



Yüksek Hızlı Demiryollarında Kullanılan Yaklaşım Dolgu Modellerinin Sayısal Analiz İle Değerlendirilmesi

Kenan OĞUL¹, Utkan MUTMAN², Evren POŞLUK*¹

¹TCDD 2. Demiryolu Yapım Grup Müdürlüğü, Bozüyük, Bilecik Türkiye

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Kocaeli, Türkiye

*evrenposluk@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9520-5268

(Alınış/Received: 27.12.2018, Kabul/Accepted: 21.02.2019, Yayımlama/Published: 31.07.2019)

Özet: Emniyetli ve konforlu bir demiryolu ulaşımın sağlanması için, hat yatağı imalatının oturma ve ondülasyonlara yol açmayacak şekilde oluşturulması gerekmektedir. Özellikle sanat yapıları ile zemin geçişlerinde farklı oturmalar oluşabilmektedir. Bu oturmalar ise konfor ve seyrüsefer açısından sorunlar oluşturabilmektedir. Bu çalışmada, sanat yapıları ile dolgu arasındaki geçişler değerlendirilmiştir. Bu amaçla uygulamada en çok kullanılan Alman ve Fransız modelleri kullanılmıştır. Yaklaşım dolgu modellerinin, altındaki kaya, kum ve kil birimlere göre davranışları sayısal yöntemle incelenmiştir. Bu amaçla, sanat yapısından belli bir uzaklıktan itibaren 9 metrelik dolgu yüküne göre sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kullanan Plaxis 2D V. 8.2 bilgisayar programı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, dolgu tipinden çok dolgularının altındaki zeminlerin önem taşıdığı, rijit ortamlarda yaklaşım dolgu tipinin çok önemli olmadığı buna karşın plastisitesi yüksek ortamlarda ise Alman yaklaşım dolgu modeli tipinin Fransız dolgu tipine oranla nispeten daha yüksek performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yaklaşım dolgusu, Yüksek hızlı tren, Sonlu eleman yöntemi, Plaxis 2D

Evaluation Of Appropriate Filling Models Used In High Speed Railways By Numerical Analysis

Abstract: In order to ensure a safe and comfortable rail transportation, the manufacture of the line bearing must be constructed in such a way that it does not lead to sitting and undulations. In particular, different structures can be formed in the transition to the ground with art structures. These settlements can cause problems in terms of comfort and navigation. In this study, the transition between the art structures and the fillings were evaluated. For this purpose, the most commonly used German and French models were used. Behavior of approach filling models according to rock, sand and clay units at the bottom were investigated by numerical method. For this purpose, according to the filler load of 9 meters from a certain distance from the structure of art structure using the finite element method (FEM) was made by using the computer program Plaxis 2D V. 8.2. According to the results of the analysis, it is concluded that the floors under the fillings are more important than the fill type, whereas the approach type is not very important in the rigid environments, whereas in the plasticized environments, the German approach filler type has a relatively higher performance than the French fill type.

Key words: Approach fill, High speed train, Finite element method, Plaxis 2D

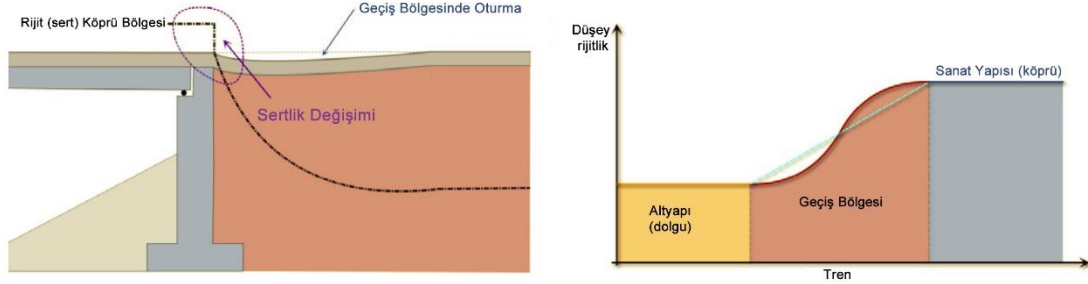
1. Giriş

Demiryolları hatlarında en çok karşılaşılan sorun, köprü menfez gibi sanat yapıları yaklaşımlarında hat yatağının oturmasıdır [1]. Bu durum altyapı yönetimi, bakım onarım maliyetleri, tren operasyonlarındaki gecikmelere (tekayyüdat konulması ve tren tehirlere) ve sonuç olarak maliyet artışlarına neden olmaktadır [2]. Modern demiryollarında hat yataklarındaki

Atıf için/Cite as: K. Oğul, U. Mutman, and E. Poşluk, "Yüksek hızlı demiryollarında kullanılan yaklaşım dolgu modellerinin sayısal analiz ile değerlendirilmesi," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 10, pp. 46-53, July 2019.

Demiryolu Mühendisliği

oturmaları en aza indirmek için bağlayıcı içeren (çimento, kimyasal katkı vb.) ve bağlayıcı içermeyen jeomekanik malzemeler kullanılmaktadır [1]. Buna rağmen sorunlar hala tam olarak aşılanamamıştır. Sorunlar 2 temel başlık altında toplanabilir; bunlar: 1) Ani birim değişimleri nedeni ile düşey yönde dayanım değişimleri (zeminlerde çok, köprülerde az oturma), 2) Farklı dolgu yerleşimleri, (köprü ve dolgu geçişlerinde düz olmayan hat yatağı) [3] (Şekil 1.).



Şekil 1. Hat yatağında oluşan sorunlar [4].

Yukarıda sayılan iki faktöründe işletmecilik faaliyetleri sırasında ciddi sonuçları olabilir. Böyle bir senaryoda tren tekerlerinde farklı hareketler sonucunda yolcu konfor seviyesinde azalma ve trenin hattan çıkıp deray etmesi sonucunu doğurmaktadır [5]. Modern demiryolu tasarımların çoğunda; 20 m uzunluğunda sıkıştırılmış (bağlayıcı içeren ve bağlayıcı içermeyen) kama şekilli dolgu malzemesi kullanılmaktadır [1]. UIC 719R (2008) standardında özetlenen bu çalışmalar, İtalyan, Alman, Fransız, Belçika, İsveç, Finlandiya, Polonya, İspanyol vb. gibi isimlerle anılmaktadır [5]. Bu çalışmada ülkemiz ve dünya yüksek hızlı tren altyapısında sıklıkla kullanılan Alman ve Fransız sanat yapısı yaklaşım dolgu modelleri, altındaki kaya, kum ve kil zeminlere göre davranışları Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) kullanan Plaxis 2D V.8.2 programı kullanılarak performansları yatay ve düşey yönde incelenmiştir.

2. Modelleme

Yüksek standartlı demiryolu dizaynında, maruz kalacağı statik yüklerin yanında dinamik yüklerin de planlanması gerekmektedir. UIC 719R (2008)'de tariflenen yaklaşım dolgusu modellerinden Alman ve Fransız modelleri, ülkemiz hızlı tren altyapısında ve uluslararası alanda sıkça tercih edilen yöntemlerdendir. Her iki yöntemin de temeli hat güzergahında 20 metrelik bir alanda bağlayıcı içermeyen granüler malzemeler ile bağlayıcı içeren malzemelerin birlikte kullanımına dayanmaktadır. Bununla birlikte her iki yöntemin imalat aşamasında avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada imalat zorluğundan çok yükler altında davranışları incelenmiştir.

Alman dolgu modelinde; yaklaşım dolgusu uzunluğu 250 km/saat hız için 20 metre ya da daha uzun olarak öngörülmüştür. Bu modelde sanat yapısı ile dolgu arasında ince bir granüler malzeme ile yüzey sularının sızdırılması amaçlanmıştır. Sanat yapısı ile tabii zemin arasında çimento içeriği % 2,5-3 arasında değişen çimentolu stabilizasyon önerilmektedir. Bu dolgunun özelliği, içerisinde bulunan çimento bağlayıcısı ile tekniğine uygun yapıldığında rijit bir yapı kazanmasıdır. Onun gerisinde de sıkıştırılabilen dolgu malzemesi ile yaklaşım dolgusu tamamlanmaktadır (Şekil 2.).

Demiryolu Mühendisliği

geliştirilen sayısal bir çözüm yöntemidir [7]. Sürekli bir ortam sonlu elemanlara bölünerek denklemler her bir eleman için yazılır ve entegre edilerek sistem denklemleri elde edilir. Sonuçta sürekli bir ortam için göz önüne alınan diferansiyel denklem lineer bir denklem takımına indirgenir [8]. PLAXIS (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis) programı ise, geoteknik mühendisliğindeki deformasyon ve duraylılık problemlerinin sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilebilmesi için tasarlanmış bir bilgisayar yazılımıdır [9].

Her iki yaklaşım dolgu modelinde de analizler köprü kenar ayağından farklı uzaklıklardaki yaklaşım dolgusu enine kesitleri için yapılmıştır. Köprü kenar ayağından boyuna yönde uzaklaştıkça farklı stratigrafik kesimler olması dolayısıyla bu analizlerin yapılması gerekliliği doğmuştur. Her bir dolgu tipi (Alman ve Fransız) ve zemin tipi (kaya, kum, kil) için kenar ayaktan 1m, 5m, 10m, 15m ve 20m uzaklıkta olacak şekilde 5 farklı analiz gerçekleştirilmiştir.

Analizler sırasında yaklaşım dolgusunda kullanılan temel malzemeler ve altındaki zemin birimlerine ait kabul edilen parametreler Tablo 1.'de verilmiştir. Yaklaşım dolgularında kullanılan malzemeler benzerlik gösterse de kullanıldığı alan ve kalınlığı değişiklik göstermektedir.

Tablo 1. Sayısal analizlerde kullanılan parametreler

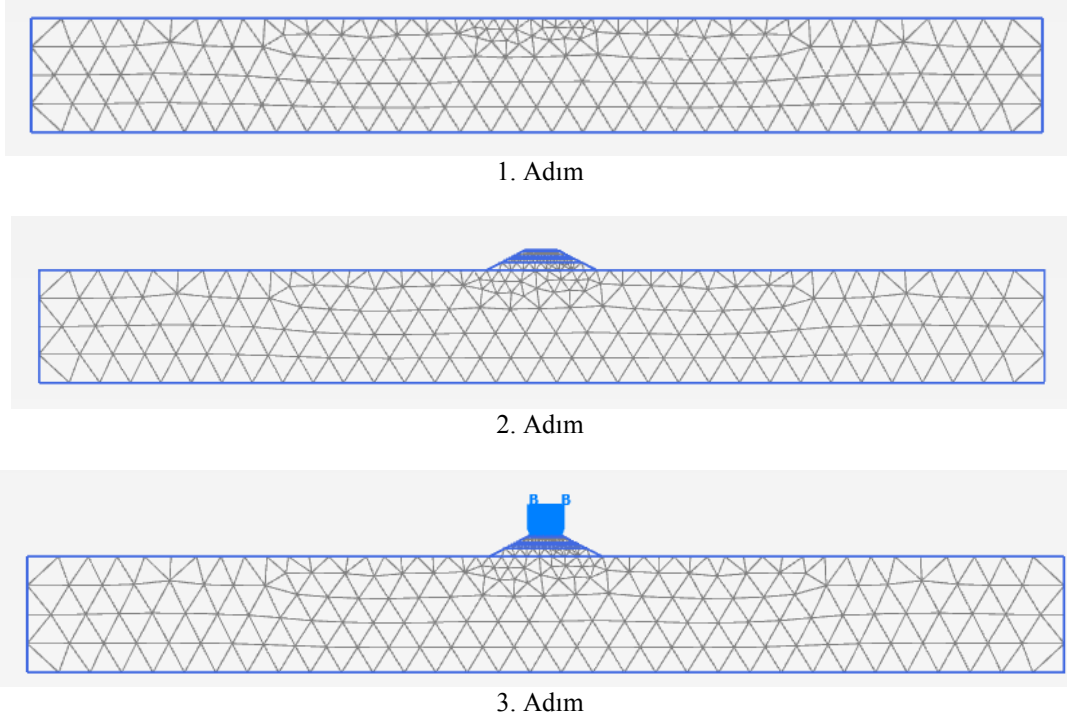
	Elastisite Modülü (Mpa)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m3)	İçsel Sürtünme Açısı(°)	Kohezyon (kPa)
Çimento karışımli granüler malzeme katmanı	40	20	38	0
Granül karışımli katmanı	58	20	38	0
Dolgu toprak malzemesi	88	20	38	0
Kaya	200	25	40	300
Kum	30	20	35	0
Kil	15	20	25	0

Analizler köprü kenar ayağından farklı uzaklıklardaki yaklaşım dolgusu enine kesitleri için yapılmıştır. Köprü kenar ayağından boyuna yönde uzaklaştıkça farklı stratigrafik kesimler olması dolayısıyla bu analizlerin yapılması gerekliliği doğmuştur. Her bir dolgu tipi (Alman ve Fransız) ve zemin tipi (kaya, kum, kil) için kenar ayaktan 1m, 5m, 10m, 15m ve 20m uzaklıkta olacak şekilde toplam 30 farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Mohr-Coulomb malzeme modeli kullanılmıştır.

Her bir analiz nonlineer ve gerilime bağlı zemin davranışını simüle edebilmek amacıyla 3 adımda gerçekleştirilmiştir.

- Temel Zemin tabakası inşaatı ve geostatik analizi
- Dolgu inşaatı ve oturma değer ölçümleri
- 40 kPA uniform yayılı yük uygulaması ve oturma değer ölçümleri

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 4. Sayısal analiz uygulama adımları (1. Adım: Temel Zemin tabakası inşası ve geostatik analizi 2. Adım: Dolgu inşası ve oturma değer ölçümleri 3. Adım: 40 kPA uniform yayılı yük uygulaması ve oturma değer ölçümleri)

4. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

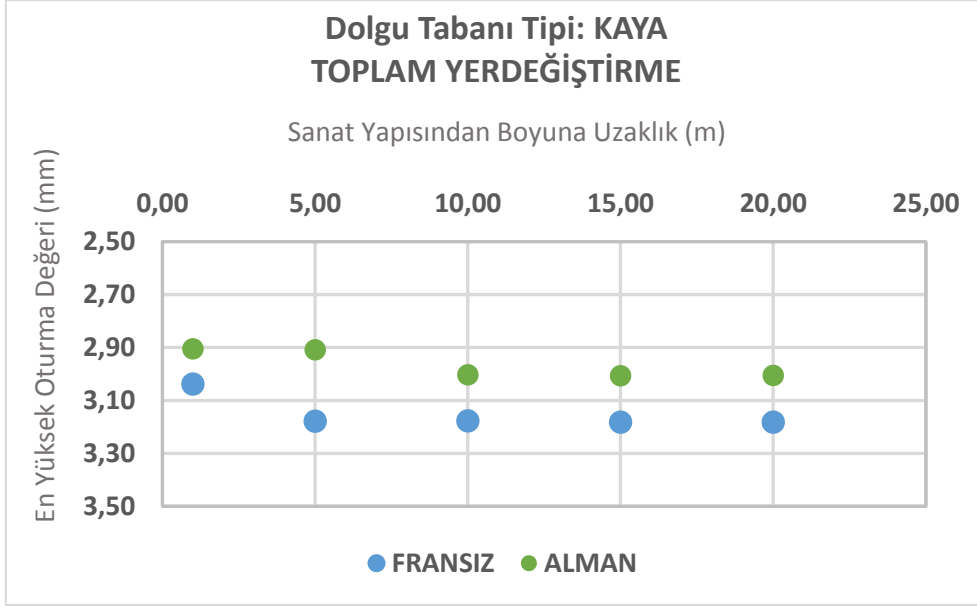
Yaklaşım dolgu tipleri ve tabanındaki öngörülen kaya, kil, kum zemin birimlerinin her biri için yapılan sayısal analiz verileri derlenmiştir. Her analizde yüzeyde ve hattın tam ortasına gelecek (eksende) oluşan toplam oturma değerleri sanat yapısından geriye doğru olacak şekilde irdelenmiş ve grafiklere işlenmiştir (Tablo 2., Şekil 5., Şekil 6., Şekil 7.).

Oturma değerleri incelendiğinde, kaya tabanlı her iki yaklaşım dolgu modelinde de 3 mm civarında yüzeyde oturmaların olduğu görülmektedir. Bu oturma değerleri oldukça düşük olup ihmal edilebilir niteliktedir. Bununla birlikte yaklaşım dolgusunun oturacağı birim rijitten plastiğe doğru geçerken toplam oturma değerleri hissedilir ölçüde artmaktadır. Kum tabanlarda 135 mm seviyelerine çıkmaktadır. Kil tabanda ise 380 mm seviyelerine çıkmaktadır. Fransız ve Alman modelleri kendi içlerinde kıyaslandığında ise Alman modelinin gerek kum tabanda gerekse kil tabanda 3-5 mm seviyesinde daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Ancak her iki yöntemde de yaklaşım dolgu tabanında (kum ve kil birim içerisindeki konsolidasyon oturmalarının) yüksek miktarlarda gerçekleştiği görülmektedir.

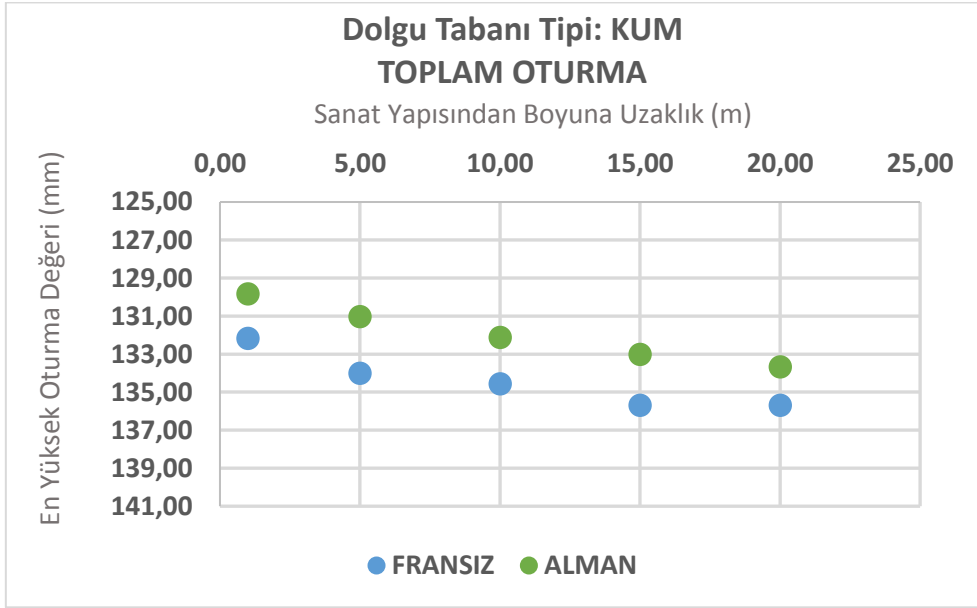
Tablo 2. Boyuna toplam oturma (mm).

		Sanat yapısından uzaklık (m)				
		1	5	10	15	20
Fransız Dolgu Modeli	Kaya	3,04	3,18	3,18	3,18	3,18
	Kum	132,17	134	134,56	135,68	135,68
	Kil	371,62	375,91	376	380,17	380,17
Alman Dolgu Modeli	Kaya	2,9	2,91	3	3,01	3,01
	Kum	129,83	131,03	132,12	133	133,67
	Kil	369,47	372,75	373,25	376,44	376,56

Demiryolu Mühendisliği

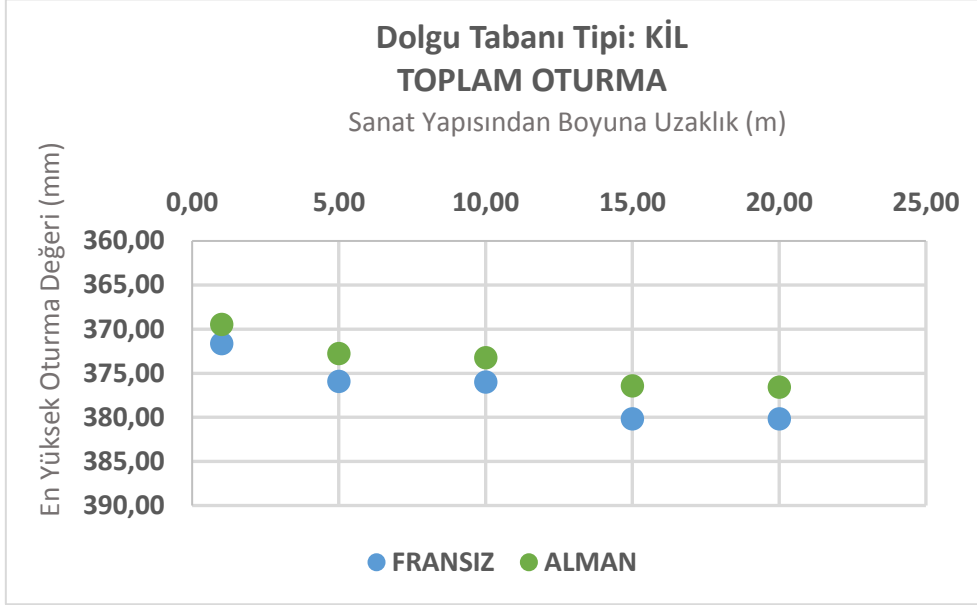


Şekil 5. Kaya tabanlı yaklaşım dolgularında eksende gerçekleşen toplam oturma değerleri



Şekil 6. Kum tabanlı yaklaşım dolgularında gerçekleşen toplam oturma değerleri

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 7. Kil tabanlı yaklaşım dolgularında gerçekleşen toplam oturma değerleri

5. Sonuçlar

Sanat yapısı ile dolgu arasında bulunan iki farklı (Fransız ve Alman) geçiş bölgesinin beklenen oturma dağılımlarının verimlilik açısından değerlendirilmeleri sayısal analiz ile yapılmıştır. 9 m yüksekliğindeki dolgu göz önüne alınarak yapılan değerlendirmelerde farklı zeminler üzerindeki geçiş bölgesi dolgusu boyunca meydana gelen oturma değişimleri irdelenmiştir.

Oturma hesabının sağlıklı olabilmesi için yaklaşım dolgusunun yapılacağı zeminin yerel koşullarının dikkate alınması gerekmektedir. Bu bölgelerde kademeli diferansiyel oturma dağılımının oluşması kaçınılmazdır.

Yapılan bu çalışma ile;

Eğer dolgu rijit zemin üzerine inşa ediliyor ise, üzerine gelen yükleme dolayısıyla oluşan oturmalar ihmal edilebilir. Geçiş bölgesi boyunca oluşan oturma dağılımı, beklenildiği gibi kademeli olarak gerçekleşmektedir.

Eğer dolgu deforme olabilir orta zemin yapısı (granüler zemin) üzerine inşa ediliyor ise toplam oturmalar geçiş bölgesi altındaki zeminin deforme olabilirlğine bağlı olarak belirlenmiş olacaktır. Bu durumda dolgu ağırlığından oluşan oturmalar inşa sırasında artacaktır. Dış geçici yüklerin oluşturduğu farklı oturmalarından oluşan problemler sıradan bakım işleri yapılarak çözülebilir.

Dolgunun kohezyonsuz zeminler üzerine inşa edilmesi durumunda ise toplam oturma değerleri dışında granüler zemin için yapılan analiz sonuçları ile çok benzerlik göstermektedir. Bu durumda bilindiği gibi göz önüne alınması gereken ana faktör inşa süresi ile uyumlu olacak oturma oluşacağı zamandır. Eğer bu sağlanmıyorsa zemin iyileştirmesi düşünülmelidir.

Kaynakça

- [1] A. Paixão, F. Eduardo, and C. Rui, "Transition zones to railway bridges: track measurements and numerical modelling", Engineering structures, vol. 80, pp. 435-443, 2014.

Demiryolu Mühendisliği

- [2] European Rail Research Institute, Utrech. ERRI D 230.1/RP 3., Bridge ends. Embankment Structure Transition. State of the Art Report, 1999.
- [3] M. Banimahd, PK. Woodward, J. Kennedy, G. Medero, “Behaviour of train–track interaction in stiffness transitions”, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Transport, vol. 165, pp. 205–14, 2012.
- [4] L. M. G., Coelho, “Structure/Embankment Transitions in Railway Infra-structures” Behaviour and National and International Practices, 2015.
- [5] UIC Earthworks and track bed for railway lines, , UIC Standard CODE 719 R, 2018.
- [6] Plaxis 8.2, Finite Element Code For Soil Rock Analyses, User Manual, Delf, 2006.
- [7] M. Örnek, A. Laman., A. Yıldız, M. Demir, A. Tekinsoy, “Ankrajlı İksa Sistemlerinin Sayısal Analizi”, 2 Uluslar Arası Geoteknik Sempozyumu, İstanbul, 2007, pp.216-219.
- [8] T. B. Çil, “İksa Sistemleri ve Analiz Yöntemleri Plaxis Paket Programı” Yüksek lisans, Çukurova Üniversitesi, inşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, 2007.
- [9] R. B. J. Brinkgreve, Plaxis Finite Element Code for Soil and Rock Analysis, 2nd, Version 8.2, 2002.

Özgeçmiş



Kenan OĞUL

1981 tarihinde doğmuştur. Lisans ve yüksek lisans eğitimini Kütahya Dumlupınar Üniversitesinde tamamlamıştır. Halen Demiryolu Yapım Dairesinde çalışmaktadır.



Utkan MUTMAN

Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora eğitimlerini Kocaeli Üniversitesinde tamamlamıştır. Halen aynı üniversitede öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.



Evren POŞLUK

1981 tarihinde Niğde’de doğmuştur. Lisans ve yüksek lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesinde tamamlamıştır. Halen Demiryolu Yapım Dairesinde çalışmaktadır.