

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Öne Çıkan Sonuçlar:

- HDS Oyulmayı büyük ölçüde önlemiştir.
- Kuyruk suyu miktarı arttıkça HDS ile güçlendirilmiş zeminler daha az oyulmuştur.
- Hidrolik yapıların mansabında HDS kullanımı uygundur.

Yazışma yazarı:

Enes GÜL,
enes.gul@inonu.edu.tr

Referans:

Gül, E., Sarıcı T., Dursun Ö. F., (2018), Hidrolik Yapıların Mansabındaki Yerel Oyulma Derinliğine Hücresel Dolgu Sisteminin Etkisinin İncelenmesi, Su Kaynakları, 3, (2), 61-67

Makale Gönderimi : 26 TEMMUZ 2018
Online Kabul : 21 EYLÜL 2018
Online Basım : 1 EKİM 2018

Hidrolik Yapıların Mansabındaki Yerel Oyulma Derinliğine Hücresel Dolgu Sisteminin Etkisinin İncelenmesi

Enes GÜL¹, Talha SARICI², Ö. Faruk DURSUN³

¹İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye.

Özet Hidrolik yapıların mansabında meydana gelen oyulma ciddi bir mühendislik problemidir. Oyulma olayı, hidrolik yapıların suyu iletmesi esnasında doğal zeminde meydana getirdiği deformasyondur. Literatürde; köprü ayakları etrafında, baraj ve bağlama mansabında ve akarsu kavşakları gibi yerlerde meydana gelen oyulma olayı geniş çapta incelenmiştir. Oyulma olayının önlenmesi hususunda önerilen çözüm yöntemleri, genellikle baraj mansabı için enerji kırıcı yapıların yapılması ve köprü ayağı oyulması için taş tahkimat yapılmasıdır. Öte yandan son zamanlarda yamaç stabilizasyonu ve zeminlerin güçlendirilmesi için hücresel dolgu sistemleri (HDS) (geocell) yeni bir çözüm olarak önerilmektedir. Hücre sınırlandırma yöntemine dayalı bu sistem, zemini bir hücreye hapsederek, hareketini büyük ölçüde engellemektedir. Bu çalışma ile HDS kullanımının oyulma üzerinde etkisi farklı kuyruk suyu derinlikleri için araştırılmıştır. Bu çalışmada 50 derece eğimli bir şüt kanalından ilerleyen su, düz engelsiz bir aprona bırakılmıştır. Farklı debiler için yapılan deneyler ile maksimum oyulma derinliğinin değişimi ve kuyruk suyunun maksimum oyulma derinliğini olan etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geocell, Hidrolik Yapılar, Hücresel dolgu sistemleri, Kuyruksuyu, Oyulma

Investigation On Local Scour Of Geocell-Reinforced Soil In Hydraulic Structures Downstream

Abstract Scour which is occur in the downstream of hydraulic structures is a serious engineering problem. Scour phenomenon is the deformation that occurs in the natural ground during the transmission of water by hydraulic structures. In the literature, scour which is occur around bridge legs, at the weir and dam downstream and at the junction points of the river, etc. has been extensively investigated. The suggested solutions for the prevention of scour are usually the construction of stilling basin structures for the dam and construction of rip-rap for the bridge pier. On the other hand, geocell has been proposed as a new solution for slope stabilization and reinforcement of soil in recent times. This system, which is based on the method of cell confinement, substantially prevents movement by restraining the soil in a cell. In this study, the effect of using geocell on the scour was investigated for different depths of tail-waters. The water flow on a chute with a slope of 50 degrees was left in an apron without threshold. Experiments carried out at different flow rates. In the experiments, variation of maximum depth of scour and the tail water effect on maximum depth of scour were investigated.

Keywords: Cellular confinement systems, Geocell, Hydraulic structures, Scour, Tail-water

1. Giriş

Günümüzde suyun önemi iklim değişikliği ve endüstriyel gelişmeler neticesinde artmıştır. Suyun kontrol edilebilmesi için farklı türlerde hidrolik yapılar inşa edilmektedir. Son yıllarda suya artan talep neticesinde hidrolik yapıların sayısı artmaktadır. Kıt su kaynaklarının farklı bölgelerde olmasından dolayı çok farklı zemin formasyonları üzerinde hidrolik yapılar yapılmak zorunda kalınmaktadır. Bunlardan en önemlisi olan barajlar, rezervuarlarında depolanması mümkün olmayan suları dolusavaklar yardımıyla mansabına iletmektedir. Bu suyun yüksek miktarda enerjisi bulunmakta olduğundan sönmülmesi gerekmektedir. Mansaba bırakılan yüksek miktarda enerji içeren su, mansap kısmında ciddi oyulmalara neden olabilmektedir. Bu enerjinin güvenli bir şekilde sönmülmesi hidrolik ve yapı tekniği açısından olduğu kadar baraj güvenliği ile barajın mansabındaki yapıların ve vadi yamaçlarının stabilitesi açısından da oldukça önemlidir. Oluşan bu oyulma baraj gövdesi, sıçratma ucu topuğu, mansap şevleri ve diğer mevcut yapıların stabilitesini etkileyebilmektedir. Dolusavak üzerindeki suyun enerjisini kırmak için farklı yapılar kullanılmaktadır. Bu yapıların genel ismi enerji kırıcı yapılar olarak adlandırılmaktadır (Peterka, 1984). Enerji kırıcı yapılar ile suyun enerjisi sönmülense bile bazen doğal nehir yatağında oyulmalar görülebilmektedir. Oyulma olayı, akış halindeki suyun enerjisiyle ortaya çıkan bir doğa olayıdır. Oyulma nehirlerin morfolojik yapısını da değiştirmektedir. Oyulma formu, batmışlık, kuyruk suyu derinliği, su jeti enerjisinin kırılma oranı vb. gibi birçok parametreden etkilenmektedir. Oyulma konusu büyük barajların, derivasyon yapılarının, enerji kırıcı havuzların, kapak altı akımların, menfezlerin mansabında sıklıkla meydana gelmesinden ötürü önemli bir araştırma alanı olmuştur (Emiroğlu, 2012). Son zamanlarda köprü ayaklarının etrafında meydana gelen oyulmalar ve bu oyulmaların önlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Yanmaz ve Apaydın, 2011; Korkmaz ve Emiroğlu, 2015). Bu çalışmalar iki gruba ayrılabilir. Bunlardan birincisi oyulma derinliği ile ilgili olan çalışmalar, ikincisi ise akış ve oyulma karakteristikleri arasındaki davranışların incelenmesidir (Tuna ve Emiroğlu, 2011; Dargahi, 2003).

Yapılan pek çok araştırmaya karşın oyulma mekanizmasının tam olarak anlaşılması sürecin karmaşık doğası nedeniyle oldukça zordur (Hogg vd. 1997). Balachandar ve Kells'in (1997) bir kuyruk suyu derinliği ile yürüttüğü bir araştırmada, laboratuvar ortamında beş veya daha fazla gün denemesinin ardından bile bir denge durumunun bulunmadığını belirtmişken, bazı araştırmacılar (Rajaratnam ve Macdougall 1983), denge durumunun olduğunu bildirmişlerdir. Bu sebeple, düşünülen tasarımda oluşacak oyulmaları incelemek için, deneysel çalışmaların yapılması ve çıkan sonuçların yorumlanması oldukça önemlidir. Balachandar ve Kells'in (1997) yaptığı çalışma, yerel oyulmanın doğada oyulma çukurunun kazılması ve tekrar doldurulmasının bir döngüsü olarak ortaya çıkabileceğini göstermişlerdir. Önceki araştırmalar yerel oyulmanın dinamiklerinin kuyruk suyunun derinliğine bağlı olduğunu göstermiştir. Mohamed ve McCorquodale (1992) bir bent kapağı düzenlemesi kullanarak, az miktarda kuyruk suyu derinliği ile oyulmayı incelemiş ve kısa ve uzun vadeli oyulma olayları arasında ayırım yapmışlardır.

Geleneksel olarak, akımın enerjisi zemine ulaşmadan çeşitli yöntemlerle kırılmaya çalışılmıştır. Bu enerjinin kırılması çoğu zaman yeterli olmamakta suyun zemine değdiği noktalarda oyulmalar oluşmaktadır. Zeminin geosentetik malzemeler ile güçlendirilmesi ile su akımının enerjisinin kırılması konusu literatürde çok fazla ele alınmadığı görülmüştür. Geosentetik malzemeler ayırma, filtrasyon, drenaj, güçlendirme vb. işlevlerden birini ve bir kaçını yerine getirmesi için pek çok geoteknik uygulamasında kullanılmaktadır. Çekme dayanımı yüksek geosentetiklerle basınç dayanımı yüksek zeminler birlikte dayanıklı ve rijit bir kompozit malzeme oluştururlar. Bu yöntem, 1970'li yıllardan itibaren tüm dünyada, özellikle dolgu ve dayanma yapılarında yaygın bir şekilde kullanılarak çok iyi sonuçlar alınmıştır (Steve, 1981). İlk yapılan çalışmalarda, donatı malzemesi olarak metal şerit veya çubuklar kullanılırken son yıllarda bu malzemelerin yerini geosentetik türü malzemeler almıştır. Geosentetik ürünlerden biri olan hücresel dolgu sistemi (geocell) üç boyutlu olacak şekilde özel polimerik alaşımlardan imal edilmiş olup genellikle bal peteği geometrisine sahiptir. En temel çalışma prensibi, doğal zemini veya stabilize dolgu malzemesini hücresel olarak hapsederek dağılmasını önlemesidir. Üzerine yük binen zeminlerde, erozyon kontrolünde ve eğimli alanların yeşillendirilmesinde vb. alanlarda kullanımı son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Hücresel dolgu sistemi, sınırlandırıcı etki sağlar ve görünür kohezyonu artırır (Bathurst ve Karpurapu, 1993), dayanımı artırır (Gourves, 1996), esnek modülü değerini artırır (Mengelt, 2000) ve zayıf zeminlerin yük deformasyon ile gerilme dağılışı özelliklerini önemli ölçüde iyileştirir (Kazerani ve Jamnejad, 1987).

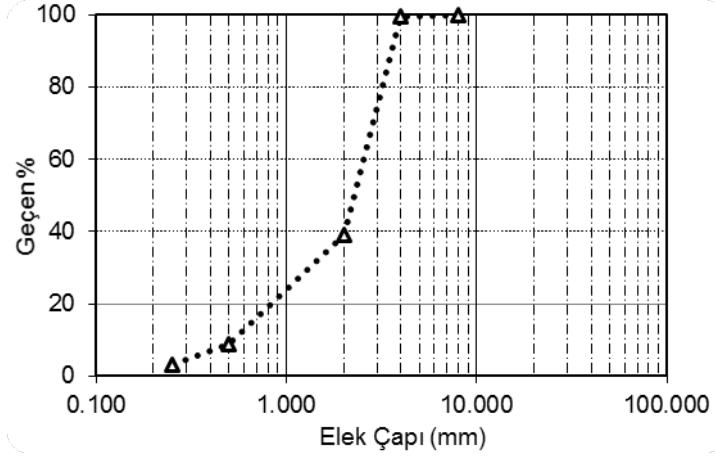
Hücre sınırlandırma yöntemine dayalı hücresel sınırlandırma sistemi (HDS), zemini bir hücreye hapsederek, hareketini büyük ölçüde engellemektedir. Bu çalışma ile HDS kullanımının oyulma üzerinde etkisi farklı kuyruk suyu derinlikleri için araştırılmıştır. Bu araştırmada 50 derece eğimli bir şüt kanalından ilerleyen su, düz engelsiz bir aprona bırakılmıştır. Farklı debiler için yapılan deneyler ile

maksimum oyulma derinliğinin değişimi ve kuyruk suyunun maksimum oyulma derinliğini olan etkisi incelenmiştir.

2. Yöntem

Deneysel çalışmalarda, sirkülasyonu sağlanmış bir akış, belirlenen debilerde şüt kanalından ilerleyerek mansaba ulaşmaktadır. Mansab kısmında nehir yatağını temsil eden kum zemin bulunmaktadır. Su sahip olduğu enerji ile mansab kısmında bulunan kum zemine çarpmakta ve zeminde oyulmalara neden olmaktadır. Kum zemini üzerinde elek analizi deneyi yapılarak granülometre eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 1). Kum zeminin dane çapı özellikleri ise Tablo 1'de görüldüğü gibidir. Kum zeminin özgül ağırlığı da hesaplanmıştır. ($G_s = 2.55$)

Zeminin güçlendirilmesi için kullanılan hücresel dolgu sisteminin (HDS) özellikleri üretici firmadan (Geoplas) tedarik edilerek Tablo 2'de verilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan hücresel dolgu sisteminin eni ve boyu sırasıyla 1 m ve 2 m'dir.



Şekil 1: Kum zeminin granülometre eğrisi

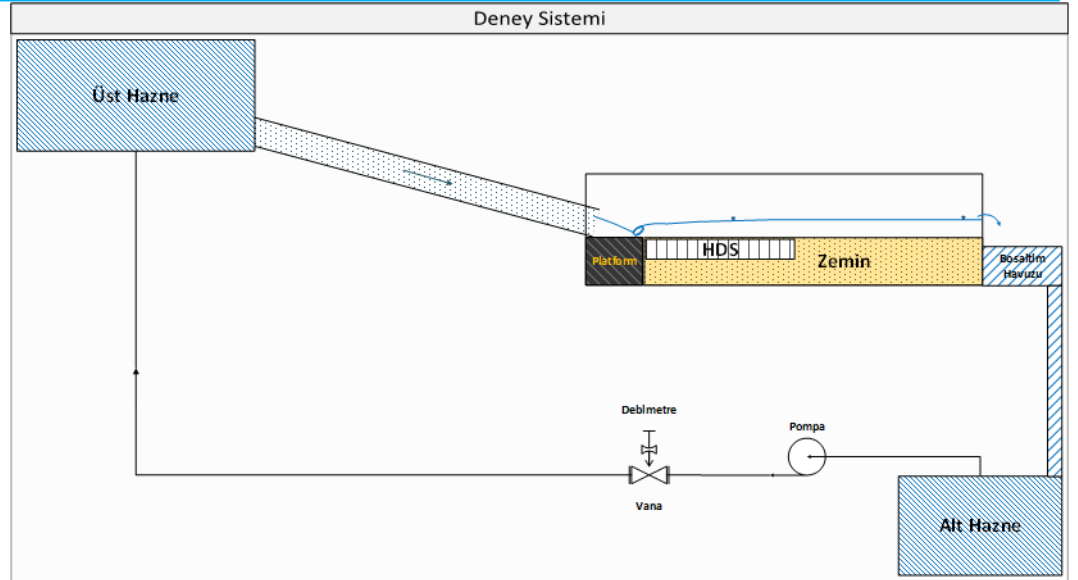
Tablo 1. Kullanılan zeminin dane çapı özellikleri

| Dane Özellikleri | |
|------------------|---------|
| d_{10} | 0.53 mm |
| d_{50} | 2.41 mm |
| d_{60} | 2.55 mm |
| d_{85} | 3.35 mm |
| d_{90} | 3.63 mm |

Tablo 2. Kullanılan zeminin dane çapı özellikleri

| Fiziksel Özellikler | Birim | Değer |
|------------------------|----------|------------------------------|
| Hammadde | | Yüksek Yoğunluklu Polietilen |
| Polimer yoğunluğu | g/cm^3 | 0.935-0.965 |
| Karbon siyahı | % | 2-3 |
| Hücre derinliği | cm | 15 |
| Kalınlık | cm | 0.2 |
| Çekme Dayanımı | kN/m | 20 |
| Çekme Dayanımı-Delikli | kN/m | 12 |
| Ek Yeri Dayanımı | kN/m | 12 |

Deneyler İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Deneyler, Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiş deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Kanal içerisindeki kum zeminin derinliği 40cm ve kullanılan hücresel dolgu sisteminin hücre derinliği 15cm'dir. Kanalın ve hücresel dolgu sisteminin boyutları sırasıyla 100 cm x 200 cm ve 100 cm x 100 cm'dir. Deney 5, 10 ve 15 l/s'lik üç farklı debi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kuyruk suyu yükseklikleri 0, 15 ve 20 cm olarak seçilmiştir. Debiler bir vana yardımıyla ayarlanmış ve debimetre aracılığıyla yüksek hassasiyetle ölçülmüştür. Pompa yardımıyla üst hazneye basılan su hazneden şüt kanalına verilmiştir. Şüt kanalı sonunda düz engelsiz bir aprona düşen su önceden denge oyulma süreleri tespit edilmiş şekilde çalıştırılarak süre bitiminde maksimum oyulma derinliği ölçülmüştür. Deneye başlamadan önce yatak malzemesinin apron ile aynı seviyede olduğu ve farklı eğimlerin olmadığı su terazisi yardımıyla ölçülmüştür. Yatak malzemesinin yoğunluğunun tüm deneyler için aynı olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 2: Deney düzeneği şematik gösterimi

Şekil 3'te hücreli dolgu sisteminin kanala, kum zeminin içine yerleştirilme aşaması görülmektedir. Öncelikle, katlanmış bir şekilde gelen hücreli dolgu sistemi açılarak kanala konulmuş ve daha sonra hücrelere kum zemin doldurulmuştur. Şekil 4'te deney başlamadan önceki (akış sirkülasyonu sağlanmadan önce) aşama görülmektedir. Zemin yüzeyinin düz olduğu su terazisi yardımı ile kontrol edildikten sonra deney başlatılmıştır.



Şekil 3: HDS'nin kanala yerleştirilmesi

Şekil 4: Deney başlamadan önce kanalın görünümü

Çalışma kapsamında geocell ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş yatak için farklı debilerde deneyler yapılarak, deney sonunda oyulma derinlikleri belirlenmiştir. Denge oyulma süreleri belirlenerek her bir deney denge oyulma süresini tamamladıktan sonra tamamlanmıştır. Tüm deneylerde şüt kanalının açısı 50 derecedir. Gerçekleştirilen tüm deneylerin özeti Tablo 3'de gösterilmektedir.

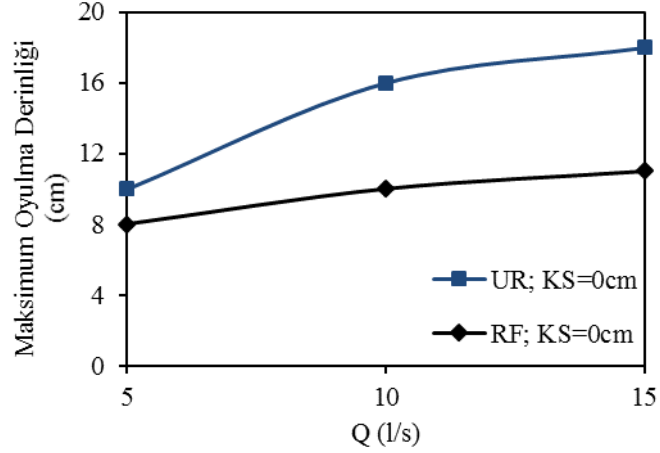
Tablo 3. Gerçekleştirilen Deneylerin Özeti.

| Deney Serisi | Deney No | HDS ile Güçlendirme Durumu | Debi (Q, l/s) | Kuyruk Suyu Derinliği (cm) |
|--------------|----------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| Seri I | 1 | Güçlendirilme | 5 | 0 |
| | 2 | Yapılmamış | 10 | 0 |
| | 3 | (Unreinforced, UR) | 15 | 0 |
| Seri II | 4 | Güçlendirilme | 5 | 0 |
| | 5 | Yapılmış | 10 | 0 |
| | 6 | (Reinforced, RF) | 15 | 0 |
| Seri III | 7 | Güçlendirilme | 5 | 15 |
| | 8 | Yapılmış | 10 | 15 |
| | 9 | (Reinforced, RF) | 15 | 15 |
| Seri IV | 10 | Güçlendirilme | 5 | 20 |
| | 11 | Yapılmış | 10 | 20 |
| | 12 | (Reinforced, RF) | 15 | 20 |

4. Tartışma

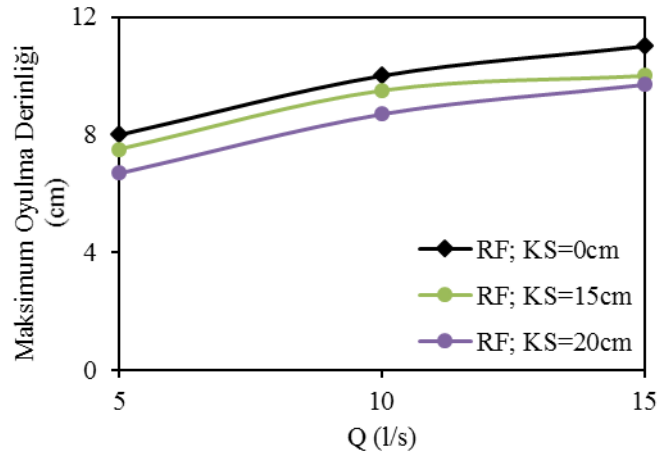
Yapılan deneysel çalışmalar ile hücresel sınırlandırma sistemi (HDS) ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş kumlu zeminlerde farklı debi ve kuyruk suyu değerleri için maksimum oyulma derinliğinin nasıl değiştiği araştırılmıştır.

Yapılan deney sonuçlarına göre, Şekil 5'te görüldüğü üzere, HDS kullanımı tüm debi değerleri için maksimum oyulma derinliğini azaltmıştır. Ayrıca, debi değerlerinin artması ile maksimum oyulma derinliği hem HDS ile güçlendirilmiş hem de güçlendirilmemiş kesit için artmıştır.



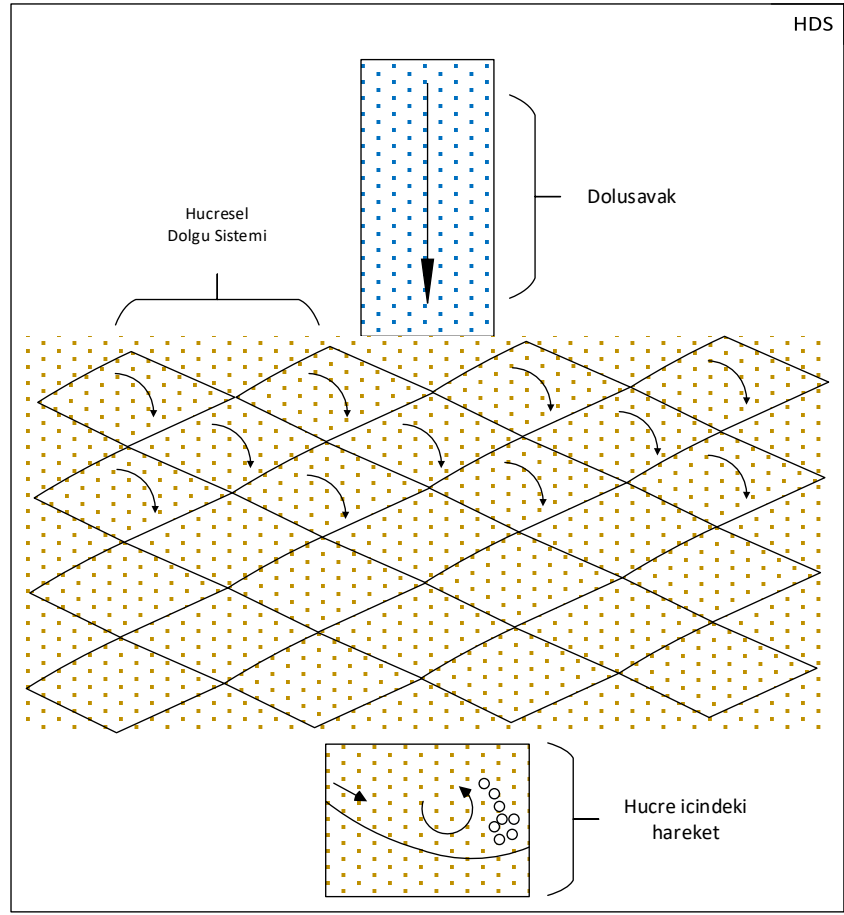
Şekil 5. Kuyruk suyu drumunun oluşmadığı güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş deneylerin kıyaslanması

HDS ile güçlendirme durumunda, kuyruk suyunun maksimum oyulma derinliğini nasıl etkilediğini araştırmak için Seri II, III ve IV deneylerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Şekil 6'da görüldüğü üzere kuyruk suyunun varlığı maksimum oyulma derinliğini azaltmıştır.



Şekil 6. HDS ile güçlendirme durumunda, kuyruk suyunun maksimum oyulma derinliğine etkisi

Hücresel dolgu sistemi içerisinde hareket eden zemin taneciklerinin hücre içerisinden çıkışı hareketi deney sırasında gözlemlenmiştir. Bu gözlemin sonucuna göre zemin tanecikleri hücresel dolgu sisteminin kum taneciklerini hapsedme özelliği sayesinde oyulmanın büyük oranda engellendiği gözlemlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Hücresel Dolgu Sistemi

5. Sonuç

Gerçekleştirilen bu çalışma ile geosentetik malzemelerden olan hücresel dolgu sisteminin (HDS) kullanımının oyulma üzerinde etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Tüm deneylerde, 50 derece eğimli bir şüt kanalından ilerleyen su düz engelsiz bir aprona bırakılmıştır. HDS ile güçlendirilmiş ve güçlendirme yapılmamış yatak için farklı debilerde deneyler yapılmıştır. Deneyler, denge oyulması süresi tamamlandığında sonlandırılmıştır. Deney sonunda maksimum oyulma derinliği belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Debi değerlerinin artması ile maksimum oyulma derinliği artmıştır.
- HDS kullanımı tüm debi değerleri için maksimum oyulma derinliğini azaltmıştır.
- HDS ile güçlendirme durumunda, kuyruk suyunun varlığı maksimum oyulma derinliğini azaltmıştır.

6. Teşekkür

Bu makale Uluslararası Su ve Çevre Kongresi'nde (22-24 Mart 2018) sunulmuştur.

7. Kaynaklar

- Balachandar, R., and Kells, J.A. (1997). Local channel scour in uniformly graded sediments: the time-scale problem. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 24(5): 799–807.
- Hogg, A.J., Huppert, H.E., and Dade, W.B. 1997. Erosion by planar turbulent jets. *Journal of Fluid Mechanics*, 338: 317–340.
- M.E. Emiroglu, Kıvrımlı Alüvyal Kanallara Yerleştirilen Üçgen Labirent Yan Savaklar Etrafındaki Temiz Su Oyulması, *Firat Univ. J. Eng.* 24 (2012) 9–17.
- M. Korkmaz, M.E. Emiroglu, Doksan Derece Kıvrım Açısında Köprü Kenar Ayağı Etrafında Oluşan Oyulmanın İncelenmesi, *Firat Univ. J. Eng.* 27 (2015) 21–33.
- M.C. Tuna, M.E. Emiroglu, Scour profiles at downstream of cascades, *Sci. Iran.* 18 (2011) 338–347. doi:10.1016/j.scient.2011.05.040.
- B. Dargahi, Scour development downstream of a spillway, *J. Hydraul. Res.* 41 (2003) 417–426. doi:10.1080/00221680309499986.
- A.J. Peterka, *Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators*, (1984) 6–30.
- A.M. Yanmaz, M. Apaydın, Mevcut Akarsu köprüleri A It Yapı Elemanlarının Rıprapla Korunmasına Yönelik Değerlendirmeler, in: 2nd Symposium on Bridges and Viaducts, 2011. doi:10.13140/2.1.2740.1922.

- Rajaratnam, N., and Macdougall, R.K. 1983. Erosion by plane wall jets with minimum tailwater. ASCE Journal of Hydraulic Engineering, 109(7): 1061–1064.
- Mohamed, M.S., and McCorquodale, J.A. 1992. Short-term local scour. Journal of Hydraulic Research, 30(5): 685–699.
- W. Steve L, Investigation of beach sand trafficability enhancement using sand-grid confinement and membrane reinforcement concepts., 1981. doi:07377957.
- R. Bathurst, R. Karpurapu, Large-Scale Triaxial Compression Testing of Geocell-Reinforced Granular Soils, 16 (1993) 296–303. doi:10.1520/gtj10050j.
- R. Gourves, P. Reiffsteck, J.F. Vignon, G. den. Hoedt, R.J. TerMaat, I.G.S.D. International Geosynthetics Society., Study of confinement effect in geocells, in: Eur. Conf. 1st, Geosynth., A.A. Balkema, 1996: p. 1066.
- M.J. Mengelt, T.B. Edil, C.H. Benson, Reinforcement of Flexible Pavements using Geocells, USA, 2000.
- B. Kazerani, G.H. Jamnejad, Polymer Grid Cell Reinforcement in Construction of Pavement Structures, in: Geosynth. '87 Conf., New Orleans, USA, 1987