

Dayanma Duvarında Stabilité Problemi: Vaka Analizi

¹Aşkın Özocak, ¹Ertan Bol, ¹Sedat Sert

¹Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Dept., Sakarya, Turkey

Özet

Bu çalışmada Serdivan, Sakarya, Türkiye’de inşası sonrasında önemli deformasyonlara ulaşmış olan bir dayanma duvarı irdelenmektedir. 7.50 m yüksekliğinde inşa edilen konsol betonarme dayanma duvarının tepe noktasında 10 cm’den 30 cm’lere varan yatay deformasyonlar tespit edilmiştir.

Bilgisayar yazılımı ile yapılan projede alınan zemin parametrelerinin uygulamadaki durum ile örtüşmediği anlaşılmıştır. Bunun yanında uygulamada yapılan iki önemli hata yapının güvenliğini tehdit altına sokmuştur. Bunlardan birincisi duvar arkasında kullanılan ayrışmış kaya cinsindeki zeminin ıslandığında CI sınıfını alan kil zemine dönüşmesidir. Diğer bir zaaf ise yeterli drenaj çalışmasının yapılmamış olması nedeniyle yağışlar ile gelen suyun duvar arkasında birikmesi, dolayısı ile K_a katsayısının 1’e doğru yükselmesidir.

Duvarın güvenliğini artırılmasına yönelik olarak öncelikle geri dolgu malzemesi kaldırılmış ve uygun drenaj çalışmasından sonra blok boyutundaki elek üstü malzeme ile dolgu yapılmıştır. Bunun yanında duvar gövdesinin stabilitesini artırmak amacı ile duvar arkasına 4.50 metre aralıklar ile payandalar imal edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dayanma duvarı, konsol duvar, vaka analizi, geri dolgu, drenaj.

A Case Study: Stability Problem of a Retaining Wall

Abstract

In this paper, it is intended to describe deformation problem of a cantilever retaining wall which was built in Serdivan, Sakarya. It was determined that the 7.50 m high wall has had a lateral deformation up to 30 cm at the top level.

It has been understood that soil parameters, which were accepted to make calculations with a computer software, do not agree with real soil parameters. In addition to this, the two major errors, made in the application, caused the safety of the structure to be critical. The first one is the alteration of the back fill material of weathered rock to medium plasticity clay (CI). The other is the rise of active soil pressure coefficient K_a up to 1 due to inadequate drainage.

In order to increase the safety of the wall, 4 m of the backfill material were removed first and new gravelly filling material was placed after proper drainage work. Furthermore, in order to increase the stability of the wall body, buttresses were built behind the wall with 4.50 meter intervals.

Key words: Retaining wall, cantilever wall, case study, backfill, drainage.

1. Giriş

Dayanma duvarları önünde ve arkasında iki farklı düzeydeki zemin kesitinden oluşan yanal toprak itkilerini, istenen bir güvenlikle karşılayan ve zeminin doğal şev açısını almasını önleyerek dengeyi koruyan yapı elemanlarıdır [1]. Görevleri arasında zemini doğal şev açısı dışında daha dik bir açı ile tutmak, kayma ve göçme ihtimali olan zeminlerin duraylılığının sağlamak, bir binanın bodrum duvarlarını oluşturmak, akarsu kenarlarını erozyondan ve taşkınlardan korumak, derin kazılarda yan duvar görevi görmek vardır. İyi tasarlanmış bir dayanma yapısının bu kuvvetleri uzun zaman boyunca ve en ekonomik şekilde güvenle taşıması beklenir. Bu amaçla literatürde önerilen birçok yöntemden problemin türü ve durumuna göre hangisini seçeceği mühendisin bilgi ve becerisine kalmıştır [2].

Bir dayanma duvarının projelendirilmesinde duvar arkasındaki geri dolgunun sınıfı, kayma direnci parametreleri ve duvar arkasında su birikiminin önlenmesi göz önüne alınması gereken en önemli parametrelerin başında gelmektedir. Özellikle duvar arkasında kohezyonlu zemin kullanılması durumunda hem yanal toprak basınçları yüksek değerler almakta hem de su tutmasından dolayı hidrostatik basınçlar oluşturmaktadır. Ayrıca olası şişme basıncı da duvara etmektedir [3], [4]. Bunun yanında zemin konusunda deneyimi olmayan mühendislerin kolayca bulabildikleri bilgisayar yazılımlarını kullanmak suretiyle yaptıkları dayanma duvarı projeleri zaman zaman hüsrarla sonuçlanabilmektedir. Projenin yanı sıra uygulamada yapılan basit hatalar dayanma duvarların işlevini sağlamasını engelleyebilmektedir [5].

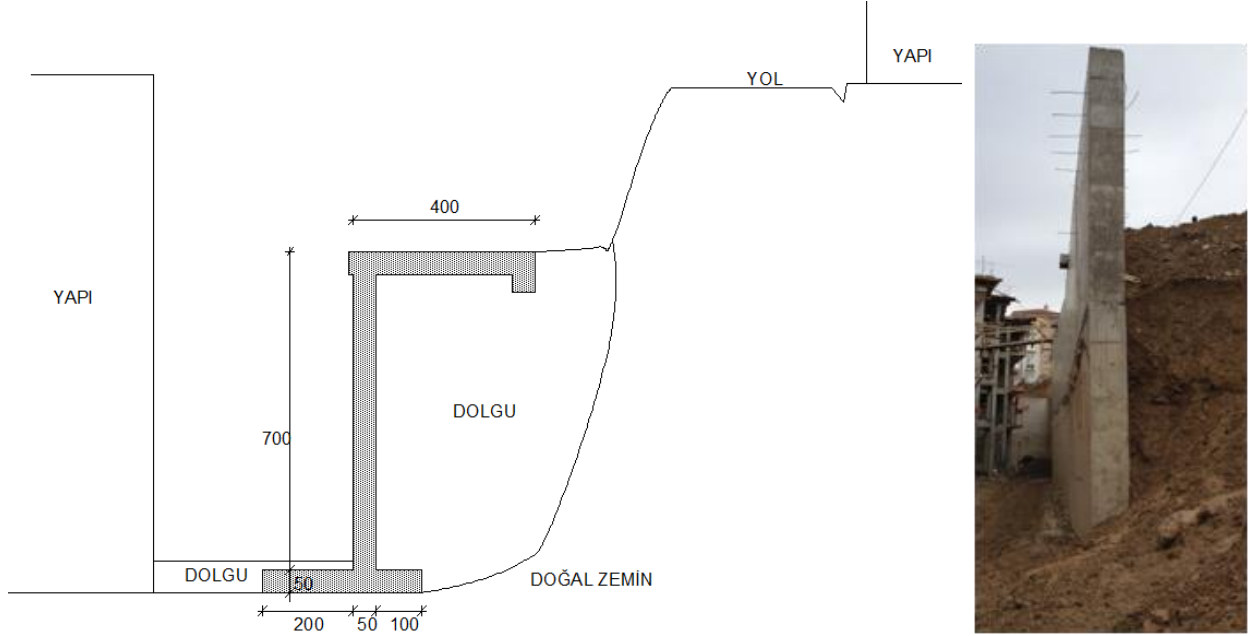
Bu çalışmada Serdivan, Sakarya, Türkiye’de yer alan konut inşaatı alanında bulunan ve kısmen deformasyona uğramış betonarme dayanma duvarının durumu incelenerek güvenliğinin sağlanması ve ayrıca bu duvarın arkasında yer alan yolun güvenliğine yönelik yapılması planlanan bir diğer dayanma duvarı hakkında öneriler getirilmiştir.

2. Dayanma Duvarının Özellikleri ve Karşılaşılan Durum

Dayanma duvarının bulunduğu alan 10 ile 30 yıl aralıklarla büyük depremlere maruz kalan Sakarya ilinde merkez ilçe ile komşu olan Serdivan ilçe sınırları içerisinde kalmaktadır. Çok farklı zemin profillerinin karşılaşıldığı Adapazarı (Sakarya kent merkezi) zeminlerinden farklı olarak söz konusu arsanın bulunduğu alan Esentepe yükseltisinin yamacında kalmakta ve anakaya üzerine oturmaktadır. Zemin kalınlığı ana kayanın ancak bozulmasıyla oluşan kalıntı tabakanın kalınlığına eşdeğerdir. Anakaya üst kratese yaşlı Akveren formasyonundan oluşmaktadır. Bu formasyon kumtaşı, kilaşı, marn, kireçtaşı gibi tabakaların çeşitli kombinasyonlarda ardalanmasından oluşmaktadır. 1999 depreminde bu formasyon üzerinde oturan tabakalarda hasar yok denecek kadar az rapor edilmiş, zemin problemi olmamıştır.

Kent merkezine bakan sırtta yer alan dayanma duvarının mevcut hali Şekil 1’de verilmiştir. 7.50 m yüksekliğinde imal edilen betonarme konsol (cantilevered) duvarın temel genişliği 3.50 m olup temel yüksekliği ve sabit gövde genişliği 50 cm’dir. Duvarın inşası ve geri dolgunun tamamlanmasından sonra bölgede aşırı yağış gerçekleşmiş ve duvar tepe noktasında 10 ile 30 cm büyüklüğünde yatay deformasyonların olduğu beyan edilmiştir. Bunun üzerine imalatçı, duvar

tepesinde betonu kırarak gövde içindeki donatılara donatı bağlayarak duvar arkasına doğru 4 m uzunluğunda ve ucu 1 m derinliğinde aralıklı betonarme kirişler ile destek sağlamaya çalışmıştır. Ancak bu çalışma iki açıdan mevcut duvarın stabilitesine olumsuz etki yapmıştır. Birincisi ankraj plakası şeklinde imal edilen bu betonarme kirişler aktif kama içinde kalmakta, dolayısıyla sadece duvara gelen yanıl gerilmeleri arttırıcı bir rol oynamaktadırlar. İkincisi ise duvar arkasındaki sıkıştırılmamış kil dolgunun üzerine oturtulan bu elemanlar kendi ağırlıkları ile bu kil dolguda oturma yaratmış, oluşan bu oturmalarla dolaylı eğilerek duvar gövdesine bağlandıkları noktalarda çatlamalar oluşturmuşlardır (Şekil 2).



Şekil 1. Dayanma duvarı kesiti (a) ve görünümü (b)



Şekil 2. Duvar gövdesine bağlanan betonarme kirişlerin eğilme etkisi ile çatlaması

Duvar inşa edildikten sonra geri dolgu olarak inşa öncesinde alanda yapılan kazıdan çıkan malzemenin kullanıldığı anlaşılmıştır. Bu bölgeden alınan ayrılmış kilaşı türevindeki (Şekil 3) hem doğal blok numune hem de dolgu numunesi laboratuvarda deneysel çalışma sonrasında TS 1500/2000 uyarınca CI (orta plastisiteli kil) olarak sınıflandırılmıştır [6]. Bunun yanında parselde ayrışma derinliği boyunca beliren bu kil tabakalarının ıslandığında kayma direncinin önemli bir kısmını kaybederek akıcı bir kıvama geldiği gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Duvar arkasındaki doğal zemin ve kazılıp dolgu malzemesi olarak kullanıldıktan sonraki hali

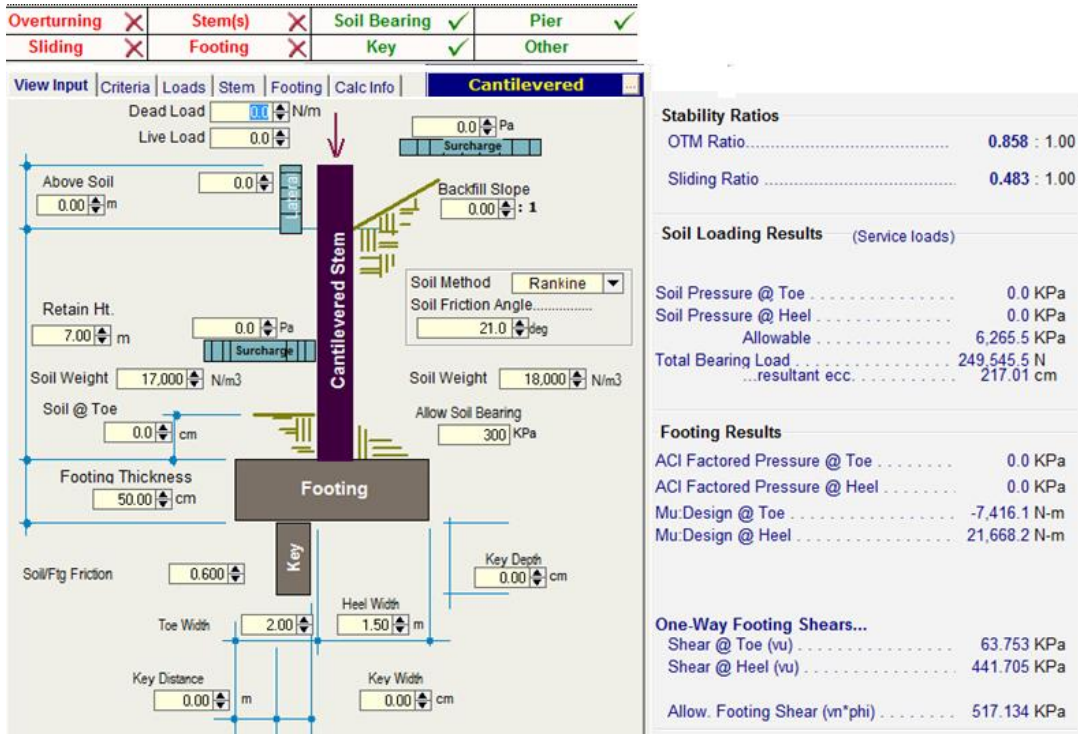
Duvarın imalatına yönelik alınan bilgilerden duvar temel betonunun tek, duvar gövde betonunun ise iki ayrı aşamada döküldüğü anlaşılmıştır. Dolayısı ile duvardaki hareketin şekline betonarme yapıdaki soğuk derzlerin de katkısının olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanında imalattaki en önemli hatanın duvarın arkasına konulan dolgu malzemesinin cinsinde olduğunu belirtmek gerekir. Killi dolgu malzemesinin hem drenaja izin vermemesi hem de ortaya çıkardığı yüksek yanal toprak basıncı ve su basıncı nedeniyle gereğinden çok fazla bir yanal itki yaratacağı açıktır. Duvar gövdesinde yer alan barbakanlar görev yapmamaktadır.

3. Analizler ve Değerlendirme

Çalışma alanına yapılan ziyaretlerde mevcut duvarın boyutları ölçülmüştür. Bunun yanında duvar arkasında bulunan dolgu zeminden örselenmiş numune ve duvarın oturduğu doğal zemin tabakasından blok şeklinde örselenmemiş numune alınarak laboratuvar deneyleri için Sakarya Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarına getirilmiştir. Burada örselenmemiş numune üzerinde yapılan kesme kutusu deneyinde kayma direnci parametreleri $c=10$ kPa $\phi=21^\circ$ olarak tespit edilmiştir.

Laboratuvar deney sonuçları ve alanda daha önceden yapılmış olan zemin cinsi tespitine yönelik çalışmalar da göz önünde bulundurularak dayanma duvarı tahkikleri güncel bir bilgisayar yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Şekil 4'te özeti görülen analiz sonuçlarına göre duvarda statik durumda dahi güvenlik şartları sağlanmamaktadır. Hem kaymaya karşı hem de devrilmeye karşı güvenlik katsayıları 1'den düşük çıkmaktadır. Bunun yanında drenajsız dolgu malzemesi nedeniyle oluşacak hidrostatik basınçların arttığı da hesaba katılırsa güvenlik katsayıları daha da düşecektir. Hem devrilme hem de kaymaya karşı güvenliğin sağlanamadığı duvarda gerçek durumda aktif duruma geçme sonucu gerçekleşen gövdedeki deformasyonların ortaya çıkan bu enerjiyi sönümlediği düşünülmektedir.

Mevcut duvarın güvenliğini sağlamak için arkasındaki dolgu malzemesinin ivedilikle kaldırılması gerektiğinden bu işlem öncelikle gerçekleştirilmiş, duvar arkasından alınan malzemenin bir kısmı pasif destek sağlanması amacı ile geçici olarak duvarın ön yüzüne dökülmüştür. Dolgunun tamamen kaldırılması arkadaki şevin güvenliğini riske sokacağından öncelikle yüksekliğinin azaltılması, bunu takiben duvar gövdesine monte edilecek donatılar ile her 4.50 metrede bir teşkil edilecek betonarme desteklerin (payanda) kademe kademe imalatı yapılmalıdır. Bununla birlikte bu kademeler arasındaki mevcut dolgunun alınarak yerine elek üstü malzeme olarak tabir edilen blok boyutundaki granüler nitelikli dere gerci ($\phi_{\min}=36^\circ$) doldurulmalıdır. Dolgu öncesi duvar arka yüzüne geotekstil serilecek, duvar arkası temel üstü ile gövdenin kesiştiği köşe boyunca drenaj borusu yerleştirilerek duvar arkasına gelecek suyun birikmeden drene olması sağlanacaktır. Duvar gövdesinde yer alan barbakanların da sürekli açık tutulması çok önemlidir [7].



Şekil 4. Dayanma duvarı analiz sonuçları

İyileştirilecek olan bu duvarın yaklaşık 4 metre kadar arkasında da yüksekliği 4.50 metre olan ikinci bir duvar inşası planlanmaktadır. Bu yeni yapılacak olan duvar mevcut duvarın arkasındaki dolgunun üzerine oturacaktır. Dolayısı ile öncelikle geri dolgunun özellikle üst duvara temel olacak kısmı standartlara uygun şekilde sıkıştırılmalıdır. Bunun yanında mevcut duvar arkasına yapılacak olan payanda benzeri dikmelerin arka köşesine yapılacak olan kirişin yeni duvara temel teşkil edebileceği düşünülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada Serdivan, Sakarya, Türkiye’de inşa edildikten sonra önemli deformasyonlara ulaşmış olan bir dayanma duvarının analiz edilmesi ve güvenliğinin sağlanmasına yönelik yapılan öneriler ortaya konmuştur.

Dayanma duvarının güvenliğini kaybetmesinin en önemli nedeni geri dolgu olarak kullanılan malzeme olarak görülmüştür. Mevcut duvarın güvenliğini sağlamak için öncelikle arkasındaki CI (düşük plastisiteli kil) sınıfındaki bu dolgu malzemesinin öncelikle kaldırılması gerekmektedir. Dolgunun tamamen kaldırılması arkadaki şevin güvenliğini riske sokacağından öncelikle yüksekliğinin azaltılması, bunu takiben duvar arkasına payanda görevi yapmak üzere duvar gövdesine monte edilecek donatılar ile 4.50 m ara ile teşkil edilecek betonarme desteklerin imal edilmesi planlanmıştır. Bu destekler arasında kalan mevcut geri dolgu kaldırılarak yerine çakıl-blok boyutundaki granüler nitelikli dere gereci ($\phi_{\min}=36^\circ$) doldurulacaktır. Geri dolgunun özellikle üst duvara temel olacak kısmı standartlara uygun şekilde yerleştirilmesi önem taşımaktadır. Bunun yanında mevcut duvar arkasına yapılacak olan payanda benzeri dikmelerin arka tarafına yapılacak olan kirişler yeni duvara temel teşkil edebilecektir.

Dayanma duvarının arkasındaki dolgunun su tutması karşı konması güç hidrostatik kuvvetler yaratacağından yeni dolgu öncesi duvar arka yüzeyine geotekstil serilmesi, duvar arkası temel üstü ile gövdenin kesiştiği köşe boyunca drenaj borusu yerleştirilerek duvar arkasına gelecek suyun birikmeden drene olmasının sağlanması önerilmiştir. Duvar gövdesinde yer alan barbakanların sürekli açık tutulması gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] TS 7994/1990. Zemin Dayanma Yapıları; Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [2] Özocak, A., Fenerci, E., Sert, S. ve Bol, E. Palplanş Perdeli Derin Kazı Destek Sistemlerinde Zemin Kesiti ve Tasarım Yönteminin Etkisi. ISTEC 2013, International Science and Technology Conference, 165-172, 25-27 June 2013, Rome, Italy.
- [3] Day, R.W. Discussion of ‘Estimation earth pressures due to compaction’ by J.M. Duncan et al., Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 1993, 119:7:1162-1177.
- [4] Marsch, E.T., and Walsh, R.K. Common causes of retaining-walls distress: case study. Journal of Professional Construction, ASCE, 1996, 10:1:35-38.
- [5] Fenerci, E. Palplanş Perdeli Derin Kazı Destek Sistemlerinde Zemin Kesiti ve Tasarım Yönteminin Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 106 sayfa, 2010, Adapazarı.
- [6] TS 1500/2000. İnşaat Mühendisliği’nde Zeminlerin Sınıflandırılması, TSE, Ankara.
- [7] Das, B. Principles of Foundation Engineering. 7th edition, Cengage, USA, 2011.