

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Yazışma yazarı:
M. Cihan AYDIN,
mcaaydin@gmail.com

Referans:
Aydın, M. C. ., Gelberi, G. (2018), Morgedik Barajı Geçirimsizlik Problemi ve Çözüm Uygulaması, Su Kaynakları, 3, (2) 1-7,

Makale Gönderimi: 20 TEMMUZ 2018
Online Kabul : 12 AĞUSTOS 2018
Online Basım : 1 EKİM 2018

Morgedik Barajı Geçirimsizlik Problemi ve Çözüm Uygulaması

M. Cihan AYDIN¹, Gamze GELBERİ²

¹Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, mcaaydin@gmail.com
²DSİ, 17. Bölge Müdürlüğü Van, gelberi.gamze@gmail.com.

Özet Dolgu barajlarda geçirimsizlik genelde dolgu içerisine yerleştirilen kil çekirdekle sağlanır. Ancak tam geçirimsizliği sağlayacak uygun nitelikteki kil bulmak veya ekonomik şekilde yakından temin etmek her zaman mümkün olmayabilir. Bu nedenle kil çekirdekle birlikte geçirimsizliği sağlamak için farklı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerde biri de geçirimsiz endüstriyel malzemeler kullanmaktır. Ülkemizde pek tanınmayan fakat son yıllarda önemli bir malzeme olarak geotekstil kil malzemeler su mühendisliği alanındaki yapılarda geçirimsizliği temin etmek için kullanılmaya başlamıştır. DSİ 17.Bölge (Van) Müdürlüğü sınırları içerisindeki kil çekirdekli kaya dolgu tipindeki Morgedik Barajı inşaatı sırasında uygun evsafa kil malzeme bulunmadığından mevcut kil çekirdeğin Geosentetik Kil (GCL) ile takviyesi yapılmıştır. Bu uygulama Türkiye’de ilk olup geçirimsizliği sağlamak adına ekonomik bir çözüm sunmuştur. Bu çalışmada, Morgedik Barajında ilk kez kullanılan geotekstil katmanlar arasında kil teşkil edilerek imal edilen Geosentetik Kil malzemenin teknik detayları ve uygulama örnekleri üzerinde durulmuştur..

Anahtar Kelimeler: Geosentetik, kil, geçirimsizlik, kil çekirdek, kaya dolgu Baraj.

Impermeability Problem of Morgedik Dam and Solution Application

Abstract The impermeability in rock-fill dams is provided by clay core placing inside dam body. However, it may always be impossible to find suitable or economic distance of its source. Therefore the different methods with clay core can be used to ensure impermeability in the dam. Although not well known in our country, in recent years, geotextile clay materials as an important material have begun to be used to provide impermeability to structures in the field of hydraulic engineering. Due to the lack of proper quality clay for Morgedik Dam in DSI Van Region, existing clay core in project were supported by geosynthetic clay layer (GCL). This application, which is used first in Turkey, presents an economical solution for impermeability in the rock-fill dam. In this study, the technical details and examples in application of using GCL in Morgedik Dam were emphasized, and discussed.

Keywords: Geosynthetic clay, impermeability, clay core, rock-fill dam.

1. Giriş

Dolgu barajların tercih edilmelerinin en önemli sebeplerinden biri malzeme temini kolay ve ekonomik olmalarıdır. Ancak geçirimsizlik dolgu barajlar için önemli bir sorundur. Bu tip barajlarda geçirimsizlik genelde uygun malzeme temin edildiğinde kil çekirdekle sağlanır. Ancak geçirimsizlik için uygun evsafa kil bulunamaması veya kil malzemelerin ocaklarının uzak olmasından dolayı bu çözüm her zaman ekonomik olmayabilir. Bu nedenle son yıllarda dolgu barajların geçirimsizliğini sağlamak için yeni yöntemler veya alternatif baraj türleri geliştirilmiştir. Alternatif tipler olarak, RCC barajlar, ön yüzü beton kaplı dolgu barajlar bunlardan bazılarıdır. Yöntem olarak ise membran, geotekstil gibi geçirimsiz yapay malzemeler gündeme gelmektedir. Bu çalışmada dolgu barajlarda geçirimsizliği kil çekirdekle sağlamak yerine kil çekirdek içine yerleştirilen yapay (geotekstil) ve doğal (kil dolgu) malzemenin oluşan bir geçirimsiz bir örtünün kullanıldığı yeni bir yöntem anlatılmıştır. Bu yöntem Türkiye'de ilk olarak Morgedik barajında başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Koerner (1999) zemin güçlendirmesinde kullanılan geogridlerin toprak dolguların ve dolgu barajların güçlendirmesi gibi birçok avantajları olduğunu aktarmıştır. Yılmaz ve Eskişar (2004) ve Yılmaz (1993) geotekstil malzemelerin sahip oldukları elastisite ve sağlamlıkları sayesinde dolgu baraj gövdelerindeki deformasyonlara rahat uyabilecekleri ve filtre amacıyla kullanılan malzemenin geotekstillere diğer dolgu filtreler nazaran daha ekonomik olduklarını belirtmektedirler. Yılmaz (2007) geotekstil malzemelerin özelliklerini tanımlayarak farklı faklı alanlarda sağladığı faydalar üzerinde durmuştur. Birçok mühendislik uygulamasında getirdiği avantajların yanında toprak dolgu barajlarda, ekonomi sağlaması, filtrasyon özellikleri dayanım ve kullanım özellikleri gibi avantajları hakkında bilgi vermiştir. Akbulut vd (2011) bazı nano-kompozit kil ürünlerin geliştirerek kil çekirdekli dolgu barajlarda geçirimsizliği sağlamak için şilte-bariyer olarak kullanılabilirliğinden bahsetmiştir. Kurt Albayrak (2014), elde ettikleri bazı nanokil-nanokompozit malzemeler üzerinde bir dizi laboratuvar deneyleri yürütmüşlerdir. Bu deney sonuçlarından, nanokil-kompozit malzemelerin hidrofobik davranış sergilediği, serbest basınç mukavemetlerinin, şişme basınçlarının ve sekant kayma modüllerinin azalırken, sönüm oranının ise arttığını bildirilmiştir.

2. Çalışma Alanı

Kil çekirdekli barajlarda kabuk zonlarının dolgusu kaya ile yapılır. Kil çekirdekle kabuklar arasında kum ve çakıl filtreler ilâveten, hem mansapta, hem menbada kaya ufağından teşkil edilen 3.0 m kalınlığında birer transisyon tabakası bulunur. Menba şevi 1. derece deprem bölgelerinde 2.5:1; 2. derece deprem bölgelerinde 2.25:1; 3., 4. ve 5. derece deprem bölgelerinde ise 2:1 alınır. Mansap şevini belirleyen "m" 1. derece deprem bölgelerinde 2.25, diğer deprem bölgelerinde 2.0 alınır. Kil çekirdeğin üst genişliği 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde 5.0 m, diğer bölgelerde 4.0 m olur. Kum ve çakıl filtrelerin kalınlıkları, 1. derece deprem bölgelerinde 2.0 m diğer deprem bölgelerinde 1.5 m alınır. Kil çekirdeğin menba ve mansap şevleri aynı olup, 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde 1H:4V, diğer bölgelerde 1H:3V alınabilir. Mamafih, kil malzemenin nispeten küt olduğu yerlerde Kil çekirdeğin üst genişliği 4.0 m'ye indirilip, şevler 1.0:4.0'e kadar dikleştirilebilir.

Kret genişliği "B" 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde 10 m, 3., 4. ve 5. derece deprem bölgelerinde 8.0 m alınabilir. Hava Payını 3.0 m almak yeterli olur. Ancak, feyezdan ötelemesi veya dalga yüksekliği ve dalga tırmanması daha fazlasını gerektiriyorsa Hava Payı artırılır. Bu barajlarda kil çekirdek üst kötü, gölet kret kotununun 0.5 m altında teşkil edilir. Verilen şev eğimleri rehber olarak verilmiştir. Şev stabilite hesapları esastır. Ancak bu hesaplarda kabuk dolgusunu teşkil eden malzemenin içsel sürtünme açısı doğru olarak tayin edilmelidir.

Van iline bağlı Erciş ilçesinin 36 km kuzeydoğusunda Deliçay nehri üzerinde yapılmış olan Morgedik Barajı ve Tesisleri içme suyu, sulama ve enerji amaçlı olarak planlanmıştır. Kil Çekirdekli Kaya Dolgu tipinde planlanan barajın temelden yüksekliği 60 m'dir. 100 hm³ depolama hacmi olan projenin baraj dolgu hacmi 780 000 m³'tür. Baraj ilk olarak kil çekirdekli olarak projelendirilmiş fakat ekonomik nedenlerden dolayı bundan vazgeçilerek geosentetik kil katman kullanılmıştır. Bu çalışmada Morgedik Barajının geçirimsizliği için kullanılan geosentetik kil kullanımı üzerinde durulmuştur.



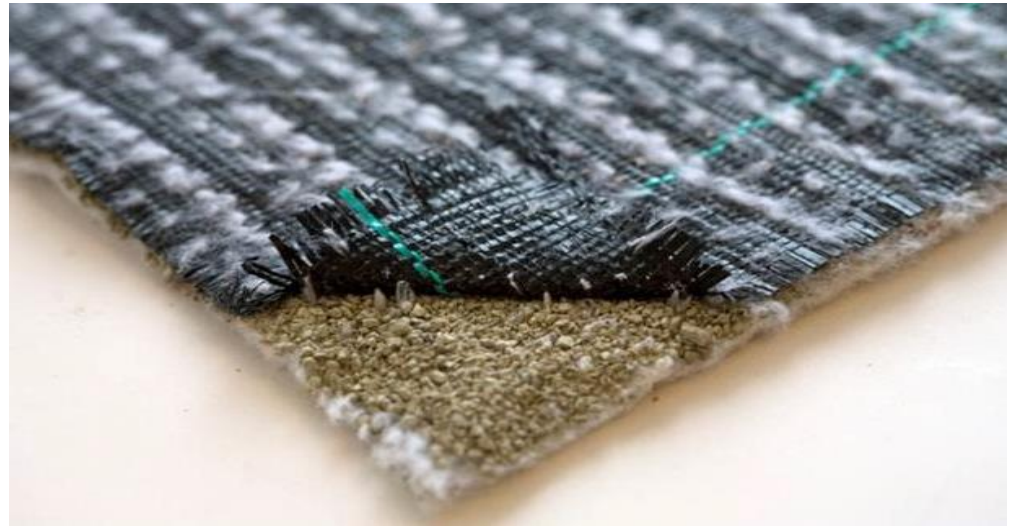
Şekil 1. Morgedik Barajı (Mansapta Görünüm) (DSİ, 2016).

3. Materyal ve Yöntem

Sızdırmazlık için kullanılan Geosentetik Kil (GCL) yüksek dayanımlı geotekstil katmanlar arasına doğal sodyum bentonit iğnelenerek tesbit edilmesiyle meydana getirilir. GCL ürünleri genellikle 5 m eninde ve 40 m uzunlukta büyük rulolar halinde üretilmektedir. Uygulaması son derece hızlı ve kolaydır, ek yerleri yalnızca üst üste bindirilir, herhangi bir kaynak işle-mine lüzum yoktur.

Kullanılan kil malzeme doğal sodyum bentonit volkanik kökenli bir kil türü olup, su ile temas ettiğinde jel haline gelerek 18-30 misli şişme özelliği gösterir. Bu jel haline gelerek şişme işlemi basınç etkisiyle engellendiği zaman, sodyum bentonit, suyun geçişini tamamen bloke eden geçirimsiz ve yoğun bir jel tabakası halini alır. Permeabilitesi oldukça düşüktür ($k=10^{-11}$).

GCL bariyerler granül halde sodyum bentonit ihtiva etmektedir. Granül halde bentonit, bir su yalıtım bariyeri olarak kullanımda toz bentonite oranla avantaj sağlamaktadır. Mineralin öğütülme işleminden %40 oranında granül bentonit ve %60 oranında toz bentonit elde edilmektedir. Toz halde bentonit kullanımı her ne kadar daha ekonomik görünse de ürünün nihai hidrolik iletkenlik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. GCL bariyerlerde sıvı doğrudan bentonit ile temas etmektedir. Ancak hidrasyonu destekleyecek bir çalkalama veya karıştırma işlemi söz konusu değildir. Bu koşullarda granül bentonitin tanecik yüzeylerinin geniş olması sayesinde hidrasyon hemen başlamaktadır. GCL içerisindeki toz bentonit doğrudan su ile temas ettiği zaman şişme özelliğini ve jelleşmeyi engelleyen agregatlar oluşmaktadır. GCL malzemesinin iç ve dış yapısı Şekil 2'deki fotoğrafta gösterilmiştir.

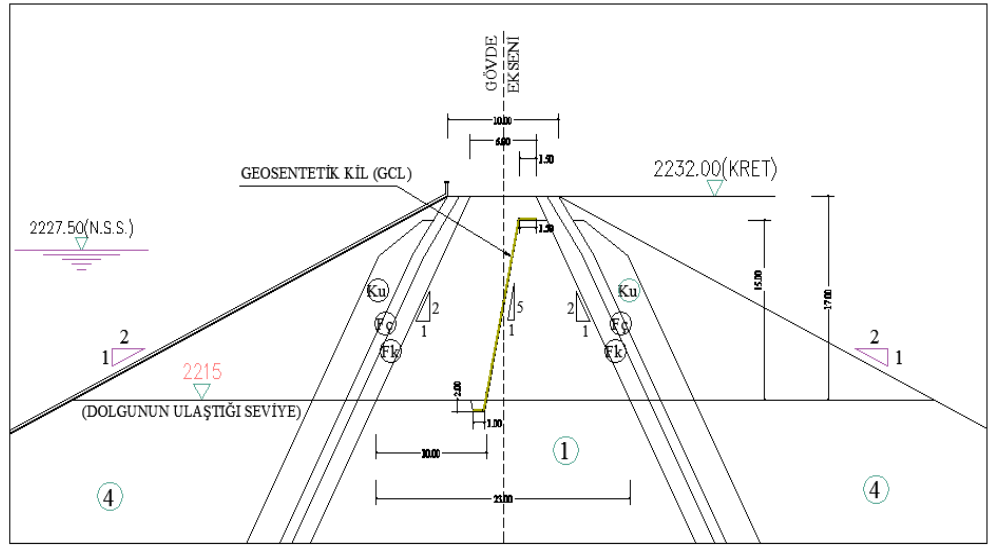


Şekil 2. Geosentetik Kil (GCL) (GEOPLAS, 2014).

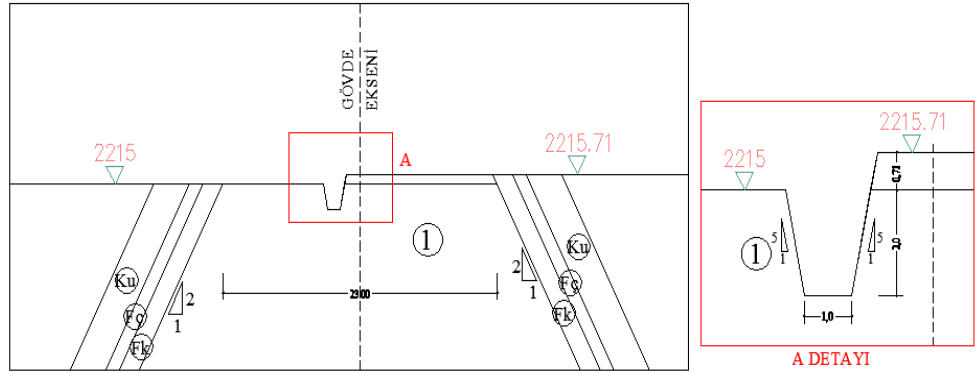
4. Uygulama

Yapılan proje değişikliğiyle mevcut düşük kalitedeki kil çekirdek içine 5D/1Y eğimde olacak şekilde GCL yerleştirilmiştir (Şekil 3). Yüklenici firma yapılan danışmanlık sonucunda projenin arazide uygulama yöntemleri değerlendirilmiş olup aşağıdaki resimlerde, fotoğraflarda proje detayları, uygulama aşamaları ve açıklamalar görülmektedir (GEOPLAS, 2014):

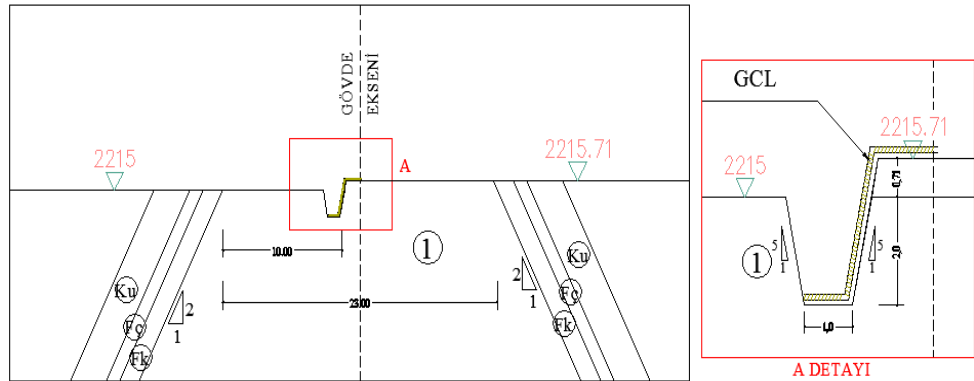
- i. İlk olarak, 2215 kotunda memba Fk şevi üst noktasından 10 m mesafede 1.0 m taban genişliğinde, 2 m derinlikte 5D/1Y eğiminde trapez ankraj hendeği kazılmasıdır (Şekil 4). Tabi bunun için önce sıkışmış kotu 2215.71 olan ve Şekil 4-A detayında gösterildiği şekilde memba tarafında kil dolgu yapılmış ve şev kesim işleminin tamamlanmıştır. Genişliği 5 m olan GCL rulo enine göre bırakılacak paylar da dikkate alınarak 2215.71 kotu belirlenmiştir.
- ii. İkinci olarak, GCL ruloları Şekil 5'te gösterildiği şekilde ankraj hendeğine serilmiştir.
- iii. Membada eksik kalan kil dolgu mansap dolgu kotuna kadar tamamlanmıştır (Şekil 6).
- iv. Kil dolguyu yükseltmeye başlamadan önce GCL rulosu mansap tarafından kaldırılarak memba tarafına yatırılmıştır (Şekil 7).
- v. Kil dolgu mansap tarafında 2.71 m yükseltilerek, şev kesme işlemi tamamlanmıştır (Şekil 8).
- vi. Yeni şeve Şekil 9'da gösterildiği şekilde GCL serilmiş ve alta kalan GCL rulosu ile üstteki yeni GCL rulosu arasına sızdırmazlığı temin için granüle bentonit dökülmüştür.
- vii. Membada kalan eksik kil dolgu mansap kotuna kadar yükseltilmiştir (Şekil 10). Bundan sonra aynı işlemler tekrarlanarak gövde inşaatı ikmal edilmiştir.



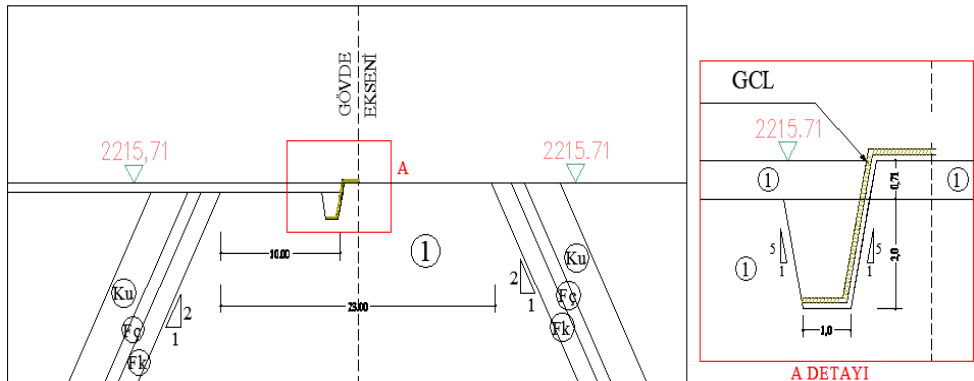
Şekil 3. Baraj gövde dolgununun GCL ile tahkim edilmesi



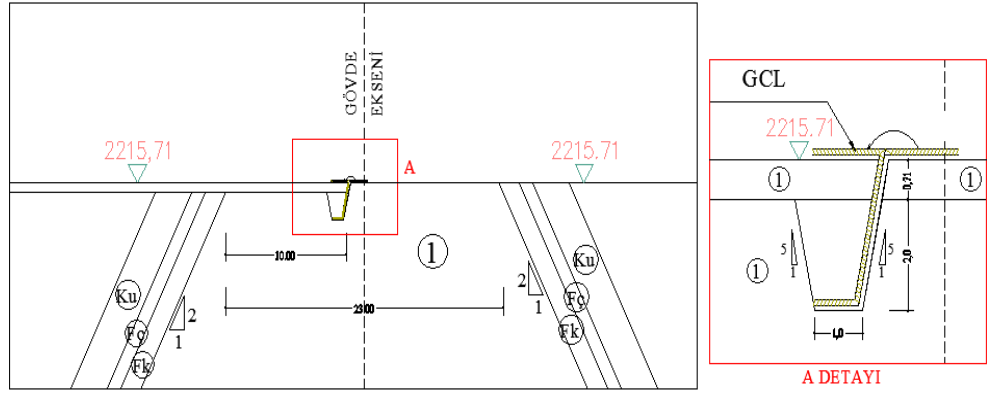
Şekil 4. GCL ankrāj hendeği açılması



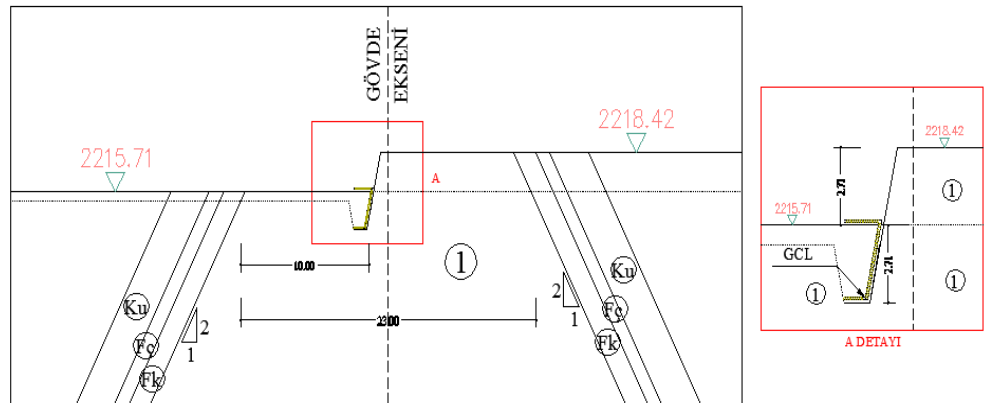
Şekil 5. GCL'nin ankrāj hendeğine serilmesi



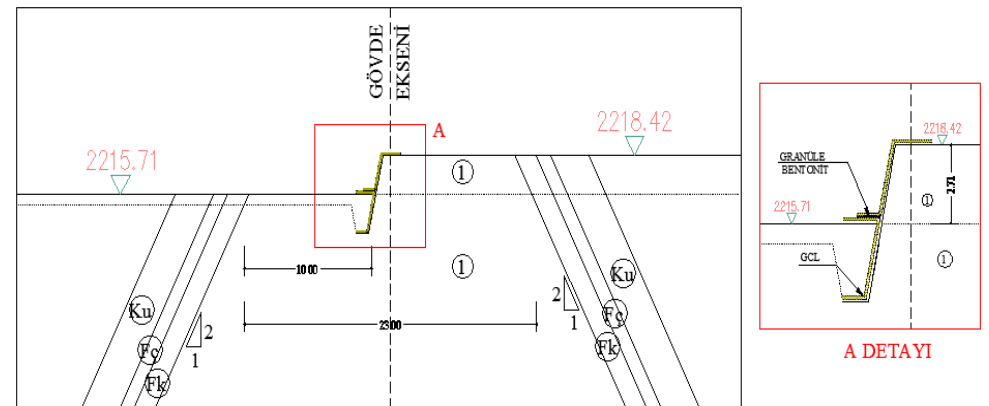
Şekil 6. Membedaki kil dolgunun 2215.71 kotuna kadar tamamlanması



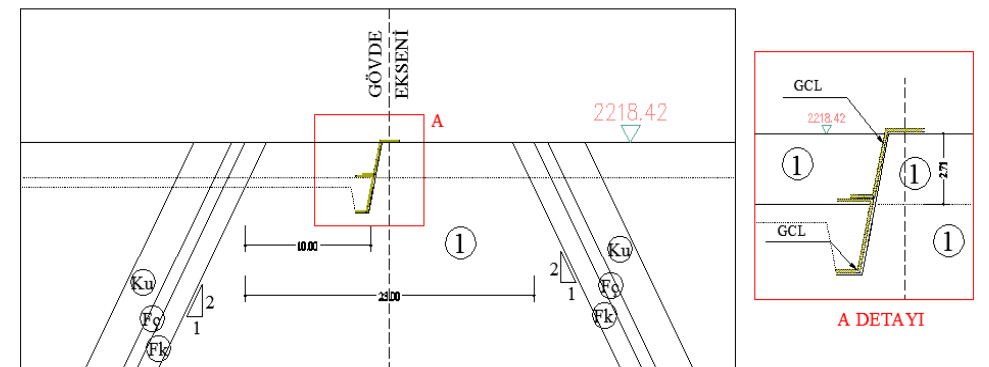
Şekil 7. GCL rulosunun memba tarafına yatırılması



Şekil 8. Kil dolgunun 2.71 m mansapta yükseltilmesi ve şev kesilmesi



Şekil 9. GCL rulolarının arasına granüle bentonit dökülmesi



Şekil 10. Membadaki kil dolgunun mansap ile aynı hizaya getirilmesi

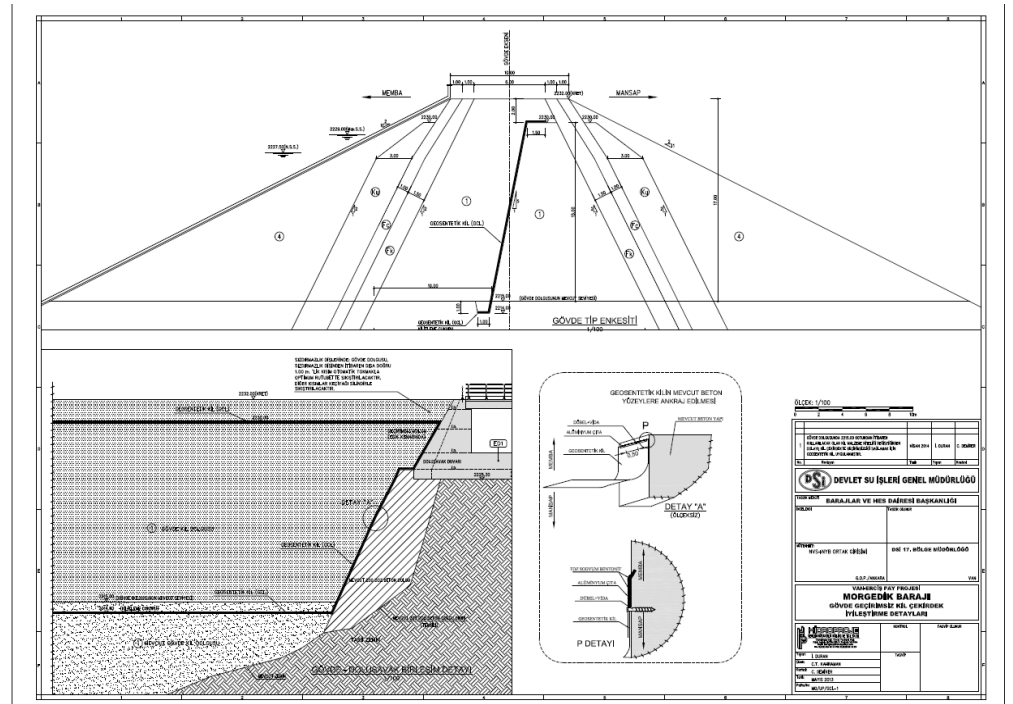
Yukarıda teknik detayları anlatılan GCL tekniğinin uygulamasıyla ilgili bazı fotoğraflar aşağıda verilmiştir (Şekil 11). Şev kesme işlemi devam ederken, alta kalan GCL rulosunun zarar görmemesi için kabaca kazı makine ile hassas kazı ise işçiler marifetiyle yapılmıştır (Şekil 12). Uygulama projesinin detayları ise Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 11. Şev kesme işlemi biten kısımlara GCL ruloları serilmesi (GEOPLAS, 2014)



Şekil 12. Makine ve işçiler tarafından yapılan kazılar (GEOPLAS, 2014)



Şekil 13. Morgedik Barajı gövde geomembran uygulama projesi (DSİ, 2013)

5. Sonuç

Daha çok ekonomik sebeplerle tercih edilen dolgu barajların geçirimsizlikleri genellikle kil çekirdekle sağlanır. Fakat uygun evsafa kil bulunmadığı veya getirilmesi ekonomik olmadığı durumlarda geçirimsizliği sağlamak için mühendisler yeni yöntemler geliştirmiştir. Bunlardan biri de Geosentetik Kil ile kil çekirdeği takviye etmektir. Geotekstil malzemeler arasına yerleştirilmiş ve su görünce şişip jelleşerek sıkıştığı yerde çok iyi bir yalıtım sağlayan Geosentetik Kil kullanımı dolgu barajların geçirimsizliğini sağlamak için uygun ve ekonomik bir çözüm olmuştur. Bu yöntemle Türkiye’de ilk kez kaya dolgu tipindeki Morgedik barajına başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Uygulamasındaki kolaylık, basınç altında-dolgu içinde iyi bir yalıtım sağlaması, malzemenin ekonomik ve kolay üretilebilir olması gibi avantajları, bu yöntemin ileride diğer projelerde de uygulanmasının yolunu açacaktır. Bu çalışmada yöntemin adımları şekillerle detaylı bir şekilde verilerek özet bir uygulama rehberi olması amaçlanmıştır.

6. Teşekkür

Proje revizyonunu yapan GEOPLAS firmasının hazırladığı rapordan alınan veriler için firmaya teşekkür ederiz

7. Kaynaklar

- DSİ (2011), Göletler Rehberi, Özcan DALKIR, DSİ, Mart 2011.
- GEOPLAS (2014), Morgedik Barajı Mevcut Kil Dolgusunun GCL İle Takviye Edilmesi Raporu.
- DSİ (2013), Morgedik Brajı Gövde Geçirimsiz Kil Çekirdek İyileştirme Detay Projeleri, DSİ Genel Müdürlüğü.
- Yılmaz, H. R. (2007), "Geosentetik Ürünlerin Geoteknik Mühendisliği Sorunlarının Çözümünde Kullanımı ve Sağlanan Faydalar", TMMOB, İMO Adana Şubesi, 2.Geoteknik Sempozyumu, 22-23 Kasım, Bildiriler Kitabı, ss.433-447.
- Koerner, R.M. (1999), "Designing With Geosynthetics", Prentice Hall, New Jersey, 4th ed., 761p.
- Yılmaz H.R., ve T. Eskişar (2004), "Toprak Dolgu Barajlarda Geosentetik Desteği Üzerine Bir İnceleme", Birinci Ulusal Barajlar ve HES Semp., 1-3 Haziran, DSİ, İstanbul.
- Yılmaz, H. R. (1993), "Geotekstillerin Toprak Dolgu Barajlarda Kullanım İmkan ve Avantajları Üzerine Bir Araştırma", Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mek Prob Sempozyumu, DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesi Başkanlığı, İzmir, ss.163-175.
- Akbulut, S., A. Gürses, S. Arasan, M. Korucu, ve Z. N. Kurt (2011), "Kil Tanelerin (Nanokil) Kristal Yapılarının Poliorganiklerle Desteklenerek Killerin Hidrolik İletkenlik ve Mukavemet Özelliklerinin İyileştirilmesi". TÜBİTAK 107Y295No’lu Proje.
- Kurt, Z. N. (2014), "Laboratuvarda Geliştirilen Nanokil-Kompozitlerin Bazı Geoteknik Özelliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması", Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Geoteknik Bilim Dalı. 170s.