

aslantaş barajının mühendislik jeolojisi ve alüvyonda bulamaç hendeği (slurry-trench) yöntemi ile sızdırmazlık perdesi yapımı

ERMAN AŞÇIOĞLU *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara*

TALİP KARAOĞULLARINDAN *Devlet Su İşleri Aslantaş Barajı İnşaat Amirliği, Adana*

GİRİŞ

Aslantaş barajı, Adana'nın 80 km KD'sunda Ceyhan nehri üzerinde enerji üretimi, sulama ve taşkından koruma amaçlı kilit bir barajdır. Yapımına 1974 yılında başlanmış ve 1979 yılında tamamlanması plânlanmıştır.

Barajla ilgili mühendislik jeolojisi ve jeoteknik çalışmalara 1955 yılında başlanmıştır. Plânlama aşamasında Özgül (1966) çevre jeolojisini incelemiş ve bu günkü baraj yerini en uygun eksen olarak önermiştir. Ayrıca baraj yerinin mühendislik jeolojisini temel sondalama kuyuları, araştırma galerileri ve deneme enjeksiyonları ile araştırmış ve değerlendir-

dirmesini yapmıştır. Kesin proje aşamasında bu çalışmaları DSİ adına Acres-Syndibel-Su Yapı (1970) mühendislik firması yapmış ve baraj yerinin yüzey ve yeraltı jeolojisini açıklamıştır. Ayarhoğlu ve Atakan (1974) bent yeri ve diğer yapıların mühendislik jeolojisini incelemiş, araştırma galerisi açınımlarını ve yapı gereci araştırmalarını yapmışlardır.

Bu yazıda sınırlı olarak çevre ve baraj yeri jeolojisi ve ülkemizde ilk olarak uygulanan alüvyonda bulamaç hendeği yöntemi ile sızdırmazlık perdesinin yapımı incelenmiştir.

Aslantaş barajı ve hidroelektrik santralının mühendislik verileri:

Barajın tipi	: Zonlu toprak dolgu
Temelden yüksekliği	: 98 m.
Irmak yatağından yüksekliği	: 78 m.
Gövde dolgusu hacmi	: $8,3 \times 10^6 \text{ m}^3$
Toplam göl hacmi	: $1600 \times 10^6 \text{ m}^3$
Çevirme Tüneli	
Tipi	: 2 adet atnalı
Çapı	: 8,5 m.
Uzunluğu	
1 nolu	: 844,51
2 nolu	: 895,66
Dolusavak tipi	: Radyal kapaklı
Kapasitesi	: 12.000 m^3
Santral kapasitesi	: $3 \times 46 = 138 \text{ MW}$
Yıllık elk. enerjisi üretimi	: $600 \times 10^6 \text{ Kwh.}$
Sulama alanı	: 97.000 ha.
İhale bedeli	: $1.500 \times 10^6 \text{ TL}$

PROJE ALANI JEOLJİSİ

Proje alanı Akdenizin D'sunda, kıvrımlı Toros Kuşağı ile Antitoros Kuşağı arasında yer almaktadır (şekil 1). Proje alanı dışında eski temeli Paleozoyik yaşlı kloritli, serisitli gıstler oluşturmaktadır. İlgili alan da ise en yaşlı birim olarak Karatepe kireçtaşı bulunmaktadır.

Karatepe Kireçtaşı: Baraj yerinin 3 km. B' sında Karatepe ve göl alanı sonunda vardır. Boz, kahve, kara, sert, sağlam, sık eklemlili ve çatlaklıdır. Çatlaklar düzensiz ve kalsit dolguludur. Katmanlar belirgin değildir. Kireçtaşı erimelidir ve 2-3 cm, seyrek 10 cm. boyutunda erime boşlukları içerir. İlk araştırmalarda baraj yeri bu formasyonda tasarlanmış, ancak basınçlı su denemelerinde çok su kaybı olmuş ve enjeksiyon denemesiyle de kaçaklar önlenmediği için bu seçenek terk edilmiştir. Karatepe Kireçtaşının yaşı Özgül'e (1966) göre Jura-Kretase'dir.

Ofiyolit Karmaşığı: Baraj yerinin 5 km B' sı ile - göl alanında Say deresi ile Ceyhan nehrinin birleştiği kesimde yüzlektedir. Genellikle kloritleşme ve serpantinleşmenin egemen olduğu kayalardan, diyorit, gabro, bazalt denizaltı lavlarından oluşmuştur. Serpantin çakıltısı ve breşide olagandır. Su sızdırmazlığı yönünden pratik olarak geçirimsizdir. Yerleşme

yaşı büyük bir olasılıkla Üst Jura'dır.

Filiş: Baraj yeri ve çevresinde bulunur. Çoğu kez çamurtaşı (kiltası + miltası) ve kumtaşı nöbetleşmesinden oluşur; seyrek daha sert kumlu kireçtaşı ara katmanlıdır. Gri-Boz, kolay ayrışır, Laminadan ince-orta kalınlığa kadar katmanlı sık bükümcüklü ve faylıdır. Katman aralarında özellikle çamurtaşından ayrışma vardır. Aslantaş baraj yerinde temel kaya bu fiştir. Eosen -Miyosen yaştaadır.

Molas: Göl alanında yaygın olarak vardır. Çok killi ve siltli çakıltısı ve kumtaşından oluşmuştur. Çakıllar genellikle kireçtaşıdır ve orta sıklıkta çimentolanmıştır. Yüzeyinde çoğu kez kaliçi oluşmuştur. Bölgede yapılan petrol delgilerine göre 3000 m. den kalındır. Miyosen - pliyosen yaştaadır.

Kumtaşı, çakıltısı: Baraj yerinin 2-4 km D'sunda yüzlektedir. Çok gevşekten çok sıkıya kadar değişik sıklıkta çimentolanmıştır. Pliyosen-Kuvaterner yaştaadır.

Bazalt lāv akıntısı: Baraj yerinde ve 2 km dolayında vardır. Boz, kara ve somdan gözenekliye kadar değişen dokudadır. Sondalama kuyularına göre yer yer çok geçirimlidir. Kuvaterner yaştaadır.

Alüvyon: Ceyhan nehri ve yan kollarının taşıdığı mil, kum ve çakıl gereçten oluşmuştur. Taşkın yatağında 1-3 kalın milli, ince kum vardır. Bunun altında baraj yerinde en çok 23 m. kalınlığa erişen çok geçirimli ($K = 2 \cdot 10^{-1}$ cm/sn) kum, çakıl gereç yer alır.

Proje alanı bölgesel olarak K-KD doğrultulu horst ve grabenlerden oluşmaktadır. İskenderun körfezi, Antakya grabeni ve Amanos, Karatepe horstu vb. (Şekil - 1). Baraj yerindeki filiş içerisinde de bu genel gidislere uygun faylanma gelişmiştir. Bölgenin tektonik yapısına bağlı olarak İskenderun körfezi ve Antakya yakınında magnitudü 7 olan depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerin baraj eksenine uzaklığı yaklaşık 75 km dir. Projede deprem ivmesi 0,15 g (yatay) alınmıştır.

BARAJ YERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

Baraj yerinin temel kayası Eosen-Miyosen yaştaki filiş istifidir. (Şekil 2). Bu formasyon baraj yerinde çamurtaşı (kıltaşı + mltaşı) ve kumtaşı nöbetleşmesinden oluşmuştur. Genellikle yumuşak, ince katmanlıdır. Ancak en çok 10 m kalınlığa erişen sert, sağlam kumlu kireçtaşları da vardır. Filiş istifi üzerinde en çok 8 m kalınlığa erişen yamaç molozu gelişmiştir. Filisteki ayrışmanın kalınlığı ise yamaçlarda 5-6 m, alüvyon altında ise 1-4 m arasındadır.

Ufarak kıvrım, sürtime kıvrım ve bükümcü olağandır. Faylar genellikle KB' yönünde gelişmiştir. Fay zonları ezilmiş, milonitleşmiş ve kayma izlidir. Yumuşak çamurtaşı ile daha sert kumtaşları arasında 0,1-2,0 cm kalınlıkta sık katmanlanma fayları vardır ve duraylılık yönünden önem taşırlar Araştırma galerilerinde katmanlanmayı verev olarak kesen 2 veya daha çok eklem takımları gelişmiştir. Faylar ve eklem takımları özellikle çevirme tüneli ile yamaç kazılarında önemli güçlükler doğurmaktadırlar.

Baraj yerinin sağ yakasında 200 m yükseltisi üzerinde bazalt lâv akıntısı vardır. Somdan gözenekliye kadar değişik dokudaki bu bazalt dolusavak kanalı için kazılacak ve sağlamlığına göre ayrılarak baraj gövdesinde kaya dolgu gereci olarak kullanılacaktır.

Baraj yerinin her iki yakasında, ırmak yatağından 20-80 m yükseğe kadar kumlu çakıldan oluşan taraça gereci gelişmiştir.

ırmak yatağında ortalama 200 m geniş ve en çok SKD-3 nolu sondalama kuyusunda 22,90 m. kalın alüvyon vardır. Alüvyon yüzeyde ortalama 4 m kalın mil-ince kum düzeyi içerir. Daha derinde ise küt kocataşlı (Max boyut 45 cm), siltli, kum-çakıl vardır. Pompa deneyi sonucuna göre bu bölüm çok geçirimli ($K = 2.10^{-1}$ cm/sn) dir ve sıklığı penetrasyon deneylerine göre yoğun ve çok sıkıdır.

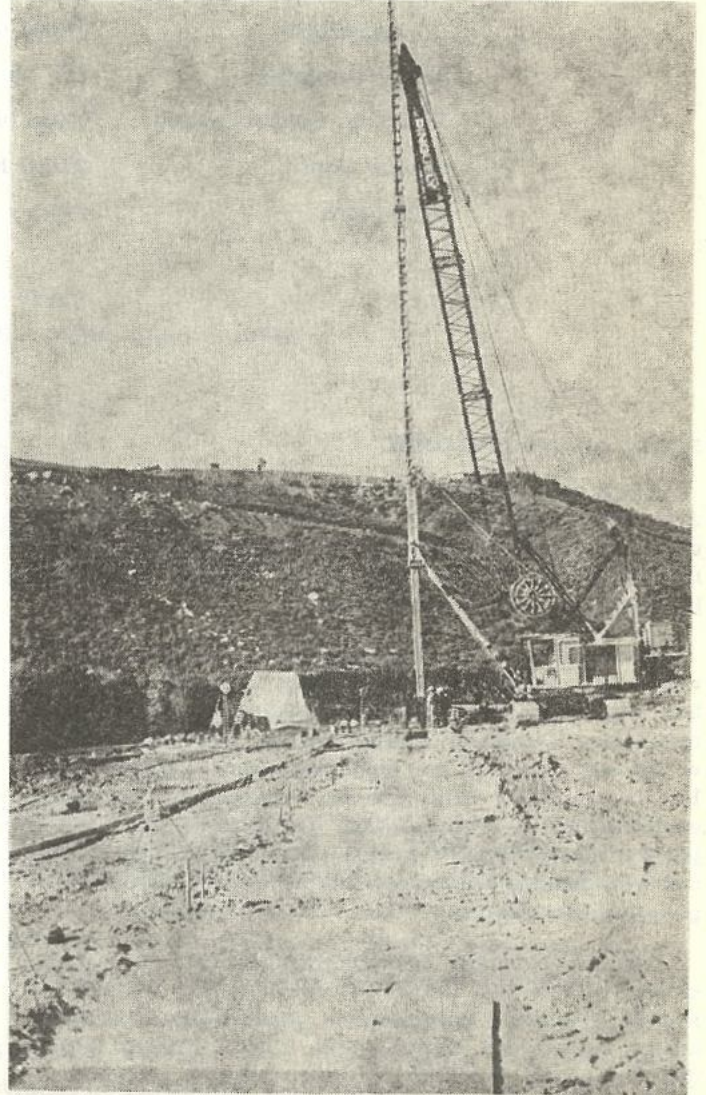
ALÜVYONDA BULAMAÇ HENDEĞİ YÖNTEMİ İLE SIZDIRMAZLIK PERDESİ YAPIMI

Baraj ve barajla ilgili yapıların temel kazılarının kuruda veya pek az yeraltısuyu pompalanarak yapılabilmesi yapımın en güç yönlerinden birisidir. Özellikle çok geçirimli alüvyonlarda batardo altında sızdırmazlığın sağlanması, dolgu barajlarda kil çekirdeğin geçirimsiz bir temele bağlanması, santral binası, çevirme tüneli ağızları, dolusavak düşü yatağı vb yapıların alüvyon kazıları ve temel in kuruda yapımını sağlama için genellikle alüvyonda bir sızdırmazlık perdesi ya-

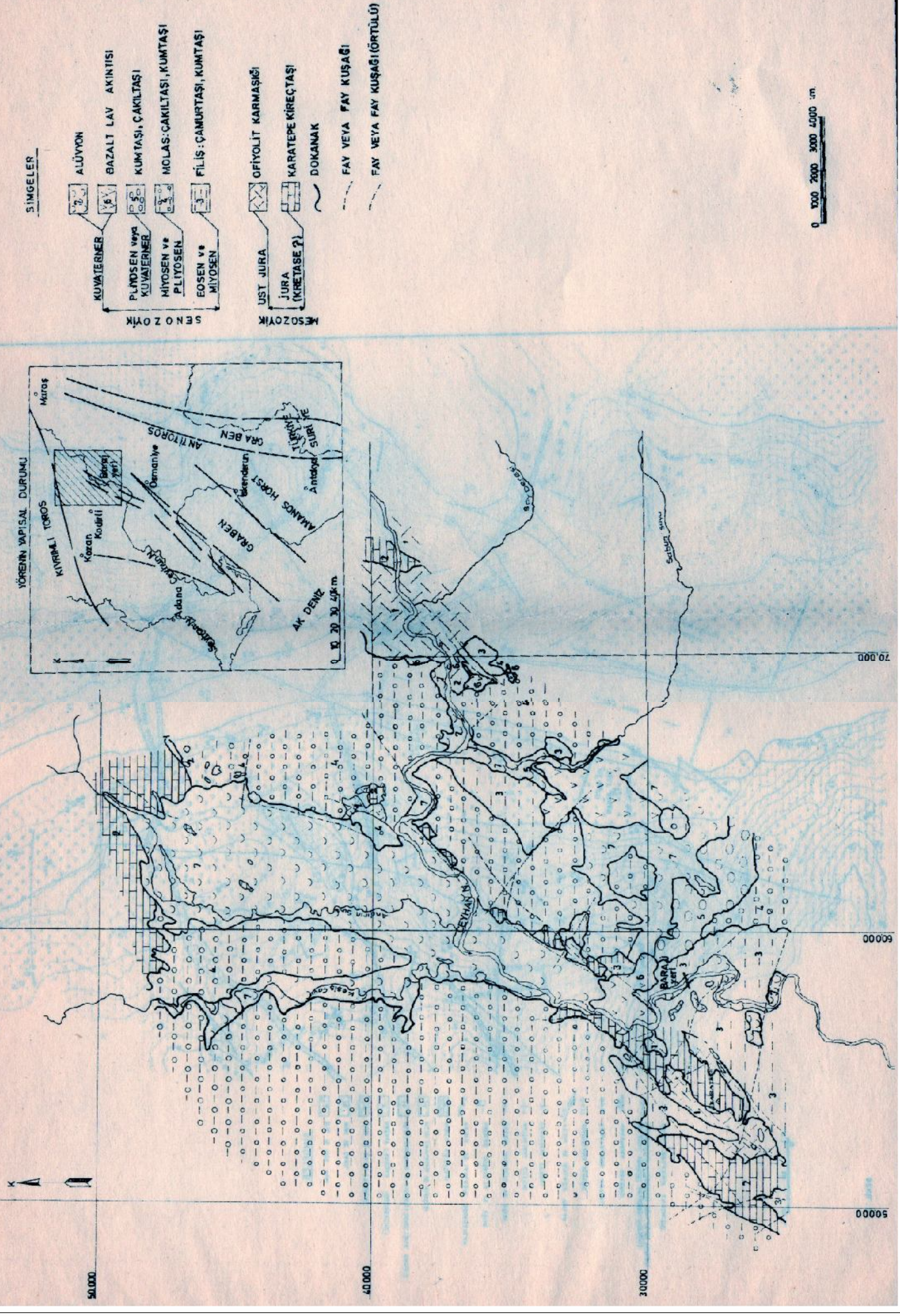
pımı gerekmektedir. Düşey ve kesigen kazıklar, alüvyon enjeksiyonu, suyun pompalanması vb bu amaç için uygulanan yöntemlerdir. Son 10-15 yıl içerisinde bulamaç hendeği yöntemi ile sızdırmazlık perdesi yapımı pek çok ülkede başarıyla ve genellikle 35 m derinliğe kadar olan alüvyonlarda uygulanmıştır. Kimi barajlarda bu derinliğin 125 m ye ulaştığı haber verilmektedir (Bolat, 1974). Yöntemin esası alüvyonda, bentonit + çimento + su bulamaçı içerisinde, alüvyonun düşey kazısını sağlamak ve bu bulamacın kazıdan sonra donarak geçirimsiz ve 3-4 kg/cm² basınca dayanımlı bir perde oluşturmaktır. Basınç dayanımı bazı koşullarda 30 kg/cm² ye kadar artırılabilir.

Aslantaş barajında bulamaç hendeği sızdırmazlık perdesinin uygulandığı alanlar:

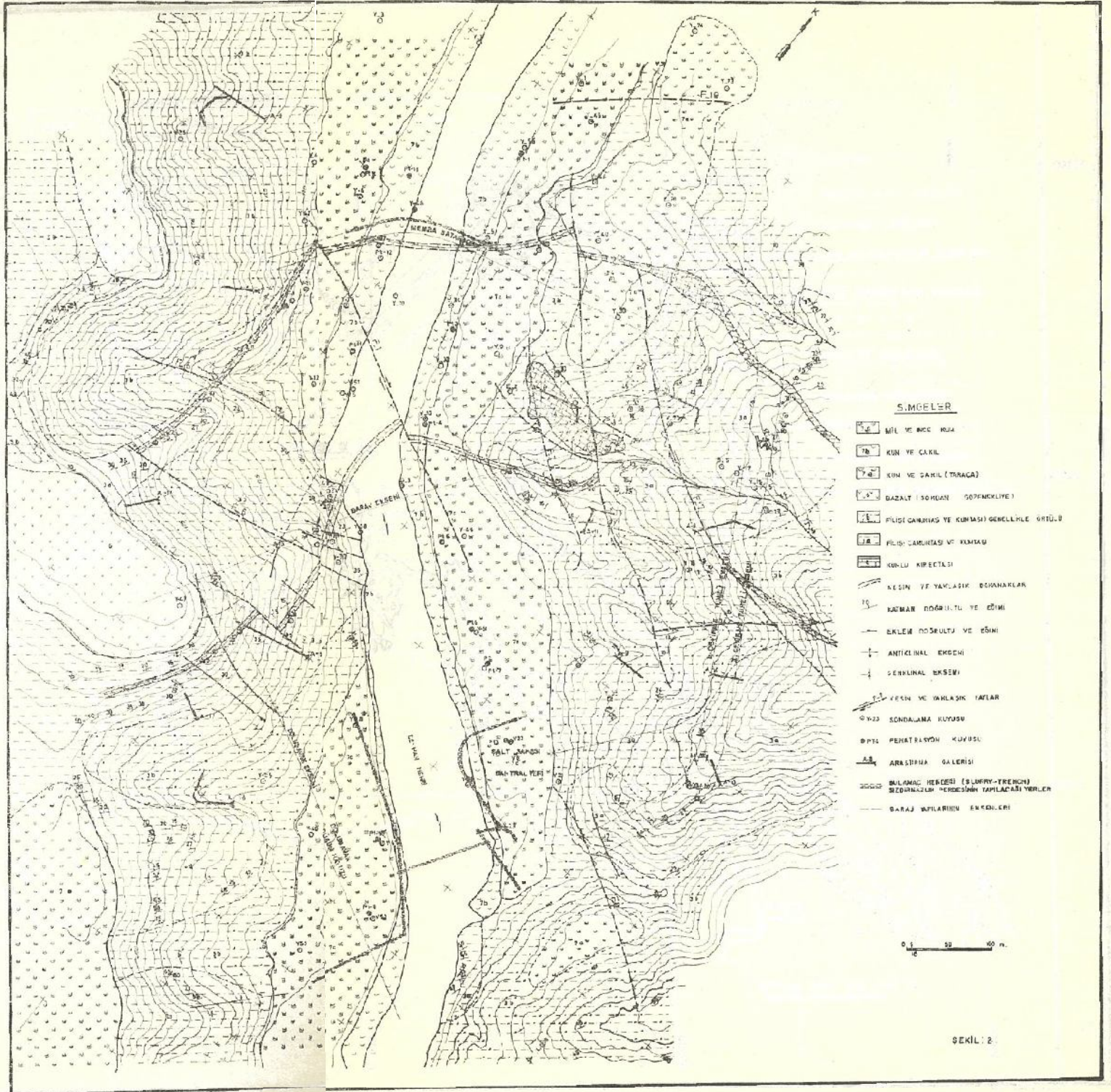
Memba batardosu eksen	: 4500 m ²
Mansap batardosu eksen	: 2750 m ²
Çevirme tünelleri çıkış yapısı önü	: 2050 m ²
Santral binası çevresinde	: 2275 m ²
Dolusavak düşüm havuzunda	: 900 m ²
Toplam alanı	: 12.475 m ²



Şekil 3: Kazıcı makina (Pinguely) ve bulamaç hendeğinin yapılışı



Şekil 1: Aclantis barajı ve çevresi jeolojisi haritası (Aclantis-Syndel - Su yarı, 1970'den değiştirilerek alınmıştır).



SİMGELER

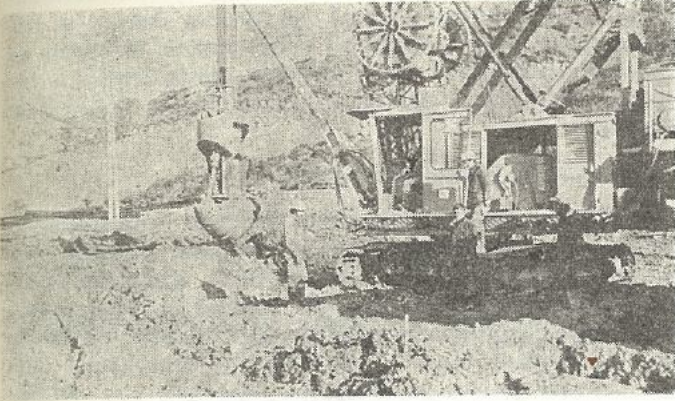
- 7.1 MİL VE BİÇİ KİSA
- 7.2 KUN VE ÇAKIL
- 7.3 KUN VE ÇAKIL (TARACA)
- 7.4 BAZALT (SORDAN GÖPMEKİME)
- 7.5 FLUİD ÇAMIRIĞI VE KUMIŞI GEREKLEME ÖRTÜLÜ
- 7.6 FLUİD ÇAMIRIĞI VE KUMIŞI
- 7.7 KUNLU KİPÇEĞİ
- 7.8 NESEN VE YAKLAŞIK DOKUNAKLAR
- 7.9 KEMER DÖRÜLTÜ VE EĞİSİ
- 7.10 EKLEM DÖRÜLTÜ VE EĞİSİ
- 7.11 ANTİKLİNAL EĞİSİ
- 7.12 SİDİKLİNAL EĞİSİ
- 7.13 KESEN VE YAKLAŞIK YATLAR
- 7.14 SONDALAMA KUYUSU
- 7.15 PENETRASYON KUYUSU
- 7.16 ARKİTEKTA GALERİSİ
- 7.17 BULAMACI HERDESİ (SİMPRY-FRENCH) SİZDİKLİNAL HERDESİNİN YAPILACAKI YERLERİ
- 7.18 BARAJ YAPILARININ EĞİSİ

0 50 100 m.

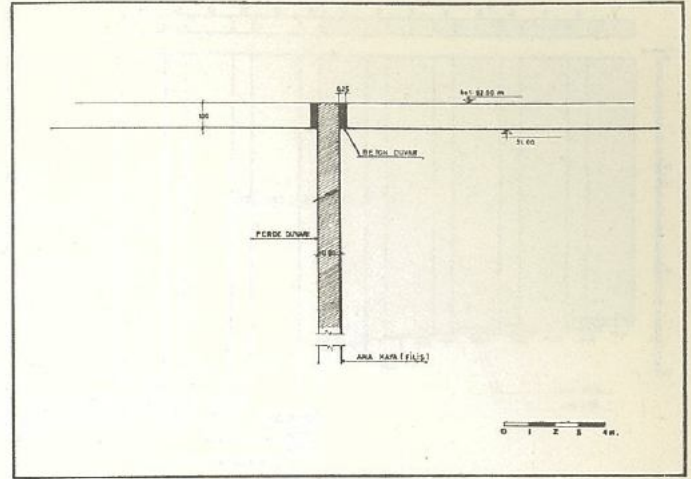
SEKİL: 2

Şekil 2: Aslantaş baraj yeri jeolojî haritası.
(Aores - Syndibel - Su yapı, 1970'den değiştirilmiştir.)

Aslantaş barajında bulamaç hendeği yapımı için kullanılan araç ve gereçler: (Şekil 3, 4)



Şekil 4: Kazıcı ucun yakından görünüşü



Şekil 5: Bulamaç hendeği sızdırmazlık perdesinin enine kesiti

Çimento silosu	:	125 ton kapasiteli
Karıştırıcı kazan (mixer)	:	15-18 m ² /saat
Dinlendirme havuzu	:	100 ton
Basınç pompası	:	
Kazıcı makina ve başlığı (Pinguelly ve Kelly)	:	35 m derine kazı yapabilir.
Kazıcı uç	:	0.90 x 2,20 m boyutunda

Bulamacın özelliği

Karışım oranları: (ağırlık esasına göre)

Bentonit Çamuru	:	% 95 su % 5 bentonit
Bulamaç	:	% 64 bentonit çamuru % 20 çimento % 16 su 1 kg toz şeker

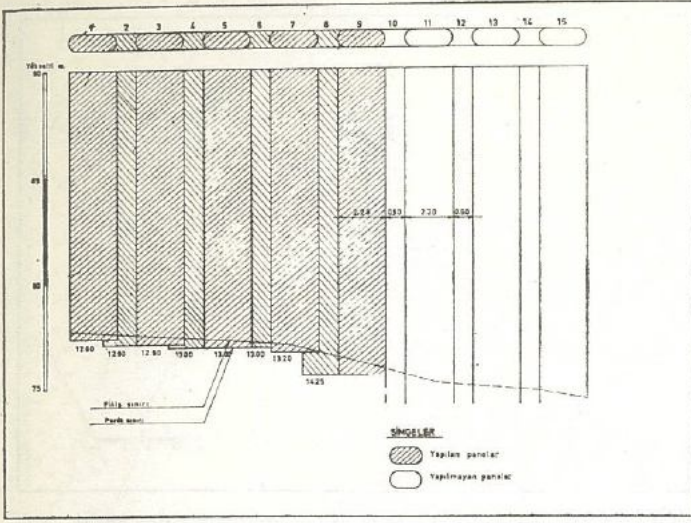
Viskozite: Dinlendirme havuzunda bentonit çamurunun viskozitesi 32" - 36", perde duvarındaki bulamacın viskozitesi: 50" - 55" çökme süresi: 7 saat sonunda %2 Basınç dayanımı: 28 gün sonunda 3,4 -4 kg/cm²

Bulamaç hendeği sızdırmazlık perdesinin yapımı:

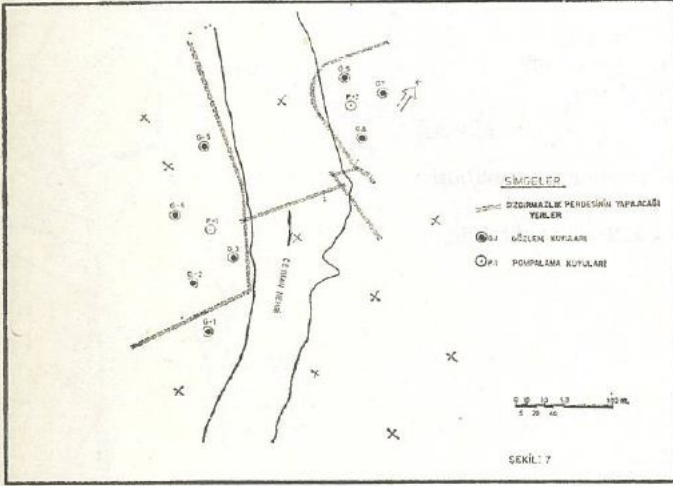
Sızdırmazlık perdesinin yapılacağı bölümde kolay çalışmayı sağlamak için 1 m yükseğe kadar geliş güzel dolgu (random fill) ile makinanın üzerinde gidebileceği bir platform yapılır. Ayrıca kazıcı makinanın güzergah üzerinden kaymaması ve kulesinin düşey durması için yönlendirici beton duvarlar inşa edilir (Şekil 5). Makinanın kazıcı ucu (90x220

cm) güzergah boyunca ilk panoyu yukardan aşağı doğru kazar. Kazı işlemi sırasında devamlı olarak bulamaç, kazılan çukurluğa pompalanır ve kazı bulamaç içerisinde yapılır. Alüvyondaki kazının derinliği, ana kayaya 2 m girinceye kadar devam eder. 1. pano kazıldıktan sonra arada 90 cm bırakılarak 3. panonun kazılmasına geçilir. (Şekil 6) 3. pano kazıldıktan sonra 2. panonun kazılmasına geçilir ve işlem bu sırayla tamamlanır.

İşlemdaki incelik kazının bulamaç içerisinde yapılması ve dolayısıyla sızdırmazlık perdesinin yapımının birlikte yürütülmesidir. Kazıcı makina alüvyon kazısını yaparken bulamaç



Şekil 6: Bulamaç hendeği sızdırmazlık perdesinin boyuna kesiti



Şekil 7: Bulamaç hendeği sızdırmazlık perdesinin denetimi.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Acres - Syndibel - Su yapı, 1970, Aslantaş barajı ve hidroelektrik santrali kâti projesi ve jeoteknik raporu: DSI, Ankara
- Atakan, N. ve Ayaşlıoğlu, Y., 1974, Aşağı Ceyhan Projesi, Aslantaş baraj ve hidroelektrik santral yeri Jeoteknik raporu: DSI Ankara (yayımlanmamış).

da kazı yapılan yere pompalanmaktadır. Bulamacın yoğunluğu ve viskozitesi kazı sırasında perde duvarından olabilecek yıkıntıyı ve yeraltı suyundan doğan basıncı önleyecek şekildedir. Ana kayaya 2 m kadar girilmesi, alüvyondan sızacak suyun ana kayaya (filise) etkisini önleyecektir. Bulamacın katılma (piriz yapma) süresi toz şeker konarak artırılmış ve 1 haftaya çıkartılmıştır. İşlem sırasında çeşitli nedenlerle bir geçikme olduğunda bu şekilde bulamacın hemen katılması önlenmiştir.

Sızdırmazlık perdesinin denetimi:

Bulamaç hendeği ile oluşturulan perdenin sızdırmazlığını öğrenmek için şu yöntem uygulanır. Perdenin arkasına gözlem ve pompalama kuyuları açılır (Şekil 7). Kuyuların derinlikleri alüvyonun sonuna kadardır. Pompalama kuyusundan yeraltı suyu pompalanır ve gözlem kuyularından yeraltı su düzeyinin düşümü belirli aralarla ölçülür; Pompalama durduğu zamanki yeraltı su düzeyinin yükselişide aynı şekilde kayıt edilir. Bu değerlerden perdeden sızan suyun debisini hesaplamak olanaklıdır ve bu şekilde perdenin başarısı denetlenmiş olur. Aslantaş barajında bu yöntemi uygulayan Sol-Expert (Fransız) firması yöntemin %100 kesinlikte olduğunu söylemektedir. Ancak bu durum alüvyon kazısına başlandığında kesin olarak saptanabilecektir.

Süre ve parasal yön:

Bulamaç hendeği ile sızdırmazlık perdesi yapımında normal ilerleme hızı 5 m²/saat'tir. 1 m² alan için 1.8 - 2.0 m³ bulamaç kullanılmaktadır. Bunun parasal olarak değeri, gereç ve işlemin yapılması dahil 3.000 TL/m² dir.

SONUÇ:

Aslantaş barajı yapımında alüvyonun sızdırmazlığını sağlamak için Bulamaç hendeği (slurry-trench) yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntem son 10 yılda 15 kadar projede başarı ile uygulanmıştır. Ülkemizde ise ilktir ve sonuçları temel kazısına geçtikten sonra denetlenebilecektir. Süre ve parasal yönden diğer yöntemlere (düşey kazıklar, kesişen kazıklar, alüvyon enjeksiyonu vb) göre çok daha kısa sürede yapılabilmekte, daha ucuza malolmakta ve daha emniyetli görünmektedir.

- Bolat, H., 1974, Barajlarda slurry-trench metoduyla cut-off inşaatı: DSI, Ankara.
- Özgül, N., 1966, Aşağı Ceyhan Havzası Aslantaş baraj yeri Mühendislik Jeolojisi planlama raporu: DSI, Ankara (yayımlanmamış).
- Sol-Expert International, 1976, Aslantaş dam cut-off for upstream and Downstream cofferdams: Doğu İnşaat ve Ticaret Ltd. Şirketi, Aslantaş, Adana, (yayımlanmamış)