

Momente Maruz Kazıkların Nümerik Olarak İncelenmesi

Gökhan ALTAY*¹, Cafer KAYADELEN¹

¹*Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Osmaniye*

Geliş tarihi: 16.10.2017

Kabul tarihi: 19.12.2017

Özet

Zemin mekaniği ve geoteknik mühendisliğinde kazıklı temellerin kullanımının önemi son yıllarda artmaktadır. Taşıma gücü zayıf zeminlerde, taşıma gücü ile ilgili yetersizliği ortadan kaldırmak için tercih edilen kazıklar aynı zamanda sızdırmazlık perdeleri, zemin tutma perdeleri gibi amaçlar için de kullanılmaktadır. Kazıklar genelde düşey yönlü kuvvetlere maruz kalırlar fakat bazen yatay yüklerle ve yatay düzlemde momente de maruz kalabilirler. Yükleme tipleri kazıklarla ilgili davranışın anlaşılması ve buna bağlı olarak mühendislik tasarımlarının ortaya çıkmasında çok önem arz etmektedir.

Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemini kullanan ANSYS paket programı vasıtasıyla kazık üzerinde moment yüklerinin etkisini göstermek amacıyla üç boyutlu bir model oluşturulmuştur. Bu amaçla, kazıklar farklı çaplarda ve uzunluklarda modellenmiştir. Kayma gerilmeleri ve kazık üzerindeki belirli bir noktanın deformasyonları moment etkisi altında, farklı çaplarda ve uzunluklarda modellenen kazıklar üzerinde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ANSYS, Sonlu elemanlar yöntemi, Kazıklı temeller, Nümerik analiz

Numerical Investigation of Piles Subjected to Moment

Abstract

The importance of usage of pile foundation is increasing in soil mechanics and geotechnical engineering in recent years. The pile foundations are used to eliminate inadequacies related to bearing capacity of soils. In addition, the piles are used for the purposes such as sheet pile and sealing sheet piles. Piles are usually exposed to normal forces but sometimes they can be exposed to lateral loads and moments in horizontal plane. These types of loadings are quite important for engineering designs related to piles.

In this paper a three-dimensional model established by using finite element based software ANSYS program to demonstrate the moment effects on piles. For this purpose, piles are modelled with different diameters and lengths. The shear stress occurred on the pile surface and deformation changes of a certain area investigated by the effect of moment applied on piles with having different diameters and lengths. Finally, significant rotation was seen on moment loaded piles and shear stress occurred between pile-soil interface.

Keywords: ANSYS, Finite elements method, Pile foundations, Numerical analysis

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Gökhan ALTAY, gokhanaltay@osmaniye.edu.tr

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliğinde kazık temeller gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Gerek yüksek yapılar gerekse yapı temellerinin oturduğu zayıf zeminlerden dolayı kazıklı temellere ihtiyaç duyulmaktadır.

Zeminin ve kazığın çeşidine göre uygulanan kazık temelde, kazıklar farklı yüklere maruz kalabilirler. Genel itibariyle düşey yükler altında çalışan kazıklar bunun yanında bazen yatay yükler ya da moment etkisine maruz kalabilirler. Zaman zaman bu yüklerin ikisine birden, hatta bazen üçüne birden karşı koymaya çalışan kazıklar tasarımlarda kullanılabilirler.

Sonlu elemanlar son yıllarda hızla gelişen bir metod olup aynı zamanda kazık temelin analizlerinde de kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. Bu yöntemle modellenmek istenen kazıkların tasarımı, malzeme özellikleri, malzemeyi zorlayıcı etkenler ve iç kuvvetler sonlu elemanlar yaklaşımı ile rahatlıkla tasarlanabilmektedir. Ayrıca literatürde çokça model deneylerden ve arazi deneylerinden elde edilen verilerin sonlu elemanlar yöntemiyle bulunan verilerle karşılaştırılmasında uygun sonuçların bulunduğu görülmektedir.

Sheil ve McCabe [1] yaptıkları çalışmada kazık temellerin açılma distorsiyonunu bir software ile nümerik olarak incelemiştir. Analiz sonuçlarının literatürde yapılan çalışmalarla uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Yang ve Jeremik [2] tekil bir kazığın elastik-plastik zeminde davranışını incelemek amacıyla nümerik bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla düzgün dane dağılımına sahip kum zemin, kil zemin ve her ikisini de içeren tabakalı zemin üstünde analizler yapmışlardır. Sonuç olarak yapılan üç boyutlu nümerik analizlerin literatürden elde edilen verilerle uyumlu olduğunu, özellikle de kum zeminde analiz sonuçlarının literatürden alınan verilerle oldukça yakın olduğunu bulmuşlardır.

Dai ve arkadaşları [3] bazı kabuller yaparak kazıklı temellerin statik ve dinamik rijitliklerini nümerik çözümlerle hesaplamışlardır. Daha sonra bazı denklemler önererek, deneysel sonuçları bu denklemlerle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak önerilen denklemlerin oldukça güvenilir sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Wulandari ve Tjandra [4] yumuşak zemin üzerine oturan kazıklı radye temelleri PLAXİS programı ile 2 boyutlu olarak analiz etmişlerdir. Analizlerde kullanılan kazık sayısını artırarak oturumları incelemiştir. Sonuç olarak kazık sayısındaki artışın oturumları azalttığını fakat belirli bir oturmadan sonra kazık sayısındaki artışın oturumları azaltmadığını göstermişlerdir. Bu yüzden kullanılacak olan kazık sayısının optimum olması gerektiğini bu sayede en ekonomik çözümün elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Elwakil ve Azzam [5] kazıklı radye temel sistemi üzerinde nümerik ve deneysel çalışmalar yapmışlardır. Kazık boyunun ve kazıkların karelaşımının, bir kazığın üzerine gelen nihai yük ile ilişkisini incelemiştir. Sonuç olarak kazık boyunun ve kazık sayısının azalması durumunda radye temel tarafından taşınan yükün arttığını tespit etmişlerdir.

Jozefiak ve arkadaşları [6] ABAQUS paket programı kullanarak oluşturdukları model kazıklı temellerin taşıma gücü ve oturma değerlerini, CFA kazıklarının kullanılmış olduğu bir zeminde karşılaştırmış ve sonuçların oldukça uyumlu olduğunu bulmuşlardır.

Hasan ve Samadhiya [7] geosentetik donatı kullanarak laboratuvarında yaptıkları model deney sonuçlarını, PLAXİS 3D paket programında modelleyerek birtakım analizler yapmışlardır. Sonuç olarak geosentetik donatının kazığın taşıdığı nihai yük ve rijitliğini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Kayadelen ve Altay [8] ANSYS workbench ile 3 boyutlu olarak modelledikleri ve analizlerini yaptıkları dinamik kompaksiyonun sonucunda elde ettikleri grafiklerde ağırlık-deformasyon ve

yükseklik-deformasyon sonuçlarının yaklaşık olarak lineer olduklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca ANSYS ile yapılan bu analizlerin yine literatürle oldukça uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Altay ve Kayadelen [9] ANSYS programını kullanarak kaya düşmelerine karşı kullanılan toprak dolgu setlerin tasarımı ile ilgili yaptıkları çalışmalarında daha önce literatürde yapılmış olan arazi deneylerini doğrulamış ve daha sonra parametrik çalışma yapmışlardır. Nümerik analizlerde ANSYS programından elde edilen sonuçların oldukça tutarlı olduklarını bulmuşlardır.

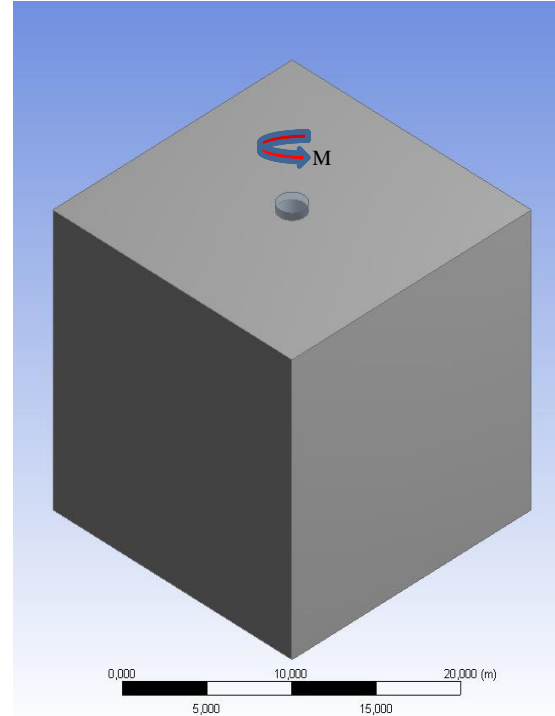
Bu çalışmada, moment etkisi altında tekil bir kazığın üzerinde meydana gelen kayma gerilmeleri ve kazık üstünde bir noktada meydana gelen deformasyonlar incelenmiştir. İnceleme için sonlu elemanlar yöntemi kullanan ANSYS paket programı kullanılmıştır. Analizlerde kazık üç boyutlu olarak modellenmiş ve “Static Structural” analiz sistemi kullanılmıştır.

2. NÜMERİK ANALİZ

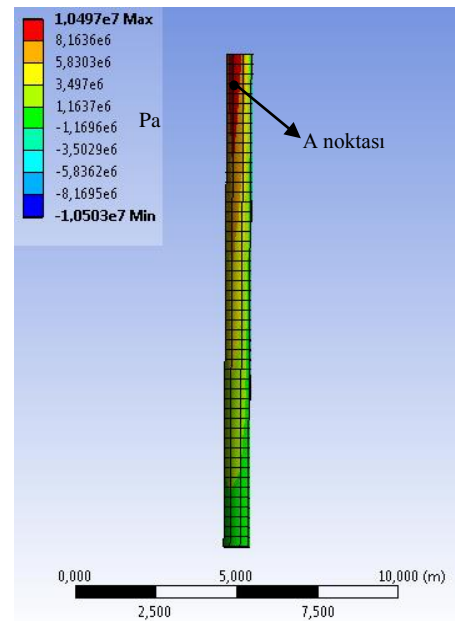
Nümerik analizler sonlu elemanlar yöntemini kullanan ANSYS (Workbench) programı ile gerçekleştirilmiştir. Programın “tasarım” modülüyle tek kazık ve zemin ortamı 3 boyutlu olarak modellenmiştir ve daha sonra zemin ve kazık için malzeme modeli seçilerek malzeme parametreleri girilmiştir. Şekil 1’de kazık ve zemin ortamı 3 boyutlu olarak gösterilmiştir.

Ayrıca Şekil 1’de kazığa uygulanan moment gösterilmiştir. Zemin ortamı 20 m’lik bir küp olarak tasarlanmıştır. Bu boyutlar seçilirken sınır etkileri dikkate alınmıştır.

Şekil 2’te 40 cm çapında ve 15 m uzunluğundaki tekil kazığın modeldeki görüntüsü verilmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4’te de çapları sırasıyla 80 cm ve 100 cm olan kazıklar gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 2, 3 ve 4’e bakıldığında moment etkisi altında bu kazıklarda meydana gelen maksimum ve minimum kayma gerilmeleri de gösterilmektedir.

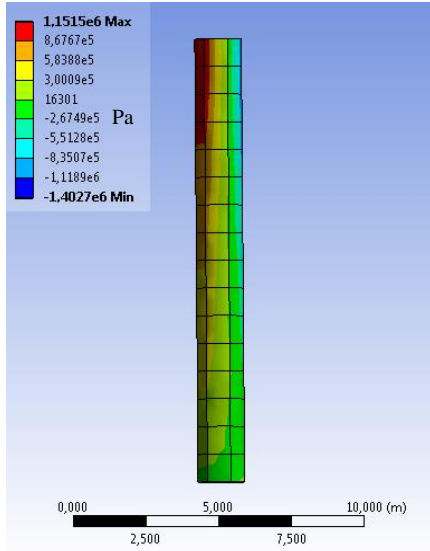


Şekil 1. Kazık ve zemin ortamının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 2. Çapı 40 cm boyu 15 m olan kazığın kayma gerilmesi dağılımları

Analizlerde beton kazık kullanıldığı için kazık elemanın malzeme özellikleri olarak beton malzemesinin parametreleri girilmiştir (Çizelge 1).



Şekil 3. Çapı 80 cm boyu 15 m olan kazığın kayma gerilmesi dağılımları

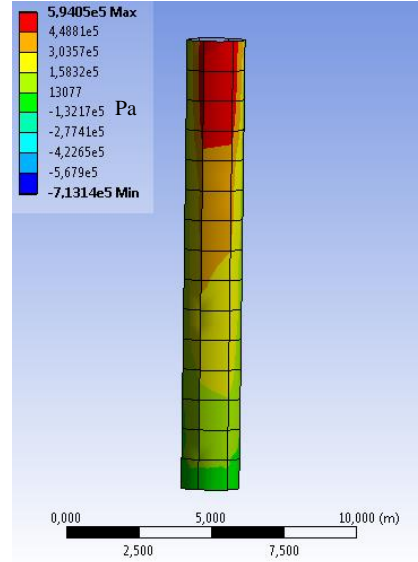
Çizelge 1. Kazık için kullanılan beton malzemesinin özellikleri

Malzeme Parametresi	Birimi	Değeri
Yoğunluk	kg/m ³	2300
Elastisite Modülü	MPa	30000
Posisson Oranı	-	0,18
Esneklik Modülü	MPa	15625
Kayma Modülü	MPa	12712

Zemin modeli olarak drucker-prager kullanılmıştır. Modelde kullanılan zemin parametreleri ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Zemin ortamı için kullanılan malzemenin özellikleri

Malzeme Parametresi	Birimi	Değeri
Yoğunluk	kg/m ³	1700
Elastisite Modülü	MPa	40
Posisson Oranı	-	0,30
Esneklik Modülü	kPa	33333
Kayma Modülü	kPa	15385
Tek Eksenli Basma Dayanımı	kPa	150
Tek Eksenli Çekme Dayanımı	kPa	50
İki Eksenli Basma Dayanımı	kPa	200

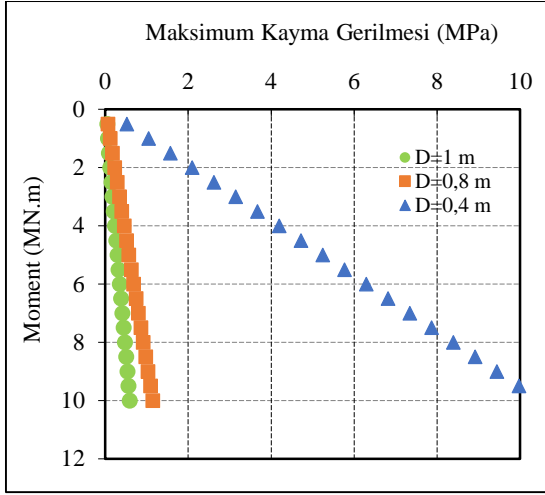


Şekil 4. Çapı 100 cm boyu 15 m olan kazığın kayma gerilmesi dağılımları

3. BULGULAR

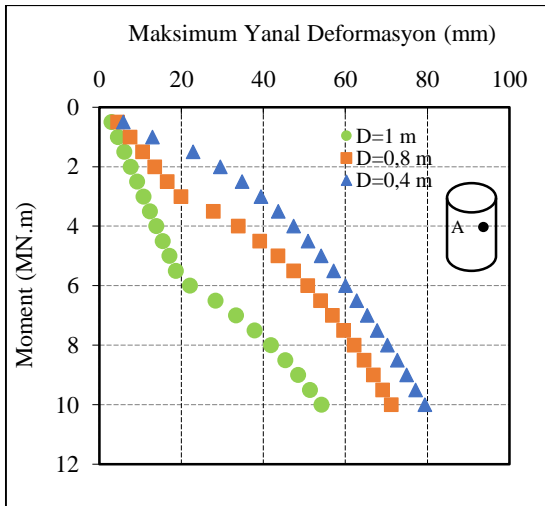
Nümerik analizlerde moment yükü altında öncelikle çap değişiminin deformasyonlara ve kayma gerilmelerine olan etkisini araştırmak için 3 farklı çapta ve 15 m boyunda kazıklar modellenmiştir. İlk olarak çapı 40 cm olan kazığın, daha sonra çapı 80 cm ve 100 cm olan kazıkların aynı moment yükü altında maksimum kayma gerilmesi ve maksimum yanal deformasyon değerleri incelenmiştir. Elde edilen deformasyon değerleri kazık yüzeyinde seçilen ve Şekil 2’de gösterilen noktanın deformasyon değerleridir. Sonraki analizlerde verilecek olan maksimum yanal deformasyon değerleri için aynı nokta kullanılmıştır.

Şekil 5’de farklı çaplara sahip kazıkların moment kayma gerilmesi grafiği verilmiştir. Grafiğe bakıldığında kazık çapı küçüldükçe meydana gelen kayma gerilmelerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca çapı 80 cm ve 100 cm olan kazıklarda meydana gelen maksimum kayma gerilmeleri değerlerinin birbirine yakın çıktığı görülmektedir. 40 cm çapındaki kazığın yüzeyinde oluşan maksimum kayma gerilmelerinin diğer kazıklardan daha büyük olduğu görülmektedir.



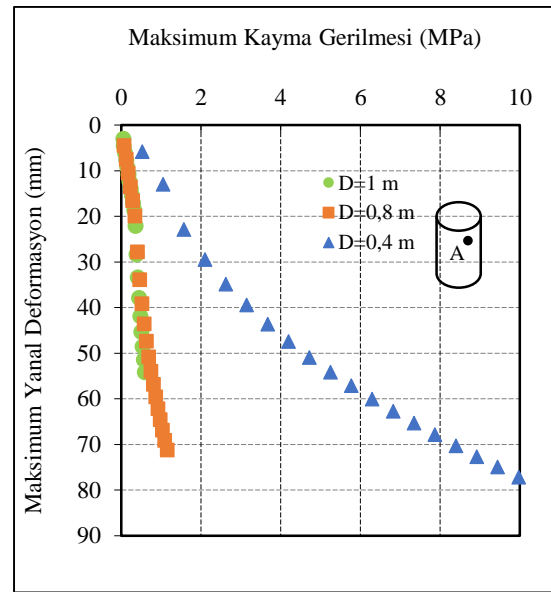
Şekil 5. Farklı çaplara sahip kazıkların kayma gerilmesi-moment grafiği

Şekil 6'da ise bu üç farklı çapa sahip 15 m uzunluğundaki kazıkların üstünde belirli bir noktanın X-ekseni doğrultusunda meydana gelen maksimum yanıl deformasyonlarının momentle değişimi gösterilmiştir. Grafikten de görüldüğü üzere kazık çapı azaldıkça meydana gelen maksimum yanıl deformasyonlarda artış gözlenmiştir. Aynı şekilde en büyük kazık çapı olan 100 cm'lik kazıklarda bu deformasyonlar en az mertebede gerçekleşmiştir.



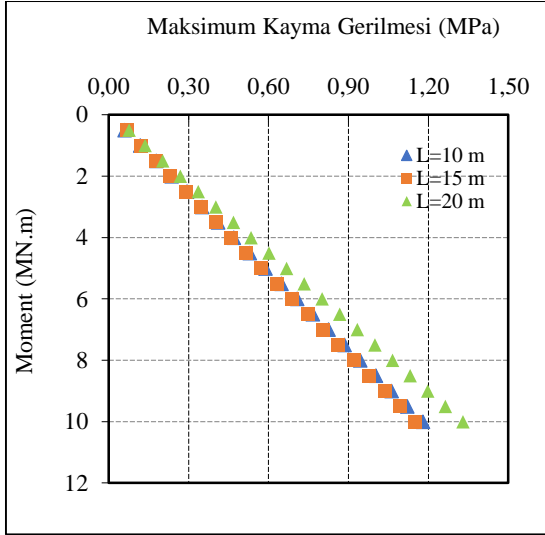
Şekil 6. Farklı çaplara sahip kazıkların deformasyon-moment grafiği

Şekil 7'de farklı çaplara sahip kazıkların maksimum kayma gerilmelerine karşılık gelen maksimum yanıl deformasyonları gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlarda çapı 100 cm ve 80 olan kazıkların çapı 40 cm olan kazığa göre aynı gerilme düzeyinde daha fazla deforme oldukları görülmektedir. Aynı deformasyon değerinde ise çapı 40 olan kazığın diğerlerine göre daha fazla kayma gerilmesine maruz kaldığı görülmektedir.



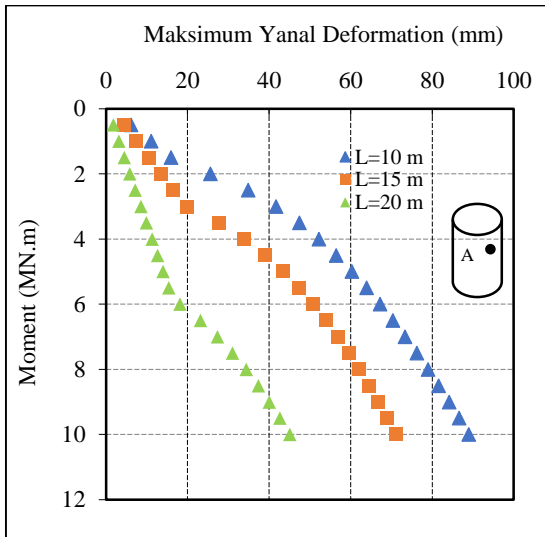
Şekil 7. Farklı çaplara sahip kazıkların kayma gerilmesi-deformasyon grafiği

Şekil 8'de farklı boylara sahip kazıkların moment etkisi altında maksimum kayma gerilmesi değerleri incelenmiştir. Çapı 80 cm olan bu kazıklar üzerinde yapılan analizlerde belirli bir moment değerinde boy arttıkça maksimum kayma gerilmesinin arttığı görülmektedir. Fakat maksimum kayma gerilmelerindeki bu artışın çok az olduğu ve en belirgin artışın moment değerinin en fazla olduğu durumda olduğu görülmüştür. Ayrıca maksimum kayma gerilmeleri değerleri arasında çok fazla bir farklılık görülmediği, özellikle de 10 m ve 15 m'lik kazıklarda bu değerlerin birbirine çok daha yakın olduğu görülmektedir.



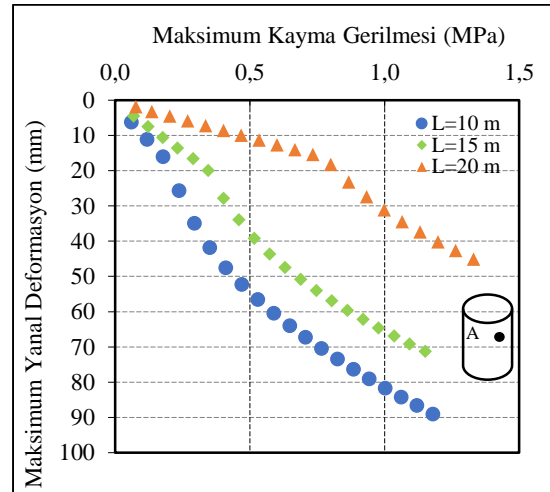
Şekil 8. Farklı boylara sahip kazıkların kayma gerilmesi-moment grafiği

Şekil 9'da 80 cm çapında farklı boylara sahip kazıkların moment etkisi altında maksimum yanıl deformasyon değerleri gösterilmektedir. Her üç kazıkta da momentteki artışa bağlı olarak maksimum yanıl deformasyonlar artmıştır. En fazla deformasyona en küçük kazık boyunda rastlanırken en az deformasyona en büyük kazık boyunda gözlenmiştir.



Şekil 9. Farklı boylara sahip kazıkların deformasyon-moment grafiği

Şekil 10'da boyları farklı, çapları aynı ve 80 cm olan kazıklar üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre maksimum yanıl deformasyonlara karşılık gelen maksimum kayma gerilmeleri görülmektedir. 1 MPa kayma gerilmesi altında en fazla deformasyon yaklaşık 80 mm olarak 10 m uzunluğundaki kazıkta meydana gelmiştir. Aynı zamanda en az deformasyon ise yaklaşık 30 mm olarak 20 m uzunluğundaki kazıkta meydana geldiği görülmüştür. Buradan da anlaşılacağı üzere sabit bir kayma gerilmesi altında boydaki artış deformasyonlarda azalmaya sebep olmaktadır. Bunun tam tersi olarak sabit kayma gerilmesi altında kazık boyundaki azalış deformasyonlarda artmaya sebep olmaktadır.



Şekil 10. Farklı boylara sahip kazıkların kayma gerilmesi-deformasyon grafiği

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan nümerik analizlerin sonuçlarına göre, farklı çaplara sahip aynı boya sahip kazıklarda momentin artmasıyla maksimum kayma gerilmesi ve maksimum yanıl deformasyonların arttığı görülmüştür. Çapları 80 cm ve 100 cm olan kazıklarda moment etkisi altında maksimum kayma gerilmeleri birbirine yakın çıkarken çapı 40 cm olan kazıkta bu gerilmeler çok daha büyük mertebelerde çıkmaktadır. Yine 80'lik ve 100'lük kazıklarda maksimum yanıl deformasyonlara karşılık gelen maksimum kayma gerilmelerinin

birbirlerine oldukça yakın değerler çıktığı görülürken 40°lik kazıkta gerilmelerin bu iki kazığa göre daha büyük olduğu görülmektedir.

Aynı çap genişliğine sahip farklı boylarda, moment etkisi altındaki kazıklarda meydana gelen maksimum kayma gerilmelerinin birbirine çok yakın değerler olduğu görülürken, yine aynı kazıklarda moment etkisi altında meydana gelen maksimum yanal deformasyonlarda gözle görülür farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Son olarak boyları farklı çapları aynı olan bu kazıklarda moment etkisi altında oluşan maksimum yanal deformasyonlara karşılık gelen maksimum kayma gerilmelerine bakıldığında, belirli bir deformasyonda kazık boyunun artmasıyla birlikte maksimum kayma gerilmelerinin arttığı görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. Sheil, B.B., McCabe, B.A., 2015. Numerical Modelling of Pile Foundation Angular Distortion. *Soils and Foundations*, 55(3), 614–625.
2. Yang, Z., Jeremic, B., 2002. Numerical Analysis of Pile Behavior under Lateral Loads. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 02, 1-31.
3. Dai, W., Shi, C., Tan, Y., Rojas F., 2017. A Numerical Solution and Evaluation of Dynamic Stiffness of Pile Groups and Comparison to Experimental Results. *Engineering Structures*, 151, 253–260.
4. Wulandari, P.S., Tjandra, D., 2015. Analysis of Piled Raft Foundation on Soft Soil using Plaxis 2D. *The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5)*, 125, 363-367.
5. Elwakil, A.Z., Azzam, W.R., 2015. Experimental and Numerical Study of Piled Raft System. *Alexandria Engineering Journal*, 55, 547-560.
6. Jozefiak, K., Zbiciak, A., Maslakowski, M., Piotrowski, T., 2015. Numerical Modelling and Bearing Capacity Analysis of Pile Foundation. *XXIV R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015)*, 111, 356-363.
7. Hasan, M., Samadhiya, N.K., 2017. Performance of Geosynthetic-Reinforced Granular Piles in Soft Clays: Model Tests and Numerical Analysis. *Computer and Geotechnics*, 87, 178-187.
8. Kayadelen, C., Altay, G., 2016. Numerical Modelling of Dynamic Compaction. *4th International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 427-432.
9. Altay, G., Kayadelen, C., 2015. Numerical Investigation of Embankments for Protecting Rock Fall. *17th International Conference on Geotechnical Engineering (ICGE)*, 17 (9) Part V, 1033-1038.