SIKIŞTIRILMIŞ DOLGULARDA DİNAMİK KUVVETLERİN STABİLİTEYE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Murat OLGUN
Arş. Gör.
Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. İnşaat Müh. Bölümü
Konya/Türkiye

M. Hilmi ACAR
Doç. Dr.
Akdeniz Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Bölümü
Antalya/Türkiye

ÖZET

Doğal veya sıkıştırılarak oluşturulmuş yapay şevlerde meydana gelen göçme ve heyelanlar incelendiğinde stabiliteyi bozan en önemli etkenin dinamik etkiler olduğu görülmektedir. Dinamik etkilerle zeminde meydana gelen tekrarlı kayma gerilmeleri boşluksuyu basıncının artmasına ve zeminin kayma mukavemeti açısının azalmasına neden olmakta; dolayısıyla kayma mukavemeti azalmaktadır. Buna ilave olarak deprem etkisi şev üzerinde ek bir yatay kuvvet oluşturmakta ve kayma gerilmelerini de arttırmaktadır. Bu çalışmada da deprem etkisi ile boşluksuyu basıncında meydana gelen artışlar, zeminin kayma mukavemeti açısında meydana gelen azalma ve şev üzerindeki ilave yatay deprem kuvveti etkisi Basitleştirilmiş Bishop dilim yöntemi ile şev stabilite analizine katılmış ve analizin daha çabuk ve hatasız yapılabilmesi için bir şev stabilitesi yazılımı hazırlanmıştır.

Bu yazılımda dinamik kuvvetlerin şevin stabilitesi üzerindeki etkisi farklı başlangıç koşulları ve deprem koşulları dikkate alınarak örnek bir şev kesiti üzerinde incelenmiştir. Tekrarlı kayma gerilmelerinin sebebiyet verdiği boşluk suyu basıncındaki artışın, pik deprem ivmesi, depremin magnitüdü, şevin fay hattına olan uzaklığı ve kayma mukavemeti açısındaki değişime bağlı olduğu görülmüştür. Kayma mukavemeti açısındaki azalma miktarı özellikle depremin magnitüdü ile yakından ilişkili olup, yer altı suyunun varlığı da hem statik hem dinamik durumda stabiliteyi önemli oranda etkilemektedir.

1. GİRİŞ

Sıkıştırılarak oluşturulmuş dolgular veya doğal halde bulunan şevlerdeki stabilite analizi geoteknik mühendislerinin uğraştıkları temel konulardandır. Yükleme koşullarındaki farklılıklar ve özellikle dinamik yükleme stabilite olayının boyutlarını değiştirmektedir. Statik olarak dengede olduğu bilinen birçok şevin depremler sırasında veya sonrasında dinamik kuvvetlerin etkisiyle göçtüğü bilinmektedir.

Tekrarlı kayma gerilmeleri etkisi altında kalmış zeminlerin gerilme-şekil değiştirme ve mukavemet özelliklerinin incelenmesine 1960'lı yıllarda başlanmıştır[1]. Daha sonraları zeminin tekrarlı yükler altındaki davranışı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Zeminlerde tekrarlı kayma gerilmeleri etkisi altında meydana gelen mukavemet kaybının nedenlerinden birisi dinamik yükleme sırasında doygun zeminlerde boşluk suyu basıncının aşırı artmasıdır. Bir örnek vermek gerekirse; kayma mukavemeti açısı $\phi=10^0$ olan zeminlerde deprem magnitüdünün M=5'ten M=9'a yükselmesi halinde boşluksuyu basıncı %400 artmaktadır[2]. Düşük plastisiteli killerde tekrarlı gerilmelerin etkisi ile boşluk suyu basınçları artışına ilave olarak deformasyonlar artmakta, gerilme ve birim şekil değiştirme ilmikleri yatıklaşmakta, rijitlik azalarak iç yapı bozulmakta ve zeminde yumuşama meydana gelmektedir[3]. Killi zeminler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda ön tekrarlı yükleme sonrası elde edilen drenajsız kayma mukavemetinin ve rijitliğin azaldığı gösterilmiştir[4]. Genellikle kendi ülkesindeki depremler sonucu oluşan şev göçmelerini inceleyen Ishihara, deprem sırasında şevlerin göçme potansiyelinin, şev kayma bölgesinin dış merkeze uzaklığına ve depremin magnitüdüne bağlı olduğunu söylemiştir[5].

Şev stabilite analizleri için çeşitli yaklaşımlar olup Bishop limit denge yaklaşımı ile dilim yöntemini kullanmıştır. Bu yaklaşımda güvenlik faktörünü moment dengesinden elde edilmiş ve dilimler arası kayma kuvvetlerinin sıfır, potansiyel göçme yüzeyinin de dairesel olduğunu varsayılmıştır[6]. Bir başka yaklaşımda ise deprem etkisi çeşitli olasılık yoğunluk fonksiyonları ile gelişigüzel değişken olarak alınan sismik katsayı kullanılarak yarı-statik analizle ele alınmış ve stabilite analizi için Fellenius Yöntemi kullanılmıştır[7]. Grivas doğal ve yapay şevler için sismik yükü bir şeve etki etmesi beklenen maximum yatay deprem ivmesi olarak hesaba katmıştır[8]. Bir başka çalışmada Avrupa'daki depremlerde zeminlerde oluşan pik deprem ivmelerini incelemek için uzaklık ve deprem magnitüdüne bağlı yarı ampirik formüller verilmiştir[9].

2. ÇALIŞMANIN AMACI ve KAPSAMI

Zemin yapılarında özellikle dolgu, kazı veya doğal şevlerde stabilite analizi yapılırken, şevin bulunduğu bölgenin depremselliği önemlidir. Depremlerin neden olduğu tekrarlı kayma gerilmeleri genellikle zeminlerde kayma mukavemeti kaybına yol açar. Bunun iki nedeni olabilir. Birincisi tekrarlı gerilmeler nedeniyle boşluk suyu basıncının artması ve efektif gerilmelerin azalması, ikincisi ise tekrarlı kayma gerilmelerinin yol açtığı tekrarlı şekil değiştirmelerin dane yapısında bir yoğrulmaya neden olmasıdır.

Bu çalışmanın amacı depremin etkisi altındaki sıkıştırılmış dolgularda tekrarlı kayma gerilmeleri ile meydana gelen kayma mukavemet kaybını incelemek ve bu mukavemet kaybının şevin stabilitesi üzerindeki etkisini modellemektir. Bu amaçla stabilite analizi için limit denge yaklaşımı ile çözüm yapan Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yöntemi kullanılmıştır. Deprem etkisi ile şeve gelen yatay deprem kuvvetini, zeminin yapısındaki çözülmelerden dolayı kayma mukavemeti açısında meydana gelen azalmaları ve boşluk suyu basıncında meydana gelen artışları içerisine alacak şekilde bir yazılım hazırlanmıştır. Yapılan analizlerde, sıkıştırılmış dolgu stabilitesinin dinamik etkiler altında hangi parametrelere bağlı olarak değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1. Dinamik Etkilerin Stabilite Analizine Katılması

Bir şev kesitinde deprem nedeni ile ortaya çıkan tekrarlı kayma gerilmelerinin boşluk suyu basıncında meydana getireceği artışın büyüklüğü, deprem özelliklerine, şev geometrisine ve şevdeki zemin tabakalarının mukavemet özelliklerine bağlıdır. Seed ve Idriss, deprem sırasında oluşacak ilave boşluk suyu basıncı artış oranı (u) için tekrarlı yüklemenin çevrim sayısına (N), pik deprem ivmesi katsayısına (ap), şev yüksekliğine (H) ve kayma mukavemeti açısına (ϕ) bağlı olarak bir eşitlik vermişlerdir[10];

$$u = (0{,}915.\log N + 0{,}108) \times (0{,}65.a_p.(1\text{-}0{,}0075.H).\cot\phi) \quad (1)$$

Eşitlik 1'e göre boşluk suyu basıncı artışına şev yüksekliğinin etkisi oldukça az olup ihmal edilmesi daha gerçekçi bir yaklaşım olacağından eşitlik;

$$u = 0{,}6.ap.\cot\phi.\log N \qquad (2)$$

şeklinde Bishop Dilim Yöntemi içerisinde kullanılmıştır.

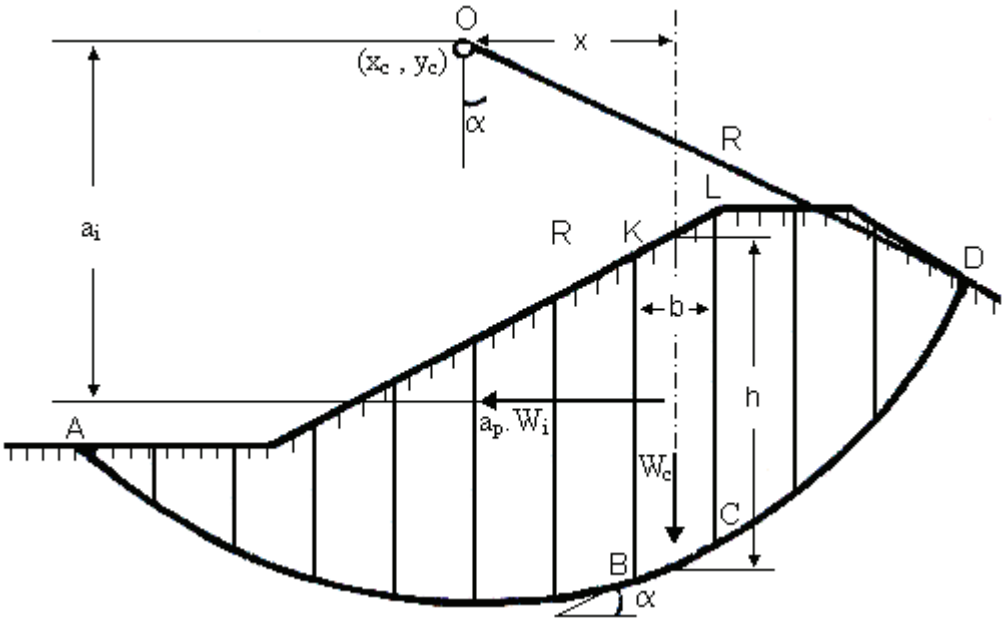
Depremler sırasında bir bölgede oluşacak en büyük ivme değeri bölgenin faya uzaklığına, deprem magnitüdüne, yerel geoteknik koşullarına bağlı olarak literatürde çeşitli azalım ilişkileri cinsinden verilmiştir. Bu çalışmada yerel koşulların etkisi ihmal edilerek, en büyük deprem ivmesini faya uzaklık (R) ve deprem magnitüdü (M) cinsinden veren ;

$$a_p = 0{,}0159.e^{0{,}868M}\,(R + 0{,}0606.e^{0{,}7M})^{-1{,}09} \qquad (3)$$

azalım ilişkisi benimsenmiştir[11].

Depremin neden olduğu tekrarlı kayma gerilmeleri deprem sırasında olduğu gibi depremin sonrasında da kayma mukavemetinin azalmasına sebep olmaktadır. Deprem nedeniyle oluşan tekrarlı şekil değiştirmelerin genliğine bağlı olarak zeminin rijitliğinde bir azalma olmaktadır. Tekrarlı yükleme sonrası zeminlerin kayma mukavemetlerindeki azalmanın modellenebilmesi için zeminin deprem sonrası sahip olduğu bir fiktif kayma mukavemeti açısı tanımlanmalıdır. Eğer zeminin tekrarlı gerilme uygulanmadan önceki kayma mukavemeti açısı biliniyorsa deprem sonrası sahip olduğu fiktif kayma mukavemeti açıları deprem magnitüdü ve şevin faya uzaklığına bağlı olarak hesaplanabilir [2].

Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yöntemine göre bir şevin stabilize analizi yapılırken şeve gelen dinamik kuvvetlerin etkisini dikkate alan ve pik deprem ivmesini kullanan eş değer bir yatay kuvvet ele alınmıştır (Şekil 1). Bishop yönteminde dilimler esas olduğuna göre, her dilimin ağırlığı ile orantılı bir yatay kuvvet hesaba katılmıştır.



Şekil 1. Şev Stabilite Analizi için Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yöntemi

.Her dilime etki eden yatay kuvvetler sonunda toplanarak, kaymaya neden olan momentler kısmında yer almaktadır. Tekrarlı kayma gerilmeleri nedeniyle zeminlerde oluşan boşluk suyu basıncı artışları ve kayma mukavemeti açısındaki azalmalar da hazırlanan bilgisayar programında analize katılmıştır. Burada göre güvenlik faktörü şu şekilde;

$$F_s = \frac{\sum (c'.b + (W - u.b).\tan\phi') / M(\alpha)}{\sum W.\sin\alpha + \sum a_p.W} \qquad (4)$$

olup, c': zeminin kohezyonu, b: dilim genişliği, W: dilim ağırlığı, u: boşluk suyu basıncı, ϕ':zeminin kayma mukavemeti açısı, a_p:pik deprem ivmesi katsayısı, α:şev açısıdır.

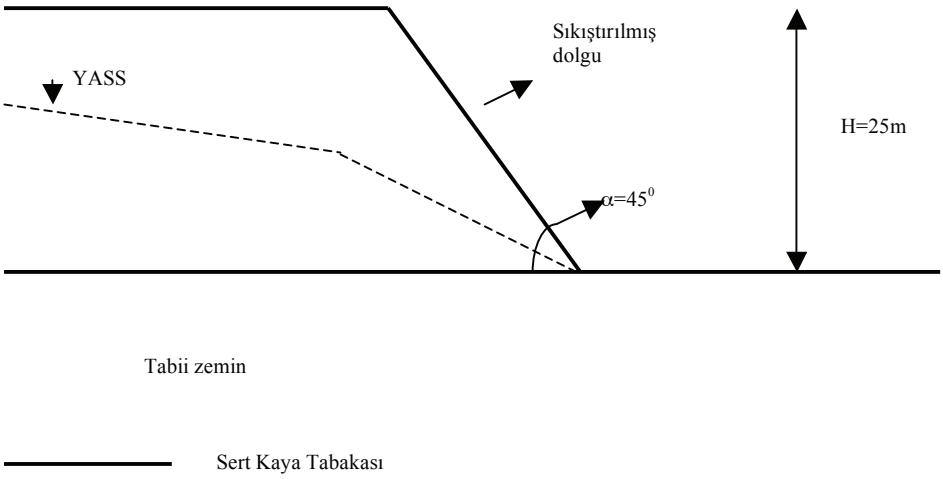
2.2 Dinamik Etkilerin Bilgisayar Programı İle İncelenmesi

Şev stabilite analizinde farklı daire merkezleri için değişik yarıçaptaki kayma yüzeylerine göre en kritik güvenlik sayısının bulunması gerekmektedir. Bu işlemlerin daha hızlı ve güvenli olarak yürütülebilmesi için bir yazılım hazırlanmıştır. Bu yazılımda şev stabilite analizinde bilgisayarla programlamaya en uygun olan ve moment denge denklemine dayanan Bishop Dilim Yöntemi kullanılmıştır.

Stabilite analizi için hazırlanan yazılımın başlıca özellikleri ve avantajları şöyledir;

- Program ile çok farklı tabakalara sahip şevler ele alınabilir.
- Deprem magnitüdü ve şevin faya uzaklığına bağlı olarak pik deprem ivmesi ve sismik güvenlik sayısı hesaplanmaktadır.
- Yarıçap kontrolünde esneklik söz konusu olup farklı daire merkezleri için değişik yarıçaptaki kayma yüzeylerine göre güvenlik sayıları hesaplanabilmektedir.
- Program bir ana program ve dokuz alt programdan oluşmaktadır. Ana program giriş ve çıkış bilgileri için, alt programlar şevin geometrisinin oluşturulması, daire merkezlerinin yerleştirilmesi, yarıçapların hesaplanması, hidrolik verilerin ve dinamik verilerin stabiliteye etkisinin katılması, güvenlik sayılarının Bishop yöntemi ile hesaplanması amacıyla kullanılmaktadır.
- Şev için tanımlanan mekanik ve geometrik veriler SI (System İnternational) birim sistemiyle tanımlanmaktadır.

Sıkıştırılmış dolgularda dinamik etkilerin stabiliteye etkisinin daha iyi gözlenebilmesi için kesiti şekilde verilen, doğal birim hacim ağırlığı 18,5 kN/m^3, kohezyonu 52 kN/m^2 ve içsel sürtünme açısı 20^0' olan örnek bir dolgu göz önüne alınmıştır(Şekil 2.).



Şekil 2. Dinamik analize tabi tutulan sıkıştırılmış dolgu tabakası kesiti

Bu şev dolgusunun stabilite analizi yapılırken farklı 4 durum dikkate alınmıştır;

- Zeminde yer altı suyu yok + Deprem etkisi yok (Statik)
- Zeminde yer altı suyu var + Deprem etkisi yok (Statik)
- Zeminde yer altı suyu yok + Deprem etkisi var (Dinamik)
- Zeminde yer altı suyu var + Deprem etkisi var (Dinamik)

Şev için yapılan dinamik analizlerde deprem magnitütleri M=6, M=7 ve M=8 alınarak hesaplamalar yapılmış, şevin fay hattına uzaklığı; 5, 10, 20, 50 ve 100 km alınmıştır.

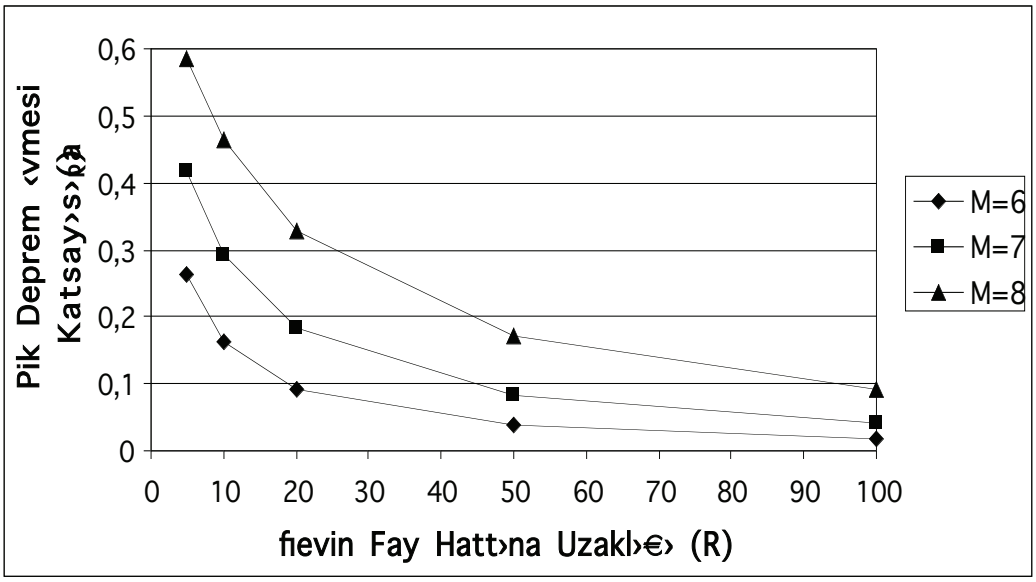
3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şev stabilite analizinde dinamik etkilerin stabiliteye etkisi yukarıda verilen Örnek Problem'den elde edilen sonuçlar çerçevesinde değerlendirilmiştir. Statik analiz sonucu güvenlik sayısı Fs=1,26 olarak bulunmuştur. Sadece statik durum için yapılan analizlere göre şev kesiti içerisinde yer altı suyu tabakasının olması güvenlik faktörünü Fs=1,26'dan Fs=1,11 değerine düşürmektedir. Bu da göstermektedir ki herhangi bir deprem etkisi olmaksızın bile yer altı suyunun varlığı şevin stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

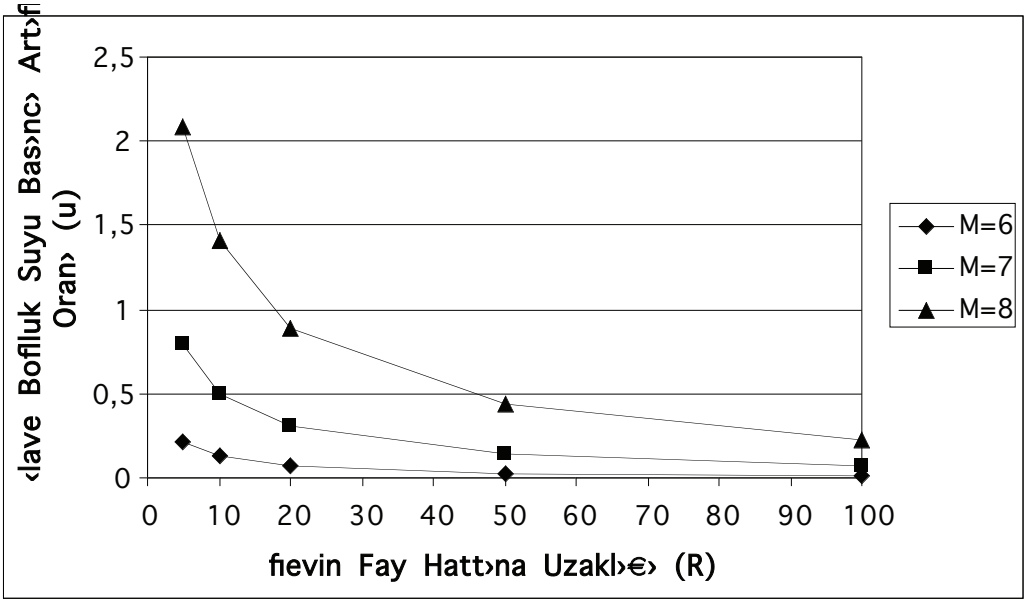
Deprem magnitüdünün M=6 ve uzaklığın R=100 km olduğu durum için pik deprem ivmesi katsayısı a_p=0,0184 iken aynı magnitüdde uzaklık 5 km'ye indiği zaman pik deprem ivmesi katsayısı a_p=0,2635 değerine yükselmektedir. Benzer değişimler M=7 ve M=8 magnitüdleri için de geçerlidir (Şekil 3). Yine Şekil 3'ten de görüleceği gibi aynı mesafelerde farklı magnitüd değerleri için pik deprem ivmesi katsayısı değerleri büyük bir değişiklik göstermektedir. Örneğin; R=5 km ve M=6 için ap=0,2635 iken M=8 için ap=0,585 değerine yani yaklaşık 2,2 katına çıkarken bu artış oranı mesafeler arttıkça daha da büyümektedir. Bu grafik göstermektedir ki pik deprem ivmesi katsayısı deprem magnitüdü ve şevin fay hattına uzaklığına bağımlıdır.

Deprem magnitüdünün M=7 ve uzaklığın R=50 km olduğu durum için ilave boşluk suyu basınç artış oranı u=0,1371 iken aynı magnitüdde uzaklık 10 km'ye indiği zaman ilave boşluk suyu basınç artış oranı u=0,501 değerine yükselmektedir. Paralel artışlar M=6 ve M=8 magnitüdleri için de geçerlidir (Şekil 4). Şekil 4 dikkate alınarak aynı mesafelerde

farklı magnitüd değerleri için ilave boşluk suyu basıncı artış oranı değerleri incelenirse; örneğin, R=20 km ve M=6 için u=0,0722 iken M=8 için u=0,894 değerine yani yaklaşık 12 katına çıkmaktadır. Yine bu artış oranı pik deprem ivmesi katsayısında olduğu gibi mesafeler arttıkça büyümektedir.

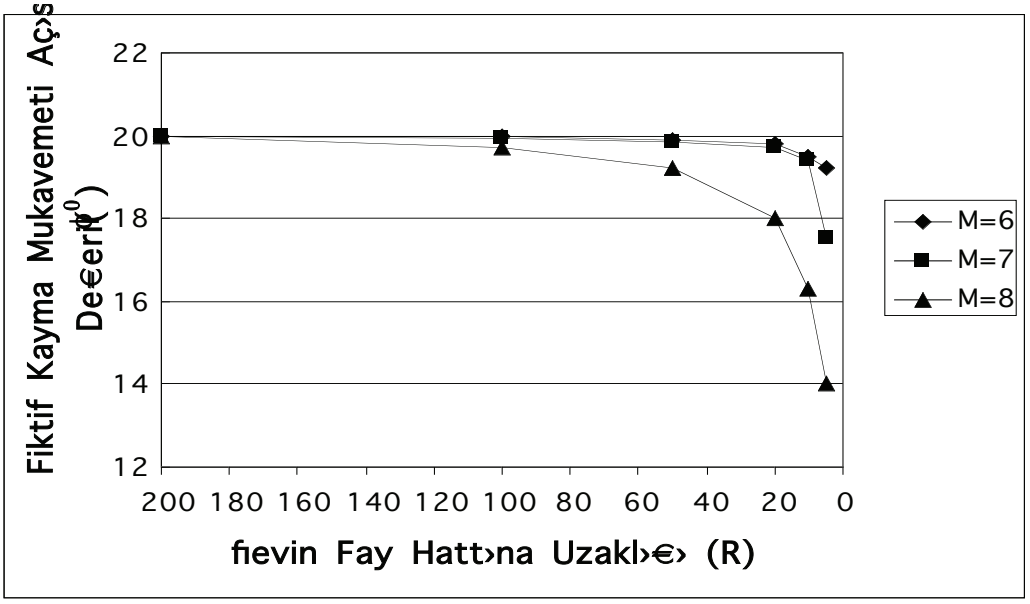


Şekil 3. Deprem Magnitüdü ve Şevin Fay Hattına Uzaklığına Bağlı Olarak Pik Deprem İvmesi Katsayısı Değişimi



Şekil 4. Deprem Magnitüdü ve Şevin Fay Hattına Uzaklığına Bağlı Olarak İlave

Boşluk suyu Basıncı Artış Oranı Değişimi

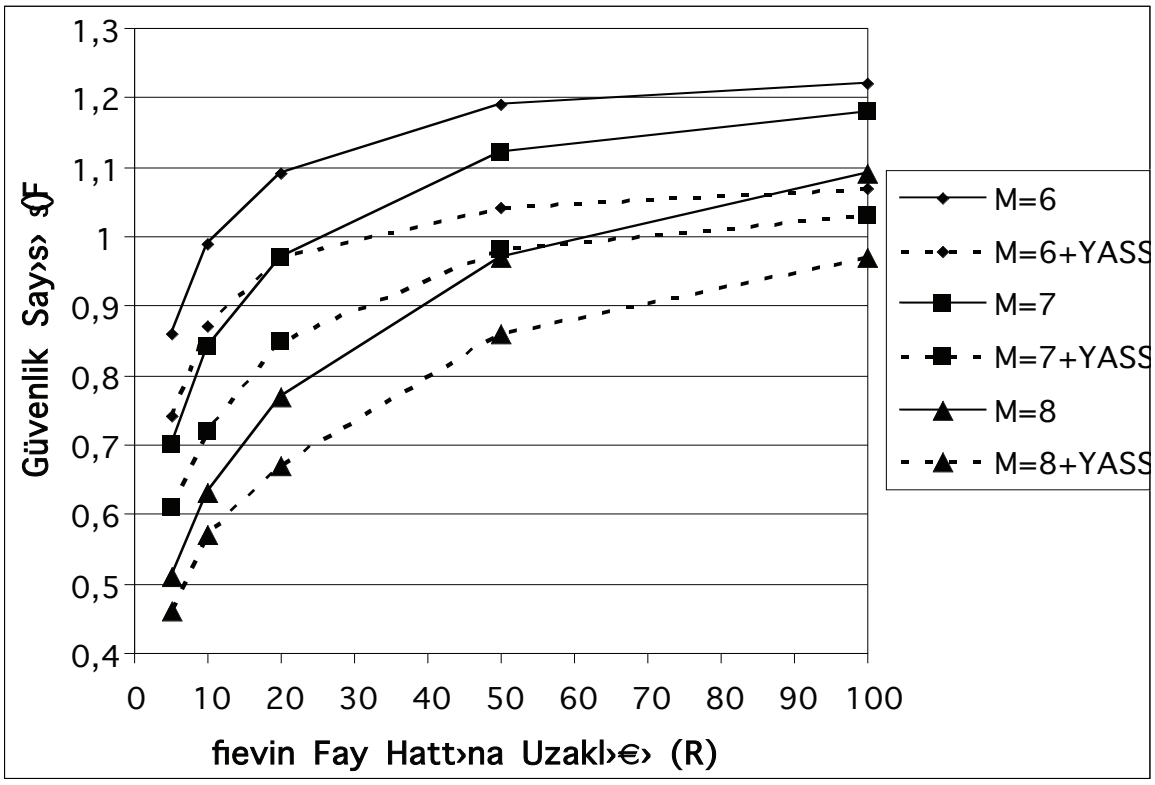


Şekil 5. Deprem Magnitüdü ve Şevin Fay Hattına Uzaklığına Bağlı Olarak Fiktif Kayma Mukavemeti Açısı Değişimi (H=25 m ve $\phi=20^0$ için)

Tekrarlı yükleme sonrası zeminin kayma mukavemeti açısında şev yüksekliğine, deprem magnitüdüne ve şevin fay hattına uzaklığına bağlı değişimler meydana gelmektedir. Şekil 5'ten de görülebileceği gibi R=200 km için depremden hemen hemen etkilenmeyen ve $\phi=20^0$ olan kayma mukavemeti açısı R=5 km iken M=6 için $\phi=19{,}2^0$ değerine, M=7 için $\phi=17{,}5^0$ değerine ve M=8 için $\phi=14{,}0^0$ değerine düşmektedir. Yakın mesafelerde deprem magnitüdünün yüksek değerleri için aşırı bir değişim gösteren kayma mukavemeti açısı, şevin fay hattına olan uzaklığı arttıkça daha küçük değişimler göstermektedir. Şekil 5 göstermektedir ki şevlerde tekrarlı kayma gerilmeleri sonucu kayma mukavemeti açısında meydana gelen azalma birinci derecede deprem magnitüdü, ikinci derecede ise şevin fay hattına olan uzaklığı ile alakalıdır.

Şev stabilite analizinde yalnızca deprem etkisi altında R=5 km iken M=6 için güvenlik sayısı Fs=0,86, M=7 için Fs=0,70 ve M=8 için Fs=0,51 değerini almaktadır (Şekil 6). Deprem magnitüdü M=8 iken R=5 km'de 0,51 olan güvenlik sayısı aynı magnitüd değeri için R=100 km'de Fs=1,09 değerine yani yaklaşık 2 katına çıkmaktadır. Şevde yer altı suyunun (YASS) stabilite üzerindeki etkisini bulmak için yapılan incelemede değişik

deprem magnitüdleri için bulunan güvenlik sayıları Şekil 6'da verilmiştir. Örneğin şevin fay hattına uzaklığı R=5 km ve deprem magnitüdü M=7 için yer altı suyu bulunmadığı durumda güvenlik sayısı Fs=0,70 iken, aynı deprem koşullarında yer altı suyu bulunduğu durum için güvenlik sayısı Fs=0,61 değerine düşmektedir.



Şekil 6. Yer altı suyu Durumu, Deprem Magnitüdü ve Şevin Fay Hattına Uzaklığına Bağlı Olarak Güvenlik Sayısı Değişimi

Göçme için kritik güvenlik sayısının Fs=1 olduğu varsayılırsa; R=20 km ve M=6 için yeraltı suyu bulunmadığı durumda güvenlik sayısı Fs=1,09 olup şev güvenli iken, yeraltı suyu bulunduğu durumda güvenlik sayısı Fs=0,97 değerine düşmekte şev güvensiz duruma gelmektedir. Güvenlik sayılarındaki bu değişimler göstermektedir ki sıkıştırılmış dolgularda stabilite; depremin magnitüdü, şevin fay hattına olan uzaklığı, yeraltı suyunun mevcudiyeti, şevin geometrik özellikleri ve zemin parametreleri olmak üzere birçok değişkene bağlıdır.

4. SONUÇLAR

Sıkıştırılmış dolguların stabilitesi üzerinde rol oynayan pek çok faktör mevcuttur. Statik durumda güvenli olan bir şev dinamik kuvvetlerin etkisi altında stabilitesini kaybedebilmektedir. Depremlerin neden olduğu tekrarlı kayma gerilmeleri nedeniyle şevlerdeki kayma mukavemeti azalmaları iki şekilde yorumlanabilir. Birincisi boşluk suyu basıncının artması ile efektif gerilmelerdeki azalmalar ve buna bağlı olarak kayma mukavemetinin azalmasıdır. İkincisi ise yine tekrarlı kayma gerilmelerine bağlı olarak zeminin rijitliğinde meydana gelen azalma ve çözülmelerdir. Tekrarlı yükleme nedeniyle oluşan boşluk suyu basıncı artışları deprem özelliklerine, zeminin özelliklerine ve şev geometrisine bağlıdır. Deprem magnitüdünün artması, şevin fay hattına uzaklığının azalması pik deprem ivmesi katsayısı değerlerini ve depremin çevrim sayısını arttırmaktadır. Özellikle yakın mesafelerde pik deprem ivmesi katsayısı artışları çok belirgin olmaktadır. Pik deprem ivmesi katsayısı ve çevrim sayısının artması, kayma mukavemeti açısının azalması boşluk suyu basıncını arttıran etkenlerdir. Zeminin rijitliğindeki azalma ve çözülmeleri temsil eden kayma mukavemeti açısı özellikle deprem magnitüdü büyük ve fay hattının şeve yakın olduğu durumda büyük miktarda azalarak zeminin mukavemet kaybetmesine neden olmaktadır.

Dinamik kuvvetler dolayısıyla şevin stabilitesi incelenirken yeraltı suyunun varlığı dikkate alınmalıdır. Yer altı suyu olmadığı durumda sadece deprem etkisi altında stabil kalabilen bir şev, yer altı suyu mevcutken efektif gerilmelerin azalması ve deprem etkisiyle boşluk suyu basıncında meydana gelen artışlar dolayısıyla göçebilmektedir. Statik durumda güvenlik sayısı Fs=1,26 olan bir şevde ele alınan şev kesiti için maximum deprem etkisi görülebilecek ve yeraltı suyunun mevcut bulunduğu durumda Fs=0,46'ya kadar düşmektedir. Deprem etkisi altında meydana gelen eşdeğer yatay kuvvetlerin ve tekrarlı kayma gerilmelerinin zeminlerin kayma mukavemetinde azalmalara ve çözülmelere neden olduğu düşünülerek, değişik büyüklükte deprem riski olan bölgelerde var olan şevlerin stabilite analizi yapılırken yer altı suyu durumu, depremin özellikleri, şevin fay hattına olan uzaklığı, şevin geometrisi ve zemin parametreleri göz önüne alınarak şevin deprem

sırasında ve sonrasında nasıl davranacağı belirlenmeli ve oluşturulacak yeni şevlerde bu değişimler dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Murat Olgun'un 'Sıkıştırılmış Kil Dolgularda Dinamik Etkilerin İncelenmesi' adlı Yüksek Lisans Tez'inden uyarlanmıştır[12]. Çalışmalar esnasında bilgisayar yazılımı konusunda yardımlarını esirgemeyen A. Reşit Kavsaoğlu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Seed, H.B. and Chan, C.K.,. ''Clay Strength Under Earthquake Loading Condition,'' Journal of the Soil Mechanics and Foundations Engineering Division , ASCE, Volume 92, 1966, pp 53-78.
2. Gökmirza, S.B., ''Deprem Etkisindeki Şevlerde Stabilitenin İncelenmesi,'' Doktora Tezi, İ.T.Ü. Müh.-Mim. Fak. Matbaası,İstanbul 1994, sayfa 97.
3. Özay, R., Erken, A., ''Tekrarlı Yük Etkisinde Kalmış Düşük Plastisiteli Killi Zeminlerin Davranışı,'' Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul 26-30 Mayıs 2003, sayfa 1-5.
4. Horii, N., Toyosawa, Y. and Tamate, T. ''Undrain Shear Characteristics of a Soft Clay After Cycling Loading.,'' Proceedings of International Symposium on Pre-Failure Deformation Characteristic of Geomaterials, Sapparo, Japan 12-14 September 1994, pp.113-118.
5. Ishihara, K., ''Stability of Natural Deposits During Earthquakes,'' Collected Papers, Dept. Civil Eng., Vol. 24, Tokyo 1986, pp. 1-56.
6. Bıshop, A.W., ''The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes,'' Geotechnique, Vol. 5, 1954, pp. 7-17.
7. Wu, T.H., Leland, M.K., ''Safety Analysis of Slopes,'' Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol 96, No. 2, March/April 1970, pp.609-630.
8. Grivas, D.A., Asaoka, A.A., ''Slope Stability Prediction Under Static and Seismic Loads,'' Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 108, No. GT5, 1982, pp.713-729.
9. Ambraseys, N.N., ''The Prediction of Earthquake Peak Ground Acceleration in Europe,'' İnternational Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Volume 33, Number 3, April 1996, pp. 107A-107A(1).
10. Seed, H.B., Idriss, I.M., ''Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential,'' Journal Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Volume 97(9), 1971, pp. 1249-1273.
11. Campbell, K.W., ''Near Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration,'' Bull. Seis. Soc., Volume 71, 1981, pp. 2039-2070.
12. Olgun, M., ''Sıkıştırılmış Kil Dolgularda Dinamik Etkilerin İncelenmesi,'' Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak., Konya 2002, sayfa 1-90.