

ALÜVYONDAKİ SIZDDECMAZLIK ÇALIŞMALARININ CATALAN BARAJINDAKİ UYGULAMASI

Nuri ÜZGÜZEL : DSİ Catalan. Barajı ve HES Proje Müdürlüğü - ADANA
Cuma KORKMAZ : DSİ Catalan Barajı ve HES Proje Müdürlüğü - ADANA
İhsan TAŞKIN : DSİ Catalan Barajı ve HES Proje Müdürlüğü - ADANA
Şevki KESER : DSt Catalan Barajı ve HES Proje Müdürlüğü - ADANA

GİRİŞ

Türkiye'nin, büyük barajları arasında yer alan Catalan Barajı ve HES; Adana, İlinin 30' km, kuzeyinde ve Seyhan nehri üzerinde, inşaatına 1982 yılında başlanmıştır. Taşkın, koruma» enerji ve sulama amaçlı zonlu toprak dolgu barajdır., Yapımı sürdürülen baraj,, tamamlandığında 3 x 56, 3 = 168, 9 M W gücündeki santral ile yılda ortalama 550 x 10⁶ Kwh elektrik enerjisi üretecektir. Adana ili ve Yüreğir Ovasını taşkından koruyacak ve İmarnoğlu tüneli ile 65.000 ha araziye sulayacaktır.

Catalan Barajı ve HES İnşaatında baraj gövdesinin ve diğer büyük yapıların (Doluşavak teskin havuzu, Santral binası, Tünel girişi yapılan, v.s.) inşaat edilecekleri yerlerde kalınlığı 20 m'ye varan, alüvyon bulunmaktadır. Yapıların özelliklerine göre; alüvyonun kısmen veya tamamen kaldırılması gerekmektedir.. Bu nedenle alüvyonda "Geçirimsiz Elastik İnce Perde Duvarı" inşaatı yapılmış, bu perdenin ana kayaya kadar inemediği yerlerde alüvyon enjeksiyonu, ile takviyesi yapılmıştır., Bu yazımızda pratikteki arazi, çalışmaları ile yerinde gözlenen sonuçları, makina ekipmanı ile birlikte anlatılmaktadır.. Geçirimsiz Elastik İnce Perde Duvarı "Perde Duvar" olarak anılacaktır.

Catalan Barajı ve HES Tesisleri Mühendislik Verileri;

Baraj tipi.....: Zonlu Toprak Dolgu
Temelden Yüksekliği.....: 82.00 m
Talvegden Yüksekliği.....: 70.00 m
Gövde Dolgu Hacmi.....: 17x10⁶m³
Toplam. Göl Hacmi.....: 2200 x 10⁶ m³

Derivasyon Tüneli

Yeri.....: Sol Sahil
Tipi.....: Dairesel Kesit
Uzunlukları.....: T-1: 710 m (Net çapı: 8,50 m)
T-2: 783 m (Net çapı: 8,50 m).

Maksimum Deşarj

Kapasitesi.....: 1675 m³.

Doluşavak

Yeri.....: Sağ Sahil
Tipi.....: Karşından alışıla çift kapaklı
(Radyal + Giyotin)
Radyal Kapak.....: 6 adet 15.60 x 11.00 m
Çelik Batardo Kapağı.....: 6 adet 16.60 x 11.00 m

Enerji Giriş- Yapısı ve Cebri Borular

Yeri.....: Sağ Sahil
Eşik, Kotu.....: 105.00 m
Kapasitesi.....: 3 x 120 = 360 m³/sn
Cebri, Boru, Çapı.....: 5.50 m.
Ortalama Su Seviyesi.....: 118,60 m

HES

Yeri.....: Sağ Sahil
Brüt Düşü.....: 61.00 m
Türbün Adedi.....: 3
Türbin Tipi.....: Düşey Eksenli Francis
Santral Kumlu Gücü.....: 3 x 56,3 = 168,9 MW
Yıllık Ort. Üretilen Enerji.....: 550 x 10⁶ kwh

2-BARAJ YERİ JEOLJİSİ

Baraj alanını çökel kayalar kapsamaktadır. Çökel kayalar Miyosen, yaşlı Kilitaşı-Kumtaşı ardalarına sı; Pleystosen yaşlı teras konglomerası ile Holosen yaşlı, alüvyondan, oluşmaktadır. Çalışma alanında en fazla yaygın olan biim Kilitaşı-Kumtaşıdır,

Kilitaşı: Gri ve kahverengli olup,, siltli,, yumuşak,, yer yer silttaşı arabantlıdır. Katmanları belirsizdir. Duraylılığı zayıftır., 8-10 m kalınlık göstermektedir., Geçirimsiz özelliktedir.,

Kumtaşı: Kuşuni,, kirli sarı renklerde» kuvars ve kireçtaşı dandı yer yer çakıltı ara yüzeylidir. Yamaçlarda, gevşek çimentolu, iç kısımlarda iyi, çimentolu özellikler göstermektedir. Silttaşı ile birlikte 15 m kalınlık gösterebilmektedir., Tabakalar N 70-80 E doğrultu, 10-15 SE eğimlidir. Kilitaşı-Kumtaşı Orta Miyosen yaşlıdır.

Teras Konglomerası: Baraj yerinde Seyhan Nehri'nin sol ve sağ yamaçlarında, tepelerde görülmektedir. Kalınlığının fazla olduğu yerlerde gevşek çimentolu,, kalınlığının fazla olduğu yerlerde karbonat çimentolu olduğu görülmektedir., Kilitaşı-Kumtaşı üzerine diskordans olarak yer almaktadır." Pleystosen yaşlıdır. (Yördem ve Oğuzberk 1981),.

Alüvyon: Seyhan. Nehri ve Eğlence Deresi boyunca görülmektedir., Baraj yerinde- 20 m kalınlık vermektedir, Siltli-kumlu-çakıllıdır., Tabanda 3.5-4 m. kalınlıkta CaCO₃ çimentolu yaygın, konglomera tabakası bulunmaktadır. (Cut-off kazısı sırasında bu konglomera tabakası dinamitle patlatılarak alınmıştır.) Üste 8 m kadar sili; siltin altındaki kum-çakıl seviyesi iri bloklu, ve heterojen

yapıda olduğu görülmüştür. Kum-çakıl seviyesi G-P sınıfında (kötü derecelenmiş) olup, maksimum danc çapı 76,2 mm» 200 nolu elekten ise % 1,6'sı geçmektedir. (Özgüzel ve Korkmaz 1988)

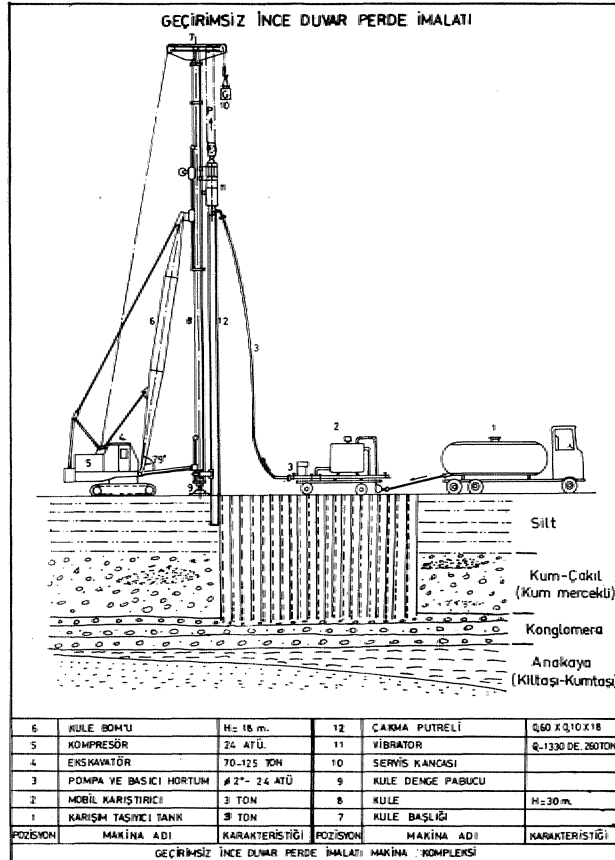
3-GEÇİRİMSİZ ELASTİK İNCE PERDE DUVARI

3.1-Makina Ekipmanı (Şekil 1)

Ekskavatör.....: 125 ton
 Kule.....: 30 m
 Vibrator.....: 0-1330 devir/dak. 260 ton.
 Çakma. Putreli.....: (0,60 m. ve 0,70 m) x 0.10 x 0.18 m
 Güç kaynağı.....: 560 HP
 Pompa ve basıcı hortum : 0 2, "" - 24 kg/cm²
 Mobil karıştırıcı.....*: 3 ton
 Karışım taşıyıcı tank.....: 2 x 3 ton.

3.2- Karışım Merkezi ve Yardımcı Ekipman (Şekil 2)

Çimento siloları.....: 155000 kg.,
 Çimento bunkei.....: 400 kg.,
 Mineral fuller siloları.....: 90000 kg.
 Karışım buhkeri.....: 6000 kg.
 Su bunkerı.....: 1200 litre
 Su pompası.....: 2 adet



Şekil 1. Geçirimsiz ince duvar perde imalatı

Personel

Mühendis.....: 2 Adet
 Formen.....: 2 Adet
 Operatör.....: 2 Adet
 Düz İşçi.....: 8 Adet

3.3- Kullanılan Malzemeler

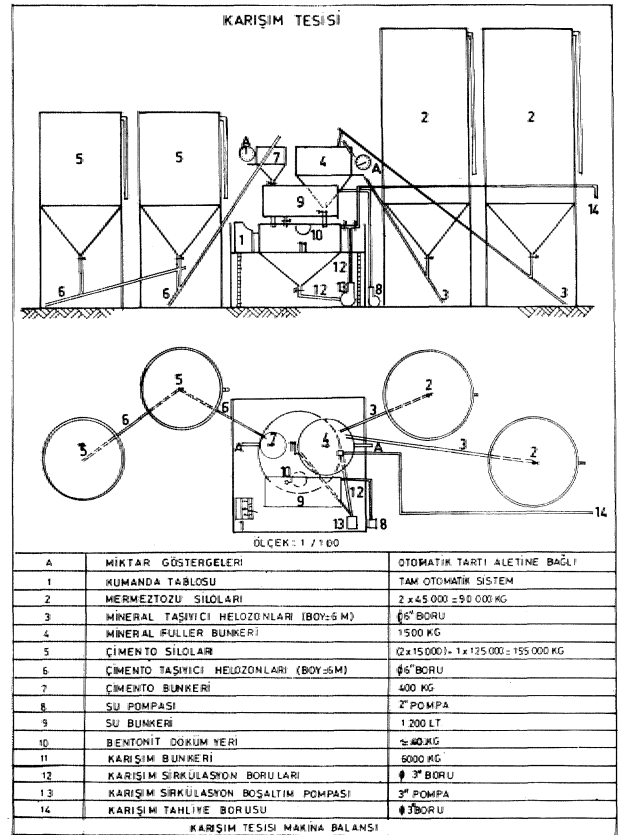
3.3.1- Mineral Fuller: Mermer veya dolomit tozu da denilmektedir. İyice öğütülmüş ve 200 nolu elekten geçirilmiştir. Niğde ve Eskişehir'den temin edilmiştir., Yoğunluğu d = 2.87 gr/cm³

3.3.2- Bentonit: Çankırı'dan, temin, edilmiştir. Laboratuvar analizlerine göre;

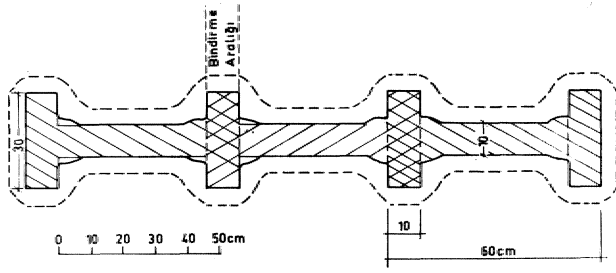
Likit Limit : 293
 Plastik Limit : 36
 Plastite endisi : 256
 Gevşek birim ağırlığı : 0,734 gr/cm³
 Sıkı birim ağırlığı : 0,80« gr/cm³
 200 Nolu elekten geçen : % 85

3.3.3- Çimento: Katkılı portland çimentosu - 325 kullanılmıştır.

Yoğunluğu : 3.02 gr/cm³
 200' Nolu elek. üzerinde kalan: % 0.3
 Piriz başlama süresi : 4.13 saat
 Piriz sona erme süresi : 5.28 saat



Şekil 2. Karışım tesisi



Şekil 3. Geçirimsiz elastik ince perde duvarı planı

3.J.4- Su: Seyhan Nehri, alüvyonunda açılan, kuyulardan temin edilmiştir. Renksiz» kokusuz, içilebilir niteliktedir. PH: 7,35 ve sertliği 18.0 F.S'ür.

3.4- Yöntemim Uygulanışı:

Perde duvarının yapılacağı güzergahla kolay çalışmayı sağlamak,, makinanın çalışma platformu üzerinde batmasını önlemek ve putrelim düşey durması amacıyla İö m genişliğinde düz ve sıkıştırılmış bir yüzey hazırlanmıştır., Ucu özel çelikle takviye edilmiş bir putrel, kuvvetli bir vibrasyonla. (260 kg/cm²) ana. kayaya 50 cm girecek şekilde çakılmaktadır. Putrel, çakılırken ve yukarıya doğru çekilirken oluşturduğu boşluğa» kenarındaki bora aracılığıyla ve basınçla (10-12 kg/cm²) özel olarak

hazırlanmış karışım pompalanmaktadır. Bu. işlem eksen boyunca yanyana ve birbirini kesecek şekilde devam, ederek devamlı bir geçirimsiz duvar oluşturmaktadır. (Şekil 3) (Eiibank Yayını-1985)

Bu sistemin uygulanmasında putrelin çakılması vibrasyonla yapıldığından, teşkil edilen perde duvarın çevresindeki alüvyon malzemeyi sıkıştırmakta ve daha stabil hale getirmektedir., Baraj yerinde, alüvyon tabanında bulunan, ve kalınlığı 3,5-4 m olan .konglomera tabakası nedeniyle,, perde duvarı ana kayaya kadar teşkil edilememiştir, (Şekil 1)

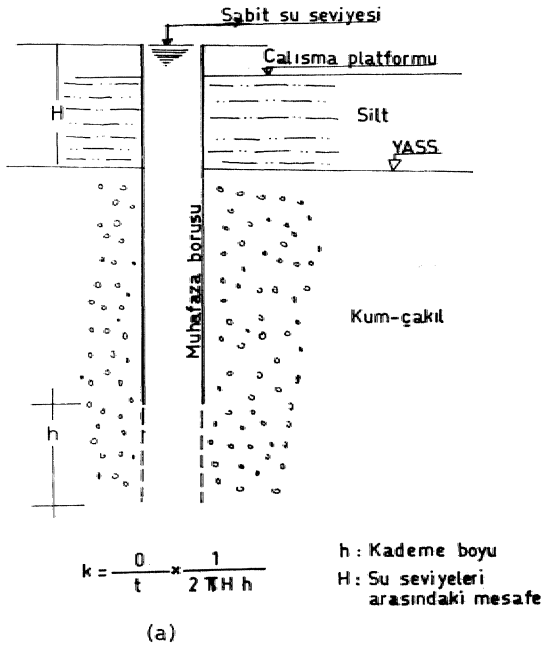
Perde Duvarı İnşaatında Kullanılan Karışım özellikleri:

Mineral Fuller	: 1.300 .kg
Karışım oranları:: Çimento	: 280 ^l kg
Benionit	: .50 kg
Su	: 1000 Litre
Karışımın Viskozitesi	: 61 sn
Karışımın Yoğunluğu	:: 1.657
Perméabilite	: 10 ⁻⁶ cm/sn

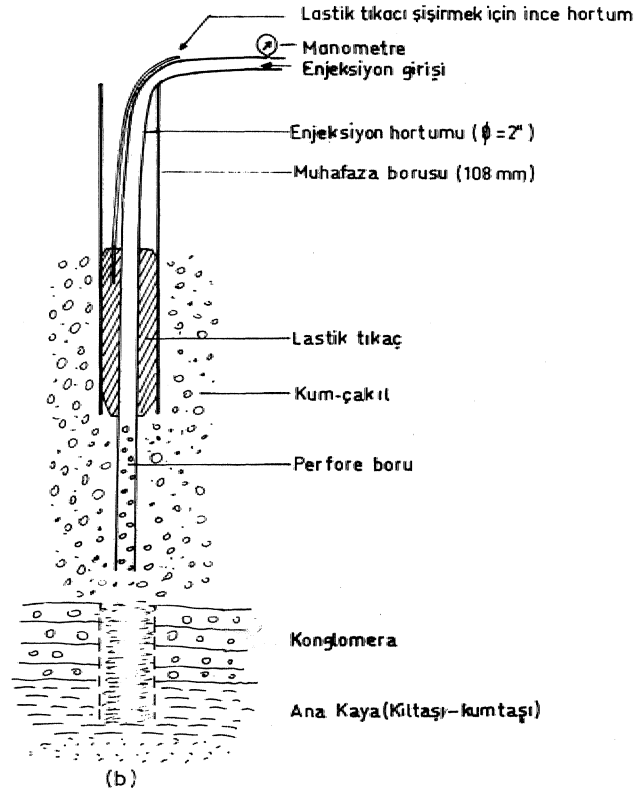
Türkiyede yeni uygulama alanı bulan, bu sistem ile 10 saatlik çalışma süresi içerisinde ortalama 300 m²'lik perde duvarı inşaatı, yapılabilmektedir.

Bu sistem sağlıklı olarak silt, kum,, çakıl ve bunların karışımı ile iri bloklu olmayan alüvyon zeminlerde diğer metotlara j:örc:

PERMABİLİTE DENEYİ



ALÜVİYON ENJEKSİYONU KUYU KESİTİ



Şekil 4/a- Permabilite deneyi

Şekil 4/b- Alüvyon enjeksiyonu kuyu kesidi.

- Teknik ve pozitif netice veren geliştirilmiş bir uygulamadır.

- Hızlı yapımı ve az malzeme kullanılması nedeniyle avantaj sağlamaktadır.

- Catalan Barajı ve HES İnşaatında alüvyonda bu yöntemle yapılan perde duvarı, konglomera tabakasına rastlanmayan kesimlerde ana kayaya girecek şekilde yapılmıştır.

- Toplam 80000 m² alan yapılmış olup 1 m²lik alan için 145-160 kg kuru malzeme kullanılmıştır.

Bu nedenle ana kaya ile perde duvarının teşkil edilebildiği noktalar arasında geçirimi i. pencereler kalmıştır. (Şekil 1)

Bu geçirimli pencereleri geçirimsiz hale getirmek amacıyla alüvyon enjeksiyonu yapılmıştır.

4- ALÜVYON ENJEKSİYONU

Perde duvarının alüvyonda oluşturduğu geçirimsiz diyaframı ana kayaya bağlamak ve sürekli (pozitif) bir geçirimsiz perde oluşturmak amacıyla alüvyon enjeksiyonu yapılmıştır.

4.1- Kullanılan Ekipman

Delgi Makinaları: Krupp Marka. DUR 80-61 Sondaj makinası (3 adet) •

Enjeksiyon. Merkezi: Mixer agitator pompa (3 adet)

Hidrolik muhafaza boru çektirmesi: 3 adet

Triplex su pompası: 3 adet.

10 ve 25 bar'lık manometre: Yeterli miktarda



Foto 1- Alüvyonda yapılan sondajdan görünüş

Muhafaza, borusu: 500 m

Lastik tıkaç, tij, matkap: Yeterli miktarda

4.2- Delgi: Alüvyon enjeksiyonu; bata.rdol.ax eksenleri boyunca» perde duvarı ortada, kalacak şekilde 3 m aralıklı, şaşırtmak 2 sıra halinde yapılmıştır. Kuyular Rotari - Dar beli sistemle muhafaza borulu, su devir daimli 100 mm. çapında ve ana kayaya 1 m girecek şekilde açılmıştır,

4.3- Enjeksiyonda Kullanılan Malzemeler ve özellikleri
Çimento: Adana Çimento fabrikasında imal edilen torbalı katkılı portland çimentosu kullanılmıştır,

Bentonit: Kurşunlu (Çankırı) kökenli bentonit kullanılmıştır.

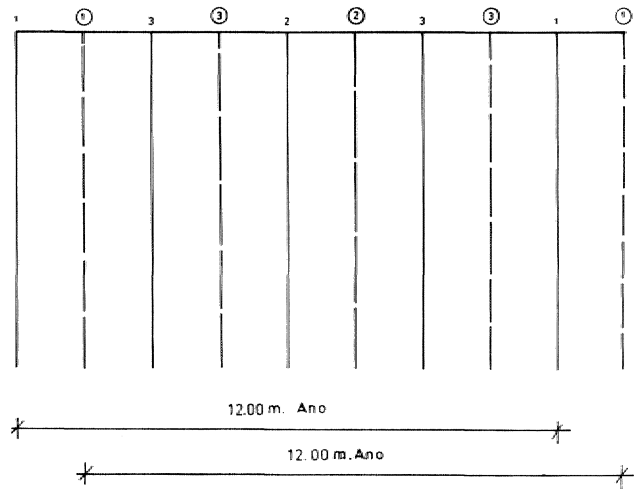
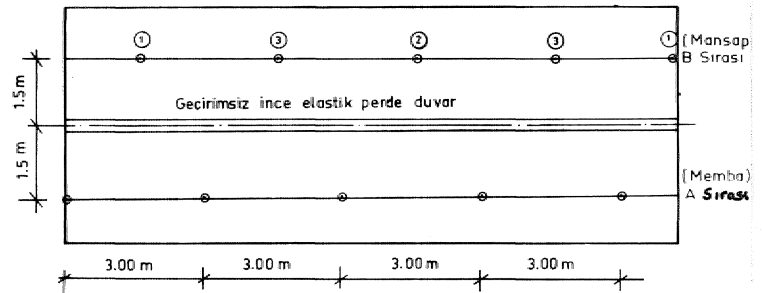
Plastisite endisi 326'dır. 200 nolu elekten % 97 geçmektedir.. 1/8 oranında (bentonit/su) önceden mikser ile karıştırılıp tanklarda en az 24 saat dinlendirildikten sonra, kullanılmıştır.

Su: Seyhan Nehri kıyısında açılan, kuyulardan, sağlanmıştır.

4.4- Enjeksiyon Basınçları

Alüvyon, homojen, özellikle olmayıp, değişik fiziksel özellikler göstermesi nedeniyle içindeki poisson oranları da farklılıklar göstermektedir.

Enjeksiyon basınçları aşağıdaki formül, yardımıyla her kademe için ayrı ayrı hesaplanmış ve uygulanmıştır. (Ozgüzel ve Korkmaz 1988)



Şekil 5. Alüvyon enjeksiyonunda çalışmaların örnekleme.

$$p = (m - 1) \frac{wh}{20}; \quad m = \frac{1}{\mu}$$

p = Enjeksiyon basıncı μ

μ = Poisson oranı (0,20-0,22 arasında alınmıştır.)

W = Enjeksiyon şerbetinin yoğunluğu

h = Enjeksiyon yapılan kademenin ortası ile kuyu ağzı arasındaki yükseklik.

Kademe (m)	Manometre basıncı (kg/cm ²)
10-12	4
12-14	5
14-16	6
16-18	7
18-20	8
20-22	9
22-24	10

4.5- Enjeksiyon öncesi Perméabilité deneyleri

Enjeksiyon işleminden önce alüvyonun doğal geçirimsizliğini saptamak amacıyla 24 m ara ile bir kuyuda yukarıdan aşağıya doğru birer metrelik kademeler halinde sabit seviyeli perméabilité deneyleri yapılmış ve alüvyonun doğal perméabilité değerleri $K = 10^{-1}$ ile 10^{-4} arasında tespit edilmiştir, (Şekil 4/a)

4.6- Enjeksiyon Uygulaması

Enjeksiyon, 12 nilik anolar halinde, daralan aralıklar yöntemine göre yapılmıştır. Aşağıdan yukarıya doğru (stop Enj.) yükselen 1 ve 2 m'lik kademeler halinde muhafaza boro su çekilerek enjeksiyon gerçekleştirilmiştir.

tir., (Şekil 5) Ana kayaya en az 1 m, askıda kalan perde duvarı ile en az 1,5 m bindirme yapacak şekilde enjeksiyon, boyu, tespit edilmiştir. Enjeksiyon yapılacak kademenin, muhafaza borusu çekildikten sonra» kuyunun göçme yapabileceği düşünülerek kademe boyu kadar yerleştirilen perfore boru yardımı ile çıplak kalan, kuyunun her noktasına enjeksiyon şerbeti kolaylıkla verilebilmiştir. (Şekil. 4/b)

Enjeksiyona ince karışımla (1/4 çimento/su) başlanmış ve 1/1 + % 10 bentonit karışımına kadar gelinebilmiştir. (Şekil 6)

Kuyunun herhangi bir kademesinin enjeksiyonu sırasında, refü basıncı altında dönüşlü alış yapması halinde» dönüşün başladığı karışımla, o kademenin refü şartı sağlanmıştır. Başlangıçta düşük basınçlar kullanılmıştır. Kontrol kuyulaındaki su kayıplarının istenilenden fazla olduğu görülmüştür. Bu kontrol, kuyularının daha yüksek basınç altında enjeksiyonları yapılmış ve kuyuların alış yaptıkları görülmüş tür. Bu nedenle basınçlar kontrollü olarak yükseltilmiştir. (Foto 2)

Refü Kriteri: Herhangi 2 m'lik bir kademenin, refü basıncı altında. 15 dakikada 30 litreden, az alış yapması halinde refü şartı sağlanmış bulunmaktadır.

4.7- Enjeksiyon Kontrol Kuyuları

Enjeksiyon yapılan bölgenin geçirimsizliğini ve dolayısıyla yapılan çalışmanın başarısını belirlemek amacıyla enjeksiyon, öncesi perméabilité deneyinin yapıldığı kuyuların civarında, ve enjeksiyon alış durumlarına göre kontrol kuyuları açılıp perméabilité deneyleri yapılmıştır. Geçirimsizlik katsayısı $K = ICH$ cm/sn dolayında tespit edilmiştir. Daha sonra aşağıdan yukarıya doğru 2 m'lik kademeler halinde enjeksiyonları yapılmıştır.

KARIŞIM ORANI Çim/ Su	ÇİMENTO MİKTARI (Kg)	SU MİKTARI (Lt)	BENTONİT			KARIŞIM HACMİ (Lt)
			%	Kuru (kg)	Dinlendirilmiş (Lt)	
1/4	25	92	4	1.0	8	108
1/3	50	134	4	2.0	16	167
1/2	50	88	3	1.5	12	117
1/2	50	84	4	2.0	16	117
1/2	50	80	5	2.5	20	117
1/2	50	76	6	3.0	24	117
1/2	50	72	7	3.5	28	117
1/2	50	68	8	4.0	32	117
1/1	50	38	3	1.5	12	67
1/1	50	34	4	2.0	16	67
1/1	50	30	5	2.5	20	67
1/1	50	26	6	3.0	24	67
1/1	50	22	7	3.5	28	67
1/1	50	18	8	4.0	32	67
1/1	50	14	9	4.5	36	67
1/1	50	10	10	5.0	40	67

Şekil 6. Enjeksiyonda kullanılan karışım oranları.



Foto 2-Alüvyon Enjeksiyon Yapılışı, ve Hidrolik buru çeklinnesinin görünüşü.

5- SONUÇ

- Alüvyon zeminlerde geçirimsizlik sistemini uygulamadan önce» alüvyonun fiziksel özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Dolayısıyla geçirimsizlik için uygulanacak yöntem daha sağlıklı seçilebilecektir.
- Perde duvarının alüvyonda oluşturduğu geçirimsiz diyaframı ana kayaya bağlamak, ve kesintisiz bir perde duvarı oluşturmak amacıyla alüvyon enjeksiyonu yapılmıştır.

- Enjeksiyon sıraları ve dolayısıyla kuyular arasındaki mesafeler, perde duvarı nedeniyle 3 m olarak seçilmiştir. (Şekil 5)
- Uygulama sırasında alış yapan kuyuların bazı kademelerinde, komşu kuyularla enjeksiyon irtibatı olduğu görülmüş ve kuyular arasındaki mesafenin, doğru, seçildiği gözlenmiştir.
- Enjeksiyon sırasında kırışım değişimleri kademelerin alış hızına ve basınca bağlı olarak yapılmıştır.
- B sırasının enjeksiyonu önce yapılmış 1 ano geriden takip edecek şekilde A sırası, yapılmıştır..
- Perde duvarının tabanı ile ana kaya arasındaki açık pencerelerin boylan değişkenlik gösterdiğinden, kuyuların enjeksiyonu yapılan boylanları da değişmektedir.
- Enjeksiyonda kullanılan karışımların yoğunluk, çökme ve viskozite deneyleri yapılarak, buna göre düzenlemeler yapılmıştır, (Şekil 7)
- Permeabilite değeri $K = ICH$ ve MH cm/sn olan kısımlarda genel olarak 1/4 oranındaki enjeksiyon şerbetini kabul etmemiştir,
- Ortalama 150 kg/m kuru malzeme alış gözlenmiştir.
- Kurutma çalışmaları» kazı yapıldıktan sonra yerinde izlenmiş ve başarı sonuçları; tünel girişi ile Cut-Off kazılarında görülmüş; en fazla 200 litre/sn mertebesinde su kaçakları gözlenmiştir.

KPÇ İLE YAPILAN ENJEKSİYON KARIŞIM DENEYLERİ

ÇİMENTO-SU ORANI		1/1			1/2			1/3		
		50 kg Çimento + 50 kg Su			50 kg Çimento + 100 kg Su			50 kg Çimento + 150 kg Su		
BENTONİT (kg)		00	0.5	1	00	0.5	1	00	1.00	1.5
YOĞUNLUK (gr/cm ³)		1.30			1.26			1.20		
VİSKOZİTE		32	41	48	30	31	31	28	30	35
Z A M A N	10 Dakika	8	0	0	20	5	3	35	10	3
	20 Dakika	15	0	0	28	6	4	49	13	0
	30 Dakika	22	0	0	45	8	5	60	16	0
	60 Dakika	35	1	0	60	9	6	70	23	4
	120 Dakika	39	3	0	67	14	10	75	32	6

ÇÖKELME YÜZDELERİ

NOT: Kullanılan çimento katkı portland Çimento Adana, Bentonit ise Kurşunlu kökenlidir.

Şekil 7. KPÇ ile yapılan enjeksiyon karışım deneyleri

DEĞİNİLEN BELGELER.

- YÖRDEM, C. ve OĞUZBERK, U. C. 1981 Seyhan Projesi Aşağı Çalaları. Barajı Kesin Proje Aşaması Mühendislik Jeolojisi. Raporu DSİ, Adana.
- BOZKÜRT, S., ve ÖZGÜZEL, N. 1987, Yamaç ve Şevlerin. Stabilesi Dayanma Yapılan Semmeri Ciit-1 DSİ, Samsun.
- ÖZGÜZEL, N. ve KORKMAZ, C, 1988 Catalan, Barajında Alüvyondaki Geçirimsizliğin. Sağlanmasında Uygulanan Yöntem, ve Sonuçları, İsparta Müh. Fak. Bildiri özetleri
- Etibank. Kestelck Bor Madenleri işletmeleri Müessesesi Müdürlüğü, "Açık Ocak Sahasına Sızan Suların Geçirimsiz İnce Duvar Sistem Uygulanarak önlenmesi", Etibank yayını., 1985