



MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

TÜRK MİLLİ KOMİTESİ

BÜLTENİ

88
YIL
SAYI
ŞUBAT
1986

İÇİNDEKİLER

- ◆ DÜNE VE YARINA BAKIŞ
- ◆ İSTANBUL BOĞAZI TÜP GEÇİŞİ GÜZERGAHINDA JEOTEKNİK BULGULAR
- ◆ KESEREK TAŞ ÇIKARMA YÖNTEMLERİ
- ◆ NOKTA YÜKLEME DENEYİ SONUÇLARINI DEĞERLENDİRMEK İÇİN ÖNERİLEN YENİ BİR YÖNTEM
- ◆ BURDUR İLİ ÇEVRESİNDEKİ YERLEŞİM ALANLARININ DEPREMSELLİĞİ
- ◆ Q SİSTEMİ VE KUZEY HALIÇ KANALİZASYON TÜNELLERİNE UYGULANMASI
- ◆ İSTANBUL-ŞİLE-MAHMUT ŞEVKET PAŞA ARASINDAKİ ESAN SİLİS KUMU SAHALARININ EKONOMİK JEOLJİSİ
- ◆ NÜKLEER ENERJİ SANTRAL YERİ SEÇİMİNDE YAPILMASI GEREKLİ JEOLJİK ÇALIŞMALAR
- ◆ 1985 YILI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖDÜLÜ KAZANAN ÇALIŞMALARIN ÖZETLERİ
 - ATATÜRK BARAJI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE ENJEKSİYON UYGULAMALARI
 - İSTANBUL YARIMADASININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ
 - TÜNEL TASARIM METODLARININ MUKAYESESİ VE URFA TÜNELİNE UYGULAMASI
 - YOMRA-ŞANA DERESİ MADEN SULARININ VE ÇEVRE JEOLJİSİNİN İNCELENMESİ
- ◆ BİLİMSEL TOPLANTILAR
 - KENTLERDE ALTYAPI VE ÇEVRE SORUNLARI
 - ULUSLARARASI KARST SU KAYNAKLARI SEMPOZYUMU
 - 2. ULUSLARARASI MERMER SEMPOZYUMU VE MERMER FUARI
 - HİDROELEKTRİK ENERJİ SEMPOZYUMU

O. EROSKAY
S. KALE
K. ERGUVALI
N. TÜRK
M. E. KARAMAN
İ. ERİŞ
O. ARKUN
N. GENÇOĞLU
H. SENBİR
K. E. KASAPÖĞLU

Ö. CORUK
E. SERBEST
H. TOSUN
A. N. SOMEL

E. YÜZER
G. GÜNAY
E. AYAN
Eİİ

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ YÖNETİM KURULU

- Başkan : Prof. Dr. Kemal **ERGUVANLI** (İ.T.Ü. MADEN FAKÜLTESİ - İSTANBUL)
- Sekreter : Prof. Dr. Okay **EROSKAY** (İ.Ü. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ - İSTANBUL)
- Sayman : Doç. Dr. Aziz **ERTUNÇ** (E.İ.E. İDARESİ - ANKARA)
- Üye : Doç. Dr. Vedat **DOYURAN** (O.D.T.Ü. MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ - ANKARA)
- Üye : A. Mesut **ÇETİNÇELİK** (D.S.İ. OETD - ANKARA)

Yayın Kurulu Yönetim Kuruludur.

Yazışma adresi : Prof. Dr. Okay **EROSKAY**
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi
İstanbul Üniversitesi

VEZNECİLER
İstanbul

Basıldığı yer :
ÇAĞLAYAN BASİMEVİ
Cağaloğlu, Çatalçeşme Sokak No : 26/3-4 — İstanbul

DÜNE VE YARINA BAKIŞ

Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi'nin çalışmaları, 11. yılına basmış bulunmaktadır. Bu zaman içerisinde yapılanlarla, ileride gerçekleştirilmesi düşünülenler şöyle özetlenebilir.

1 — MJTMK'nin ilk Genel Kurul Toplantısı 1976 yılında yapılmıştır. Bu yıl, 10. Genel Kurul Toplantısı yapılacaktır. Her yıl, biraz daha gelişerek bu günkü düzeye ulaşmıştır. MJTMK'nin halen 110 kişisel üyesi ve 10 kurumsal üyesi bulunmaktadır.

2 — Bu güne dek, Milli Komite, Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliği (IAEG) tarafından her yıl 2 sayı halinde yayınlanan bültenlerin, üyelerine düzenli olarak dağıtılmasını sağlamıştır. Ayrıca, yedi yıldır geliştirerek yayınladığı 8. "Mühendislik Jeolojisi Bülteni" ni üyelerine, kurumlara, üniversitelere ve öğrencilere, Mühendislik Jeolojisiyle ilgili yeni araştırma inceleme, haber, toplantı ve yeni yayınları okurlarına duyurmağa çalışmıştır.

3 — MJTMK'si üyelerinden bazılarının, zaman içerisinde ilgileri azalmıştır. İki yıl üyelik aidatını ödemeyen bu tür üyeler, pasif üyeliğe geçirilmişlerdir. Halen 95 aktif üyemiz vardır. Amacımız, Mühendislik Jeolojisi konularını hevesle izleyen bir grup oluşturmaktır. MJTM Komitesi, toplam üye sayısı ile IAEG'de temsil edilen 45 ülke arasında 5-6. sırada yer almış bulunmaktadır.

4 — IAEG Bültenleri için, her üye adına Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliğine yılda 6\$ ödenmektedir. Üyelerden 1985 yılında 2000 TL. üyelik aidatı alınmaktadır. Aradaki fark, mühendislik jeolojisi konularında çalışmak isteyenlere Milli Komitenin katkısı olarak ödenmektedir.

5 — Mühendislik jeolojisi konularında çalışan uygulayıcı kurumlar, üniversiteler ve diğer kuruluşlar, MJTMK'ne kurumsal üye olabilmektedir. Kurumsal üyeliğin amacı, uygulayıcı ve öğretici olarak ilgili elemanlara mühendislik jeolojisi konularındaki yenilik ve gelişmeleri duyurmak ve aynı zamanda, MJTMK'ne mali destek sağlamaktır. Bu günkü koşullarda, bazı kurumsal üyelerden gereken ilgi ve mali destek sağlanamamaktadır. Ancak, Milli Komitenin esas amacı, mühendislik jeolojisini geliştirmek ve yaymak olduğu için; mali destek 2. ve hatta 3. planda düşünülmektedir.

6 — Geçen yıl, Genel Kurul toplantısında kararlaştırılan "Mühendislik Jeolojisi Ödülü" verilmesi, ilk kez bu yıl gerçekleştirilmiştir. Üniversitelerce önerilen çalışmalar, seçilen jüri üyelerince değerlendirilmiştir. Jüri üyelerinin değerlendirmeleri Yönetim Kurulunca da oybirliği ile onaylanarak, bu yıl, Yüksek Lisans düzeyinde 3 ve Lisans düzeyinde 1 çalışmaya "Mühendislik Jeolojisi ödülü" verilmiştir. Mühendislik Jeolojisi konularındaki çalışmaları gençler arasında özendirme amacıyla, gelecek yıllarda da, ödül verilmesi düşünülmektedir.

7 — Daha önceki yıllarda kararlaştırılmış olmasına rağmen, çalışma gruplarınca yeterli etkinlik sağlanamamıştır. Bu konuda, üyelerin görüş ve önerilerine, destek ve yardımcı olmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

8 — Şimdiye kadar çeşitli ülkelerde, Mühendislik Jeolojisi konularında çok sayıda toplantı yapılmıştır. Milli Komite, bu toplantılarda ülkemizin en iyi şekilde temsil edilmesi için elden geleni yapmıştır. Önümüzdeki yıllarda, üniversitelerimiz ve kuruluşlarımızla işbirliği yapılarak, değişik illerde toplantılar düzenlenmesi düşünülmektedir. Olanak sağlanması halinde; yabancı uzmanların da bu toplantılara katkıda bulunmak üzere davet edilmeleri üzerinde de durulmaktadır.

9 — Mühendislik Jeolojisi konularındaki kitaplar, dergiler ve uluslararası toplantıların yayınları Milli Komitenin kitaplığında toplanmaktadır. İlgilenenlere, bu kitaplardan yararlanmaları için bedeli karşılığında fotokopi yaptırılmaktadır. Prof. Dr. Erdoğan YÜZER, ABD yayınlanan "Engineering Geology of the Assoc. Bull" dergisinin, 1968 yılından sonraki sayılarını Milli Komiteye armağan etmiştir. Bu bültenin devamı Milli Komite tarafından getirilmektedir. Sayın Prof. YÜZER'e bu değerli katkıları için teşekkür ederiz.

Bütün bu çalışmalar, üye sayımızın artması, yararlı toplantılar ve yayınlar, Milli Komitemizin itibarını arttırmaktadır. Gelişme eğrisinin geleceğe projeksiyonunda; sıçramalar yerine, devamlı ve sürekli bir artış tercih edilmektedir.

MJTMK Yönetim Kurulu, Yarınların daha iyi olacağına ait inancını belirtirken, tüm üyelerimize başarılı, sağlıklı ve mutlu günler diler.

Ocak, 1986

Yönetim KURULU

İSTANBUL BOĞAZI TÜP GEÇİŞİ GÜZERGAHINDA JEOTEKNİK BULGULAR

Okay EROSKAY*
Saim KALE**

GİRİŞ

İstanbul Boğazı altından, Avrupa ile Anadolu'nun demiryoluyla bağlanması için, Tüp Geçiş projesi çalışmaları, İstanbul Tren/Tünel Müşavirler Konsorsiyumu (IRTC) tarafından sürdürülmektedir.

Yapılan çeşitli değerlendirmelere göre, İstanbul için Ana Ulaşım Koridorları belirlenmiştir. Bu ana ulaşım koridorlarından, Şişli-Yenikapı arasındaki K-G Metro güzergâhı ve Sarayburnu-Üsküdar-İnadiye Tüp Demiryolu Tüneli geçişi, jeolojik ve jeoteknik yönlerden araştırılmaktadır.

Önceki çalışmalar, raporlar ve sondaj logları gözden geçirilmiştir. Bölgesel olarak 1/25.000 ve güzergâhlar boyunca 1/5.000 ölçekli jeoloji haritaları ve kesitler hazırlanmaktadır. Bölgenin jeolojisi, yapısal karmaşıklıklar, jeolojik evrim ve Boğazın oluşumu değerlendirilmektedir. Tüp geçişi için mevcut alt yapı tesisleri, hidrografik, sismik, ekolojik ve çevre konularında çeşitli araştırmalar sürdürülmektedir. Jeoteknik araştırma programı çerçevesinde ayrıntılı mühendislik jeolojisi haritalarının hazırlanması, kara ve deniz sondajları, laboratuvar deneyleri ile tasarım değerlerinin belirlenmesine çalışılmaktadır.

Daha önce değişik amaçlarla İstanbul Boğazı'nda deniz sondajları yapılmıştır. Özel amaçlı bu sondajların çoğunda, deniz altındaki sedimanlarda birkaç metre ilerlemek yeterli görülmüştür. Tüp geçişi için şimdiye kadar 6 deniz sondajı sonuçlanmıştır. Bu bildiride, Boğaz sedimanları hakkında yeni sondajlardan sağlanan bulguların duyurulmasının, faydalı olacağı düşünülmüştür.

BÖLGESEL JEOLJİNİN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ

İstanbul Boğazının her iki yakasında, Paleozoik'e ait kayaçlar vardır. İstifin bilinen en yaşlı birimi Boğazın Anadolu yakasında Kurtköy, Dolayoba, Kayışdağında görülen Ordovisiyen'e ait Kurtköy formasyonudur. Başlıca arkozik kumtaşı, konglomera, şeyl ve çamurtaşından oluşur. Daha üstte kuvarsit, çeşitli kireçtaşları, kumtaşı, (grovak), kiltası, yumrulu kireçtaşı, silisli şeyl, radyolarit, vb.. litolojilerinden oluşan Silüriyen, Devoniyen ve Kar-

bonifer'e ait birimler bulunmaktadır. Yapılan çeşitli jeoloji araştırmalarında, Paleozoik çökellerin konkordan bir istif oluşturduğu, benzer litolojilerin farklı sistemlerde tekrarlandığı, litolojiler arasında yatay ve düşey geçişler bulunduğu belirlenmiştir. Bölgede ayırtedilen formasyonlar, litoloji ve yaş ilişkileri, Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesitinde gösterilmiştir (Şekil 1).

YAS	KALINLIK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KUWATERNER	2-40		DOLGU
	10-15		ALÜVYON
	5-8		ESKİ ALÜVYON : Taraca
	40-60		BOĞAZICI-HALİÇ ÇÖKELLERİ : Kum, kil, kavrık kum ve silt
NEOJEN	10-25		BELGRAT FORMASYONU : Kum + kil + çakıl
	15-20		BAKIRKÖY FORMASYONU : Kil, arakatlı kireçtaşı
	10-80		SULEYMANİYE FORMASYONU : Silt, arakatlı mavi kil
	20-30		İKİTELLİ FORMASYONU : Çakıllı kum ve silt
KARBONİFER	600 - 1700		TRAKYA FORMASYONU : Kumtaşı (grovak), silttaşı, kiltası, ardalanması, mercersel, kireçtaşı ve konglomera
	40		BALTALIMANI FORMASYONU : Lilit, silisli şeyl + radyolarit
DEVONİYEN	180		BÜYÜKADA FORMASYONU : Kireçtaşı, karbonatlı şeyl
	325-400		KARTAL FORMASYONU : Kumtaşı (grovak), silttaşı, kiltası, şeyl
ORDOVİSİYEN-SİLÜRİYEN	100		İSTİNYE FORMASYONU : Kireçtaşı, karbonatlı şeyl
	200		DOLAYOBA FORMASYONU : Subarkoz, kireçtaşı, şeyl
	50-100		GÖZDAG FORMASYONU : Kumtaşı (grovak), şeyl, çamurtaşı
	100-200		AYDOS FORMASYONU : Kuvarsit
	> 1000		KURTKÖY FORMASYONU : Arkoz, şeyl, çamurtaşı ve konglomera

Şekil 1 — Genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.

* Prof. Dr. İst. Üniv. Müh. Fak. Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.
** Jeo. Yük. Müh. SİAL, IRTC Jeoteknik Grubu Bşk.

Rejyonel ölçekle Paleozoyik istifin doğudan batıya doğru gençleştiği bilinmektedir. Balçık ve Çavuşbaşı dolaylarında granit ve granodiyorit intüzyonları vardır. Bölgenin kuzeyinde Üst Kretase'ye ait volkanikler ve batıda Tersiyer örtü birimleri Paleozoyik temel üzerine gelmektedir. Pliyosen veya Pleyistosen yaşındaki Belgrat formasyonu, Paleozoyik temel kayaları üzerinde bazı tepelerde görülür.

İstanbul Boğazı ve Haliç tabanındaki genç çökeller başlıca alüvyal nitelikli, kum, ince kum, silt ve çamurdan oluşmaktadır. Arada çakıllı veya daha kaba ve bol kavrıkli düzeyler de bulunmaktadır. Yaklaşık aynı çökeller olmasına rağmen aradaki farkları belirtmek amacıyla, Boğaziçi ve Haliç formasyonu adları verilerek ayırtedilmeleri tercih edilmiştir.

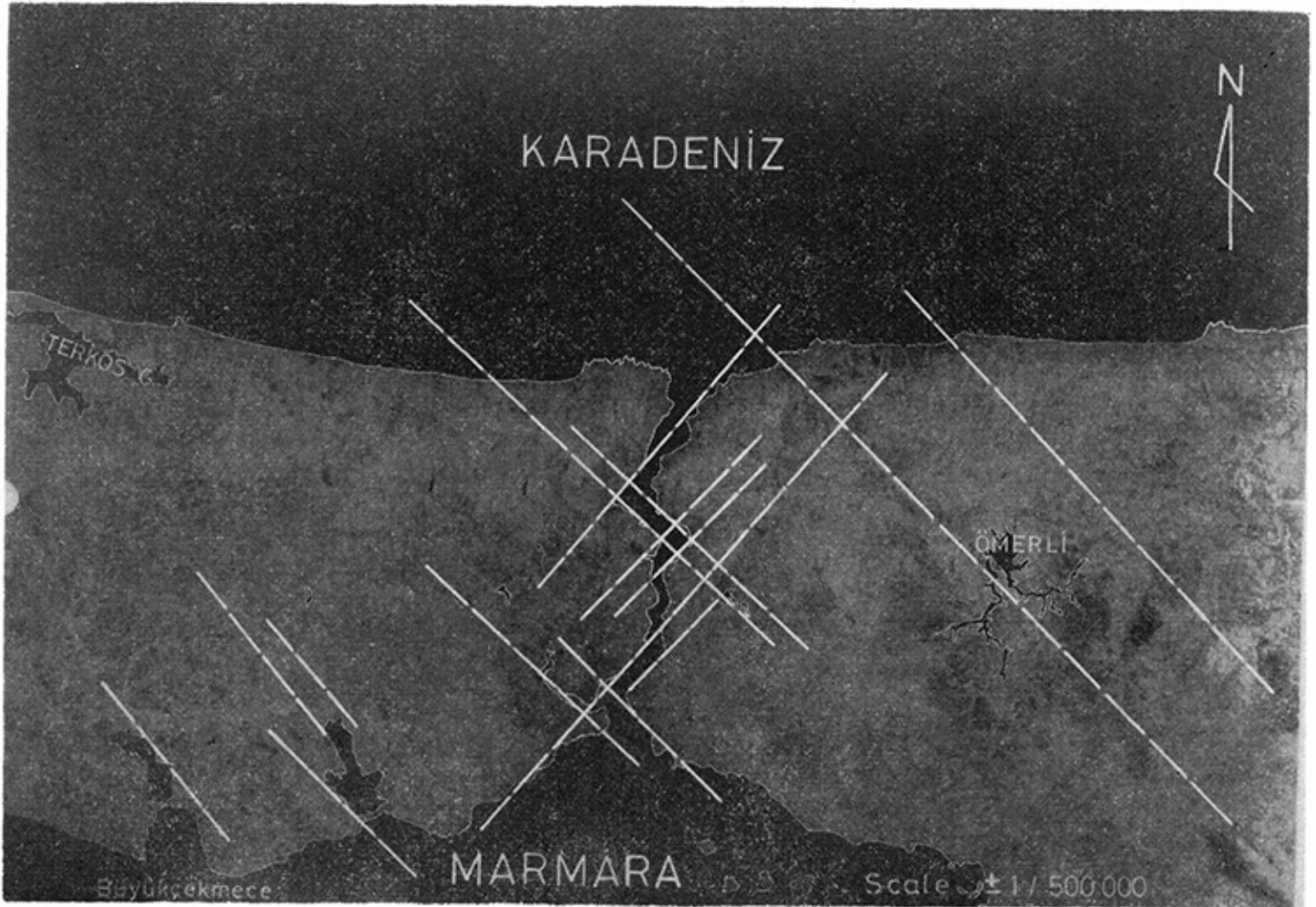
Haliç formasyonu genellikle daha ince klastiklerden oluşmuştur. Başlıca kil, çamur, kavrıkli çamur, silt ve kum bulunur. Tabana doğru kum ve iri çakıllı düzeyler

bulunmaktadır. Haliç çökellerinin, Yeni Galata Köprüsü sondajlarında yaklaşık 50 m. kalın olduğu saptanmıştır.

Boğaziçi formasyonu ise siltli kum ve kum boyundaki çökellerden oluşmaktadır. Bu çökellerle ilgili ayrıntılı veriler ilerki bölümlerde sunulacaktır.

JEOMORFOLOJİ

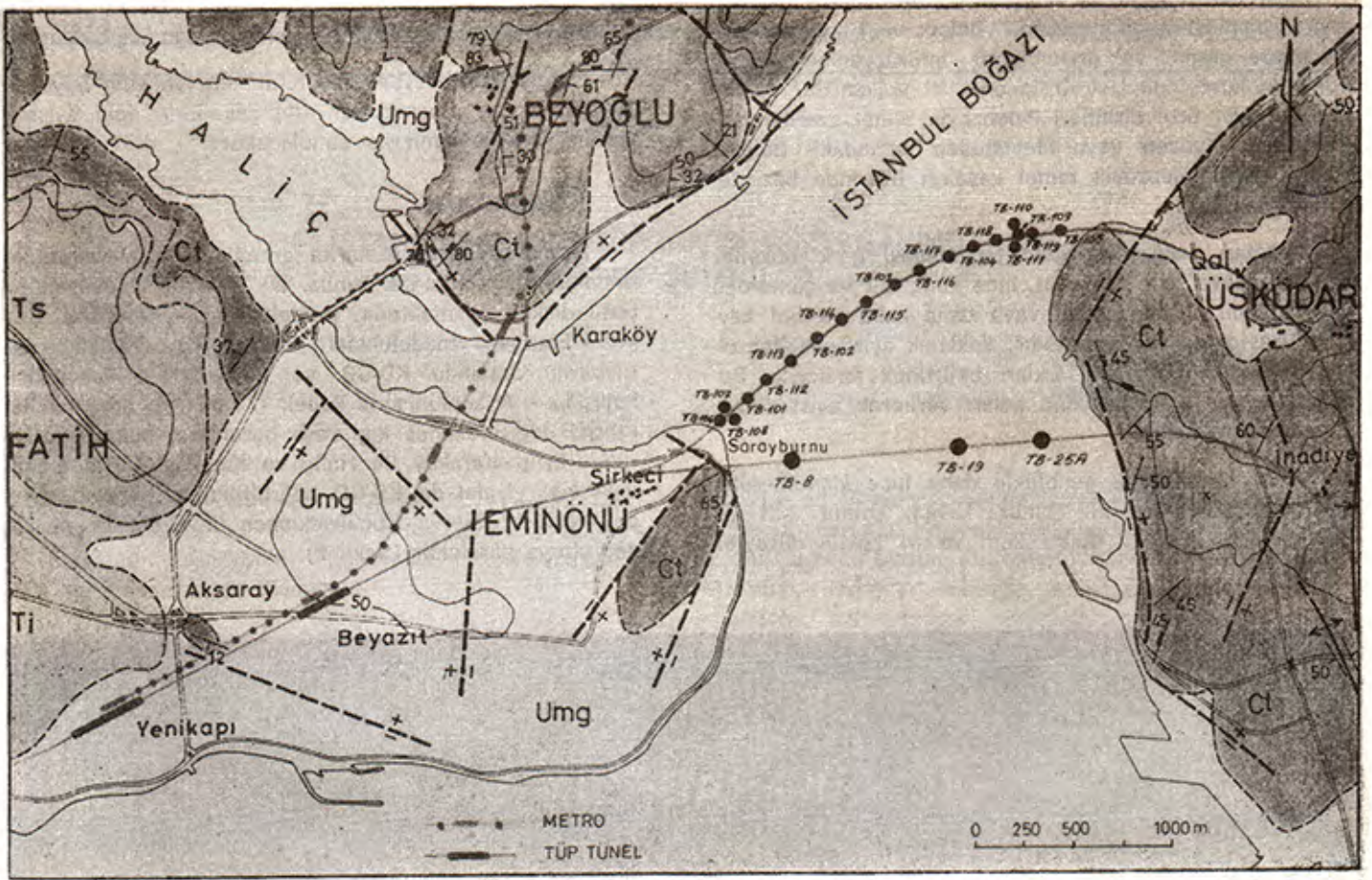
İstanbul Boğazının harita örneğinde, uzay görüntülerinde ve hava fotoğraflarında, dik açılı bir lineasyon paterni dikkati çekmektedir. Rumelikavağı - Kefeliköy, Beykoz - Emirgan, Anadoluhisarı - Arnavutköy, Vaniköy - Sarayburnu arasında KD-GB ve Büyükdere - Paşabahçe, Emirgan - Anadoluhisarı, Bebek - Vaniköy.. arasında ise KB-GD doğrultusunda koy veya burunların bulunduğu görülür. Eyüp-Karaköy ile Haliç ve Kadıköy Kartal arasındaki kıyı çizgisi de KB-GD doğrultusudur. Boğazın dışında Yeşilköy-Florya-Küçükçekmece kıyı çizgisi de bu doğrultuya paraleldir (Şekil 2).



Şekil 2 — Uzay görüntüsü. (NASA ERTS. E, 17 JUN 75, MSS5).

Kağıthane vadisi KD-GB doğrultusunda açılmıştır. Rumelikavağı - Kefeliköy doğrultusunun uzantısı gibi görülür. Bu dik açılı drenaj paterni Boğazın her iki yaka-

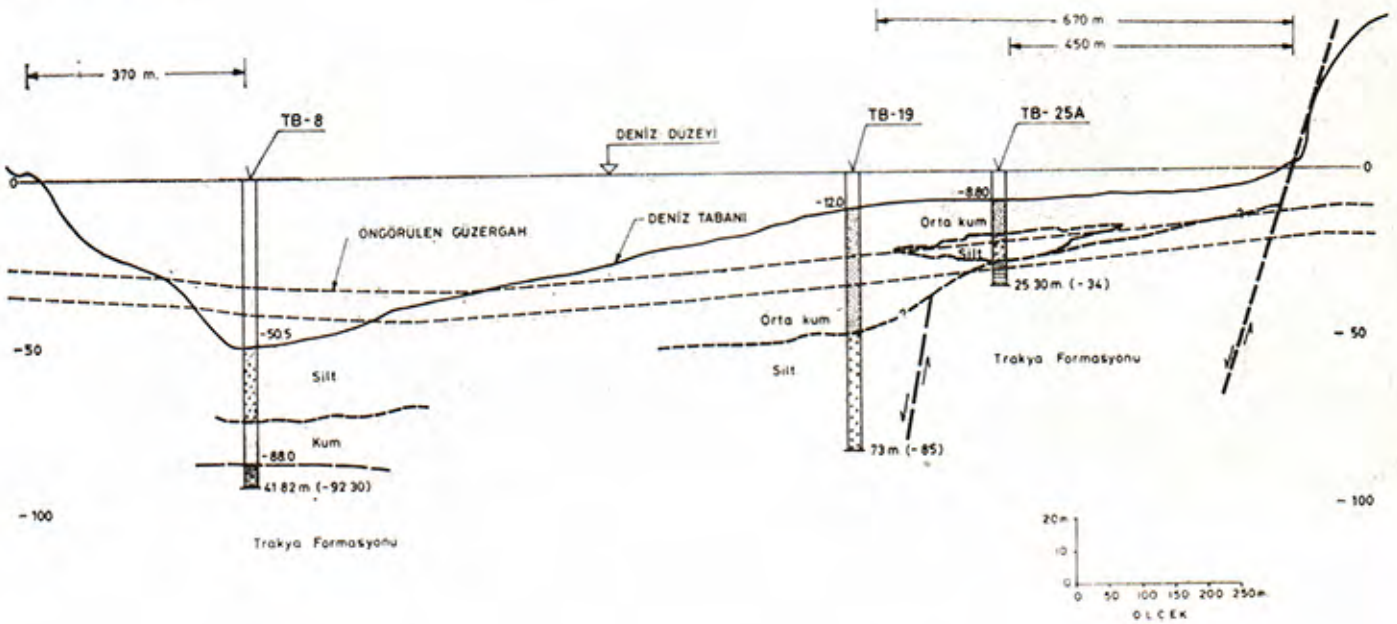
sındaki büyük vadilerde de belirgindir. Drenaj ağındaki 2. ve 3. yankollar çoğu dendiritik veya yarı dendiritik paternde gelişmiştir.



Şekil 3 — Tüp tünelleri geçişi ve metro güzergâhları mevki haritası.

SARAYBURNU

İNADIYE



Şekil 4 — Sarayburnu-İnadiye kesidi.

Boğazın her iki yakasındaki jeomorfolojik unsurlarda görülen KD-GB veya KB-GD doğrultulu lineasyonların, başlıca eklem takımları, fay ve makaslama gibi yapısal unsurların denetiminde olduğu anlaşılmaktadır. Kocaeli pennepleni üzerindeki, Pliyosen-Pleyistosen örtüsünden, vadilerin derinleştikleri anlaşılmaktadır. Çoğu Boğaza dökülen derelerin mansap kesimlerinde, oldukça geniş ve 10-15 metre kalınlığında alüvyon çökelleri bulunmaktadır. Alüvyon çökellerinin deniz düzeyi altında da devam ettiği bilinmektedir.

İstanbul Boğazının oluşumu hakkında, çeşitli görüş veya teoriler vardır (Scholten, 1961). Bölgenin neotektonik tarihçesi, Tersiyer Sonu penneplenleşme, drcnaj ağı, iki yakadaki eğimli traçaların varlığı, deniz dibi topoğrafyası, derelerin ağızındaki basamaklar vb.. bulgulara göre; İstanbul Boğazının eklem takımları ile fayların kontrolünde açılmış eski bir vadi olduğu ve Pleyistosen döneminde gömülerek bir deniz bağlantısı oluşturduğu kabul edilmektedir.

STRATİGRAFİK İSTİF

Sarayburnu - Salacak arasındaki tüp güzergâhı boyunca, temel kayası olarak Karbonifer sistemine ait, Trakya formasyonu bulunmaktadır. Trakya formasyonu, başlıca sıkı, oldukça sert, iyi çimentolanmış, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve yerel konglomera veya kireçtaşı düzeylerinden oluşmaktadır. Temel kayasının paleotopoğrafyasında belirgin yükselti farkları vardır. Yüzeyde tesbit edilen bazı fayların Boğazın altında ve Marmara Denizinde de benzerlerinin bulunduğu anlaşılmaktadır.

Temelin çukurluklarını farklı kalınlıklarda Boğaziçi sedimanları doldurmuştur. Başlıca kum, kısmen silt ve kilden oluşan bu sedimanlar arasında çakıllı ve kavkılı düzeyler de vardır. Kalınlık 10 m. ile 70 m. den daha çok olabilir.

Sondaj verilerine göre ilk 0.5-1 m. arası başlıca orta taneli kumdur. Açık kahverengi, temiz ve homojen görünümlüdür. Daha altta ince kum ve kavkılı kum vardır. Bu yüzey, 8-10 m. ye kadar devam etmektedir. Daha altta, kum düzeyleri gri renktedir. İnce malzemenin yüzdesi derinlikle artmaktadır. Alt düzeylerde bazı tatlı su fosilleri bulunmuştur.

SARAYBURNU-İNADIYE GÜZERGAHINDAKİ SONDAJLAR

Bu güzergâhta; TB-8, TB-19 ve TB-25A sondajları yapılmıştır. Bu sondajların lokasyonları ekteki taslak harita ve kesitte görülmektedir. Güzergâh boyunca Boğazın genişliği, su düzeyinde, yaklaşık 1950 m. dir. Koşullar nedeniyle bozulmamış numune alınamamış, deneyler SPT tüpünden sağlanan temsili numunelerle yapılmıştır.

TB-25A SONDAJ

Bu sondaj, İnadiye kıyısından yaklaşık 450 m. açıkta yer almaktadır. Su derinliği 8.80 m. ölçülmüştür. TB-25

sondaj lokasyonu PTT kablosuna rastladığı için yer değiştirilmiştir. Sondaj logu Şekil 5'tedir. Temel kayasına -27.60 m. de girilmiştir. Kum kalınlığı 18.75 m. dir. Üstten 12 m. orta kum ve alt kısım daha ince kumdur. Bu lokasyonda, temel kayası ile kum sınırı öngörülen Tüp düzeyine rastlamaktadır.

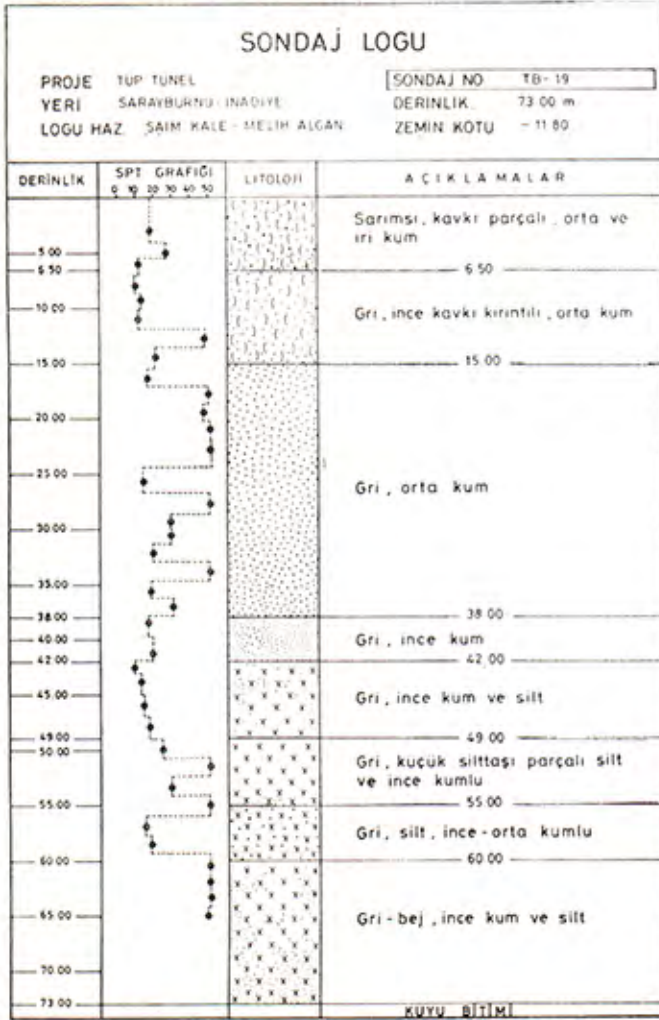
SONDAJ LOGU			
PROJE	TÜP TUNEL	SONDAJ NO	TB-25A
YERİ	SARAYBURNU-İNADIYE	DERİNLİK	25.30 m.
LOGU HAZ.	SAİM KALE-MELİH ALGAN	ZEMİN KOTU	-8.80
DERİNLİK	SPT GRAFİĞİ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
			Orta kum
5.00			İnce kum
7.50			İnce-orta kum
9.00			İnce kum
10.00			Kil ve ince kum
10.50			İnce kum, silt, kil
12.50			İnce kum, silt
15.00			İnce kum
18.75			Koyu bej, silttaşı, sık çatlaklı, çatlak yüzü kayma izli ve FeO'li Sondaj nedeni ile parçalı. 21.20-21.40 arası breşli kil (TRAKYA FORMASYONU)
20.00			
21.40			
22.40			
24.00			
25.00			
25.30			
			KUYU BİTİMİ

Şekil 5 — TB-25A Sondajı logu.

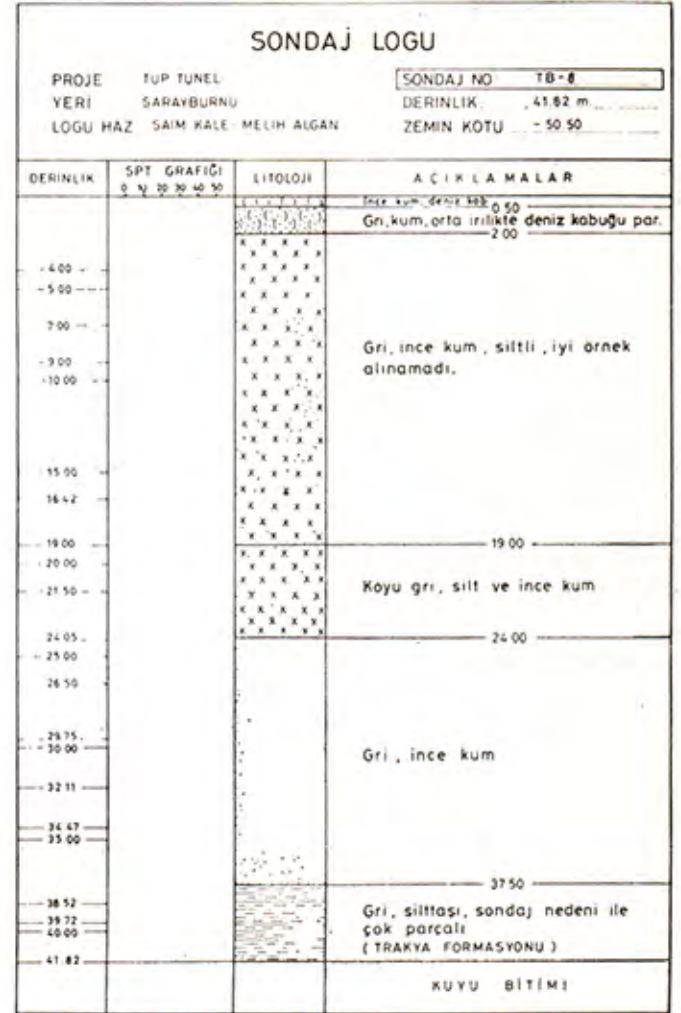
TB-19 SONDAJ

Bu sondaj, İnadiye kıyısından 670 m. ve TB-25A sondajından 220 m. uzaklıkta açılmıştır. Sondaj, -84.80 m. ye kadar devam etmiş, fakat temel kayasına girilmiştir.

TB-19 sondajının logu Şekil 6'dadır. İlk 6.50 m. de açık renkli orta boyda kum; 38 m. ye kadar gri, orta kum geçilmiştir. Daha derinde 49 m. ye kadar gri, ince kum bulunmaktadır. Bu kısımda gri, ince kum, silt ve daha ince çökellerle ara tabakalıdır. SPT sayısına göre bağli olarak kum orta yoğunluktadır. Elek analizleri tane boyunun likifiye olabilecek zonda bulunduğunu göstermektedir.



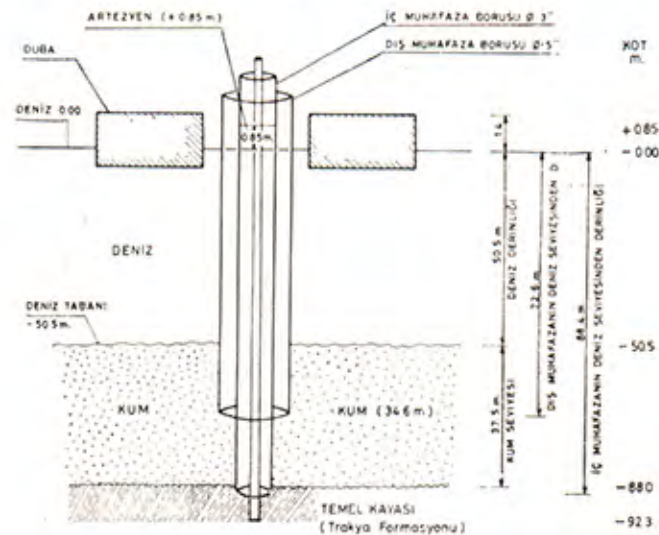
Şekil 6 — TB-19 Sondajı logu.



Şekil 7 — TB-8 Sondajı logu.

TB-8 SONDAJ!

Bu sondaj, Sarayburnu - İnadiye güzergâhında su kalınlığının en çok olduğu veya bir başka deyişle Boğaz-



Şekil 8 — TB-8 sondajın taslak kesiti.

zın en derin olduğu yerde açılmıştır. Su derinliği 50.50 m. ölçülmüştür. Sondaj Sarayburnundan 330 m. uzaklıktadır. Akıntı ve dalga nedeniyle sondaj platformunun demirlenmesi ve 5" lik muhafaza borusunun indirilmesi çok zor olmuştur. Muhafaza borusu tabana ulaştıktan sonra, üstteki ince kabuk tabakası basınçla geçilmiştir. Daha sonra muhafaza borusu 20 m. ye kadar kendi ağırlığı ile aşağıya inmiştir. Bu muhafaza borusunun içinden, 3" lik ikinci bir muhafaza borusu, aynı şekilde 37.5 m. inmiştir. Böylece içteki muhafaza borusu -88 m. de temel kayasına ulaşmıştır. Sondaj kuyusu tamamlandığında, kuyu içerisindeki su düzeyinin +0.85 m. olduğu görülmüştür. Su düzeyi 10 dakika basınçlı hava ile düşürülmüştür. Daha sonra su aynı düzeye yükselmiştir (Şekil 8).

Sondaj kuyusundaki bu basınçlı suyun, çevredeki bir akiferle veya fay zonundaki bir yeraltısuyu hareketiyle ilgili olabileceği düşünülmektedir. Geçilen bu zayıf zonun oynak kum (quick sand) olması da sözkonusudur.

Sarayburnu - İnadiye Tüp güzergâhında açılan, bu 3 sondajda; Boğaziçi sedimanları başlıca farklı kalınlıklardaki kum tabakalarından oluşmaktadır.

Alınan numunelerin granülometrik analizine göre likifiye potansiyeli akıcı kuma karşılık gelmektedir. Aynı zamanda oynak kum özellikleri de sözkonusudur. Diğer sondajlarda bu özellikler denetlenecektir.

LABORATUAR DENEYLERİ

Boğaz'daki koşullar nedeniyle yapılan sondajlarda bozulmamış numune almak mümkün olmamıştır. Elek analizleri, SPT sırasında yarıklı tüp (split spoon) ile alınan temsili numunelerle yapılmıştır.

Üst tabaka başlıca orta boyda homojen kumdan; alt tabaka ise yaklaşık % 50 kum ve % 50 siltten oluşmaktadır.

Laboratuar deneyleri, İTÜ Zemin Mekaniği Laboratuarında yapılmaktadır.

BOĞAZIÇI SEDİMANLARININ JEOTEKNİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, Boğaziçi sedimanlarının mevcut verileri, jeoteknik özellikleri bakımından bir ön değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üst Kum Tabakası

- a — tane boyu: bitevil, orta kum (0.3–1.2 mm)
- b — Zemin sınıfı: SP
- c — $\gamma_s = 1.75 \text{ t/m}^3$
- d — $\gamma_w = 2.20 \text{ t/m}^3$
- e — $k = 10^{-2} \text{ cm/sec}$
- f — Suda doğal yamaç açısı: 25°
- g — Derecelenme likifiye olabilecek zonda bulunmaktadır.
- h — Bazı zonlar oynak kum özelliğindedir.
- i — Tüp tünelin çoğu bu kum tabakasında inşaa edilecektir.
- j — Taşıma gücü araştırılmaktadır.

Alt tabaka

- a — Tane boyu: başlıca silt ve ince kum (0.01-0.4 mm)
- b — Zemin sınıfı: ML
- c — $\gamma_s = 1.6 \text{ t/m}^3$
- d — $\gamma_w = 2.0 \text{ t/m}^3$
- e — $k = 10^{-2} \text{ cm/sn}$
- f — Atterberg limitleri
LL 30-40 %
PL 17-23 %
PI 13-21 %
- g — Suda doğal yamaç açısı: 20°
- h — Derecelenme likifaksiyon potansiyelini göstermektedir. Ancak değerler üst tabakadan daha iyidir.
- j — Taşıma gücü araştırılmaktadır.

Alınan numunelerin laboratuar analizlerine göre; Boğaziçi formasyonunun üst kısmı bitevil orta kum (0.3-1.2 mm) boyunda, likifaksiyon potansiyeli yüksek veya oynak

kum niteliğinde, ince taneli çökellerden oluşmaktadır. Tane boyunun Üsküdar yakasından Sarayburnu yönüne doğru incelendiği anlaşılmaktadır. Sarayburnu yönünde Boğaziçi formasyonunun daha ince taneli kum ve siltli kumdan oluşmasının, Haliçten taşınan çökellerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- BAYKAL, F. - KAYA, O. (1963), İstanbul Bölgesinde Bulunan Karboniferin Genel Stratigrafisi; M.T.A. Dergisi, Sayı 61.
- BENER, M. (1963), İstanbul ve Çevresinin Jeomorfolojisine ait ilk not; Coğ. Enst. Derg. No. 13.
- D.S.İ. (1974), İstanbul Bosphorus Submarine Pipeline Crossing.
- FREEMAN FOX-BOTEK (1985), İstanbul Boğazı İkinci Karayolu Geçışı.
- GÜNGÖR, M., (1977), Eyüp-Kağıthane-Mecdiyeköy Civarının Jeomorfolojisi; İst. Üniv. Coğrafya Enst. (Mezuniyet tezi).
- İSKİ-İ.T.Ü. (1983), Engineering Geology and Rock Mechanics Report for Eyüp Tunnel Route.
- İSKİ-İ.T.Ü. (1983), Engineering Geology and Rock Mechanics Report for Fatih Tunnel Route.
- İSKİ-İ.T.Ü. (1983), Engineering Geology and Rock Mechanics Report for Haliç Tunnel Route.
- İSKİ-GEOTEKNİK. (1984), İstanbul Sewerage Project Ahırkapı Discharge Area, Boreholes Report.
- MATER, B., (1967), Beşiktaş-Üsküdar Kıyıbölgesi Jeomorfotajı İst. Üniv. Coğrafya Enst. (Mezuniyet tezi).
- MOTT, HAY and ANDERSON Int. Ltd. GAMB Göncer AYALP (1983), Galata Bridge İstanbul Final Report; KGM 17 Bölge Müdürlüğü.
- ÖNALAN, M., (1982), Pendik Bölgesi ile Adaların Jeolojisi ve Sedimenter Özellikleri; İst. Üniv. Yerbilimleri Fakültesi Jeoloji Müh. Böl., (Doçentlik tezi).
- ÖZÜER B., (1975), Çataklı Grovak ve Killiistlerin Mühendislik Özellikleri, İ.T.Ü. İnşaat Fak., (Doktora tezi).
- PEYNİRCİOĞLU, H., (1976), Haliç Sahillerinin Temel ve Stabilité Sorunları, Boğaziçi Üniversitesi Haliç Sorunları ve Çözüm Yolları Ulusal Sempozyumu.
- SAYAR, C., (1976), The geology of the Golden Horn (Haliç) and Surrounding Region; Bosphorus University National Symposium on the Golden Horn.
- SOKULLU SEZEN DENİZDİBİ İŞLERİ (1978), Kadıköy Sewerage Marine Discharge Lines, Geotechnical Report.
- TOĞROL, E., (1975), Haliç'in Jeoteknik Sorunları, İ.T.Ü. Haliç Sempozyumu.
- TÜRKÜM, Ç., (1962), Haliç-Küçükçekmece Gölü Arasındaki Bölgenin Morfolojisi; İst. Üniv. Coğrafya Enstitüsü, (Mezuniyet tezi).

KESEREK TAŞ ÇIKARMA YÖNTEMLERİ

Kemâl ERGUVANLI*

GİRİŞ

Gözlemler ve yapılan araştırmalar ilk insanlarla beraber taşın aranıp bulunduğunu, çeşitli şekillerde çıkarılıp, değişik amaçlarla kullanıldığını göstermektedir.

Taş çıkarma yöntemleri, kronolojik olarak incelendiğinde, taş devrinden (Paleolitik) bu yana, sırasıyla taşla işleme, kanal ve oluk açma, kama ve sivri uçlar kullanma gibi yöntemlerle, büyük blokların çıkarıldığını ve daha sonraları, kesici ve patlatıcı yardımcılarıyla taş üretiminin yapıldığı görülmektedir.

İ.Ö. 3000-2000 yılları arasında, Mısırdaki Mezopotamya'da, Anadolu'da, keserek taş çıkarıldığını ve taşa şekil verildiğini, eski eserlerde ve Müzelerde bulunan bloklar üzerinde görülen izlerden anlamaktayız (Şekil. 1,2).



Şekil 1 — Antik granit blokları üzerinde kesme izleri (Mısır, Kahire Müzesi, Zuber).

Birbirlerine paralel ve düz şekilde olan bu kesmelerin nasıl ve ne tür araç ve gereçle yapılmış oldukları, bu gün kesin olarak bilinmemektedir. Araştırmacıların yaptığı açıklamalar, taş çıkarmada, hafif ve kıvrık kesicilerin kullanılmış olduğunu, bu çağlarda var olan bakır ve bronzun, yalnız başına, granit, bazalt ve diâbaz gibi sert taşları kesmeğe yeterli olmadığı, kesici sert taşların, bir çerçeve üzerine yerleştirilmiş bulunmasının, ayrıca aşındırıcı maddelerin kullanılmış olmasının gerektiğini belirtmektedirler. Mısırdaki, tarih öncesi çağlara ait yerlerde bulunan, kırık bakır lamalar ve Mısır Müzesinde saklanan üzeri 2 cm. uzunlukta ince sileks dişlerinin yerleştirilmiş kıvrık şekilli kesiciler bu düşünceleri desteklemektedir (Şekil. 2).

Bütün bu gözlem, belge ve bilgiler, keserek taş çıkarmanın ve işlemenin ne zaman, nasıl ve ne tür araç ve gereçle yapıldığını açık ve seçik şekilde ortaya koymaktan uzaktır. Yeni belge ve gözlemlerle bu parçalar üzerinde yapılacak ayrıntılı kimyasal ve spektrografik analizler konuyu aydınlanacaktır.



Şekil 2 — Üzerlerinde 2-2.5 cm. uzunlukta sert sileks parçacıkları yerleştirilmiş kesici (Kahire Müzesi, Zuber).

* Prof. Dr., İ.T.Ü. Maden Fakültesi.

ANADOLUDA KESEREK TAŞ ÇIKARMAYA AİT BELGELER

Birçok uygarlıkların doğup büyüdüğü, gelişip yayıldığı, pek çok eser ve belge bıraktığı Anadolu'da, yaşayan insanların, kesici kullanarak ocaklardan, değişik boyda blok ve kalın plaka (dilim) aldığını, bir çok antik ocakta görmekteyiz.



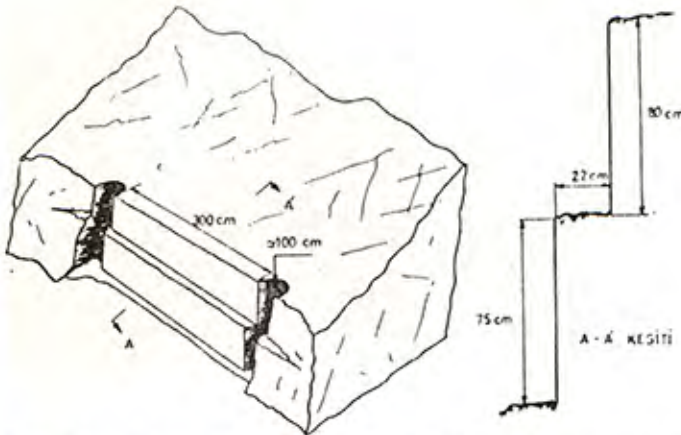
Şekil 3 — Afyon tel testere ocaklarından biri (1970, Yüzer).

Anadoluda, görebildiğimiz kadarı ile, Afyon (Synnada) Efes, Bafa (Hereklea), Seferihisar (Theor), Bilecik-Vezirhan, Kütahya-Yoncalı antik ocaklarında kesme izleri iyi görülmektedir. Bunların içinde Afyondaki "Tel Testere" ocakları en iyi bilinen ve tanınan antik taş ocaklarıdır (Şekil 3).

Afyon, İncehisar'da telle kesilerek taş çıkarıldığını gösteren 7-8 ocak vardır. Bu ocaklar, bu günün mermercilerine, klavuzluk etmekte yer ve yol göstermektedir.

Burada, kesme sisteminin esası, ortasından veya her iki ucundan dikine asılmış, bir çerçeveye yerleştirilmiş, ince ya da kalınca ($-2 \approx 8-10$ cm'lik) madeni tel veya lamaların ileri-geri hareket ettirilmesi ve kesilecek yere, üstten sert kum ve su dökülmesidir.

Kesme, iki uçta duran insanların, çerçeveyi ileri-geri hareket ettirmesi ile gerçekleşmektedir. Sonraları, istenilen boyda taş alma, daha kolay çalışma ve üstten

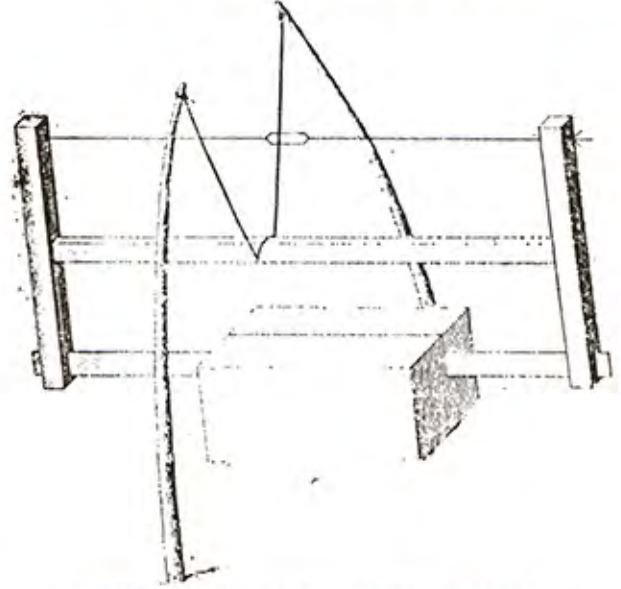


Şekil 4 — Afyon tel testere ocaklarından birinin ayrıntılı çizimi (A. Tunç, 1984).

dökülen su ve kumları toplama amacıyla iki uçta açılan kuyuların içinde insanların çerçeveyi çalıştırması yöntemiyle geliştirilmiş ve bu suretle, istenilen boyutta ve daha kısa zamanda blok alma sağlanmıştır (Şekil. 4).

Taşlar, kama ya da telin ileri-geri hareketi ile uygulanan kuvvetin ve üstten dökülen sulu silis kumu (şlam) un aşındırıcılığı ile kesilmekte, bu sırada testere de aşınmaktadır.

Kesme çerçevesinin tek askılı (Şekil. 5) olması, gergi tellerinin gevşek ya da sıkı bulunması kesmeyi zorlaştırmakta, kesilen taş yüzlerinin dalgalı ve düzensiz olmalarına neden olmaktadır. Bunun için çift ve karşılıklı ağırlıkların konulması gerekmiştir (Şekil 6). Bugün de tel testere yöntemi, aynı ilke ile çalışmaktadır.



Şekil 5 — Tek askılı kesme çerçevesi.

KESEREK TAŞ ÇIKARMADA UYGULANAN YÖNTEMLER

Bu gün ocaklardan keserek taş çıkarmada, çok eskiden beri kullanılan geleneksel yöntemlerle, son yıllarda kullanılan modern yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu yöntemler şöyle özetlenebilir.

1 — Testerelerle kesme

a) Düztestere - Lama (Lame, blade)lar

- a) Tek lamalı (unilame)
- b) Çok lamalı
- c) Dairesel testere (Zımpara taşı)
- d) Teltestere (wire saw)
- . Çelik tel (fils helicoidale)ler
- . Elmaslı tel (fils diamantée)ler

2 — Zincirli testereler (Haveuse) Rouilleuse)

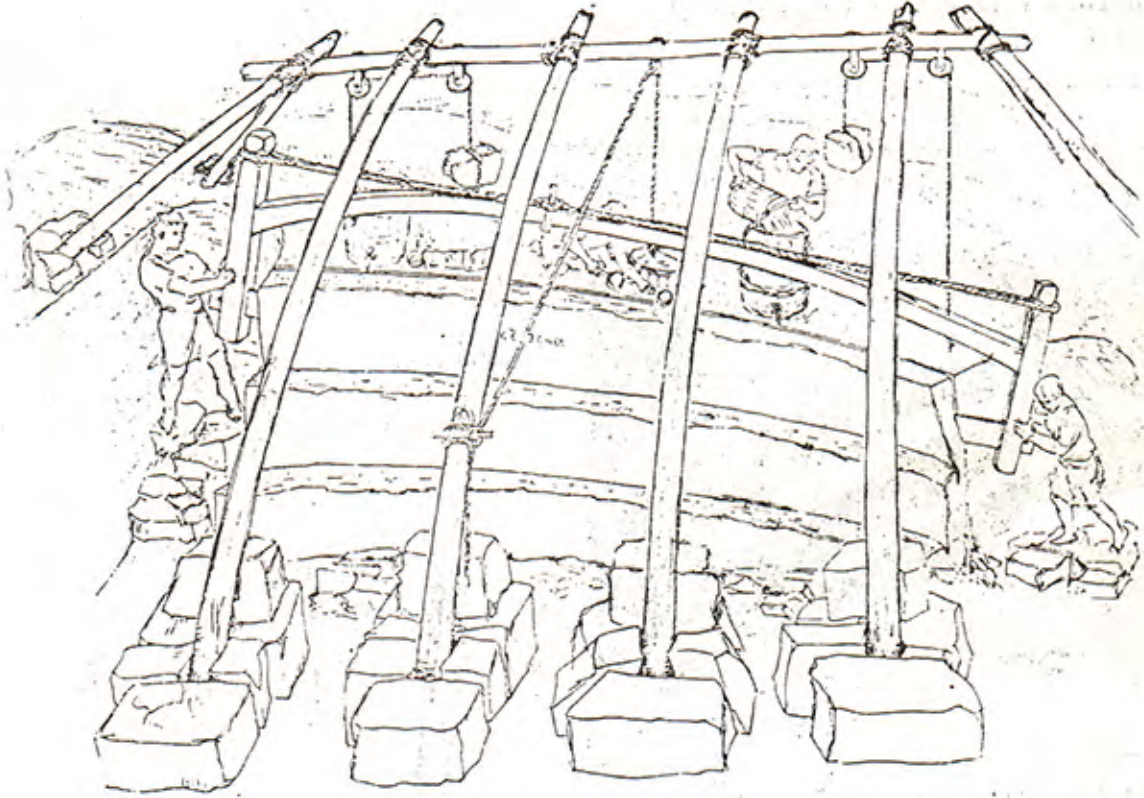
- . Düşey (Rouillage)
- . Yatay (Havege).

3 — Termik Yöntem (Thermal Lance)

4 — Basınçlı Su (Water jet)

5 — Ultrasonik ve Laser Yöntemi

ile taşlar kesilmektedir.



Şekil 6 — Tek askılı kesme şeklinin model gelişimi (Röder).

1 — Testerelerle Kesme

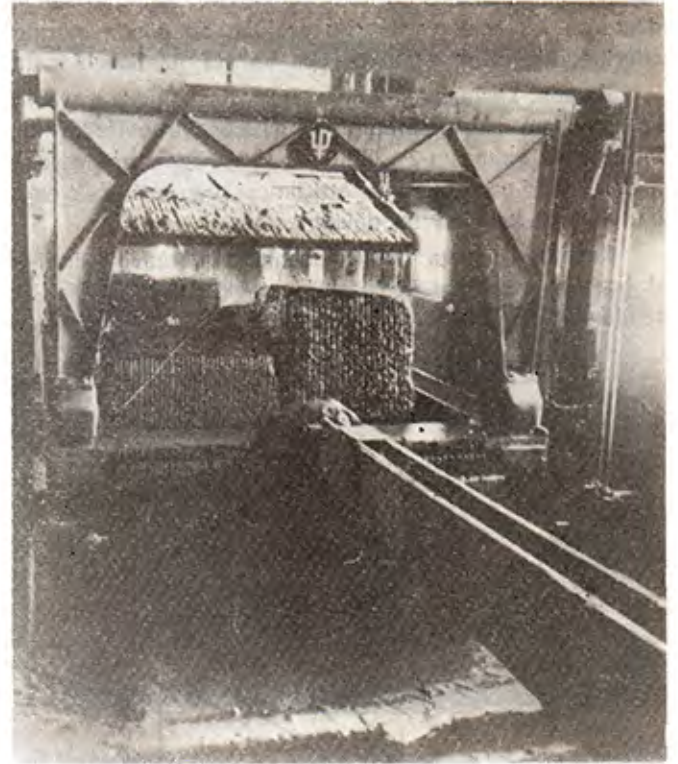
Demir ya da diğer maddelerden yapılmış düz ve keskin kenarlı demir lamalar kullanılarak taş kesme ve çıkarmanın eski devirlerden bu yana kullanıldığını Anadolu'da, Akdeniz ülkelerinde, Mısırlılar, Frikya-Karya ve İonya da görmekteyiz. Bu yolla çok miktarda ve büyük boyutlarda (2-3 m) taş çıkarmışlar ve yapılarda kullanmışlardır. Bu yöntemle işletilen taş ocaklarının örneklerini Afyonda (Synnada), Efeste, Sefrihisar (Theos)ta, Bafa (Hereklea) da görmekteyiz.

Romalılar ve Frikyalılar (İ.Ö. III. Yüzyılda) testere kullanarak taş çıkarmak için önce iki kenarda demir kuyular açmış ve buraya girerek taşı kesmiş, dilim, dilim plakaları almıştır (Şekil. 33,6)'da Afyonda tel testere ocaklarında keserek taş çıkarmanın çalışma şekli gösterilmiştir.

Eskiden taş kesmede, lama ya da tel, elle hareket ettirilirken, kas gücünden yararlanırken, bugün kol kuvveti yerine, elektrik enerjisi kullanılmaktadır.

Katrak(Lama, Testere, Bıçak)larla Taş Kesme

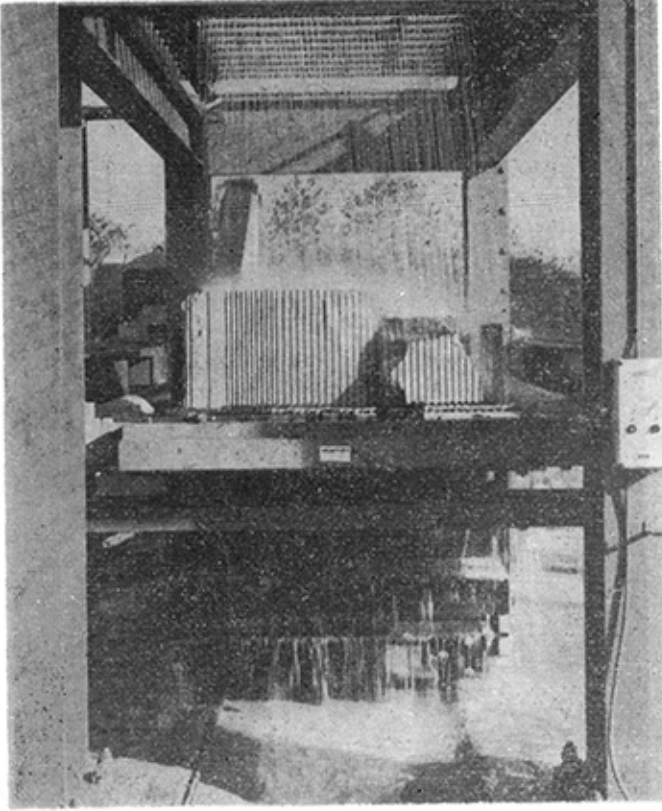
Zamanla tek (bıçaklı) lamalı testere, çok lamalı hale getirilmiş ve 1900'lerden sonra çok lamalı ve elmaslı testere (katrak, multilame, Fram saw) lar yapılmıştır. Bu gün Avrupada, çok değişik boyda ve sayıda çok modern çok lamalı katrak yapan fabrikalar kurulmuştur (Şekil. 7,9).



Şekil 7 — 1950'lerde Anıtkabirde kullanılan bir katrak.

Bu fabrikaların yaptığı modern katraklar yurdumuzda pek çok mermer fabrikasında kullanılmaktadır. Bu tür kesme makinalarının özellikleri ve fiyatları firma kataloğlarında ayrıntılı olarak verilmektedir.

Bu yöntemde, ocaktan gelen blok (tomruk)lar bir vagon (Çerçeve, Araba) üzerine konur, sağlamlaştırılır, kesici lamaların (katrak)'ın altına getirilir. Lamaları taşı-



Şekil 8 — Bu gün çok kullanılan bir kattrak (Breton).

yan üstteki tablanın blokların üzerinde ileri geri hareketi ile ve sulu kuvars kumlarının yardımıyla, bloklar plaka (levha)lar halinde kesilir. Bu gün, 14-15 m'den büyük tomrukları kesen katraklar vardır. Bu yöntemle Çelik lamalarla, 8 m'lük mermer blok 120 saatte kesilip 240 m² levha elde edilmektedir. Katraklarda, kesme ile 1.5, 2, 4, 10 ve 20 cm. kalınlıkta plakalar elde edilir. Kesme hızları da çok değişiktir; Saatte 1-1.5 cm. olanları vardır.

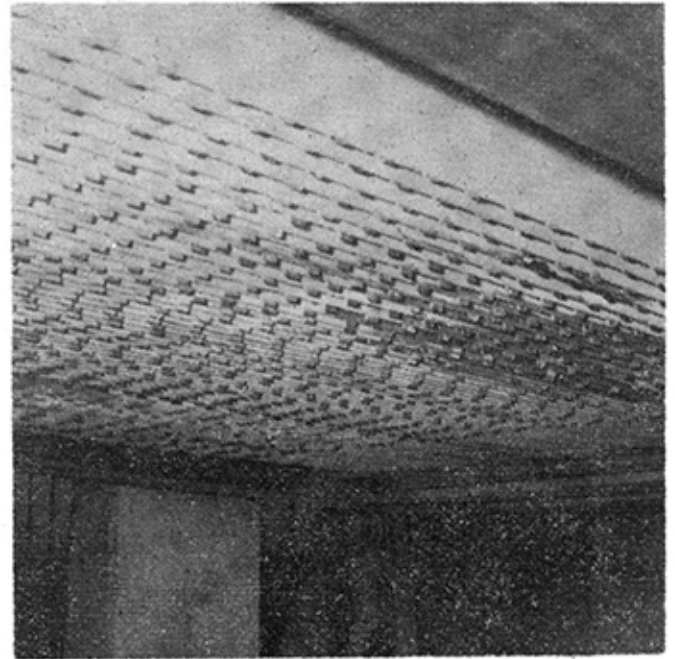
Elmas soketli katraklarda ise kesme hızı çok yüksektir. 8 m'lük bloklar 48'te kesilmektedir. Motor güçleri 65-85 HP kadardır. Yatay ve düşey tablalı olabilir. Blokların yüklendiği arabanın sabit ya da yukarı doğru hareket eden türleri vardır. Çelik, elmas soketli lamaların yerine son yıllarda teller konulmuş ve "Telli Katrak"lar yapılmıştır (Şekil 9).

Bu makinaların en ekonomik olanları, bir çerçeve üzerine takılmış ve üzerlerinde elmas uç (soket)leri taşıyan 30-110 lamadan oluşan modern katraklardır. Bunlarda kamalar, düşey ya da yatay olarak çalıştırılabilir.

Uzunlukları üzerlerine takılan çerçevelerin boyutlarına bağlıdır. Lamaların kalınlık ve yükseklikleri de kullanılan çeliğin kalitesiyle ilgilidir.

Lama kalınlıkları arttıkça, elmas soketler kalınlaşır, çerçeve ağırlaşır, motor gücü, zayıflar ve kesme süresi artar.

Kattrak lamalarına takılan soketlerin uzunlukları genellikle, 20 mm.; elmas kısmın kalınlığı 5 mm.; elmasız alttaki kısmın kalınlığı ise 2 mm. dir. Burada önemli olan, elmaslı kısmın alttaki kısma kaynağı, düşmeden bitinceye dek kullanılmasıdır. Bu da ayrı bir patent ve yapım işidir. Uygulama da önemli olan, kesilecek taşın litolojik ve yapısal özelliklerine uygun, daha fazla dayanan, daha geç aşınan ve daha yüksek randıman veren lamaların ve soketlerinin seçilmesidir. Bu da problemin diğer bir yönüdür.



Şekil 9 — Modern katraklarda elmas uçlu soketler ve lamalar (SEA).

Dairesel Testereler

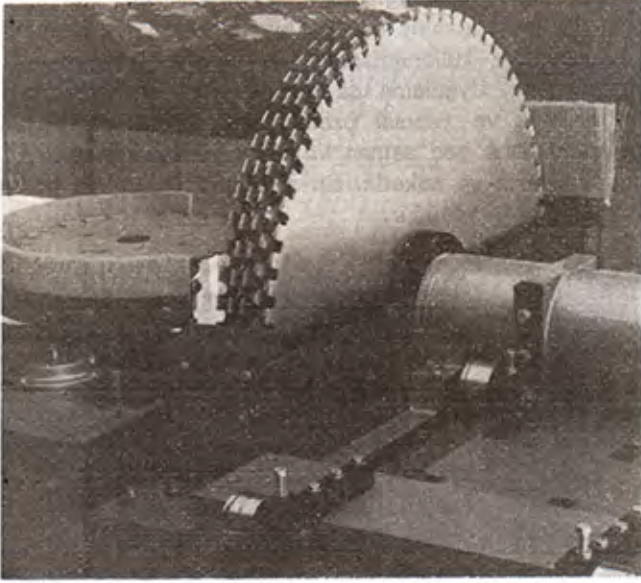
Taş kesmede, zamanla, düz lamalarla beraber dairesel testereler de kullanılmaya başlanmıştır. Önceleri demirden, çelikten ve doğal zımpara (korendon) tozundan yapılan ufak çaplı (25-45 cm.) diskler, bu gün laboratuvarlarda, taş kesme ve ince kesit yapmada kullanılmaktadır.

Birçok ülkede ve Türkiyede, mermer ve granit kesmede, blok almada, plaka kesmede, plaka ya da fayans yapmada değişik çap, tür ve özellikle dairesel testereler yapılmakta ve kullanılmaktadır (Şekil 10, 12).

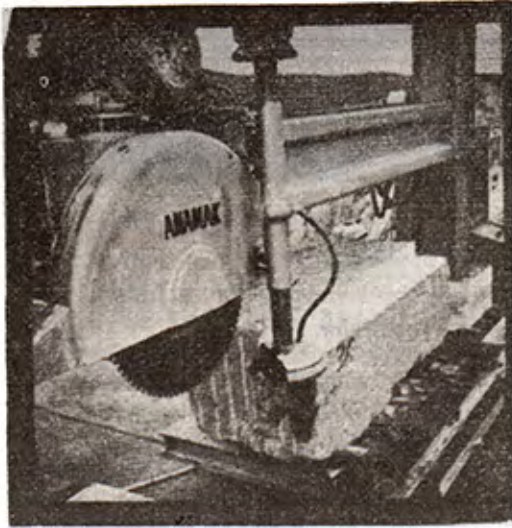
Bu tür kesicileri yapan birçok fabrika vardır ve bunlar yarış halindedirler. Laboratuvarlarında yaptıkları araştırmalarla yarış kazanmak, piyasayı tutmak istemekte-

dirler. Önemli olan, kullanılan makinaya, kesilecek taşın litolojik yapısal ve fiziko-mekanik özelliklerine ve motor güçlerine en uygun olan, aheng sağlayan, süratli ve düzgün kesim yapan tiplerin seçilmesidir.

Dairesel disklerin çapları 25-350 cm. arasında, çevresel hızları (40-65 m/s), kullanılan motorün güçlü (70-135 HP) dolaylarında değişmektedir.



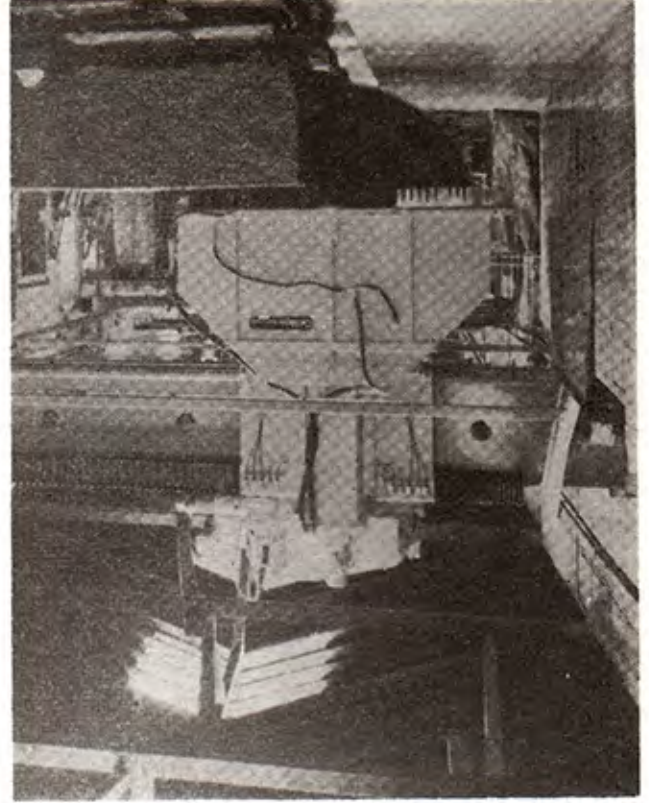
Şekil 10 — Kalker ve graniti düşey ve yatay olarak kesen elmas uçlu testere (Pedrini).



Şekil 11 — Yerli yapım elmas uçlu blok kesme makinası:
Düşey testere çapı: 0.8/1.6 m.;
Yatay: 0.3/0.45 m.;
Max. kesilebilen blok: 3.5 x 2.5 x 2 m.;
Vagon büyüklüğü: 2 x 3 m.;
Vagon Kapasitesi: 30 ton;
Düşey testere motor gücü: 125 HP;
Yatay testere motor gücü: 20 HP. (Anamak).

Kesmede diskin çapı, kalınlığı, dişlerin sık ya da aralıklı oluşları ve buna bağlı soket adedi, soketteki elmaslı ve elmassız kısımların kalınlıkları, disk'e kaynak şekli ve teknolojisi önemlidir.

Dairesel testerelerin, mimari işlerde, kaplama da, şekil vermede kullanılan, kolayca taşınabilir ve sessiz çalışır (Portatif tipleri) türleri de yapılmıştır.



Şekil 13 — Otomatik çalışan dairel çelik testere. Çap: Düşey: 1.60 m. Yatay: 0.7 m.) (Carlmayer).

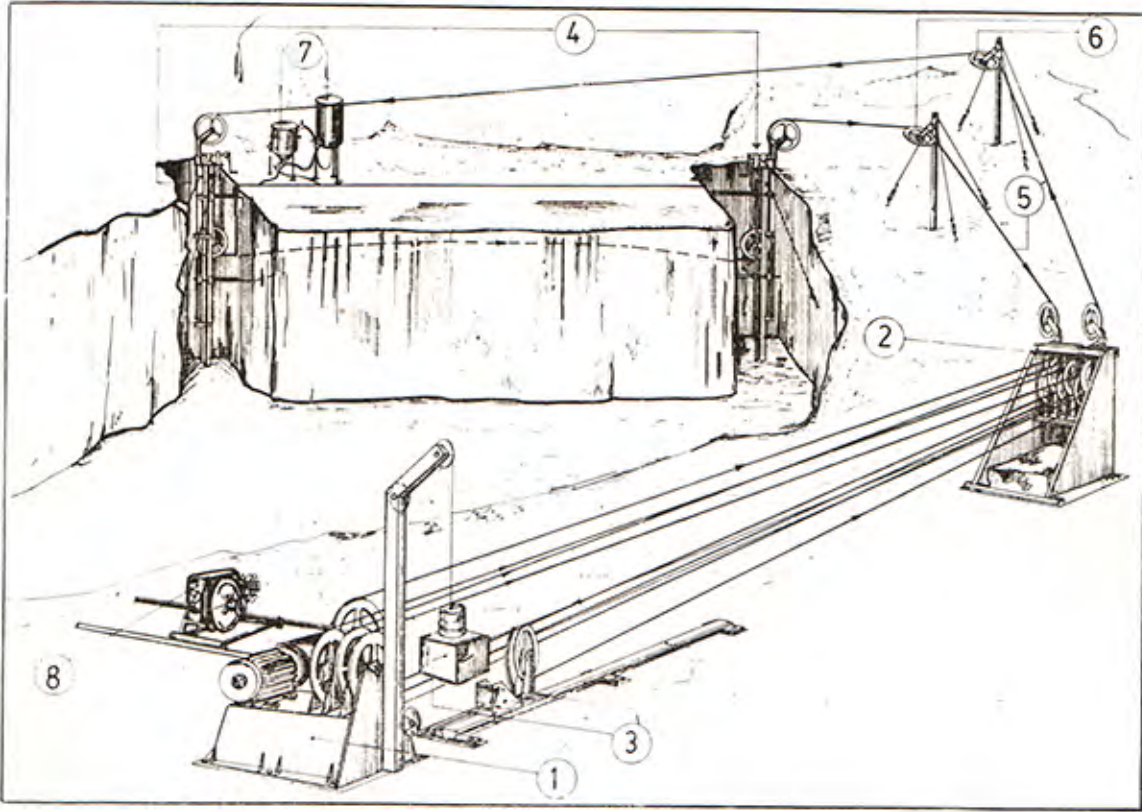
TEL TESTERELERLE TAŞ KESME

Lama ve tellerle taşları keserek taş çıkarma taş devirlerine kadar uzanmaktadır (Şekil 3).

Bugün dünyanın çeşitli ülkelerinde, çok kullanılan telle keserek taş çıkarma yönteminde, tel (çelik ya da elmaslı) halat, motor, deliciler, makaralar, gergiler, ağırlıklar, sargı tamburu, aşındırıcı, su v.b. kullanılmaktadır (Şekil. 14).

Çelik tel halatlar, çapları 2.10-2.40 mm. olan özel sertleştirilmiş, 3 telin 5 mm. çaplı bir halat oluşturacak şekilde birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Çelik telin yapımında, 1 m. içindeki büküm sayısı, uzunluğu, aralıkları, çapları ve kesme esnasında oluşacak ters kuvvetlere göre verilecek büküm yönü önemlidir.

Belirli bir baskı ile taşın üzerine uygulanan halatın, bükümleri arasına giren sulu silis kumu taşı keser; Burada su, malzemeyi büküm boşluklarına iten, sürtünme ısını düşüren, temizleyici ve taşıyıcı bir kuvvettir.



Şekil 14 — Tel testere donanımı ve kesimi:

- 1 — Hareket düzeni,
- 2 — Makara düzeni,
- 3 — Germe düzeni,
- 4 — Klavuz direkleri ve makaraları,

- 5 — Kesme teli,
- 6 — Yönlendirme direkleri ve makaraları,
- 7 — Su ve kum besleyicileri,
- 8 — Çekme tamburu.

Kesmede kullanılan kumların temiz, kilsiz olması ve belli çaplarda, belli oranlarda bulunması, ve % 96'dan fazla silis içermesi istenir.

Afyonda tel kesmelerinde kullanılan silis kumlarının çapları:

- 1.5 mm. - 0.5 mm. ... % 2
- 0.5 mm. - 0.3 mm. ... % 90
- 0.3 mm. > ... % 8

dolayındadır.

Kesmede, büküm özellikleri, kum türü, çapları ve su oranı önemli rol oynar. Fazla su verilmesi halinde, aşındırıcı sürüklenip gider. Su az verilirse tel, kum arasında sıkışır, hareketi yavaşlar ve kopar. Genelde su tüketimi 350 - 400 lt/m² dolayında olmalıdır.

Çelik halatın hareketi, güç ünitei (elektrik, diesel motor) ile sağlanır. Seçilecek güç, taş türüne, sertliğine, yapısal özelliklerine ve istenen kesme hızına bağlıdır (genelde 7.5 - 25 HP dir).

Çelik tel halatı, mermer üzerinde istenilen şekle göre ayarlayabilmek için, delicilerle boşluklar açılır. Bunlara klavuz, yardımcı ve destek makaralar konur veya

teller geçirilir (Şekil. 14). Makaralar, uç doğrultuda hareket edebilir. Bunlar, civatalarla istenilen şekilde sabitleştirilebilir, sürtünmeyi azaltır, zararları önler. Makara, amacına ve kullanılan yerlere göre, özel malzeme ve şekilde yapılmaktadır.

Telle kesmede, önemli elemanlardan biri de gergi mekanizması ve ağırlıklarıdır. Bu iş için birçok gergi mekanizması geliştirilmiştir. Uygulanan gergi ağırlıkları 150 - 350 kg kadardır. Bu mekanizma, çelik tellerin sarkmalarını ve makaralardan çıkmalarını önler. Ayrıca, teli düzgün ve gergin bir şekilde tutup, taşın üstüne baskı yapar, taşın kesilmesine yardımcı olur.

Bu yöntemle taşların kesilmesi için, taşın bir yüzünün serbest olması, klavuz delik ve makaralarla tele yön verilmesi, tel ve makaraların yavaş yavaş yuvalarında hareket ettirilmesi, telin kesilen kayaç üzerinde sürekli olması için de yer değiştirmesi gereklidir.

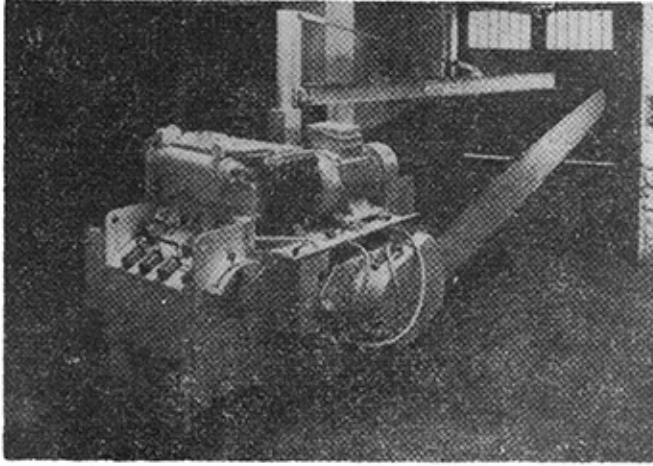
Tel testere yardımıyla düşey, yatay ya da istenilen doğrultu da kesim yapılmaktadır.

doğrultu da kesim yapılmaktadır. Telle kesmede verimlilik birçok parametrelere bağlıdır ve ayrı bir uğraşı ve uzmanlık istemektedir.

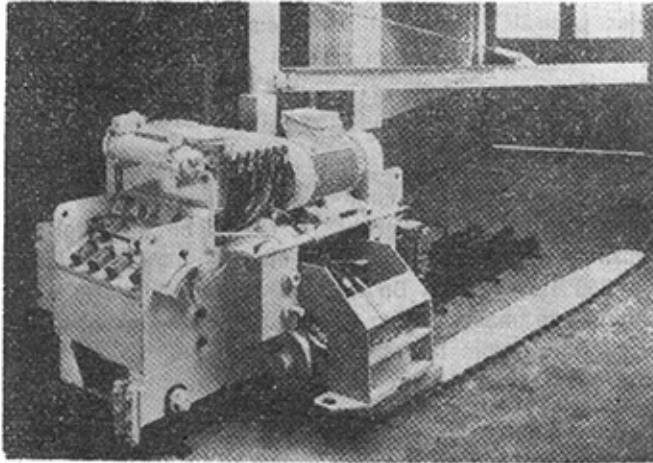
ZİNCİRLİ TESTERELER (Haveuse)

Sertlikleri az, Mohs sertlik çizelgesine göre, 3 do-
layında olan yatay ya da yataya yakın durumlu kalker,
mermer, traverten, tuf v.b. taşların kesiminde kullanılan
kesicilerden biri de "Zincirli Testere"lerdir. Bu makina
esas itibariyle kömür ocaklarında kömür kesme (potka-
baç çekme) için yapılmış, sonraları taş endüstrisinde
kullanılmağa başlanmıştır.

Bu kesici makinaların esası, bir kol üzerinde dönen
bir zincirdir. Kol, çeşitli yönlerde 180 derece hareket
edebilir. Kesme işini, zincirin üzerine monte edilmiş sert
dişler yapmaktadır. Bu gün, 2 ton ağırlıktaki makinalara
monte edilmiş kollarla 2.40 m. düşey; 1.40 m. yatay ke-
sim yapılabilmektedir. (Şekil. 15, 16).



Şekil 15 — Zincirli Testere ile düşey kesme donanımı.



Şekil 16 — Zincirli testere ile yatay kesme donanımı.

2.40 m. kesen zincirli kolda 78, yatay kesen 1.40
m.'lik kolda ise 56 kesici vardır. Kesici aralıkları 8 cm;
Yükseklikleri ve genişlikleri farklıdır.

Yurdumuzda kullanılan Alman-Rus karışımı makina-
ları da, kesici kolun etrafındaki zincir 4'lük gruplar ha-
lindedir. Grubun başında, küçük kesici (20 mm. yüksek-

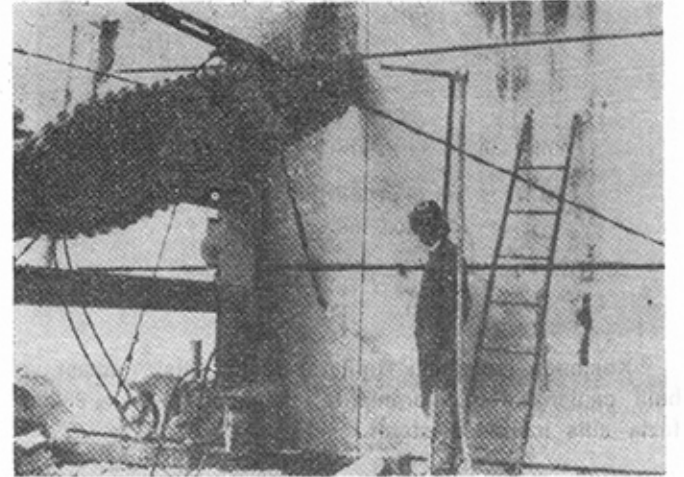
lik, 15 mm. genişlikte) ve sonunda da büyük (14 mm.
yükseklik, 40 mm. genişlikteki) kesiciler yer almaktadır.

Elmas kesici dişleri taşıyan kolun taşa değmesi ve
makinanın hareket etmesi ile kesme başlar; Kesmede
3-5 lt/d su kullanılır. Kesme ile oluşan toz ve parça-
lar, su ve dişli yardımıyla dışarı atılır.

Kesme zinciri ve makinanın ileri hareketi, ayrı ayrı,
elektrik motorlarıyla sağlanır. Makina gövdesi, aralığı
0.75 m. olan ve 3. m.'lik parçaların eklenmesiyle oluş-
turulan raylar üzerinde hareket eder. Kesme sırasında
oluşan kuvvet ve titreşimlerle sistemin stabilitesini boz-
mamak için, raylar kamalarla alttaki kayaya bağlanır.

Teorik kesme hızı, düşey kesimde 3-4 cm/dak.; ya-
tayda 4-6 cm/dak. dır. Afyonda yapılan ölçümlere gö-
re pratik hız, düşeyde 2.5 cm/dak.; yatayda 3.6 cm/dak.
olmuştur (Tunç, 1985). Ayrıca kesicilerin her 25-30 m²
kesimde bir, bilenmesi gerekmektedir.

Makinadan tam randıman alma, kesilen taşın türü-
ne, homojenliğine, süreksizliklerle-kesme ilişkisine, işlet-
me yöntemine ve planına, taşta yabancı maddelerin olup



Şekil 17 — Zincirli testere ile yatay ve düşey keserek
blok çıkarılması.

olmamasına, kesicilerin yerleştirilme şekline, muntazam
değiştirilmesine, kullanılan malzemeye, işçiliğe, yatay
ve düşey kesim aralıklarına, (en az 5 m.), kesilen blok-
ların aralarına, belli aralıklarla demir lamaların konup
konulmamasına, çalışanların bilgiye becerisine, düzenli
bakım yapılıp yapılmasına, kesilen yüzlerin düzgün, kırık-
sız ve muntazam olmasına, ikinci bir kesim ve işçilik
gerektirmemesine, v.b. bağlıdır.

Genellikle bu etkileyici parametrelere dikkat edilme-
diği için, zayıf çok, randıman ve üretim kapasitesi dü-
şük olmaktadır. Kanımızca randımana etkiyen faktör, taş-
ortam özellikleri ve çalışan insan faktörüdür.

Son yıllarda yurdumuzda çelik tel (fil helicoidale),
elmaslı tel (fil diamantée) Marmara Adasında (kısmen)
ve daha önce Afyonda; Zincirli Testere de Afyon ocak-
larında kullanılmağa başlanmıştır.

BİBLİYOGRAFYA

- ARIKAN, M. (1967), Mermer İstihsalinde Tel Testere Kullanılması Hakkında Bir Etüd., Madencilik, M.M.O. Dergisi, C. VI, S. 3, Ankara.
- ERGUVANLI, K. (1984), Eski ve Yeni Taş Çıkarma ve İşleme Yöntemleri. Müh. Jeol. Bült. S. 6, 7, İstanbul.
- FORBES, R. J. (1971), Studies in Ancient Technology, V, VII - VIII, Leiden.
- GÜLEÇ, K. (1973), Afyon Mermerlerinin Mühendislik Jeoloji ve Fiziko-Mekanik Özellikleri, İTÜ Mad. Fak. (Doktora Tezi), İstanbul.
- MALLET, M. (1982), Cutting Granite, Rock Jet Cutting Technique, Rév. Ind. Min. les Techniques, No. sp. 6-82.
- CAL, M. (1978), Açık İşletmeciliğin El Kitabı, C.I, II, Ankara.
- PARVANON, M. (1983), Mermer Blokları Çıkarmada Bulgaristanın Uyguladığı En Son Teknoloji, I. Uluslararası Mermer Semp., İstanbul.
- ECHALAT, F. - LEFIN, Y. (1982), Le dé coupage au Jet d'eau (Jet Cutting), Rév. Ind. Min. Les Techniques No. sp. 6-82.
- RÖDER, J. (1971), Marmor Phyrquium die Antiken Marmorbrüche von Iscehisar in Westanatolien. Jah. D. Arch. Inst. Bd: 86, İstanbul.
- SEGUIN, P. (1982), Les Carrières de Pierres Tendres les Haveuses, Rév. Ind. Min. les Techniques. No. sp. 6-82.
- Soc. ROCAMAT. (1982), Standard wire Sawing, Rév. Ind. Min. les Techniques. No. sp. 6-82.
- TUNÇ, A. Y. (1984), Afyon-Iscehisar Mermerleri için En Uygun Üretim Yöntemlerinin Seçimi, İTÜ Maden Fak. Uygulamalı Jeoloji, (Yüksek Lisans Tezi).
- VARDAR, M. (1972), Marmara Adası Mermerlerinin Rasyonel İşletilmesi Pla Olanaklarının Araştırılması, (Diploma Travayı) İTÜ Maden Fakültesi.
- YÜZER, E. (1971), Marmara Adası Mermerlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Anizotropik Özellikleri, (Doç. Tezi) İTÜ Maden Fakültesi.
- ZUBER, A. (1963), Techniques du Travail des Pierres dures dans l'Ancienne Egypte, Techniques et Civil. V: V, No. 5, Paris - France.

NOKTA YÜKLEME DENEYİ SONUÇLARINI DEĞERLENDİRMEK İÇİN ÖNERİLEN YENİ BİR YÖNTEM

Necdet TÜRK*

GİRİŞ

Nokta yükleme deneyi (Point Load Test), kayaçların noktasal yükleme dirençlerine göre sınıflandırılması için önerilen bir deneydir. Bu deney sonuçları, kayaçların tek eksenli ve çekme dirençlerini dolaylı yoldan belirlemede kullanılmaktadır. Bu deney diğerlerine göre çok kolay olup, kompleks numune hazırlığı işlemini gerektirmez. Ayrıca, deneyin yapılmasında kullanılan aletin taşınır oluşu, arazi ve laboratuvarındaki kullanımını giderek artırmaktadır.

Kayaçlardan hazırlanan düzgün şekilli ya da, düzensiz örnekler üzerinde bu deney yapılabilir. Noktasal yükleme deneyi yardımıyla, örnek hazırlanamayacak kadar kırıklı olan kayaçlar, tek eksenli basınç dirençlerine göre sınıflandırılabilir.

İlk kez Broch ve Franklin'in (1972), tarafından önerilen noktasal yükleme deneyi, son yıllarda, çok sayıdaki araştırmacının çalışma konusu olmuştur. Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği, Nisan 1985'de, nokta yükleme deneyi için yeni bir değerlendirme metodu önermiştir (ISRM, 1985). Anılan kurumun konuyla ilgili yayınında, nokta yükleme deneyi sonuçlarının, Weibull Teorisine göre değerlendirilmesinin (Point Load Strength) uygun olacağı belirtilmiştir. Kayaçların nokta yükleme dirençlerinin örnek kalınlığına bağlı olan değişmesi Weibull Teorisi yardımıyla açıklanabilmektedir. Eş kalınlıklı kayaç örneklerinin noktasal yükleme dirençlerinde oluşan farklılıklar, yine Weibull teorisiyle açıklanabilmektedir. Bu teoriye göre, standart kalınlıktaki (50 mm) kayaç örneklerinin noktasal yükleme dirençleri (I_{50}), standart boyutlu olmayan örneklerin nokta yükleme dirençlerinden yararlanılarak bulunabilmektedir. Bu çalışmada Weibull teorisi, dolerit (diabaz) tipi kayaçlara uygulanmıştır.

NOKTA YÜKLEME DENEYİ

Nokta yükleme aleti, zamanımızda arazi ölçmelerinde düzenli olarak kullanılmaktadır. Bu deneyin yaygın kullanımını sağlayan özellikler aşağıda sıralanmıştır.

1) Deney aleti portatif olup arazide kolayca taşınabilir.

2) Numune hazırlığına gerek yoktur.

3) Numuneler, tek eksenli yükleme deneyinkinden daha az bir kuvvet altında kırılmaktadır.

4) Karot veya düzensiz şekilli kayaç örneklerinin üzerinde deney yapılabilir.

5) Sonuçlar kolayca hesaplanabilir.

Portatif bir nokta yükleme deney aleti, genel olarak, küçük bir hidrolik pompa, piston ve oldukça dayanıklı bir çerçeveden oluşmaktadır. Numuneler iki konik uç (Platen) arasına yerleştirilerek yüklenir. Deney esnasında numune kalınlığı (platenler arasındaki mesafe), ve kırılma anındaki basınç veya yük ölçülür. Deney aleti, basıncı birimi cinsinden bir değer veriyorsa, bu basınç değeri, piston alanıyla çarpılarak, numuneye uygulanan nokta yükünün miktarı bulunur. Nokta yükleme kuvveti (I_s), yük ve numune kalınlığından;

$$I_s = \frac{\text{Yük (P)}}{\text{Kalınlık}^2 (D^2)}$$

olarak bulunur.

Nokta yükleme deneyi ilk önerildiği zamanlarda ana amaç, kayaçların tek eksenli yükleme dirençlerini, bu deney sonucundan tahmin etmeye çalışmaktır. Yapılan araştırmalar, nokta yükleme deney sonuçlarının, numunelerin şekil ve boyutlarına bağlı olduğunu ortaya koymuştur (Broch ve Franklin 1972, Bieniawski 1975). Böylece, Standart kalınlıkta (50 mm), numune nokta yükleme direnci değerinin kullanılması yoluna gidildi. Bazı araştırmacılar, standart olmayan numunelerin nokta yükleme dirençlerinden, 50 mm kalınlıktaki numune direncini tahmin etmek için ampirik grafikler önerdiler (Boarch ve Franklin 1972; Hassani ve arkadaşları 1980). Bunun yanında, numunelerin nokta yükleme dirençleriyle kalınlıkları arasındaki ilişkinin bir üst kuvveti (power law), kuralı şeklinde olduğunu önerenler de olmuştur (Broch, 1983; Foster 1983; Greminger 1982). Uluslararası Kaya bul etmektedir. Ayrıca, bu yeni nokta yükleme metoduna göre, kayaçlar için aşağıdaki numune boyut oranları önerilmiştir (ISRM 1985):

* Dr., Department of Geotechnical Engineering Univ. of Newcastle Ilpan Tyne, U.K.

Radyal yüklemelerde yükseklik:

Çap (kalınlık oranının) > 0.5 ,

Eksensel yüklemelerde: $0.3 \text{ Çap} < \text{kalınlık} < \text{Çap}$,

Düzensiz şekilli kayaç örneklerde: $0.3 \text{ genişlik} < \text{kalınlık} < \text{genişlik}$

Prizmalarda: $0.3 \text{ genişlik} < \text{kalınlık} < \text{genişlik}$.

Numune şekilleri yanında, su içeriği derecesi ve anizotropinin de kayaçların nokta yükleme direncini etkilediği bilinmektedir. Hoek (1976)'ya göre, nokta yükleme deneyi, düzgün bir yüzey boyunca kırılan, sert-gevrek kayaçlara uygulanmalıdır. Bu özelliğin, nokta yükleme deneyinin kullanılması için önemli bir kriter olduğuna inanılmaktadır.

WEIBULL TEORİSİ

Gevrek malzemelerin dayanıklılık deneyi sonuçlarının istatistiksel analizi, kuvvet değerlerinin ortalama ve standart sapma değerlerini bulmakla veya numunelerin kırılma olasılıklarını istatistiksel bir fonksiyonla tanımlamakla yapılır. Weibull teorisi böyle bir istatistiksel fonksiyon olup, genel olarak, gevrek malzemelerin dizaynı için kullanılmaktadır (Mitchell, 1966; Davies, 1973). Genel Weibull fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{(x-x_0)^m}{x_0^m}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

$F(x)$: Dağılım fonksiyonu,

x : ölçülmüş değişken

x_0 : Eşit değişkeni (Bir lokasyon parametresi),

x_0 : Normalleştirme değişkeni (bir ölçek parametresi),

m : Katsayı (Weibull modülü), (bir şekil parametresidir),

Bu fonksiyonun teorik bir temeli olmamasına rağmen, deney sonuçlarına diğer fonksiyonlardan daha iyi uyum gösterdiği bulunmuştur (Weibull, 1939 ve 1951). Özellikle, gevrek malzemelerin çekme basıncına ve yorulma davranışına göre dizaynı için dünyaca kabul edilmiş bir fonksiyondur.

WEIBULL TEORİSİNİN KAYAÇLARA UYGULANIŞI

Kayaçların çoğu, yük altında gevrek davranış gösterirler. Herhangi bir kayaçın çekme direnci değerlerindeki farklılıklar, "En Zayıf Bağlantı" modeliyle açıklanabilir. Bu modele göre, şayet bir zincir parçası çekme kuvvetinin etkisi altında bulunursa, zincir en zayıf bağlantı noktasından kırılacaktır. Kırılmış bu iki zincir parçası tekrar çekme kuvveti altında denenirse, bu sefer, zincir parçaları daha yüksek kuvvet altında kırılacaktır. Bu deneyler tüm zincir bağları kırılıncaya kadar devam edebilir. Diğer bir yünden, eşit uzunlukta ve eşit sayıda bağlantıları olan zincir parçaları, çekme kuvveti altında de-

nenirlerse, her bir zincir parçası değişik bir çekme kuvveti altında kırılacaktır. Bu farklılaşma zincir parçalarındaki en zayıf zincir bağ direncinden kaynaklanmaktadır. Benzer yolla, kayaçların çekme basıncı altındaki direnç değerleri, yukarıda açıklanan zincir modellerinde olduğu gibi değerlendirilebilir. Kayaç dokusundaki en zayıf nokta bir mikro fisürün bulunduğu yerde oluşacaktır.

En zayıf bağlantı modelinin diğer önemli bir yanı, kayaçların numune boyutlarının, kuvvetlerine olan etkisinin tahmin edilmesine yardımcı olmasıdır. Şayet, kayaç numunesinde fisürler üniform (yeknesak) olarak dağılmışlarsa, bir kayaç numunesi içersindeki fisür sayısı, numunenin hacmiyle orantılı olacaktır. Bunun yanı sıra, büyük bir kayaç numunesindeki en uzun bir fisürün büyüklüğü, küçük bir kayaç numunesinde bulunacak en büyük fisürün boyutundan daha büyük olacaktır. Bunun sonucu olarak, bir kayaçın büyük boyutlu numunelerinde alınacak çekme dirençleri, küçük boyutlu numunelerinkinden daha küçük olacaktır.

Weibull teorisi, en zayıf bağlantı modelini en iyi açıklayan bir teodir. Çekme kuvvetleri altında bulunan kayaç numuneleri için Weibull olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir (Hudson ve Fairhurst 1969; Davies 1973).

$$F = 1 - \exp - V \frac{(\sigma - \sigma_0)^m}{\sigma_0^m} \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

F : Olasılık dağılımı fonksiyonu,

V : Deney numunesinin hacmi,

σ : Kayaç numunesinin kırılma anındaki çekme gerilmesi,

σ_0 : Kayaçın kırılma ihtimalinin sıfır olduğu gerilme değeri (Eşik değeri),

σ_0 : Normalleştirme gerilme faktörü,

m : Weibull modülü.

Hudson ve Fairhurst (1969), bu teoninin kayaçların çekme direnci analizinde uygulanabilirliğini göstermişlerdir.

WEIBULL TEORİSİNİN NOKTA YÜKLEME DENEYİ SONUÇLARINA UYGULANIŞI

Nokta yükleme deneyinin;

- 1) Bir çeşit çekme deneyi,
- 2) Sadece gevrek kayaçlar için gerekli değerler verdiği,
- 3) Deney sonuçları numune boyutu ve şekline bağımlı, olduğu için, en zayıf bağlantı modeliyle,
- 1) Deney sonuçlarının numune boyutuna bağlı değişimi ve
- 2) Bir kayaçın aynı boyuttaki numunelerinin nokta yükleme kuvveti değerleri arasındaki farklılıkları açıklamak için kullanılabilir. En zayıf bağlantı modelini en iyi

Weibull teorisi açıkladığından, Weibull olasılık fonksiyonu, nokta yükleme deneyi sonuçları için aşağıdaki gibi yazılabilir (Türk, 1985).

$$P = 1 - \exp - DK \frac{(I_s - I_0)^m}{I_0} \quad (3)$$

Bu eşitlikte:

P: Olasılık dağılımı fonksiyonu,

D: Deney numunesinin kalınlığı,

K: Katsayı

I_s : Kayaç numunesinin nokta yükleme kuvveti,

I_0 : Kayaç numunesinin kırılma olasılığının sıfır olduğu nokta yükleme gerilmesi (eşik nokta yükleme gerilmesi),

I_0 : Normalleştirilen nokta yükleme de gerilme faktörü, pratikte bir birim olarak alınır.

m: Weibull modülü.

Nokta yükleme deneyi sonuçları için, eşitlik 3, aşağıdaki gibi de yazılabilir.

$$P = 1 - \exp(-D.K_1.I_s^m) \quad (4)$$

ve

$$\bar{I}_s = K_2 D^{\frac{1}{m}} \quad (5)$$

Bu eşitliklerde:

I_s : Nokta yükleme kuvveti

K_1 : Katsayı

$\bar{I}$: Ortalama nokta yükleme kuvveti

K_2 : Katsayısı

ve diğer parametreler yukarıdaki eşitliklerdeki gibidir.

Eşitlik 4'ün logaritması iki kez alınır,

$$\log \log \frac{1}{1-P} = \log D + \log K_1 + m \log I_s \quad (6)$$

bulunur. $\log \log \frac{1}{1-P}$ 'nin $\log I_s$ 'e karşıt grafiğinin çizimi, eğimi $\frac{1}{1-P}$ olan bir doğruyu verir. Ayrıca, $\log \log \frac{1}{1-P}$ 'nin değeri Hudson ve Fairhurst (1969)'a göre aşağıdaki bağıntıdan da bulunabilir.

$$\log \log \left(\frac{(N+1)}{N+1-n} \right) \quad (7)$$

Bu eşitlikte

N: yapılan deneylerin toplam sayısı,

n: Deney sonuçları en yüksek değerden en az değere doğru sıralandığı zaman, herhangi bir deney sonucunun sıralamadaki yeri.

Deney sonuçları Weibull grafik kağıdı kullanılarak da değerlendirilebilirler. Bu şekilde yapılan analizde, kayaçların kırılma ihtimalinin olduğu değerlere karşı gelen nokta yükleme direnci değerleri grafiği çizilir. Bu grafikte, deney sonuçlarına en çok uyduğu, doğrunun eğimi 'm' Weibull modülünü verir. Kayaçların kırılma olasılık değeri Gumbel (1958)'e göre aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$P = \frac{n}{N+1} \quad (8)$$

Bu eşitlikteki parametreler yukarıdaki eşitlikteki parametreler gibidir.

Eşitlik 5'in logaritması alınır,

$$\log \bar{I}_s = \log K_2 \frac{1}{m} \log D \quad (9)$$

elde olunur. Bu eşitliğe göre, şayet, nokta yüklemede kullanılan numunelerin kalınlıkları, ortalama nokta yükleme kuvvetlerine karşıt tam logaritmik ölçekli olarak grafiğe çizilirse, negatif eğimli, $1/m$ değerinde bir doğru elde edilir. Böylece, bu eşitlik, farklı boyuttaki kayaç numunelerinin ortalama nokta yükleme dirençleri arasındaki ilişkiyi verir.

Benzeri şekilde, kayaç numunelerinin, nokta yükleme direncine olan boyutsal etkisi için aşağıdaki eşitlik de yazılabilir.

$$\frac{\bar{I}_{s1}}{\bar{I}_{s2}} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (10)$$

Bu eşitlikte,

$\bar{I}_{s1}$: Kalınlığı D_1 olan numunelerin ortalama nokta yükleme direnci,

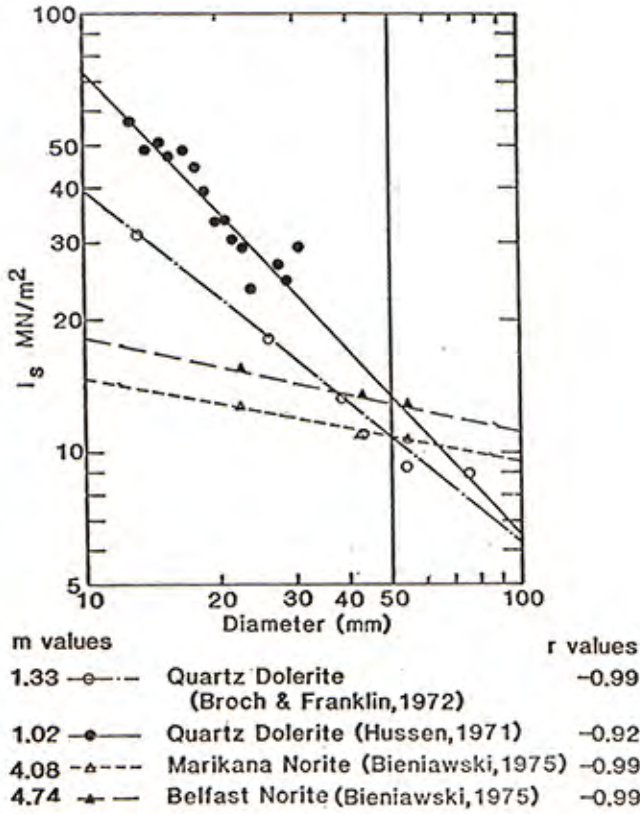
$\bar{I}_{s2}$: Kalınlığı D_2 olan numunelerin ortalama nokta yükleme direnci,

Daha öncede belirtildiği gibi, kayaçların ortalama nokta yükleme dirençleri, numunelerin kalınlıkları büyüdükçe azalır.

UYGULAMA

A) Yayınlanmış Deney Sonuçları

Weibull teorisinin çok çeşitli kayaçların nokta yükleme deney sonuçlarına uygulanışı Türk (1985), Türk ve Dearman (1984 ve 198), tarafından ayrıntılı olarak ince-



Şekil 1 — Dolerit ve norit tipi kayaların nokta yükleme dirençlerinin (I_s), numune kalınlıkları ilişkisi grafiği.

Dolerite = Dolerit

Norite = Norit

Diameter = Çap (Kalınlık)

m values = m değerleri

r values = r değerleri

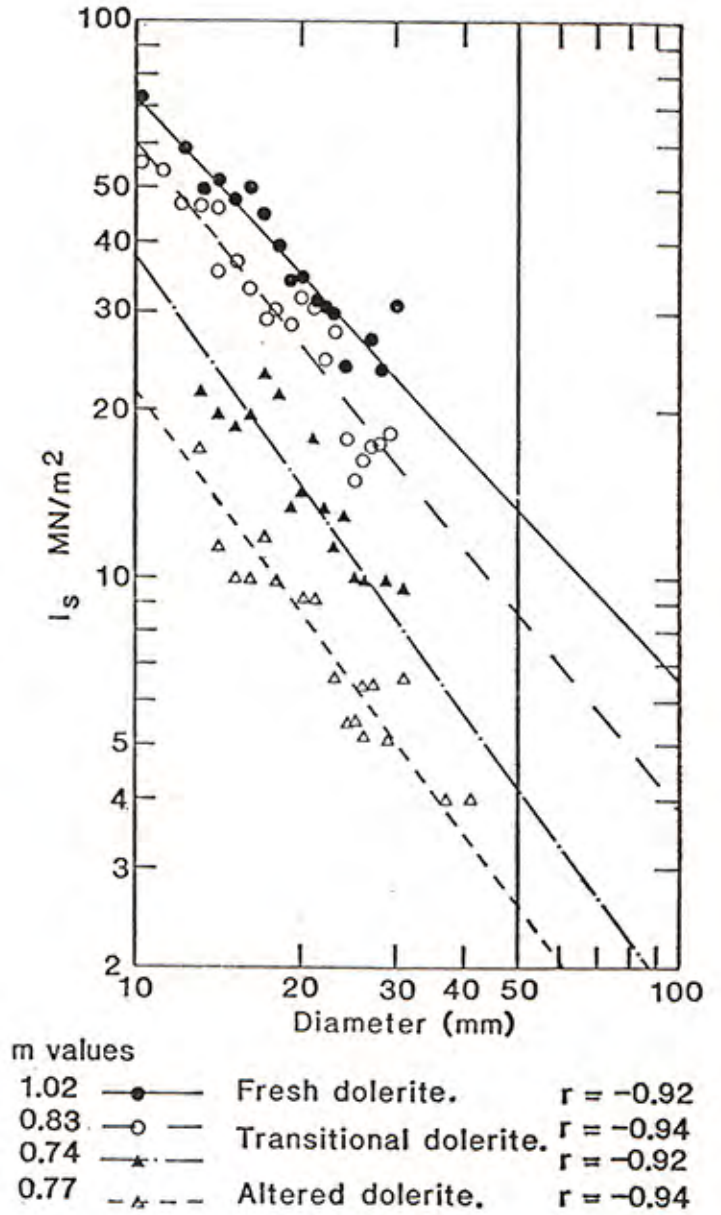
lenmiştir. Bu yayında, sadece dolerit (diabaz) ve benzeri kayaların deney sonuçlarına uygulanışı gösterilecektir. Şekil 1'de dolerit ve norit tipi kayaların nokta yükleme deney sonuçları log-log ölçekteki grafiğini göstermektedir. Bu şekilden, aşağıdaki özellikler hemen göze çarpmaktadır.

1) Her kayatta farklı nokta yükleme direnci - numune boyutu ilişkisi belirlenmiştir.

2) Her kayaktan elde edilen Weibull modülü (m) kayaya özgüdür.

Şekil 2'de değişik derecede altere olmuş dolerit numunelerinin, nokta yükleme direnci - numune boyutunun tam logaritmik ölçekte grafiği gösterilmiştir. Alterasyon derecesiyle, ilişkili olarak nokta yükleme direnci (I_s), ve Weibull modülü (m) değerlerinde değişme gözlenmektedir.

Yukarıda değinilen şekillerden, dikkate değer diğer bir özellik de, direnç - numune boyutu ilişkilerinin yüksek korrelasyon katsayıları vermeleridir. Ayrıca, direnç - numune boyutunun doğrusal ilişkisinden yararlanarak, kayaların standart kalınlıktaki numunelerin (50 mm), nokta yükleme direnci değerleri tahmin edilebilir.



Şekil 2 — Farklı derecede altere olmuş dolerit numunelerinin düzensiz şekilli, nokta yükleme dirençlerinin (I_s), numune kalınlıklarına karşı log-log ölçekte gösterilişi.

Fresh dolerite = Taze dolerit

Transitional dolerite = Farklı derecede altere olmuş dolerit

Altered dolerite = Altere olmuş dolerit

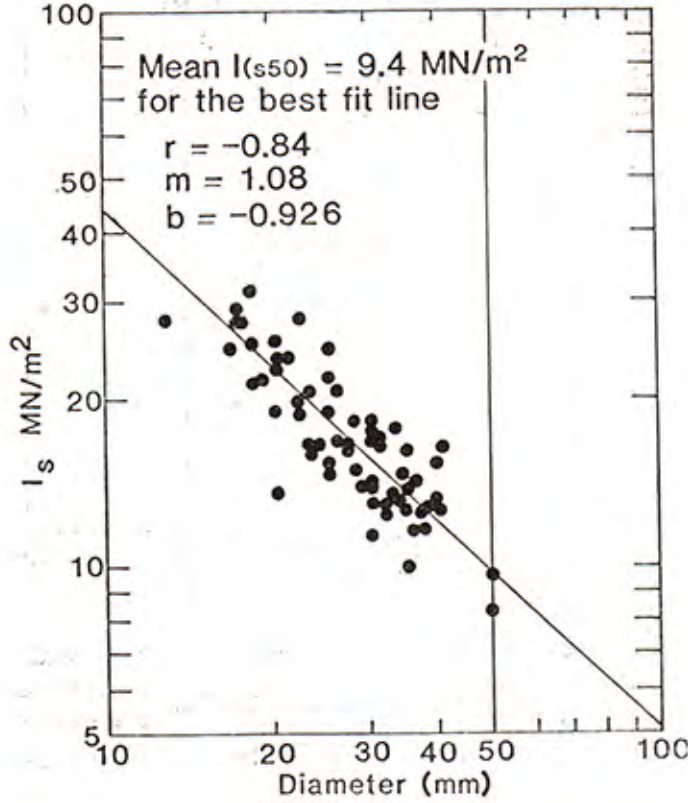
B) Laboratuar Deney Sonuçları

Kuzey doğu İngiltere'den toplanılan orta taneli, kuvars dolerit numuneleri üzerinde, labuatuarda nokta yükleme deneyleri yapıldı. Deneylerde düzensiz şekilli, prizmatik numuneler kullanıldı. Düzensiz şekilli numuneler, büyük boyutlu kayaç parçalarından çekiçle 12.5-50.0 mm kalınlığında ve kalınlık/uzunluk oranı 1.0-1.4 olan parçalar hazırlandı. Prizmalar ise kalınlıkları genişliklerine eşit olacak şekilde kesildi. Hazırlanan bu örnekler üzerin-

de uzun kenara paralel olarak, kısa kenardan (0.5-0.75) kalınlık mesafesinde nokta yükü uygulayarak denendi. Bu deney sonuçlarında Weibull teorisi uygulanarak, kuvars dolerit'in standart nokta yükleme direnci (I_{s50}) değeri, değişik yöntemlerle elde olundu.

1) Düzensiz Şekilli Numuneler

Şekil 3, değişik kalınlıktaki, düzensiz şekilli dolerit numunelerinin nokta yükleme deneyi sonuçları numune kalınlığı ilişkisi tam logaritmik ölçekteki grafikte gösterilmiştir. Şekilsiz numunelerin ortalama değerlerini bul-



Şekil 3 — Düzensiz şekilli dolerit numunelerinin nokta yükleme direnci (I_s), numune kalınlıkları ile olan ilişkisi.

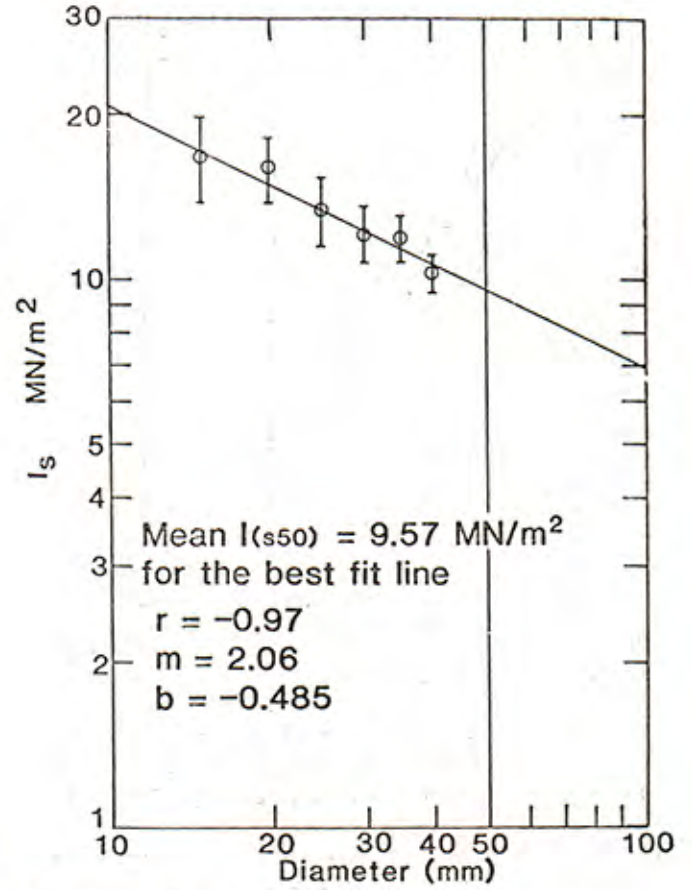
Mean = Ortalama değer

For the best fit line = En uyumlu doğru için

mak güç olduğundan, bu tip numune sonuçları en iyi uyum gösteren doğrunun Weibull teorisinin tanımladığı kabul edilmiştir. Böylece, en uygun doğrudan yararlanarak dolerit için $I_{s50} = 9.4 \text{ MN/m}^2$ olarak bulunmuştur.

2) Farklı Kalınlıkta Prizmatik Numuneler

Şekil 4, değişik kalınlıkta prizma şeklindeki dolerit numunelerinin her bir boyut için ortalama nokta yükleme deney sonuçlarının, numune kalınlığına karşı log-log ölçekte grafını göstermektedir. Bu grafikteki deney sonuçlarına en iyi uyum gösteren doğrudan yararlanarak, dolerit için $I_{s50} = 9.75 \text{ MN/m}^2$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4 — Prizma şeklindeki dolerit numunelerinin ortalama nokta yükleme direnci (I_s), prizma kalınlığına bağlı değişimi.

3) Aynı Kalınlıkta ($\neq 50 \text{ mm}$), Prizmatik Numuneler

Bazen, 50 mm'den farklı kalınlıkta, fakat, aynı kalınlıkta karot veya prizma şeklindeki numunelerin nokta yükleme deneyi yapılır. Bu tip deney sonuçlarından I_{s50} değerini bulmak için, önce, "Weibull Grafiği"nden yararlanarak, kayaçların Weibull modülü 'm' bulunur. (Şekil 5). (m) değerini bulmak için aşağıdaki aşamalar izlenir.

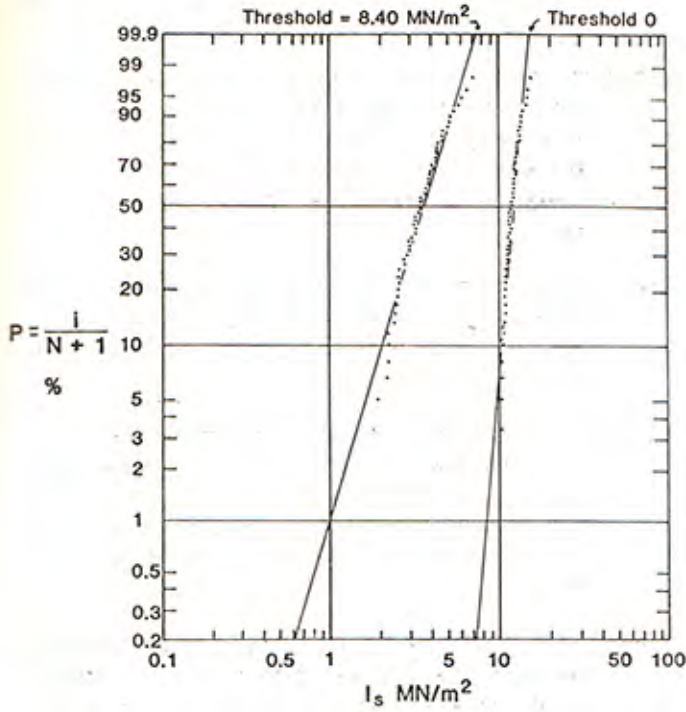
- 1) Her deney için farklı I_s değerleri bulunur.
- 2) I_s değerleri giderek azalan bir sıraya konur.

$$3) P = \frac{n}{N + 1} \text{ eşitliğinden yararlanarak, her bir deney sonucunun kırılma olasılığı tahmin edilir.}$$

4) Weibull grafik kağıdında, deneylerin P değerleri, I_s değerlerine karşı olarak çizilirler (Şekil 5).

5) Şayet, grafik bir doğruyu veriyorsa $I_0 = 0$, ve de doğrunun eğimi Weibull modülü (m)'i verir.

6) Fakat, grafik bir doğru değilse, orijinal I_s değerlerinden, bir eşik (I_0) değeri çıkarılır. Bu kez, P'ye karşı ($I_s - I_0$) değerlerinin grafiği Weibull grafiğinden çizilir. Bu deneme ve yanılma işlemi, grafik bir doğru verinceye kadar devam ettirilir. Bu işlemler sonunda 'm' değeri doğrunun eğiminden bulunur.



Şekil 5 — 35 mm kalınlıktaki dolerit prizma numunelerinin, nokta yükleme direnç değeri (I_s), Weibull olasılık grafiğindeki yeri Threshold = Eşik

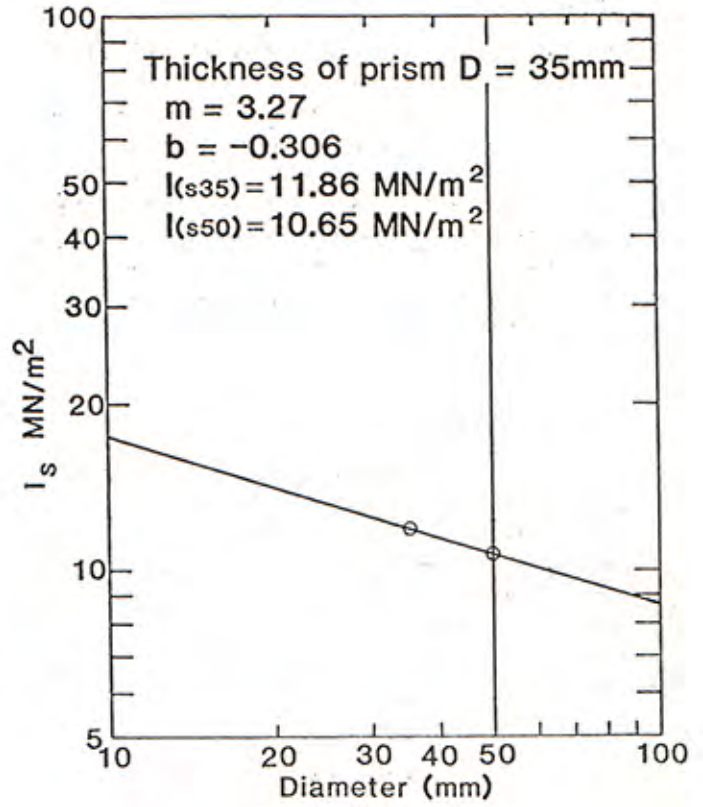
TABLO 1: Aynı kalınlıktaki dolerit prizmalarının nokta yükleme dirençlerinden (I_s), elde olunan I_s, m ve I_{s50} değerleri.

Prizma Kalınlığı mm	I _s MN/m ²	m	I _{s50} MN/m ²
15	16.5	2.0	9.3
20	15.9	4.9	13.2
25	13.4	2.0	9.5
30	12.1	2.9	10.2
35	11.9	3.3	10.7
40	10.2	2.8	9.4

7) Numune kalınlığı ve ortalama I_s değeri log-log ölçekli grafikte yerine konur.

8) Weibull modülü yardımıyla, I_s'e karşın numune kalınlığı ilişkisini veren doğru bulunur. Bu doğrunun eğimi -1/m'dir (Şekil 6).

Tablo 1'de aynı kalınlıktaki prizma numunelerinin nokta yükleme deneylerinden elde olunan m, I_s ve I_{s50} değerlerini vermektedir. Bu metodla elde olunan I_s değerleri, diğer metodlara oranla daha büyük I_{s50} değerleri



Şekil 6 — Şekil 5'de 35 mm kalınlıktaki nokta yükleme direnç değeri (I_s) değerlerinden yararlanarak bulunan 'm' değeri ve ortalama I_{s50} değerinin yardımıyla dolerit numunelerinin I_s değerinin numune kalınlığı bağıntısının log-log ölçekte gösteren grafik.
Thickness of prism = Prizmanın kalınlığı

vermektedir. Bunun nedenin deneme ve yanılma işleminin ileri geldiğine inanılmaktadır.

TARTIŞMA

Bieniawski (1975), nokta yükleme deneyi numunelerinin kalınlığının mümkün olduğu kadar 50 mm'ye yakın olmasını önermiştir. Sağlam kayaçların 40 mm'den daha büyük kalınlıktaki numunelerinin deney aletine zarar vermeden kırılmasının zor olduğu gözlenmiştir. Bu yayında önerilen yöntem, böyle bir zorunlukla karşılaşıldıktan sonra ortaya konulmuştur.

Kayaçların nokta yükleme dirençlerinin, numunelerin kalınlıklarına bağımlı olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Broch ve Franklin 1972, Hassani ve arkadaşları 1980, ve Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) 1985, bu problemi çözmek için ampirik grafikler önermişlerdir. Bu grafikler, kısıtlı deney sonuçlarına dayalı olduğu gibi, tüm kayaçların nokta yükleme direnç numunelerin kalınlıkları arasında aynı ilişkinin olduğu varsayımına dayanmaktadır. Gerçekte durumun böyle olmadığı Şekil 1'den kolayca görülebilir. Böylece, bu grafikleri kullanarak bulunan (I_{s50}) nokta yükleme direnç değerleri hatadan yoksun olmayacaktır.

SONUÇ

Weibull Teorisinin gevrek malzemelerin noktasal yükleme dirençlerine de uygulanabileceği gösterilmiştir. Bu teorisinin kullanılışı çok basit olup, değişik şekil ve kalınlıktaki dolerit numunelerinin nokta yükleme deney sonuçlarına uygulanışı gösterilmiştir. Bu yöntemi kullanarak, dolerit için elde olunan (I_{50}) değerlerinin birbirlerine yakın değerler olması, bu teorisinin nokta yükleme dirençini bulmak için de geçerli olduğuna işaret etmektedir. Böylece, önerilen bu metod, kayaçların nokta yükleme dirençlerinin kolayca bulunmasını sağladığı gibi, deneyin güvenilirliğini de artıracaktır.

KATKI BELİRLEME

Bu yayın, TÜBİTAK tarafından desteklenen ve İngiltere'de Newcastle Upon Tyne Üniversitesinde tamamlanmış bulunan doktora çalışmasının bir kısmını teşkil etmektedir. Yazar, TÜBİTAK'a maddi kaynak için teşekkürü bir borç bilir. Ayrıca, doktora tezimin değişik aşamalarındaki yöneticileri Prof. Dr. K. Erguvanlı ve Prof. Dr. W. R. Dearman'a yardım ve yakın ilgileri için şükranlarımı sunarım.

KAYNAKLAR

- BIENIAWSKI, Z. T. (1975), The point load test in geotechnical practice. *Engineering Geology*, 9, 1-11. Elsevier, The Netherlands.
- BROCH, E. (1983), Estimation of strength anisotropy using the point load test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstracts*, 20, 181-187.
- BROCH, E. & FRANKLIN, I. A. (1972), The point load strength test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 9, 669-697.
- DAVIES, D.G.S. (1973), The statistical approach to engineering design in ceramics. *Proc. Brit. Ceram. Soc.* No. 22, Ceramics for turbines and other high temperature engineering applications. 429-452.
- DUKES, W.H. (1971), Handbook of brittle material design technology. AGARDograph No. 152. AGARD-AG-152-71, pp. 152. NATO.
- FOSTER, I.R. (1983), The influence of core geometry on the axial point load test. Technical Note. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstracts*, 20, 291-295.
- GREMINGER, M. (1982), Experimental studies of the influence of rock anisotropy on size and shape effects in point load testing. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstracts*, 19, 241-246.
- GUMBEL, E. (1958), *Statistics of extremes*. Columbia Univ. Press. New York, pp. 375.
- HASSANT, F. P., SCOBLE, M. J. & WHITTAKER, B.N. (1980), Application of the point load index test to strength determination of rock and proposals for a new size correction chart. *Proc. 21st. Symp. Rock Mechanics*. Rolla Missouri. 543-553.
- HOEK, E. (1977), Rock mechanics laboratory testing in the context of a consulting engineering organization. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstracts*, 14, 93-101.
- HUDSON, A.J. & FAIRHURST, C. (1969), Tensile strength, Weibull's theory and a general statistical approach to rock failure. *Proc. Int. Conf. Structure, Solid Mechanics and Engineering Design*. Ed. M. TE'ENI. Part 2, 901-914. John Wiley, New York.
- HUSSEN, T.K. (1971), Report on an investigation into the mechanical properties of Whinstone and Woodhead. MSc. Thesis. University of Newcastle Upon Tyne.
- I.S.R.M. (1985), Suggest method for determining point load strength. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstracts*, 22, 53-60.
- MITCHELL, K.W., (1966), Criteria for designing in brittle materials. H.M.S.O. Publication 56/57. London.
- TÜRK, N. (1985), Engineering properties of andesites and related rocks, with an evaluation of determinative methods. Ph. D. Thesis 2 vol. University of Newcastle Upon Tyne, U.K.
- TÜRK, N. & DEARMAN, W.R. (1984), A new procedure for determination of point load strength in site investigation. *Site Investigation Practice: Assessing B.S. 5930*. 20th Regional Meeting of the Engineering Group of the Geological Society of London. Ed. A.B. Hawkins. 1, 462-473.
- TÜRK, N. & DEARMAN, W.R. (1985), Improvements in the determination of point load strength. *Bull. Int. Ass. Engineering Geology*, 31, 137-142. Paris.
- WEIBULL, W. (1939), A statistical theory of strength of materials. *Proc. Roy. Swed. Inst. Eng. (Ing. Vet. ak. Han.)* 151, 1-45.
- WEIBULL, W. (1951), A statistical distribution function of wide applicability. *J. App. Mech. Trans. ASME* 18, 3, 293-297.

BURDUR İLİ VE ÇEVRESİNDEKİ YERLEŞİM ALANLARININ DEPREMSELLİĞİ

M. Erkan KARAMAN*

GİRİŞ

İncelenen bölge, Burdur gölünün güneydoğu kıyısında güneyde Karaçal köyü ile kuzeydoğuda Gölbaşı köyleri arasındaki alanı kapsar (Şekil 1).



Şekil 1 — İncelenen alanın yeri.

Bilindiği gibi çalışma alanımız sismik yönden oldukça aktif bir bölgedir. Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından Türkiye'nin birinci derece aktif bölge sınırları içerisinde kabul edilen Burdur ili ve civarında, çeşitli tarihlerde meydana gelen depremler, bu yöredeki yerleşim alanlarında ağır hasarlara ve büyük can kayıplarına neden olmuştur. Enstitünün araştırmalarına göre, Burdur çevresi ve göller bölgesi yörelerinde önemli episantr alanlarının bulunduğu belirlenmiştir. Burdur çevresi geçmişte olduğu gibi, günümüzde de aktivitesini halen koruyan diri fayların etkisi altında olduğu bir bölgedir. Tektonik kökenli bu aktivite sonucunda, zaman zaman maddi kayıplara uğranılmaktadır. Son yüzyıl içerisinde meydana gelen en önemli 6 büyük depremden en şiddetlisi bundan 72 yıl önce, Burdur ili ve Burdur ovası, Isparta ve çevresi ile Dinar'da çok ağır hasar yaparak 2000'den fazla can kaybına yol açan 1914 Burdur-Isparta depremidir. En son olarak 12 Mayıs 1972 tarihinde meydana ge-

len ve en şiddetli etkiyi bu yörede gösteren Burdur depremi, 60 civarında can kaybına ve binlerce yıkık ve ağır hasarlı yapılara neden olmuştur. Burdur ve civarında, günümüzde yapılmakta olan ve planlanan Karacaören Barajı gibi çeşitli mühendislik yapıları, çok katlı bina inşaatları ile turizm yatırımları için olası bir depreme karşı, zeminin mühendislik özellikleri ve bölgesel neotektoniğin etkisi oldukça büyük olacaktır.

Genel olarak topraklarımızın % 92'si deprem tehlikesi ile karşı karşıya bulunan ülkemizde, ancak son yıllarda, deprem üzerindeki çalışmaların belirli bir hız kazandığı düşünülürse, deprem zararlarını azaltma konusunda henüz arzu edilen düzeye ulaşamadığı görülür. Bu çalışma ile Burdur yöresinde bir yandan, bölgenin neotektonik gelişiminin aydınlatılması, diğer yandan yapılaşma ile bölgesel neotektonik arasında uyum sağlayabilecek ve sonuçta yörede beklenmesi her zaman olası bir depremde, deprem zararlarını azaltabilecek yönde öneriler getirmek amaçlanmıştır.

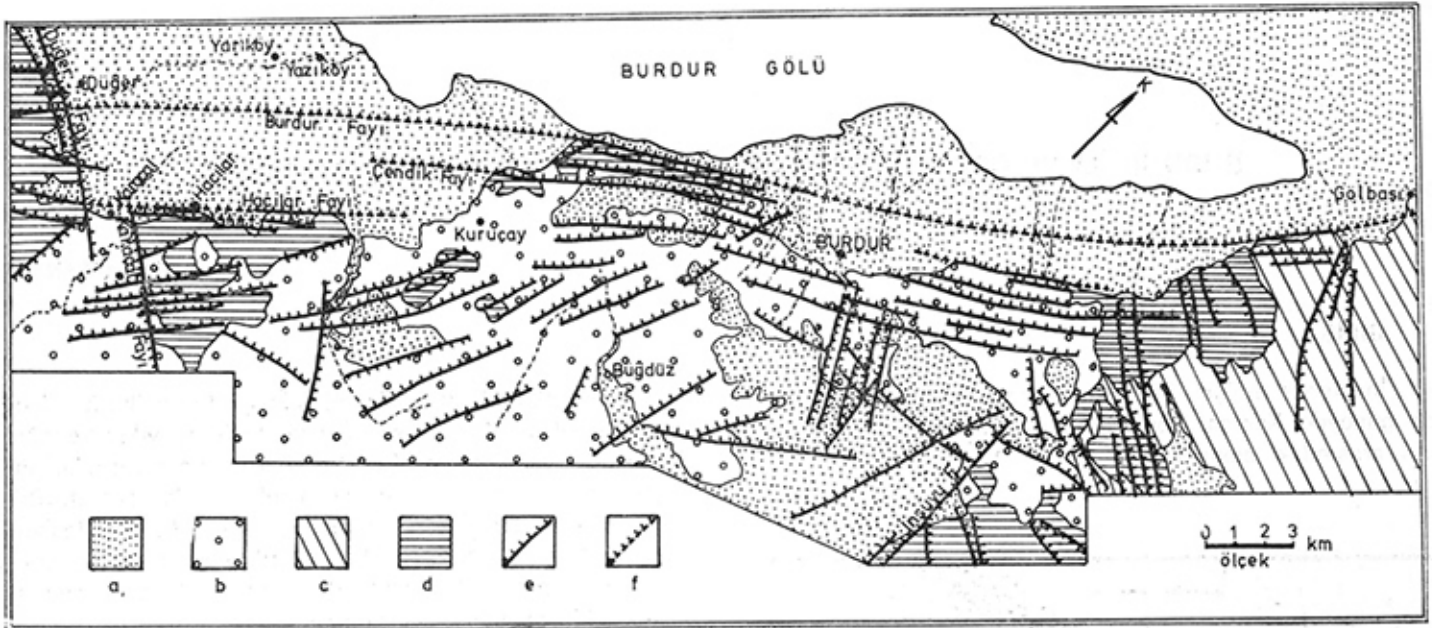
GENEL JEOLJİ

Göl alanı doğu kıyısının, en yaşlı birimlerini, Mesozoyik yaşlı İnsuyu kireçtaşları ile bölgede Lütasiyen öncesinde konumlanan ofiyolitli melanj kayaları oluşturur. Bu iki birimin ilişkisi her yerde tektonik olup, bunların üzerinde açılı uyumsuz olarak Gölbaşı flişi yer alır. Flişin çökelişinden sonra yörede devam eden yatay sıkışma tektoniğine bağımlı olarak, ofiyolitik melanjin, fliş üzerine yer yer bindirdiği gözlenir.

Pliyosen'de gelişen göl ortamında, kalınlığı 1000 m. den fazla Burdur formasyonu kendinden yaşlı birimleri açılı uyumsuz olarak örtmüştür. İki üyeye ayrılan birimin litolojisi, çakıtaşı, kumtaşı, kiltası, marn ve tüfitlerden oluşur. Pliyosen'deki göl ortamında, bir yandan karasal tortullaşma sürerken, öte yandan karasal tortullaşma ile yaşıt, kıta içi volkanizma olayları da etkinliğini sürdürmüştür.

* Yard. Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi.

Burdur formasyonu üzerinde, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaçal çakıltaşları açılı uyumsuz olarak yer alır. Daha sonra geçirimsiz seviyeler üzerine gelen yatay konum-



Şekil 2 — Burdur dolayının yalınlaştırılmış jeoloji haritası. a - Kuvaterner çökelleri, b - Pliyosen çökelleri, c - Lütesiyen flişi, d - Lütesiyen öncesi birimler (of. melanj, kireçtaşı), e - Diri normal faylar f - Muhtemel normal faylar.

SİSMİK TARİHÇE

Burdur graben havzası ve yakın çevresinin çok eski zamanlardan beri, sık sık deprem tehlikesi ile karşı karşıya olduğu bilinir. Bölgede 1842-1971 tarihleri arasında meydana gelen önemli depremler ve en çok hasara yol açtığı yerleşim merkezleri olarak 1875 (Dinar), 1876 (Burdur), 1900 (Isparta-Denizli-Sarayköy), 1910 (Isparta-Burdur), 1914 (Dinar-Burdur), 1925 (Dinar), 1926 (Denizli), 1930 (Isparta), 1933 (Denizli), 1945 (Denizli), 1958 (Denizli), 1961 (Acıpayam), 1963 (Tefenni-Burdur), 1964 (Tefenni), 1971 (Burdur) sayılabilir. Genel olarak ülkemizde olduğu gibi Burdur civarında da, daha eski tarihlerde meydana gelmiş depremler hakkında yeterli kaynak bilgiye sahip değiliz. Mevcut olanlar veya kaynaklar arasındaki bazı farklılıklar verilerin güvenilirlik derecesi hakkında bazı tereddütler uyandırmaktadır. Muhtemelen daha eski olan ve yörenin en yaşlı insanları arasında dahi hatırlanılmayan veya bir bilgi aktarımına da rastlanılmayan bazı şiddetli depremlerden sonra, yöredeki yerleşim merkezlerinin bir çoğunun birkaç kere yer değiştirdiğini görebilmekteyiz.

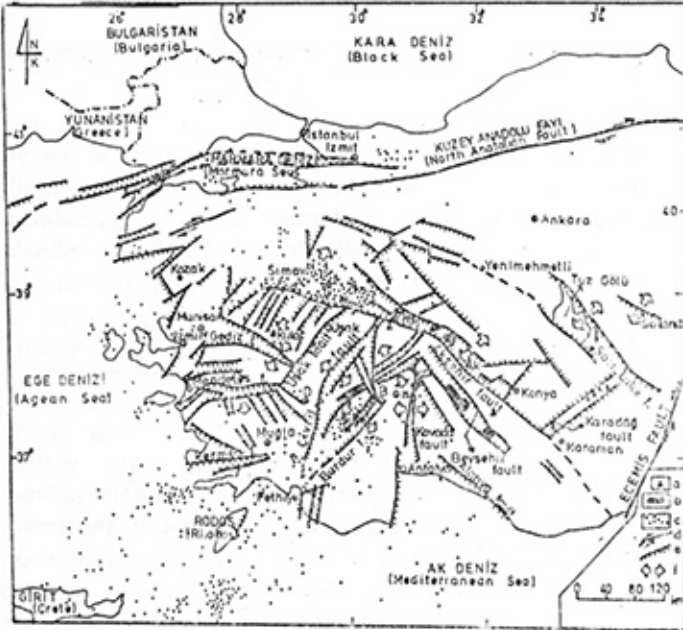
Son yüzyıl içerisinde bölgede meydana gelen 1914 Burdur depremi, en yıkıcı olanıdır. M: 7.1 büyüklüğünde olan bu deprem sonucunda, K 50°D doğrultusunda ve Burdur graben alanına paralel olacak şekilde 40 km uzunluğunda bir yarık meydana gelmiş ve sarsıntı çok geniş bir sahada hissedilmiştir. Bu tahripkar etkiyi Burdur gölü kıyısından geçen yarık civarında gösteren bu

depremde 2000 can kaybı olmuş, 6000 den fazla bina oturulamayacak şekilde tamamen yıkılmıştır. Ayrıca daha sonraki yıllarda büyüklüğü M: 4.5 ile 5.5 şiddetinde olan ve yöredeki insanlarca rahatlıkla hissedilen yüzlerce deprem kaydedilmiştir (Ör. 8.7.1925 M: 4.8; 9.7.1925 M: 4.7; 9.7.1925 M: 4.8; 15.7.1925 M: 4.5; 27.1.1947 M: 5.4; 15.4.1957 M: 5; 22.11.1963 M: 5; 22.1.1966 M: 4.8; 25.9.1966 M: 5.1; 26.8.1967 M: 4.5; 26.2.1971 M: 4.8; 8.3.1971 M: 4.7; 12.5.1971 M: 6.2; 22.1.1972 M: 4.4; 12.3.1973 M: 4.4; 30.11.1973 M: 4.5; 26.1.1974 M: 4.4; 10.2.1974 M: 4.6; 24.12.1974 M: 4.7 vb).

BÖLGESEL NEOTEKTONİK

Genel olarak Türkiye'de Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu transform fayları, Ege hendeği ve Ege graben sistemi denetiminde gelişen neotektonik dönem, güneybatı Türkiye'de yaklaşık doğu-batı yönünde uzanan pek çok graben oluşumuna neden olmuştur. Grabenler ve bunları çevreleyen fay düzlemlerinin çözümleri, yaklaşık kuzey-güney doğrultusunda bir gerilmeye karşılık gelmektedir (Mc Kenzie 1972; Kocaefe ve Ataman 1976; Ayday ve Dumont 1979). Bölgede geniş alanlarda yapılan çalışmalarda farklı grabenleşme evreleri saptanmış olup, bu evrelerdeki en büyük çekme eksenleri D-B, KD-GB, KD-GD, KKD-GGB, KKB-GGD doğrultularında gelişim göstermiştir (Kocaefe ve Ataman 1976, Dumont ve diğ. 1979, Koçyiğit 1983, Karaman 1985 vd.). Bu evrelerde gerçekleşen çekme tektoniği (tensional tectonic), güneybatı Türkiye-

Güneybatı Türkiye'de önemli faylar arasında, Akşehir, Çivril, Beyşehir, Kovada, Burdur, Gediz, Büyük Menderes, Uşak, Alanya, Kerme, Karadağ, Acıgöl, Karadilli, Dinar, Senirkent, Akçaköy vd. fayları sayılabilir (Şekil 3). Bu fayların büyük bir kısmı sismo-tektonik yönden günümüzde halen diri olup, özellikle KB-GD ve KD-GB gidişli fay takımları boyunca çok sık deprem kaydedilmektedir. (Örneğin 1925, 1932 Akşehir ve 1970 Gediz depremleri KB-GD gidişli fay takımının; 1914 Burdur ve Isparta, 1945 Denizli-Sarayköy-Buldan, 1963 Tefenni (Burdur) ve 1971 Burdur depremleri ise KD-GB gidişli fay takımlarının günümüzde halen diri olduğunu gösterir). Ayrıca çeşitli büyüklüklerdeki yüzlerce deprem sarsıntıları ile bu depremlere ait deprem episantrlarının başlıca, bu fay takımları ile çevrili graben alanlarının içerisinde yoğunlaşması (Şekil 3), bu bölgelerin yüksek depremsellik riski taşıdığına işaret etmektedir.

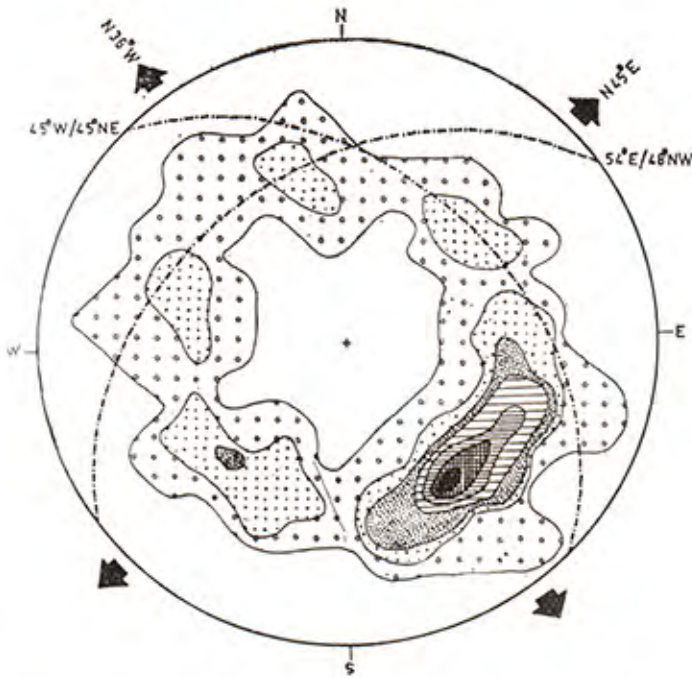


Burdur ili ve çevresinde yapılan çalışmalar sonucunda, depremsellliği doğrudan artırıcı yönde rol oynayan, yerel neotektonik özellikler, yerel zemin özellikleri ve yapılaşma ile depremsellik riski gibi bazı önemli faktörler kısaca açıklanmaya çalışılacaktır.

Eski tektonik dönemlerden arta kalan Burdur kapalı göl havzasında, Alt Pliyosen'de başlayan neotektonik dönem içerisinde bir yandan karasal tortullaşma sürer-

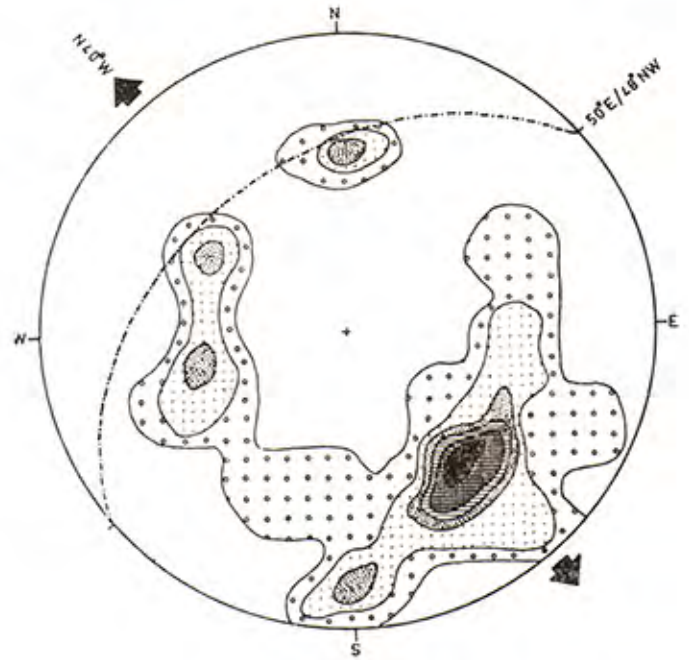
Pliyosen'de gelişen diğer ikinci grup ise, K 45°B doğrultusunda gelişen diri normal faylardır (Şekil 4). 45° ile KD'ya yatımlı olan bu faylar, incelenen alanın orta ve kuzey kesimlerinde daha sık olarak izlenir. Göl havzasının güneybatı kıyısı, havza ile yüksek kireçtaşı tepelerini ayıran, doğrudan bu faya (Düğer Fayı) yaslanır (Şekil 2). Blok faylanma karakterinde olan bu fay takımı, en büyük asal gerilmesi K45°D-G45°B doğrultusunda etkinlik gösteren çekme tektoniği sonucu oluşmuştur.

Pliyosen'de veya Kuvaterner'de oluşan fay takımlarından herhangi birisi, diğerlerinden daha genç değildir. Çünkü bunlar aynı zamanda fakat değişik doğrultulardaki horstlardan grabenlere doğru gidildikçe bir gençleşme izlenir. Nitekim Burdur ovasının güneydoğusunu ve güneybatısını sınırlayan K50°D, K45°B doğrultulu faylar en



Şekil 4 — Pliyosen yaşlı birimlerde gelişen egemen egemen faylar için kontur diyagramı.

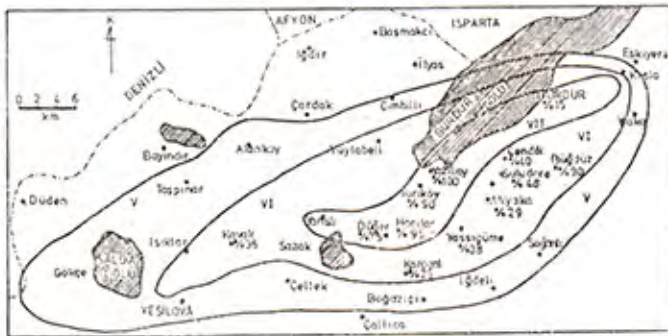
genç kırık hatları ve sismik yönden en hareketli kuşaklardır. 12 Mayıs 1971 depremi sonrasında yapılan izo-seist haritasına bakılacak olursa, en yüksek tahribatın, KD-GB uzanımlı Burdur graben alanına paralel fay ile KB-GD uzanımlı fay doğrultusu boyunca olduğu görülür. KD-GB ile KB-GD doğrultulu fayların birbirleri ile olan kesişme yerleri de, yörede depremsellüğün en yüksek olduğu alanlardır. Burdur ve civarında en büyük sismik iki kuşaktan birisi, K50°D doğrultulu, diğeri ise, K45°B doğrultulu hatlardır. Yörede meydana gelen depremler, bu fayların kesim merkezleri veya yakınındaki yerleşim alanlarında daha fazla tahribata yol açmaktadır. Örnek olarak 1963 Burdur (Tefenni), 1971 Burdur depremi, Burdur graben alanını sınırlayan KD-GB gidişli faylarla, KB-GD gidişli fayların (Burdur fayı, Düğer fayı gibi) kesişme yeri ve yakın civarındaki yerleşim alanlarında olabilecek en fazla tahribata yol açmıştır (Ör: Yazıköy'de % 100, Yarıköy'de % 90, Hacılar'da % 95, Düğer'de % 75 ağır hasar) (Bkz. Şekil 6).



Şekil 5 — Kuvaterner yaşı birimlerde gelişen egemen faylar için kontur diyagramı.

Son faylanma evresinde oluşan en genç faylar boyunca, doğrudan alüvyonlar ile daha yaşlı birimler tektonik dokanağa gelmiştir. Fay düzlemleri alüvyon düzlüklerinden 10-50 m. kadar daha yüksek seviyelerde yer almaktadır. Ayrıca göl alanını sınırlayan bu faylar (Burdur fayı, Düşer fayı, Hacılar fayı vb.) ile alüvyonların dokanağı boyunca pek çok su kaynakları çizgisel bir sıralanım verirler.

Göl havzası ve yakın dolayında çeşitli yıllarda birçok jeofizik etüdlr de yapılmıştır. Diğer taraftan yörede yapılan saha çalışmaları, jeofizik verilerle korele edilmiş bu suretle, sahada haritalanmış ve konumları saptanmış bulunan birçok fayın, göl havzasında ve Kuvarterner örtü altındaki takipleri yapılabilmektedir. Böylece, gömülü fayların veya yüzeyde tanınmasında güçlük çekilen birçok fayın atım miktarı, hareket yönü gibi birçok yapısal özelliği ortaya konmuş ve bu gibi faylar harita üzerinde kesikli çizgilerle işaretlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 6 — 12 Mayıs 1971 Burdur Depremine ait isoseit haritası.

YEREL ZEMİN ÖZELLİKLERİ VE YAPILASMA

1914 tarihinde bu yörede oluşan depremde, 40 km uzunluğunda ve göl alanına paralel K50°D doğrultulu bir yarık meydana gelmiştir. 1971 Burdur depreminde ise, eş hasar bölgeleri, genelde uzun eksenini yaklaşık K50°D doğrultulu bir elips şekli verir (Şekil 6). Bu şekilden de görüleceği üzere, en fazla can ve mal kaybı Yazıköy, Hacılar, Düğer gibi yerleşim alanlarında meydana gelmektedir. Nitekim en fazla hasar gören bu yerlerde, özellikle de alüvyal dolgu ile doldurulmuş olan ve gölün güneybatısındaki düzlük ile Burdur ili ve çevresinde yapılan çalışmalarda, zeminin son derece gevşek, çimento-suz kil, kum ve çakıl depolanmalarından oluştuğu görül-

müştür. Bu kesimlerdeki yerleşim alanları, 900 m. civarında kalınlığa sahip ve sıkılanmamış bir Pliyo-Kuvaterner örtü üzerinde yer almaktadır. Burdur ilinin üzerinde bulunduğu alan, hem alüvyal düzlük hem de genç birikinti konisi üzerinde yer almaktadır.

Böylece kalın ve son derece yumuşak zemin tabakaları üzerindeki yerleşim alanlarında (Hacılar, Karaçal, Düğer, Yarıköy, Yazıköy, Burdur vb.) hasar, ofiyolitik melanj kayaları ve kireçtaşları gibi sert zeminlere sahip olan yerleşim alanlarına (Yassigüme, Gökçebağ, Eskiye-re, Soğanlı ve Burdur gölü batı kıyısındaki bazı yerleşim alanları gibi) oranla çok daha fazla olmuştur. Buna neden olarak da, neotektonik olaylar nedeniyle açığa çıkan sismik dalgaların, yumuşak zeminlerin üst tabakalarında yayılması sırasında genliklerinin büyümesi, fay zonlarında oluşan kuvvetli yer titreşimlerinin bu yumuşak zemin üzerinde doğuracağı dinamik yük dolayısı ile farklı oturma gösterilebilir.

Yazıköy, Yarıköy, Düğer, Hacılar vb. gibi depremden fazlaca hasar gören yerleşim alanlarının kötü, Burdur gölü su kotu seviyesine yakın düzeylerde bulunmaktadır. Bu kesimlerdeki alüvyal düzlükte yüksek olan yeraltı su seviyesi nedeniyle, hafif çukurda kalan kesimlerde küçük su birikintileri, bataklık ve sazlık alanlar oluşmuştur. Böylece bu yerleşim alanlarının altındaki, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu gevşek ve nemli alüvyonlar, bataklık alanları depreme karşı dayanıksız zemin niteliğinde olup, hasar oranını artırmaktadır.

Burdur göl alanı ve çevresinde gerek yörede yaşayan yaşlı kişilerle yapılan görüşmelerde ve gerekse kayıtlara geçmiş deprem bilgilerine dayanarak, bölgedeki hareketliliğin ve faylanmalar sonucu hissedilen sarsıntıların % 80 gibi büyük bir çoğunluğu ilkbahar aylarına rastlanmaktadır. Kar örtüsünün ilkbahara doğru erimesi ve eriyen kar suları ile ilkbahar yağışlarının, özellikle tabakalanmanın bozulmuş olması ve geçirimsizliğin artması nedeniyle, fay zonlarında yavaş yavaş derinlere sızabilmesi mümkün olmaktadır. Bu şekilde yüzey sularının fay zonlarında derinlere nüfus etmesi, esnasında günümüzde halen diri olan bu tür normal fay zonlarında birikmiş enerjinin boşalmasına, dolayısı ile bu mevsimlerde sıklıkla karşılaşılan yer sarsıntılarının neden olmaktadır.

Buraya kadar anlatılan ve depremselliği olumsuz yönde etkileyen bu faktörlerden başka, can ve mal kayıpları ile yapılaşma, inşaat tekniği vb. gibi konular arasında da, sıkı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Nitekim, 12 Mayıs 1971 Burdur depreminde çok fazla ağır hasarlı ve oturulamayacak şekilde binaların büyük çoğunluğunun tahrip olmasına karşılık, az denecek sayıda (60 ölü) can kaybı meydana gelmiştir. Bunun nedeni ise, yoğun iş mevsimine rastlayan ve sabah saat 08.26 sıralarında oluşan bu depremden önce insanların büyük bir kısmının bağ, bahçe ve tarla işleri için evlerinden ayrılmaları ve evde kalanların ise uyanık olmaları dolayısı ile kendilerini dışarı atarak, deprem yıkıntılarından korunabilmeleridir. Söz konusu depremdeki ölümlerin bir kısmı, kendi evleri dışındaki sokak aralarında, diğer evlerin

Yıl \ M	M ≥ 4.5	M ≥ 5	M ≥ 5.5	M ≥ 6	M ≥ 6.5	M ≥ 7	M ≥ 7.5
1	61 ± 10	26 ± 6	9 ± 2	3 ± 1	1 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
10	100 ± 0	95 ± 4	62 ± 10	27 ± 6	10 ± 3	3 ± 0	1 ± 0
20	100 ± 0	100 ± 0	86 ± 8	47 ± 9	18 ± 5	6 ± 2	2 ± 0
30	100 ± 0	100 ± 0	95 ± 4	61 ± 10	26 ± 6	9 ± 2	3 ± 0
40	100 ± 0	100 ± 0	98 ± 2	72 ± 10	33 ± 8	12 ± 3	4 ± 1
50	100 ± 0	100 ± 0	99 ± 1	79 ± 9	40 ± 9	15 ± 4	5 ± 1
60	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	85 ± 8	46 ± 9	18 ± 5	6 ± 2
70	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	89 ± 7	51 ± 10	21 ± 5	7 ± 2
80	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	92 ± 6	56 ± 10	23 ± 6	8 ± 2
90	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	93 ± 5	58 ± 10	24 ± 6	9 ± 2
100	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	96 ± 4	64 ± 10	28 ± 7	10 ± 3

Çizelge 1 — Burdur, Isparta illeri ile yakın çevresine ait 100 yıl içerisindeki deprem riski (R + dR) % değerleri.

yıkıntıları arasında gerçekleşmiştir. 12 Mayıs 1971 tarihindeki aynı şiddetteki bu deprem, gece saatlerinde meydana gelmesi halinde ölü sayısı düşünülemeyecek ölçülere varması kaçınılmaz olacaktı.

İmar ve Iskan Bakanlığı, Afetler Araştırma Enstitüsü'nün 12.5.1971 tarihli raporuna göre, deprem sonucu yöredeki binaların büyük bir kısmı (6800 den fazla) çeşitli ölçülerde, depremin yıkıcı etkilerine uğramıştır. % 75 - % 100 arasında çok ağır hasar gören binaları kapsayan bölgeler Şekil 6'daki isoseist haritasında gösterilmiştir. Hasar daha çok Burdur il merkezi ile bunun yaklaşık 20 km batısındaki Yazıköy, ve Hacılar köyü civarında meydana gelmiştir. Kırsal bölgelerdeki inşaat tipleri bir veya iki katlı kerpiç binalardır. Bu tip inşaatlara genel olarak, temele 75 cm derinliğinde toprak kazılarak başlanır ve temel, taş ve çamurla toprak seviyesine kadar veya en fazla bu seviyeden 30-40 cm. kadar yükseltilerek örülür. Temel üzerine gelen kerpiç duvar kalınlıkları genellikle 80 cm. olup, her 1.5 m. yükseklikte ve ayrıca kapı, pencere üstlerine ağaç destek yerleştirilir, daha sonra duvarların üzerine gelen karşılıklı ağaç kolonlar ve tahta kapaklar üzerine çamur serilerek, toprak dam oluşturulur. Bu binalardan birçoğunda zayıf ve iyi tutturulmamış taş temeller ile temellerin yeterince fazla kazılmaması, bina duvarlarının ince olması, duvar içerisinde yeterince tahta veya ağaç kolon vb. kullanılmaması, duvarlar üzerinde koruyucu sıva olmaması nedeniyle duvarların nemlenip kolayca bozulması, kalitesiz malzeme ve kötü işçilik kullanılması, bir veya iki katlı kerpiç binaların üzerinde kalın toprak dam örtüsü bulunması ve kerpiç binaların bir kattan fazla yapılması gibi bazı etkenlerin, yörede sürekli olagelen depremlerdeki hasarlar üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır. Bölgedeki depremlerde, dayanıklı malzeme ve iyi işçilik kullanılmış bazı kerpiç binalarda hiç hasar olmaması veya çok az hasarla kurtulması istisna teşkil etmesine karşılık, yöredeki kerpiç binaların büyük bir çoğunluğu yerle bir olmakta ve can kayıplarına neden olmaktadır. Yörede çok katlı veya büyük yapılar, ağırlıkları dolayısı ile, hafif bir sallantıda dahi yumuşak olan zemine, belli ölçülerde gömülmektedir. Ayrıca 1971 depreminde zarar gören binaların büyük çoğunluğunda, temelde veya taşıyıcı duvarlarda, yörede kurna taşı denilen travertenler kullanılmaktadır. Burdur ilinin yakın doğusundaki Kurna dere-sinde yaygın olarak yüzeylenen bu travertenler, bol miktarda bulunması ve kolay temin edilmesi, bunların kolay işlenip şekil verilebilmesi inşaatlarda bol kullanım alanı doğurmuştur. Bu durum ise, yöredeki depremlerde hasar oranını artırıcı yönde rol oynamıştır.

Deprem etkilerinden zararsız veya en az zararlı kurtulmanın başlıca yolu, inşaat sahasının deprem tehlikesi bakımından çok iyi değerlendirilmesi ve yapıların bu değerlendirmenin gerektirdiği biçimde, depreme karşı dayanıklı bir şekilde inşa edilmesidir. Günümüzde halen diri olan faylarla denetlenen bölgede, deprem kaçınılmaz olacağına göre, yapılan inşaatlar mutlak suretle deprem yönetmeliğine uygun kaliteli malzeme ve iyi işçilikle inşa edilmiş olmak zorundadır. Aktif fay hattı (Burdur Fayı) üzerinde bulunan yerleşim alanlarında, kesinlikle çok

katlı binalara mücade edilmemeli, bölgede bu tip yapılaşmanın dondurulup mevcut yapıların ömrünü tamamlaması önerilir. Ancak yapıların sürekli olarak da gözleme tabi tutulması zorunludur. Ayrıca, bölgede yapılan her türlü yapı ve mesken inşaatlarının, kesinlikle yerel idareler veya ilgili kuruluşlarca titiz bir şekilde deprem proje kontrollerinden geçirilmesi, deprem yönetmeliğine uygun olmayan yapılara ruhsat verilmemesi, bu konuda alınabilecek en pratik tedbirdir. Bunun için de, belediyeler ve diğer ilgili kuruluşlarda, binaların proje veya inşaatlarını denetleyecek teşkilatın, yeterli teknik eleman ve imkana kavuşturulması gereklidir.

Bölge, bir yandan mesken ve küçük tip bina inşaatları yanı sıra, daha büyük çaplı mühendislik yapılarına da ihtiyaç duymaktadır. Bu konuda değişik örnekler verilebilir, ancak inceleme alanı sınırları içerisinde kalması bakımından, Karaçal Baraj alanındaki neotektonik özelliklere çok kısa olarak değinilecektir. Burdur ilinin 20 km kadar güneyindeki Karaçal köyü dolayında, D.S.İ. tarafından sulama ve taşkın amaçlı baraj inşası için ön etüdler ve raporlar hazırlanmaktadır. Baraj gövdesinin kurulacağı yer, Karaçal köyünün 1.5 km doğusunda ve Karaçal grabeni içerisindeki Burdur gölüne doğru akan dere vatağı olmaktadır. Sağ yamaçta Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile ofiyolitik melanj kayaları, sol yamaçta ise Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaçal çakıllıtaşları yer almaktadır. Kireçtaşları ve melanj kayaları, yöredeki yapısal kuvvetlerden son derece fazla etkilenmiş olup, bol miktarda değişik yönlü kırık sistemleri içermektedir. Bunlardan çatlak gelişimleri $K40^{\circ}D/65^{\circ}B$, $K45^{\circ}D/60^{\circ}B$ ile $K-G/80^{\circ}B$ konumlarında izlenir. Ayrıca arazi gözlemlerinde sağ sahilde, baraj gövdesi üzerinde olumsuz etki yaratabilecek nitelikte olan faylar başlıca iki grupta toplanır. Bunlardan birincisi, baraj aksına da paralel olan, yaklaşık $K50^{\circ}D/48^{\circ}B$ konumlu diri normal faylardır. Diğer ikinci grup faylar ise, baraj üzerinde asıl en önemli olumsuz etkiyi yapabilecek olan yaklaşık $K55^{\circ}B/70^{\circ}G$ konumlu, baraj aksını enine kesen ve Karaçal grabeninin oluşumunu da sağlayan diri normal faylardır. Sol sahildeki yataya yakın konumlu olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaçal çakıllıtaşları son derece gevşek tutturulmuş olup, bu birimde diri normal fayların etkisi altında bulunmaktadır.

Baraj gövdesinin sürekli olarak $K50^{\circ}D/48^{\circ}B$ ile $K55^{\circ}B/70^{\circ}G$ konumlu fay takımlarının denetiminde bulunacağına göre her ne kadar aktif fay zonu dolayısı ile risk tedbirleri öngörülmüş olsa bile, Karaçal barajının projelendirme safhasında, bu diri normal fayların baraj gövdesi üzerinde olumsuz ve yıkıcı etkileri olabileceği gözönünde tutulmalıdır.

DEPREMSELLİK RİSKİ

Günümüzün teknik olanakları ile herhangi bir bölgede olan depremin odak hareketi, magnitudu, şiddeti, oluş zamanı ve bunlara dayanarak depremle ilgili çeşitli parametreler hesap edilebilmektedir. Bu parametrelerden istatistiksel bir yaklaşımla, sismik risk hesabı yapılabilir. Sismik risk analizinde geçmiş deprem bilgileri önemli kaynak oluşturur. Geçmişteki depremlerden hare-

kette, ilerideki tekrarlanması mümkün depremlere ilişkin matematiksel bir yorum getirilmesi istatistik olarak mümkün olmaktadır. Uzun ve homojen bir süreklilikte elde edilecek verilerin sağlamlığı, o derecede sağlam ve inandırıcı sonuçlara ulaştırır. Sismik risk analizinde amaç, eskiden olmuş depremlere ait elde edilen verileri sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle düzenli bir şekilde birleştirerek, ileride beklenebilecek deprem tehlikesine karşı belirli ihtimal değerleri saptayabilmektir. Halen pek çok ülkede sismik risk analizi üzerinde uygulamalı çalışmalar yapılmaktadır.

Belirli bir bölgede kayıt edilen sağlam donelerin oluş sayıları (frekansı) ile belirli aralıklı magnitudleri arasında doğrusal bir bağıntı olduğu Gutenberg-Richter (1942) tarafından ortaya konmuştur. Daha sonra bu ilişki çeşitli araştırmacılar tarafından mühendislik projelerine uygulanmış, böylece ilgili bölgelere göre depremsellik risk değerleri elde edilmiştir. Ülkemizde de Bath (1979) tarafından 40 ayrı sismik risk bölgelendirmesi yapılmıştır. Araştırmacıya göre,

Sismik risk (R),

$$R = 1 - \exp(-\tau/T) \quad (1)$$

Frekans-Magnitud ilişkisi,

$$\log N = (a - bM) \mp z \quad (2)$$

veya

$$\ln(S \Sigma N/t) = (a' - b'M) \mp z \quad (3)$$

burada,

$$\left. \begin{aligned} a' &= (a + \log S - \log t)/0.4343 \\ b' &= b/0.4343 \\ z' &= z/0.4343 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Sismik risk denklem (1)'den $\tau = 1$ yıl için,

$$R = 1 - \exp[-\exp(a' - b'M)] \quad (5)$$

Sismik riskin hatası,

$$|dR| = [z(1-R)\ln(1-R)] \quad (6)$$

(5) ve (6) no'lu denklemler yardımı ile $\tau = 1$ yıllık süre için sismik risk hata ($R \mp dR$)'nın yüzde değerleri bulunabilir.

Alsan ve diğerleri (1975) tarafından 1913-1970 arasındaki ($t = 58$ yıl) Türkiye'deki depremler ile ilgili derlenen doneler, Bath (1979) tarafından değerlendirilmiş ve çalışma bölgemizi de içerisine alan 27-31D, 37-39K koordinatları ile sınırlanan bölgede, a, b, z ve S için,

$$a = 6.23 \quad b = 0.98 \quad z = 0.12 \quad S = 0.84$$

değerleri bulunmuştur (Bkz. Bath, 1979). Bölgede değişik magnitudlere göre ve bir yıllık süre için geçerli olmak üzere, Bath (1979) tarafından hesaplanan depremsellik riski ($R \mp dR$)'nin yüzde değerleri aşağıda verilmiştir.

$$M \geq 4.5 \text{ için } 61 \mp 10 \quad M \geq 6.0 \text{ için } 3 \mp 1$$

$$M \geq 5.0 \text{ için } 26 \mp 6 \quad M \geq 6.5 \text{ için } 0 \mp 0$$

$$M \geq 5.5 \text{ için } 9 \mp 2 \quad M \geq 7.0 \text{ için } 0 \mp 0$$

Burdur ve Isparta yöreleri için de geçerli olabilecek, önümüzdeki 100 yıl içerisindeki depremlere ait depremsellik riskinin yüzde değerleri, değişik magnitudlere göre tek tek hesap edilmiş ve bu değerler Tablo 1'de sergilenmiştir. Buradaki diğer referans periyotları için (Şayet $\tau = 1$ ise), a' yerine denklem (5)'de $a' + \ln \tau$ aşağıdaki formüle uygulanırsa (R'nin seçimi yapılan ve R'in anlamı olan denklem (5)'de gösterilmiştir).

$$R_i = 1 - (1 - R)^{\tau} \quad (7)$$

bağıntısından bu konuda yararlanılır. İlgili parametreler kullanılarak $\tau = 1$ yıl (ör. 10,20,...40,... 100 yıl gibi) bulunan tablodan birkaç örnek vermek gerekirse, önümüzdeki 20 yıl içerisinde magnitudu 5.5 ile 6.0 şiddetindeki bir depremin meydana gelme ihtimali, % 8 hata ile % 86 gibi oldukça yüksek bir rakamdır. 12 Mayıs 1971 tarihli Burdur depreminin magnitudunun 6.0 civarında olduğu gözönüne alınacak olursa, bu şiddetteki bir depremin yörede ağır hasar yapacağı kesindir. Tüm bu sonuçlara rağmen, bölgede yapılacak her türlü inşaat veya mühendislik projelerinde, makalede önerilen risk değerlerinin üzerinde proje riskinin göz önüne alınması daha uygundur.

İşaretlerin anlamları

a, b = Magnitud-Frekans bağıntılarının parametreleri $\log N$ ve M , denk. (2)

a', b' = $\ln(S \Sigma N/t)$ ve M arasındaki parametreler

M = Yüzey dalga magnitudu

N = Depremlerin frekansı

R = Sismik risk

S = Örnek bölgeye çevirme katsayısı

t = Rasat süresi (58 yıl)

T = Tekrarlama periyodu

z = Standart sapma, $\log N$ denk. (2)

z' = Standart sapma, $\ln(S \Sigma N/t)$, denk. (3)

τ = Referans periyodu, R hesabı için yıl.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ALSAN, E., TEZUÇAN, L. and BATH, M., (1975), An earthquake catalogue for the interval 1913-1970. Kandilli Obs., Report No. 7-75.
- AYDAY, C. ve DUMONT, J. F., (1979), Antalya travertenlerinde görülen dizilmelerde elde edilen Landsat görüntüleri üzerinde yapılan gözlemler: Neotektonik ve hidrojeoloji arasında olabilecek bağıntıların tartışması, M.T.A. dergisi, 92, 131-134.

- BATH, M., (1979), Seismic risk in Turkey-a preliminary approach. *Tectonophysics*, 54: T9 - T16.
- DUMONT, J. F., UYSAL, Ş., KARAMANDERESİ, İ. H. ve LETOUZEY, J., (1979), Güneybatı Anadolu'daki grabenlerin oluşumu, *M.T.A. Dergisi*, 92, 7 - 17.
- GUTENBERG, B. ve RICHTER, C. F., (1942), Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration. *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 32, No. 3.
- KARAMAN, E., (1986), Burdur gölü doğu kıyısının jeolojisi ve neotektonik evrimi, *A.Ü. Isparta Müh. Fak. Dergisi*, S. 2 (Baskıda).
- KOCAEFE, S. ve ATAMAN, G., (1976), Anadolu'da sismo-tektonik olayları-1: Antalya-Denizli-Fethiye üçgeni içinde yer alan bölgenin incelemesi: *Hacettepe Üniv. Yerbilimleri*, 2,55 - 70.
- KOÇYİĞİT, A., (1983), Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim, *Türkiye 'eol. Kur. Bülteni*, Cilt. 1 - 16.
- Mc KENZIE, D. P., (1972), Active tectonics of the Mediterranean region: *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 30, 109 - 185.

Q SİSTEMİ VE KUZEY HALIÇ KANALİZASYON TÜNELLERİNE UYGULANMASI

İsmail ERİŞ*

GİRİŞ

Kayalar, Jeolojik devirler boyunca etkili olmuş mekanik, fiziksel ve kimyasal olayların izlerini taşırlar. Kayaların mekanik davranışlarını önemli ölçüde etkileyen ve denetleyen bu izler, ya kayaların kökeniyle ya da sonradan etkilendikleri olaylarla ilgilidirler. Kaya ortamını, heterojen anizotrop bir davranış içine iten bu izlerin başında süreksizlikler (tabakalar, çatlaklar, kırıklar, faylar, sistozite, foliasyon, lineasyon vb.) ile kayacın cinsi kristallenme ya da tane boyutu gelmektedir.

Tüm bunların yanı sıra su, gaz, sıcaklık gibi çevre etmenleri ile birlikte gerilme durumu da eklenince, kaya ortamı daha da karmaşık bir hale gelmektedir. Böyle-sine karmaşık bir jeolojik ortamda kilometrelerce uzunlukta ve 10 m. nin çok üzerindeki çaplarda yeraltı mühendislik yapılarının oluşturulması, kuşkusuz kaya ortamının çok iyi tanımlanmasına, değerlendirilmesine, kaya yapısının buna göre projelendirilmesine bağlıdır. Akılcı ve sağlıklı çözümler çok yönlü araştırma ve incelemeyi beraberinde getirir. Öyleyse ilk iş kaya ortamını tanıması ve onun sınıflaması olmalıdır.

Bugün oldukça fazla kaya sınıflaması mevcuttur. Ancak bunlardan birkaç tanesi kullanılmaktadır. Burada kısaca Q sistemi (NGI-Norwegian Geotechnical Institute) sınıflamasından söz edilecek, Kuzey Haliç kanalizasyon tünellerine uygulanması irdelenecektir.

Q (NGI) Sistemi ve Kullanılan Parametreler

Q sistemi, çeşitli yeraltı kazılarında kaya ortamını belirli kriterlerle sayısal olarak gruplandırıp buna uygun destekleme (sağlamlaştırma) türünü vermeyi amaçlar. Norwegian Geotechnical Institute (NGI) sınıflaması olarak da bilinir. Kuzey Avrupa ülkelerinde, Barton, N ve arkadaşları (1974) tarafından geliştirilmiş olan bu sistemin esası, altı parametreye dayandırılmıştır. Bunlar:

ROD = Kaya kütle niteliği (Deere 1963),

j_n = Çatlak takımı sayısı,

j_r = Çatlak pürüzlülüğü katsayısı,

j_a = Çatlak alterasyon katsayısı,

j_w = Çatlak suyu indirgeme faktörü,
SRF = Gerilme indirgeme faktörü olup,

$$Q = \frac{RQD}{j_n} \times \frac{j_r}{j_a} \times \frac{j_w}{SRF}$$

bağıntısıyla verilmektedir.

Burada:

$$\frac{RQD}{j_n} = \text{Nispi Blok Boyutuna;}$$

$$\frac{j_r}{j_a} = \text{Bloklar arası kayma veya süreksizliğin içsel sürtünme açısına;}$$

$$\frac{SRF}{j_w} = \text{Aktif gerilmeye}$$

karşılık gelmektedir.

Sistemde kazı boyutunu normale indirgeme faktörü olarak tanımlanan (ESR) değeri, projenin tipine ve hizmet amacına göre 0.8-5 arasında değerler alır. Kanalizasyon tünelleri için bu sayı 1.3 olarak alınmıştır.

Q sınıflama sistemine ait parametre derecelendirmeleri Çizelge 1-5 de verilmiştir.

RQD; NX tipi (76 mm) 10 cm ve daha uzun olan karot boyları toplamının, manevra boyuna oranı şeklinde tanımlanmakta ve % olarak ifade edilmektedir.

$$RQD = \frac{\sum L_{10}}{L} \times 100$$

Buna göre:

RQD	Derece
0 - 25	çok zayıf
25 - 50	zayıf
50 - 75	orta

* İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeoloji Yük. Mühendisi.

75 - 90	iyi
90 - 100	çok iyi

şeklinde tanımlanmaktadır (Deere 1963).

Q değeri hesaplamalarında, ROD nin 5 aralıklı değerleri yeterli olabilmektedir.

J_n = Çatlak takımı sayısı

Yüzeysel olarak birim alandaki (1 m²) çatlak takımı sayısı olarak tanımlanmaktadır.

Kaya ortamının içerdiği çatlak takımı sayısına göre J_n değeri, 0.5 ile 20 arasında derecelendirilmiştir (Çizelge 1).

J_r = Çatlak pürüzlülük katsayısı,

Çatlak pürüzlülüğünün sayısal bir ifadesi olarak kullanılmaktadır. Süreksiz çatlaktan sürtünme izli düzlemsel çatlığa kadar 0.5 ile 4 arasında derecelendirme yapılmıştır (Çizelge 2).

J_a = Eklem alterasyon katsayısı.

Bu değer, çatlak yüzeyinin ayrışma durumuna ve çatlak dolgu malzemesinin türüne ve kalınlığına göre 0.75 ile 20 arasında derecelendirilmiştir.

Bir bakıma, çatlak dolgu maddesinin içsel sürtünme açısına göre J_a değeri seçilmektedir (Çizelge 3).

	(J_n)
A — Masif, çatlaksız ya da birkaç çatlaklı	0.5 - 1.0
B — Bir çatlak takımı	2
C — Bir çatlak takımı gelişigüzel takım	3
D — İki çatlak takımı	4
E — İki çatlak takımı gelişigüzel takım	6
F — Üç çatlak takımı	9
G — Üç çatlak takımı gelişigüzel takım	12
H — Dört ya da daha fazla çatlak takımı, gelişigüzel çok fazla çatlaklı "şeker-küpü" vs.	15
J — Paralanmış kaya, toprak gibi	20

Çizelge 1 — J_n Parametresi İçin Tanımlamalar ve Derecelendirmeler.

	(J_r)
A — Süreksiz çatlaklar	4
B — Pürüzlü ya da düzensiz, dalgalı	3
C — Düz, dalgalı	2
D — Sürtünme izli, dalgalı	1.5
E — Pürüzlü ya da düzensiz, düzlemsel	1.5
F — Düz, düzlemsel	1.0
G — Sürtünme izli, düzlemsel	0.5
H — Kaya duvar dokanağını önleyecek yeterli kalınlıktaki kil mieranli içeren zon	1.0
J — Kaya duvar dokanağını önleyecek yeterli kalınlıktaki kumlu, çakıllı ya da paralanmış zon	1.0

Çizelge 2 — J_r Parametresi İçin Tanımlamalar ve Derecelendirmeler.

	(J_a)	(ϕ)
(a) Kaya duvar dokanağı		
A — Sıkı biçimde iyileştirilmiş, sert yumuşamayan, geçirimsiz dolgu, örneğin kuvars veya epidot	0.75	(—)
B — Altere olmamış çatlak yüzleri, yalnızca yüzeysel paslanma	1.0	(25 — 35°)
C — Az altere olmuş çatlak yüzleri, yumuşamaz mineral sıvaları, kumlu parçalar, kil-serbestçe, parçalanmış kaya vs.	2.0	(25 — 30°)
D — Siltli, veya kumlu-kil sıvaları, küçük kil fraksiyonu (yumuşak değil)	3.0	(20 — 25°)
E — Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil minerali sıvaları, yani, kaolen ya da miksa. Keza klorit, talk, jips, grafit vs. ve az miktarda şişen killer	4.0	(8 — 16°)
(b) 10 cm. kayma öncesi kaya duvar dokanağı		
F — Kumlu parçalar, kil-serbest paralanmış kaya vs.	4.0	(25 — 30°)
G — Fazlaca konsolide olmuş, yumuşamaz, kil minerali dolguları (sürekli ancak < 5 mm. kalınlık)		(16 — 24°)
H — Orta ya da düşük konsolidasyon, yumuşak, kil minerali dolguları (sürekli ancak < 5 mm. kalınlık)	8.0	(12 — 16°)
J — Şişen-kil dolguları, yani, montmorillonit (sürekli, ancak < 5 mm. kalınlıklı) J_a değeri şişen kil-boyut parçalarının yüzdesine ve suya yaklaşıma bağlıdır	8 — 12	(6 — 12°)
(c) Kaymaya uğradığında kaya duvar dokanağı yok		
K — Parçalanmış zonlar veya bantlar		
L — Veya parçalanmış kaya ve kil		
M — Siltli ya da kumlu kil zonları veya bantları, küçük kil fraksiyonu (yumuşamaz)	5.0	(—)
O — Kil bantları (bakınız G, H, J)		
P — Kil durumunun tanımlanması için	10,13 veya 13 — 20	(6 — 24°)

Çizelge 3 — J_a Parametresi İçin Tanımlamalar ve Derecelendirmeler.

$\frac{J_r}{J_a}$ değeri bloklar arası kayma olup yaklaşık olarak $\tan \phi$ ye eşittir.

J_w = Çatlak suyu azaltma faktörü.

Yeraltı kazıları sırasında kesit alanına bağlı olarak kazının 1 metresinden gelen suyun miktarına ve su basıncına göre 0,5 ile 1 arasında derecelendirilmiştir (Çizelge 4).

	J_w	Yaklaşık Su basıncı (kg/cm ²)
A — Kuru kazılar ya da küçük sızma, yani, < 5 lt/dak. yersel olarak	1.0	—
B — Orta derecede akım ya da basınç yer yer çatlak dolgularının yıkanması	0.66	1 — 2.5
C — Dolgusuz çatlaklı sağlam kaya büyük akım ya da yüksek basınç	0.5	2.5 — 10
D — Büyük akım ya da yüksek basınç, çatlak dolgularının fazlaca yıkanması	0.33	2.5 — 10
E — Patlatmada son derece yüksek akım ya da su basıncı, zamanla çürüyen kaya	0.2 — 0.1	10
F — Belirgin çürüme olmaksızın devam eden son derece yüksek akım ya da su basıncı	0.1 — 0.05	> 10

Çizelge 4 — J_w Parametresinin Tanımlaması ve Derecelenmesi.

SRF = Gerilme azaltma faktörü.

Kazı sırasında gevşemeye ya da şişmeye, sıkışmaya neden olabilecek toplam gerilmelerin bir parametresi olarak tanımlanmaktadır (Çizelge 5).

σ_B = taşın tek eksenli basınç direnci

σ_C = taşın çekme direnci

σ_1 = Kazının yapıldığı derinlikteki max. düşey gerilme

σ_{H1} = Kazının yapıldığı derinlikteki max. yatay gerilme

olmak üzere

$\frac{\sigma_B}{\sigma_1}$ ve $\frac{\sigma_C}{\sigma_1}$ göre gerilme ortamları aşağıdaki gibi

tanımlanmaktadır.

(a) Kazıyı kesen zayıflık zonları, bunlar tünel kazılırken kaya kütlelerinin gevşemesine neden olabilirler. (SRF)

A — Kil içeren zayıflık zonları ya da kimyasal olarak parçalanmış kayanın beraber bulunması (çok gevşek çevre kaya herhangi bir derinlikte)	10
B — Kil ya da kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek zayıflık düzlemleri (kazı derinliği < 50 m.)	5
C — Kil ya da kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek zayıflık zonları (kazı derinliği > 50 m.)	2.5
D — Sağlam kayada tek kayma zonları (kilserbest), gevşek çevre kaya (herhangi bir derinlikte)	7.5
E — Sağlam kayada tek kayma zonları (kilserbest) kazı derinliği < 50 m.)	5.0
F — Sağlam kayada tek kayma zonları (kilserbest) (kazı derinliği > 50 m.)	2.5
G — Gevşek açık eklemler, fazlaca eklemlili "Küp Şekeri" vs. (herhangi bir derinlikte)	5.0

(b) Sağlam kaya, kaya gerilme problemleri

H — Düşük gerilme, yüzeye yakın

J — Orta derecede gerilme

K — Yüksek gerilme, çok sıkı yapı (genellikle stabiliteye uygun, duvar stabilitesi için uygun olmaya bilir)

L — Az kaya patlaması (masif kaya)

M — Fazla kaya patlaması (masif kaya)

N — Az sıkışan kaya basıncı

O — Fazla sıkışan kaya basıncı

(d) Suyun bulunmasına bağlı olarak şişen kaya kimyasal şişme hareketi

F — Az şişen kaya basıncı

R — Fazla şişen kaya basıncı

σ_B/σ_1	σ_C/σ_1	(SRF)
> 200	> 13	2.5
200 — 10	13 — 0.66	1.0
10 — 5	0.66 — 0.33	0.5 — 2
5 — 25	0.33 — 0.16	5 — 10
< 2.5	< 0.16	10 — 20
		5 — 10
		10 — 20
		5 — 10
		10 — 15

Çizelge 5 — SRF Parametresi İçin Tanımlama ve Dereceleme.

Kuzey Haliç Kanalizasyon Tünelleri ve O Sisteminin Uygulanması

Kuzey Haliç kanalizasyon tünelleri, Hasköyden başlayıp Kasımpaşa-Tophane-Fındıklı sırtlarından Dolmabahçe önlerine kadar gelmektedir. Yaklaşık 4700 m uzunluktaki tünellerin çapı 3.2 m., kotu ise sıfır dolayındadır.

Tüneller, genelde kumtaşı, silttaşı, kiltası, çamurtaşı katmanlı, yer yer kuvars bileşimli konglomera mercekleri içeren, Trakya Formasyonu içinde açılacaktır. Bu formasyon, ortalama kalınlıkları 1-2 m. dolayındaki andezit ve nadiren diyabaz daykaları ile kesilmiştir. Bir kaç cm. kalınlıktaki kalsit ve kuvars damarları da sıkça izlenmektedir.

Tünel güzergahı mühendislik jeolojisi çalışmaları

- Yüzey jeolojisi çalışmaları
 - Karotlu sondaj çalışmaları
 - Uygun yerlerde jeofizik çalışmalar
- şeklinde yürütülmüştür.

Yüzey Jeolojisi Çalışmaları

Yüzey jeolojisi çalışmalarına, kritik Q değeri belirlenerek başlanmıştır.

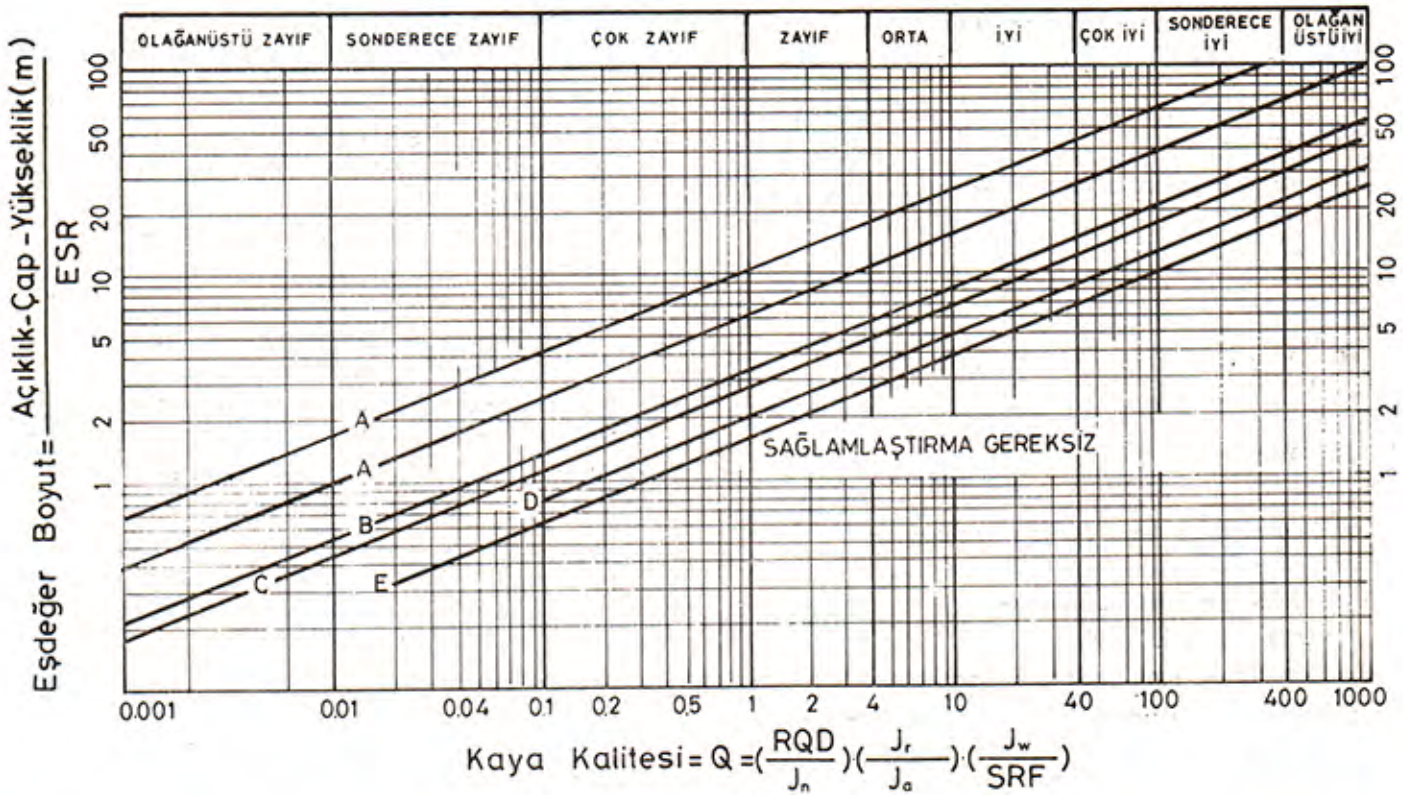
$$Q = \left(\frac{\text{Açıklık}}{2 \text{ ESR}} \right)^{2.5} \text{ bağıntısından}$$

ESR = 1,3 alınarak

Q kritik ≈ 3 bulunmuştur. (Şekil 1).

Bu suretle, yüzey jeolojisi çalışmaları sırasında, anında iksa gerektirecek kesimlerle, bir süre iksasız kalabilecek kesimleri kabaca ayırma yoluna gidilmiştir.

Ancak tünellerin yoğun bir yerleşimin altında bulunması nedeniyle, yeterli sayıda ve büyüklükte mostra görülebilmiştir. Bununla birlikte, Kasımpaşa Tüneli güzergahındaki mostralarda ve Fındıklı Tünel ekseninde açılmış olan iki temel çukurunda gözlem ve ölçümler esas alınarak Q hesaplamaları yapılmıştır.



Şekil 1 — Proje tipine ve amacına göre kritik Q değerinin tayini için $Q = \left(\frac{\text{Açıklık}}{2 \text{ ESR}} \right)^{2.5}$ denkleminde çizilen zarflar.

- Geçici maden açıklıkları ESR = 3-5.
- Sürekli maden açıklıkları, hidrolik enerji maksatlı su tünelleri, pilot tüneller, ESR = 1,6.
- Biriktirme odaları, su tasfiye tesisleri, küçük yol ve demiryolu tünelleri, yükleme odaları, yaklaşım tünelleri, v.s. ESR = 1,3.
- Santral binaları, büyük yol ve demiryol tünelleri, portallar, arakesitler ESR = 1.
- Yeraltı nükleer santralleri, spor ve kamu tesisleri, fabrikalar v.s. ESR = 0,8.

Hesaplamalar için gerekli ROD değeri yaklaşık olarak:

$ROD = 115 - 3,3 \cdot j_v$ (Palmstım 1957)
bağıntısıyla bulunmuştur. Burada:

j_v = Her m^3 teki çatlak sayısıdır.

Bir m^3 çinde 4-5 çatlak bulunması halinde (En ideal durum $ROD = 100$ olacaktır).

Mostralarda gözlenen çatlak takımı sayısı 3 olup, çatlaklar demiroksit sıvalı, yer yer kalsit ve kuvars dolguludur. Açık çatlaklar arasında çok az kil dolgusu bulunmaktadır. Çatlaklar az pürüzlü, genelde düz dalgalıdır.

ROD hesaplamalarında 1 m^3 içindeki çatlaklar sürekli kabul edilmiş ve hesaplar buna göre yapılmıştır (Çizelge 6).

1 m^3 'de Çatlak Sayısı	Çatlak Takımı Sayısı	ROD (%)	Zonlar
13 — 15	3	65 — 70	En iyi
28 — 30	3	15 — 20	Zayıf
> 30	Çok	1 — 5	En kötü (Fay)

Çizelge 6 — Mostralardaki ROD değeri hesaplamaları için ölçülmüş ortalama çatlak sayıları.

Mostralarda Q hesaplamaları sırasında, $j_w = 1$, $SRF = 2,5$ alınmıştır.

Elde edilen sonuçlar, Çizelge 7 de topluca bir araya getirilmiştir.

Zonlar	ROD (%)	j_n	j_r	j_s	j_w	SRF	Q	% Dağılım m^2
En iyi	65 — 70	8	2 — 3	1	1	2,5	6,5 — 10,5	60 — 65
Zayıf	15 — 20	10	1	2	1	2,5	0,3 — 0,4	30 — 35
En kötü (Fay)	1 — 5	15	1	4	1	2,5	0,03 — 0,006	10 — 15

Çizelge 7 — Mostralarda ve temel çukurlarında yapılan Q parametreleri derecelemesi ve ortalama Q değerleri.

Derinlere indikçe, a yırışmanın etkisi azalacağından, Çizelge 7 de görülen Q değerlerinin, daha da iyi olacağı düşünülmelidir. Bununla beraber yukarıdaki değerlerin tünel düzeyine aynen indirgenmesi halinde bile, tünel uzunluğunun % 65'inde, en az bir yıl süreyle iksa gerekemeyeceği ortaya çıkmaktadır (Şekil 2).

Sondaj Çalışmaları :

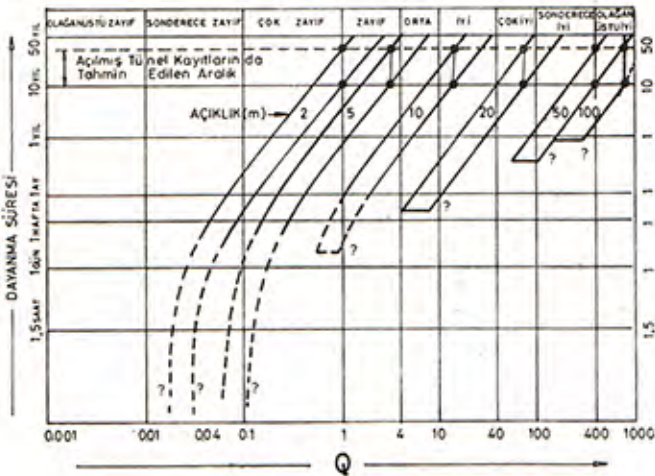
Tünel güzergahlarında, tünel kotunun 5-10 m. altına kadar devam eden toplam 34 adet sondaj ile kaya ortamı araştırılmıştır. Seçenek araştırmaları için açılmış olan 16 adet darbeli, kısmen rotary sondaj ise burada değerlendirilmeye alınmamıştır.

Sondajlarda tünel kotunun 5 m. altında ve 5 m. üstünde kalan 10 m. lik zon içinde basınçlı su deneyleri yapılarak ortamın permeabilitesi saptanmıştır.

Elde edilen karotlar incelenerek litolojik tanımlamaları yapılmış ve ROD, SCR, TCR değerleri hesaplanmış, çatlak özellikleri, dolgu maddesi türü ile fay ve ezilme zonları belirlenmiştir. Ayrıca karotlar üzerinde çeşitli fiziksel ve mekanik deneyler yapılmış elde edilen değerler hazırlanan jeolojik kesitlerin altına işlenerek bu kesitler üzerinde sorunlu kesimler ve problemler belirtilmiş çözüm önerileri getirilmiştir (MJKM Raporu 85/2).

Q değerinin derinlikle değişimini saptamak ve yüzeyde hesaplanan Q değerleriyle korelasyonu yapabilmek amacıyla sadece tünel düzeyinde değil, tüm sondaj boyunca Q değerleri hesaplanmıştır.

Yapılan basınçlı su deneylerine göre ortamın geçirimsiz olması nedeniyle ($K \approx 10^{-7}$ cm/sn) fazla su geliri



Şekil 2 — İksazıs kazı genişliği (Açıklık) artışına bağlı dayanma süresi ile Q değeri arasındaki yaklaşık ilişki (Barton 1974).

ve yüksek su basıncı beklenmemektedir. Bu nedenle, j_w değeri fay zonları için 0.66; diğer kesimler için ise: 0.8-1 arasında alınmıştır.

SRF değerinin tayininde örtü kalınlığı esas alınarak oluşabilecek düşey ve yatay gerilme ($\sigma_1 - \sigma_{III}$) değerleri hesaplanmıştır. Laboratuvarda taşın tek eksenli basınç direnci ortalama: $\sigma_B = 600 \text{ kg/cm}^2$ bulunmuştur. Maximum örtü kalınlığı 70 m. dolayında olup:

$$\frac{\sigma_B}{\sigma_1} = \frac{600}{20} = 30 \text{ dur ve kaya patlaması beklenmektedir.}$$

Ortam düşük-orta gerilme değerindedir. Bu nedenle SRF değeri: 2,5; fay zonları için ise: 10 olarak alınmış, hesaplar buna göre yapılmıştır.

Tünel düzeyine aktarılan Q Değeri dağılımları her sondajın tünel düzeyine rastlayan 2,5 D = 10 m lik kesimi için yapılmıştır.

Çizelge 8 de görüldüğü gibi Q değerlerinin dağılımı en iyi zonlar için 4-15, zayıf zonlar için 3-0.1, en kötü zonlar için ise $Q < 0.004$ olarak bulunmuştur.

Sondaj No.	Derinlik	Q			% dağılımı (m)		
		En iyi	Zayıf	En kötü	En iyi	Zayıf	En kötü
KT1	23	5	0.2	0.003	10	0.80	10
KT2	45	5	0.3	0.002	40	55	5
KT3	23	6	1	0.001	55	43	2
KT5	35	4	0.1	0.002	25	70	5
KT6	36	8	0.4	0.003	50	43	7
DT1	50	4	0.2	0.002	30	50	20
DT2	57	4	0.1	0.002	35	60	5
FT1	35	8	0.2	0.001	43	47	10
FT2	37	4	0.3	0.001	49	50	1
FT3	30	5	2	0.003	60	40	1
CV1	50	5	1	0.002	25	40	35
CV3	40	7	0.4	0.003	38	60	2
CV4	54	6	2	0.003	10	65	25
CV5	45	4	0.5	0.002	20	60	20
CV6	55	7	3.5	0.001	20	50	30
CV7	60	15	3	0.002	20	65	15
CV10	70	10	2.5	0.003	35	60	5
CV11	70	10	2	0.003	33	60	7
Ortalama					33.2	55.4	11.38

Çizelge 8 — Kuzey Haliç Kanalizasyon tünellerinde açılmış olan sondajlarda Q değeri dağılımları (%).

Her sondajdaki en iyi, zayıf ve en kötü zonların m olarak % dağılımı hesaplanarak ortamının Q değeri dağılımları çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8 de görüldüğü gibi, Q değerlerinin dağılımı, en iyi zonlar için 5-15, zayıf zonlar için 0,5-1, en kötü zonlar için $Q < 0.005$ bulunmuştur.

Q değerlerinin % dağılımları hesaplanırken, sondaj derinlikleri esas alınmıştır. Örneğin; 50 m. lik bir sondajda, 5 m. fay zonu geçilmiş ise bu sondajın % 10 luk kesimi fay kili ya da fay breşi olarak değerlendirilmiştir.

Fay zonlarının tünelle kesişme açıları dikkate alınarak, tünelin ne kadarlık kesiminin fay zonu içinden geçeceği hesaplanmıştır. Sondajlarda kesilen fay zonu kalınlıklarının ve farklı Q değeri veren zonların tünel düzeyinde aynen devam ettiği kabul edilmiştir.

Buna göre :

	Q
4700 m. lik tünelin 2700 m. si	5 — 15
1750 m. si	0,5 — 1
200 m. si ise	<0.005

dir.

Bu değerler mostralarda hesaplanan Q değerleriyle karşılaştırıldığında, en iyi zonlar için saptanan % 60 - % 65 lik dağılımın, sondajlarda % 33 e kadar düştüğü görölmektedir. Bunun nedeni muhtemelen karot değerlendirmeleri sırasında gözden kaçmış yapay birtakım kırıklamalardır. Ya da mostralarda eklem sayıları tam ve doğru tespit edilememiştir. Zayıf zonlar olduğundan, daha iyi çıkmıştır.

İksa Önerileri

Q değerlerine göre kaya ortamı çok kötü, kötü ve orta kalitede kaya sınıfına girmektedir. Uygulama rahatlığını da dikkate alarak en fazla üç tip iksa seçilmelidir.

Bunlar;

a) $10 > Q > 4$: püskürtme beton, 300/20,50 mm. kalınlıkta (Tel kafesli) 25Ø kaya blonları - 1.5-2 m. aralıklı, 4 m. boyunda.

b) $4 > Q > 0.1$: püskürtme beton 300/20, en az 100 mm. kalınlıkta, çelik iksa (anında uygulanmalı).

c) Fay zonları için: özel sağlamlaştırma, çelik iksa ve betonlama yapılmalıdır.

Düşünceler:

1) Gerçeğe en yakın Q değerinin saptanması ancak kazı yerinde mümkündür. Bu nedenle, Q sistemi tünel açma yöntemini de beraberinde getirmektedir. Temiz bir kazı aynası bulunmadığı sürece, Q değerini tayin eden parametrelerin saptanması mümkün değildir. Özellikle (TBM) Tipi makinalarla tam kesit yöntemiyle tünel açılması halinde, kazı aynasına yaklaşılması son derece kısıtlı olacaktır. Aynı zamanda, kazı sırasında çatlaklar

ince malzeme ile sıvanacağından gerekli gözlem ve ölçümler yapılamayacaktır.

2) Süreksizliklerin doğrultu ve eğimleri dikkate alınmamıştır. Özellikle kaya ankrajlarının yönlendirilmesi ve tutturulması açısından son derece önem taşıyan bu kavram altı parametre arasında eritilmiştir.

3) Görüldüğü kadarıyla, kayaç litolojisi sınıflama sisteminde önemsenmemiştir. Oysa aynı yapısal özelliklere sahip olsalar bile, litoloji farklılığından dolayı kaya ortamları farklı mekanik davranışlar gösterirler.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AşCIOğLU, E. - OLAKOğLU, Y. (1985), Yeraltı Kazılarının Norwegian Geotechnical Institute (NGI) göre sınıflaması ve örnekler. E.İ.E. Genel Müdürlüğü Hidroelektrik Enerji Sempozyumu Tebliğleri. Ankara.
- BARTON, N.R. LIEN ve J. LUNDE, (1974), Engineering Classification of Rock masses for the design of the tunnel support. Rock mechanics, Vol. 6, No. 4, pp. 189 - 236.
- LOSET, F. (1984), The Q method and its application a method for describing rock mass stability in tunnels. Norwegian tunneling technology, publication 2.
- ONAY, G. (1981), Yeraltı yapıları için geliştirilen Jeomekanik sınıflama Q sistemleri. E.İ.E. bülteni, sayı 91 - 92. Ankara.
- İ.T.Ü. MJKM (1985), İSKİ Haliç Kuzey yakası kanalizasyon tünelleri mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği raporu, proje No: 85/2.

İSTANBUL, ŞİLE-MAHMUT ŞEVKET PAŞA ARASINDAKİ ESAN SİLİS KUMU SAHALARININ EKONOMİK JEOLJİSİ

Orhan ARKUN*
Noyan GENÇOĞLU**
Hakan SENBİR***

GİRİŞ

İstanbul, Anadolu yakasındaki ESAN kum sahalarında, 1985 arazi mevsiminde yapılan arama çalışmalarında, silis kumu yönünden umutlu görülen 150 noktada toplam 1033 m. sondaj yapılmış ve Soğukpınar, Kurtkaya, Harman-tepe, Dedeler ve Köroğlu Çeşmesi mevkiilerinde önemli miktarlarda kum rezervleri saptanmıştır (Şekil 1).

Sondajların dolayım sularından alınan numunelerin, laboratuvarında yapılan elek analizlerine göre bu rezervlerin; döküm, inşaat ve filtre sanayiilerinde kullanılabilecek kumları içerdiği anlaşılmıştır.



Şekil 1 — Mevkii haritası.

EKONOMİK JEOLJİ

Silis kumu, birçok sanayi dalında, özellikle döküm, cam, inşaat ve filtre sanayiilerinde aranan önemli en-



Foto 1 — Bozhane doğusu, Domalı formasyonundaki çapraz tabakalanma.

düstriyel hammaddelerden biridir. Bölgede yapılan çeşitli çalışmalarda, kumların kimyasal özelliklerinin ve tane boyu dağılımlarının daha çok döküm ve inşaat sanayiilerinde kullanılan standartlara uyduğu görülmüştür.

Kum, döküm teknolojisinde genel anlamda kalıp hazırlamak için kullanılır. İyi kalite bir döküm kumu; yüksek ısıya dayanabilen, istenilen şekil ve boyutta olan, oldukça ince taneli, içinde yabancı madde bulunmayan ve en az % 95'i SiO₂ içeren özellikleri kapsmalıdır. Dökümde kullanılacak bu kumun 1200-1300°C'lik bir ısıda sinterleşmemesi de gerekmektedir. Tane boyutlarının ise % 50-60'ının 0.100 ile 0.300 mm arasında olması istenir.

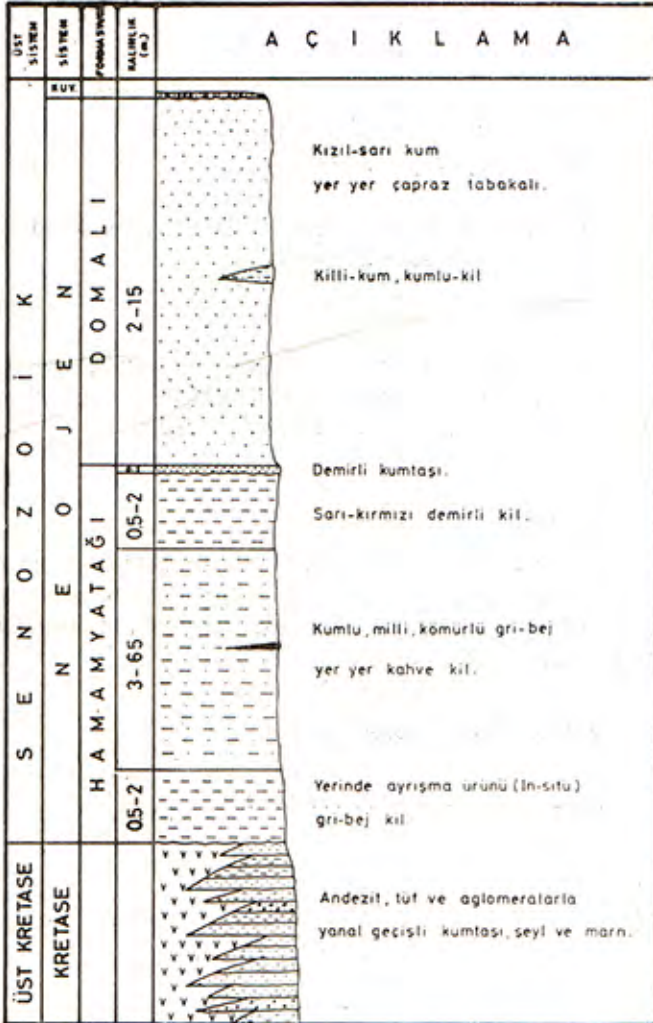
* ESAN Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş., Rahmanlar - Kartal/İSTANBUL.

** Jeoloji Müh., İstanbul Üniv., Fen Bilimleri Ens., Uygulamalı Jeoloji.

*** Jeoloji Müh., İstanbul Üniv., Fen Bilimleri Ens., Uygulamalı Jeoloji.

İnşaat sanayiinde kullanılan kum ise çok geniş bir tane boyu aralığına sahiptir. (0.075-15.00 mm). İnce taneli olanlar inşaat sıvasında, iri taneli olanlar ise beton harcında kullanılmaktadır.

Kumların filtre sanayiinde kullanılabilmesi için, uygun eleklerden geçirilerek, belli boyutlarda üniform hale getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kum tanelerinin çeşitli organik sularla da reaksiyona girmemesi istenilir.



Şekil 2 — Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti.

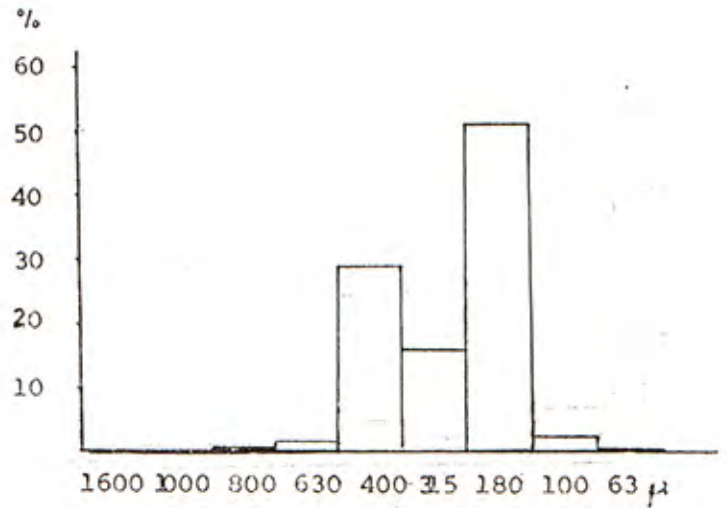
Bölgede, yukarıdaki özellikleri içeren milyonlarca ton rezerve sahip döküm, inşaat ve filtre kumları vardır. Bu ekonomik kum rezervlerini içeren sahaların temelini Üst Kretase yaşlı Andezit ve Filiş oluşturur. Temel üzerine uyumsuz olarak gelen Neojen çökelleri, altta kil, siltli-kil, kumlu-kil ile başlar. Bunun üzerine yine uyumsuz, ekonomik kum rezervlerini oluşturan sarı-kızıl kumlar gelir.

SOĞUKSUPINAR TEPE SAHASI

Bozhane köyünün 5 km. kuzeyinde olan sahada 27 noktada toplam 358 m. sondaj yapılmıştır. Genellikle te-



Foto 2 — Domalı köyü güneyinde Domalı formasyona genel bir bakış.



Şekil 3 — Bozhane köyü dolayındaki döküme uygun kumların granulometrik dağılımı.



Foto 3 — Beykoz - Murattepe kil-kum ocağı.

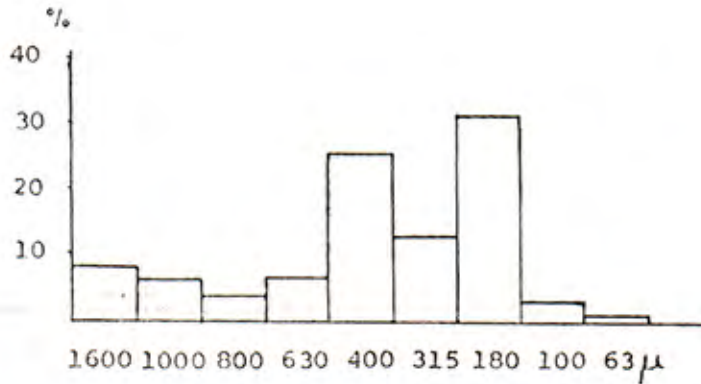
pe. sırt gibi yükseltilerde gözlenen kumun ortalama kalınlığı 7 m. dir. Sondajların dolaşım sularından alınan numunelerin laboratuvarda yapılan kimyasal analizlerinde (yıkamış) % 98 SiO₂ ve % 0.36 Fe₂O₃ şeklindedir. Bu kumlar 3 no.lu döküm kumu standartına uygun niteliktedir (Şekil 1).

Ortalama kalınlık 7 m., yoğunluk 2 gr/cm³*, sondajların etki alanlarına ve sahanın jeomorfolojik konumuna göre olan yüzey alanı da 466.700 m² alınırsa, muhtemel kum rezervi yaklaşık:

$$466.700 \times 7 \times 2 = 6.500.000 \text{ ton hesaplanmıştır.}$$

Aynı sahada, ortalama 10 m. kalınlığına ve 10.000 m² yüzey alanına sahip I-2 no.lu inşaat kumu bulunmaktadır. Bu kumun muhtemel rezervi;

$$10.000 \times 10 \times 2 = 200.000 \text{ tondur.}$$

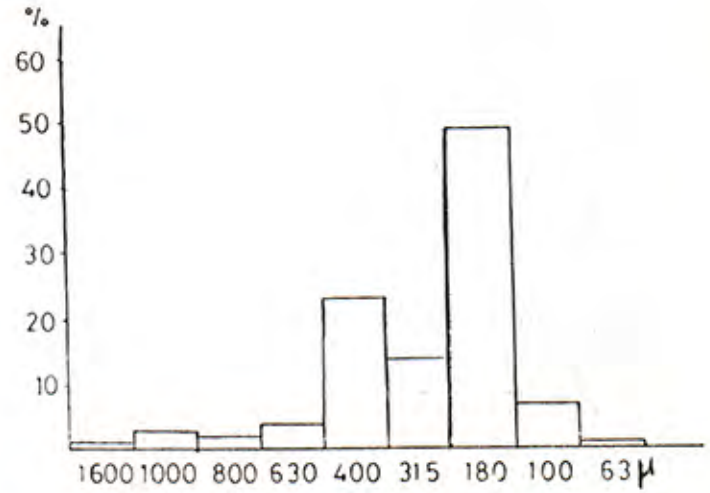


Şekil 4 — Bozhane köyü dolayındaki inşaat için uygun özellikteki kumların granülometrik dağılımı.

KURTKAYA SIRTI SAHASI

Soğuksupınar sırtının 1 km. batısındadır. Sondajlar da, 59.375 m² lik alanda ortalama 8 m., 3 no.lu döküm kumu kesilmiştir. Buna göre muhtemel kum rezervi;

$$59.37 \times 8 \times 2 = 950.000 \text{ tondur.}$$



Şekil 5 — Soğuksupınar sırtındaki döküm için uygun kumların granülometrik dağılımı.

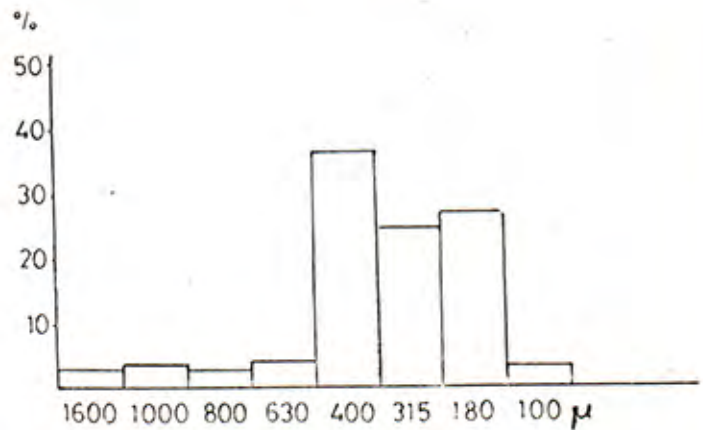
Laboratuvarda yıkamış numuneler üzerinde yapılan kimyasal analizlere göre, alandaki kumun yüzde bileşimi, % 98 SiO₂ ve % 0.10 Fe₂O₃ şeklindedir.

DEDELERTEPE SAHASI

Bozhane köyünün kuş uçuşu 2.5 km. batısında bulunan alanda 15 adet sondaj yapılmıştır. Sahada ortalama 9 m. kalınlığında 80.300 m² alana yayılmış I-2 standardında inşaat kumu vardır.

Muhtemel kum rezervi;

$$80.300 \times 9 \times 2 = 1.100.000 \text{ tondur.}$$



Şekil 6 — Bozhane köyü dolayındaki inşaat kumlarının granülometrik dağılımı.

* Kumlar tutturulmamış olduğundan ve taneler arasında boşluk bulunduğundan, kum tanesinin (kuvars) 2.6 gr/cm³ olan yoğunluğu 2 gr/cm³ olarak alınmıştır.

Çizelge 1 — Cam Kumu

	Min SiO_2	Max. Al_2O_3	Max. Fe_2O_3	Tane İriliği
Optik	99.5	0.1 — 0.5	0.008	0.1 — 0.5 mm.
Züccaciye	99.5	0.1 — 0.5	0.013	0.1 — 0.5 mm.
Şişe ve düz cam	98.5	0.1 — 0.5	0.030	0.1 — 0.5 mm.

Çizelge 2 — İnşaat Kumu

Elek Açıklığı (mm)	İ-1 %	İ-2 %	İ-3 %	İ-4 %	İ-5 %	İ-6 %	İ-7 %	İ-8 %	İ-9 %
15.0	—	—	—	—	—	—	—	—	20.0
10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	15.0
7.0	—	—	—	1.5	—	—	—	12.5	12.5
6.0	—	—	—	—	—	—	—	60.0	2.5
5.0	—	—	—	6.5	—	—	12.5	25.0	—
4.0	—	—	—	—	—	2.5	40.0	2.5	—
3.0	—	—	3.0	10.0	—	25.0	47.0	—	—
2.5	—	—	—	—	0.4	—	—	—	—
2.0	—	—	10.0	10.0	12.5	67.0	0.5	—	—
1.0	—	—	25.0	21.5	81.5	5.5	—	—	—
0.75	—	0.5	—	—	5.0	—	—	—	—
0.50	—	27.5	35.0	30.0	0.5	—	—	—	—
0.30	—	41.5	—	—	0.1	—	—	—	—
0.20	3.5	—	25.0	18.5	—	—	—	—	—
0.10	82.5	30.0	2.0	2.0	—	—	—	—	—
0.075	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—
0.06	1.5	0.5	—	—	—	—	—	—	—

Çizelge 3 — Filtre Kumu.

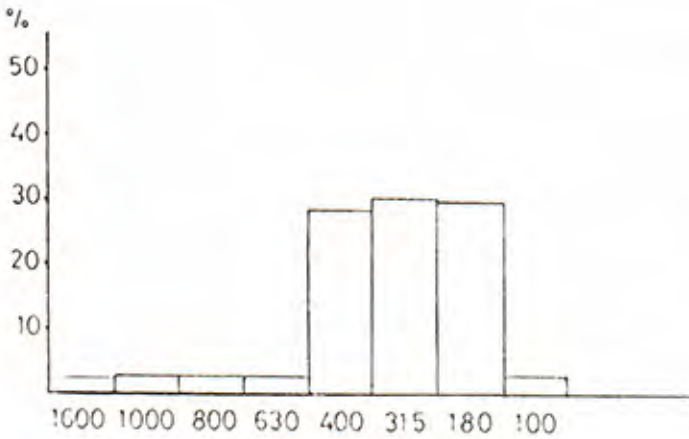
Elek Açıklığı (mm)	F-1 %	F-2 %	F-3 %	F-4 %	F-5 %	F-6 %
3.5	—	—	—	—	—	2.5
3.0	—	—	—	—	—	7.5
2.0	—	—	—	3.8	5.0	82.5
1.75	—	—	—	—	—	7.0
1.5	—	0.5	3.5	43.0	87.5	0.5
1.0	—	13.5	91.5	50.0	7.4	—
0.75	3.5	69.5	4.5	3.0	0.1	—
0.6	—	15.0	0.5	0.2	—	—
0.5	64.0	1.3	—	—	—	—
0.3	27.5	0.2	—	—	—	—
0.1	5.0	—	—	—	—	—

Çizelge 4 — Döküm Kumu

Elek Açıklığı (M)	NO: 1 %	NO: 2 %	NO: 3 %	NO: 4 %
1000	5.0	0.5	—	—
800	6.0	1.5	—	—
630	23.0	6.0	1.5	—
400	50.0	60.0	20.0	0.5
315	6.0	14.0	17.5	1.0
180	7.5	17.0	51.5	59.5
100	1.5	1.0	8.5	37.0
63	1.0	—	1.0	2.0
—63	—	—	—	—

KÖROĞLU ÇEŞMESİ SAHASI

Dedeler Tepe'nin kuş uçuşu 1 km. güney batısında, Beykoz-Şile asfalt yolu üzerindedir. Buradaki 3 sondajda ortalama 8 m. kalınlığında kum kesilmiştir. Sondajların etki alanlarına ve kumun jeolojik konumuna dayanılarak, 48.125 m²'lik alanda, İ-2 no.lu inşaat kumu standartına uygun kum bulunmaktadır.



Şekil 7 — Köroğlu çeşmesi dolayındaki inşaatı uygun kumların granülometrik dağılımı.

Bu alandaki muhtemel kum rezervi;

$$48.125 \times 8 \times 2 = 770.000 \text{ tondur.}$$

Ayrıca, tüm bu sahalardaki kumlar, aynı zamanda, filtre sanayiinde kullanılan kum standartlarına da uymaktadır. Ancak bu kumların filtre kumu olarak kullanılabilmesi için elenmesi ve belli boyutlarda üniform halde hazırlanması gerekmektedir. Çünkü kumlar doğal halde, filtre kumlarında bulunması istenilen % 75'in üzerindeki üniformluğa ulaşmamaktadır.

SONUÇLAR

1. Sahanın temelini Üst Kretase yaşlı Andezit ve Filiş birimleri oluşturmaktadır. Temel birimlerinin üzerine uyumsuz olarak oturan Neojen çökellerinde iki formasyon ayırtlanmıştır.
2. Bölgede döküm sanayiinde kullanılabilecek toplam 7.500.000 ton 3 no.lu ve inşaat sanayiinde kullanılabilecek toplama 2.000.000 ton İ-2 no.lu kum saptanmıştır.
3. Alanda döküm ve inşaat kumu standartlarına girmeyen kumlar da bulunmaktadır. Bu kumlar uygun eleklerden geçirilip, suni olarak hazırlandığında filtre kumu kullanılabilecektirler.
4. Sahadaki kumların kimyasal bileşimi (yıkılmış); % 96-98 SiO₂, % 0.10-0.50 Fe₂O₃ ve eser miktarda Zirkon ile Rutildir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ABDÜLSELAAMOĞLU, S. (1963) Kocaeli Yarımadasının Jeolojisi, MTA Raporu No. 3249.
- ARKUN, O. (1982), İstanbul, Şile ilçesi, Mamamyatağı mevki kil etüdü, ESAN Derleme No. 301
- ARKUN, O. ve TOSUN, M. (1983) İstanbul, Şile ilçesi, Domalı köyü kil etüdü, ESAN Derleme No. 311.
- BAYKAL, A. F., (1943), Şile Mıntıkasının Jeolojisi, İst. Üniv. Fen. Fak. Mec. No. 12.
- BAYKAL, A. F. ve ÖNALAN, M. (1979), Şile Sedimantar Karışığı, Altınli Simpozyumu, T.J.K ve İ.Ü. Yer-bilimleri Fak. Jeo., Böl. Ortak yayını.
- BAYKAL, A. F., ve KAYA, O. (1965), İstanbul Silüriyeni hakkında, MTA dergisi 64.
- GÜLDİKEN, M., SALİH, (1954), İstanbul Dolayında Refrakter Kil olanakları Jeoloji Müh., Odası Yayını No. 18.
- OKAY, C. A., (1947), Şile-Riva-Alemdağ-Aydosdağı ve Mudarlı Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA Rapor No. 2241.

NÜKLEER ENERJİ SANTRAL YERİ SEÇİMİNDE YAPILMASI GEREKLİ JEOLojİK ÇALIŞMALAR

K. Erçin KASAPÖĞLU*

GİRİŞ

Bu makalede, üzerinde nükleer enerji santrali kurılması öngörülen bir yerin, böyle bir santral için uygun olup olmadığını belirleyebilmek için yapılması gereken jeolojik çalışmaların; bu çalışmalarda uygulanan yöntemlerin ve kullanılan kriterlerin tanıtılması amaçlanmıştır.

lerin neler olduğu; bu tehlikelerin hangi yöntemlerle nasıl araştırılacağı; ve elde edilecek verilerin hangi kriterlere göre nasıl değerlendirilmesi gerektiği tartışılacaktır. Daha sonra, özellikle SARs lerin hazırlanmasında gereksinim duyulan jeolojik çalışmalara; ve son olarak da, nükleer enerji santrali için öngörülen bir yerdeki hidrolojik rejimin genel özelliklerini belirleyebilmek için yapılması gereken yeraltı suyu çalışmalarına değinilecektir. Tüm bu bilgiler, aşağıda, belirli bir sistematik içerisinde, göze sunuma ağırlık verilerek, akım şemaları ve çizelgeler halinde sunulmaya çalışılmıştır.

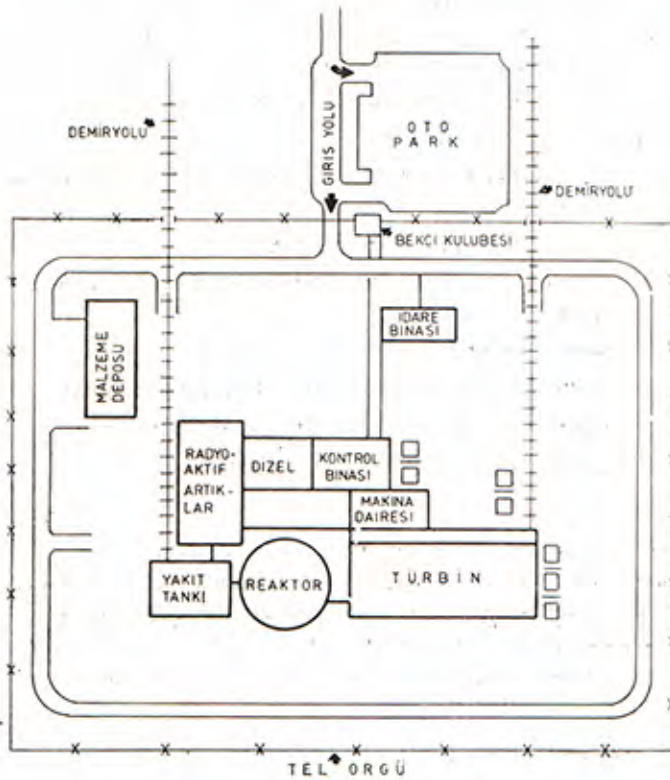
JEOLojİK TEHLİKELER

Nükleer enerji santrali için öngörülen yerin güvenli olup olmadığını saptamada en önemli nokta, o yer ile ilgili tüm jeolojik tehlikelerin çok iyi değerlendirilmiş olmasıdır. Söz konusu yerin jeolojik olarak uygunluğu kanıtlanmadıkça NRC'nin onayını almak olası değildir.

Bir nükleer enerji santral yeri için düşünülmesi gereken belli başlı jeolojik tehlikeler Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1 — Nükleer Enerji Santral Yeri Seçiminde Öngörülen Jeolojik Tehlikeler

- FAYLAR
- DEPREMLE İLGİLİ TİTREŞİMLİ YER HAREKETLERİ
- ZEMİN MALZEMELERİNİN DURAYLILIĞI
 - ZEMİN MALZEMELERİNİN DAYANIMI
 - MEVCUT VEYA OLASILI YERALTI BOŞLUKLARI
 - OTURMA (TASMAN)
- YER KAYMALARI
- YER KABUĞU HAREKETLERİ
- YERİNDE (IN-SITU) GERİLİMLER



Şekil 1 — Tipik bir nükleer santral yeri planı.

Bu amaca yönelik olarak; önce bir yerin, jeolojik açıdan, bir nükleer enerji santrali için uygunluğunun belirlenebilmesi için öngörülmesi ve değerlendirilmesi gereken jeolojik tehlikelerin ya da olası jeolojik tehlike-

* Doç. Dr. H. Ü. Mühendislik Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

TAŞKINLAR

- BARAJ (YIKILMASI)
- ŞEV KAYMALARI
- . VOLKANİK TEHLİKELER
- . YERALTI SUYU İLE İLGİLİ TEHLİKELER
 - YÜKSELİM
 - LİKİFAKSİYON

Santral için öngörülen yerde yapılacak jeolojik incelemeler sonunda yazılacak olan raporda (SAR'da), yalnızca seçilen yerin jeolojik açıdan güvenliğini kanıtlayıcı verilere yer verilmelidir. Söz konusu raporda, özetle, tüm jeolojik, sismik ve insan eliyle oluşturulabilecek tehlikeler tartışılmalı; ve bunların, bölgenin:

- tektonik yapısı
 - jeomorfolojisi
 - stratigrafisi
 - litolojisi
 - jeolojik ve yapısal geçmişi, ve
 - jeokronolojisi
- ile olan ilişkileri açıkça ortaya konulmalıdır.

Bu ilişkiler:

- yüzeysel ve yeraltı jeoloji haritaları
 - izopak haritaları
 - bölgesel gravite ve manyetizma haritaları
 - stratigrafik kesitler
 - tektonik ve yapısal jeoloji haritaları
 - fay haritaları
 - topografik haritalar
 - sondaj logları
 - hava fotoğrafları
 - hidrojeoloji haritaları
 - yer kayması (heyelan) haritaları
- şeklinde sunulmalıdır.

FAY ARAŞTIRMALARI

Fay araştırmalarının başlıca üç temel amacı vardır:

- 1°) bölgedeki olası yüzeysel fay atımlarını belirlemek
- 2°) bölgede önemli derecede titreşimlere neden olabilecek deprem olasılığını belirlemek
- 3°) bölgedeki stratigrafik - yapısal - tektonik ilişkileri belirlemek.

Yapısal jeoloji, saha jeolojisi ve jeomorfoloji ile ilgili pek çok ders kitabında, bir bölgede bir fayın varlığına işaret eden belirtiler, açık seçik tanımlanmıştır. (Çizelge 2). Ancak, bir fayın varlığına işaret eden bu belirtilerin hepsi, her zaman bir faylanma ile meydana gelmeyebilir. Ancak tüm faylar, tektonik orijinli değildir. Yine, her tektonik fay önemli olmayabilir. Tüm bu hususlara pek çok ders kitabında değinildiği gibi, birçok üniver-

Çizelge 2 — Bir Fayın Varlığına İşaret Eden Ögeler

- . FARKLI MALZEMELERİN YAN YANA GELİŞİ
- . EKSİK OLAN VEYA TEKRARLANAN BİR KATMAN
- . BİR KATMAN VEYA JEOLJİK YAPININ SÜREKLİLİĞİNİN KESİLMESİ
- . KAYMA İZLERİ, FAY BREŞİ, EZİK ZON
- . DRENAJDAKİ ATIMLAR
- . ÇÖKÜNTÜ GÖLLERİ (SAY PONDS) VEYA ÇİZGİSEL ÇÖKÜNTÜLER
- . TOPOĞRAFİK DİK YAMAÇLAR (SCARPS)
- . TILTING YA DA KISA MESAFELER İÇİNDEKİ YÜKSELTİ DEĞİŞİMLERİ
- . AKARSU EĞİMLERİNDEKİ ANOMALİLER
- . UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNDEKİ ÇİZGİSELLİKLER
 - TOPOĞRAFİK
 - BİTKİ ÖRTÜSÜ
 - TON FARKLILIKLARI
- . YERALTISUYUNUN DÜZEYİNDEKİ, EĞİMİNDEKİ VE KİMYASAL BİLEŞİMİNDEKİ ANİ DEĞİŞİMLER
- . KAYNAKLARIN YA DA VOLKAN KONİLERİNİN DİZİLİMİNDEKİ ÇİZGİSELLİKLER
- . SICAK SU KAYNAKLARI (HOT SPRINGS)
- . JEOFİZİKSEL VERİLER
 - DİK, ÇİZELGE GRAVİTE EĞİMLERİ VEYA MANYETİK EĞİMLER
 - SİSMİK HIZDAKİ FARKLILIKLAR
 - SİSMİK YANSIMA (REFLECTION) ZONLARINDAKİ ATIMLAR
- . TARİHSEL SİSMİSİTE
 - DEPREM EPİSANTIRLARININ ÇİZGİSEL DİZİLİMİ
 - HİPOSANTIRLARIN DÜZLEMSEL DAĞILIMI
- . JEODEZİK ÖLÇÜMLERDEKİ DEĞİŞİMLER

site eğitiminde de bunlardan pek söz edilmez. Ders kitaplarında 'fay'ı kırılma yüzeyi boyunca tek veya çok yönlü hareketlerin söz konusu olduğu bir kırık olarak tanımlanır. Bazıları topraktaki akma veya sıkışma (Compression) eli ilgili atımları da 'fay' olarak nitelendirmektedirler. Gerçekte bir fay:

- buzulların etkinlikleri ile
- gravite kaymaları ile
- sedimanların taşlaşma (lithification) öncesi deformasyonu ile
- sedimanların farklı tıkkızlaşması (Compaction) ile

de oluşabilmekte; ve bu tür fayların tektonik ile hiç bir ilişkisi bulunmamaktadır.

Öte yandan bazı eski fay zonları, yeniden kristallenme (recrystallization) sonucu, yan kayalardan daha sağlam olabildiği gibi; bazı fay zonları da, killi ve zayıf malzemelerle dolu olabilir.

Hidrojeolojik açıdan ise, bazı faylar yeraltı suyu hareketleri için bir kanal oluşturduğu halde; bazı faylar, yeraltı suyu hareketi için bir engel oluştururlar.

Bu nedenle, herhangi bir yerdeki bir fayın önemli olup olmadığını saptayabilmek için:

- fayın oluşum nedenlerinin
 - yaşının (veya minimum yaşının)
 - fay zonundaki malzemelerin ve
 - yan kayaçların özelliklerinin
- çok iyi bilinmesi gerekir.

Tüm bunların yanı sıra, bir fayın en önemli belirtici ve doğrudan kanıtı, kuşkusuz, o fay ile ilgili güncel tektonik hareketler ve depremlerdir.

Erkli Faylar

Eğer bir fay'da, nükleer santralin ömrü boyunca, tektonik yerdeğişimler bekleniyorsa; o fay, 'erkli fay' (capable fault) olarak tanımlanır. Genelde 'aktif fay' kavramı ile eşanlamlı olarak kullanılan 'erkli fay' kavramı, NRC tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

- 1°) bir fay boyunca, yüzeyde ya da yüzeye yakın kesiminde, son 35000 yıl içinde herhangi bir hareket gözlenmiş ise,
 - 2°) yeterli duyarlılıktaki aletsel ölçümlerle, fay ile doğrudan ilgili bir mikrosismik aktivite saptanmış ise,
 - 3°) bir fayın 'erkli' olarak bilinen bir başka fay ile yapısal bir ilişkisi varsa (örğ., birinde bir hareket olduğu zaman diğesinde de hareket belkeniyorsa)
- o fay, "erkli fay" dır.

Bir fay erkli değilse, yüzeysel yerdeğişim veya sismik etkinlik potansiyeli açısından, nükleer santral yer seçimi için önemli olmayabilir; ancak aynı fay, fay zonundaki malzemelerin mühendislik özellikleri açısından ya da bölgenin jeolojik yapısının yorumu açısından önemli olabilir. Bu nedenle, bölgenin yapısal jeolojisi incelenirken, nükleer santral yerine yakın tüm tektonik fayların, özellikle deprem oluşturabilme kapasiteleri açısından, değerlendirilmeleri gerekir.

Nükleer enerji santrali için öngörülen bir yerdeki fayların varlığını ve bu faylar boyunca oluşmuş olan en son yerdeğişimlerin yaşını saptayabilmek için, bölge ile ilgili tüm jeolojik ve jeofizik verilerin gözden geçirilmesi; uzay fotoğrafları ve ayrıntılı jeolojik haritalardan yararlanılması gerekir. Bu amaçla yapılması gereken çalışmalar Çizelge 3 de özetlenmiştir.

Bolt, v.d.'ne (1975) göre, özellikle Holosen'deki fay hareketleri, bir bölgedeki sismik riskin belirlenmesinde büyük önem taşır. Allen'e (1975) göre de, bir bölgedeki sismisiteyi ve sismik riski öngörebilmeye, bölgenin özellikle Geç-Kuvaterner'deki durumunun bilinmesi çok yararlı olmaktadır.

Çizelge 3 — Bir Fay Boyunca Oluşmuş En Son Yerdeğişiminin Yaşının Saptanması İçin Yapılması Gereken Çalışmalar

1. FOSİL, RADYOMETRİK YAŞ TAYİNİ YA DA PALEOMANYETİK ÇALIŞMALARLA, FAYI ÜZERLEYEN FAYLANMAMIŞ BİRİMİN YAŞININ SAPTANMASI
2. FAY DOĞRULTUSUNU KESEN FAKAT FAYLANMAMIŞ DAYKLARIN, DAMARLARIN YA DA DİĞER SOKULUMLARIN (INTRUSIONS) YAŞLARININ SAPTANMASI
3. FAYI ÜZERLEYEN FAKAT FAYDAN ETKİLENMEMİŞ TOPRAK PROFİLLERİNİN OLUŞUM HIZININ BELİRLENMESİ
4. FAY HAREKETİ İLE OLUŞMUŞ MİNERALLERİN VE FAY ZONU İÇİNDE DEFORMASYONA UĞRAMAMIŞ MİNERALLERİN RADYOMETRİK YAŞLARININ SAPTANMASI
5. FAY İLE İLGİLİ JEOLJİK YAPILARIN YAŞLARI İLE FAY HAREKETİN YAŞI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ
6. FAY BOYUNCA VE FAYI KESEN DOĞRULTULARDAKİ JEOMORFOLOJİK YAPILARIN YAŞLARININ SAPTANMASI

Özet olarak, her nükleer enerji santral yerinde yapılacak fay çalışmaları, aşağıdakileri içermelidir:

- a) Santral yerine yakın herhangi bir fayın 'erkli' olup olmadığının belirlenmesi
- b) Erkli bir fayın yerinin uzunluğunun, sürekliliğinin ve hareket yönünün bir harita üzerinde gösterilmesi
- c) Santral yeri merkez olmak üzere çizilecek yaklaşık 320 km çapındaki dairesel bir alanı kaplayan bir tektonik haritanın yapılması; ve bu alan içindeki tüm fayların ve diğer tektonik yapıların, tarihsel depremlerin episentrları ile birlikte, bu harita üzerinde gösterilmesi; ancak, örneğin santral yeri Kuzey Anadolu fayına 32 km yakında ise, bu durumda inceleme alanını 320 km'ye genişletmeye gerek yoktur
- d) Santral yeri çevresindeki faylarla, bölgenin jeolojik geçmişi, yapısal jeolojisi ve tektoniği ile olan ilişkilerini ortaya koyan bir raporun hazırlanması.

Yüzey yerdeğişimlerinin santral yapısını etkilemesini önleyebilecek bir teknik (örğ., santralin yüzen bir temel üzerine inşa edilmesi gibi) geliştirilmedikçe; bir nükleer enerji santrali kesinlikle bir erkli fay üzerine inşa edilmemelidir.

TİTREŞİMLİ YER HAREKETLERİ

Bir nükleer enerji santralının belirli bazı yapılarının, SSE (Safety Shutdown Earthquake) ve OBE (Operating Basis Earthquake) gibi hipotetik depremlere dayanıklı; diğer bir deyişle, bu tür depremler sırasında ve sonrasında da çalışabilir nitelikte tasarlanmaları (dizayn edilmeleri) gerekir.

SSE : Santral yerinin bölgesel ve yerel jeolojik konumu, tarihsel sismisitesi, ve yerel jeolojik malzemelerin tipik özellikleri dikkate alınarak yapılan bir 'maksimum deprem potansiyeli' değerlendirmesidir.

OBE : Santralin çalışma ömrü boyunca etkilenmesi beklenen deprem düzeyidir.

Genelde, herhangi bir nükleer enerji santral yeri için SSE, O. 10g; OBE ise, SSE'nin en çok yarısı kadar yani 0.05 g olmalıdır.

SSE nin seçimi bir ekip işidir; ve bu ekip, en azından bir jeolog, bir jeofizikçi ve bir sismojistten oluşmalıdır. Bir santral yeri için SSE belirlenirken, önce bölgesel tarihsel sismisitenin ve bölgedeki deprem etkinlikleri ile ilgili olabilecek erkli jeolojik yapıların değerlendirilmesi gerekir.

Bunun için de:

- a) Santral yerinin en az 320 km. çevresindeki tarihsel depremlerin (MM > IV veya RM > 3.0) listesi çıkarılmalı;
- b) En şiddetli depremlerin episantrlarının, jeolojik yapı ve tektonik ile olan ilişkileri belirlenmelidir.

Eğer, bölgede maksimum yer titreşimlerine neden olabilecek ve santral yerini etkileyebilecek nitelikte bir fay varsa; bu faydan kaynaklanabilecek olası 'en büyük deprem şiddeti' (i.e., maximum potential earthquake), fayın niteliği, uzunluğu, atımı, ve geçmişteki depremselliği dikkate alınarak belirlenmelidir. Bazı durumlarda, santral yerini etkileyebilecek en büyük deprem şiddetinin, birden fazla fayın etkisi dikkate alınarak hesaplanması gerekebilir. Eğer bu fayların herbiri, farklı frekanslarda maksimum yer titreşimlerine neden olabilecek değişik deprem şiddetleri veriyorsa; bu durumda, bunların herbiri ayrı ayrı tanımlanmalıdır.

Faylanma türü ile fay kırığının uzunluğu, atımı ve bundan kaynaklanabilecek bir depremin şiddeti arasındaki ilişkiler, değişik araştırmacılar tarafından incelenmiş olup; bu konuda, birbirinden farklı ilişkiler ileri sürmüştür. Örneğin bir depremin, ilgili olduğu bir fay boyunca oluşturabileceği yırtılmanın uzunluğu, fay uzunluğunun 1/3 ünden 1/2 sine kadar değişebilmektedir.

SANTRAL YERİ ZEMİN MALZEMELERİNİN ETÜDÜ

Santral yapılarının zeminini oluşturacak malzemelerin yanısıra; bu yapıların çevresinde, bu yapılardan etkilenebilecek uzaklıktaki zeminleri oluşturan malzemelerin de incelenmesi ve değerlendirilmesi gerekir.

A) Zemin 'toprak' ise:

- toprağın tipi
- jeolojik kökeni ve jeolojik geçmişi
- kalınlığı
- yayılımı
- çevresindeki diğer toprak tipleri ile olan ilişkisi

B) Zemin 'kayaç' ise:

- kayaçların tipleri
- jeolojik kökenleri ve jeolojik geçmişleri
- stratigrafik ve yapısal ilişkileri
- zayıf zonların var olup olmadığı araştırılmalıdır.

Bunlara ek olarak; zeminin oluşturan malzemelerin, santral inşaatını gerçekleştirecek olan inşaat mühendislerinin gereksinim duyacakları statik ve dinamik özelliklerini saptamak amacı ile örneklenmesi; ve bu örnekler üzerinde gerekli incelemelerin de deneylerin yapılması gerekir. Santral inşaatı için yapılacak zemin malzemesi etüdlerinin temel amaçları:

- a) zeminde herhangi bir fayın bulunup, bulunmadığını; fay var ise, bu fay boyunca oluşmuş en son hareketin yaşını belirlemek
- b) zemin malzemesinin, santral inşaatının yükünü taşıyabilecek dayanıma sahip olup olmadığını belirlemek
- c) zemin malzemelerinin, santralin inşaatı ve kullanım ömrü boyunca duyarlı kalabileceğini kanıtlamak. Örneğin,
 - kireçtaşı, dolomit, tuz yatakları, jips, anhidrit gibi malzemelerde oluşabilen büyük doğal boşluklar;
 - madencilik etkinlikleri ile oluşturulan yapay yeraltı boşlukları; ve bunların neden olabileceği oturma ve tasman;
 - petrol, gaz ve yeraltı suyu pompalanması ile oluşabilen zemin oturmaları;
 - yeraltı su düzeyindeki değişimlerin veya titreşimli yer hareketlerinin (depremlerin) neden olabileceği yer kaymaları (heyelanlar) gibi sorunların bulunmadığını kanıtlamak
- d) zayıf zonları belirlemek; ve gerekli iyileştirici önlemleri almak;
- e) yeraltı suyu koşullarını belirlemek;
- f) zemin malzemelerinin dinamik özelliklerini belirlemek şeklinde özetlenebilir.

Santral zeminini boydan boya kateden, temel derinliğinde, sürekli, kalıcı bir gözlem hendeğinin açılması, zemin malzemelerine istendiği an erişebilme ve sürekli gözlem olanağı için, çok yararlı olmaktadır.

Çözünebilir Malzemedeki Boşluklar

Nükleer enerji santrali inşaatı için öngörülen bir alanda, kireçtaşı, dolomit, jips veya anhidrit gibi malzemeler bulunuyorsa; zeminde yeraltı boşluklarının var olabileceği mutlaka düşünülmeli ve araştırılmalıdır. Zemindeki bu tür boşlukları belirlemede ve iyileştirmede en yaygın olan uygulamalar

- a) kısa aralıklı sondaj
- b) karot alma
- c) temizleme ve çimento enjeksiyonu uygulamalarıdır.

Boşluklar, örneğin kil gibi bazı zayıf malzemeler ile dolu ise; bunların temizlenerek yerlerine çimento enjekte edilmesi, çok pahalı ve zaman alıcı bir uygulama olmasına karşın; bu tür zeminler üzerinde inşa edilmiş bazı nükleer enerji santral yerlerinde başarı ile uygulanmıştır.

Yeraltı boşluklarının saptanmasında kullanılan çeşitli yöntemler üç ana grupta toplanabilir.

Bunlar:

- 1°) Uzaktan algılama (Remote sensing) yöntemleri
- 2°) Yüzey (Ground surface) yöntemleri
- 3°) Doğrudan temas (Direct contact) yöntemleridir.

Uzaktan algılama yöntemleri, daha çok genel amaçlı çalışmalar içindir. Bu yöntemlerle, araştırma yapılan bölgede yeraltı boşluklarının bulunup bulunmadığı konusunda genel bir ilgi sahibi olunabilir; ancak, boşlukların yerini ve dağılımını saptamak mümkün değildir.

Yüzey yöntemleri arasında en yaygın olarak uygulananlar ise:

- Sismik
- Elektrik-Rezistivite
- Self potansiyel
- Akustik
- Gravite

gibi jeofizik yöntemler olup; özellikle küçük yeraltı boşluklarının saptanmasında, "Bristow" yöntemi diye bilinen elektriksel rezistivite yöntemi, başarı ile uygulanmaktadır.

Doğrudan temas yöntemleri arasında ise, 'sondaj' yöntemi, en başarılı ve yaygın olanıdır.

Yeraltı boşluklarının bulunma olasılığı olan bir nükleer enerji santral yerinde, söz konusu boşlukların yerini, konumunu, büyüklüğünü ve dağılımını saptamada en başarılı yöntem, kuşkusuz, jeofizik ve sondaj yöntemlerinin birlikte uygulamasıdır.

Anhidrit ve jips, kireçtaşı oranla çok daha kolay çözünebilir olduklarından; yeraltı boşluklarına bu tür zeminlerde daha sık rastlanmaktadır. Bu tür boşlukların yüzeye yakın olması halinde ise, bunlarla ilgili olabilecek 'sink hole'ler, dikkatle araştırılmalıdır. Anhidrit ve jipsin bulunduğu bir nükleer enerji santral yerinde; yeraltı suyu koşullarının, özellikle seviye değişimlerinin çok iyi değerlendirilmesi gerekir.

Oturma (Tasman)

Zemindeki oturmalar çoğunlukla yüzeye yakın yeraltı boşlukları üzerinde olurlar.

- madencilik etkinlikleri (özellikle kömür madenciliği)
- büyük ölçekte tuz, petrol; gaz üretimleri
- yeraltı suyu çekimleri

ile oluşabilen bu tür boşlukların, bir nükleer enerji santral yeri yakınlarında bulunması halinde; bunların, önemli ölçüde yüzeysel oturmalara (tasmanlara) neden olabilecekleri olasılığı gözardı edilmemelidir.

Bir yeraltı boşluğu üzerinde oluşabilecek oturma miktarı, boşluğun

- 1°) genişliğine
- 2°) yüksekliğine
- 3°) derinliğine
- 4°) üzerindeki örtü malzemesinin özelliklerine bağlıdır.

Bu tür oturmaların hızı, miktarı ve etki alanı, sürekli saha ölçümleri ve matematiksel model çözümlerleriyle belirlenebilir.

Yer Kaymaları (Heyelanlar)

Yer kaymaları, bir eğimi oluşturan malzeme üzerine etkiyen kuvvetlerin eğim yönündeki bileşeni, malzemenin makaslama direncini aştığı zaman oluşur.

Depremler sonucu, ya da malzemenin suya doygun hale gelmesi ile, makaslama direnci önemli ölçüde azalır.

Aşınma (erozyon) ve insan eli ile oluşturulan bazı etkenler de, yer kaymalarına neden olabilirler.

Bir bölgedeki yer kayması potansiyelinin ve mevcut yer kaymalarının belirlenmesinde, hava fotoğraflarından büyük ölçüde yararlanılabilir.

Jeolojik haritalama sırasında, özellikle kayalık eğimlerde, kaymayı kolaylaştırıcı ve hızlandırıcı

- katmanlaşma yüzeyi
- eklem
- şistozite
- foliasyon
- fay

gibi zayıf düzlemlerin varlığı, çok dikkatli bir biçimde saptanmalıdır. Çünkü, özellikle kayalık zeminlerde; yer kaymaları, hemen her zaman bu zayıf düzlemler boyunca oluşur.

Büyük ölçekteki yer kaymaları, nehirlerde taşkınlarla, baraj göllerinde büyük dalgaların oluşumuna ve baraj yıkılmalarına neden olabilirler.

Nükleer enerji santral yerine yakın bir yer kayması da, santral yapılarının duraylılığını ve güvenliğini önemli ölçüde etkileyebilir.

Zemin Malzemelerindeki Kimyasal ve Fiziksel Değişmeler

Bilindiği gibi, bazı kil mineralleri, özellikle Montmorillonit grubu mineraller, yapılarına su aldıkları zaman büyük oranda bir hacimsel genişleme (şişme) gös-

terirler. Bu tür bir hacımsal genleşme ise, zeminde önemli kabarmalara ve deformasyonlara neden olarak; zemin üzerindeki mühendislik yapıtlarının duraylılığını tehlikeye sokar.

Volkanik küllerin ayrışma ürünü olan ve önemli oranda montmorillonit içeren Bentonit de, yapısına su aldığı zaman şişerek büyük ölçüde deformasyona neden olur. Bu nedenle, santral yeri ve çevresinde volkanik kil içeren kayaların bulunup bulunmadığının araştırılması gerekir.

Öte yandan, Anhidrit de yapısına su aldığı jipse dönüşür; ve bu dönüşüm sırasında, yaklaşık % 40 oranına kadar varabilen bir hacımsal genleşme gösterir. Bu orandaki hacımsal bir genleşme ise, birkaç 100 kg/cm² ye kadar varabilen bir basınç oluşturabilir ki bu da, zeminde önemli kıvrımların oluşmasına neden olabilecek bir basınç düzeyidir.

Eğer bir santral yerinde bu tür malzemelerin varlığı söz konusu ise; bunların herhangi bir zemin sorununa neden olup olmayacağını çok iyi bir şekilde araştırılması gerekir.

Zayıf Zonlar

Bir nükleer enerji santral yerinde,

- Makaslama zonu
- Ezik zon
- Zayıf katman
- Bozunma zonu
- Erime boşluğu

gibi zayıf zonların varlığı, santral yapılarını duraylılığını önemli ölçüde etkileyebileceğinden; bu tür teminler için bazı önlemlerin alınması gerekir. Çok derin olmayan zayıf zonlar için uygulanan iki yöntem:

- a) zayıf zonu oluşturan malzemenin kazılarak alınması; yerine daha sağlam bir dolgu malzemesi veya beton dökülmesi
- b) inşaat temelinin, beton kolonlarla, zayıf zonun altına indirilmesi yöntemleridir.

Dik eğimli zayıf zonalarda ise, aynen bir dış çürüğüne yapılan dolgu gibi, zayıf zon belirli bir derinliğe kadar oyularak yerine daha sağlam bir dolgu malzemesi konur. Oyma derinliği, zayıf zonun genişliğine bağlı olarak değişmekle beraber; genelde, zayıf zon genişliğinin bir veya iki katı kadar bir oyma derinliği yeterli olabilmektedir.

Yeraltı Suyu

Yeraltı suyu koşullarının belirlenmesi, bir nükleer enerji santral yeri seçiminde yapılması gereken jeolojik çalışmaların önemli bir bölümünü oluşturur.

Yeraltı suyunun oluşturabileceği hidrostatik basıncın yukarıya doğru olan bileşimi, zemin malzemesinin dayanımını ve sıkışabilirliğini önemli ölçüde etkileyebileceği gibi; santral yapılarının duraylılığını da büyük ölçüde azaltabilir.

Daha önce de değinildiği gibi, bazı şeyl ve killeri, su ile temas ettiklerinde, yapılarına su alarak, ilksel hacımlarının birkaç katına varabilen hacımsal genleşme gösterirler.

Öte yandan, yeraltı su düzeyindeki değişimler, zeminlerin, özellikle iri taneli toprak zeminlerin "likifaksiyon" (sıvılaşma) potansiyelini etkilediği gibi; bunun, jips ve anhidrit gibi malzemeler üzerindeki olası etkilerinde daima gözönünde bulundurulması gerekir.

Nükleer enerji santral yeri için öngörülen bir alanda açılacak gözlem kuyuları ile, yeraltı su düzeyindeki mevsimsel değişimler periyodik olarak gözlenmeli, ölçülmeli, maksimum ve minimum yeraltı su düzeyleri belirlenmelidir.

Dinamik Özellikler

Bir zeminin dinamik özellikleri, zemin oluşturan değişik katmanların aşağıdaki özelliklerinin ölçülmesi ile belirlenebilir:

- P ve S dalga hızları
- Yoğunluk
- Toprak özellikleri ve sınıflandırılması
- Makaslama modülü ve birim deformasyon düzeyi ile değişimi
- Yeraltı su düzeyi ve değişimi

Bu özelliklerin bazıları, laboratuvar deneyleri ile belirlenebileceği gibi; bazılarının saha gözlemleri sırasında belirlenmesi gerekir.

Dalgaların kırılma ile yük hız katmanlarına geçmelerini önlemek amacı ile, hız ölçümleri için açılacak kuyuların birbirlerine olabileceğince yakın açılması gerekir.

Öte yandan hızların, delme işleminden etkilenmesini önlemek ve tüm zemini temsil edecek şekilde olabildiğince uzak mesafelerde hız ölçümleri yapabilmek için de, kuyuların birbirlerine fazla yakın olmaması da gerekir.

Genelde, bir kuyuda yapılan patlatma ile sismik dalgalar oluşturulurken; aynı anda, değişik uzaklıklardaki diğer kuyularda kayıt alınması, en yaygın olan uygulama biçimidir.

Dalgaların, kırılma ile yüksek hız katmanlarına geçip geçmediğini daha iyi değerlendirebilmek için; ölçümlerin hem kuyu ağzında hem de kuyu dibinde tekrarlanması da yarar vardır.

VOLKANİK TEHLİKELER

Bir nükleer enerji santral yeri için öngörülebilecek volkanik tehlikeler, santral yerinin bir volkana olan uzaklığına göre, iki grupta toplanabilir.

A) Volkana yakın olan yerler için:

- a) moloz akıntıları
- b) çamur akıntıları
- c) kil yağmuru
- d) sıcak kül akıntısı (nuée ardente)
- e) lav akıntıları
- f) zehirli gazlar

belli başlı volkanik tehlikeleri oluştururlar.

B) Volkandan uzak yerler için: İse, tek önemli doğrudan tehlike, esas patlama ile oluşan 'kül yağmuru' dur.

TSUNAMİ'LER

Bunlar, denizaltı depremleri ve volkanik aktivitelerle oluşan, periyodları 5 dakikadan 60 dakikaya kadar değişen, büyük su dalgalarıdır. Bu dalgalar, özellikle deniz veya göl kıyılarına yakın nükleer enerji santralleri için güvenlik açısından büyük önem taşır.

Tsunami'lerin büyük bir çoğunluğu, belki de hepsi, deniz tabanındaki eğim atımlı faylar boyunca oluşan yerdeğişimlerden kaynaklanır. Doğrultu atımlı fayların tsunamilere neden olduğu çok ender görülür.

Tsunamilerin şiddeti 'hafif' den en çok '3' e kadar değişen bir ölçek içerisinde değerlendirilir. 3 şiddetindeki bir tsunami, 12 m'ye kadar varan su yükselmelerine neden olabilir.

SONUÇLAR

Jeolojik malzemelerin heterojenliği ve anizotropik özellikleri; jeolojik olayların karmaşıklığı; ve jeolojik koşullarda oluşan sürekli değişimler nedeni ile, bir nükleer enerji santral yeri seçiminde yapılması gerekli jeolojik çalışmaları "Cook Book" biçiminde sunma olanağı yoktur. Ancak, bu konuda yapılacak çalışmalarla ilgili olarak, üç önemli noktayı vurgulamakta yarar vardır.

- i) Çalışmaların, konularının uzmanı, deneyimli ve güvenilir kişiler tarafından yapılması gerekir.
- ii) Karşılaşılan jeolojik koşullar çok açık ve seçik bir biçimde tanımlanmalı; ve bunlar yeterli ayrıntıda araştırılmalıdır.
- iii) Bu çalışmalardan elde edilecek veriler, yapılacak deneyler, varılacak kararlar, ve santral inşasına esas olacak parametreler, yine konunun uzmanı, deneyimli profesyonel kişiler tarafından değerlendirilmeli ve onaylanmalıdır.

Bu konudaki araştırmalar ve uygulanan teknikler ile ilgili birkaç önemli noktayı da aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

- a) Düşey sondajlarla yapılan araştırmalarda, dik ve ya dike çok yakın eğimli faylar ve makaslama zonları, bazen gözden kaçabilir. Bu gibi durumlarda eğimli sondaj yöntemleri uygulanmalıdır.
- b) Özellikle anahtar katmanlar (masher beds) dan ve zonlar (horizons) dan yoksun magmatik ve metamorfik kayalarda, küçük fay atımlarını bazan yoğun (sık) sondajlarla dahi belirleyebilmek mümkün olamayabilir. Oysa, santral alanını boydan, boya katedecek biçimde açılacak derin araştırma hendekleri, bu konuda çok değerli ve sürekli veriler sağlar.
- c) Göl veya deniz kıyısına yakın santral yerlerinde, özellikle sualtı jeolojik yapılarının belirlenmesinde mutlaka jeofizik yöntemlerden yararlanılması gerekir.
- d) Santral inşaatının temeli için açılacak yarmalar, kuşkusuz, yerel jeoloji ile ilgili doğrudan ve en güvenilir verileri sağlayacaktır. Bu nedenle, santral inşaatlarının temel kazılarında inşaatların bitimine kadar bölgede deneyimli bir jeoloji mühendisinin sürekli olarak bulunması; karşılaşılan yeni jeolojik koşulların yerinde değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin zamanında alınması açısından büyük önem taşır.
- e) Özellikle santral yeri için öngörülen bölgenin jeolojisi konusunda deneyimli uzman jeologlardan 'danışman' olarak sürekli yararlanılması, yapılacak çalışmaların daha hızlı ve güvenilir bir biçimde sürdürülebilmesi açısından gereklidir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ALLEN, C. R., (1975), Geological criteria for evaluating seismicity: G.S.A. Bull., 86, 1040-1057.
- BOLT, B.A., and others, (1975), Geological hazards: New York, Springer Verlag. 328 p.
- G.S.A., (1979), Geology in the setting of nuclear power plants, A.W. Hatheway and C.R. Mc Clure, Jr (Eds.): Reviews in Engineering Geology, IV, 256 p.

1985 YILI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖDÜLÜ KAZANAN ÇALIŞMALARIN ÖZETLERİ

ATATÜRK BARAJI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE ENJEKSİYON UYGULAMALARI

Özkan CORUK*

Atatürk barajı, Urfa ili, Bozova ilçesinin yaklaşık 24 km kuzeybatısında, Fırat nehri üzerinde inşaa edilmekte olan 3. kademe su yapısıdır. Çeşitli teknolojik özellikleriyle dünya çapında boyutlara sahip olan Atatürk barajında günümüze kadar birçok ayrıntılı jeolojik çalışma yapılmıştır. Ancak derivasyon tünelleri inşaatında çeşitli sorunlarla karşılaşılması önceki çalışmaların gözden geçirilmesi ve bazı parametrelerin ayrıntıda değerlendirilmesini gerektirmiştir. Bu araştırma yöredeki kireçtaşlarının mühendislik jeolojisi ve karstlaşma özelliklerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Karstlaşmanın, baraj yerinde oluşacak su kaçaklarına etkisi araştırılarak, projede geçirimsizliği sağlamak için öngörülen enjeksiyon perdesi uygulamaları değerlendirilmeye çalışılmıştır.

İnceleme alanında, en yaşlı birim, Karababa formasyonu olarak adlandırılan dolomitik kireçtaşıdır. Karababa dağının güney yamacında tektonizma etkisi ile yüzeylenir. Çoğun masif, üst seviyelere doğru kalın katmanlı, çok karstiktir. Yer yer ara katkılar halinde çört yumruları ve asfalt seviyeleri izlenir. Baraj yerinde, temel birim olan Karaboga formasyonu, tebeşirli ve killi kireçtaşından oluşmuştur. İnce katmanlı özelliğinden dolayı çoğun "Plaketli kireçtaşı" olarak da adlandırılır. Karababa dağından Göksu vadisine kadar geniş bir alanda yüzeylenir. Alt seviyelerde yer yer, dolomitleşmiş arakatmanlar ve kil dolgulu karstik boşluklar içerir. Üst Kretase-Paleosen yaşındaki Germav formasyonu, rezervuar alanının büyük bir kısmını kaplar. Marn, kiltası, kumtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim geçirimsizdir. Ana antiklinal yapının kuzey kanadını tamamen sarar. Güney kanatta faylanma ile konumu bozulmuştur. Eosen-Miyosen zaman aralığında çökelmiş yer yer tebeşir ara katkılı Midyat kireçtaşı rezervuar alanında görülmez. Pliyosen'e ait karasal kum, çakıl ve killi çökeller ova ve alçak kesimlerde yaygındır. Fırat ve Göksu vadisi boyunca güncel çökelleri izlemek olasıdır.

Bozova yakınlarından Göksu vadisine kadar uzanan yayvan antiklinal bölgede ana yapıyı oluşturmaktadır. Güney kanadı 400 m atımlı Karababa fayı kesmiştir. Katmanlanma genelde K30-40B doğrultulu eğim yapıya bağımlı olarak KD-KB yönelimlidir. Tektonizmanın etkin oluşu sert birimlerde yoğun eklem düzlemlerinin gelişmesine neden olmuştur. Değerlendirmede, K8-18D, 72GD, 77KB, 47KB egemen eklem takımlarıdır.

Dolomitik kireçtaşında karstlaşma, yapı denetiminde gelişmiştir. Ana fay sistemi ne dikey gelişen süreksizlik düzlemleri boyunca bağlantılı karst sistemleri mevcuttur. Karstlaşmada, dolomitleşme, iklim ve morfoloji ikincil parametrelerdir. Daha önceki çalışmalarda geçirimsiz olarak nitelendirilen plaketli kireçtaşının alt seviyeleri karstiktir. Tektonizmanın etkin olduğu kesimlerde bu seviyeler dolomitik kireçtaşında gelişen yaygın karst sistemi ile bağlantılıdır. Baraj yerinde yeraltısuyu akımı yamaçlardan Fırat nehrine doğrudur. Karstlaşma GD-KB doğrultulu egemen süreksizlik düzlemleri boyunca gelişmiştir. Yeraltısuyu akımı karstlaşmaya bağımlı olarak aynı doğrultuyu izler. Göksu vadisi yakınlarındaki kaynaklar kuzeybatıdaki en uç boşalma noktalarıdır.

Eğri çekirdekli, zonlu, kaya dolgu tipindeki Atatürk barajı, kret uzunluğu yaklaşık 1,9 km dir. 84,5 milyon metreküp dolgu hacmi ile dünyanın üçüncü büyük barajıdır. Dolgu malzemesi çevredeki Pliyosen çökelleri, alüvyon ve bazaltlardan sağlanacaktır. Baraj yerinde yüzeylenen Karaboğaz formasyonu plakette, tebeşiri ve killi özelliktedir. Kazılabilme patlatılabilme ve delinebilme yönünden uygun teknolojik özelliklere sahiptir. Sağ sahilde santral binası, sol sahilde dolusavak yamaç sıyirmalarında şev eğimleri 1/3 alınmaktadır. 3 adet, atnalı kesitli derivasyon tünelleri sol sahilde açılmaktadır. Vadi tabanında Fırat nehri derive edilmeden daha alt kotlarda kazının sürdürülebilmesi için sağ sahilde alüvyonda slurry-trench ile geçirimsizlik perdesi yapılmıştır.

Baraj yapımından sonra, oluşabilecek su kaçaklarının karstlaşma yollarını izleyeceği kesindir. En önemli su yolu, sağ sahildeki plakette kireçtaşının kuzeybatıdaki uzanımı boyunca oluşacaktır. Diğer bir su yolu ise dolomitik kireçtaşındaki yaygın karst sisteminin üst kesimlerle bağlantılı olduğu yerlerde Fırat vadisine doğrudur. Sağ ve sol sahilde oluşabilecek su kaçaklarını önlemek için yaklaşık 11 km'lik enjeksiyon perdesi yapımı öngörülmüştür. Her iki yamaçta da perdeler geçirimsiz Germav formasyonuna kadar uzanmaktadır. Enjeksiyon perdesinin yapımı 4 kademede galerilerle sağlanacaktır. Oluşturulacak geçirimsiz zon 549 m ile vadi kesitine göre yaklaşık 210 m kotu arasında 165-179 m kalınlığındadır. Perde yapımı için açılan galeriler baraj yapımından sonra drenaj galerisi olarak kullanılacaktır.

Yapılan bu araştırma sonucunda dolomitik kireçtaşında yapı denetiminde gelişen karstlaşmanın, daha önce geçirimsiz olarak nitelendirilen plakette kireçtaşlarının alt seviyelerinde izlenen karstik zonlarla bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Ancak Germav formasyonu bu sistemi saran geçirimsiz bir bariyer durumundadır. Bu niteliği ile yukarıda belirtilen karstik sistemdeki yeraltısuyunun, Göksu vadisi ve Midyat kireçtaşlarıyla ilişkisini engellemektedir.

Plakette kireçtaşının karstlaşma özelliklerini daha ayrıntıda belirlemek için yörede hidrojeolojik araştırmalar gereklidir. Bağlantılı karst sisteminden boşalan kaynakların yıllık boşalım değişimlerinin ölçülmesi ileri değerlendirmelerde çok yararlı olacaktır. Enjeksiyon perdesi yapımında, saptanan olası su kaçağı yönleri dikkate alınarak projenin buna göre uygulanmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

* İst. Üniv. Mühendislik Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

İSTANBUL YARIMADASININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Emin SERBEST*

İstanbul Yarımadasında temel kayayı oluşturan Karbonifer yaşlı kayaçların Birim Hacim Ağırlığı (γ) 2.62-2.71 gr/cm³ arasında değişmektedir. Ayrışma sonucu bu değerler düşmektedir (2.54-2.64 gr/cm³). Benzer şekilde çok düşük olan Su Emme (W_a, W_v) ve Porozite (n) değerleri de ayrışmaya bağlı olarak önemli oranda yükselmektedir.

Üst Miyosen yaşlı kireçtaşlarında Birim Hacim ağırlığı (γ) 2.29-2.50 gr/cm³, porozite (n) % 4.93-8.76 arasında değişmektedir. Ağırlıkça su emme % 1.40-4.14, hacimce su emme ise % 5.12-8.83 arasında değişmektedir.

Üst Miyosen'in yüksek plastisiteli marnlı-siltli killerin Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n) ortalama 1.80 gr/cm³'tür.

Haliç alüvyonları Birim Hacim Ağırlığı (γ_n) 1.41-1.86 gr/cm³ arasında değişen yüksek-aşırı yüksek (CH-CV-ME, BS: 5390'a göre) plastisiteli kiler ve siltlerden oluşmaktadır.

Haliç alüvyonları bazik olup, düşük oranda (% 0.1-1.08) sülfat iyonu içerirler.

Çamurtaşı-silttaşı-şeyl ve kumtaşları örnekleri üzerinde laboratuvarında, tabakalaşmaya dik ve paralel olarak yapılan deneyler sonucunda çok yüksek mekanik parametreler elde edilmektedir (Örneğin, $\sigma_b = 330-620$ kg/cm², vb.). Ancak plaka yükleme ve presiyometre deneylerinin gösterdiği gibi çatlaklı kaya ortamının teknik girişim öncesi ve daha sonra su-zaman etkisiyle mekanik özelliklerinde çok önemli düşmeler görülmektedir (Örneğin $\sigma_b = 3-5$ kg/cm², $E = 4000-8000$ kg/cm², $c = 1-2$ kg/cm³, vb.).

Üst Miyosen'in marnlı-siltli killeri yer yer dayanımı düşük seviyeler içermekle birlikte genellikle taşıyıcı zemin olarak yeterli basınç direncine sahiptir ($q_u = 1.0 - 4.5 \text{ kg/cm}^2$).

Haliç alüvyonlarının basınç direnci genellikle düşüktür ($q_u < 1.0 \text{ kg/cm}^2$) ve ortalama $0.5 - 0.6 \text{ kg/cm}^2$ civarında değerlere sahiptirler. Haliç alüvyonları yetersiz taşıma güçleri nedeniyle özel temel uygulamalarını gerektirirler.

Üst Miyosenin marnlı-siltli killerin sikişabilirliği orta, Haliç alüvyonlarının ise çok yüksektir.

İstanbul Yarımadası, taşıma gücü farklı kaya ve zeminlerden oluşmaktadır. Bunların arasında çok düşük taşıma gücü nedeniyle Haliç alüvyonları özel bir öneme sahiptir.

Sarmasiyen'in marnlı-siltli killeri yeterli taşıma gücüne sahiptir. Ancak, fisürlü olan bu killerin taşıma gücü yüzey-yeraltısularının etkileri sonucu önemli oranda düşebildiğinden derin kazıların iksalı inilmesi ve temel çukurunun kuru tutulması gereklidir.

İstanbul Yarımadası'nda temel kayayı oluşturan Karbonifer kayaları geçirimsizdir ($K = 10^{-7} \text{ cm/sn}$). Senozoyik formasyonları da geçirimsiz marnlı, siltli killerden oluşmakla birlikte kalınlığı 5 m. ye ulaşan ince taneli kum bantları içerir. Geçirimsiz killerle çevrili olduğundan ve tabaka eğimlerine bağlı olarak bu seviye basınçlı akifer niteliğindedir ve önemli miktarda su taşır. Bu durum Yenikapı-Samatya arasındaki bölgede temel inşaatı bakımından da önemlidir.

Alüvyonlar esas itibarıyla geçirimsiz killer ve siltlerden oluşmakla birlikte tabanda yeralan çakıllı kumlu seviyelerin geçirimsizliği yüksektir ($K_{1,2} = 0.16 - 2.5 \times 10^{-1} \text{ cm/sn}$).

Türkiye deprem bölgeleri haritasına göre İstanbul Yarımadası 2. Derece deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır.

* İTÜ - Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

TÜNEL TASARIM METODLARININ MUKAYESESİ VE URFA TÜNELİNE UYGULAMASI

Hasan TOSUN*

Bu araştırmada, değişik tünel tasarım metodlarının Urfa Su Tüneline uygulanması ile mukayeseli analizleri yapılmıştır. Konvansiyonel analiz, Jeomekanik Sınıflama ve Q-Sisteminden oluşan Ampirik Metodlar; tünelin yaklaşım davranışlarını esas alan Yaklaşım-Etkileşim Metodu ve Yeni Avusturya Tünelcilik Metodu, kaya koşulları ve destek sistemleri gözönüne alınarak kıyaslanmıştır. Sonlu Elemanlar Metodu, iç su basıncı etkisi altında kalıcı desteklerin tasarımı ve kazı yönteminin destek yüklerine olan etkisini tahmin etmek amacı ile kullanılmıştır. Çeşitli metodların mukayesesi için destek sistemleri, kaya yükleri, malzeme özellikleri, inşaat safhaları, analitik modeller ve maliyet analizi esas alınmıştır.

* O.D.T.Ü., Mühendislik Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

YOMRA - ŞANA DERESİ MADEN SULARININ ve ÇEVRE JEOLJİSİNİN İNCELENMESİ

A. Namık SOMEL*

Şana deresi maden suları yöresini içine alan inceleme alanı, Üst Kretase yaşlı "dasitik lav-tüf-kireçtaşı karmaşığı" ile Tersiyer yaşlı "bazalt ve piroklastikler"den oluşmuştur.

1 ve 2 no.lu maden suları "dasitik lav-tüf-kireçtaşı karmaşığı" içinden, 3 no.lu maden suyu ise "bazalt ve piroklastikler" içinden, K38D-K65B doğrultusunda gelişmiş çatlak sistemine bağlı olarak yüzeye çıkmaktadır. Maden sularının karışık (derin+yüzeysel) kökenli oldukları düşünülmektedir. 1 no.lu Maden suyu $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 2 ve 3 no.lu maden suları ise $\text{Na}(\text{HCO}_3)$ 'ca zengindir.

* K.Ü. Mühendislik Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

KENTLERDE ALTYAPI VE ÇEVRE SORUNLARI

Erdoğan YÜZER*

TÜBİTAK, İTÜ ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin katkıları ile düzenlenen "Kentlerde Altyapı ve Buna Bağlı Çevre Sorunları" konulu Bilimsel Toplantı 23, 24, 25 Aralık 1985 tarihleri arasında İTÜ Maden Fakültesi Konferans salonunda yapılmıştır.

23 Aralık Pazartesi günü 10⁰⁰'da İstanbul Valisi Nevzat AYAZ, İTÜ Rektörü Prof. Dr. Kemâl KAFALI ve İst. Büyükşehir Belediye Başkanı Bedrettin DALAN'ın katılımıyla yapılan açılışı "Görüntüde Altyapı" konulu film ve slayt gösterisi ve bundan sonra "İstanbulda Altyapı Çalışmaları" adlı bir sergi izlemiştir.

* Prof. Dr. İTÜ Maden Fakültesi.

Açılışdan sonra yapılan beş oturum boyunca, "Altyapı Sorunları ve Planlama", "Altyapı ve Jeoteknik İlişkisi", "Ulaşım Altyapısı" ve "Altyapı Çevre İlişkisi" konularında 16 bildiri sunulmuş olup her oturumda yaklaşık 60-80 kişi bildirileri izlemiştir.

Bilimsel Toplantı; 25 Aralık Çarşamba günü, yapım aşamasında olan İstanbul Yarımadası Kanalizasyon Tesislerini içeren ve 70 kişinin katıldığı bir teknik gezi ile son bulmuştur.

ULUSLARARASI KARST SU KAYNAKLARI SEMPOZYUMU

7 - 19 Temmuz 1985

Gültekin GÜNAY*

Uluslararası Karst Su Kaynakları Sempozyumu (UKSKS) 7-12 Temmuz 1985 tarihleri arasında, Ankara'da, Milli Kütüphane toplantı salonlarında düzenlenmiştir. Karst Hidrojeolojisine ilişkin bildirilerin tartışıldığı oturumları takiben, 13-19 Temmuz 1985 tarihleri arasında düzenlenen, İç Anadolu ve Batı Toroslar Karst Bölgeleri'ni tanıtmaya yönelik Teknik Tur ile UKSKS sona ermiştir.

Karst Hidrojeolojisine ilişkin olarak; Hidroloji ve Su Kaynakları Geliştirilmesi, Mühendislik Jeolojisi, Karst Yüze Şekilleri, Araştırma Teknikleri, Hidrojeoloji, Jeokimya, İzleyiciler, Modelleme ve Bölgesel Sistemler konularında 79 adet sözlü poster şeklinde bildirinin sunulduğu UKSKS'na 200 yerli, 60 yabancı delege katılmıştır.

UKSKS'nun düzenlenmesinde Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi; H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi; Birleşmiş Milletler Kalkınma için Teknik İşbirliği Örgütü; DSİ; MTA ve EİE Genel Müdürlükleri görev almışlardır. Ayrıca sempozyumun düzenlenme aşamasında UNESCO, Uluslararası Hidroloji Programı IHP, Uluslararası Hidroloji Bilimleri Birliği (IAHS), Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) ve Uluslararası

Su Kaynakları Birliği (IWRA) işbirliği yapan kuruluşlar olarak görev almışlardır.

UKSKS geçmişte düzenlenen benzeri toplantılara oranla daha geniş ilgi ve beğeni toplamış, özellikle sempozyuma katılan Uluslararası kuruluş temsilcileri, takdir ve beğenilerini Hacettepe Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Yüksel Bozer'e yazılı olarak bildirmişlerdir. UKSKS sırasında delegelere dağıtılmak üzere bildiri özetlerini içeren "Abstracts" ve düzenlenen Teknik Tur hakkında açıklayıcı bilgiler veren "Field Guide-Book" hazırlanmıştır. Sempozyumda sunulan bildiri metinlerini içeren "Proceedings" kitabı ise 1986 yılı başlarında yayınlanmış olacaktır.

UKSKS ile bilimsel ve teknik konularda çeşitli yararlar sağlanmıştır. Bunlar içinde en önemlisi, ülkemizin Batı Toroslar kesiminde "Uluslararası Karst Su Kaynakları Araştırma ve Eğitim Merkezi" kurulması önerisi de ulusal ve uluslararası boyutta geniş ilgi toplamış, özellikle Uluslararası kuruluşlar, kurulacak Merkeze, kurulma aşamasından itibaren yardım vaadinde bulunmuşlardır. Uluslararası Karst Su Kaynakları Araştırma ve Eğitim Merkezi'nin kurulması ile ilgili çalışmalar başarı ile sürdürülmektedir.

* Doç. Dr. H. Ü. Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Böl.

2. ULUSLARARASI MERMER SEMPOZYUMU ve MERMER FUARI

Erkan AYAN*

30 Eylül - 6 Ekim 1985 tarihlerinde İstanbul Atatürk Kültür Merkezi'nde 2. Uluslararası Mermer Sempozyumu ve Mermer Fuarı Türkiye Maden İhracatçıları Birliği'nce düzenlenerek bu yolda başlatılan çalışmalara bir yenisi eklenmiştir.

30 Eylül 1985 günü düzenlenen Basın Toplantısının ardından Saat 17.30'da Devlet Bakanı Sayın Mustafa Tınaz Titiz, İstanbul Valisi Sayın Nevzat Ayaz, Çankırı Valisi Sayın Akın Gönen, Afyon Milletvekili Sayın Metin Balırbey, Üniversite Öğretim Üyeleri ve diğer ilgili zevat, Mermer ile iştigal eden firma yetkilileri ve Basın Mensublarının iştiraki ile düzenlenen Tören ile Fuar Açılışı gerçekleştirilmiştir. 7 gün süre ile ziyarete açık kalan Fuar'da yerli ve yabancı ziyaretçi sayısı memnuniyet verici düzeyde olmuş, 28 stand'dan oluşan Fuar'da birkaç yabancı firma ve mümessilleri de ürünlerini teşhir etmişlerdir. 2. Uluslararası Mermer Sempozyumu da aynı mahalde 1-3 Ekim 1985 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Açılışı 1 Ekim 1985 tarihinde Organizasyon Komitesi Başkanı Sayın Prof. Dr. Kemal Erguvanlı'nın konuşmasını müteakiben Devlet Bakanı Sayın Mustafa Tınaz Titiz'in konuşması ile yapılmıştır. Sempozyum'da İtalya'dan 6, Portekiz'den 1, Macaristan'dan 1 delege tebliğleri ile iştirak etmiş ayrıca memleketimizden 15 adet tebliğ sunulmuştur. Türkiye'den sunulan 15 tebliğin 6 adedi Üniversite Öğretim Üyeleri, 3 adedi M.T.A. mensubları, 1 adedi DPT uzmanı ve 5 adedi Mermer Sektörü Mensubları'na sunulmuştur.

Sempozyum'da Prof. Dr. Kemal Erguvanlı ve Prof. Dr. Erdoğan Yüzer tarafından "Mermer Ocağı İşletmelerine Etkiyen Mühendislik Jeolojisi Parametreleri", Jeolog Dr. Özkan İşgüden tarafından "Mermer Ocaklarında Görülen Mezoskopik Ölçekli Çatlakların Doku Eksenleri ile Münasebetleri ve Dokusal Yapısal Kat Sentezi", Doç. Dr. Mahir Vardar tarafından "Mermer Ocağı İşletmeciliğinde Optimizasyon Sorunları", Jeomorfolog İlhan İnceoğlu tarafından "Türkiye'nin bazı Mermer Alanlarından ve Ocaklarından İzlenimler", Jeo. Yük. Müh. Faruk İlgün, Kimya Y. Müh. Mehmet Uzer ve Kimya Y. Müh. Çetin Sola tarafından "Türkiye'nin bazı mermer yataklarının jeolojisi ve teknolojik özellikleri" İtalyan Uzman Ing. At-

hos Scorelli tarafından "Mermer ve diğer taşlar ile ilgili Planlama ve İşletme Çalışmaları Sonuçları", Dott. A. Giannin tarafından "Tabii Kaynaklar ile ilgili araştırma programlarının ve uygun bir mermer ocağı planlamasının yapılmasında kullanılan Yöntem bilim ve Metodlar" Ing. Ernesto Frediani tarafından "Taş Çıkarma ve İşletmeyi etkileyen Yöntem ve Faktörler, Ticaret Fuarlarının mermer ve endüstrisindeki başlıca rolü", Macar Uzman Prof. P. Kezteesz tarafından "Kullanılan mermerlerin Fiziksel Özellikleri", Prof. Dr. Kemal Erguvanlı ve Doç. Dr. Zeynep Ahunbay tarafından "Süleymaniye ve Sultanahmet Camilerinde kullanılan taşlar, mimari özellikleri ve onarım önerileri", Prof. Dr. Murat Eriç, Dr. Kemal Çorapçıoğlu tarafından "Eski eserlerimizde tahrip ve korruma sorunları" Doç. Dr. Zeynep Ahunbay tarafından "Türkiye'de Arkeolojik restorasyonlarda kullanılan Taş onarım teknikleri", D.P.T. Uzmanı Fahri Akben tarafından "Mermer Sektöründeki mevcut durum ve beklenen gelişmeler", Jeolog Dr. Özkan İşgüden tarafından "Mermer ve Granitte abrasivlerin kullanımı", Jeo. Yük. Müh. Semih Çakıcı ve Yük. Mimar-Arkeolog Mustafa Uz tarafından "Antik Teos Mermer Ocakları, İzmir-Seferihisar Jeo. Yük. Müh. Fahrettin Şener tarafından 3213 sayılı Kanunun mermer arama ve işletmeciliğinde getirdiği Yenilikler" Halit Keleş tarafından "Türk mermerinin dünü bugünü ve geleceğinin temennisi Çetin Sürmen tarafından "Mermer ve Geleceği", Seyit Kafesçioğlu tarafından "İhracat Patlaması eşiğindeki Türk Mermerciliği ve Haliç" konulu tebliğler sunulmuştur.

Sempozyumun ikinci gününde Prof. Dr. Kemal Erguvanlı ve Doç. Dr. Zeynep Ahunbay tarafından düzenlenen Teknik Gezi'de Süleymaniye ve Sultan Ahmet Camilerinde kullanılan taşların özellikleri ve onarım önerileri açıklanmıştır.

Memleketimiz Madencilik Sektörü'nün gelişimini teminen düzenlenen bu tür çalışmaların her türlü güçlüğüne rağmen yılmadan düzenlenmesinin Sektörümüze katkılarının büyük olacağı görüşü ile bundan sonraki çalışmalarda mermere gönül veren çeşitli kesim mensublarının birlikte görmek en büyük arzumuzdur.

* Jeo. Yük. Müh. Maden İhracatçıları Birliği Sekreter Yardımcısı - İstanbul.

HİDROELEKTRİK ENERJİ SEMPOZYUMU

Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (EİE), 50. Kuruluş yılını idrak etmesi nedeniyle düzenlediği "Hidroelektrik Enerji Sempozyumu" 19-22 Kasım 1985 tarihleri arasında Ankara'da Milli Kütüphane salonlarında yapıldı.

EİE İdaresi Genel Müdürü Son. Süheyl ELBİR, Sempozyumu açış konuşmasında; İdarenin kuruluşundan günümüze kadar geçen 50 yıllık süre içinde Hidroelektrik Enerji konusunda yaptığı çalışmaları anlatmıştır. Elbir konuşmasında özetle; Ülke olarak yararlandığımız hidroelektrik potansiyelin, hesaplanan istifade edilebilir hidroelektrik potansiyelin % 11'i kadar olduğunu ve daha yapılacak pek çok iş olduğunu vurgulamıştır. Sn. Elbir daha sonra geçmişte yapılan başarılı çalışmaları hatırlamanın, geleceğe dönük çalışmalarda da aynı başarı ölçüsünde sürdürüleceği inanç ve azminden kaynaklandığını belirterek, İdarenin; hidroelektrik potansiyelimizin halen istifade edilmeyen bölümün gecikmeden hizmete sunulabilmesini temin için yeterli miktarda projeyi hazır halde bulundurmaya hedef edindiğini söylemiş ve kısaca bu projelerle ilgili bilgiler vermiştir.

Gn. Müdür konuşmasının bir başka bölümünde, bu çalışmalar yanında son yıllarda İdareye; enerjinin korunması ile yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları konusunda gerekli araştırma ve geliştirme çalışmalarının da görev olarak verildiğini açıklamıştır.

İkiyüzün üzerinde delegenin katıldığı Sempozyumda; çeşitli üniversiteler, kamu ve özel sektör kuruluşlarında çalışan bilim adamı ve uzmanlar tarafından beş teknik oturumda 30 tebliğ sunulmuştur. Sempozyumun son oturumunda, Prof. Dr. Sn. Kâzım ÇEÇEN'in yönettiği Panel'de ülkemizin Hidroelektrik enerji sorununun değerlendirilmesi yapılmıştır. Panelde DSİ Genel Müdür Yardımcısı Sn. Güngör Aral, TEK Hidroelektrik Santraller Dairesi Başkanı Sn. Remzi Keskin, DPT'den Sn. İbrahim İte Dr. Neşet Akmandor panelist olarak katılmışlardır. Cakır, Türkiye İnş. Müt. Birliğinden Sn. Timuçin Tümer Hidroelektrik Enerji sorunlarımızın oldukça geniş bir perspektif içinde tartışıldığı panel'de yapılan konuşmalar ve tartışmalar önümüzdeki aylar içinde yayınlanarak, Sempozyuma katılan delegeler ve ilgililere ulaştırılacaktır.

Sempozyumda sunulan tebliğleri içeren kitap, sempozyumdan önce bastırılarak tüm delege ve katılanlara verilmiştir.

Sempozyum süresince, ülkemizde Hidroelektrik Enerji konusunda mal ve hizmet üreten, kamu ve özel sektörden 13 kuruluşun katıldığı bir sergi, delegeler, davetliler ve öğrenciler tarafından ilgi ile izlenmiştir.

HİDROELEKTRİK İMKÂNLAR VE PLANLAMA OTURUMU

- Hidroelektrik Santrallerin Plânlaması ve Gelecekteki Durumu
Y. Müh. Sabahattin SAYIN
- Enerji Üretimi Yönünden Havza Plânlaması
Y. Müh. Müfit KULEN
- Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Enerji Üretimi
Prof. Dr. Ünal ÖZİŞ
- Çoklu Baraj İşletmelerinde Sistem Analizi
Prof. Dr. Mehmetçik BEYAZIT
- Hidroelektrik Enerji Üretim Sistemlerini İşletme Çalışmaları
Y. Müh. Remzi KESKİN
- Türkiye'de Mühendislik Hidrolojisi Çalışmaları
Y. Müh. A. Yılmaz KARATABAN

HİDROLİK VE SU YAPILARI OTURUMU

- Üniversite Endüstri İlişkilerinde Araştırmanın Yeri
Prof. Dr. Cahit ÇIRAY
- Barajların Dolusavak Boşaltım Kanallarında Oluşan Kaviteasyon Hasarları ve Bu Hasarları Önlemek İçin Kullanılan Havalandırıcılar
Y. Müh. Ergun DEMİRÖZ
- EİE Genel Müdürlüğü'nün Sediment Ölçüm Teknikleri ve Değerlendirilmesi
Y. Müh. Adil ALIŞIK
- Nehir Tipi Santrallarda Su Alma Yapıları ve Çöktürme Havuzları
Prof. Dr. Kazım ÇEÇEN
- Su Yapıları İle İlgili Yenilikler
Y. Müh. Yüksel SEZGİNER

- Hidroelektrik Santrallerin Elektro-Mekanik Kısımlarının Yerli İmalinde Gelişmeler
Prof. Dr. Cahit ÖZGÜR

JEOTEKNİK OTURUMU (2 Oturum)

- Türkiye'de Deprem Tehlikesi ve Deprem Riski
Doç. Dr. Mustafa ERDİK
- Barajlarda Ölçme Tekniği
Y. Müh. Önder SOLAKOĞLU
- Jeofizik Mühendisliği Uygulamaları ve Yararları
Prof. Dr. Ali KEÇELİ
- Kaya ve Zemin Mekaniğinde Sismik Yöntem Uygulamaları
Y. Müh. Osman DEMİRAĞ
- Baraj Araştırmalarında Kaya Mekaniği Uygulamalarının Önemi
Prof. Dr. Erdoğan YÜZER
- Baraj Yerlerinde Kaya Mekaniği Deneyleri
Doç. Dr. Günhan PAŞAMEHMETOĞLU
- Toprak Barajlar İnşasında Zemin Mekaniği
Prof. Dr. Remzi ÜLKER
- Baraj Yapımına Etkiyen Mühendislik Jeolojisi Parametreleri
Prof. Dr. Kemal ERGUVANLI

- Kaya Temelleri Üzerinde Yapılacak Barajlara İlişkin Bazı Jeoteknik Konular
Y. Müh. Turgut ÇANLI
- Baraj Yeri ve Rezervuarlarda Heyelanlar
Doç. Dr. Aziz ERTUNÇ
- Karstik Bölgelerde Baraj Sorunları
Prof. Dr. Okay EROSKAY
- Yeraltı Kazılarının Barton'a Göre Sınıflaması ve Örnekler
Y. Müh. Erman AŞÇIOĞLU
- Tünellerdeki Göçükler ve Onarımlar
Y. Müh. Erdal ŞEKERCİOĞLU

KÜÇÜK H.E. SANTRALLAR OTURUMU

- Türkiye'de Küçük Akarsulardan Hidroelektrik Enerji Üretim İmkânları
Y. Müh. Mete TÜRKSOY - Y. Müh. A. Günay ÖZGÜN
- Türkiye'de Hidrolik Gücün Kullanımı ve Küçük HES'lerin Bu Kullanımdaki Yeri
Dr. Neşet AKMANDOR
- Türkiye'de Küçük HES Uygulamaları ve Sorunları İle Küçük HES'lerin Gelişme İmkânları
Müh. Hidayet BAŞEŞME

E.İ.E. İdaresi

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TOPLANTILARI

- 1 — OCAK 1986 CoCoa Beach, Florida - A.B.D.
International Symposium on Geotechnical applications of remote sensing and remote data trasmission
- 2 — 14-19 NİSAN 1986 Bari - İTALYA
International Symposium on Engineering Geology Problems in Seismic Areas
- 3 — 25-28 AĞUSTOS 1986 - FİNLANDİYA
International Symposium on Large Rock Caverns
- 4 — 25-29 AĞUSTOS 1986 Enschede - HOLLANDA
International Symposium Remote Sensing Resources Developpment and Environmental Management
- 5 — 20-25 EKİM 1986 Buenos Aires - ARJANTİN
Fifth International Congress of the IAEG
- 6 — MART 1987 Antalya - TÜRKİYE
IAH - International Wordshop on Ground Water Recharge Estimation in Semi Arid Climate
- 7 — 4-8 MAYIS 1987 Beijing - ÇİN
International Symposium on The Engineering Gerlogical Enviroment in Mountains Areas
- 8 — 25-27 MAYIS 1987 Hague - HOLLANDA
International Symposium on Coastal Lowlands Geology and Geotechnology
- 9 — 30 AĞUSTOS - 4 EYLÜL 1987 Montreal Que - KANADA
ISRM 6th International Congress.

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ ÜYELERİ

AKIN, Nuran	EĞİN, Dinçer, Dr.	SAFA, M. Turgut
AKKOÇAK, Hasan	ERANIL, Yücel Dr.	SAĞLAMER, Ahmet, Doç. Dr.
AKLAN, Turhan	ERDOĞAN, Eray Dr.	SARISU, Ali
AKYOL, Erdal	ERDOĞAN, Mustafa	SESÖREN, Atilla Dr.
ALGAN, Melih	ERGUVANLI, A. Kemâl Prof. Dr.	SOSYAL, Hüseyin Prof. Dr.
ALTUĞ, Saydun	ERİŞ, İsmail	SUNU, Rezzan
ANIK, Ferruh	ERLER, Ayhan Doç. Dr.	SÜMERMAN, Kaler
AYAN, Tamer	EROSKAY, S. Okay, Prof. Dr.	ŞAMİLGİL, Erman Doç. Dr.
BAYKAL, Hasan	ERTUNÇ, Aziz Doç. Dr.	ŞEKERCİOĞLU, Erdal
BOYNUKALIN, Suat	FİLAZİ, F. Cemal	ŞENYUVA, Tahsin
BULUT, Fikri	GENÇ, Deniz	TAN, Yüksel
BULUTLAR, Erdal	GÖKTEN, Y. Ergun Y. Doç. Dr.	TARHAN, Fikret Doç. Dr.
BÜYÜK, Mehmet Dr.	GÖZÜBOL, A. Malik Y. Doç. Dr.	TAŞLICA, A. Hamdi
BÜYÜKKÖSE, Nevzat	GÜNAY, Gültekin Doç. Dr.	TEKELİ, İbrahim
CANIK, Baki Prof. Dr.	KALE, Saim	TOĞROL, Ergün Prof. Dr.
CORUK, Özkan	KARAHANOGĞLU, Nurkan	TÜRK, Necdet Dr.
ÇAĞLAYIK, Vedat	KARAOĞULLARINDAN, Talip	TÜYSÜZ, Okan. Dr.
ÇANLI, Turgut	KASAPOĞLU, Erçin Doç. Dr.	UNAY, Güngör
ÇELEBİ, Levent	KAYA, M. Kenan	UZ, Özden N.
ÇETİNÇELİK, Mesut A.	KILINÇ, Mehmet Dr.	ÜSTÜN, Olgun
ÇOĞALAN Hasan Hüseyin	KOÇ, Şükrü	VARDAR, Mahir Doç. Dr.
ÇONCAR, Behiç	KOŞAR, Ercan	YALÇIN, Ali
DADAŞBİLGE, Kırhan	KUMBASAR, Vahit Prof.	YEŞİLOĞLU, Kemâl
DEMİRKOL, Cavit Doç. Dr.	MUT, Taner	YILDIZ, Şaban
DİLEK, Remzi Prof. Dr.	OCAKÇI, Mehmet	YÜKLER, M. Arif, Doç. Dr.
DOYURAN, Vedat Doç. Dr.	OTKUN, Galip Dr.	YÜZER, Erdoğan Prof. Dr.
DURGUNOĞLU, Turan Doç. Dr.	ÖZİŞ, Ünal Prof. Dr.	
	ÖZTAŞ, Turgut	

KURUMSAL ÜYELER

- ◆ Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü - **Ankara**
- ◆ Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü - **Ankara**
- ◆ Karadeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi - **Trabzon**
- ◆ Maden İhracatçılar Birliği - **İstanbul**
- ◆ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü - **Ankara**
- ◆ İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi - **İstanbul**
- ◆ İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi - **İstanbul**
- ◆ T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü - **Ankara**
- ◆ Türkiye Jeoloji Kurumu - **Ankara**