

BK2 NOLU DERİVASYON TÜNELİ KAZI ON ARAŞTIRMALARI, YAPIM METODU VE SONUÇLARIN ANALİZİ

PRELIMINARY RESEARCH, METHOD OF CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE BK2 DERIVATION TUNNEL EXCAVATION

Taner SÜMER <*>
H. Altay GÜVENİR ()**
Dieter ZIMMERUNG (*>*)

Anahtar Sözcükler Derivasyon, Enjeksiyon, Sismik Dalga

ÖZET

Genellikle Ortadoğu ülkelerinde tünel ve açık kazı öncesi araştırma çalışmalarına gerekli önem verilmemesi, kazı, iksa ve betonarme hesap yöntemlerinin bu veriler ışığında yönlendirilmemesi sonucunda oluşan mal, can ve zaman kayıpları kader olarak nitelendirilmektedir. Bu kayıpların mühendisçe yaklaşımlarla nasıl önlenebileceğini örneklemek açısından Bekhme Barajı BK2 nolu derivasyon tüneli için yapılan ön araştırmaların yapım sırasında nasıl kullanıldığı ve sonuçları irdelenecektir.

ABSTARCT

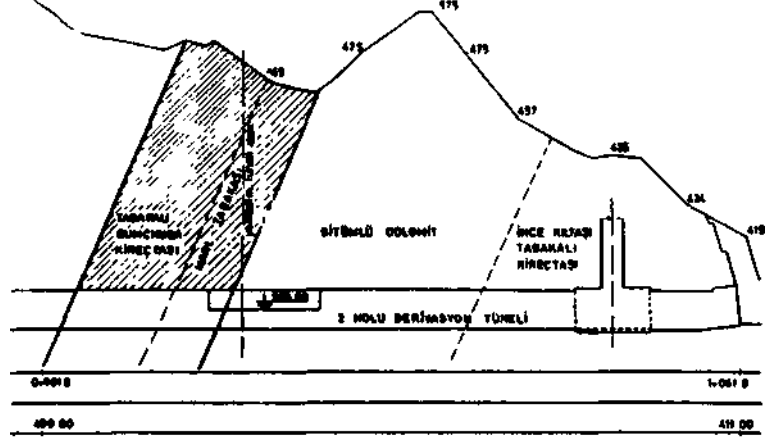
Losses as equipment, human life and time that incur due¹ to ignorance of preliminary surveys in tunnel and open excavation processes, and not employing these results in the excavation, support and lining calculations are considered to be misfortune in most Middle East countries. In order to exemplify the use of these preliminary results for avoiding such losses with an engineering approach, a case study concerning Bekhme dam project diversion tunnel BK2 will be analyzed.

* GÜRIŞ İnş. ve Müh. A.Ş. Çankaya Ankara.
BILKENT Üniversitesi, Ankara.

*** Stabilize«- Ltd. Sweeden.

1. GİRİŞ

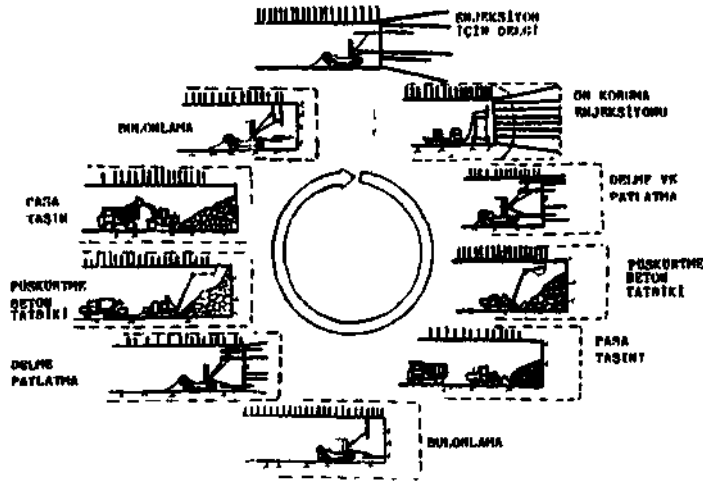
Kontrat 4A kapsamında Bekhme barajı sol sahilinde dolamatik kalker ortamında birinci yazar tarafından delme patlatma yöntemiyle açılan 1.4 km uzunluğunda dolu savak ulaşım yolunun 420. metresinde yapılan patlatmalardan beklenen verimin alınmaması üzerine arazide yapılan jeolojik, yerinde mukavemet, R.Q.D. ve kimyasal analizler sonucu ay*1 yerde başlayan mansaba doğru 45° dalımlı yer yer 20 m. kalınlığa ulaşan bir marin tabakası ve buna paralel 10-25 m. bant genişlikli bir bütümlü dolomit dalımının varlığı ortaya çıkarılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. 2. nolu derivasyon tünelinin jeolojik kesiti.

Aynı yolun dervasyon tüneli üzerinden geçtiği bilindiğinden detay bir sismolojik araştırma yapılarak şüphelenilen litolojinin boşluk oranları, su içeriği, permabilite katsayısı, P, S sismik dalga hızları ölçülmüştür. Bu veriler kullanılarak derinlik boyunca değişik su basınçları altında ortamın içerdiği su miktarı ve +801.00 metrede marin ortamına girecek olan derivasyon tüneline gelmesi beklenen su miktarı modellenmiştir. Tünel içine 30-35 lt/san. lik bir su akımının olabileceğine karar verilmiştir. Bu miktardaki suyun mevcut pompalar ile boşaltılamayacağına ve boşaltılsa bile kazının yavaşlayacağına karar verilmiştir. Ayrıca bu miktardaki suyun tabii ortamından uzaklaştırılmasının kazı stabilitesini bozacağı ve oluşturacağı olası göçükleri önlemek için üç kademedeki oluşan bir koruma metodolojisi, enjeksiyon ve destekleme pratiğini (Şekil 2) takiben tünellerde ilk kez uygulanacak ön kesme kontrullu patlatma yönteminin uygulanması benimsenmiştir (Sümer 1993). Aynı veri ve olası sonuçlarını kabul etmemekte direnen ekip ise büyük can ve mal kaybına neden olmuştur. Benzer kazaların önlenmesi açısından bu bildiri:

- arazide yapılan sismik deney ve gözlemler
- kullanılan hesap kriterleri ve formülasyon
- yapım metodu
- sonuç ve tavsiyeler, her bir koruma adımı gösteren şekiller ve jeolojik kesitler sunulmuştur.



Şekil 2. Tünelde uygulanan çalışma sistematigi.

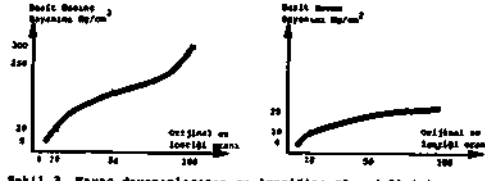
2 . KOLLANILAN SİSMİK METOT

Kullanılan sismik metot zemin yüzeyinde düşey ve yatay titreşim yapabilen bir ekipman (dalga üreticisi) ile 5-20 san. süreli yatay S (kesme) ve P (basınç) dalgaları üretip dalgaların zemin tabakaları arasından geçerken bir kısmının yansması ve bu yansıyan gerilme dalgalarının ardışık olarak yüzeyde ve açılan kuyulardaki elektronik kaydedicilerle elektrik sinyali olarak kaydedilmeleri ve bu kayıtların daha sonra bilgisayarlarca grafik hale dönüştürülmesinden ibarettir (Robert, 1984) .

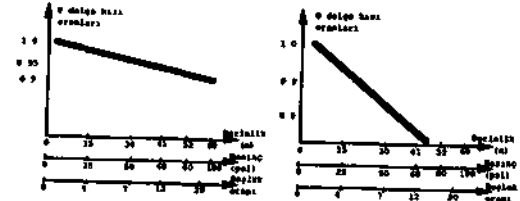
Ardışık tabakalı zeminlerde hareket eden P, S dalgalarının hızları, frekansları ve genlikleri içersinden geçtikleri ortamlara göre değişirler. Örneğin P dalgası hızı içersinden geçtiği kayaç ortamının basınç ve kesme dayanımı arttıkça artarken S dalgası hızı geçtiği kayaç ortamının yalnızca kesme dayanımı arttıkça artar, ölçümlerde S dalga hızınının P dalga hızınının yarısı civarında kaldığı görülmüştür.

2.1. ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN TAYİNİ

Aynı marın dalımı üzerinde 15, 30, 41, 52 ve 60 m. derinliklerde açılmış galerilerden çeşitli basınç değerleri altındaki marın ortamlarında ölçülen -sismik hızlar ile aynı ortamlardan alınan numunelerin boşluk oranları su geçirimsizlikleri su içerikleri, basınç ve kesme dayanımları ve içerdikleri karbonik asit oranları hesaplanmıştır. Söz konusu marın ortamı için basınç dayanımı tabii su içeriği oranı, kesme dayanımı tabii su içeriği oranı ve boşluk oranlarına göre değişimi Şekil 3 de ve çeşitli basınçlar altında ölçülen P ve S dalga hızlarına göre değişimi Şekil 4 de gösterilmiştir.



Şekil 3. Kayaç dayanımlarının su içeriğine göre değişimi.



Şekil 4. P ve S gerilme dalgelerindeki hız değişim oranları.

Bu grafikler oluşturulunca derivasyon tüneli kotunda beklenen marin tabakası özellikleri interpolasyon ile bulunmuştur.

Yağmur suyu havadaki CO₂ ile birleşerek karbonik asit oluşturmakta, bu da kireç taşı gibi CaCO₃ esaslı kayaları etiterek önce ince çatlaklar oluşturmakta, bu çatlak düzenleri belirli bir düzeye ulaştıkça da kayacın o bölümünün stabilitesi bozulmaktadır. Kaya ortamının içerdiği boşluk suyunun karbonik asit miktarı o ortamdaki kaya boşluk oranı ile direkt orantılı olduğu görülmüştür.

2.2. ARA SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Açılan yolda geçilen marin tabakasından periyodik olarak alınan numunelerin basınç ve kesme dayanımları ölçülerek tünelde optimum destekleme süreleri bulunmuştur. Tünelin marlından geçen kısmının üzerindeki tabakanın içerdiği su miktarı birer metrelik derinlik şeritleri halinde hesaplanarak tünelin 478. metresinden itibaren aynadan gelecek su miktarı mevsim sınır şartları göz önüne alınarak (1) den 30 lt/san. olarak bulunmuştur.

3. ENJEKSİYON ÖN KARAR KRİTERLERİ

Enjeksiyon mertebesi kararlaştırılırken önce yerel hidro-geolojik sınır şartları ve eldeki ekipman kapasitesi göz önüne alınmıştır. Ayrıca tünel ekipleri arasında yapılan araştırma sonucu ekiplerin beklenen psikolojik davranışları da göz önüne alınmış ve optimum enjeksiyon miktarı %10 artırılmıştır.

3.1. PLANLAMA

Derivasyon tüneline gelmesi beklenen suyun mevsimsel değişimini hesaba katabilmek için çeşitli seviyelerde açılmış araştırma galerilerindeki su sızıntıları asma çanaklarla gözlenmiş, ayrıca Zap ve Ravandus nehir yatakları üzerinde üç ayrı noktadan toplanan veriler ile bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanından mevsimlere göre beklenen su miktarı (Q), su seviyesi değişimi, geçilen tabakaların boşluk oranlarının derinliğe göre değişimi, tünel orta noktasındaki su basıncı göz önüne alınarak yerel sınır şartlarına uyan bir model geliştirilmiştir.

$$Q = M * Q_j * S * C_i * V_2 \quad (1)$$

$$Q_i = H_i * B_0 * C_2 * A_2 / A_5 \quad (2)$$

$$C_j = f(RQD, I_s, TCR, K_b, 1/B, V_j)t \quad (3)$$

Argümanların değerleri yerel şartlara göre düzenlenecektir.

Burada,

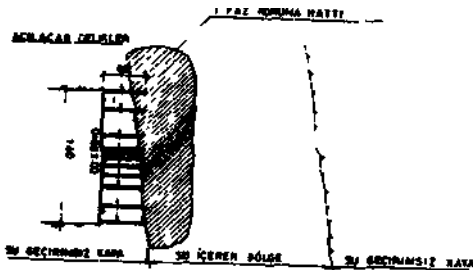
- M*: mevsimlik değişkenlik katsayısı (su seviyesinin en düşük durum 1 alınmıştır),
Qj: bîrim marin yüzeyininin derivasyon tüneli seviyesinde oluşan basınç altında geçirebileceği su miktarı,
S*: basınçlı su deneyinde deliğın her 1 m. sinde 1 cm² çevre alanında 1 dakikada kaybolan su katsayısı (boşlukların doluluk yüzdesi için).
V₃: zemin sismik dalga hızlarının ortalaması.
Hj: marin ortamında sürülen tünel hacminin çevresinde oluşan fiktiv hacim. Bu hacmin yarıçapı tünel yarıçapının 1.5-2 katı mertebesindedir,
B₀: boşluk oranı,
C[^]: mevsime göre boşlukların dolum oranı,
Aj/A₂: açılan tünel kesiti yüzey alanının tüm tünel kesit alanına oranı,
RQD: kaya kalite göstergesi,
I_s: nokta yük indeksi,
TCR: katkısız sondajda numune alma oranı,
K_t: marin tabakası kuru birim ağırlığı,
B: tünel seviyesindeki toprak basıncı,
Vj: Hj hacminde beklenen boşluk oranı.

3.2. KORUMA İŞLEMİ ÖN HAZIRLIKLARI

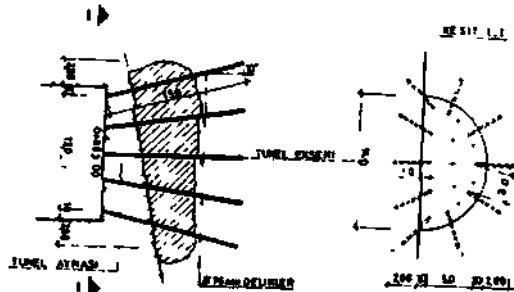
Enjeksiyon işleminin etkin bir şekilde yapılabilmesi için suyun sızabileceği tüm delik ve çatlaklar büyüklüklerine göre 0İV₂" - 04" lik vanalı burularla drene edilmelidir. Tüm vanalar tünel aynasına püskürtme beton uygulanması tamamlanıncaya kadar açık tutulmalıdır. Bu işlem sonunda tüm vanalar deneme için kapatılmalıdır. Borularda oluşan su basıncı ölçülmeli ve buna göre aynaya uygulanacak püskürtme beton kalınlığı belirlenerek aynadan su sızması önlenmelidir. Kazı alanında kayda değer bir su sızıntısı yoksa enjeksiyon başlayabilir. Benzer bir metod Erdemgil ve Ordemir (1986) tarafından da verilmiştir.

3.3. KORUMA METODU BİRİNCİ FAZI

Birinci fazda enjeksiyon 4.5 m. uzunlukta açılacak patlayıcı deliklerinden su içerikli ortama basılarak burada koruyucu bir enjeksiyon tabakası oluşturulur (Şekil 5). Bu işlem 3 m. derinlikten başlayarak delgiden gelen su sızıntısı kontrol edilerek kademeli olarak yapılır. Enjeksiyonda sodyum silikat uygulaması için özbayoğlu (1990) tarafından belirtilen metot değiştirilerek uygulanmıştır.



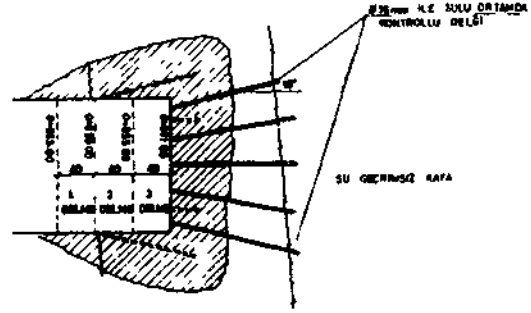
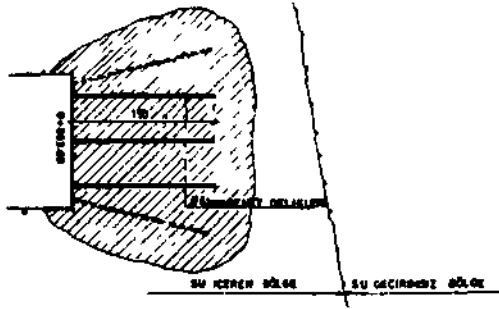
Şekil 5. koruma enjeksiyonu



Şekil 6. Enjeksiyon delikleri

3.4. KORUMA METODU İKİNCİ FAZI

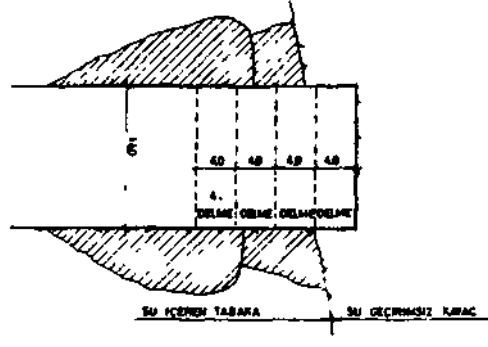
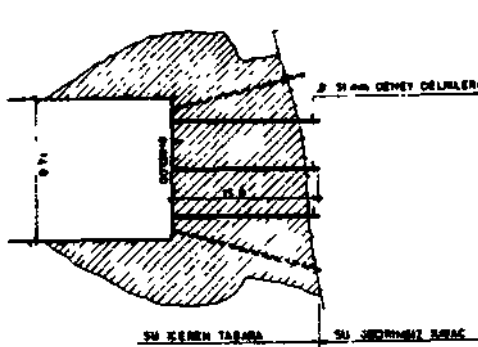
Birinci koruma fazı tamamlandıktan sonra aynada olası su damarları yönlerine göre değiştirilmiş 076mm. lık enjeksiyon delikleri açılır. Delgi (kuru sistem tavsiye edilir) sırasında su sızıntıları devamlı olarak gözlenmesi gereklidir. Delgiden sonra bu deliklerden enjeksiyon yapılacak (Şekil 6) ve enjeksiyon karışımının sertleşmesi için 24 saat beklenerek ye daha sonra 051-61 mm. lik 15 m. boyundaki kontrol delikleri açılarak enjeksiyonun ne kadar etkili olduğu kontrol edilir (Şekil 7). Aynaya 4 m.' lik delikler açılarak patlatma işlemi gerçekleştirilir. Delme patlatma işlemi, enjeksiyonun etkili olduğu derinliğe kadar tekrar edilir (Şekil 8).



Şekil 7. Enjeksiyon denemesi. Şekil 8. Üçüncü faz koruması

3.5. KORUMA METODU ÜÇÜNCÜ FAZI

Üçüncü koruma fazında enjeksiyon delgisi birinci fazdakinin aynı olup delgi düzeni ikinci fazdaki gibi su sızıntılarını devamlı gözlenerek kademeli olarak yapılır (Şekil 9). Birinci, ikinci ve üçüncü fazlar ardışık olarak sağlam kaya ortamına 1 - 2.5 m. (derinlik gelen su miktarına göre belirlenir) girene değin kademeli olarak tekrarlanır (Şekil 10).



Şekil 9. Son enjeksiyon denemesi Şekil 10. Delme, patlatma

3.6. ENJEKSİYONUN ÖZELLİKLERİ

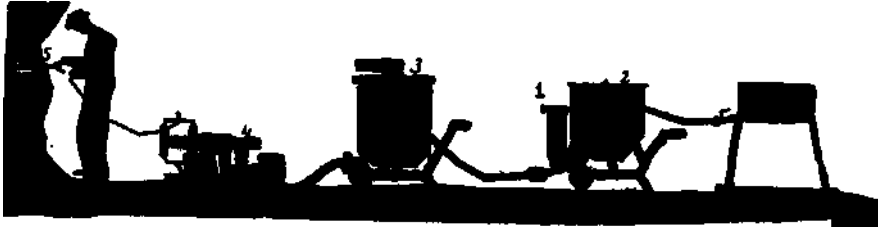
Enjeksiyon (Sümer 1988) e göre yapılacaktır. Karışım beton santralında hazırlanacak ve transmikserler ile taşınacaktır. Karışımın beton santralından çıkışı ile uygulama noktası arasındaki süre 1 saati geçmeyecektir; veya karışım yerinde hazırlanacaktır. Enjeksiyona çimento:kum:su oranları: 1-0:0.8 (ağırlıkça) 1 m³ saf çimento karışımı ile başlanacak, bu yetmediği takdirde 1:0.8:1.2 olan (a) veya 1:0.8:2.4 olan (b) karışımı kullanılacaktır. Enjeksiyon basımında bir problem ile karşılaşırsa kum, çimento ve bentonit karışımı 5 bar lık bir basınçta enjekte edilecektir.

Kullanılacak bentonit-çimento karışımı özellikleri API (American Petroleum Institute) tanımına uyumlu olacaktır.

<u>Tip</u>	<u>Sodium Hnnf.mnrinnriite</u>
1) 200 nolu eleküstü	< %2.5
2) Nem	< %10
3) Fan okuması	> 30 (600 rpm de)
4) Plastisite endeksi	En fazla: plastik viskosite * 3 En az: %400
5) Filtre miktarı	< %13.5

Enjeksiyonun çabuk sertleşmesini önlemek için kullanılacak su ısısı 25°C den küçük olmalıdır.

Enjeksiyon için gerekli ekipmanlar: su ölçer, su tankı, karıştırıcı, çalkalayıcı, enjeksiyon pompası, basınç kaydedici, delici ekipman (Şekil 11) .



Şekil 11. 1) ölçü su tankı, 2) Karıştırıcı, 3) Çalkalayıcı', 4) Enjeksiyon pompası, 5) Mekanik tıkaç. Ayrıca 4) ve 5) arasında hangi sürede ne kadar çimentonun, hangi basınçta geçtiğini belirten bir cihaz konabilir.

4 . SONUÇLARIN İRDELENMESİ VE ÖNERİLER

tik akla gelen soru, tüm bu çalışmaların arazi şartlarında nasıl yapılabileceğidir. Normal bir kazıda gözle görülebilen bir tek bulgu (marin tabakasının yüzey" mostrası gibi) kazının yönlendirilmesi için yeterli olur. Söz konusu tünel için bu detaylı araştırmanın gereksinimleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- idare mühendislerinin yeterli deneyime sahip olmamaları,
- bu konudaki yayınların azlığı,

- kullanılan sismik aletlerin gelişme döneminde olmaları,
- idarenin tünel desteklemesine ayırdığı bütçenin azlığı,
- söz konusu barajın 12 km. membasında ikinci bir barajın yapılması planlandığı için yerel jeolojik ve yapım metodolojileri veri tabanları oluşturulması.

Bölüm 2.1 deki grafiklerden kolayca anlaşılabilceği gibi marin tabakası içerdiği tabii su miktarı azaldıkça (bu yeraltı su seviyesinin değişmesi ya da marin tabakasının hava ile temasa geçmesi ile olur) basınç ve kesme dayanımı zaman içinde azalmaktadır. Bu nedenle marin tabakası (dalımı hangi açıyla olursa olsun) hava ile temasa geçtikten sonra balkon gibi taşıyıcı olarak kullanılması halinde ani çökme ve göçmeler kaçınılmazdır. Bu nedenle aşağıdaki öneriler kazı pratiğinde göz önünde tutulmalıdır:

- şartlar ne olursa olsun, patlatmadan sonra pasa kaldırılır ve ayna önü açılır,
- açık işletmelerde yeraltı kazılarında olduğu gibi başüstü emniyete alınmadan ayakaltı kazısı yapılmaz,
- 50°C üstü eğimli şev kazılarında kazıya şev üstünden girilir,
- taş ocağında kesme konilerinin varlığına çok dikkat edilmelidir,
- ocak aynasında aynanın nasıl işletilmesi gerektiği hakkında tabii göstergeler her zaman mevcuttur,
- ayna topuğu delip patlatılmadan aynada ikinci bir atış kesinlikle yapılmamalıdır,
- yönettiği işi iyi bilmeyen yönetici en büyük potansiyel tehlikedir.

Tünel ve açık kazı hafriyatında yukarıda sıralanan önerilerin göz önünde tutulması halinde başarı oranı daha da yükselecektir. Unutulmamalıdır ki, verilen formülasyon, grafikler ve ölçümler yerel sınır şartlarının göstergesidir; genelleştirilemez ve her durum için ayrı ayrı irdelenmelidir.

KAYMAKLAR

ERDEMGİL, M., ORDEMİR, I., 1986; "Ayaş Tünelinde Zayıf Zeminlerin Jeoteknik özellikleri ve tünel açmada önerilen yöntem", Tünellerin projelendirilmesi ve İnşaat semineri, Adana.

GÜRPINAR, M., 1984; "Sondajcılıkta Uygulanan Başlıca Deneyler", Crallius Sondaj Ekipmanları Teknik Yayın No: 38,.Istanbul.

ROBERT, R.S., Platt, J. P., 1984; "Vertical Seismic Profilling Technique Emerges as a Valuable Drilling Tool", O.G.J. Report, USA.

SÜMER, T., 1988; "Barajlarda Delgi ve Enjeksiyon Pratiğinin Zemin Şartlarına göre. Uyarlanması", ENKA Bekhme Uygulama Teknik Raporu No: 12, Irak.

SÜMER, T., 1993; "Tünel patlamalarında ön kesme tekniğinin uygulanması", Madencilik Bülteni, Ağustos sayısı.