Şev İyileştirmelerinde Kullanılan Kazıklara Uygulanan Deprem Etkisi

Seyhan Fırat[a,*], Bülent Canik[b]
[a]Gazi Universitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
[b]Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

ÖZET

Bu çalışmada, zemin mekaniği problemlerinden biri olan şevlerin stabilitesine depremin etkisi incelenmiştir. Şevlerin stabilite ihtiyacının nereden kaynaklandığından, şev stabilitesinin yöntemlerinden, şev hareketlerine sebep olan faktörlerden ve kazıklarla şev stabilitesinin hesap metotları ve analiz metotları incelenmiştir. Şevlerde deprem etkisi ile oluşan şev deformasyonlarının tamamen ortadan kaldırılması ve/veya duraylılığın sağlanabilmesi için kazıklarla iyileştirme yöntemi kullanılmıştır. Şeve gelen statik ve dinamik yüklerin farklı kazık boylarında, kazık kalınlıklarında ve kazık adetlerinde şevin davranışları incelenip değerlendirmeler yapılmıştır. Şevlerin stabilitesinin kazıklarla sağlanması ve kazıklara etkiyen deprem kuvveti sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiş ve örnekleri verilmiştir. Bu örneklerden elde edilen bulgularla kazıkların deprem esnasındaki davranışları yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şevler, Deprem, Zemin, Kazık, Stabilite

Earthquake Effect on the Pile Used For Slope Stabilization

ABSTRACT

In this study, earthquake effect on the slope stability is investigated. Detailed research is focused especially on the need of slope stability, methods of slope stability analysis, causes of slope in stability problems and piles used for slope stability and its methods of analysis. Piles are used to improve slope stability due to earthquake effect. Various scenarios are investigated in terms of the length of pile, diameter of pile, number of pile etc. due to dynamic and static loads. Slope stabilization with piles is analyzed by finite element method. Earthquake effect on the pile-slope system is concluded.

Keywords: Slopes, Earthquake, Ground, Piles, Stability

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Şev stabilitesi araştırmalarının amacı zemin yapılarında, kazılarda ve dolgularda ekonomik ve güvenli çözümler elde etmektir. Bu açıdan ilk aşama geoteknik, malzeme, çevre ve ekonomik parametrelerin detaylı araştırmasını kapsar. İkinci olarak incelenen şeve en uygun stabilite analizini belirleyebilmek için şevin büyüklüğünün, doğasının ve olası göçme nedenlerinin araştırılması gerekmektedir. Konunun bu özellikleri çoğunlukla, mühendislik jeolojisinden, zemin ve kaya mekaniğine kadar değişen disiplinler arası çalışmaları zorunlu kılmaktadır. Gerçekçi bir şev analizi topografya, jeoloji, malzeme özelliklerini ve yükleme koşullarını kapsayan birçok faktörü içine almalıdır. Büyük yol inşaatları ile baraj inşaatlarında zemin kaymalarına (heyelanlara) sık rastlanır. Yamaçlar üzerine yapılan büyük yapılar da, bazı hallerde, kaymalara neden olur. Kaymalar sonunda, bu yapılarda zarar büyük boyutlara ulaşabilir. Bu nedenle, kaymaların incelenmesi güncel bir sorundur. Her ülkede bu sorunun en güvenilir ve en ekonomik biçimde çözümlenmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

* *Sorumlu Yazar (Corresponding Author)*
e-posta: sfirat@gazi.edu.tr
Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17 Sayı 1, 31-34

Kara ve demiryolları standartları yükseltilmiş, güzergah seçimi için zemin özelliklerinin ayrıntılı olarak incelenmesi önem kazanmıştır. Zira dolgu ve yarmalar yapılarak heyelanların meydana getirildiği görülmüştür. Ayrıca büyük yerleşme bölgelerinde arsaların çok pahalı ve az olması nedeni ile az güvenilir yamaçların bile kullanılması zorunlu olmakta, bu gibi yamaçlarda stabilite güvenliğinin sağlanması bakımından ekonomik ve güvenilir önlemler aranmaktadır. Zemin kaymaları mekanizması birçok araştırıcı tarafından incelenmiş ve birçok kriter verilmiştir. Stabilite güvenliğinin arttırılmasında alınacak önlemleri saptamak için, stabiliteyi bozan nedenleri bilmek gerekir.

Karşılaşılan heyelanların büyük bir kısmı, aşırı boşluk suyu basıncı nedeni ile meydana gelmektedir. Yeraltı suyu seviyesinin yükselmesi, boşluk suyu basıncının artması ile zeminin kayma mukavemeti azalmakta ve kaymalar meydana gelmektedir. Bu yüzden ilk önlem olarak boşluk suyu basıncının kontrol edilerek, arazinin kurutulması genel bir metot olarak geliştirilmiştir. Fakat bu muhtemel bir heyelana karşı kesin bir önlem değildir; Drenaj ile birlikte kayması muhtemel zemin kütlesinin önüne, klasik biçimde bir istinat duvarı veya bir palplanş perdesi yapmak düşünülebilir. Kayma düzlemlerinin çok derinde olması, istinat duvarının kazı ya-

pılarak, kayma düzlemi altında yapılmasını gerektireceğinden, her zaman istinat duvarı ile bir toprak kütlesinin tutulması güvenli ve ekonomik olmayabilir.

Derin bir palplanş perdesinin yapımı sırasında da çakma işlemi sonucu zeminde büyük titreşimler meydana geleceğinden yamacın kaymaya karşı güvenliği azalabilir. Ayni zamanda, çakma işleminde kullanılan teknik, araç ve gereçler belli bir derinliğe kadar kullanılabilir. Bu sebepten dolayı şev stabilitesinde kullanılan kazıkların imali söz konusudur. Bu kazıkların şev üzerindeki konumu, kazık boyu ve kazık çapı kayma bölgesindeki kaymaya karşı koyan kuvvetlere ek kuvvetler sağlayarak stabiliteyi artırılmaktadır. Bu kazık perdeleri arkasındaki zemin kütlesi içinde oluşan sıkışma etkisi ile belli uzunluktaki bir bölgede zemin daneleri de kazıklarla birlikte sürekli bir perde olarak çalışarak, kayan kütlenin desteklenmesine yardımcı olacaklardır.

Bu araştırmalardan, K.E. Peterson'un (1916) yılında kayma yüzeyinin dairesel silindir olduğunu bildirir raporu önemli bir çalışma olarak görülmektedir. Aynı konuda Fellenius önemli çalışmalar yapmış olup, uygulamada çok geçerli olan sonuçlara varmıştır. Fellenius, 1927 senesinde Erdstatische Berechungen (1927) adlı eserinde, kohezyon ve içsel sürtünme açısını içeren bir "Şev Stabilite Analizi" yöntemi geliştirmiştir. Daha sonraları Terzaghi'nin zemin mekaniğine kazandırdığı geniş boyutlardan yararlanan araştırıcılar, heyelan konusunu daha ayrıntılı olarak incelemişler ve önemdi sonuçlara varmışlardır. Bunlardan Krey, Gilboy, Frontard, Resal, Caquot, Jaky, heyelan sorununu grafik ve analitik olarak çözme girişiminde bulunmuşlardır. Ayrıca Rendulic, kayma yüzeyini logaritmik spiral olarak kabul edenlerin başında gelir. Taylor, bütün bu çalışmaları içeren ve karşılaştıran bir makale yayınlamıştır.

Bu konuda son gelişmeler, Bishop ve Morgenstern, Morgenstern, Morgenstern ve Price'in çalışmalarında görülmektedir. Bu çalışmalarda bir yönden stabilite analiz yöntemleri geliştirilirken diğer yönden de laboratuar yöntemlerinin geliştirilmesi ve ortaya konan yöntemlerin uygulama sınırlarının genişletilmesi amaçlanmıştır. Bjerrum ve Skempton bu alanda oldukça başarılı sonuçlara ulaşmışlardır.

Bugünde heyelan olayları, mühendisler ve araştırıcılar için büyük problemler içermektedir. Kayma yüzeyinin belirlenmesi için, kullanılan, 0 dairesi, dilim metodu aşağı yukarı aynı sonucu vermektedir. Bu yöntemlerden herhangi birinin uygulanması ile yapılan analizlerde güvenlik sayısının 5 ile 6 olmasına rağmen heyelanlara yine de rastlanmaktadır.

Bu çalışmada birinci bölümde şev stabilitesininönemi açıklanmış, İkinci bölümde şevlerin stabilizasyonunda bu zamana kadar yapılan çalışmalar ve stabilizasyonun çeşitleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde şev stabilitesinin amaçları, neden olan faktörler ve analiz çeşitleri üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde şev stabilizasyonunda kullanılan analiz metotları anlatılmıştır. Beşinci bölümde kazıklı şev stabilitesinin kazıklarla sağlanmasının hesap yöntemleri anlatılmıştır. Altıncı bölümde şevlerin stabilitesinin sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmış örnekleri verilmiş ve bu analizler ışığında kazıklara gelen deprem etkisi kıyaslanmıştır [1-3].

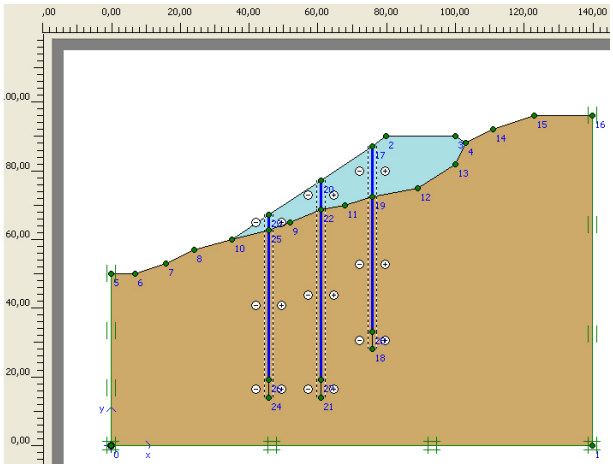
2. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

2.1 Bolu Dağı Geçişi Şev Kayması (Slope Failure of Mount Bolu Transition)

Ankara-İstanbul'u birbirine bağlayan Anadolu Otobanın Bolu-Düzce arasında, Kaynaşlı ilçesine 20 km kala Bolu Dağı tırmanma şeridinde 12 Kasım 1999 Düzce depreminde yol şevinde kayma oluşmuştur. Bu yapay şev deprem öncesi kendini tutarken deprem kuvveti ile 30m'lik bir kayma oluşmuştur. Bu çalışmada bu yapay yol şevi verileri kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile şevin vaka analizi yapılmıştır.

Bolu Dağı yamaçlarında olan bu şev, yapay bir şevdir. Yol yapılırken zemin yüzeyi doldurularak yolun kırmızı kotu oluşturulmuştur. Burada kullanılan şev zeminini ve dağ yamacını iki farklı zemin katmanı olarak tanımlanmıştır. Bu şeve belirli aralıklarla kazıklar çakılarak deprem etkisi uygulayarak da deformasyon durumu incelenmiştir.

Bu mevkideki şev analizi yapılmış ve şevi oluşturan zemin katmanları ve bu katmanların yükseklikleri ve özellikleri elde edilmiştir. Yapılan deney derinliği 26,50 m'dir. Zemin en üst bölgede sıkıştırılmış yol dolgu toprağı yaklaşık 15 m yüksekliğinde bir katmandır. Onun altında sert dağ zemini bulunmaktadır. Değerlerinin alındığı derinlikteki son zemindir. Bu zemin parametreleri kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan programda oluşturulan model Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi iki farklı zemin katmanın durumu modellenmiştir. Tablo 1'de sonuçlar toplu olarak verilmiştir. Bu zemin katmanlarının E, c, γ, k_x, k_y değerleri programda işlenmiştir.



Şekil 1. Bolu-Düzce otoban yolu mevkii modeli

Tablo 1. Bolu Dağı geçişi şevi analiz sonuçları

BOLU DAĞI GEÇİŞİ ŞEV ANALİZİ					
AD NO	**ZEMİN DEFORMASYONU (m)**	**KAZIK NO**	**KAZIK DEFORMASYON (m)**	**KESME MOMENTI (kN/m)**	**EĞİLME MOMENTİ (kNm/m)**
1	1,05	-	-	-	-
2	$39{,}27.10^{-3}$	1	$15{,}95.10^{-3}$	14,54	12,01
		2	$27{,}55.10^{-3}$	14,49	9,61
		3	$23{,}55.10^{-3}$	21,43	-19,65
3	1,26	1	$902{,}50.10^{-3}$	-153,51	-475,24
		2	1,05	222,61	394,67
		3	1,25	408,67	468,68

Tablo 2. Köprü ayağı şevi analiz sonuçları (kazık başları sabitlenmiş)

KÖPRÜ AYAĞI ŞEV ANALİZİ					
AD NO	**ZEMİN DEFORMASYONU (m)**	**KAZIK NO**	**KAZIK DEFORMASYON (m)**	**KESME MOMENTI (kN/m)**	**EĞİLME MOMENTİ (kNm/m)**
2	$17{,}57.10^{-3}$	1	$7{,}47.10^{-3}$	17,65	-29,29
		2	$10{,}79.10^{-3}$	16,99	-46,36
		3	$13{,}97.10^{-3}$	19,14	42,98
		4	$14{,}88.10^{-3}$	6,41	22,61
3	$604{,}57.10^{-3}$	1	$167{,}50.10^{-3}$	-828,29	$2{,}23.10^{3}$
		2	$184{,}25.10^{-3}$	-914,50	$2{,}18.10^{3}$
		3	$192{,}45.10^{-3}$	-309,23	$1{,}14.10^{3}$
		4	$225{,}42.10^{-3}$	215,48	989,04

Tablo 3. Bolu Dağı geçişi şevi analiz sonuçları (kazık başları sabitlenmiş)

BOLU DAĞI GEÇİŞİ ŞEV ANALİZİ					
AD NO	**ZEMİN DEFORMASYONU (m)**	**KAZIK NO**	**KAZIK DEFORMASYON (m)**	**KESME MOMENTI (kN/m)**	**EĞİLME MOMENTİ (kNm/m)**
2	$26{,}22.10^{-3}$	1	$3{,}73.10^{-3}$	-23,38	16,37
		2	$10{,}30.10^{-3}$	-41,46	33,08
		3	$11{,}85.10^{-3}$	-24,19	19,20
3	$405{,}00.10^{-3}$	1	$151{,}73.10^{-3}$	-421,31	448,67
		2	$165{,}42.10^{-3}$	-503,11	442,55
		3	$185{,}86.10^{-3}$	-445,49	403,81

Yukarıda yapılan örneklerde kazık başları serbest haldedir. Aynı örneklerin kazık başları sabitlenmiş ve diğer tüm özellikleri aynı olmak şartı ile incelenirse (Tablo 2-3);

Sabit kazıklarda beklenildiği gibi kazık deformasyon oranları serbest kazık değerlerine göre oldukça düşük çıkmıştır.

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan bu çalışma sonucunda deprem etkisi altındaki şevlerin güvenliğini sağlamada kazıklı ve kazıksız durumlar ile kazık başların serbest ve ankastre olması önemli faktörlerdendir. Kazıksız etkiye bakıldığında, köprü ayağı şevi ve Bolu Dağı geçişi vaka analizlerinde kazıksız durumda deprem etkisi altındaki şevlerin tamamen yıkılmasına sebep olurken kazıklı durumda, kazık başları serbest durum için, köprü ayağı şevinde 3.16 m'lik, Bolu Dağı geçisi şevinde 1.26 m'lik çok büyük deformasyonlara maruz kalmaktadırlar. Kazık başları sabitlendiğinde ise, köprü ayağı şevinde $604{,}10^{-3}$ m'lik, Bolu Dağı geçişinde ise 405.10^{-3} m'lik bir deformasyonlar oluşmaktadır. Kazık başlarının serbest durumu ile kazık başlarının sabitlenmesi durumunda oluşan deformasyonlar arasındaki fark, şev deformasyonunun engellenmesi için çakılan kazıkların başlarının sabitlenmesi gerektiğini göstermektedir. Sabitlenen kazık başları kazıkları şev önünde tekil bir kazık etkisinin dışında bir duvar halini almasını sağlamaktadır. Bu durumda da kazık tarlasının şevin duraylılığına etkisi en üst düzeyde olmaktadır.

Kazıklı durumdaki şevde deprem etkisi yokken yani şevin kendi dinamik ve statik yükleri altındaki davranış hali durumu için kazık başları sabitlenmesi ile sebest bırakılması durumunda, köprü ayağı şevinde $18{,}10.10^{-3}$ m'lik, Bolu Dağı geçişi şevinde $39{,}27.10^{-3}$ m'lik büyük bir deformasyonlara maruz kalmaktadırlar. Buna karşın kazık başları sabitlendiğinde ise, köprü ayağı şevinde $17{,}57.10^{-3}$ m'lik, Bolu Dağı geçişinde $26{,}22.10^{-3}$ m'lik bir deformasyon oluşmaktadır. Bu durum, kazık başlarının sabitlenmesi veya serbest olması depremsiz durum için çok küçük bir etki sağlarken, geçici bir yük olan deprem etkisi halinde şeve çok büyük bir duraylılık kazandırmaktadır.

Doğal şev üzerinde meydana gelen maksimum deformasyonların olduğu yerdeki kazıklarda da deformasyonların en fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum göz önünde tutularak yapılan teorik hesaplarda şevdeki deformasyonun maksimum olduğu yerde yapılan kazık veya kazıkların çapları, boyları ve malzeme cinsi diğer kazıklara göre farklılık gösterebilir. Bu durumda deformasyon daha küçük bir değerde tutulabilir. Yapılan analizlerde, Bolu Dağı geçişi şevinde kazıklardaki deformasyonlara bakıldığında başları serbest ve sabitlenmiş her iki durumda da 3 nolu kazık maksimum deformasyona uğramaktadır. Köprü ayağı şevinde ise kazıklardaki deformasyonlara bakıldığında başları serbest ve sabitlenmiş her iki durumda da 4 nolu kazık maksimum deformasyona uğramaktadır. Bu durumda bize en büyük şev deformasyonlarının bu kazıkların olduğu bölgede oluştuğunu göstermektedir. Bu kazıklar şevin tepe noktasına yakın yerlerdir. Deformasyonun maksimum olduğu bu noktalarda yapılan kazıklar diğer kazıklara göre daha fazla dinamik ve statik yüklerin etkisi altındadır. Bu kazıkların veya kazık guruplarının şev üzerindeki diğer kazık veya kazık guruplarına göre daha farklı ele alınmaları gereklidir. Bunu sağlamak için kazık çapı, kazık aralığı, kazığın malzeme özellikleri değiştirilebilir.

Deprem geçici bir yüktür. Fakat şeve çok büyük bir kalıcı deformasyon getirmektedir. Kazıklar, şev stabilitesine etkiyen veya etkiyebilecek tüm kuvvetlerin uygulamada oluşmasa da teorikte oluşuyormuş gibi kabul edip boyutlandırılarak olumsuz durumlar ortadan kaldırılabilir. Kazıklara en büyük dinamik yükü oluşturan deprem etkisinin öncelikle I. Deprem bölgelerinde hesaba katılmaları gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1) Fırat, S., "Critical Assessment Slope Stability, Lambert Academic Publishing", (2011)
2) Canik, B., "Şev Stabilitesinde Kullanılan Kazıkların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
3) Plaxis 2D, Manuel, (2006).