

YASS'nin DRENAJ HENDEKLERİ İLE DÜŞÜRÜLMESİNİN BİR ŞEV DURAYLILIĞI ÖRNEĞİNDE İNCELENMESİ

Niyazi Uğur TERZİ, Murat Ergenekon SELÇUK
YTU Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü
Beşiktaş/İSTANBUL

e-posta; nuterzi@yildiz.edu.tr, meselcuk@yildiz.edu.tr

ÖZET

Ülkemiz karayollarındaki şev göçmeleri üzerinde yapılan araştırmalarda, şev göçmelerinin birincil nedeninin su etkisi (YASS yüksekliği) olduğu belirlenmiştir. YASS etkeninden hemen sonra % 37 ile ayırışma, % 28 ile dik yamaç problemleri, % 23 ile zemin koşulları ve % 12 ile diğer nedenler sıralanmaktadır. Bu çalışmada problemleri bir şev geometrisi modellenmiştir. Şev yüzeyinde bulunan YASS'i drenaj hendekleri kullanılarak kademeli olarak düşürülmüş ve her aşamada şev duraylılığı STABLE şev analizi programında analiz edilerek su seviyesi değişiminin şev güvenliğine etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler. *Şev duraylılığı, Drenaj Hendekleri, YASS*

ABSTRACT

In this study, a slope stability problem which include high ground water table has been analysed numerically. In order to be able to understand the GWT effect on the stability of slopes, GWT has been lowered step by step by using trench drains and each stage has been analysed numerically by utilizing a slope stability analysis called STABLE. The results obtained from the numerical analysis were evaluated to determine the relationship between GWT level and factor of safety of the slope against sliding.

Keywords: *Slope Stability, Trench Drains, GWT*

1. GİRİŞ

Yatayla belli bir açı yaparak duran yeryüzü şekillerine şev denir. Şevler doğal ortamda bulunabildikleri gibi insan yapımı da olabilirler. Şev ortamlarında yüzey yeterli açısız düzlemde değilse yerçekimi etkisinin bileşkesi ile zeminin aşağıya doğru hareketi meydana gelir ve şev duraylılığını kaybederek göçme mekanizması tetiklenir. Şev duraylılıklarının değerlendirilebilmesi için topografik ortamda sıklıkla karşılaşılan doğal şevlerin, kazı şevlerinin ve kontrollü sıkıştırılmış şevlerin göçmeye karşı güvenliklerinin bilinmesi gereklidir. Güvenliği incelenecek her hangi bir şev için, göçmeye neden olan etmenler belirlenmeli ve güvenliği artırıcı yada azaltıcı faktörler göz önüne alınarak hesaplamalar bütüncül bir yaklaşımla yapılmalıdır.

Yapılan hesaplamalar, olası kayma yüzeyleri boyunca oluşabilecek kayma gerilmeleri ile o yüzeyde bulunan kayma dayanımı değerlerinin birbirleri ile karşılaştırması temeline dayanmaktadır. Günümüzde her türlü şevde kullanılacak bir analiz yöntemi halen bulunamamıştır. Yapısal analiz yöntemlerinde olduğu gibi, zemin kütlesi iç gerilmelerini basitleştirici varsayımlarla ve sürekli ortam mekaniği ile çözümlene girişimlerine karşın bu yöntem tam olarak geliştirilememiştir. Hâlihazırda şev duraylılığı problemleri "Limit Denge Analizi" yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Limit Denge Analizi yönteminde şev ortamında bir göçme mekanizması kurulmakta, hareketi doğuran kuvvetler analiz edilerek, bu kuvvetler göçmeye karşı direnen kuvvetlerle karşılaştırılmaktadır.

2. ŞEV GÖÇMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Şev duraylılığı problemlerinde şev hareketlerini sınıflandırmak için belirli esaslar alınır. Bunlar kısaca;

- Hareketin tipi boyutu nedeni ve miktarı
- Zemin suyu içeriği
- Malzeme cinsi
- Hareket eden kütledeki malzemenin makro ve mikro dokusu

Kitle hareketleri serbest yüzeyli ve serbest yüzeyli olarak iki ana grupta değerlendirilebilir. Serbest yüzeyli hareketler akma ve kayma olarak adlandırılırken, serbest yüzeyli hareketler çökme olarak tanımlanır. Kayma ve akma türü şev hareketlerinin birbirinden farkı, hareket eden kütlelerin durağan temel kısmından ayrılan yüzeyde oluşmasıdır. Viskoz ve plastik bir davranış gibi oluşan akmada sürekli şekil değiştirmeler oluşup ve kayma yüzeyi meydana gelmezken, kayma türü göçmelerde bir kayma yüzeyi ortaya çıkmaktadır. Şev duraylılığı analizlerinde en çok karşılaşılan göçme türü kayma türü göçmelerdir.

3. ŞEV DURAYLILIĞINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Heyelanlar oluştuğu bölgede can kaybına neden olmalarının yanında ulaşım ve enerji nakil hatlarına, baraj göllerine, tarım arazilerine ve konutlara oldukça büyük zararlar vermektedir. Dünya genelinde yaşanmış şev göçmelerinde çok büyük can ve mal kayıpları yaşanmıştır. İsviçre'nin Elm kasabasında 1881 yılında terk edilen bir taş ocağında meydana gelen şev göçmesi sonucu 10 milyon m³ moloz ve kaya yerleşim yerlerine doğru hareket etmiş ve 115 kişi hayatını kaybetmiştir. Panama kanalı inşaatı için mühendisler 70 milyon m³ kazı öngörürken, inşa sırasında oluşan şev hareketleri ile bu rakam 175 milyon m³'e ulaşmıştır. 1963 te İtalya'daki Vaiont Barajındaki bir heyelan alanı harekete geçmiş ve 240 milyon m³ malzeme baraj havzasına dolarak su taşkınına neden olmuştur. Taşkının beraberinde götürdüğü çamur yığını altında 2000 insan hayatını kaybetmiştir. 1971 yılında Japonyada meydana gelen deprem ve hemen ardından başlayan Muson yağmurları sonrası oluşan şev göçmeleri 5000 konutu yıkmış ve 180 kişi hayatını kaybetmiştir.

Ülkemizde meydana gelen doğal afetler içerisinde heyelan göçmelerinin de büyük bir payı vardır. Genel olarak afetlerin sınıflandırması yapıldığında afetlerin % 64'ü deprem, % 17'si şev göçmesi % 15'i su baskını %4'ü yangın ve % 1'i çığ düşmesinden oluşmaktadır. 1950-2004 yılları arasında ülkemizde yaklaşık 4000 heyelan meydana gelmiş, bu heyelanlardan yaklaşık 3500 yerleşim yeri etkilenmiş ve 6500'e yakın konut dolaylı veya dolaysız olarak zarar görmüştür.(Ünsal 2005) Ülkemizdeki son 20 yıl içerisinde hatırdaki kala büyük heyelanlardan bazıları şunlardır;

23 Haziran 1988'de Maçka Çatak'ta meydana gelen heyelanda 65 kişi hayatını kaybetmiştir. 13 Temmuz 1995'te aşırı yağış sonrasında Isparta Senirkent'te oluşan heyelanda 74 kişi ölmüştür. Bütün bu örnekler bakıldığında doğal ortamda var olan veya insan yapımı şevlerde duraylılığa etki eden en önemli etkenlerin şunlar olduğu söylenebilir. (Öztürk 2002)

Zemin ortamında gerilme artışına neden olan etmenler

- Şev tepesindeki sürüş yüklerinin artması veya deprem titreşimlerinin şev hareketini tetiklemesi
- Şev içerisindeki boşluk suyu basıncının artması
- Gerilme çatlaklarına su dolması
- YASS ani alçalması
- Topukta malzeme kaybı oluşması

Zemin ortamında kayma direncinin azalmasına neden olan etmenler

- Aşınma ve yıpranmalar
- Kuru ortamın aniden su ile buluşması
- Zeminin su emerek şişmesi
- Çimentolaşmış malzemenin su tarafından ufalanması

3.1. Şev Göçmelerinde Su Etkisi

Sıralanan faktörlerde de görüldüğü gibi şev dengesini en fazla etkileyen etmen; suyun şev ortamındaki varlığıdır. Ülkemizde meydana gelen hemen bütün şev göçmelerinin yağış mevsimi olan bahar aylarında görülmesi bu bakımdan rastlantı değildir.

Şeve etkileyen hidrostatik kuvvetler yüzey ve yer altı suyu olarak değerlendirilir. Yüzey suları şevin toplam gerilmelerde ortaya çıkardığı artışlar ve yüzey aşındırmaları ile şevi etkiler. Zemine giren su ise şevdeki kapiller kuvvetleri ortadan kaldırarak, doğal çimentolaşmayı çözer ve akışa geçen su ile piyezometrik kotu arttırarak şev güvenliğini azaltır.

4. ŞEVLERDE DRENAJ YÖNTEMLERİ

Genel olarak geoteknik mühendisliği problemlerinde drenaj uygulamaları başlıca şu amaçlarla yapılır.

- Zeminin taşıma gücünü arttırmak
- Zeminin sıkışabilirliğini azaltmak
- İstinat türü dayanma yapılarının arkasındaki yatay basınçları azaltmak
- Şev duraylılıklarını arttırmak
- Dolgu türü yapılarda don kabarmalarını engellemek
- Sıvılaşma potansiyeli azaltmak

Drenaj yüzeysel ve yer altı drenajı olarak iki sınıflandırma altına değerlendirilir. Bu çalışma kapsamında yer altı drenajı irdelenecektir.

4.1. Yeraltı Drenajı

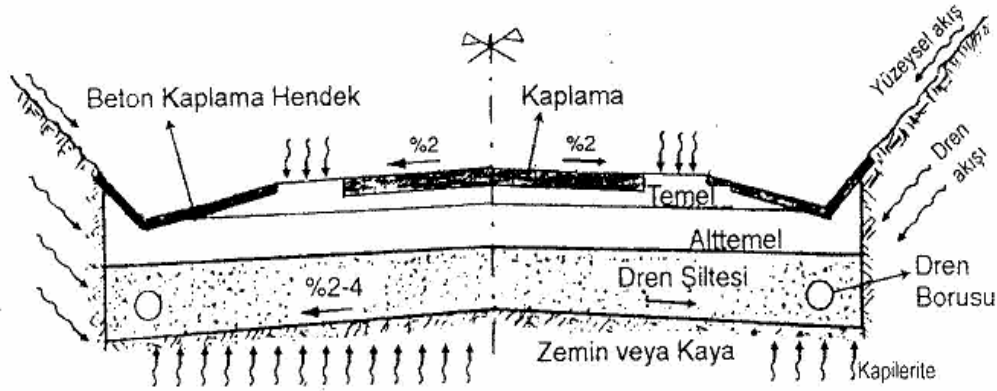
Yer altı drenajı, drenaj yapılacak araziye yerleştirilecek enine veya boyuna drenaj hendekleri bunlarla bağlantılı olan veya dren boruları ile gerçekleştirilir. Zemine uygulanacak drenaj sitemine karar vermeden önce arazinin, topografyasına, yeraltı suyu yüksekliğine ve mevsimsel değişimine, zemin tabakalanmasına ve zemin özelliklerine (geçirgenliğine), meteorolojik verilere dikkat edilerek bir genel değerlendirme yapmak gereklidir. Bunun yanında sürdürülebilir ve verimli bir drenaj sistemi için,

- Yüzeysel ve yer altı drenajları birlikte düşünülmeli,
- Yer altı drenajı drenajı zemindeki süzülme sağlayabilecek yerde, derinlikte ve optimum aralıklarda olması sağlanmalı
- Su seviyesi drenaj hendeklerinin derinliği boyunca en hızlı şekilde düşürülmeli
- Drenaj hendeklerinde zemindeki suyu dren edebilecek permeabiliteye sahip uygun dren malzemesinin seçilebilmesi için; debi-dren kabiliyeti ve drenaj geometrisinin uygun çözümlerle belirlenmelidir.

4.1.1. Enine yüzey altı drenaj yapıları

Enine dren yapılan Şek.4.1'de görüldüğü gibi yarma kesitli yollarda yarma şevlerinden önemli ölçüde su gelmesi halinde kaplama altına dren şiltesi olarak yapılmaktadır. Kaplama altına yapılan dren şilte yarma zemininden ve/veya tabandan kapilarite ile gelen suyu kolayca dren edebilmektedir. Yarma hendekleri betonla kaplanarak yarma şevlerinden gelecek suyu tabana iletmeden yolun boyuna eğimi ile dren edilmektedir. Yol tabanının yanal

eğimi yolun çatı eğiminden bir miktar daha fazla yaparak yeraltı suyunun dren borularına daha çabuk dren etmesi sağlanabilir.



Şekil 4.1 Yarmada Dren Şiltesi Uygulaması

4.1.2. Boyuna yüzeyaltı dren yapıları:

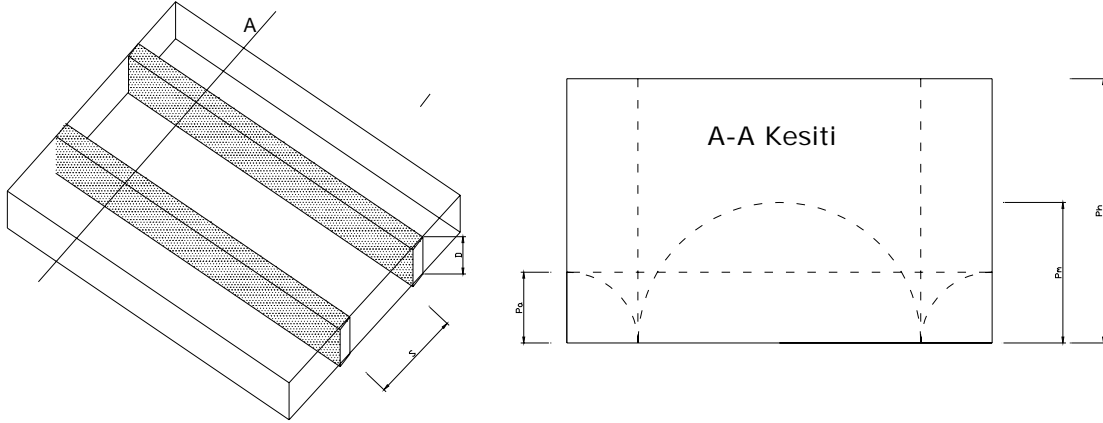
Boyuna yüzeyaltı dren yapıları yapıldığında yol gövdesinden yeraltı suyu dren edilerek zeminin stabilitesi artırılır. Özellikle yarma kesitli yol gövdelerinde yarma şevlerinden süzülen sular yol gövdesinde problem yaratmaktadır. Yarma kesitlerde zemin içinde süzülen sular genel olarak tabii zemine paraleldir. Gerek yarma şevinin gerekse yol gövdesinin stabilitesini korumak için yarma şevi tarafına boyuna yüzeyaltı dren hendekleri yapılır.

4.2. Drenaj Hendeklerinde Dikkate Alınması Gerekli Genel Prensipler

Enine veya boyuna yerleştirilen drenaj hendekleri (Cut-off drain) şev eksenine paralel veya dikey olmak üzere iki şekilde tasarlanabilir. Belirlenebilecek kazı ve destekleme güçlükleri nedeni ile bu tür hendekler genellikle 3-4 metre derinden daha fazla derinlikte yapılmaz. Geleneksel yöntemde suyun şeve geliş yönüne dik olarak kazılan hendeklerin tabanlarına drenaj borusu yerleştirildikten sonra boru etrafına geçirimli granüler malzeme yerleştirilir. Son yıllarda uygulaması hızla artan geotekstillerin kullanımında tabana boru yerleştirildikten sonra geotekstillere boru etrafında bir bohça oluşturulmaktadır. Yabancı dilde bu tür drenlerin konumuna göre farklı adlar verilmektedir. Hendekler (trench drain) su basıncı kontrol edilecek zeminin içinde kalarak işlev yapmaktadırlar. Zayıf zemini geçip alttaki sağlam tabakaya girerek suyu alma yanında, içerdiği iri danelerle dengeye de katkıda bulunan dren çeşitlerine payandalı dren olarak adlandırılmaktadır. Bu tür sığ drenlerde drenler kil ortamlara da yerleştirilmektedir. Killi ortamlara yerleştirilen drenaj hendeklerinin temel amacı suyu dışarı uzaklaştırmak değil, boşluk suyu basıncını istenilen düzeye çekmektir.

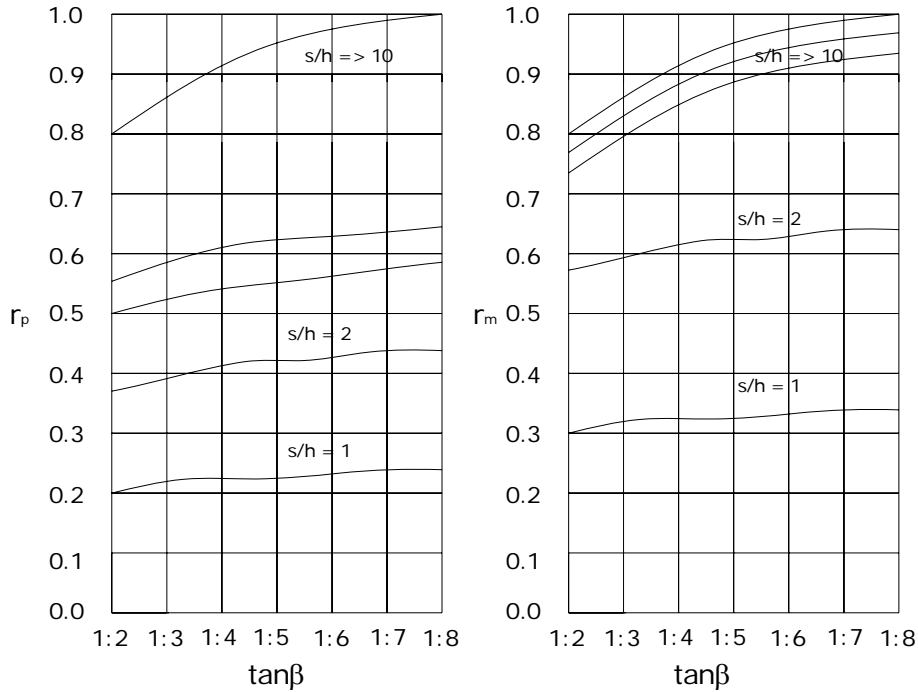
Drenaj hendeklerinin boyutlandırması için birkaç yöntem bulunmaktadır.

Bu çalışmada NAVFAC abaklarından alınan abaklar kullanılmıştır. Bu değerlendirmede "D" derinlik "h" yükseklik ve "s" aralıkta şev eksenine paralel hendeklerin hesaplanmasını içermektedir.



Şekil 4.2 Hendek Yerleşimi (NAVFAC)

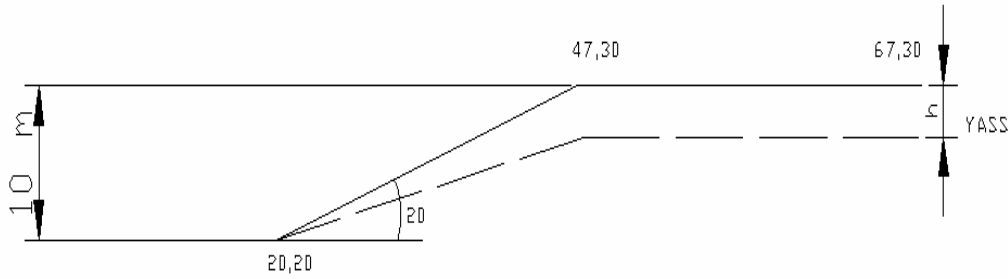
Burada “D” kayma yüzeyi ile zemin yüzeyini arasındaki uzaklığı, “h” yer altı su seviyesi derinliğini, “r” ise normalleştirilmiş piyometrik yüksekliği göstermektedir. Böylece s/h normalleştirilmiş dren aralığı $r_p = P_p / h$ kayma yüzeyinde normalleştirilmiş ortalama piyometrik yüzeyi, $r_M = P_M / h$ ise aynı düzlemde en yüksek piyometrik yüzeyi göstermektedir. Şekil 4.2 bu katsayılar gösterilmekte olup, herhangi bir yamaç eğimi ve dren aralığı için kayma yüzeyinde piyometrik yüzeyler hesaplanabilir.



Şekil 5.2 NAVFAC Abakları

5. ANALİZLERDE KULLANILAN ŞEV KESİTİ

YASS'nin drenaj hendekleri kullanılarak düşürülmesi ve bu sayede şev güvenliği artışının analiz edilebilmesi için bir model şev düzlemi seçilmiştir. Topografyada sıklıkla görülebilecek bir geometride seçilmesine dikkat edilen model şevin yüksekliği 17 m ve genişliği 67 m olarak belirlenmiştir. Şev eğimi 20° olup, YASS yüzeyde varsayılmıştır. Şevin; doğal birim hacim ağırlığı $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ olan granüler zemin ortamında bulunduğu kabul edilerek, kayma dayanımı parametreleri $c = 5 \text{ kPa}$ ve $\phi = 27^{\circ}$ olarak alınmıştır. (Şekil 5.1)



Şekil 5.1 : Şev Kesiti

6. ANALİZLERDE KULLANILAN STABLE PROGRAMI

Stable; şev stabilitesi problemlerini çözmek için iki boyutlu limit denge yöntemini esas alarak hazırlanmış bir bilgisayar programıdır. "Fortran" diliyle yazılmıştır. Güvenlik faktörünü gözönünde bulundurarak dilimleme metoduyla hesaplama yapmaktadır. Kısmi nokta metodu kullanılarak yapılan Stable versiyonunda şekil değiştirmeli, referans noktalı sisteme uyarlanmıştır. Bu metodun programa uyarlanması tasarlanmış düşüm yüzeylerin analizlerine ve bu yüzeylere ait dairesel şekillerin oluşturulmasına yardımcı olmuştur. Stable; tasarlanmış yüzeyler için kritik yüzeylerin ve bunlara karşılık gelen güvenlik faktörlerinin tekli ve rastgele tekniğini göstermektedir. Bu teknik dairesel ve diğer yüzeyleri, bu yüzeylere ait dilimlenmiş blok karakterleri ve sonucu olarak genelde problemlili yüzeylerin rastgele tasarlanmış şekillerini içerir. Stable programının kapsamı şöyle sıralanabilir:

- Birbirine uymayan heterojen zemin ortamları
- Anizotropik zemin, mukavemet özellikleri
- Kaymadan ötürü artık boşluk suyu basıncı
- Statik yeraltı ve yerüstü suları
- Deprem yükleri
- Sürsaj yükleri

Probleme ait dotalar doğru olarak girildiğinde program grafik destekli veri çıkışına olanak sağlamaktadır. Stable hata mesajlarını data girişlerinin programın öngördüğü direktiflere uymadığı yerlerde nokta lokasyonları ile gösterilmektedir. Program, şev geometrisinin girilmesi, zemin özelliklerinin tanımlanması, varsa YASS durumunun geometriye eklenmesi ve analiz yönteminin belirlenmesi aşamalarından oluşur. Analizler, kayma dairelerinin başlangıç ve bitiş yerlerinin seçilmesi ve olası göçme yüzeylerinin derinlik ve genişliklerinin farklı rotasyonlarda denenmesi ile yapılır.

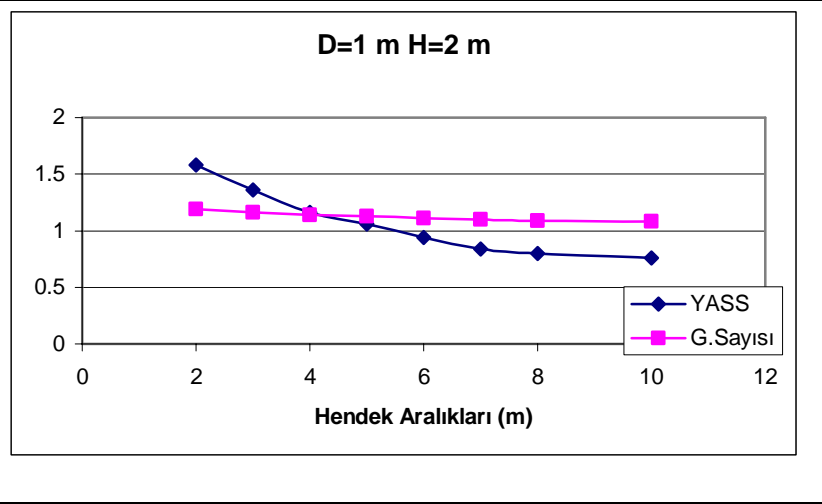
7. ANALİZLERDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Analizler YASS yüzeyde olan bir şeve uygulanan drenaj hendeklerinin, şev duraylılığına olan etkisini incelemek için yapılmıştır. Bu amaçla, drenaj geometrisi sabit tutularak, hendekler arası "s" uzaklığı değiştirilmiş, ve YASS farkları NAVFAC abaklarından elde edilerek STABLE programında modellenmiştir.

Elde edilen sonuçlar şunlardır,

D=1 m ve H= 2 metre boyutlarındaki hendeklerin aralıkları (s) değişimi

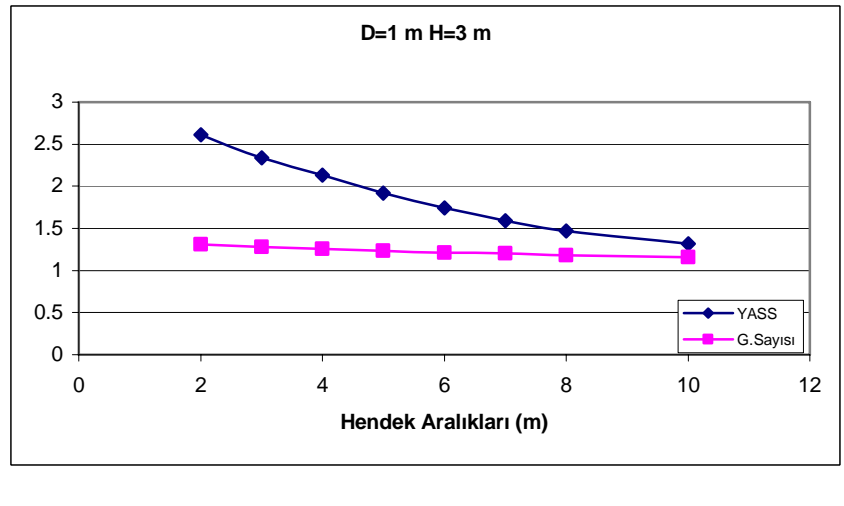
s	Δh	GS
2	1.58	1.19
3	1.36	1.16
4	1.16	1.14
5	1.06	1.13
6	0.94	1.11
7	0.84	1.1
8	0.8	1.09
10	0.76	1.08



Şekil 7.1 D=1 m ve H= 2 metre boyutlarındaki hendeklerin aralıkları (s) değişimi

D=1 m ve H= 3 metre boyutlarındaki hendeklerin aralıkları (s) değişimi

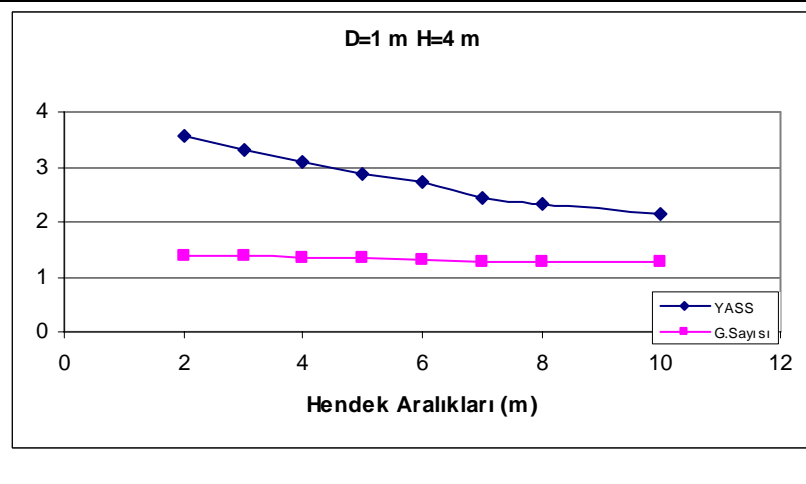
s	Δh	GS
2	2.61	1.31
3	2.34	1.28
4	2.13	1.26
5	1.92	1.23
6	1.74	1.21
7	1.59	1.2
8	1.47	1.18
10	1.32	1.16



Şekil 7.2 D=1 m ve H= 3 metre boyutlarındaki hendeklerin aralıkları (s) değişimi

D=1 m ve H= 4 metre boyutlarındaki hendeklerin aralıkları (s) değişimi

s	Δh	GS
2	3.56	1.4
3	3.32	1.38
4	3.08	1.35
5	2.88	1.33
6	2.72	1.32
7	2.44	1.29
8	2.32	1.28
10	2.16	1.26



Şekil 7.3 D=1 m ve H= 4 metre boyutlarındaki hendeklerin aralıkları (s) değişimi

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada YASS'nin düşürülebilmesi için kullanılan yöntemlerden biri olan Drenaj Hendekleri irdelenmiş ve YASS'nin şev duraylılığına olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla NAVFAC abakları ve Stable Şev analiz programı kullanılarak, su seviyesi değişimi ile güvenlik sayısı arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, drenaj hendekleri yardımı ile düşürülen su seviyesinin şev duraylılığını yaklaşık % 18- 22 oranında arttırdığı hesaplanmıştır. Şev güvenliğini arttırmadaki bu önemli katkısı ve yapım masrafları dışında drenaj hendeklerinin bakım ve işletme masraflarının çok düşük olması drenaj hendeklerinin uygulamalarda tercih edilmesini sağlamaktadır.

9. KAYNAKLAR

- [1] Boydaş M. E. "Etketif Gerilmelerle Şev Stablitesi Analizi" Yüksek Lisans (İTÜ) (1990)
- [2] Duncan J. M. Buckinghami A.L. (1975) "An Engineering Manual For Slope Stability Studies" "Newyork"
- [3] D.S.İ. (1987) Yamaç ve Şevlerin Stablitesi – Dayanma Yapıları Semineri "Samsun"
- [4] NAVFAC Abakları
Önalp A. Arel. E. "Geoteknik Bilgisi" Birsen Yayınları
- [5] Terzaghi Peck R.B. (1950) Soil Mechanics in Engineering Practices " Newyork"
- [6] Öztürk. K. (2002) Heyelanlar ve Türkiye Etkileri G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22 Sayı 2
- [7] Tatar O. vd (2005) "Aktif Fay Zonları ve Heyelanlar : 17 Mart 2005 Kuzulu (Koyulhisar) Heyelanı. (Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi Nisan 941 Sayı)
- [8] Ünsan N. " Heyelanlar ve Kitle Hareketler" Bayındırlık ve İskan Bakanlığı web sayfaları.
- [9] Walker B., Fell R. (1987) "Soil Slope Instability and Stabilization" Sydney