



A Case Study For Retaining Wall Design

Miraç KURT¹, Zafer KURT², M. Fatih YENTİMUR²

¹ TOKİ Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Ankara

² Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize

Corresponding Author email: zafer.kurt@erdogan.edu.tr

Keywords:

Retainin wall
Retainin wall design
Seismic design

Abstract

Retaining walls are indispensable elements of structural engineering. Different types of retaining wall designs can be used especially in construction works on sloping lands. While deciding on the design; The building material to be used, foundation depth, wall height, ground condition and final design loads play a key role. The aim of this study is to compare the retaining walls designed at variable angles in the plan with each other. 3 sided 'U' shaped retaining wall at 90 degree angles, exposed to soil load, was analyzed. Then, a 5-sided retaining wall was obtained by chamfering the corners of the same retaining wall. Different combinations have been tried by increasing the chamfer length. Within the scope of the study, solutions were made for 5 different designs and the results were compared.

İstinat Duvarı Tasarımına İlişkin Bir Örnek Olay Analizi

21

Anahtar Kelimeler;

İstinat duvarı
İstinat duvarı
tasarımı
Depreme dayanıklı
tasarım

Özet

İstinat duvarları yapı mühendisliğinin vazgeçilmez unsurlarındandır. Özellikle eğimli arazilerde yapılan inşa çalışmalarında farklı tür istinat duvarı tasarımları kullanılabilir. Tasarıma karar verirken; kullanılacak yapı malzemesi, temel derinliği, duvar yüksekliği, zemin durumu ve nihai tasarım yükleri anahtar rol oynar. Bu çalışmanın amacı planda değişken açılarda tasarlanmış istinat duvarlarını birbirleriyle karşılaştırmaktır. Toprak yüküne maruz kalan, 90 derecelik açılarda üç kenarlı 'U' şeklinde bir istinat duvarı için gerilme analizi yapılmıştır. Daha sonra aynı istinat duvarının köşeleri pah yapılarak 5 kenarlı bir istinat duvarı elde edilmiştir. Pah uzunluğu artırılarak farklı kombinasyonlar denenmiştir. Çalışma kapsamında toplam 5 farklı tasarım için çözüm yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1 GİRİŞ

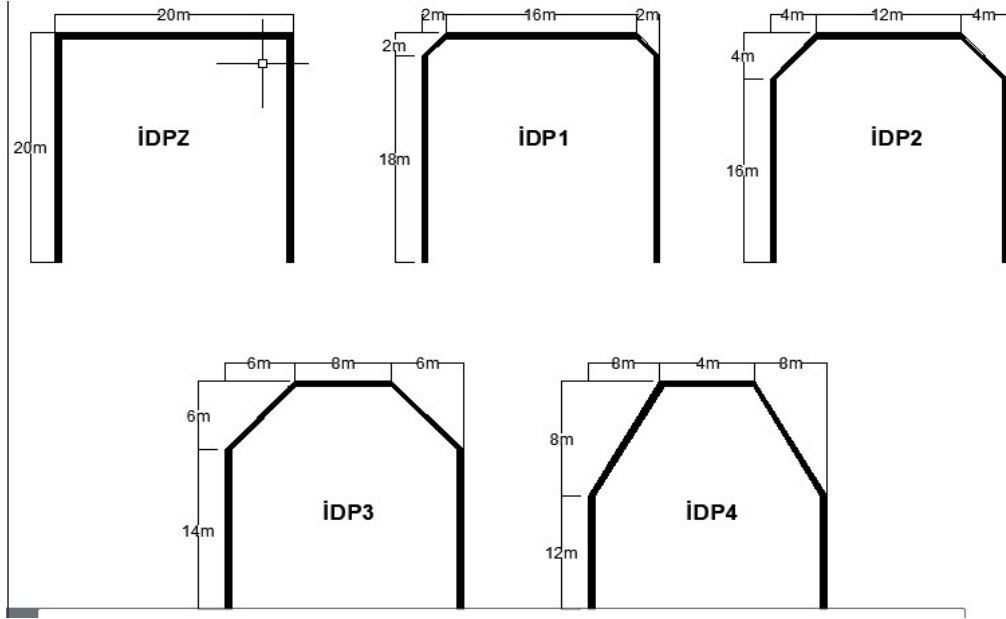
İstinat duvarları; araziden daha fazla yararlanabilmek, göçme riski taşıyan zeminlerin güvenliğini sağlamak, sel ve taşkınlardan korunmak gibi amaçlarla yapılan mühendislik yapılarıdır. Özellikle eğimli arazilere kurulan şehirlerde istinat duvarlarının sıkça kullanılması kaçınılmazdır. İnşaat mühendisliğinde son derece büyük öneme sahip bu yapılarda ekonomiklik ve dayanım açısından optimum tasarımı belirlemek için pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır (Chau ve Albermani, 2003; Ahmadi-Nedushan ve Varace, 2009; Camp ve Akin, 2011; Arslan vdig., 2018).

Her ne kadar bilgisayar, yazılım ve optimizasyon teknolojileri gelişmiş olsa da, istinat duvarı tasarımlarında diğer tüm yapılarda olduğu gibi en uygun maliyet ve optimum çözüme deneme yanılma yöntemiyle ulaşılmaktadır (Kayhan ve Demir, 2016; Öztürk, 2018). Üstelik doğru tasarımın seçilmesi istinat duvarı maliyetine ciddi biçimde etki eden bir faktördür (Kayabekir vdig., 2017). Örneğin maliyeti minimuma düşürmek için bazı uygulamalarda istinat duvarının binaya bitişik olarak inşa edilmesi yoluna gidilmektedir. Fakat bu tür uygulamalar binada burulma düzensizliklerine sebep olabilmektedir (Soyluk ve Yavuz, 2009). Genel kabul; bu olumsuzlukları gidermek için bina toplam maliyetinin yanında küçük bir ek maliyet getirmekle birlikte istinat duvarını binadan bağımsız tasarlamaktır (Soyluk ve Yavuz, 2009). Şüphesiz bir istinat duvarı tasarımı sadece ekonomiklik ve dayanım açısından ele alınmamalıdır. Yapıların ve yolların çevre güvenliğini sağlamak amacıyla inşa edilen istinat duvarları aynı zamanda ciddi bir görsel kirliliğe de sebep olmaktadır (Aksu ve Acar, 2011). Bu durum doğru tasarımın önemini bir kat daha artırmaktadır.

Bu makale çalışması yaygın olarak karşılaşılan eğimli arazilerde tercih edilen istinat duvarlarının tasarım yaklaşımına katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla duvar planında yapılan basit tasarım değişiklikleri; istinat duvarına etki eden maksimum yük ve duvar tepe noktasının maksimum yer değiştirme değerleri üzerinden karşılaştırılmıştır.

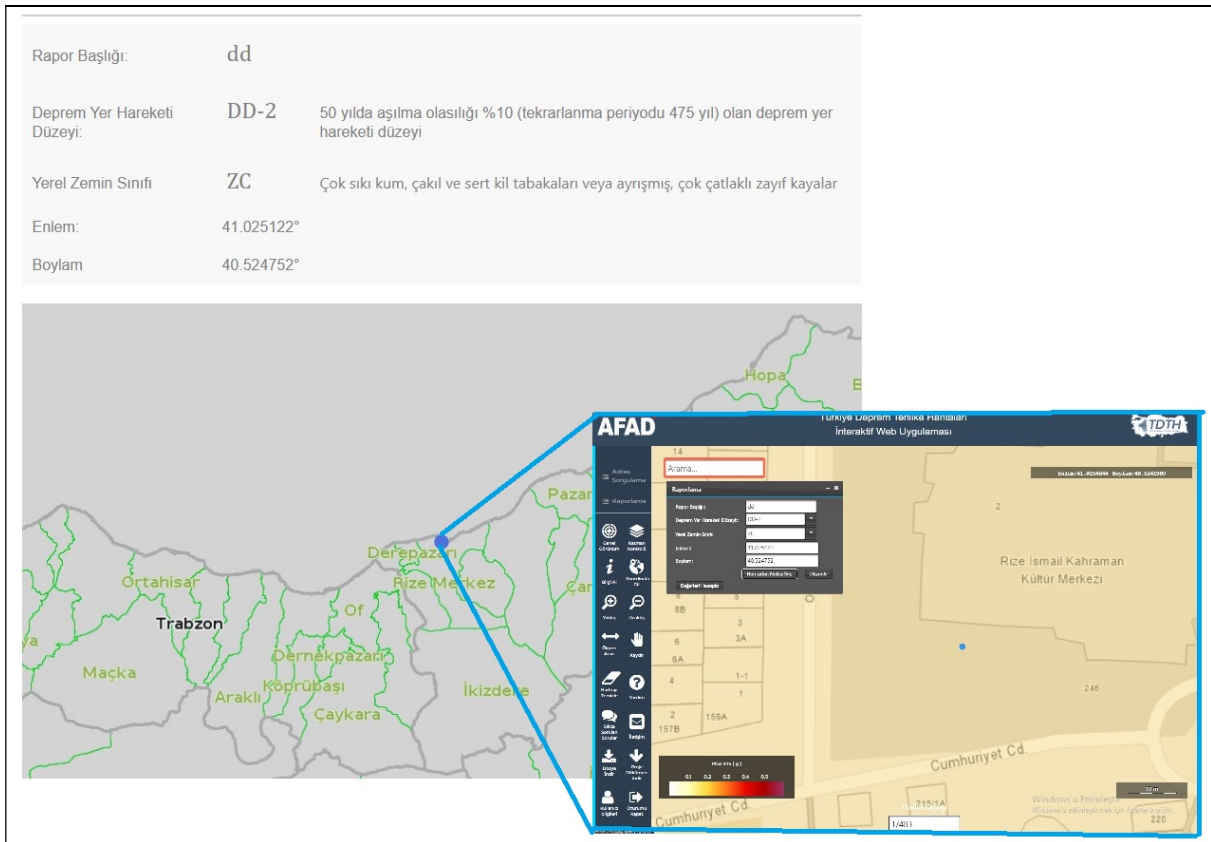
2 UYGULAMA İÇİN SEÇİLEN TASARIMLAR

Plandaki uzunluğu 20'şer metrelik üç kenardan oluşan bir hat üzerine ilk olarak; üç kenarı da düz olarak yerleştirilmiş istinat duvarı tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım Şekil 1 üzerinde "İDPZ" olarak kodlanmıştır. Yine aynı arazi için bu kez duvar orta kenarı üzerinde sırasıyla 2m, 4m 6m ve 8m'lik pahlar yapılarak 4 farklı tasarım daha gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımlar da Şekil 1 üzerinde sırasıyla İDP1, İDP2, İDP3 ve İDP4 olarak kodlanmıştır. İstinat duvarlarının yapım malzemesi harçlı moloz taş olarak tasarlanmıştır. Her bir tasarım için duvar kalınlık ve yükseklik değerleri sabit olup duvar kalınlıkları 30cm ve duvar yükseklikleri 300cm'dir.



Şekil 1; İstinat Duvarı Planları

Şekil 1’de sayısal uygulamaya konu olan istinat duvarlarının üst görünüşleri görülmektedir. İstinat duvarlarının güvenli tasarımı için statik toprak basınçlarının yanı sıra dinamik toprak basınçları da önemli ölçüde etki etmektedir (Arslan v dig., 2018). Örnek tasarımlar için Rize ili Merkez ilçesinde seçilen bölgenin Türk deprem yönetmeliği 2018’e göre deprem parametreleri Şekil 2’deki gibidir (TBDY, 2018).



Şekil 2; Arazinin deprem parametreleri (AFAD, 2020)

Şekil 2’de görüldüğü gibi duvarlar ZC sınıfı zemin üzerine tasarlanmış ve her bir yapı; 50 yılda gerçekleşme ihtimali %10 olan deprem (DD2) altında analiz edilmiştir. Analizler duvarların sonlu elemanlar modeli üzerinden Ansys v.17 yapısal analiz programı ile gerçekleştirilmiştir (ANSYS, 2018).

3. ANALİZ SONUÇLARI

İstinat duvarı modellerinin toprak yükleri ve DD2 depremi etkisinde gerilme analizi için oluşturulan yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları, maksimum yer hareketleri ve harita spektral ivme değerleri Şekil 3’teki gibidir.

$S_S = 0.515$	$S_1 = 0.124$	$S_{DS} = 0.666$	$S_{D1} = 0.186$
$PGA = 0.220$	$PGV = 11.299$		

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

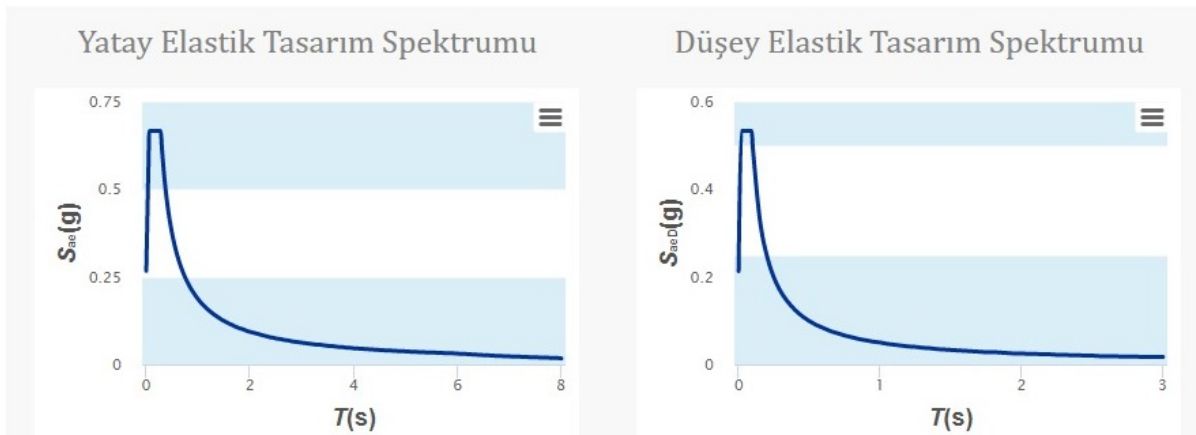
S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

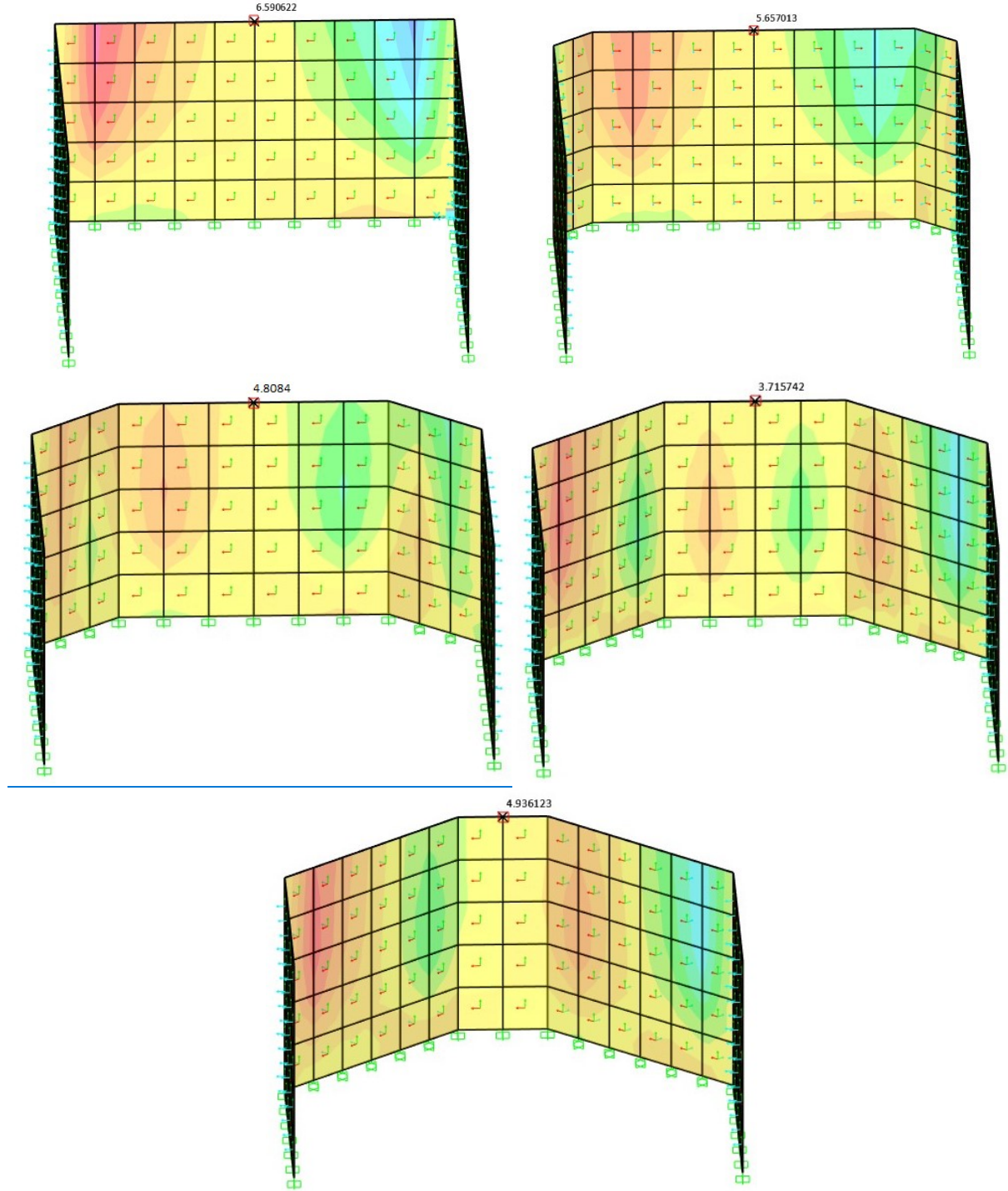
PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



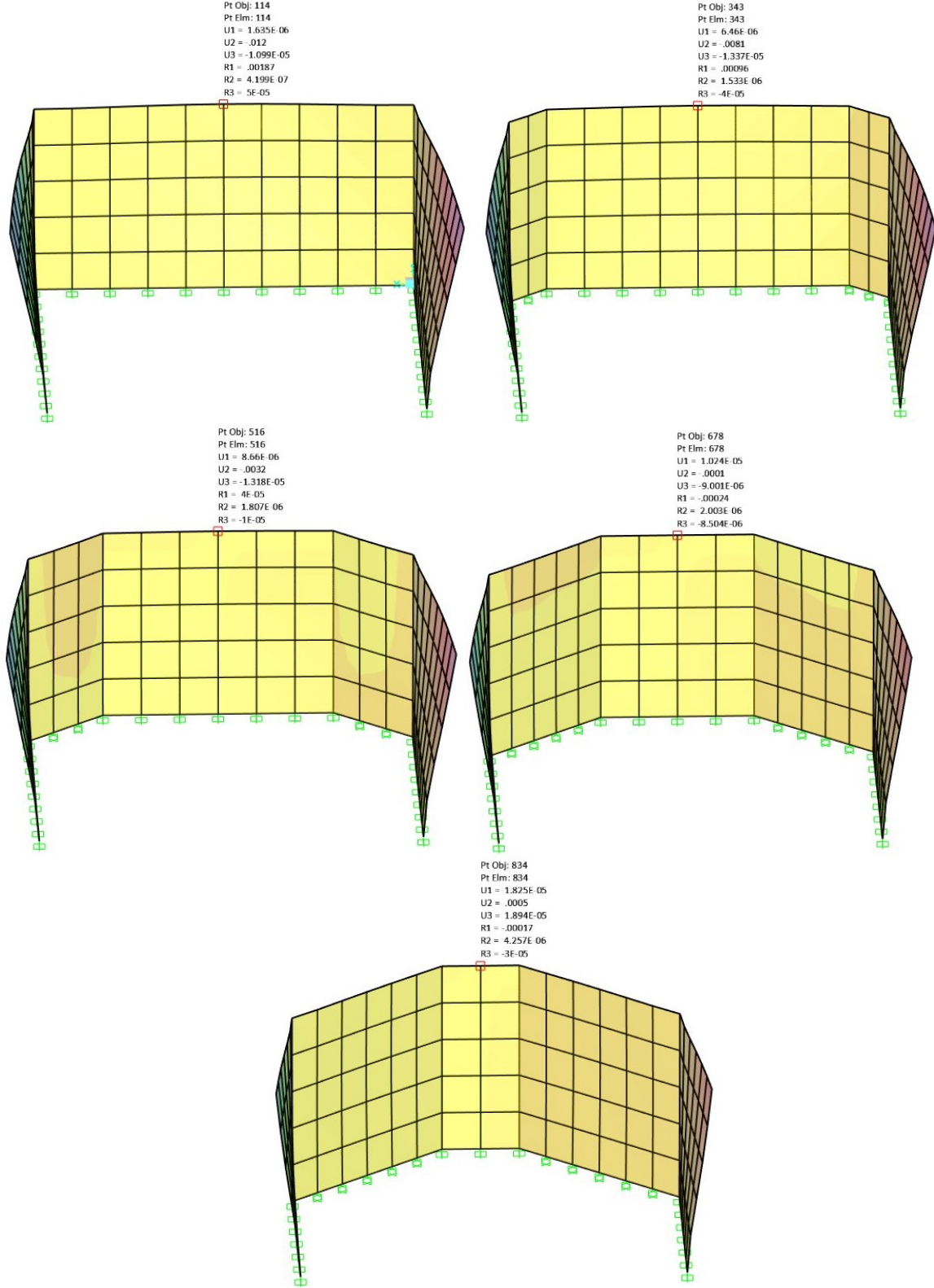
Şekil 3; Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları (AFAD, 2020)

Şekil 3’te görüldüğü gibi istinat duvarı modellerine etkiyen maksimum etkin yer ivmesi değeri 0,220g olarak belirlenmiştir. $G+0,3E_x+E_y$ yük kombinasyonu için duvar modelleri üzerinde meydana gelen gerilme dağılımları Şekil 4’te ayrıntılı olarak görülmektedir. Modeller arasında karşılaştırma yapabilmek için duvar orta noktasının en üst kotu “Referans noktası” olarak seçilmiştir. Bu referans noktaya göre duvar üzerinde meydana gelen gerilme değerleri de Şekil 4 üzerinde belirtilmiştir.



Şekil 4; Modellerin gerilme dağılımları ve referans noktasındaki maksimum gerilme değerleri (ANSYS, 2018)

İstinat duvarı tasarımlarının etkinliğini karşılaştırabilmek için yer değiştirme değerlerini baz almak da uygun olacaktır (Babu ve Basha, 2008). Bu çalışmada analiz edilen 5 duvar tasarımının yine $G+0,3E_x+E_y$ yüklemesi altındaki yer değiştirme ve dönme değerleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5; Modellerin Yerdeğiştirme ve dönme değerleri (ANSYS, 2018)

Şekil 4 ve Şekil 5’de verilen sonuçlar incelendiğinde istinat duvarının düz yerine pahlı olarak inşa edilmesi oluşan gerilme değerlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Daha önce yapılan mevcut çalışmalar; yaygın olarak kullanılan istinat duvarı ölçülerinde her 10kPa’lık ilave yük artışının istinat duvarı maliyetini %10’un üzerinde artırdığını göstermektedir (Saribaş ve Erbatur, 1996; Kaveh ve Behnam, 2013; Dağdeviren ve Kaymak, 2018).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma istinat duvarı tasarımlarının etkinliğini inceleyerek ekonomik ve güvenli tasarım ilkelerine katkı sunmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda aynı arazi için 5 farklı istinat duvarı tasarımı gerçekleştirilmiş ve sonuçlar gerilme dağılımı, yer değiştirme ve dönme değerleri üzerinden yorumlanmaya çalışılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar; birbirine bağlanan istinat duvarı kenarlarını dik yerine açılı yaparak önemli ölçüde gerilmenin absorbe edilebileceğini göstermiştir. Duvar üzerine etkiyen yükün azalması ile daha ekonomik tasarımlar mümkün olabilecektir. Ayrıca istinat duvarı planını dik köşeli birleşim yerine pahlı inşa ederek toplam duvar alanını azaltarak, duvar metrajında da önemli ölçüde tasarruf sağlandığı görülmektedir.

REFERANSLAR

AFAD <http://tdth.afad.gov.tr>

Ahmadi-Nedushan, B., Varae, H. (2009). Optimal design of reinforced concrete retaining walls using a swarm intelligence technique. The First International Conference on Soft Computing, UK.

Aksu, Ö., Acar, C. (2011). The Examination of Retaining Walls in Landscape Architecture: The Example of Trabzon City. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 11 (2) , 1-11 . Retrieved from <http://ofd.artvin.edu.tr/tr/pub/issue/2261/29774>

ANSYS, (2018). Ansys —version 17 Structural Analysis Program, Ansys inc. USA, <https://www.ansys.com>

Arslan, Ö, Keskin, İ , Ateş, A . (2018). Farklı Deprem Yüklerinin Betonarme Konsol Bir İstinat Duvarının Maliyetine Etkisinin Analizi. Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B- Teorik Bilimler, 6 (-), 28-35. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/estubtdb/issue/42755/516064>

Babu G.L.S., Basha B.M. (2008). Optimum Design of Cantilever Retaining Walls using Target Reliability Approach, Int. J. Geomech., 8 (4), 240-252,

Camp, C. V., Akin, A. (2011). Design of retaining walls using Big Bang Big Crunch optimization. Journal of Structural Engineering, Volume:138, Number:3, pp:438-448.

Chau, K.W., Albermani, F. (2003). Knowledge-based system on optimum design of liquid retaining structures with genetic algorithms. J. Struct. Eng., Volume:129, Number:10, pp:1312-1321.

Dağdeviren, U, Kaymak, B. (2018). Yapay arı koloni algoritması kullanılarak betonarme istinat duvarlarının optimum maliyet tasarımını etkileyen parametrelerin incelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33 (1), 0-0. DOI: 10.17341/gazimmfd.406796

Kaveh A., Behnam A.F. (2013). Charged System Search Algorithm for the Optimum Cost Design of Reinforced Concrete Cantilever Retaining Walls, Arabian J. Sci. Eng., 38 (3), 563-570,

- Kayabekir, A , Bekdař, G , Niđdeli, S , Temür, R . (2017). STATİK VE DİNAMİK YÜKLER ALTINDA İSTİNAT DUVARLARININ OPTİMUM TASARIMI. Engineering Sciences, 12 (1),46-56. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/nwsaeng/issue/27297/284356>
- Kayhan, A. H., Demir, A. (2016). Betonarme Konsol İstinat Duvarlarının Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Optimum Tasarımı, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, c. 22, s. 3, ss. 129-135.
- Öztürk, H. (2018). Betonarme Konsol İstinat Duvarlarının Minimum Maliyet ve Ağırlıkla Optimum Tasarımı. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (4), 1258-1268. DOI: 10.29130/dubited.435059
- Saribas A., Erbatur F. (1996). Optimization and Sensitivity of Retaining Structures, J. Geotech. Eng., 122 (8), 649-656,
- Soyluk, K , Yavuz, İ . (2009). Çerçevesiz Binalarda Bodrum Kat İstinat Duvarlarının Burulma Düzensizliğine Etkisi. Teknik Dergi, 20 (97), 4653-4673. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tekderg/issue/12762/155248>
- TBDY, (2018). Türk Bina Deprem Yönetmeliği, T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.