

established in
2016



MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

Araştırma Makalesi

Taş Sütunların Sıvılaşma Potansiyelinin Azaltılması Üzerindeki Etkisinin Sayısal Çalışması

Gulbahar MAKSUDOVA
Andijan Devlet Üniversitesi, Özbekistan
*Sorumlu yazar: gmaksudova@gmail.com

Geliş Tarihi: 19.10.2020

Kabul Tarihi: 11.11.2020

Özet

Bu çalışmada, ilk aşamada, kum yatağının sıvılaşma potansiyeli FLAC3D yazılımı ile araştırılmış ve sonuçları uluslararası VELACS projesinin sonuçlarıyla doğrulanmıştır. Bir sonraki adımda, üçgen düzenleme seçilerek, kolon grubunun gözenek suyunun aşırı basıncını ve çökmeyi azaltma etkisi araştırılır. Mevcut çalışmada kolonların geometrik özelliklerine göre sonuçlar, merkezden kolonların merkezine olan mesafenin artırılmasıyla, grubun çukurların fazla su basıncını azaltmadaki etkisinin azaldığını göstermektedir. Belli sayıda kolonda kolonlar arası mesafe azaldıkça toprak şişmesi de artar. Kolon çapının 2,5 ila 3,5 katına eşit olan kolonların merkezden merkezine uzaklıkları için kolon grubu çökmeyi azaltmada daha iyi çalışır. Modelde kolon grubu ile kolonların ortasından merkeze olan mesafeye eşit yaklaşık yarıçaplı dairesel şekiller aralığında tepe yükü uygulayarak, kolonsuz duruma göre çökme önemli ölçüde azaltılır.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, zemin ıslahı, kaya sütunları

Numerical Study of Stone Columns Effect on Reduction of Liquefaction Potential

Abstract

In this study, in the first stage, the liquefaction potential of the sand bed was investigated with FLAC3D software and the results were confirmed by the results of the international VELACS project. In the next step, by choosing the triangular arrangement, the effect of the column group to reduce the pore water overpressure and collapse is investigated. According to the geometric properties of the columns in the present study, the results show that the effect of the group in reducing the excess water pressure of the pits decreases by increasing the distance from the center to the center of the columns. As the distance between columns decreases in a certain number of columns, soil swelling increases. For the center-to-center distances of columns equal to 2.5 to 3.5 times the column diameter, the column group works better at reducing the collapse. By applying the peak load in the range of circular shapes with approximately radius equal to the distance from the middle of the columns to the center of the column group in the model, the collapse is significantly reduced compared to the column-free situation.

Keywords: Liquefaction, soil reclamation, rock pillars

GİRİŞ

Son deprem istatistiklerine göre eğilimli bölgelerde depremlerin en yıkıcı etkisi olan sismik tehlikelerden biri de sıvılaşma olgusudur. Bu fenomen dünyada MS 3594'te Niigata ve Alaska'da meydana gelen iki depremle önemli bir sismik tehlike olarak kabul edildi. Sıvılaşma şu anda dünyadaki çoğu araştırma merkezinde sismik jeotekniğin ana alt alanlarından biri olarak incelenmektedir. Doymuş toprak birikintileri sismik hareketler nedeniyle hızlı ve çift taraflı olarak kesildiğinde, toprak gözeneklerindeki su basıncı artmaya başlar. Gevşek şekilde doymuş yapışmaz topraklarda, gözenek suyu basıncı hızla artar ve parçacıkların birbirinden ayrı asılı kalacağı ve bir an için toprağın mukavemeti ve sertliği tamamen kaybolacak şekilde olabilir. Bu fenomene toprak sıvılaşması denir. Doymuş kumlarda sıvılaştırma ile baş etmenin bir çok yöntemi vardır ve taş sütunlar en etkili yöntemlerden biridir. Kaya sütunları, sıvılaştırılmış toprak katmanını iyileştirmek için en az dört farklı işlevi birleştirir. Birincisi, toprağı gerçekten silahlandırmak için yüksek yoğunluklarını, güçlerini ve dayanıklılıklarını kullanırlar. Kaya sütunları, sıvılaştırılmış toprak

katmanını iyileştirmek için en az dört farklı işlevi birleştirir. Birincisi, toprağı fiilen donatan yüksek yoğunlukları, güçleri ve toklukları sayesinde toprağı değiştireceklerdir. İkincisi, yüksek gözenekli su basıncının yükselmesini önleyen yakın drenaj sınırları oluştururlar. Üçüncüsü, uygulama aşamaları, çevreleyen toprakların yer değiştirme ve titreşim etkilerini birleştirerek sıkıştırılacak şekildedir ve son olarak, taş kolonların yerleştirilmesi aşamaları, kolonların etrafındaki topraktaki yanal gerilmeleri artıracaktır. Bu çok sayıda avantaj, taş sütunların kullanımını çok yaygın hale getirir.

1977 yılında Booker ve Seed, taş sütunların çukur aşırı basıncı azaltmadaki etkisini inceleyen ilk kişilerdi (Kirishna, Madhev, 2018). Taş sütunların sıvılaşma potansiyelinin azaltılmasında kullanılmasıyla ilgili olarak farklı araştırmacılar tarafından çok sayıda araştırma yapılmıştır. Genel olarak bu araştırma sayısal araştırma ve laboratuvar yöntemlerine ayrılabilir. Laboratuvar çalışması, kum tabakalarının sıvılaşmasını önlemek için kumlu kanallar üzerinde titreşimli masa deneylerini (Sasaki ve Taniguchi, 1982) içerir. Deneylerinin sonuçları, kumlu drenajın yakınında uyarma sırasında

gözenek suyu basıncının artış oranının küçüldüğünü ve kumlu drenaj varlığında uyarımın bitiminden sonra gözenek suyu basıncının hızla düştüğünü göstermiştir. Madabhushi ve Brennan, (2003) sıvılaştırılmış katmanlardaki bir grup kaya sütunu üzerinde santrifüj modelleri incelediler ve sonucu, sonlu farklar yöntemini kullanarak sayısal analiz sonuçlarıyla karşılaştırdılar. Araştırmasının sonuçları, drenaj grubu içindeki gözenek suyunun aşırı basıncının, grup dışındaki aşırı basınçtan daha az olduğunu gösterdi. Ayrıca derinlikteki noktaların önce, yüzeye yakın noktaların daha sonra boşaltıldığını gözlemladiler.

Elgamal ve Lu (2004), plastik olmayan silt malzemelerdeki taş kolonların sayısal modelini ve laboratuvar modelini araştırdılar. Sayısal model, bir grup taş sütun içeren üç boyutlu bir sonlu eleman modelini içeriyordu ve laboratuvar modeli, taş sütunlu ve taşsız santrifüj deneylerini içeriyordu. Laboratuvar modellerinin sonuçları sayısal analiz sonuçlarını doğruladı ve her iki analiz de taş kolonlar kullanıldığında zemin kütle deformasyonunda bir azalma gösterdi. Bir diğer çalışma, sıvılaşmayı önlemek için yoğun kum titreşimli masaları test

etmek için kumlu drenler ve 1 gr yığınların bir karşılaştırmasını kullandı. Deneysel, (30 × 20 × 15 cm) boyutlarında bir temelin uygulandığı doymuş Firoozkooh kumu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyleri iki durumda düzeltme yöntemleri olmadan ve belirtilen düzeltme yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, yoğun kum yığınlarının sıvılaşmaya karşı etkinliğinin ve ayrıca uyarma sırasında daha düşük toprak çökmesinin azaltılmasının kumlu drenlere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, kumlu drenlerin gözenek suyunun aşırı basıncını azaltmadaki performansı stimülasyondan sonra iyileşir. Brennan ve Papadimitriou (2007), sıvılaşmanın yapışmaz topraklar üzerindeki etkilerini azaltmada kumlu drenlerin verimliliği üzerine iki boyutlu sayısal bir analiz gerçekleştirdi. Bu analizde sıvılaştırılmış toprağın yüksekliği 35 m olarak kabul edilmiştir. Analizinin sonuçları, ilk sıvılaşmanın 31 metre derinlikte meydana gelmediğini gösterdi. Ayrıca 9 metre derinlikte iyileştirme alanı içi ve dışı alanlar karşılaştırılarak taş kolonların sıvılaşma oluşumunu engellemediği ancak aşırı akım su basıncının düşürülmesini hızlandırdığı gözlemlenmiştir.

Asgari ve arkadaşları, kaya kolonları ve yığınları ile zemin katmanlarını sıvılaşmaya karşı modifiye etmek için sayısal simülasyonlar gerçekleştirmiş ve bu iki yöntemin zemin ivmesi, yanal yer değiştirme, çukur aşırı basınç ve kayma gerilmesi ve gerilmesi gibi bir dizi temel faktör üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Araştırmasının sonuçları, taş kolon malzemelerinin yüksek geçirgenliğinin azaldığını gösterdi. Yanal yer değiştirmenin büyük bir etkisi vardır. Ayrıca, boşluktaki fazla su basıncı, sıvılaşma potansiyelini tahmin etmek için tek başına yeterli değildir ve deformasyonlar da dikkate alınmalıdır. Ayrıca, taş kolonun optimal çapının ve çarpma kazığının belirlenmesinde, yanal yer değiştirme dikkate alınmalıdır. Castro (2014), sert bir temelin altındaki bir grup taş sütunun performansını değerlendirmek için bir dizi iki boyutlu ve üç boyutlu sonlu eleman analizi üzerinde çalıştı. Araştırmasının sonuçları, taş sütunların sayısının ve düzenlenmesinin, yük oturtma eğrisindeki değişiklikler üzerinde en az etkiye sahip olduğunu gösterdi. Ayrıca, çökmenin azalmasını ve taş sütunların kritik uzunluğunu tahmin etmek için, temelin altında yer alan taş sütun grubunun, temelin

merkezinde eşdeğer bir seviyeye sahip bir taş sütun ile değiştirilebileceğini gösterdi. Laboratuvar ekipmanlarının yüksek maliyeti ve bu ekipmanın her zaman mevcut olmaması nedeniyle sayısal araştırma ihtiyacı hissedilmektedir. Sayısal araştırma sonuçlarının geçerliliği ilk etapta net olmadığından, laboratuvar araştırmalarının incelenmesi ve bu iki yöntemin sonuçlarının uygulanması sayısal modellemenin doğruluğunu sağlayacaktır. Bu araştırmada öncelikle kaya kolonları olmadan FLAC3D yazılımı kullanılarak kum yatağının sıvılaşma potansiyeli araştırılmış ve analiz sonuçları uluslararası proje VELACS'ın 1 numaralı deney sonuçları ile doğrulanmıştır. Daha sonra farklı çap ve mesafelerdeki taş kolon grubu modellenerek, taş kolonların grup performansının ve verimlilik aralıklarının etkisi araştırılmıştır.

FLAC3D Yazılımında Sıvılaşma Olayının Simülasyonu

Modeli doğrulamak için, VELACS Tip B projesinin Deney 3'ü kullanıldı. Bu deneyde, alüminyumdan yapılmış 40 dikdörtgen halkadan oluşan bir tabaka kutusunda, 20 cm kalınlığında ve % 40 nispi yoğunluğa sahip tekdüze granülasyonlu bir Nevada kumu tabakası

kullanıldı. Halkalar arasına silindirler takılarak, kutunun içindeki toprak, şoklar sırasında yarı sonsuz bir ortamda kum tabakasının davranışını simüle etmek için yana doğru hareket edebilir. Fourier genişlemesi ve SeismoSignal yazılımı, dalğanın enerjiye sahip olduğu en büyük frekansı elde etmek için (f_{max}) kullanıldı. Santrifüj ivme haritasının Fourier spektrumuna göre, Şekil (1), ivmenin daha yüksek

frekanslara ve daha zayıf enerjiye sahip olduğu ve baskın frekansın 2Hz olduğu ve ana enerjinin 5Hz'lik altta yatan frekanslarda olduğu görülmektedir. Denklem (1) 'e göre zemindeki kayma dalgası hızı 50 m / s'ye eşittir, bu nedenle Denklem (2)' ye göre 3 m'ye eşit en büyük eleman boyutları seçilerek modelden geçilebilecek maksimum frekans 9 Hz'ye eşittir.

$$C_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$$l_{max} = \frac{C_s}{10f_{max}}$$

Sıvılaşma Simülasyonunda Zemin Davranış Modelinin Seçimi

İlk olarak, Mohr-Columbus davranış modeli, zemin malzemelerinin plastik deformasyonunu araştırmak için kullanılmış ve model kendi ağırlığı altında statik olarak analiz edildikten sonra, sıvılaşma olgusunu araştırmak için 1991'te Byrne tarafından önerilen Finn davranış modeli kullanılmıştır.

Malzemelerin Sönümlemesinin Seçilmesi

Bu araştırmada malzeme sönümlemesi için (9) bağıntısına göre Riley sönümlemesi kullanılmıştır. FLAC3D

yazılımında, Riley sönümleme, doğal toprak frekansı (f_{min} (rpm) ve sönümleme katsayısı (ξ_{min}) parametreleri atanarak tanımlanmıştır. Zeminin doğal frekansını hesaplamak için, esnek olduğu ve sıfır sönümlendiği ve çevredeki serbest sınırlara ve sabit bir model zemine sahip olduğu varsayılarak bir model oluşturulur. Dinamik uyarma altında, zamana göre hız veya yer değiştirme fonksiyonu, modelin içindeki bir nokta için çizilir ve saniyedeki salınım sayısı hesaplanır (Zamiran 1391). Bu modelde toprak kütlelerinin doğal frekansı 2 Hz'e eşittir ve

sönümlenme katsayısı kritik sönümlenmenin% 5'ine (0/05) eşittir.

$$(6) \quad C = \alpha M + \beta K$$

Katsayılar β ve α sönümlenme sabitleri sırasıyla kütle ve sertlikle orantılıdır. İki parametrelili FLAC3D yazılımı, f_{min} ve ζ_{min} α , β ve katsayılarını hesaplar.

Modelde Kullanılan Sınır Koşulları ve Dinamik Yükleme

Santrifüj testini modellemek için, 4 kapalı tarafta ve zemin sınırında sert yatakta sınır koşulları dikkate alınmıştır. Modelin altındaki dinamik yükleme, Şekil (2) 'de gösterildiği gibi hızlanma geçmişine uygulanır. FLAC3D'de modelleme için sismik kayıt merkezlerinden çıkarılan ivmeölçer veya ham hız diyagramları kullanılırsa, program çıkışlarda titreşimlerden sonra kalan hız veya yer değiştirme değerlerini gösterebilir. Bu durumda taban çizgisi düzeltilmelidir. Bu, yer değiştirme diyagramında kalan yer değiştirmenin sıfır eksenini etrafında salınması için ilk haritalama hızı diyagramına düşük frekanslı bir dalga uygulanması gerektiği anlamına gelir. Bu amaçla SeismoSignala yazılımı kullanılmaktadır.

Sıvı Akış Analizi

Bu çalışmada, modelin dinamik analizine ek olarak, su tablası değişir

değişmez gözenek basıncı değişiklikleri de dikkate alınacak şekilde eş zamanlı akışkan akışı analizi yapılmıştır. Bu çalışmada, modelin dinamik analizine ek olarak, su tablası değişir değişmez gözenek basıncı değişiklikleri de dikkate alınacak şekilde eş zamanlı akışkan akışı analizi yapılmıştır. Her bölgenin düğümlerindeki gözenek basıncı hesaplanır ve ortalama kullanılarak bölgelere atanır. FLAC3D yazılımındaki sıvı akışıyla ilgili özellikler arasında geçirgenlik katsayısı, sıvı yoğunluğu, biot katsayısı, biot modülü, sıvı hacim modülü ve gözeneklilik bulunur. Bu amaçla, izotropik akış varsayılır ve geçirgenlik katsayısının her üç yönde de aynı olduğu kabul edilir. Zemin malzemelerinin geçirgenlik katsayısı için varsayılan değerler göredir. Analiz sırasında, toprağın tamamen doymuş olduğu ve hapsedilmiş havanın olmadığı varsayılmıştır, bu nedenle (hacim modülü hacim modülü) su 2×10^9 Paskal olarak kabul edilmiştir. Yoğunluğu ise 1000 kg / m^3 olarak kabul edilmektedir. Toprak malzemelerinin yoğunluğundan dolayı, bu malzemeler için biot katsayısı 0.52'e eşittir. Toprak malzemeleri için gözeneklilik miktarı Tablo (1) 'e göre hesaplanır. Modeli analiz ettikten sonra, sayısal simülasyonun sonuçları,

VELACS tip B projesinin 1 numaralı deneyinin sonuçlarıyla karşılaştırılır. Bu karşılaştırmanın sonuçları Şekil (4) ile (7) 'de görülebilir. Bu bölümde sunulan sonuçlara göre, FLAC3D yazılımındaki sivilaşmanın sayısal modeli, VELACS projesinin santrifüj test modeli 1 sonuçları ile geçerli bir şekilde doğrulanmıştır.

Modeli Taş Sütun Grubu ile Kontrolü Dinamik Sınır Koşulları ve Model Yükleme

Modelin geçerliliği santrifüj testi ile değerlendirildikten sonra bu aşamada taş kolonların etkisi grup olarak değerlendirilir. Bu amaçla öncelikle, hesaplama süresinden tasarruf etmek için daha küçük boyutlu, planda 10×10 m boyutlarında ve 10 m derinliğinde bir model ele alınmıştır. Yan kısımlarda serbest bölge sınırları uygulanarak, analiz sırasında dalga yansıması olgusu meydana gelmeyecek ve modelin kenarları, yan kısımlarda, toprak veya kaya malzemeleri yarı sonsuz bir ortamda uzuyormuş gibi görünecektir. Zemin kütleindeki yarı sonsuz sınırları simüle etmek için, modelin dört tarafında da serbest dinamik sınırlar kullanılmıştır. Model zemin aynı zamanda sert bir yatak olarak kabul edilir. Son model VELACS testi aynı ivme haritalamasıyla analiz

edildi. Taş kolonun gözenek suyu basıncını düşürme ve ayrıca kolon etrafındaki zeminin kayma mukavemetini artırmadaki etkinliğini belirlemek için $\frac{1}{2}$ ve 1, 0/6 metre çapında taş kolonlar kullanılmıştır. Taş kolonlar, FHWA (1983) regülasyonunun önerisine göre yüksek sürtünme açılı, düşük yapışma ve yüksek geçirgenliğe sahip tanecikli malzemelerden seçilmektedir. Bu yönetmeliğin tavsiyesine göre, Young'ın taş kolonların agrega katsayısı, bu çalışmada 41 katsayısı kullanılan çevreleyen toprağın 31 ile 41 katı arasında olmalıdır. Taş kolon için kullanılan parametreler Tablo (2) 'de açıklanmıştır. Yönetmeliğe FHWA (1983) göre, iki kare ve üçgen ızgaralar, bir gruptaki kolonları düzenlemek için kullanılır. Büyük bir taş kolon grubunda incelenen taş sütunlar ve çevresindeki toprak tek hücre olarak kabul edilir. Kaya sütununun etrafındaki düzenli çokgen alan, dairesel bir alan kullanılarak tahmin edilmiştir. Taş sütunların üçgen şeklinde düzenlenmesi için, yarıçap birim hücre $De = 1.05S$ 'ya eşittir ve taş sütunun düzenlenme modeli için kare, birim hücreye eşdeğer yarıçap $De = 1.035$ 'ya eşittir. S, merkezden bitişik taş sütunların merkezine olan mesafeye eşittir. Bu araştırmada taş

sütunlar için üçgen düzenleme kullanılmıştır. Taş sütunların kare düzenlemesinin kavitasyon aşırı yüklenmesini azaltmadaki etkisi Hakimpour ve Esmaeili (2015) tarafından araştırılmıştır. Sütunların grup davranışında merkezden merkeze olan mesafenin önemi göz önüne alınarak, merkezden merkeze olan mesafenin sütun (s/d) çapına oranı üzerine duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu amaçla yukarıdaki oran 3, 4 ve 5 metre olarak kabul edilmiş 0/6 ve 1, 0/6 ve 5'lik çaplar için 4,1 m yapılmıştır. Dinamik sınır koşulları ve sıvı akışı sınır koşulları ve gelen hızlanma geçmişi, kolonsuz modele benzer.

1975'de Baez, bazı iyileştirme öncesi ve sonrası alanlarda% 39'dan daha az ince taneli içeriğe sahip temiz kumlu ve tınlı topraklarda SPT deneyleri gerçekleştirdi ve standart penetrasyon, iç sürtünme açısı ve modül için değerler gösterdi. Esneklik. Birim hücre aralığı değişecektir (sonuçlarında yüzey değiştirme oranı (Ar (kullanılmış)) Şekil (8), kaya kolonunun toprakta uygulanmasına bağlı olarak SPT sayısındaki değişimi göstermektedir. Bu çalışmada, kaya kolonunun zemin iyileştirmesine katılımını gözlemlemek için tek hücre aralığında toprak direnci

parametreleri değiştirilmemiştir(Quimby (2015).

Şekil 8- Yüzey değiştirme oranı ile gevşek kumlu toprağın SPT sayısındaki değişiklikler (2015, Quimby). Tablo 2 - Taş sütun için kullanılan parametreler (1983 FHWA).

Taş Kolon Malzemeleri ile Toprak Arasındaki Birleşik Bölümün Unsurları

Zemin ve taş kolonların malzemelerinin farklı olmasından dolayı kolonlar ile toprak arasındaki temas noktasında ortak bölüm unsurları kullanılmaktadır. Dikey yöndeki bir alan (1) bağıntısından hesaplanabilir.

K_s ve K_n , eklem için normal rijitlik ve kayma katılığı olduğunda ve K ve G sırasıyla ekleme bitişik alanların hacmi ve kayma modülüdür ve Δz_{min} , dikey yöndeki alanın en küçük genişliğidir. Bahsedildiği gibi, derzin her iki tarafındaki malzemeler sertlik açısından farklı olduğu için tavsiye edilen kılavuza göre bu ilişki daha az sertliğe (toprak) sahip daha yumuşak kısım için kullanılır. Bu nedenle derz mevsiminin normal sertlik ve kayma sertliği değerleri metre başına 135 MPa'ya eşittir ve derz mevsiminin yapışma ve sürtünme açısı değerleri kaya sütunu etrafındaki toprak gibidir. Deneysel haritalamanın aynı

hızlanmasıyla, son VELACS modeli de analiz edildi. Şekil 9, 1 m çapında ve merkezden merkeze uzaklığı 3 m olan bir kolon grubu için sonlu farklar ızgarasını göstermektedir.

Sıvı Akış Analizinde Geçirgen Sınırlar

Modelin üst sınırları ve taş sütunların çevresel sınırları, yazılıma geçirgen sınırlar olarak tanımlanmıştır. Yani, sıvı dış ortama (veya iç ortama) akabilir. Yerden 3,9 m derinlikte yukarıdaki oranlarda üç çap için üst üste binen boşluk suyu basıncının sonuçları. Taş kolonların gruplar halinde uygulanmasında, grubun kolonları arasındaki mesafenin belli bir miktarın altında olması durumunda toprakta oluşan şişme miktarının arttığı sonucuna varılabilir. Ayrıca s / d oranında 4'e eşit 0,6 m çapa sahip kolonlar grubunda, grubun kolonları arasındaki mesafenin büyük olduğu durumda grubun etkisi kaybolur ve her kolon ayrı ayrı çalışır durumda ise s / d 3'e eşittir (Üç çapın hepsinde) yukarıdaki iki durum arasındaki orta zemindir, grubun etkisi açıkça görülebilir. Elde edilen sonuçlara göre, 3 metreden küçük çaplı kolonlarda, kolonların merkezinden merkeze olan mesafenin kolonların çapının yaklaşık üç katı olduğu söylenebilir. Sütun grubu performansı daha iyi olacaktır. S / d

oranında 4 enflasyon değerine eşit 1 ve 1,2 metre çapında kolonların kullanılması ve ayrıca çökme artış hızının 2'ye eşit s / d durumunda olduğundan daha az olması durumunda ancak s / d 'den 3'e eşittir. 3'lik bir s / d oranında, son döngülerde tortudaki artış oranı diğer iki değerden daha yüksektir ve çoğu sedimantasyon stimülasyon sırasında meydana gelir. 3 drenaj dairesine eşit s / d oranlarında üst üste geldikleri sonucuna varılabilir. Bu nedenle, daha fazla döngüde, yerleşme eğrisinin eğimi daha diktir. Bu nedenle sonuç olarak kolonların merkezden merkeze olan uzaklıkları kolon çapının 2/5-3/5 katına eşit olduğu için kolon grubunun performansının seansız küçültmede daha iyi olacağı söylenebilir.

Taş Kolonların Etkisinin Drenaj İşlevini Dikkate Almadan Araştırılması

Belirtildiği gibi, taş sütunların iki önemli işlevi vardır: Birincisi, çevreleyen toprağın gözenek suyunun drenajı, ikincisi ise çevreleyen toprağın mekanik özelliklerinin iyileştirilmesidir (kesme dayanımı ve sıkıştırma artışı) ve sonuç olarak bu aralıkta gözenek suyu basıncı azalacaktır. Bu amaçla önceki paragraflarda bahsedilen analizler yapıldıktan sonra analizin bu aşamasında

taş kolonların drenaj performansı dikkate alınmaz. Böylece, toprak modeli 1 metre çapında, merkezden merkeze 3 metre uzaklıkta ve düşük geçirgenliğe sahip (çevresindeki toprağın geçirgenliğine eşit) bir grup taş sütunla ve dikkate alınmadan haritalandıktan sonra kolonlardaki drenaj sınırları VELACS projesi analiz edildi.

Son olarak, son analizin sonuçları, taş kolon olmadan model analizinin sonuçlarıyla karşılaştırıldı. Analizin sonuçları Şekil (14) 'te gösterilmektedir. Şekle göre taş kolon grubu kullanılması durumunda kolonsuz duruma göre fazla miktarda boşluk suyu basıncının düştüğü görülmektedir. (Bundan dolayı taş sütunun drenaj etkisi düşünülmediğinden dikkate alınmamıştır.) Bunun nedeni, tek bir hücre aralığında kolon etrafındaki toprak mukavemetinin artması ve kaya kolonları grubu tarafından daha geniş bir alan üzerinde toprak mekanik özelliklerinin iyileştirilmesidir (Baez, değişiklik yapılmasını önermesine rağmen, paragraf 3-1 hükümlerine göre). SPT ve kaya kolonlarının aralığındaki iç sürtünme açısı bu çalışmada dikkate alınmamıştır, ancak kaya kolonlarının çevreleyen zeminin mukavemetini artırmadaki etkisi gözlenmiştir).

Üstten Geçen Modeli Kontrolü

Bu aşamada, kabaca 10 katlı betonarme bir binanın basıncına eşdeğer olan 100 kPa'lık bir basınç, zemin seviyesinde yaygın olarak kabul edilir. Bu amaçla 1 m çapında s / d oranına sahip üçgen dizilimli bir grup taş sütun modeli kullanılmıştır. Zemindeki statik, dinamik ve ivme sınır koşulları, başüstü analiz edilen modellerle tamamen aynıdır. Ayrıca, bu modeldeki akışkan akış analizi, önceki analizlere benzer. Dikey yer değiştirme değişikliklerinin (toprak kütlesi çökmesi) ve yük uygulama süresine karşı gözenek suyu aşırı basıncının sonuçları ve ayrıca gözenek aşırı basınç taşmasına karşı dikey yer değiştirmenin sonuçları sunulmaktadır. Sonuçlar, yerden 1.5 metre yükseklikte ve modelin merkezinden 1.5 metre uzaklıkta bulunan bir noktadadır. Şekil (15) 'e göre kolon grubu ile modelde seansın artma oranının yanı sıra son seansın da kolonsuz duruma göre daha düşük olduğu görülmektedir. Kolon grubu kullanılması durumunda, kolonların grup montajından dolayı ilk başta toprakta hafif bir şişme olduğu da görülmektedir. Ayrıca, bu durumda, yerleşme eğrisinin eğimi kolonsuz durumdan daha azdır ve yükleme sırasında çökmede bir düşüşe işaret eden

hafif bir aşağı doğru içbükeyliğe sahiptir. Bu şişkinlik miktarı, kolonlar arasındaki mesafe arttıkça muhtemelen ortadan kalkacaktır. Keskin dalgalanmalar olmaksızın gözenek suyunun aşırı basınç eğrisinin aşağı doğru bir eğilime sahip olduğu, bu da geniş bir aralıkta toprak direncinde bir artışa işaret ettiği görülebilir. Kuyunun fazla su basıncı, maksimum kendiliğinden oturma miktarına ulaşıncaya kadar, yukarı yönlü bir seyir izler, ancak düzensiz bir eğilim ve nispeten düşük bir oranla. Gözenek suyunun aşırı basıncı maksimum değerine ulaştıktan sonra, düzgün bir eğim ve hafif dalgalanmalarla çökme artmaya başlar. Modele bir taş kolon yerleştirilmesi ile birlikte, çukurun fazla su basıncına karşı oturma eğrisindeki değişim eğiliminin, ilk başta kolonsuz ile aynı olduğu, ancak daha az döngüde aşağı doğru bir düzensiz bir eğilim ile eğilim. Gözenek suyunun aşırı basıncı alçalan rotanın başlangıç değerine ulaştıktan sonra (6 saniye), çökme tekdüze bir eğim ve hafif dalgalanmalarla artmaya başlar. Tepegöz ve tepegöz modu ile ilgili diyagramlar karşılaştırıldığında, tepegöz modunda seans dalgalanma miktarının neredeyse kaybolduğu ve ayrıca seans miktarının herhangi bir döngüde sabit kalmadığı

görülmüştür. Tepegöz diyagramlarında bir dizi döngüde iken, bu döngülerde boşluk suyunun taşma basıncı düşmesine rağmen, çökme sabit kalır. Bunun nedeni, havai uygulamalarda, toprak kütlesi üzerindeki tepeden kaynaklanan her zaman dikey bir stres olması nedeniyle, yerleşimin büyüme oranının herhangi bir döngüde sifıra ulaşmaması ve her zaman yukarı doğru bir eğilim göstermesidir. Taş kolonsuz modelde baş üstü uygulandığında, zeminden yaklaşık bir metre yüksekliğe kadar neredeyse tekdüze çökme meydana geldiği ve genel olarak derinlikteki çökme değişikliklerinin tekdüze olduğu görülmüştür. Bunun nedeni toplam stresteki artış ve dolayısıyla etkili strestir. Sütun grubunu dairesel bir alana yerleştirerek, oturma önemli ölçüde azaltılır. Diğer alanlarda toplanti neredeyse tekdüzedir. Sağlanan profiller yaklaşık olarak modelin merkezinden geçiş içindir. Zemin yüzeyinde bulunan noktaların düşey yer değiştirmelerinin, zemin kütlelerinin kolonsuz olduğu duruma yaklaşık olarak eşit olduğu görülmektedir. Bu değer, toprak kütlelerinin çökmesini gösterir. Bir kolon grubu kurarak oturma miktarı azaltılır. Taş sütunlardan uzaklaştıkça hafif bir eğimle yerleşim yanlara doğru artmaya

başlar. Bu fenomenin nedeni, yukarıdaki aralıktan uzaklaşarak, taş sütunların etkisinin (direnc ve drenaj etkisi) azalmaya başlaması ve sedimentasyon modelinin yanlarında, sütun olmadan olduğundan biraz daha büyük olmasıdır. Bu fenomen, farklı malzemelerden oluşan kolonların toprakla döşenmesi ile toprak kütlelerinin homojenliğinin bozulmasından ve sonuç olarak kolonsuz yerleşim miktarının daha az olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Sonuç ,

Aşağıdakiler, bu çalışmanın en önemli sonuçlarıdır:

1. Her üç kolon çapı için artan s / d oranı ile gözenek suyu aşırı basıncı miktarı artar. Yani merkezden sütunların merkezine olan mesafeyi artırarak grubun etkisi azalır ve bu durumda grup sütunlarının her biri tek bir sütun gibi davranır.
2. Modelde ek yük olmadığında, s / d oranı diğer iki değere göre son döngülerde yerleşme artışının 3 oranına eşittir ve çoğu yerleşme stimülasyon sırasında gerçekleşir. Kolon çapının 2,5 katı ile 3,5 katı kadar olan kolonların merkezden merkezine olan uzaklıkları için kolon grubunun performansı seansı küçültmede daha iyi olacaktır. Kolon grup modu ile ilgili toplantıyla ilgili

genel bir sonuç olarak, taş kolonların tek tek, sıra halinde veya az sayıda grup halinde gerçekleştirilmesinin yoğun meshli grubun uygulanmasına göre daha az şişmeye neden olduğu söylenebilir. Belli sayıda kolonda kolonlar arası mesafe azaldıkça toprak şişmesi de artar.

3. Kolon çökmesi olmayan modelde tepenin uygulanmasıyla, zeminden yaklaşık bir metre yükseklikte neredeyse tekdüzelik meydana gelir ve genel olarak, derinlikte çökme değişiklikleri tekdüzedir. Bunun nedeni toplam stresteki artış ve dolayısıyla etkili strestir. Sütun gruplaması durumunda, merkezden sütunların merkezine olan mesafeye yaklaşık olarak eşit yarıçaplı dairesel bir alanda, yerleşim önemli ölçüde azalır ve yerleşimin diğer alanlarında hemen hemen tek tiptir.

KAYNAKLAR

Arulmoli K, “VELACS: Verification of liquefaction analyses by centrifuge studies, laboratory testing program”, Soil data report, 1992.

Brennan AJ, Madabhushi SP, “Physical and numerical modelling of drainage in liquefied soils”, In: Fourth International Conference on Seismology and Earthquake

- Engineering, Tehran, Iran, 12-14 May, 2003.
- Castro J, “Numerical modelling of stone columns beneath a rigid footing”, *Computers and Geotechnics*, 2014, 60, 77-87.
- Barksdale RD, Bachus RC, “Design and construction of stone columns”, 1983, vol. I, Turner-Fairbank Highway Research Center.
- Krishna AM, Madhav MR, “Engineering of Ground for Liquefaction Mitigation”, In *Advances in Indian Earthquake Engineering and Seismology*, 2009, 173-201.
- Lu J, Yang Z, Adler K, Elgamal A, “Numerical analysis of stone column reinforced silty soil”, In *Proceedings of the 15th Southeast Asian geotechnical conference*, Bangkok, Thailand, November, 2004.
- Papadimitriou A, Brennan A, “Numerical investigation of liquefaction mitigation using gravel drains”, In *Proceedings of the 14th International Conference Earthquake Engineering*, Thessaloniki, Greece, 25 Jun, 2007.
- Quimby MJ, “Liquefaction mitigation in silty sands using stone columns with wick drains”, Master of Science, Brigham Young University, 2009.
- Sasaki Y, Taniguchi E, “Shaking table tests on gravel drains to prevent liquefaction of sand deposits”, *Soils and Foundations*, 1982, 22 (3), 1-14.
- Taiebat M, Pak A, “A fully coupled dynamic analysis of velacs experiment no. 1, using a critical state twosurface plasticity model for sands”, In *Proceedings of the thirteenth world conference on earthquake engineering*, Vancouver, BC, Canada, August 2004.