

Silindir ile Sıkıştırılmış Beton Baraj Örneği: İhsaniye Barajı ve Enjeksiyon Uygulamaları

¹İskender GÜMAN ve ^{*2}Sedat SERT

¹Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğr., Türkiye

^{*2}Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özet

Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) barajlarda dikkat edilecek en önemli konular barajın oturacağı ana kayanın tamamında taşıma gücü değerlerinin yeterli olması, farklı oturmaya neden olabilecek zeminlerin bulunmaması ve suyun tutulabilmesi için geçirimsizliğin sağlanmasıdır. Ortamda bu konulara yönelik problemler var ise ortamın güçlendirilmesi veya geçirimsizliğin sağlanması gereklidir. Dünyada barajların geçirimsiz yapı olarak inşaatının tamamlanabilmesi için enjeksiyon yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Baraj gövdesinin oturacağı ana kaya ile baraj gövdesi arasında oluşacak ara yüzeyin desteklenmesi için ve ana kayanın jeolojik ve geoteknik özelliklerinden dolayı enjeksiyona ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu bildiride, İhsaniye Barajı ana kayasının jeolojik özellikleri, yapılan sondaj çalışmaları, enjeksiyonda kullanılan malzeme ve ekipman, enjeksiyon yapılan kuyuların alışları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Silindirle sıkıştırılmış beton baraj, İhsaniye, Jeoloji, Sondaj, Enjeksiyon.

Example of Roller Compacted Concrete Dam: İhsaniye Dam and Injection Applications

¹İskender GÜMAN and ^{*2}Sedat SERT

¹Institute of Natural Science, Graduate Student, Sakarya University, Turkey

^{*2}Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

Abstract

The most important issues to be considered in roller compacted concrete (RCC) dams are to determine whether the bearing capacity values of the dam are sufficient, the presence of soils that may cause differential settlements and the presence of permeable layers in the environment. If there are problems in the environment regarding these issues, it is necessary to strengthen the environment or to provide impermeability where necessary. Injection method is frequently used in the world to complete the construction of dams as impermeable structure. Injection may be needed due to the support of the interface between the bedrock and the dam body and the geological and geotechnical properties of the bedrock. In this paper, the geological characteristics of the main rock under İhsaniye Dam, the drilling works, the materials and equipment used in the injection and the amount of injection are presented.

Key words: Roller compacted concrete dam, İhsaniye, Geology, Drilling, Injection.

1. GİRİŞ

Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) klasik beton santrallerinde üretilmekle birlikte geleneksel betondan farklı olarak, sıfır çökme (slump) değerine sahip olup düşük dozajda çimento ve bunun yanında uçucu kül, tras ve cüruf gibi katkı maddeleri içermektedir. SSB tanımı, toprak işlerinde kullanılan kamyonlar ile taşınmayı, dozer ile 30 cm tabakalar halinde serilip silindir ile sıkıştırılarak imalatın tamamlanmasını da kapsamaktadır.

SSB barajlarda düşük su içeriği ile birim ağırlığı daha yüksek beton kullanılması nedeniyle, baraj gövdesi kaya ve toprak dolgu barajlara göre daha düşük hacimde projelendirilmektedir. SSB içinde çimento içeriğinin az olması nedeni ile ekonomik olmakta ve hızlı serme sıkıştırma yöntemi ile de imalat süresi kısalmaktadır.

Ülkemizde 2002-2019 tarihleri arasında imalatı tamamlanarak hizmete açılmış ve yapımı devam eden toplam 65 adet SSB baraj bulunmaktadır [1]. Türkiye’de ilk olarak Karakaya Barajı memba batardosunda SSB metodu uygulanmıştır. Atatürk, Sır, Berke, Kürtün barajlarının bazı yapılarında SSB yöntemi ile dolgu yapılmış olup, tamamı SSB olarak yapımı tamamlanan Cindere, Beydağ ve Çine ilk barajlardandır [2].

Dünyada ve ülkemizde tüm baraj gövde tipleri için en önemli parametreler barajın oturacağı ana kayanın taşıma gücü ve geçirimsizliğidir. Bunun yanında ortamda farklı oturmaya neden olabilecek zayıf zeminlerin bulunmaması da istenir. Baraj gövde imalatının güvenli bir şekilde yapılabilmesi için ana kayaya kadar olası mevcut zayıf zemin sıyrılabilir, gerektiğinde de ana kayayı geçirimsiz hale getirmek için enjeksiyon yapılabilir.

Enjeksiyon, zemin içindeki jeolojik olarak ortaya çıkmış boşlukların ve geoteknik özelliklerden oluşan kusurların; çimento, kum, bentonit, su ve katkılardan oluşan karışımlar ile basınçlı olarak doldurulması şeklinde tanımlanmıştır.

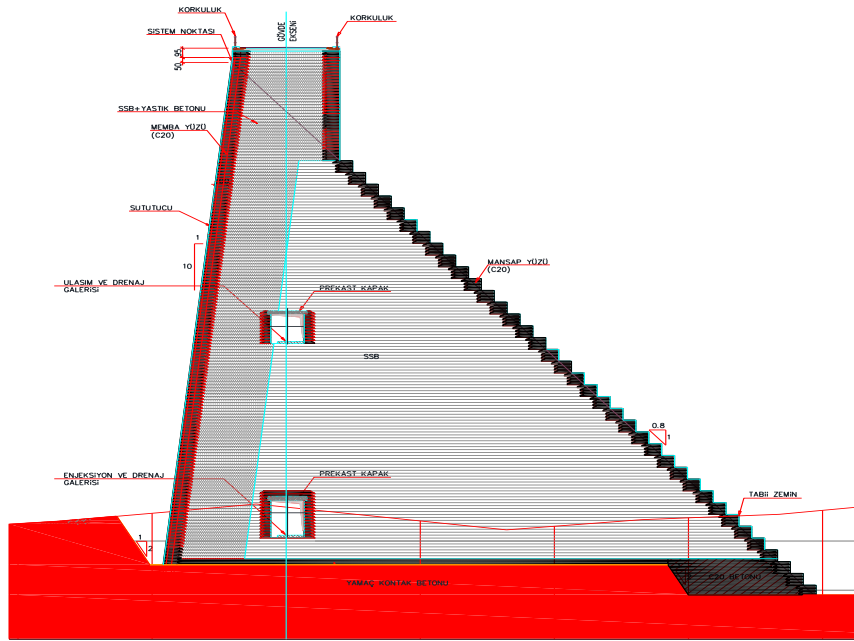
İhsaniye Barajı projesinde, baraj gövdesi “Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB)” olarak projelendirilmiştir. Baraj gövde yeri dar bir vadinin çıkış noktasında yaklaşık 2.00 m. kalınlığında alüvyon ve bunun altında bulunan temel kayası olan granidiorit üzerine oturtulmuştur. Bu bildiri, Karamürsel İhsaniye Barajı’nın planlama ve kesin proje aşamasında açılan sondaj kuyularından alınan karot numunelerin üzerinde yürütülen tek eksenli basınç deney sonuçlarını, sondaj kuyularında yapılmış basınçlı su testi ile ana kayanın geçirimsizliklerinin değerlendirilmesini, baraj gövde içerisinde bulunan enjeksiyon galerilerinden yapılan enjeksiyon alımlarını ve baraj yapılarının inşaatı öncesi araştırılması gereken konuları kapsamaktadır.

2. İHSANIYE BARAJI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

İhsaniye Barajı Kocaeli İli Karamürsel ilçesine bağlı İhsaniye köyünün doğusundaki Şerbet Tepe ve Gıcıklı Sırtları arasında yer almakta olup, sulama ve içme suyu amacı ile projelendirilmiştir. İhsaniye barajına ait teknik bilgiler Tablo 1’de ve baraj en kesiti Şekil 1’de verilmiştir [3].

Tablo 1. Baraja Ait Teknik Bilgiler [3]

Tipi	Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB)	Maksimum Su Seviyesi	232.00 m
Kret Kotu	234.50 m	Su Alma Yapısı	Kademeli
Kret Uzunluğu	222.25 m	1. Kademe	225.00 Kotu
Talvegden Yüksekliği	63.00 m	2. Kademe	218.00 kotu
Temelden Yüksekliği	69.00 m	3. Kademe	211.00 Kotu
Toplam Dolgu Hacmi	133.000 m ³	4. Kademe	204.00 Kotu
Derivasyon Tüneli	Gövde İçerisinde 3.00x3.00 m Karesel Betonarme 50.00 m	Enerji Kırıcı Tipi	Çarpma Kirişi
Göl Hacmi	8.97 hm ³	Dolu Savak	Gövde Üzerinde



Şekil 1. SSB baraj en kesiti [3]

3. BARAJIN GÖVDESİ ANAKAYA JEOLojİSİ

Çalışma alanı Rodop-Pontid kuşağının İstanbul Zonu ile Sakarya Kıtası arasındaki Armutlu-Almacık-Arkotdağı zonu üzerinde ve Kuzey Anadolu Fay Zonunun Sapanca-Gölcük-Karamürsel kolu ile Geyve-iznik-Gemlik kolu arasında yer alan parçalanarak dağılmış katmanların iç içe girdiği yapıdan oluşmuştur.

Baraj gövde sahası alanındaki tüm granitik kayalar ilk kez Akartuna (1968) tarafından temel ile bağlantılı granitler olarak yorumlanmış, sonrasında granitlerin Sarısu formasyonu olduğu Göncüoğlu ve diğerleri (1986) tarafından belirtilmiş, Erendil ve diğerleri (1991) tarafından Fıstıklı graniti olarak tanımlanmıştır [4-6]. Baraj aks yeri güneyinde yüzeylenen granitler temele ilişkin granitler olup, yaşları Paleozoyik olarak kabul edilir.

Baraj gövde inşa alanında bulunan yamaç molozları, sağ ve sol sahildeki dik eğimler nedeniyle, yamaçtan aşağıya doğru taşınan blok, çakıl, kum, silt vb. malzemeden oluşur.

Yamaç molozunun yapısı, üzerinde taşınan birime bağlı olarak değişken kaya türlerinden oluşur. Yamaç molozunu oluşturan gerecin bir kısmı, yağışlar ile taşınan çoğunluğu granit ve granodiyorit gibi magmatik kayaların, daha az olarak da volkanik kayaların çakıllarından oluşur.

Baraj rezervuar alanını besleyen derelerin (Yalak Dere, Sulu Dere, Avcı Dere, Akçat Dere) taşınarak getirdiği malzemelerin birikimi ile alüvyonlar oluşmuştur. Akarsu çökellerinden oluşan alüvyonlar, akarsu kanal çökelleri ve taşkın ovası çökelleriyle temsil edilir. Kanal çökelleri çoğunlukla örgülü akarsu ve menderes çökelleri niteliğindedir. Alüvyonlar, başlıca volkanik, metamorfik ve magmatik kökenli blok, çakıl, kum, silt ve kil, mil gibi akarsu temelli çökellerden oluşur [4-6].

4. BARAJ AKS GÜZERGAHINDA VE TEMEL SAHASINDA AÇILAN SONDAJLAR

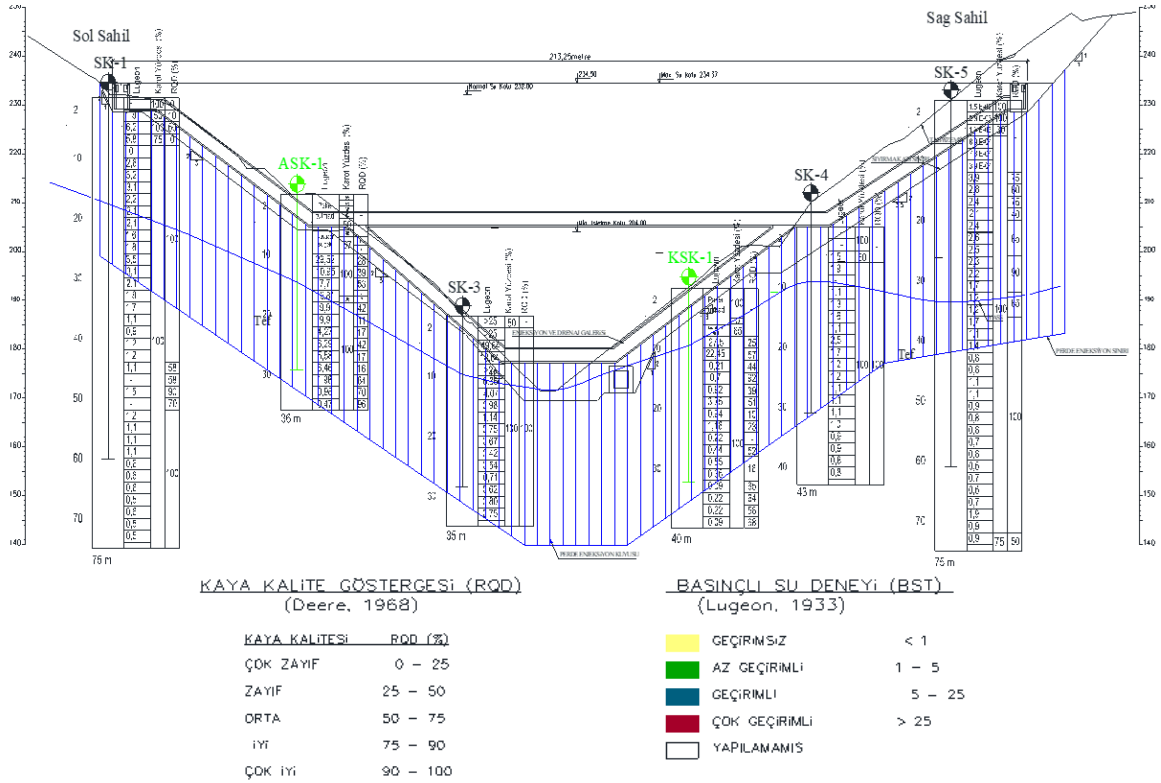
Devlet Su İşleri tarafından planlama aşamasında toplam uzunluğu 687.00 m olan 14 adet ve kesin proje aşamasında toplam uzunluğu 111.00 m olan 4 adet sondaj kuyusu açılmıştır [3].

Sondaj yapılan kuyularda geçirimsizlik tespiti için Basınçlı Su Testleri (Lugeon) deneyleri yapılmıştır (Şekil 2). Temel kayasını oluşturan granodiyoritlerin tek eksenli basınç dayanımı, geçirimsizliği, baraj gövde sağ ve sol sahilde yer çekimi etkisi ile hareket ederek oluşan sıyrılması gereken yamaç molozu kalınlığı, temel kazısı sırasında kazı sahasına ne kadar su gelebileceğini görebilmek için baraj gövde sağ, sol sahil yamaçları ve baraj aksında yeraltı su seviyesi derinliği, talvegte anakaya üzerinde bulunan alüvyon kalınlığı tespit edilmiştir.

5. ENJEKSİYON İŞLERİ

İhsaniye Barajı inşaatı kapsamında yapılmış olan perde enjeksiyonu uygulama projeleri, DSİ Genel Müdürlüğü, Geoteknik Hizmetler ve Y.A.S. Dairesi Başkanlığı'nın "Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi (DSİ, 1993)" ilkeleri doğrultusunda, baraj yerinin jeolojik ve geoteknik özelliklerine göre Devlet Su İşlerinden onaylı enjeksiyon uygulama talimatnamesine göre hazırlanmıştır [7].

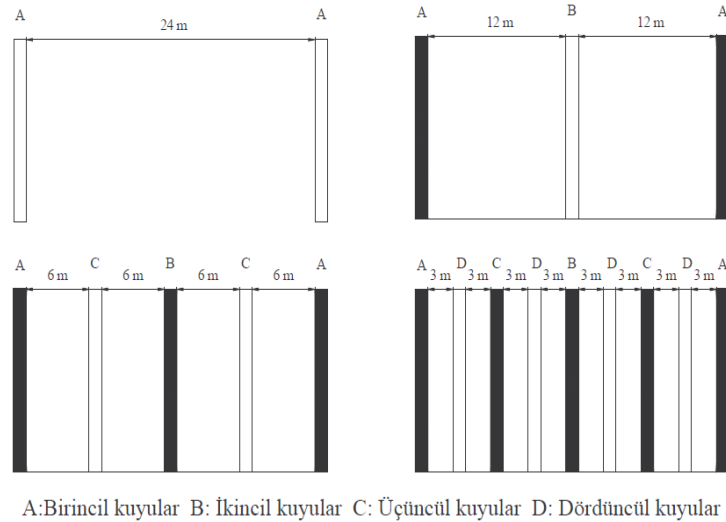
Enjeksiyon imalatı baraj kret uzunluğu olan 222.25 metre boyunca 3'er metre mesafe ile projede belirtilen derinliklerde sol sahilden başlayarak sağ sahile doğru aks boyunca yapılmıştır. Kuyu taban çapı minimum 56 mm olacak şekilde her türlü eğimde aynı yönde sapma açısı %2'yi geçmeyecek şekilde dikey çatlakları yakalayabilmek için mambadan mansap'a 6 derecelik açı ile enjeksiyon yapılmıştır. Alüvyon zeminlerde delgi yapılırken muhafaza borusu sürülmüş ve su sirkülasyonu sağlayan rotari tip sondaj makineleri kullanılmıştır.



Şekil 2. Baraj gövde aksı Lugeon ve RQD değerleri [3]

5.1. Enjeksiyon metodolojisi

İhsaniye Barajı perde kuyuları aks eksenini boyunca 24 metrelik anolara bölünerek oluşturulan ano sistemine göre enjeksiyon yapılmıştır. Buna göre enjeksiyon daralan ano sistemine göre yapılır. 24 metrelik A anosunun ortasına B deliği açılır. Daha sonra A ve B'nin ortasında C delikleri ve A-C'nin arasında da D delikleri açılır. En son A-D, D-C, C-D, D-B, B-D, D-C, C-D, D-A şeklinde imalat yapılarak ano tamamlanır (Şekil 3) [7].



Şekil 3. Daralan aralıklar ile 24.00 m'lik anoda enjeksiyon yapılması [8]

5.2. Karışıma giren malzemeler

Enjeksiyon karışımına giren-girecek çimento, su, bentonit, kum, akışkanlaştırıcı katkı, priz hızlandırıcı katkı karışım oranları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Enjeksiyon İşlerinde Kullanılacak Şerbet Karışım Oranları

KARIŞIM ORANI (ÇİMENTO/SU)	ÇİMENTO	BENTONİT		(4)* KİMYASAL KATKI				KARIŞIM MİKTARI			
		Su (kg)	1%		PRİZ		KUM(Kg)	TOPLAM KATI (Kg)	HACİM (LT)		
			(1)*	(2)* Kg	(3)*Lt	(%)				(KG)	(Kg)
1/1	150	135	1.5	15.5	1%	1.5	*	*	*	151.5	200
10/9	150	120	1.5	15.5	1%	1.5	*	*	*	151.5	185
5/4	150	105	1.5	15.5	1%	1.5	*	*	*	151.5	170
7/5	150	92	1.5	15.5	1%	1.5	*	*	*	151.5	155
7/5+%25 Kum	150	92	1.5	15.5	1%	1.5	3%	4.5	37.5	193.5	180
7/5+%50 Kum	150	92	1.5	15.5	1%	1.5	3%	4.5	75	230.5	203
7/5+%100 Kum	150	92	1.5	15.5	1%	1.5	3%	4.5	150	306.0	251

NOT:

(1) * Ağırlıkça B/S=1/10 Oranında sulandırılmış bentonit şerbeti kullanıldığında alınacak su miktarı.

(2) * Karışıma giren bentonit miktarı

(3) * Ağırlıkça B/S=1/10 Oranında sulandırılmış bentonit şerbeti.

(4) * Kimyasal katkı maddeleri (priz hızlandırıcılar , akışkanlaştırıcılar) laboratuvar testlerinin ardından % 1-3 oranında kullanılabilir.

Karışımında kullanılacak malzemeler; kullanılan mikserin hacmi göz önüne alınarak, tablodaki miktarlarının katları veya 1/2 oranında ast katları şeklinde kullanılacaktır.

5.2.1. Çimento

Sülfata dayanıklı çimentoların kullanılacağı yerlerin haricindeki bütün enjeksiyon işlerinde CEM 1 veya CEM 2 tipi çimento kullanılmıştır. Enjeksiyon karışımlarına giren çimentoda, enjeksiyon karışımlarının özelliklerinin belirlenmesi için TSE ve ASTM standartlarına uygun olarak aşağıda belirtilen deneyler yapılmıştır:

- Granülometrik analizler
- Priz başlangıç ve bitiş süreleri tespiti
- Çimento hacmi değişmesi
- Basınç mukavemeti
- Muhtelif oranlarda çimento/su karışımlarının süspansiyon halindeki stabilitesi

5.2.2. Sülfata dayanıklı çimento

TS EN 197-1 standardına uygun en ince daneli ve sülfat iyonuna karşı dayanıklı çimento kullanılmıştır (Şartnamede bunun dışında sülfatlı sulara dayanıklı ve hidrasyon ısı düşük olan TS 13353 standardına uygun Borlu Aktif Belit çimentosunun da kullanılacağı belirtilmiştir).

5.2.3. Bentonit

Enjeksiyon karışımlarında çimento miktarının %1’i kadar TSE EN ISO 13500 standardına uygun olarak bentonit ilave edilerek kullanılmıştır. Şartnamede buna yönelik maddeler aşağıdaki gibidir:

- Yıkamalı elek analizinde, 200 nolu elekte kalan kalıntı en çok %2.50 olacaktır.
- Kuru elek analizinde, 149 mikron aralıklı elekten geçen malzeme miktarı en az %98 olacaktır. Bentonitte kimyasal katkı bulunmayacaktır.
- Rutubet miktarı ağırlıkça %10 olacaktır.
- Viskozite ölçen alette, 600 devir/dakika viskozite değeri en az 30 olacaktır.
- Likit limit değeri %400'den az olmayacaktır.

5.2.4. Kum

Enjeksiyonda fazla alış yapan kademelerde çimento ağırlığının %25, 50, 100'ü kadar kum çimento şerbetine eklenerek kullanılmıştır. Şartnamede kullanılacak kumun sağlam yapıda olması, içindeki organik maddenin %5'den fazla olmaması, gerekirse yıkanması belirtilmiştir. Ayrıca kullanılacak kumun ağırlıkça 16 nolu (1.19 mm) elekten %95'inin, 50 nolu (0.297 mm) elekten %50'sinin geçmesi, 200 nolu (0.074 mm) elekten ise %5'ten fazlasının geçmemesi gerektiği belirtilmiştir. Özgül ağırlığı 2 gr/cm³'ten büyük olacaktır.

Buna göre her 30'ar m³ enjeksiyona hazırlanmış kumdan, ortalama bir örnek alınarak;

- Elek analizi
- Özgül ağırlık
- Organik madde
- Sodyum sülfat deneyleri yapılacak ve uygunluğuna karar verilecektir.

5.2.5. Su

Enjeksiyonda kullanılacak su, beton karma suyu niteliğinde temiz olacak ve içinde yağ, asit, alkali maddeler, kömür, odun parçaları bulunmayacaktır. Karma su için kullanılacak suyun içinde, sodyum sülfat iyonu ve diğer iyonlar betona zarar vermeyecek limitlerde olmalıdır.

5.2.6. Kimyasal katkı malzemeleri

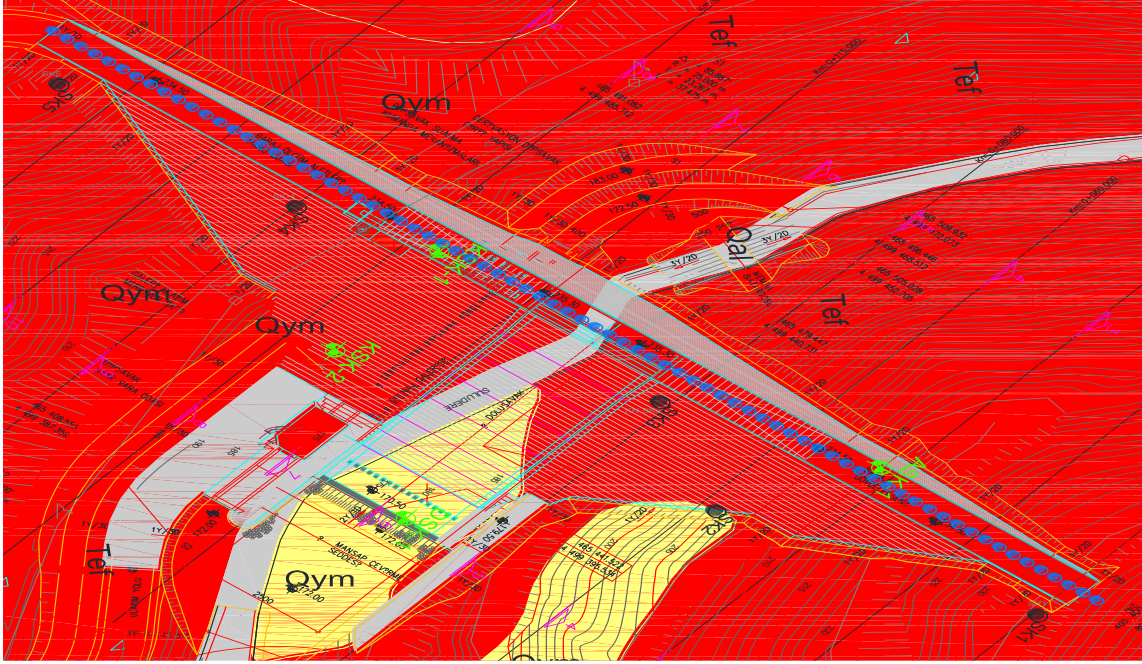
Enjeksiyon işlerinde kullanılacak kimyasal katkıları (akışkanlaştırıcı, priz hızlandırıcı vb.) gerekirse dizayn çalışmalarında belirlenecektir

6. PERDE ENJEKSİYONU

Karamürsel İhsaniye Barajı'nda baraj aksı boyunca ulaşım galerileri içinden 3'er metre aralıklar ile galeri en alt kotu olan 177.70 m'den başlayarak sol ve sağ sahile doğru aşağıdan yukarı doğru çıkan kademeler metodu kullanılarak enjeksiyon imalatları yapılmıştır (Şekil 4).

Enjeksiyon uygulamalarında; enjeksiyona Tablo 2'de belirtilen 1/1 oranlı şerbet ile başlanarak bu şerbetten 1 m³ hacminde kuyuya verilerek kuyu basıncı takip edilmektedir. Basınçta yükselme olmadığı için 10/9 oranlı şerbet karışımına geçilerek 1 m³ daha karışım kuyuya verilmektedir. Yine kuyu basıncında yükselme olmadığı için 5/4 oranlı şerbete geçilerek yine 1 m³ verilmiş olup, herhangi bir basınç artışı olmadığı için 7/5 oranlı şerbetten 5 m³ verilmiş ve bu durumda basınç artışı olduğu yani kuyunun kaçaklarının kapandığı belirlenmiş, 1 numaralı şerbet ile devam edilerek refü şartı sağlanıp kuyu enjeksiyonu tamamlanmıştır. Enjeksiyon uygulama yöntemine göre en ince karışım ile başlayıp, kuyu basınçlarındaki

sabitliğe göre daha kaba karışımlar kuyuya enjekte edilmiştir. Kuyu basınçlarında yükselme olmamasının sebebi kuyu içerisinde kaçak olduğunun tespitidir.



Şekil 4. Baraj aksı enjeksiyon imalat planı

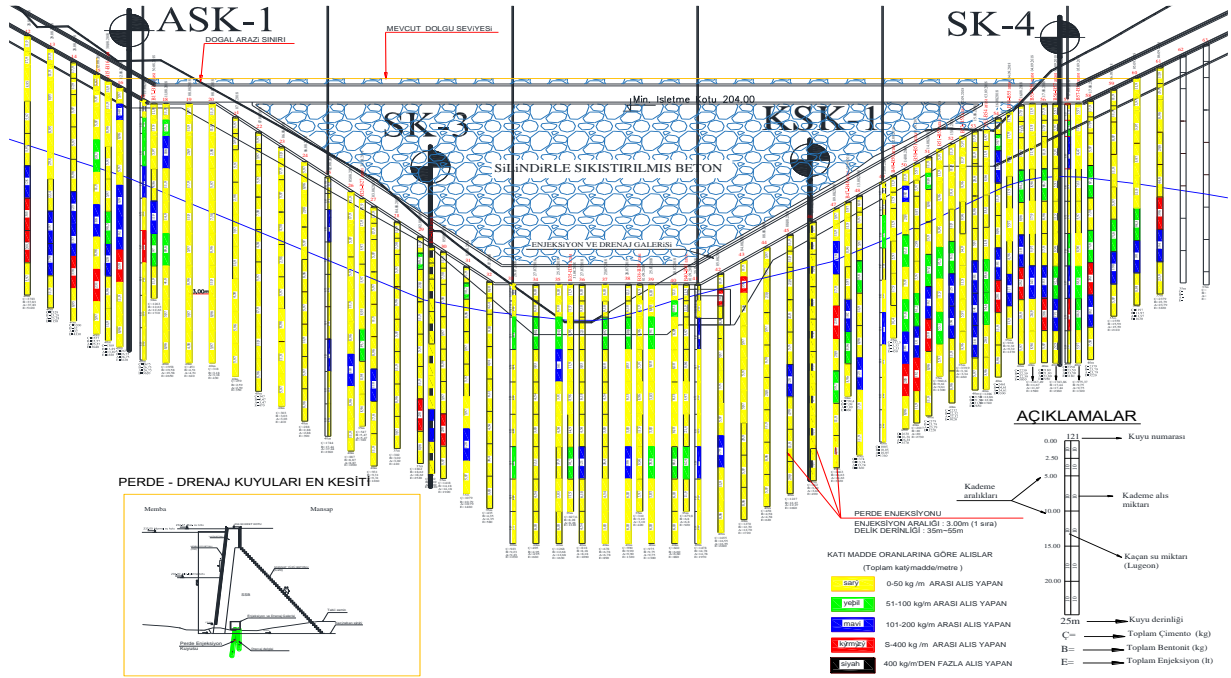
Eğer kuyularda 7/5+%100 kum karışımı enjeksiyon şerbetine kadar basılmasına rağmen basınç artışı olmuyorsa kuyunun şerbet dolgusuna ara verilerek priz alması beklenmiş ve kuyunun refü olmamasının jeolojik/geoteknik sebepleri araştırılarak enjeksiyon metodolojisi gözden geçirilmiştir.

Enjeksiyon imalatları biten kısımlarda alış durumuna göre belirlenen kuyular arasında kontrol kuyuları açılarak tekrar enjeksiyon yapılarak geçirimsizlik sağlanmıştır. Son olarak baraj aksı enjeksiyon delikleri boyunca 12 metrede bir mesafede, 10 metre derinliğinde drenaj kuyuları açılarak çevreden gelecek suyun baraj altında kaldırma kuvveti oluşturmasını engellenmiştir.

Toplamda 2790 m delgi 89335 kg çimento, 893.35 kg bentonit, 120900 lt enjeksiyon şerbeti imalatı yapılmıştır. Enjeksiyon kuyusuna giden katı madde miktarı $2790 / ((89335 + 893.35) / 1000) = 30.921$ kg/m'dir. Projede belirtilen miktarların altında kalmasının sebebi baraj imalatının %70 oranında tamamlanan kısmına enjeksiyon yapılmış olmasıdır.

İhsaniye Barajı planlama ve kesin proje aşamasında yapılan sondaj karot kuyuları (ASK-1, SK-3, KSK-1, SK-4) enjeksiyon alış miktarları ve bazı kuyulara yapılan basınçlı su testleri (Lugeon) Şekil 5'te gösterilmiştir.

İhsaniye Barajı enjeksiyon kuyusuna giden 1 metredeki katı madde enjeksiyon miktarı diğer barajlardaki farklı jeolojik birimlerin alışlarına göre aşağıdaki tabloda verilmiştir [8].



Şekil 5. İhsaniye Barajı enjeksiyon uygulama planı

Tablo 3. İhsaniye Barajı Enjeksiyon Deliğinin 1 Metresine Giden Katı Madde Miktarı

Baraj Yeri	Jeolojik Birim	Enjeksiyon Deliğinin 1 Metresine Giden Katı Madde Miktarı
Özlüce Barajı	Andezit	60-70 kg/m
Özlüce Barajı	Alüvyon	200-240 kg/m
Oymapınar Barajı	Karstik Kireçtaşı	50 kg/m
Keban Barajı	Karstik Kireçtaşı	300 kg/m
	Filiş	25-50 kg/m
İhsaniye Barajı	Granodiyorit	30.921 kg/m

SONUÇ

Bu bildiri İhsaniye Barajı'nda baraj gövdesi boyunca temel kayasında yapılan perde enjeksiyonları irdelenmiştir. Çalışmada İhsaniye Barajı'nda yürütülen arazi çalışması ve yapılan işin kontrolü ile ilgili olarak enjeksiyonda kullanılan, enjeksiyon şerbetini oluşturan maddeler incelenmiştir. Enjeksiyon kuyularının çimento şerbeti alış miktarları incelendiğinde, planlama ve kesin proje aşamasında açılan sondaj kuyularında yapılan basınçlı su testlerinde bulunan parametreler ile yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Sadece bazı kuyularda 25 m ile 30 m'ler arasında alışlar beklenenden biraz fazla olmuştur. Enjeksiyon imalatından sonra yapılan basınçlı su testlerinde Lugeon değerleri beklenen geçirimsizlik değerleri arasında kalmıştır. Yapılan uygulamanın geçerliliği ve değerlerin DSİ tarafından önerilen sınırların altında olduğu belirlenmiştir. DSİ'nin önerdiği karışım oranları ve uygulama esaslarının bu çalışma kapsamı içindeki jeolojik yapıya uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre baraj su tutmaya başladığında baraj ekseni boyunca, temel kayadan su kaçağı beklenmemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Malcolm Dunstan and Associates, Specialist in Roller Compacted Concrete Dams, <http://www.rccdams.co.uk> (erişim tarihi: 15.05.2019).
- [2] Alkaya D, Yeşil B. Grouting applications of grout curtains in Cindere dam and hydroelectric power plant. Scientific Research and Essays 2011; 6:19:4039-47.
- [3] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığı, Kocaeli Karamürsel İhsaniye Barajı Proje Yapım Raporu, Nisan 2015.
- [4] Akartuna M. Armutlu Yarımadası'nın jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 20,105 s. İstanbul, 1968.
- [5] Göncüoğlu MC, Erendil M, Tekeli O, Aksay A, Kuşçu İ, Ürgün B. Armutlu Yarımadasının doğu kesiminin jeolojisi. MTA Derleme Rapor No: 7943, (yayınlanmamış), Ankara; 1986.
- [6] Erendil M, Göncüoğlu MC, Tekeli O, Aksay A, Kuşçu İ, Ürgün B, Tunay G. ve Temren A. Armutlu Yarımadasının jeolojisi, MTA Derleme Rapor No: 9165, (yayınlanmamış), Ankara; 1991.
- [7] Devlet Su İşleri Bursa 1. Bölge Müdürlüğü. Karamürsel İhsaniye Barajı enjeksiyon talimatı, 2017.
- [8] Üşenmez K. Dalaman Akköprü Barajı enjeksiyon uygulamaları. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2005.