleymaniye İnşaat defterleri arasında İstavroz köyünde işçilerin taş çıkardığına dair bir belge yer almaktadır¹⁹. İstavroz Beylerbeyi'nin eski adıdır.

Kesme taş olarak işlenmeye elverişli olmayan bu taşın Atik Valide külliyesinde moloz taş olarak duvar örgüsünde yer aldığı gözlelmektedir. Siyah kalker Mihri-mah Sultan (Üsküdar) pencere kemerlerinde küfeği ile alması olarak, Hacı Paşa türbesi (Üsküdar, Doğancılar) girişinde söve bloğu olarak bezeme programı içinde yer almıştır. İnce levhalar halinde Süleymaniye, Rüstem Paşa, Ferruh Kethüda (Balat) camilerinde pencere içlerinde ve kible duvarı eteklerinde geometrik bezemelerde kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2—İstanbul Rüstem Paşa-Camii. Mihrap duvarı ete-ğindeki döşeme mozayığinden bir bölüm (Z. Ahunbay).

o Kestanbol graniti

Antik sitlerden toplanan sütun, kaide gibi hazır elemanların yapılacak binaya göre kesilerek kullanılması hızlı yapma yardımcı olmuştur. Yeniden kullanılan mi-

mari elemanlar arasında Kestanbol granitinden yapılmış sütunlar da bulunmaktadır. Kestanbol granitleri çoğunlukla sütun olarak işlenmiştir. Çeşitli boyutlarda olabilen bu taşıyıcılarından avlu ve son mecaat yerinde, cami iç mekanlarında yararlanılmıştır. Piyale Paşa camisinde kubbe-leri taşıyan kemerler Kestanbol granitinden yapılmış sütunlara mesnetlenmektedir. Tarihi kaynaklarda "aklu-siyahlu serçe gözü"²⁰ olarak anılan bu taşın ocakları Çanakkale'nin güneyinde, Ezine ilçesinin batısında Koçalı köyü dolaylarındadır.

o Mısır graniti ve eski kırmızı porfir

Daha çok sütun olarak kullanılan diğer iki taş türü, Mısır'dan getirilen ve "kızıl serçe gözü"²¹ olarak anılan pembe-kırmızı renkli Mısır graniti ile mor renkli eski kırmızı porfirdir. Süleymaniye camisinde iki yan kubbe kemerinin altındaki üç kemerli düzeni taşıyan Mısır graniti sütunlarının her biri başka bir yerdan alınarak bir araya getirilmiştir. İstanbul'da "Kıztaşı"²² olarak bilinen bir sütun büyük emek harcanarak yerinden sökülmüş, bir diğer İşkenderiye'den gemiyle taşınmıştır²³.

Mısır'da Duhan dağından çıkarılan kırmızı porfiri Mimar Sinan devşirme malzeme olarak kullanmıştır. Sütun, döşeme şemsetleri (iri diskler) ve cepheerde küçük dekoratif diskler halinde Süleymaniye camisinde yoğun bir biçimde yer almaktadır.

o Serpentin breşi ve eski yeşil porfir

Yunanistan'dan çıkarılan serpentin breşi de devşirme malzemeler arasında yer almaktadır²⁴. Daha çok sütun biçiminde, avlu, son cemaat yeri ve iç mekanlarda kullanılmıştır. Cephelerde şerit ve diskler olarak, pencere içlerinde taş mozaik olarak bezeme amacıyla yararlanılmıştır.

Yunanistan'ın Mora yarımadasındaki Taygetus dağından²⁵ çıkarılan eski yeşil porfirin kullanımı yalnız bezeme ile sınırlı kalmıştır. İnce levhalar halindeki malzeme antik yapılardan derlenerek getirilmiş olmalıdır.

o Mor-beyaz hareli Afyon mermeri

Mimar Sinan'ın birçok yapısında (Süleymaniye, Ferruh Kethüda, Kara Ahmet Paşa) büyük boyutlu bloklar halinde kullanıldığını gözlediğimiz mor-beyaz hareli mermerin de devşirme malzeme olduğunu sanıyoruz. Ayasofya'da yoğun olarak kullanılan bu taşın Afyon'dan çıkarıldığı kaynaklarda belirtilmiştir²⁶.

o Beyaz zemin üzerine erguvani dalgalı mermer (lassos mermeri)

Mimar Sinan yapılarında çok az kullanılan derleme taşları vardır. Bunlardan beyaz-zemin üzerine erguvan renkli dalgaları olanı yalnız Şehzade camisinde, güneybatı cephesinin giriş kemerinde görülmektedir. Aynı taşın büyük levhalar halinde Ayasofya iç mekanında yoğun bir biçimde yer aldığı bilinmektedir. Antik dönemde lassos mermeri²⁷ olarak anılan bu güzel dokulu taşın Şehzade camisinde devşirme malzeme olarak yer aldığı sanıyoruz.

o Verona kırmızısı (rosso di Verona)

Koyu turuncu zemin üzerine breşimsiz bir ağ dokusu oluşturacak biçimde küçük siyah harelere olan, İtalyan kökenli "rosso di Verona"²⁷ Mimar Sinan'ın eserlerinde yer alan yabancı taşlardan biridir. Süleymaniye camisinde bu taştan yapılmış narın sütunlar üzerinde yükselen bir kürsü bulunmaktadır. Nişancı Mehmet Paşa camısında de gene aynı taştan yapılmış bir kürsü vardır.

o Pembe renkli mermer

Kullanımı çok sınırlı olan pembe renkli mermerin kaynağını belirlemek mümkün olamamıştır. Azapkapi Sokollu camisinde kapı söyle ve kemerlerinde Marmara mermeriyle alması olarak kullanıldığı gözlebildiği bu taşın Çanakkale dolayından ya da Yunanistan'dan çıkarılan ve "seftali çiçeği" olarak anılan mermer olması mümkündür.

Sinan bunlardan başka İstanbulda, camilerinde, devşirme olarak, kuvarzit sütunlar (Tophane Kılıç Ali Paşa camisi son cemaat yerinde), bazaltik tıfler (Piyale Paşa camisi) v.b. malzemeyi çok az miktarda kullanmıştır.

SONUÇ

Mimar Sinan'ın İstanbul'daki yapı etkinliğine bakıldığından en çok küfevi taşından yararlandığı ve bunun işlenişinin yapının niteliğine göre değişebildiği gözlenmiştir. Kesme taş örgü daha çok sultanların ve büyük devlet adamlarının yapıtlarında kullanılmıştır. Marmara mermeri daha çok söyle, merdiven, minber, avlu dösemelerinde öne plana çıkmaktadır. Mimar Sinan Osmanlı sultanlarının türbelerinin cephelerinin tümüyle mermer kaplanması geleneğini yerleştirmiştir. Kestanbol graniti, eski kırmızı porfir, Mısır graniti, serpantin breşi taşıyıcı olarak en çok yararlanılan devşirme taşlardır.

Sinan'ın mirasını korumak ve eserlerini onarmak söz konusu olduğunda, restorasyon için malzeme sağlanması sorunu ağırlık kazanmaktadır. Eski taş ocaklarının şehirleşme, terk, vb. nedenlerle işletilmemesi ciddi bir engeldir. Eski taş ocaklarının araştırılarak yeniden kullanıma sunulabilmesi, gerektiğinde uluslararası ilişkiler kurularak malzeme sağlanması için çaba harcanması, sorunun çözümüne katkıda bulunabilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. R. M. MERİÇ, *Mimar Sinan, hayatı, Eseri I*, TTK Ankara 1965, s. 53-129.
2. A. CEVDET, İkdam Matbaası, Dersaadet 1315.
3. MERİÇ, age, s. 13-52.
4. A. KURAN, *Mimar Sinan*, Hürriyet Vakfı yayınları, İstanbul 1986, s. 251-6.
5. A. REFİK, tarafından yayınlanan (*Onaltinci Asırda İstanbul Hayatı*, İstanbul 1935, s. 21-22) 1570 tarihli bir belgede II. Selim'in eşi Nurbanu sultanın Üsküdar'da yaptırdığı cami için Sapanca ve İzmit bölgesinden mermer getirilmesini istediği anlaşılmaktadır.
6. Z. AHUNBAY, "Mimar Sinan Yapılarında Kullanılan Yapım Teknikleri ve Malzeme", *Mimarbaşı Koca Sinan, Yaşadığı Çağ ve Eserleri*, Vakıflar Gn. Md. yayını İstanbul 1988, s. 531-8.
7. Ö. L. BARKAN, *Süleymaniye Cami ve İmaretî İnşaatı*, C. I, TTK Ankara 1972, s. 336-350.
8. *Kitab-i Lehçetüllügat*, 1974, s. 719; Hüseyin Kâzım, *Türk Lügati*, 1949, s. 185.
9. BARKAN, age., C. II, TTK Ankara 1979, s. 51.
10. BARKAN, age., C. I, s. 352-3; C. II, s. 29, 35-39, 57-60, 62-64, 67-69, 200.
11. BARKAN, age., C. II, s. 67.
12. Aynı eser, s. 49, 52, 78.
13. Aynı eser, s. 57.
14. Aynı eser, s. 52.
15. Aynı eser, s. 78. 1 zira yaklaşık 75 cm'dir.
16. Aynı eser, s. 39.
17. Mühendislik Araştırma Grubu Proje No: 681, "Marmara Bölgesi Eski Taş Ocaklarının İşletilebilme ve Taşların Restorasyonda Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması", 1987.
18. BARKAN, age., C. II, s. 269-270.
19. Aynı eser, s. 50.
20. Aynı eser, s. 29.
21. Aynı yer.
22. Aynı eser, s. 13, 15, 16, 17, 18, 24.
23. Aynı eser, s. 21, 22.
24. W. R. LETHABY, H. SWAINSON, *The Church of Sancta Sophia Constantinople. A Study of Byzantine Building*. London 1894, s. 237.
25. Aynı eser, s. 238.
26. Aynı yer.
27. M. SAYAR, K. ERGUUVANLI, *Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları*, İstanbul 1962, s. 146-7.

İSTANBUL ÇEVRESİ LİNYİT AÇIK İŞLETME SAHALARININ
ÜRETİM SONRASI AĞAÇLANDIRILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ
İNİN YENİ BİR YAKLAŞIM

A NEW APPROACH FOR EVALUATING THE OPEN PIT MINING
AREAS AROUND ISTANBUL BY PLANTING AFTER PRODUCTION

Orhan KURAL*
Salih KIROĞLU**
Mehmet BULUT***

ÖZ — Madencilikteki yeri ve önemi teknolojik gelişmelerle paralel olarak sürekli artan açık işletmecilik yöntemi, ülkemizde de giderek yaygınlaşmaktadır. Batılı ülkeler, bu yöntemin kaçınılmaz sonucu olan doğa tahribatını telafi edecek çalışmaları üretim ile birlikte yapacak aşamaya getirmiştir. Ülkemizde de, bütür restorasyon ve rehabilitasyon çalışmalarına başlanması ve maden üretim projeleri kapsamında, maden sahasının üretim sonrası şeklinin planlanması gerekmektedir.

Özellikle kömür yataklarında kazılan hacimler diğer madencilik alanlarına kıyasla, çok daha fazladır. Bu itibarla, kömürün çıkarılması işlemi tamamlandıktan sonra geride yer yer tepeler ve çukurlar kalmaktadır. Akıcı bir planlama ile önemli bir mal yet getirmeden, bu tepeler ve çukurlar şekillendirilebilir. Aynı zamanda mantıklı bir uygulama ile tarım veya orman alanları kaybını en aza indirerek estetik özellikler kazandırılabilir.

Şirketimiz (Kutman Tic. Ltd. Şti.) undesindeki 1.1. 144 sayılı maden kömürü sahasında, üretim sonrası arazi düzenlemesi yapmak üzere çalışmalarla başlamıştır. Üretim yapılan sahaların ormanlık alan olması nedeniyle, öncelikle ağaçlandırma hedef alınmıştır. Bu amaçla grubumuz içinde ayrı bir birim ve teknik ekip oluşturularak (Kut Ormancılık Ltd. Şti.) ilgili Orman Bölge Müdürlüğü'nden Özel Ağaçlandırma izin talebinde bulunmuştur. Öncelikle üretimi tamamen sona ermiş alanların ağaçlandırılması düşünülen proje bu doğrultuda geliştirilmektedir. Hazırlıklarımız 1988 sonbaharında ağaç dikimini gerçekleştirmek üzere sürdürmektedir.

ABSTRACT — Turkish lignites create severe environmental pollution problems one of them is the deserted open cast mining areas. The excavated areas in

coal mining is more than other mining activities. These areas can be evaluated by different methods. About 6 million tons of coal are transported to Istanbul from the black sea region. Up to now no important effort is given to afforest these regions. By the help of mining companies this activity has started. We hope that this will be a good example for all other companies and in the future the new applications will be started.

GİRİŞ

Yeraltı zenginlikleri uluslararası sosyo-ekonomik kalkınmalari için gerekli olan hamamddeleri sağlar. Bu sebeple madencilik sektöründe temel ilke yeraltı zenginliklerinin araştırılıp işletilebilir hale getirilerek ekonomiye kaynak sağlanmasıdır.

ÜLKEMİZDE LİNYİT ÜRETİMİ VE AÇIK İŞLETMENİN YERİ

Gelişmekte olan ülkemizde dışa bağımlı olan enerjinin pahalılığması, geçmiş yıllarda enerji politikamızda bazı değişiklikler yapılmasını gerektirmiştir, linyitte ayrı bir önem ve boyut kazandırmıştır. V. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda da enerji talebinin mümkün olduğu kadar yurt içinde temini ve yerli kaynakların harekete geçirilmesi esas alınmıştır.

Enerji gereksiniminin giderek artması, diğer kaynakların daha pahalı ve zor temin edilir olması gibi sebeplerle kullanımı yaygın hale gelen kömür, ülkemiz enerji tüketiminde önemli bir yer tutmaktadır. Madencilikteki yeri ve önemi teknolojik gelişmelerle birlikte sürekli artan açık maden işletmeciliği ile daha ekonomik ve büyük miktarlarda kömür üretilebilmektedir. Bu sebeple kömür üretimindeki artışla birlikte açık kömür işletmeciliğinde yaygınlaşmaktadır.

Açık kömür ocaklarında kazılan hacimler diğer açık maden ocaklarına kıyasla çok daha fazladır. Bu sebeple

* Doç. Dr. Maden Yüksek Mühendisi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi-Maçka - İstanbul.

** Maden Mühendisi, Kutman Madencilik Ali Samiyan Sok. Koru Apt. Gayrettepe - İstanbul.

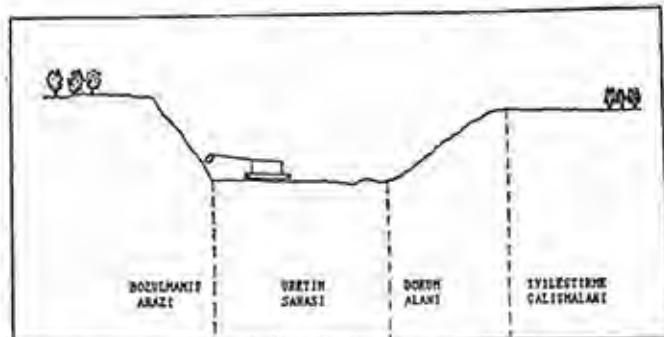
*** Orman Mühendisi Peyzaj Mimarı Kutman Madencilik.

Üretim sürecinde ve bir program dahilinde arazi iyileştirme çalışmaları yapılmazsa sonuçta düzensiz tepe ve çukurlardan oluşan yeniden kazanılması çok büyük çaba ve ekonomik yük gerektiren bozuk bir arazi kalmaktadır.

Yukarıda izah edildiği gibi kömür talebindeki artışla birlikte, teknolojik gelişmelerinde yardımcı ile daha derindeki kömürlerin ekonomik olarak üretilmesi mümkün olmaktadır. Bu gelişmeler yeryüzündeki bozulmaların boyutunu dahada büyütmektedir.

Açık ocak madenciliğinde işletme faaliyetine bitki örtüsü yok edilerek başlanır. Ancak arazi bozulmalarına sebep olduğu için doğal kaynakların işletilmesinden veya geliştirilmiş işletme yöntemlerinden vazgeçilmesi düşünenlemez. Yapılacak şey madencilik alanlarının bozulmasına karşı toprağın ve bitki örtüsünün eski haline gelmesi için çalışmalar yapılmalı, yapılan çalışmalar teşvik edilmelidir.

Yatay kömür damarlarının işletilmesinde arazi bozulması daha aza indirgenebilmektedir. Çünkü bu tür yataklarda işlenmekte olan örtü tabakası, daha önce üretimi yapılmış alanlara aktarılmaktadır. Böylece hem daha az alan tahrip olmakta hemde kömür üretiminin engellemeden iyileştirme çalışmaları yapılabilmektedir.



Şekil 1 — Üretim ile arazi iyileştirme çalışmalarının birlikte uygulanması.

Yer üstü madenciliği toprağı ve bitki örtüsünü doğrudan etkileri jeolojik yapı, rölyef ve su rejimi doğrudan değişikliğe uğrar. Ayrıca açık maden işletmeciliği sebebi ile dolaylı bozulmalar da meydana gelir. Genellikle çevre arazilerdeki akifelerden suyun drenajı ile kuyularındaki sular hızla kaybolur. Bunun sonucu çevredeki nüfusa alternatif su kaynaklarının bulunması gerekdir.

İSTANBUL'UN KÖMÜR İHTİYACININ KARŞILANMASI

İstanbul'un yılda ortalama 5 milyon ton olan kömür ihtiyacının % 90'na yakın bölümü özel kömür üreticilerince karşılanmaktadır. Bu sahaların tamamı Karadeniz sahil boyunca Ağaçlı Yeniköy bölgesinde ve bu bölgenin bu bölümünden ormanlık sahadır (Şekil 2). Büyük on özel linyit üreticisi yanında çok sayıda ufak şirketler ve taşeronlar bulunmaktadır (Çizelge 1). Ağaçlı ve çevresinde üretilen kömür karayolu ile Kemerköy Köyü veya Arnavutköy-Habibler üzerinden İstanbul'a varmaktadır.



Şekil 2 — İstanbul ve Trakya Bölgesi Linyit Ovacıkları Haritası.

MADENCİLİK FAALİYETLERİ İLE BOZULAN ALANLARIN İYİLEŞTİRİLMESİ HEDEFLERİ

İyileştirmede başlıca amaç, madencilik faaliyeti ile bozulan arazinin ekolojik ve ekonomik değerini mümkün olduğu ölçüde geri kazanmaktır. Yeniden kazanma, arazinin güzel bir peyzaj görünümüne sahip olması kadar, buradan ekonomik olarak yararlanmayı da hedefler. Bu amaçla siğ hafriyat yerleri, su ile doldurulup balık yetiştirmeye uygun hale getirilebilir. Derin olanlar ise su tutma yerleri olarak kullanılacağı gibi eğlence, dinlenme yerleri olarak da düzenlenebilir. Madencilik yapıldıktan sonra çukur halinde bulunan ovacıklardaki bu tür suya yönelik iyileştirmeler, özellikle endüstriyel ve kentsel kısımlarda önemli olmaktadır.

Döküm sahaları ile kuru hafriyat alanları tarım ve ormancılık amaçları ile iyileştirilebilir. İyileştirilmiş arazide tarımsal gelişme, gerekli rölyef, toprak ve su ilişkilerinin geliştirilmesi için, arazinin uygun biçimde düzenlenmesini toprağın verimliliğinin eski haline getirilmesine, eğimin azaltılmasına ve yol inşası gibi benzerli faaliyetlere ihtiyaç gösterir.

Ormancılık daha çok besleyici maddesi zayıf ve fazla geçirgen topraklarda planlanmalıdır. Zehirli ve termal yönden faal topraklarda iyileştirmelerden sonra tarım tercih edilmelidir. Çünkü bu tür topraklar üzerine 100-150 cm. gübreli toprak malzemenin örtülmesi ile ot ve tahıl ürünlerinin yetişirilmesi sağlanabilir.

Bazı madencilik alanlarında konut yerleri, spor alanları, kentsel yeşil alanlar ve benzeri amaçlar için geri kazanılabilir.

TÜRKİYE'DE BU KONUDA ALIŞLAGELMİŞ SİSTEM, ORMAN KANUNU'NUN İLGİLİ YENİ YÖNETMELİĞİ VE BU YÖNETMELİKLE İLGİLİ TEKLİF EDİLEN YENİ PROJE

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de açık ve kapalı maden işletmeciliği birtakım çevre problemlerini de

beraberinde getirmektedir. Madenlerin üretimi esnasında oluşan artıklar, irili ufaklı yapay tepecikler meydana getirmektedir. İstihsal takibinde çevre peyzajı ve sağlık bakımından zararlı, bitki örtüsünden yoksun, verimsiz çok büyük sahalar oluşmaktadır. Bu tür sahalarda bir yandan doğal denge bozulurken, diğer yandan da su ve rüzgar erozyonu sonucu taşınan materyal büyük ölçüde çevre kirliliğine yol açmaktadır.

Hızla genişleyen bu sahaların sakincalarını önlemek ve bu sahaları tekrar produktif hale getirmek üzere, buralara bitki örtüsünü ve dolayısı ile ormanı getirmek bir zorunluluk olmaktadır. Ancak bu konuda çeşitli güçlüklerin yenilmesi zorunluluğu ve uzun bir zamana ihtiyaç duyulması, bazı özel teknik ve önlemleri gerektirmektedir.

Açık işletmecilik yönteminin uygulandığı maden yataklarını tekrar eski haline dönüştürüp verimli hale getirmek için öncelikle toprağın düzeltmesi yanı, tesviyesi gerekmek. Sonra sahaya, (mümkünse) etraftan sağlanan üst toprağın serilmesi ise çalışmaları kolaylaştırır. Bu çalışmaların maliyeti çok yüksektir. Fakat birçok ülkede maden işletmelerinin bu sahaları, yine eski haline dönüştürmeleri kanuni görevleridir. Örneğin İngiltere'de kömür çıkarılan her metrekare alanın tarım arazisi olarak kazanırmaması mecburidir. Söz konusu alan daha önce tarım arazisi olarak kullanılmış olsun ya da başka kullanımlar (hava alanı, kamp alanı, vs.) veya doğal olaylar neticesinde terkedilmiş olsa da bu uygulama geçerli olmaktadır. Restarasyon masrafı yüksektir, ancak kayıplar daha konvansiyonel madencilik ile birleşik olarak uygulanan bu metodun sağladığı doğal ekonomi ile karşılaşabilecegi düşünülmüştür.

Yine bu sahaların ağaçlandırırmalar yolu ile zararlı etkilerden kurtarılarak produktif olarak tekrar kazanılması etrafı etüdler ve gerektiğinde çayırlendirme ve ağaçlandırma gibi bazı ön çalışmaları gerektirir. Bazı müsait koşullarda da doğrudan ağaçlandırmalarda kısa sürede bu alanlar kazanılabilir.

Ülkemizde bu tür sahaların gün geçtikçe genişlemesine karşın, bu sahaların tekrar kazanılmasına yönelik faaliyetlere rastlanmamıştır. Maden İşletmecileri devlet ormanı içerisinde bulunan sahaları için her yıl talep ettileri alan miktarına karşılık bağlı bulundukları orman işletmesine mesçere bedeli, toprak bedeli ve ağaçlandırma bedeli ödemektedirler. Ağaçlandırma bedeli; kömür üretimi sonrası terk edilen sahanın tekrar orman işletmesi tarafından ağaçlandırılması için ödenen bedeldir. Fakat yıllardır madenci tarafından ödenen bu meblağın karşılık henüz bu sahalarda ağaçlandırma çalışmaları yapılmamıştır. Buna rağmen şirketimiz uzun süre önce ağaçlandırma bedelinin ödemmiş olduğu halde bu sahaları tekrar rantabl hale getirmek düşüncesi ile faaliyetin tamamen sona erdiği kesimlerde bir plan ve proje dahilinde ağaçlandırma ve düzenleme çalışmalarına başlamıştır. Örneğin: Kut Ormancılık Ticaret Limited Şirketi adı altında faaliyetine başlayan kuruluş Orman Kanunu'nun 57. ve 6.4.1987 tarihli resmi gazetede münteşir Ağaçlandırma Yönetmeliği'nin 5, 6, 7. maddelerine istinaden ilk etapta 63 hektar daha sonra 210 hektar alanı ağaçlandırmak

Üzere İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'ne müracaat edilmiştir. Proje sahası İstanbul III. Eyüp İlçesi, Akpınar ve Ağaçlı Köyleri Devlet Ormanı içerisindeindedir.

Ağaçlandırma çalışması, proje safasında başlamak üzere arazi hazırlığı, dikim, bakım, koruma ve işletme sahalarında, teknik elemanların denetiminde yapılacaktır.

Proje sahası, maden sahası içinde ve faaliyetin tamamen bittiği bir alandadır. Söz konusu alanda çok önceden kömür üretimi yapılmıştır. Bu üretim esnasında kömür damarı üstündeki formasyonlar, kazılarak hafredilmiş, kömür alınmıştır. Bilahare bu kömürü alınmış alanlara, diğer üretim alanlarında kazılan örtü malzemesinin dökülmesi ile düzensiz tepe ve çukurlar oluşmuştur. Bunun için güçlü paletli dozerlerle arazinin tesviye edilmesi gerekmektedir. Yani yiğintı materyalin yüzey düzeltmesi yapılacaktır. Daha sonra materyal 3'lü riper ile sürüp üzerine sürgü veya diskaro çekilecektir.

Yetişme ortamının, özellikle toprak durumu bakımından elverişsizliği dikkate alındığında kullanılacak türlerin optimum yetişme muhitindeki özelliklerine göre değişiklik göstereceği beklenmektedir. Bu nedenle türler bir intibak devresi geçirecek bu da fidanın gelişmesinde olumsuz bir etki gösterecektir.

Ağaçlandırmada, öncelikle hızlı gelişen aynı zamanda ekonomik değer sağlayan ve en önemlisi yetişme ortamına uygun türler getirilecektir.

Proje sahasında toprağın organik ve inorganik maddece fakir olması nedeniyle fidanların topraklı ve tüplü olması gerekmektedir. Dikimlerin sonbaharda yapılması sağlanacaktır. Dikim esnasında fidan çukurlarına organik toprak atılacaktır. Dikimler projeye uygun bir şekilde, verilen aralık ve mesafelere göre yapılacaktır. Ayrıca dikim zamanı, şekline, teknliğinin koşullarına uygun yapılması sağlanacaktır. Proje sahasında toprağın azot ve organik madde eksikliği nedeniyle toprak ve su isteği az, derin kök yapan çam türüne ağırlık verilmiştir.

Ağaçlandırma sahasında uygulanacak bakım tedbirleri genel olarak şapadır. Diri örtü temizliğine ve sürgün kontrolüne ihtiyaç duyulmayacaktır. Çapa toprağın havalandmasını sağlar. Aynı zamanda kaymak bağlama sorunun ortaya çıkmasını engeller. Bakım dikimi takiben ilk üç yıl yapılacaktır.

Kurumalar sonucu meydana gelen boşluklara yeniden sağlıklı fidan dikilmesi suretiyle tamamlama yapılacaktır. Tamamlama ilk yıl % 10 ikinci yıl % 5 oranında olmak üzere iki kez yapılacaktır.

Ağaçlandırmacıların başarılı bir sonuca ulaşması için planlamadan başlamak üzere arazi hazırlığı, tesis ve bakım devrelerinde yanı fidanın biyolojik mücadeleyi kazanabilecek duruma gelmesine kadar geçen süre içerisinde sağlıklı ve itinalı koruma yapılması zorunludur. Bu çalışma zincirinin herhangi bir safhasındaki kopukluk başarıyı engelleyecektir. Koruma işlemi sahayı ağaçlandıran Kut Ormancılık Tic. Ltd. Şti. tarafından bir bekçi tutularak yürütülecektir. Yangın koruma için yangın emniyet yolu ile kavak ve servi şeritleri tesis edilecektir.

Projenin gerçekleştirilmesi, gerekli bilgilerin toplanması ve bugün için en uygun olacak detayların tesbiti sırasında dikkat edilen hususlar ve yapılan kabuller şunlardır.

Günden güne daralan orman alanlarının geliştirilmesi, üretim vasfini yitirmiş ormanların yeniden verimli hale getirilmesi düşünülmüştür.

Özellikle açık maden işletmeciliği yapılan sahaların çalışma sonucu ortaya çıkan degré sahaların şiddetli erozyona maruz kalması nedeniyle öncelikle erozyon kontrolü ve toprak muhafaza çalışmalarının yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bugün için ruhsat sahibi içerisinde kalan köylerin gelir kaynağı birinci derecede madencilik sektörüne, kısmen de tarım, orman ve hayvancılığa bağlıdır. Özel ormancılık politikamızın en önemli amaçlarından birisi de bu yörede yaşayan halkın madencilik çalışmalarının bitiminde ağaçlandırma ve ormancılık çalışmalarında yeniden işlenmesidir. Yanı yörenin sosyo-ekonomik durumuna yeniden işlerlik kazandırılacak ve yeni bir yön verilecektir. Diğer türlü; kömür üretim çalışmalarının bitmesi sonucunda ortaya hiçbir ekonomik değerlendirmeye yarıştı olmayan büyük bir arazi parçası çıkacaktır.

Bu gibi sahaların yeniden ormancılık ve tarımsal üretme kazandırılması oldukça pahalı bir yatırımı gerektirmektedir. Bu nedenle uzun bir zamana ihtiyaç olacaktır.

Çalışmalar hazırlanan bütçe kapsamında 2 yıllık yatırım programından sonra ikişer yıllık, yatırım programları halinde devam edecektir.

SONUÇLAR

Hazırlık çalışmalarımız ve tasarlanan temel faaliyetler:

Bu sahada yapılacak faaliyetlerin ve mekan düzeninin sağlıklı biçimde tesbit edilmesi etkin uygulama ö-

neklerinin verilmesi ve kaynak İsrafının önlenmesi için adı geçen sahaların çeşitli özelliklerinin tesbiti ve envanter çalışmalarının yapılması zorunlu bir görev olarak ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla sözkonusu sahalarda aşağıda belirlenen çalışmaların yapılması bunlara ilişkin tesislerin kurulması tasarlanmıştır.

Yetişme muhiti koşullarına ve yukarıda yapılan kabulere uygun olan formlarda (Ağaçlandırma) orman kurma çalışmaları,

Orman kurma çalışmalarına fidan materyali temini sağlamak üzere orta büyülükte bir fidanlık işletmesi kuruluşu çalışmalarının gerçekleştirilmesi,

Sahanın genelinde karışım ve koruma amaçlı bırakılan baltalık sahalarda, bakım illeştirmeye, tahvil ve koruma çalışmalarının gerçekleştirilmesi,

Teknik ve ekonomik anlamda geniş kapsamlı İşletmecilik çalışmalarının gerçekleştirilmesi,

Kurulacak ormanda estetik fonksiyonlarında gözetilmesi, geliştirilmesi ve öncelikle kıyı öngörünüm bölgesi ile dolgu yapılmış sahalarda peyzaj düzenleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi,

Ormana ilgi duyan kitlenin çağdaş anlamda, rekreasyon imkanlarından yararlanılması çalışmaları (Orman içi sahil bandında sportif alanlar rekreasyon alanları düzenlemesi),

Tarıma uygun tapulu sahaların tarımsal amaca uygun olarak düzenlenmesi,

Ormanda su üretimi ve su ürünleri yetiştirciliği.

Av ve yaban hayatının korunması ve geliştirilmesi, organize av turizmine açılması,

Çevre köylerle orman ve köylü ilişkilerinin düzenlenmesi halkın ormanda işlendirilmesi ve yararlandırılması (Besicilik Arıcılık vs...)

İSTANBUL ANADOLU YAKASININ YERMÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

GEOENGINEERING PROPERTIES OF THE ANATOLIAN SIDE OF ISTANBUL

Ahmet ERCAN*

ÖZ — Çevre yerbilgisi araştırması yapılan alan İstanbul'un Anadolu yakası, Kocaeli yarımadası üzerindendür. Harem ile Tuzla arasında 36 km boyunca uzanan inceleme kuşağı, E5 ile Marmara kıyı şeridi arasında, ortalama 1 km enli, girintili çıkışlı olup yüzey alanı 64 km^2 dolayındadır.

Kuşak ve yakın çevresinde yapılan toplam 4.2 km boylu 166 delgi (sondaj) incelemiş ve 108 tane jeofizik delgi yapılmış (elektrik ve sismik) 1/5000 ölçekli jeolojik gözlemler ve buradan toplanan taş örnekleri, ince kesitler, çatlak ve kırık sayımları, tektonik evrim ve 88 yıllık sismolojik yersarsıntı sayılaması yapılarak kuşağın statik ve dinamik yermühendislik özellikleri çıkarılmıştır. Zemin ve kaya sertlik ve dayanıklık durayılığı özelliğine göre ortam; M_1 , M_2 , M_3 örtü ve M_4 , M_5 , M_6 temel birimlerine göre 6 sınıfa ayrılmıştır.

Genel olarak, kuşak, yerleşim sakincası içerecek önemli yeraltı ve yerüstü mühendislik sorunları içermektedir. Yerel olarak alınacak önlemlerle tüm alanın mimari kullanıma açılabileceği belirlenmiştir.

ABSTRACT — Environmental geoscience studies were carried out on the Anatolian side of the city of Istanbul, along the southern shore line of Kocaeli peninsula. The investigation zone extends between Harem, on the North-West, and Tuzla, on the South-East, zigzagging along the E5-highway. An area of about 1.5 km by 36 km (64 km^2) were surveyed).

The data from 166 mechanical drillings totaling to 4.2 km in the zone of study and in the surrounding area were evaluated. 108 geophysical soundings (electric and seismic) were conducted. Geological investigations were run at 1/5000 scale including fracture and joint counting. Thin sections were obtained from the field samples. The tectonic evolution and 88 years seismological data were also analyzed for a integrated evaluation of seismicity and static and dynamic behavior of the zone.

GİRİŞ

Yer mühendislik özelliklerini belirlemek üzere çalışan alan yaklaşık 36 km boyunda Harem-Tuzla karayolu güzergahının kabaca 1000 m sağı ve solu olup, yer yer bu kuşak daralmaktır, yer yer genişlemektedir (Şekil 1).



Şekil 1 — Üretim ile arazi iyileştirme çalışmalarının birlikte uygulanması.

Harem-Tuzla arasında otoyol bütünü ile işlerlik kazanmıştır o nedenle, E5 güzergahı dolayı yeni ticari ve idari işlevleri olan yapılanmalarla yüklenenecek ya da yer yer kent içi bulvar ya da yeni yol bağlantıları ile ek etkinlikler kazanacaktır. Yeni düzenleme, kuşak çevresindeki diğer bölge planlarının arazi kullanım düşüncelerini fiziki ve ekonomik eserlerin korunma ilkeleri ve çevre düzeni ve bunlara uyumlu işlevsel düzenler oluşturacaktır. Kuşak içinde yer alan, ancak yeni düzenlemeye aykırı olan birimler taşınması ya da kalması için önlemlerin alınması önerilecektir. Planın ana ilkelerini belirleyen, nüfus, sosyal, ekonomik ve teknik altyapı, ulaşım durumu araştırmaları metropoliten ölçekte İrdelenerek geliştirilecektir.

Bu çalışmalar bütününe sonuçları 1990 ile 2020 yılları arasında bölgenin gelişmesine ışık tutacaktır. Uygunlanan iş yakın, orta ve uzun dönem olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilecektir.

* Prof. Dr., ITÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa - İstanbul.

Bu çalışma kapsamında planlamayı etkileyebilecek yeraltı ve yerüstü yapısının statik ve dinamik özellikleri incelenmiştir. Böylelikle, jeolojik durum (yer yapışal birimlerin türü, mühendislik jeolojisi, hidrojeoloji), jeofiziksel durum (zemînî direnç ve esneklik parametreleri, bölgenin yersarsıntısı çekincesi), jeomorfolojik ve fiziki coğrafya durumu (yüzey eğimleri, akarsu ve taşınan alanları) belirlenmiştir. Tüm bu bulguların yorumundan, yeraltı ve yerüstü özelliklerini bakımından sakıncalı ve yararlı alanlar sınırlandırılmıştır.

JEOLJİK ARAŞTIRMALAR

1. Harem'den Tuzla'ya uzanan 36 km'lik kuşağın 1/5000 ve 1/25.000 ölçekli yüzey jeolojik haritası çıkarılmıştır.

2. Bu amaçla, arazide yüzlekler belirlenmiş, örtülü alanlarda yapılan sondajlar incelenmiştir. Yapılmış yerler ise, yapışma öncesi üniversiteler ve diğer kuruluşlarca yapılmış araştırmalarдан yararlanılarak doldurulmuştur. (Abdüsselemoglu, 1963a, 1963b; Ahmet, 1983; Barton, 1976; Ercan, 1988a, 1988b; Kaya, 1971, 1973; Sayar, 1960).

3. Tüm alan gezilerek birimlerden örnekler alınmış, bunlar üzerinde labratuvarda ince kesit çıkarılarak mikroskopla petrografik incelemeler yapılmıştır.

4. Bayındırılık ve İskan Bakanlığı Kazı İşleri Teknik Şartnamesi ve Birleştirilmiş Terzaghi kaya ve yumuşak zemin sınıflandırması uyarınca kaya ve zeminler sınıflandırılmıştır.

5. Alanın stratigrafik dizisi ve tektonik evrimi incelenerek, katman doğrultu ve eğimi, kıvrım eksenleri antiklinal ve senklinaller, formasyon sınırları, faylar ve türler, bindirmeler belirlenerek jeolojik haritaya işlenmiştir (Altınlı, 1951a, 1954b; Deer, 1968; Ketin, 1959; Önalan, 1982).

6. Tüm yol kuşağı boyunca yeraltı jeolojik kesitleri yatay ve düşey eksenler 1/5000 lik olmak üzere enine jeolojik kesitler çıkarılmıştır. Bu kesitlerde kıvrım eksenleri, örtü kalınlığı ve olası katman kalınlıkları jeofizik ve sondaj bilgilerinden yararlanılarak çıkarılmıştır.

7. 1/5000'lik çalışmalardan yararlanarak alanın 1/25000 lik jeolojik haritası yapılmıştır.

JEOFİZİK ARAŞTIRMALAR

1. Otoyol kuşağı boyunca 36 noktada 108 jeofizik ölçü alınmıştır. Bunların 36 tanesi yeraltı elektrosu (Schlumberger electrical soundings), 72 tanesi ters ve düz atılışlı sismik kırılma ölçüsündür.

2. Ölçü durakları, formasyonun yüzüğü üzerinde ve enaz bozulmaya uğradığı yerlerde seçilerek, o kaya ya da zemine özgü fiziksel parametreler (direnç (σ), esneklik katsayıları Bulk, Poisson, Shear, Rigitidy v.b.) belirlenmiştir.

3. Ayrıca belirtilerin değerlendirilmesi ile örtü ve bozuk katman kalınlıkları, sağlam zemin derinlikleri belirlenmiştir.

Bulunan yeraltı fiziksel özellikleri, yeraltı yapısı üzerine işlenerek yerin dayanıklık özellikleri tanımlanmıştır.

4. 1900 yılından beri, çalışma alanı merkez olmak üzere 100 km çaplı çember içinde olmuş tüm yer sarsıntıları İstatistiksel olarak incelenerek bölgenin yersarsıntısı riski belirlenmiştir.

JEOMORFOLOJİK VE FİZİKSEL COĞRAFYA ÇALIŞMALARI

1. 1/5000 ölçekli topografik haritalar örnekleme karelerine bölünerek eğim ve eğim yönleri belirlenmiştir.

2. Aşınım düzükleri, dolgu, seki, yamaç v.b. biçim tip ve türleri tanımlanarak işlenmiştir.

3. Araştırma alanında varolan boşalma havzaları ve meteorolojik veriler değerlendirilmiş yağış ve akış analizi yapılarak hidrolik çözümlemeye gidilmiştir.

JEOMEKANİK ÇALIŞMALAR

1. Çalışma alanı içinde ve yakınında yapılmış kaya ve zemin delgilleri sayısı 166 ortalama derinlik 25 m, toplam boyu 4125 m'dır.

(Akartuna, Gözübol ve Ulakoğlu, 1988; Aksoy, 1984; Ayan ve Murat, 1986; Ayan, 1987; Blaniawski, 1974; Çevik, ve Acatay, 1987; Deer, 1968; DLH, 1970; DLH-IRTC, 1987; Ercan, 1986a, 1988b; Erzurum, 1974a, 1974b, 1974c, 1978d; Güloğlu, 1987; Murat, 1986a, 1988b; Özüer, 1975; Toğrol ve Akman, 1969; Ülker, 1966).

2. Bu delgillerin çeşitli kesimlerinden alınan kaya ve zemin örnekleri üzerinde deneylikte yapılan kaya ve zemin mekanığı deneylerinin sonuçlarına dayanarak kaya ve zemin sınıflandırımları yapılmış ve bunlar 1/25.000 lik arazi sınıflandırma haritasında ve ayrıca 1/500 lik ölçekte arazi kullanım ve jeolojik kesit haritalarında gösterilmiştir.

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI

1. Örtü ve temel birimlerin mühendislik özellikleri incelenmiştir.

2. Yamaç durayılılığı ve taşocaklarının çekinceleri ve kulanılırlığı araştırılmıştır (Özdalkiran, 1983).

HİDROJEOLJİK İNCELEMELER

1. Derelerin hidrojeksiyon özellikleri, beslenme ve taşınan durumları.

2. Yeraltısu ve birimlerin su taşıma özellikleri incelenmiştir. (DMI, 1984; Eroskay, 1987; Eroskay ve Keçeli 1980, Eroskay 1980; Okay, 1947).

JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

Jeoloji, jeofizik, jeomekanik, jeomorfolojik bilgiler bir arada yoğunlaraç çıkarılan yorumla arazi sınıflandırması ve kullanımı belirlenmiştir.

YERMÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, ayrıntıları biremlerin jeoteknik özellikleri ile yapılan arazi sınıflandırması tanıtılacaktır.

ARAÇ SINIFLANDIRMASI

Çalışma alanı ve dolayında yapılan ayrıntılı jeomorfoloji, jeoloji, jeofizik, mühendislik jeolojisi ve hidrojeoloji araştırmaları sonucunda elde edilen yerüstü ve yeraltı verileri değerlendirilerek arazi sınıflandırması yapılmıştır.

Arazi sınıflandırmasında ayrıntıları mühendislik biremleri için başlıca şu parametreler incelenmiştir.

1. Yer bicimi, 2. Yüzey eğimi, 3. Stratigrafik konumu,
4. Litolojik veya petrografik bileşimi, 5. Yapısal unsurları,
6. Süreksizlik düzlemleri, 7. Jeolojik evrimi, 8. Elektrik İletkenliği, 9. Sismik özellikler, 10. Olası yersarsıntı özellikleri, 11. Olası yersarsıntı ivmesi ve doğal salınım peryodu, 12. Fiziksel özellikler, 13. Mekanik Özellikleri, 14. Teknolojik özellikler, 15. Hidrojeolojik özellikleri, 16. Duraylılık.

İnceleme alanı için arazi sınıflandırması, Örtü Biremleri ve Temel biremleri olmak üzere iki kümede yapılmıştır.

ÖRTÜ BİRİMLERİ

M1 Yapay Dolgu

M1 yapay dolgu yerel alanlarda bulunmaktadır. Yapılaşma için uygun bir temel zemini değildir. Eğer herhangi bir amaçla bu alanlarda yapılaşma planlanırsa, M1 biremi kaldırılmalıdır.

M2 Alüvyonlar (al)

Jeolojik, Yaşı güncel olup ayrışık (çimentosuz) kıl, kum, kum-çakıl-çaklı kilden oluşur. Rengi gri, kahverengi, yeşil, mavi, bej, sarı, kalınlığı çoğulukla 0 ile 20 m arasında değişir. N_{60} SPT vuruş sayısı 2 ile 60 darbe, % W_n 17 ile 27, γ_n doğal birim hacim ağırlığı 1.96 ile 2.33 kg/cm^3 , kohezyonu 0.4-1.2 kg/cm^2 , ϕ iç sürtünme 12° ile 43° , q_u serbest basınç dayanımı 0.5 ile 1.9 kg/cm^2 , q_a zemin güvenlik gerilmesi 0.6 ile 1.2 kg/cm^2 arasında değişen, gevşek'ten çok sıkıya得分 uzanan zemin sınıflaması gösteren değişken bir biçimdir. Geçirimsiz katman üzerinde yüzey ve yeraltısu içerir.

Jeomorfolojik, Çoğunlukla % eğimi 4'ten küçük dere yataklarında ve düzülüklerde görülür.

Jeofizik, Elektrik özdirenci 125-900 ohm-m, V_p/V_s sismik dalga geçiş hızı 450-700/370-500 m/sn , yerinde esneklik değerleri $10^\circ \text{dyn}/\text{cm}^2$ olarak; $E=1.5-9.8$, $k=0.02-3.5$, $\mu=2.4-8$, $\lambda=0.3-1.6$ $c=\text{Poisson}$ -0.7-0.1, derinlerde $q_a=4 \text{ kg}/\text{cm}^2$, P_y -ön yüklemeye 0.15-0.27 kg/cm^2 P_{yL} yenilme yükü 16-34 kg/cm^2 dir. Doğal salınım frekansı P ve S için 11 ile 7 hz , sarsıntı ivmesi 147 mgal' dir. Kimi değerlerdeki büyülükler alttaki pliokvaternere, ya da sıkışmış farklı düzeydeki biremlerden ileri geldiği düşünülmektedir.

Jeoteknik, Tutturulmamış ya da çok gevşek tutturulmuş olduğundan yükleyiciyle kolayca kazılabilir. Derin kazılar sırasında şevelerin duraylılığı için mühendislik önlemleri alınmalıdır. Bina temeli olarak alüvyon zeminlerin kaldırılması, kimli yerlerde yüzey temeller için kaset temel bicimi ve derin temeller için mini ya da forekazıklı temellerin tasarılanması gereklidir.

M3 Çakıl-Kum-Kıl (Plq)

Jeolojik, Pliokvaterner yaşındaki bu birem blok-çaklı-kum ve kıl ardışımlı ve karışımından oluşur. Köşeli ana kaya parçaları içeren biremin rengi kahverengi, boz, kalınlığı 10 m den büyük sert bir biremdir. Çakılı ve kumu kesimlerinde 1-2 lt/sn su bulunduran biremin sınıfı ML-GP-CL-GC-SC-SP olarak çok çeşitli gözlenir. N_{60} SPT vuruş sayısı 20 ile 50 γ_n doğal birim hacim ağırlığı 1.8, $\phi=35^\circ$, q_a zemin güvenlik gerilmesi 1-1.5 kg/cm^2 olan, orta sıkı-sıkı bir zemindir. Gözenekliği % 8 ile % 14, düşey yatak katsayısı 3500-5000 ton/m^3 tür.

Jeomorfolojik, Eğimin % 5'ten küçük olduğu düzülükler üzerinde örtü katmanı olarak yer almaktadır.

Jeofizik, Elektrik özdirenci 60 ile 220 $\text{ohm}\cdot\text{m}$, V_p/V_s sismik dalga geçiş hızı $500\pm 200/200\pm 80 \text{ m}/\text{sn}$ dir. Dinamik (yerinde) esneklik özellikleri ise $10^\circ \text{dyn}/\text{cm}^2$ olarak 2-1500, $k=0.003$ ile 4400, $\mu=0.6-700$, $\lambda=0.074$ ile 50 dir. $c=\text{Poisson}$ oranı —0.8 ile 0.006 arasındadır. Sismikten bulunan N_{60} darbe sayısı 11 ile 50, q_a zemin güvenlik gerilmesi 1.1 ile $>4 \text{ kg}/\text{cm}^2$ $q_u=2.4$ ile >4 , P_y önyükleme 0.04-0.17 kg/cm^2 , P_{yL} yenilme yükü 3.4-14 kg/cm^2 doğal salınım peryodu 10 hz , zemin salınım ivmesi 147 mgal dir.

Jeoteknik, Yükleyici ile kazılabilir. Kazılarda 1/3 ya da 1/4 oranlarında şeveleri duraylı kalabilir. Derin kazıarda basamak yapılmalıdır. Çoğu temel derinliği $D_f=1$ ile 1.5 m olabilir.

TEMEL BİRİMLER

M4 Trakya Formasyonu (k2, d4)

Jeolojik, Trakya formasyonu diye bilinen bu birem (k2) kumtaşı (grovak), çamurtaş (silttaş), kilitaşı (şeyl) ve yumruklu kireçtaşından oluşur. Paleozoik-karbonifer ile Orta Devoniyen yaşları arasında bulunmaktadır. Boz, kırmızı, koyu gri ile yeşilimsi gri renkleri ile tanınır. Çamurtaşları kumtaşları içinde ardisımlı, kilitaşları katmanlaşma uyumlu yapraklanması ve derecelenme, killi kireçtaşlarında ise çatlaklar boyunca karstlaşma gözlenir. Hersiniyen Alp Orogenesinden etkilenerek bol kırıkkı, ezikli asimetrik çatlaklı, bir yapı kazanmıştır. Oldukça dayanıklı olup 1 metrede çatlak sayısı kumtaşlarında 5-25, 2-50 çamurtaşlarında 5-25 killi kireçtaşında 1 ile 20 arasında değişir. Ayrıılma derecesi, kumtaşında 0.5 ile 1, çamurtaşında 0.8 ile 1, kilitaşında 0.8 ile 1, killi kireçtaşında 0.2 ile 1 dir. Eklemleri kayma izli, tansiyon eklemleri katmanlaşmaya dik, killi kireçtaşları düzensiz ve sürekli orta dereceli eklemlidir. İçlerinde andezit ve diyabaz dayakları izlenmiştir. Gözenekliğini ikincil olarak kırık ve çatlaklarla kazanmış olup genellikle 0.02 lt/sn ve çoğulukla 0.5 lt/sn 'den az

yeraltısu içerişir. O nedenle akifer niteliği yoktur. Ancak, volkanik dokanaklarda yer yer su bulundurabilir. ROD değeri % 20 ile % 85 arasında değişir. ROD değeri kumtaşı, çamurtaşının % 30, killi kireçtaşında % 70 dolayındadır. Deer'e göre kumtaşı, zayıf ile orta, çamurtaşının zayıf, killi kireçtaşının iyi kaya niteliğindedir.

Jeomekanik, % γ_n : kumtaşında $2.55-2.58$, çamurtaşının kilitasında 2.73 ± 3 , killi kireçtaşında 2.68 ± 2 , % n: gözeneklik kumtaşı kilitası ve killi kireçtaşında göreceli olarak büyük $5.17-5.48$, 3.27 ve 3.27 , çamurtaşında küçütür. 1.21 , tek eksenli basınç dayanımı kumtaşında küçük $350-800$ kg/cm^2 çamurtaşının kilitasından büyük, $1250-1745$ kg/cm^2 . Çekme direnci (tensile strength) çamurtaşının kilitasında yüksek; $85-110$ kg/cm^2 , kumtaşı ve killi kireçtaşında düşüktür; $16-60$ kg/cm^2 dir. C-kohezyon (Shear Strength), killi kireçtaşında düşük 50 kg/cm^2 , diğerlerinde yüksektir $110-170$ kg/cm^2 φ içsel sürtünme açısı $24^\circ-65^\circ$ arasında değişir. Statik olarak taş üzerinde yapılan deneylerde, esneklik değerleri, E-Young modülü kumtaşı ve killi kireçtaşında düşüktür, $350-600 \times 10^3$ kg/cm^2 , çamurtaşının kilitasında yüksektir, $680-740$ kg/cm^2 . Poisson oranı $0.21-0.25$ arasında değişir. Kumtaşında sürtünme katsayısı kuru Iken 0.46, yaş Iken 0.55, çatlak katsayısı 0.375, kırılma yükü $25-35$ kg/cm^2 dir.

Jeofizik, Kumtaşı en yüksek özdirençli 600 ± 100 ohm-m , diğerleri killi oranına göre 10 ile 120 ohm-m arasında değişir. Sismik dalga hızı V_p/V_s kumtaşında yüksek, $850/700$ m/sn diğerlerinde düşüktür, $550 \pm 50/400 \pm 50$ m/sn . Yerinde bulunan esneklik değerleri 10^3 dyn/cm^2 olarak, $E=7$ ile 18, k —bulk modülü 2 ile 12 arasında qz zemin güvenlik gerilmesi 4 kg/cm^2 den büyüklerdir.

Jeoteknik, Zayıf-orta dayanıklı bir kayadır. D8-D9 dozerle kazılabilir. Çokluğunda derinlikle sağlamlaştırılır. Bu topluluğun farklı düzeylerdeki Jeomekanik sınıflandırma yapılmıştır. Kumtaşı İyi kaya (II), Kumtaşı çamurtaşının orta kaya (III), çamurtaşının zayıf kaya IV niteliğindedir. Fay zonlarında ise kaya niteliği ayrışmaya bağlı olarak düşer. Bu birlimde şeveler 1/1 ya da 1/2 olarak alınabilir. Derin kazılarda ya da ayrılmamış yerlerde mühendislik önlemleri gereklidir.

M5 Yumrulu Kireçtaşı (d4)

Jeoloji, Trakya formasyonu olarak bilinen bu birlim Devoniyen yaşıdır. Renk yeşilimsi gri, çimentozo yoğun sert, yanal ve düşey geçişli merkezli ve yumruludur. Hersiniyen-Alp Orojenizinden etkilenerek azda olusa kırılmış, çatlaklar edilmiş ve içinde ezilme kuşakları oluşmuştur. Oldukça dayanıklı olan bu birlim, erime boşluklu olup çatlakları kalsit, kuvars ve kil dolguludur. Çatlak sayısı $5-25/m$, ayrılma derecesi $0.8-1/m$. Eklemleri kayma izli, kırıklarına andezit ve diyabaz dayaklarının sokulduğu ve yer yer siltlerin olduğu bellişmiştir. Çatlak ve kırıklarla kazanılmış, ikinci geçirgenliği olup (10^{-2} cm/sn), yerel olarak 0.02 $\text{lt/sn}^{\prime}\prime$ lik yeraltısu içerebilir. Karstlaşmanın geliştiği yerlerde zengin yeraltısu içerebilir.

ROD değeri % 75-% 90, RSR değeri % 70, Deer'e göre İyi kaya, Terzaghi'ye göre masif, orta derecede eklemli kayadır.

Jeomekanik: Kuru birim hacim ağırlığı, 2.68 ton/m^3 , % $n=3.27$, % su emme ağırlıkca/hacimce $1.27-3.39$, 6b, tek eksenli basınç dayanımı 1413 ± 200 kg/cm^2 ot, çekme direnci 91 ± 11 kg/cm^2 , C-kohezyon değeri 165 kg/cm^2 , φ içsel sürtünme açısı 27 ile 56 arasında, E young modülü $705 \pm 30 \times 10^3$ dyn/cm^2 , poisson oranı $0.22-0.26$ arasındadır.

Jeofizik, Elektrik özdirençli 50 ± 10 ohm-m sismik dalga yayılım hızı V_p/V_s $600/400$ m/sn . Dinamik esneklik özellikleri 10^3 dyn/cm^2 olarak, $E=9.1$, $k=3.9$, $\mu=4.3$, $\lambda=1.07$, Poisson oranı 0.1 olarak bulunmuştur. Bu 4 özelilikleri ile yumrulu kireçtaşları (M5), çalışma alanının en sağlam ve dayanıklı kayaçları içine girer.

Jeoteknik, M5 Temel birimindeki kireçtaşı ve yumrulu kireçtaşları ayrılmamış yerlerde sağlam, sert, dayanıklı, orta-iyi bir kayadır. Sağlam olduğu yerlerde kazma gücü vardır. Ancak patlayıcı ile koparılabilir. Şeveleri uzun, birçoğu herhangi bir destek olmaksızın düşeye yakın açılarda duraklı kalabilir. Bazı karstik kesimlerinde ayrışma ve erime boşlukları görülmektedir. Yapı temelleri yüzeydeki ayrılmış kısmı kaldırılarak M5 Temel kayası üzerine güvenle oturtulabilir.

M6 Arkoz Kuvarsit (O₁)

Jeoloji, Ordovisiyen yaşlı orta ile ince taneli arkozlik kumtaşı-konglomeratı efflatun-mor pembe bir rengi olup, feldispatlı bir çimento içerir. Çok dayanıklı olan bu kayacın ayrılma derecesi 0.8 ile 1/m, eklemleri eşlenik-makaslama ve yer yer dayaklarla kesilmiş biçimdedir. Geçirimsiz olan bu kayacın kırık ve çatlaklarında 0.1 ile 0.7 lt/sn debili yeraltısu bulunabilir.

Jeomekanik, % $\gamma_n=2.55-2.65$ ton/m^3 , % $n=1$ ile 2, hacimce su emmesi % 2-3 tek eksenli basınç dayanımı 1000 kg/cm^2 , statik olarak bulunan esneklik değerleri, 10^3 kg/cm^2 olarak, $E=100$, düşey yatak katsayısı 5000 ton/m^2 dir.

Jeofizik, Elektrik özdirençli 100 ile 500 ohm-m V_p/V_s sismik dalga geçiş hızı $550 \pm 50/350 \pm 30$ m/sn , esneklik özellikleri 10^3 dyn/cm^2 olarak; $E=6-14$, $k=3-14$, $\mu=22-78$, $\lambda=30-78$, Poisson değeri $0.15-0.27$ olarak belirlenmiştir.

Jeoteknik, M6 temel kayası fizikal ve mekanik özellikleri nedeniyle çok sağlam bir kayadır. İş makinalarıyla kazılamaz. Özellikle kuvarsit konglomeratlarında kazma gücü vardır. Kazılarda süreksizlik düzlemlerinden yarılanılarak düşeye yakın kenarlar duraklılığını uzun süre koruyabilmektedir. Çok ender durumlarda mühendislik önlemi almak gereklidir.

ARAÇ KULLANIMI

Arazi sınıflandırması ve Mühendislik birlimleri esas alınarak, Proje alanının 1/25.000 ve 1/5000 ölçekli Arazi Kullanım Haritası hazırlanmıştır. İncelenen bölge, yoğun bir şekilde sanayi kuruluşları ve blok apartmanlarla kaplanmağa başlamıştır. Yeşil alan yok denecek kadar az kalmıştır. Hatta çoğu yerde toprak örtüsü bile tümyle kaldırılmış dolayısıyle yerli kaya yüzeye çıkmıştır.

Temel kayalarının bulunduğu alanlar yapışma için uygun jeoteknik özelliklere edinik görülmektedir.

Alüvyon ve örtü birimiyle kaplı alanlar ise yerel koşullar dikkate alınarak ayrıntılı araştırılmıştır. Yeraltı ve Jeoteknik araştırmadan sonra, zemin koşullarına uygun projeler yapılabilir.

SONUÇLAR

Yapılan yeraltı ve yerüstü bilimsel araştırmaları (jeoloji, Jeofizik jeomorfoloji, Jeoteknik, Jeomekanik) ile Harem-Tuzla arasında uzanan 64 km^2 yüzey alanı, 36 km boyu 0.5 ile 2 km eni olan ve E5 boyunca uzanan kuşağa özgü yerbilgileri toplanmıştır.

Inceleme alanı içinde karşılaşılan tüm yerbirimlerinin jeolojik tür duraylılık, Jeoteknik ve Jeomekanik (dayanıklık), ve Jeofiziksel (davranış) özellikleri yerinde (*in-situ*) ve deneylikte yapılan çalışmalarla belirlenmiş ve döküm olarak verilmiştir.

Bozulma ürünü olan killi örtünün baskın olduğu, yüzey eğimin % 15'ten fazla olduğu sınırlı kesimler dışında, inceleme alanında heyelan ve ayrıca şev eğiminin doğru seçildiği endüstriyel yarmalar boyunca kaya düşmesi çekincesi yoktur.

Çalışma alanı 2-ci derece deprem bölgesi içine girer. 88 yıllık yakın yersarsıntıları verileri Harem-Tuzla arasında beklenen yersarsıntısı şiddetinin I=7, A yerivmesinin 147, C yersarsıntısı katsayısının 0.06 olacağını göstermiştir.

Kuşak boyunca 13 tane besleme havzasının toplam yüzey alanı 270 km^2 , boyları 1 ile 12 km dir. Yazın kuru olan derelerin % eğimleri 1 ile 12 olup, taşkin çekinceleri yoktur.

Birleşik yerbilgilerine dayanarak arazi M1, M2, M3 örtü birimleri ve M4, M5 ve M6 temel birimleri olmak üzere altı sınıfa ayrılmıştır.

Buna göre alanın % 75'si yapışmaya oldukça uygun sağlam temel birimleri (M4, M5, M6), % 22'si önemli yapışma için ayrıntılı çalışma gerektiren örtü birimleri (M2, M3), ve % 2'si yapışmaya uygun olmayan yapay dolgu ile (M1) kaplıdır.

Genel olarak kuşak, yerleşim sakincası içeren yeraltı ve yerüstü mühendislik sorunları edinmemiştir. Yerel olarak alınacak önlemlerle tüm alanın mimari kullanıma açılabileceği belirlenmiştir.

KATKI BELİRTME

Gündünde, Türkiye'nin bir kent için yapılan en kapsamlı çok yönlü yermühendislik çalışması olan bu işte gayretleri ile çalışan, Mehmet Yılmazer, Sedat Belek, Mete Albayrak, Selahattin İş, Saadet Ülkü, Doç. Dr. İhsan Seymen, Doç. Dr. Yüksel Aydın, Dr. Ölker Gököz Dr. Mehmet Piyal ve çalışmalarından yararlandığım Hasan Gülün, Tamer Ayan ve T.C. Karayolları genel müdürlüğü, bu araştırmayı yayınında yararlı tartışma ve görüşlerini sunan Prof. Dr. Okay Eroskay'a teşekkürler ederim.



ATATÜRK BARAJINDAKİ TEMEL ENJEKSİYONLARI

Lisans Diploma Çalışması:

Yöneten: Prof. Dr. Aziz ERTUNC
Ak. Üniv. Müh. Fak. Jeo. Müh. Böl. ISPARTA

Selvin ÇAYNAK*

ÖZ — Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında Bitirme Ödevi olarak hazırlanmıştır. Araştırma, arazi ve büro çalışmaları 1985-1986 yılı Şubat ayından 1987-1988 yılı Şubat ayına kadar sürmüştür.

Dünyanın sayılı, ülkemizin de en önemli ve en büyük projesi olan Güneydoğu Anadolu Projesi içerisinde yer alan Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali bu projenin kilit tesisiidir. Atatürk Barajı Şanlıurfa Adıyaman İl sınırlarında, Fırat nehri üzerinde ve Karakaya Barajının da 180 kilometre mansabında yer almaktadır.

Gelişmekte olan ülkeler arasında bulunan ülkemiz için çok gerekli olan elektrik ve sulama, barajlarla sağ-

lanmaktadır. Atatürk Barajı da ülkemizdeki bu tesislerin en büyüğü olması açısından ayrı bir önem taşımaktadır.

Bir barajın yapılabilmesi ve amacının başarıyla ulaşılabilmesi için önemli bir aşamasını sondaj ve enjeksiyon çalışmaları oluşturmaktadır. Atatürk Barajında da ana perde sondaj, ve enjeksiyon çalışmaları ile diğer çalışmalar, en son teknikler kullanılarak hızla devam etmektedir.

Bu çalışmalar sonucu baraj yapıları sağlam bir temel üzerine oturtulacaktır. Kullanılan bu son teknikler de hem Türkiye'de hem de dünyada diğer çalışmalarla ışık tutacaktır.

* Ar. Gör., Çukurova Univ. Jeo. Müh. Böl., Adana.



TRABZON SARAF TEPE BAZANİTİNİN FİZİKOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Lisans Diploma Çalışması:

Yöneten: Doç. Dr. Fikret TARHAN
K.T.U. Jeo. Müh. Böl. TRABZON

Erhan ATAOĞLU

ÖZ — Bu çalışma, Trabzon'a 11 km. uzaklıkta, Trabzon-Maçka kara yolu üzerinde, Saraf Tepe ve çevresindeki 9 km²'lik bir alanı kapsar.

İnceleme alanında görülen kayaçlar Çağlayan formasyonu adı altında 4 ümeye ayrılmıştır. Bunlar yazdan gence doğru Sadullah üyesi, Gözalan üyesi, Saraf Tepe bazańiti ve Rüzgâr üyesidir.

Saraf Tepe bazańitinin fiziksel ve mekanik özellikleri yapılan laboratuar deneyleri ile saptanmıştır. Deneylerde bazańit bloklarından boyu çapının iki katı, 31 ve 55 mm. çaplı, birbirine dik üç yönde alınan karotlar üzerinde, fiziksel özelliklerden birim hacim ağırlık, porozite, su emme, övgül ağırlık, sonik hız değerleri saptanmış ve ayrıca basınç ve çekme direnci, dinamik elastisite modülü gibi mekanik ve elastik özellikler bulunmuştur. Araştırmalar sonucunda bazańitin fizikomekanik özelliklere göre isotrop olduğu anlaşılmıştır.

Yapılan üç eksenli basınç deneyi sonunda bazańitin içsel sürtünme açısı ve kohezyonu çizilen mohr daireleri yardımı ile bulunmuştur. Ayrıca donma dayanımı ve dondan sonra tek eksenli basınç direnci saptanarak bazańitin dondan etkilenmesi araştırılmış ve aşınmaya karşı davranışları Los Angeles aşınma dayanımı deneyi ile incelenmiştir.

Sonuç olarak bazańitin, poroziteye göre ($P=7.09$) "oldukça boşluklu kaya" sınıfında yer aldığı, tek eksenli basınç direnci açısından "yüksek dirençli kaya" sınıfında olduğu anlaşılmıştır. Üç eksenli basınç direnci deneyleri sonunda kuru örneklerde içsel sürtünme açısı (ϕ) 54° , kohezyonu (C) 183 kg/cm^2 , doygun örneklerde $\phi 50^\circ$, $C=150 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Aşınma deneyi sonunda aşınma yüzdesi % 20.8 olarak saptanmıştır. Donma dayanımı deneyinden sonra yapılan tek eksenli basınç deney sonuçları, bazańitin dondan etkilenmediğini göstermiştir.

İSTANBUL YEŞİL KİLİNDeki YARMALarda
KAYMA MUKAVEMETİ PARAMETRELERİ

SHEAR STRENGHT PARAMETERS OF CUTS
IN ISTANBUL GREEN CLAY

Sönmez YILDIRIM*

ÖZ — Fissür gibi yapısal süreksizlikleri olan killerde kayma mukavemeti parametreleri ölçümündeki güçlük uzun süredir bilinmektedir. Fissürlerin modelize edildiği laboratuvar numuneleri üzerinde yapılan deneyler amanın güçlükler için yeni bir yaklaşım olup sonuçlar İstanbul Yeşil Kilinde yapılacak yarmalarda yeterli bir güvenlik için ilk kez göçmelerde 1/5.5, tekrar göçmelerde 1/6.5 şev eğimi gerektiğini göstermektedir.

ABSTRACT — The problems encountered in measuring the shear strength parameters of clay containing discontinuities have been known for long times. The tests conducted on samples which model the fissures should be considered a new approach to the problem. The test result show that the cuts must have an inclination of 1/5.5 for the first time slips and 1/6.5 for pre-existing shear surfaces in order to have an acceptable factor of safety against failure.

GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde yapımına başlanan yeni Trakya Otoyolu Projesi nedeni ile oldukça derin yarmaların gereklisi olması ve bu zeminde zaman zaman görülen önemli zemin hareketleri konuya daha ayrıntılı eğilmek gereğini doğurmuştur. Bu tür yarmaların yer aldığı İstanbul Yeşil Kili aşırı konsolidde olmuş, yüksek plastisiteli, yer yer silt bantları içeren, belirli derinlige kadar çatlak ve fissürlerin etkili olduğu bir formasyon olarak tanımlanmaktadır.

Şev hareketini başlatan etken ne olursa olsun limit denge durumunu göz önüne alan herhangi bir stabilité analizinde çatlaklı ve fissürlü yapının stabiliteyi kontrol ettiğii bir gerçekktir. Bu nedenle de böyle bir kitlede kayma mukavemeti parametrelerinin doğru ölçülmesi zorunluğunu vardır.

Kısa süreli analizlerde $\phi_s=0$ kabul etmek, fissürlerin, anizotropinin ve kesme hızının etkisini göz önünde tutarak

drenajsız kayma mukavemetini kullanmak uygundur. Uzun süreli analizlerde ise şeveler efektif gerilmelere göre analiz edilmelidir. Konu ile ilgili edinilen deneyimler aşırı konsolidde killerde göçmelerin kazidan epeyce bir zaman sonra olduğunu göstermektedir. Normal konsolidde killerde zaman ve deformasyondan bağımsız kabul edilebilecek kayma mukavemeti yanında aşırı konsolidde killerde zamanla azalan kayma mukavemeti vardır. Bu gerçek bir de zamanla azalan efektif gerilmeler (kazı sırasında doğan negatif boşluk basınçlarının zamanla sönümlenmesi) ortamında düşünülürse zamanla oluşan stabilité bozuklukları açıklanabilir.

KAYMA MUKAVEMETİ ÖLÇÜMLERİ

Fissürlü, aşırı konsolidde olmuş killerde kayma mukavemetinin laboratuvara ölçümlükler öteden beri bilinmektedir. Kullanılan numunelerden çatlaklı olanlarının deney için seçilmeme eğilimi, çatlak ve fissür sisteminin aralığına göre numune boyutunun yeterli olmasına, numunedeki fissür eğiminin numunenin kırılma mekanizmasında etkili olmayacağı konumda oluşu başlıca güçlükler olarak sayılabilir.

Yapısal süreksizlikleri olmayan killerde C' ve ϕ' nin pik değerlerinin stabilité eşitliklerinde kullanılmasıyla gerçekleştirilen analizlerde göçme yüzeyi için $F=1$ elde edildiği çeşitli araştırmalarca doğrulanmıştır. Aşırı konsolidde sert fissürlü killerde ve daha sonra yumuşak fissürlü killerde C' için çok küçük ya da sıfır değer varsayımlı, Rivard ve Lu (1978), uzun süreli şev analizlerinde genelde uygulanan yöntemdir.

Fissürlü killerin ilk kez kaymalarında göçme anında ortalama efektif kayma mukavemeti açısı için pik değerinden daha az bir değer kabul edilmelidir.

$$\phi' = \phi'_{\text{pik}} - R(\phi'_{\text{pik}} - \phi') \quad (1)$$

* Doç. Dr. Doğuş İnşaat ve Ticaret A.Ş.

ERGUVANLI

MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ SEMPOZYUMU'nda

bildiri sunan ve toplantıya katılanlara, sempozyum sırasındaki sosyal etkinliklere ve sempozyum kitabı'nın basılmasına katkılarda bulunan aşağıdaki kuruluşlara en içten teşekkürlerimizi sunarız.

- * YAPI MERKEZİ A. Ş.**
- * STFA TEMEL ARAŞTIRMA A. Ş.**
- * TÜRK YTONG A. Ş.**
- * İSTANBUL MADEN İHRACATCILARI BİRLİĞİ**
- * EVRE MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ Ltd. Şti.**

Sempozyum Düzenleme Kurulu

MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ ÜYELERİ

AKIN, Nuran	EGEL, Rezzan	ÖZBEN, Murat
AKKOÇAK, Hasan	EĞİN, Dincer Dr.	ÖZİŞ, Ünal Prof. Dr.
AKLAN, Turhan	ERDOĞAN, Eray Dr.	ÖZKER, Ertan
AKMAN, M. Kemal	ERDOĞAN, Mustafa Y. Doç. Dr.	ÖZTAŞ, Turgut
AKYOL, Erdal	ERGUUVANLI, A. Kemal Prof. Dr.	ÖZTÜRK, Kurultay Doç. Dr.
ALGAN, Melih	ERİŞ, İsmail	SAÇLITÜRE, A. Koray
ALTUĞ, Saydun	EROSKAY, S. Okay, Prof. Dr.	SAFA, M. Turgut
ANIK, Ferruh	ERTUNC, Aziz Prof. Dr.	SAĞLAMER, Ahmet, Prof. Dr.
ARAL, Feda	GENÇ, Deniz	SARISU, Ali
ARIKAN, Alparslan Doç. Dr.	GENÇOĞLU, Noyan	SENİR, Hakan
AYAN, H. Tamer	GÖKTEN, Y. Ergun Doç. Dr.	SESÖREN, Atilla Doç. Dr.
BARGU, Simov Y. Doç. Dr.	GÖZÜBOL, A. Malik Y. Doç. Dr.	SOMEL, A. Namık
BAYKAL, Hasan Dr.	GÜL, Adnan	SÜMERMAN, Kaler
BOYNUKALIN, Suat	GÜNAY, Gültekin Prof. Dr.	ŞAMILGİL, Erman Doç. Dr.
BULUT, Fikri Dr.	GÜRPİNAR, Okay Prof. Dr.	ŞEKERCİOĞLU, Erdal
BULUTLAR, Erdal	GÜVEN, M. Müfit	ŞENYUVA, Tahsin
BÜYÜK, Mehmet Dr.	KALE, Saim	ŞİMŞEK, Orhan
BÜYÜKKÖSE, Nevzat	KARAHANOĞLU, Nurkan Doç. Dr.	TARHAN, Fikret Doç. Dr.
CANİK, Baki Prof. Dr.	KARAOĞULLARINDAN, Talip	TAŞLICA, A. Hamdi
CORUK, Özkan	KASAPOĞLU, Erçin Prof. Dr.	TEMİZ, Halit
ÇANLI, Turgut	KAYA, M. Kenan	TOĞROL, Ergün Prof. Dr.
ÇELEBİ, Levent	KETİN, İhsan Prof. Dr.	TÜRK, Necdet Doç. Dr.
ÇETİNÇELİK, A. Mesut	KILINÇ, Mehmet Dr.	TÜRKEL, Erçin
ÇETİNER, Levent	KOCA, M. Yalçın	TÜYSÜZ, Okan Y. Doç. Dr.
ÇOĞALAN, Hasan Hüseyin	KODAMANOĞLU, Tuncer Prof.	ULUSAY, Reşat
ÇONCAR, Behiç	KORKMAZ, Turgut	UNAY, Güngör
DADAŞBİLGE, Kırhan	KOŞAR, Ercan	ÜÇPIRTI, Hasan
DALGIÇ, Süleyman	KÖSEOĞLU, Mesut Doç. Dr.	ÜSTÜN, Olgun
DEMİREL, Zeynel A. Dr.	KUMBASAR, Vahit Prof.	VARDAR, Mahir Prof. Dr.
DEMİRKOL, Cavit Doç. Dr.	MUT, Taner	YALÇIN, Ali
DIĞİŞ, Aytaç	MUTLUTÜRK, Mahmut	YEŞİLOĞLU, M. Kemal
DİLEK, Remzi Prof. Dr.	NECAN, Hakan	YÜKLER, M. Arif, Doç. Dr.
DOYURAN, Vedat Prof. Dr.	OCAKÇI, Mehmet	YÜZER, Erdoğan Prof. Dr.
DURGUNOĞLU, Turan Prof. Dr.	OTKUN, Galip Dr.	

KURUMSAL ÜYELER

- ◆ AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
LODUMLU - ANKARA
- ◆ BOTEK A.Ş.
MASLAK İŞ MERKEZİ - İSTANBUL
- ◆ DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
YÜCETEPE - ANKARA
- ◆ EİEI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ESKİŞEHİR YOLU 7. Km - ANKARA
- ◆ ENKA İNŞAAT A.Ş.
BALMUMCU - İSTANBUL
- ◆ ESAN A.Ş.
KARTAL - İSTANBUL
- ◆ ETİBANK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
SIHHİYE - ANKARA
- ◆ HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ KARST ARAŞTIRMA MERKEZİ
BEYTEPE - ANKARA
- ◆ HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
BEYTEPE - ANKARA
- ◆ İLLER BANKASI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ULUS - ANKARA
- ◆ İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MADEN FAKÜLTESİ
AYAZAÇA - İSTANBUL
- ◆ İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
VEZNECİLER - İSTANBUL
- ◆ KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
YÜCETEPE - ANKARA
- ◆ KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK - MİMARLIK FAKÜLTESİ
TRABZON
- ◆ JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
KIZILAY - ANKARA
- ◆ MADEN İHRACATCILARI BİRLİĞİ
HARBİYE - İSTANBUL
- ◆ MİNESAN A.Ş.
ŞİŞLİ - İSTANBUL
- ◆ MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ANKARA
- ◆ TEMEL ARAŞTIRMA A.Ş. STFA GURUBU
ALTUNİZADE - İSTANBUL
- ◆ TÜRK YTONG A.Ş.
PENDİK - İSTANBUL