

KONUT BİNALARININ ENKAZINDAN ORTAYA ÇIKAN PLASTİK ATIKLARIN YOL DOLGULARININ İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIMI

THE USE OF PLASTIC WASTES OBTAINED FROM RESIDENTIAL BUILDING DEBRIS IN THE STABILIZATION OF ROAD EMBANKMENTS

Zülal AKBAY ARAMA¹, İlknur DALYAN², Muhammed Selahaddin AKIN³

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, konut binalarında depremlerin neden olduğu yapısal hasarlar sonucunda ortaya çıkan plastik atıkları oransal ve niteliksel olarak sınıflandırarak geoteknik mühendisliği kapsamında alternatif kullanım yöntemlerine öneriler sunmaktır. Bu bağlamda, 2023 yılında Kahramanmaraş ve Hatay'da meydana gelen depremlerden elde edilen verilerden faydalanılmıştır. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından Mart 2023'te hazırlanan Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu'na dayanarak, hasar tespit çalışmaları tamamlanan 1.712.182 binada 35.355 adet yıkılmış, 17.491 adet acil olarak yıkılması gereken durumda, 179.786 adet ağır hasarlı, 40.228 adet orta hasarlı, 431.421 adet ise az hasarlı olarak tespit edilmiştir. Bu verilere dayanarak, çalışma kapsamında, yıkılan, yıkılması gereken ve ağır-orta hasarlı binalarda bulunan plastik atıkların türlerine ve miktarlarına göre sınıflandırma yapılmıştır. Ayrıca, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın "Enkaz döküm sahasından toplanan hafriyatın deprem bölgelerinde hasar görmüş yolların tamirinde kullanılması" planı çerçevesinde, bu plastik atıkların yol dolgusu olarak kullanılması durumunda elde edilebilecek iyileştirme seviyesi ve mevcut atıklarla hangi yol uzunluklarının iyileştirilebileceği konusunda parametrik çalışmalar yapılmıştır. Bu analizler, sonlu elemanlar yöntemini kullanan ticari bir program aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Plastik atık malzemeler ile zemin iyileştirmesi konusunda, deprem bölgesine dair bir örnekleme yapılamadığı için, literatürde uygulanan çalışmalar göz önünde bulundurularak benzer zemin profillerine sahip sahalar için yapılan deneylerden faydalanılarak tasarım parametreleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları, statik yükleme durumunda plastik atık malzemelerin yol alt yapısında kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarını, ilave boşluk suyu basıncı, deplasman ve güvenlik sayısı gibi faktörlerin değişimleri üzerinden değerlendirmiş ve hasar görmüş yapıların enkazlarının hızlı bir şekilde bertaraf edilebilmesi ve bu malzemelerden etkin bir şekilde faydalanılabilmesine dair bir süreç ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *deprem, plastik atık, yıkıntı atıkları, zemin iyileştirme, yol dolgusu*

ABSTRACT

The aim of this study is to provide recommendations for the alternative use of plastic waste generated from structural damage caused by earthquakes in residential buildings within the scope of geotechnical engineering by classifying them proportionally and qualitatively. In this context, data obtained from the earthquakes that occurred in Kahramanmaraş and Hatay in 2023 were utilized. Based on the Kahramanmaraş and Hatay Earthquakes Report prepared by the Presidency of Strategy and Budget of the Republic of Turkey in March 2023, it was determined that out of 1.712.182 buildings where damage assessment studies were

¹ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, zakbay@iuc.edu.tr (Sorumlu yazar)

² Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, ilknur.dalyan@comu.edu.tr

³ Yük. İnşaat Müh., Kartal Belediyesi, msehahaddinakin@gmail.com

completed, 35.355 were completely destroyed, 17.491 required immediate demolition, 179.786 were severely damaged, 40.228 were moderately damaged, and 431.421 were slightly damaged. Based on this data, the study classified plastic waste in collapsed, buildings requiring demolition, and heavily or moderately damaged buildings according to their types and quantities. Furthermore, within the framework of the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change's plan for the use of excavation collected from debris disposal sites in the repair of damaged roads in earthquake-prone areas, parametric studies were conducted on the potential improvement level that could be achieved by using these plastic wastes as road embankment and which road lengths could be improved with the existing waste materials. These analyses were conducted using a commercial program that employs the finite element method. Design parameters were determined based on experiments conducted on similar soil profiles, taking into account studies applied in the literature, as there was no sampling specific to the earthquake-prone region concerning soil improvement with plastic waste materials. The results of the study evaluated the advantages and disadvantages of using plastic waste materials in road substructures under static loading conditions by considering changes in factors such as additional void water pressure, displacement, and safety factor. A process was outlined for the rapid disposal of debris from damaged structures and effective utilization of these materials.

Keywords: earthquake, plastic waste, demolition waste, soil stabilization, road embankment

1. GİRİŞ

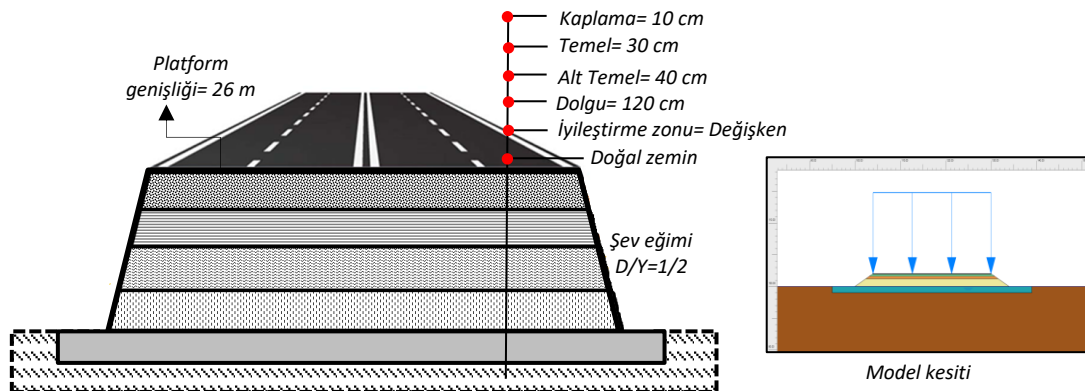
6 Şubat 2023 tarihinde Ülkemiz saati ile 04:17 ve 13:24'de merkez üsleri sırası ile Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçeleri olan $M_w=7.7$ ve $M_w=7.6$ büyüklüklerinde iki deprem meydana gelmiştir. 20 Şubat 2023 tarihinde ise 20:04'te merkez üssü Hatay'ın Yayladağı ilçesi olan $M_w=6.4$ büyüklüğünde bir deprem daha meydana gelmiştir. Bahsi geçen depremler Kahramanmaraş, Gaziantep, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya, Elazığ, Osmaniye, Kilis, Adana ve Hatay olmak üzere 11 ilimizde tarifsiz maddi ve manevi yıkımlara sebep olmuştur. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından Mart 2023'te hazırlanan Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu'na göre (KHDR) depremden etkilenen 11 ildeki toplam konut sayısı 5.6 milyon seviyesinde olup Türkiye genelindeki toplam konut stoku içindeki payı ise %14.05 düzeyindedir. Bu illerde 6 Mart 2023 tarihi itibarıyla 1.712.182 binada hasar tespit çalışması tamamlanmıştır. Bu verilere göre; 35.355 bina yıkılmış, 17.491 binanın acil olarak yıkılması gerekmiş ve 179.786 binanın ağır, 40.228 binanın orta ve 431.421 binanın da az hasarlı olduğu tespit edilmiştir. Yıkılan veya büyük hasar gören bu binaların arasında konut olarak kullanılanların dışında tarihi nitelikli ve kültürel yapılar, okullar, idari binalar, hastaneler, oteller de bulunmasının yanı sıra havalimanları, karayolları gibi çeşitli diğer yapılar da hasar almışlardır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2021 yılında paylaşılan bina istatistiklerinde depremden etkilenen illerde bulunan toplam nüfus 13.309.886'dır. Aynı zamanda, Kahramanmaraş, Gaziantep, Adıyaman, Osmaniye, Kilis, Adana ve Hatay illerinde bulunan mevcut yapı stoklarının yaklaşık olarak %70'i 1-3 katlı binalarda yaşarken Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya ve Elazığ illerinde bu oran yaklaşık olarak %30'dur. Ayrıca, Diyarbakır ili haricinde tüm illerde 6 kat altı binada yaşayanların oranı yaklaşık olarak %70'dir (KDİR, 2023). Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında, literatürde sunulmuş olan yukarıda bahsi geçen veriler referans alınarak, yıkılan, yıkılması gereken ve ağır ile orta hasar gören konutların enkazlarından ortaya çıkabilecek plastik atıkların oransal ve niteliksel sınıflandırılması ve miktar hesapları yapılmıştır. Evsel atık olarak plastik pet şişeler, şişe kapakları, su damacaneleri, ambalajlar, naylon poşetler, plastik kutular, pet bardaklar, temizlik malzemesi ambalajları, kişisel bakım ürünü ambalajları ve plastik oyuncaklar sayılabilmektedir (<https://sifiratik.gov.tr/plastik-atik>; Kumtepe, 2023). Ancak bir enkazdan elde edilebilecek plastik atıklara yapısal tasarımda kullanılan malzemelerin de dâhil edilmesi gerekmektedir. Enkaz niteliğindeki bir inşaat atığı alanından belirgin kütleler halinde çıkarılabilecek plastik atıklar, yalıtımda kullanılan plastik köpükler, pencere çerçeveleri, borular (temiz su, kirli su, yağmur suyu, tesisat), duvar kaplamaları, iç mekân profilleri (kapılar, süpürgelikler, yer döşemesi kenarları, kablo kanallarında, trabzanlarda, kaplamalarda ve dekorasyonda kullanılan), yer döşemeleri ve dış cephede kullanılan ekstrüde sert profiller olan panjur, kaplama, parmaklıklar olarak sayılabilmektedir (Pagev, 2016). Bu bağlamda inşaat atıklarının ayrıştırılması ile elde edilebilecek bu plastik atıkların "Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca 11 ilde 47 ayrı noktada oluşturulan enkaz döküm sahasından toplanan hafriyatın deprem bölgelerinde hasar görmüş yolların tamirinde, kaldırım ile yürüyüş yollarının yapımında kullanılması" planı dahilinde, geoteknik mühendisliği bakış açısı ile söz konusu plastik atıkların yol dolgu malzemesi olarak kullanımı sonucunda elde edilebilecek iyileştirme durumu, etkili iyileştirme kalınlığı ve mevcut atıklar ile iyileştirilebilecek yol uzunlukları bu çalışmaya odak noktası oluşturmuştur. Parametrik analizler geoteknik

mühendisliği yapılarının tasarlanmasında sıklıkla kullanılan sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan ticari bir program ile yapılmış olup plastik atık malzemeler ile zeminlerin iyileştirmesi konusunda literatürde uygulanan çalışmalar derlenerek tasarım parametreleri elde edilmiştir. Plastik atıkların değerlendirilmesi konusundaki literatür çalışmaları incelendiğinde, inşaat sektörü kapsamında beton üretiminde (Ochi ve diğ., 2007; Choi ve diğ., 2009; Peker ve diğ., 2022), zemin stabilizasyonunda (Kalliyath ve diğ., 2016; Peddaiah ve diğ., 2018; Gowtham ve diğ., 2018; Karthick ve diğ., 2019; Mali ve diğ., 2019; Kassa ve diğ., 2020; Wani ve diğ., 2021; Karadağ ve diğ., 2022; Akrawi, 2022; Babat, 2022; Kamble ve diğ., 2022), demiryolu kaplamalarında (Naeini ve diğ., 2019), yapı malzemesi olarak (Arulrajah ve diğ., 2017), karayolu kaplamalarında (Giriftinoğlu, 2007) kullanımlarına örnekler mevcuttur. Ancak, tüm bu çalışmalar evsel atık niteliğindeki plastiklerin değerlendirilmesi amacı ile uygulanmış olup plastik atıkların dünya çapındaki artan miktarını ve bu atıkların bertaraf edilmesi, geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılması konusundaki eksiklikleri gözler önüne sermektedir. Doğal afetler sonrasında oluşacak inşaat yıkıntılarında elde edilecek plastik atıkların değerlendirilmesi konusunda çalışmalar literatürde yer almamakta olup Ülkemizde yaşanan veya yaşanması beklenen afetler göz önüne alındığında, üzerinde çalışılması zaruri konulara dâhil edilebilmektedir.

Bu doğrultuda bu çalışmada, 2023 Şubat ayında Kahramanmaraş ve Hatay'da meydana gelen depremlerde meydana gelen yıkımlar referans alınmış ve ortaya çıkacak inşaat plastik atıklarının yerinde değerlendirilebilmesini irdeleyerek bertaraf yöntemlerine alternatifler üretilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında öne sürülen bu sürecin motivasyonu, bahsi geçen depremler olmuş ancak ilgili bölgeden malzeme temininin sağlanamaması nedeni ile literatürde mevcut bulunan benzer nitelikli zeminler üzerinde yapılan deneylerin sonuçlarından faydalanılmıştır. Amaçlanan, hızlı ve etkin bir enkaz bertaraf sürecinin modellenmesi olmuştur. Çalışmanın sonuçlarında, afet sonrasında hızla onarılması ve trafiğe açılması gereken karayollarının tasarımına odaklanılarak yapılan modellemelerde, statik durumda, göz önüne alınan karayolu dolgusu altyapısında üretilen ilave boşluk suyu basıncı değerleri, meydana gelen deplasmanlar ve güvenlik sayısı (GS) değişimleri ve nihai deplasman değerleri irdelenerek yol alt yapısında plastik atık malzemeler ile iyileştirilmiş temel tabakası kullanımının avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, yapılacak olan karayolu dolgusu modellemelerinde kullanılan kesit ve malzeme özellikleri Şekil 1 ve Tablo 1'de verilmiş olup ilgili dolgu geometrisi Karayolları Geometrik Standartları'ndan (2006) tasarım hızı 100 km/sa olan düz topografik yapıya sahip ve şerit genişliği 3,5 m, iç banketi 1 m, dış banketi 2,5 m, orta refüjü 4 m olan toplamda 26 m platform genişliğine sahip çok şeritli kentsel çevre yolu için seçilmiştir.



Şekil 1. Analizlerde kullanılan karayolu dolgu kesiti

Parametrik analizlerde kullanılan plastik atıkla iyileştirilme verileri, Babat (2022) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. Babat (2022) uygulamış olduğu deneylerde likit limit değeri %56.7 ve plastisite indisi değeri %32.3 olan ve AASHTO zemin sınıflandırma sistemine göre A-7-6 zemin grubunda, USCS zemin sınıflandırma sistemine göre CH grubunda olan kil zemin kullanmıştır. İyileştirme çalışmaları için 12 mm uzunluk ve 2.5 mm genişliğindeki plastik atıklar oluşturularak sırası ile ağırlıkça %0.25, %0.50 ve %0.75 katkılı numuneler hazırlanmış ve uygulanan serbest basınç deneylerinin sonuçlarından drenajsız kayma mukavemeti değerleri ve rijitlik modülleri elde edilmiştir. Numuneler üzerinde uygulanan serbest basınç deneylerinden katkısız zemin için 282 kPa, %0.25 plastik atık katkılı zemin için 325 kPa, %0.50 plastik atık katkılı zemin için 580 kPa, %0.75 plastik atık katkılı zemin için 427 kPa elde edilmiştir. Çalışmaların sonucunda %0.50 plastik atık katkı oranı ile optimum iyileştirilmenin sağlanacağı sonucuna varılmıştır (Babat, 2022). Analizlerde Plaxis 2D.2023 kullanılmış olup düzlem deformasyon koşullarında dolgu-temel zemini sistemi oluşturulmuştur. Modellerde orta sıklıkta 675 elemanlı 5615 nodlu ağ yapısı oluşturulmuştur. Toplamda 11 adet faz ile modelleme aşamaları oluşturulmuştur. Başlangıç fazı dışındaki ilk dört fazda sırası ile dolgu, alt temel, temel ve kaplama inşa fazları drenajsız olarak plastik hesap türü ile analiz edilmiştir. Beşinci fazda yol dolgusunun 30 kPa değerinde statik olarak yüklemeye tabi tutulmuştur. Her bir inşa aşamasının ardından güvenlik analizleri tanımlanarak, süreç boyunca yüklemelerden etkilenen ortam ve güvenlik sayısı değişimleri irdelenmiştir. Uygulanan analizlerde katkısız zemin ortamı referans analizleri oluşturmuş ve %0.50 plastik atık katkılı zemin ortamı nedeni ile modelde değişen ilave boşluk suyu basıncı değerleri, düşey deplasmanlar ve güvenlik sayıları karayolu dolgusu merkez eksenini altından temel-iyileştirme zonu ara yüzeyinden elde edilmiştir.

Tablo 1. Analizlerde kullanılan malzeme parametreleri

Malzeme	Malzeme modeli	Drenaj türü	γ_{doygun} (kN/m ³)	E (kPa)	c' (kPa)	s_u (kPa)	Φ (°)	ν' (-)	$k_x=k_y$ (m/gün)
Kaplama	Lineer elastik	Geçirimsiz	24	$189 \cdot 10^6$	-	-	-	0.15	-
Alt temel	Mohr Coulomb	Drenajlı	20	$38 \cdot 10^3$	8	-	30	0.35	0.9992
Temel	Mohr Coulomb	Drenajlı	21	$66.46 \cdot 10^3$	1	-	40	0.35	0.9992
Dolgu	Mohr Coulomb	Drenajlı	20	$51.28 \cdot 10^3$	10	-	38	0.35	0.9992
Doğal zemin	Mohr Coulomb	Drenajsız B	18	$42.30 \cdot 10^3$	-	141	-	0.30	$2.94 \cdot 10^{-5}$
%0.50 katkılı zemin	Mohr Coulomb	Drenajsız B	19	$87 \cdot 10^3$	-	290	-	0.3	$2.94 \cdot 10^{-5}$

Plastik katkılı iyileştirme, bir iyileştirme zonu kullanılarak (L_{pa}), doğal zemin ile dolgu elemanları arasına, doğal zemin ortamı kazılarak uygulanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan analizlerde bu iyileştirme zonu kalınlığının 0.25 m, 0.5 m, 0.75 m, 1.0 m, 1.25 m, 1.5 m, 2.0 m olması durumlarındaki davranış farklılıklarının incelenmesi amaçlanmıştır.

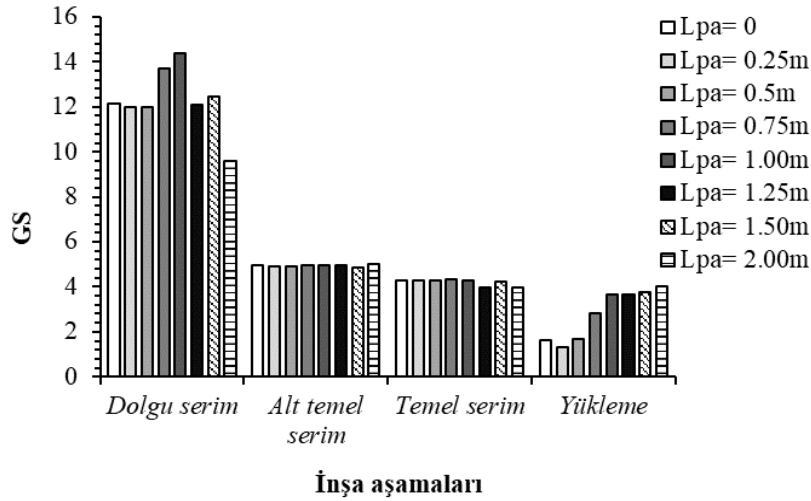
3. SONUÇLAR

Kahramanmaraş ve Hatay merkezli depremler nedeni ile oluşan plastik inşaat atıklarının hesaplanması için, depremde hasar gören 11 ilde yıkılan, yıkılması öngörülen, ağır ve orta hasar alan yapıların toplam miktarı hesaplanmıştır. Bu amaçla yapılan hesaplarda, Adana'da 14.720, Adıyaman'da 74.971, Diyarbakır'da 19.811, Elazığ'da 11.678, Gaziantep'te 49.406, Hatay'da 241.212, Kahramanmaraş'ta 101.113, Kilis'te 3817, Malatya'da 84.320, Osmaniye'de 20.233 ve Şanlıurfa'da 12.204 binadan inşaat atığı oluşacağı bilinmektedir (KHDR, 2023).

Aynı zamanda, Kahramanmaraş, Gaziantep, Adıyaman, Osmaniye, Kilis, Adana ve Hatay illerinde bulunan mevcut yapı stoklarının yaklaşık olarak %70'i 1-3 katlı binalarda yaşarken Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya ve Elazığ illerinde bu oran yaklaşık olarak %30'dur. Ayrıca, Diyarbakır ili haricinde tüm illerde 6 kat altı binada yaşayanların oranı yaklaşık olarak %70'dir (KDİR, 2023). Bu veriler göz önüne alınarak yapılan ortalama hesaplamalar ile 2.231.976 katlık inşaat atığı ortaya çıkacağı düşünülmektedir.

Ortalama 100 m² alana sahip olduğu düşünölen 2+1 dairelerden, 200*100 cm boyutlarında PVC pencere doğraması (toplamda 5 cephede) nedeni ile 135 kg ağırlığında plastik atık ve yapının temiz su, pis su, yağmur suyu ve tesisat boruları nedeni ile toplamda 144 kg plastik atık çıkacağı göz önüne alınmıştır. Bu hesaplar dâhilinde bir kattan toplamda 280 kg'lık plastik atığın belirgin kütleler halinde toplanabileceği düşünülmektedir. Toplam kat adedi ile ortalama plastik atık ağırlığının çarpımı sonucunda 625.000 ton'luk bir plastik atık fazlalığının oluşacağı hesaplanmıştır.

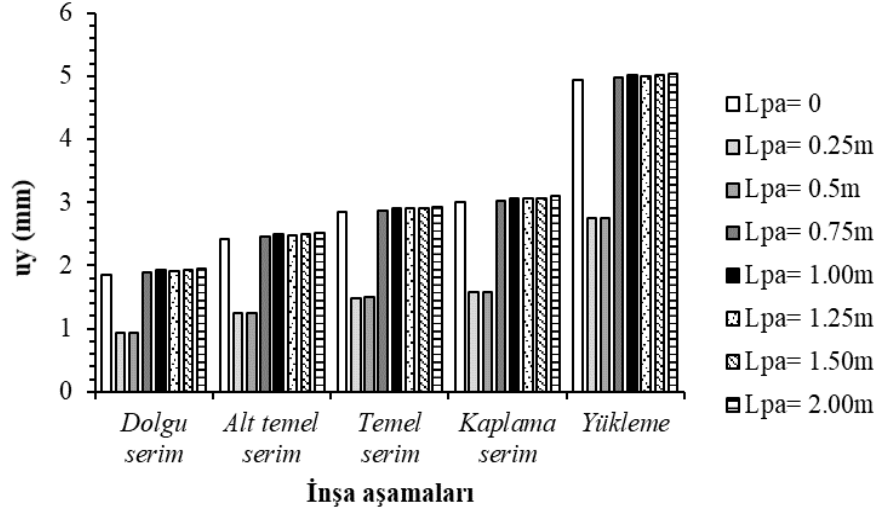
Yapılan parametrik analizlerde farklı kalınlıklarda uygulanan iyileştirme çalışmalarının etkileri incelenmiştir. Farklı kalınlıklarda inşa edilen iyileştirilmiş zonlar ile inşa aşamalarına bağlı olarak elde edilen güvenlik sayılarının değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'ye göre yol üstyapısının inşası sırasında farklı katkı oranları ile yapılan iyileştirmelerin özellikle temel zemini ortamının ilk yüklenmesinde ve yol sürşarj yükü tatbik edilmesinden sonra katkı oranına bağlı olarak farklı güvenlik seviyesi gösterdiği söylenebilmektedir. Bu bağlamda iyileştirme zon kalınlığının 0.75 m değerinde elde edilen güvenlik seviyesi sistem tasarımını optimuma götürecektir.



Şekil 2. Farklı iyileştirme zonu kalınlıklarında inşa aşamalarına bağlı olarak güvenlik sayısı değişimi

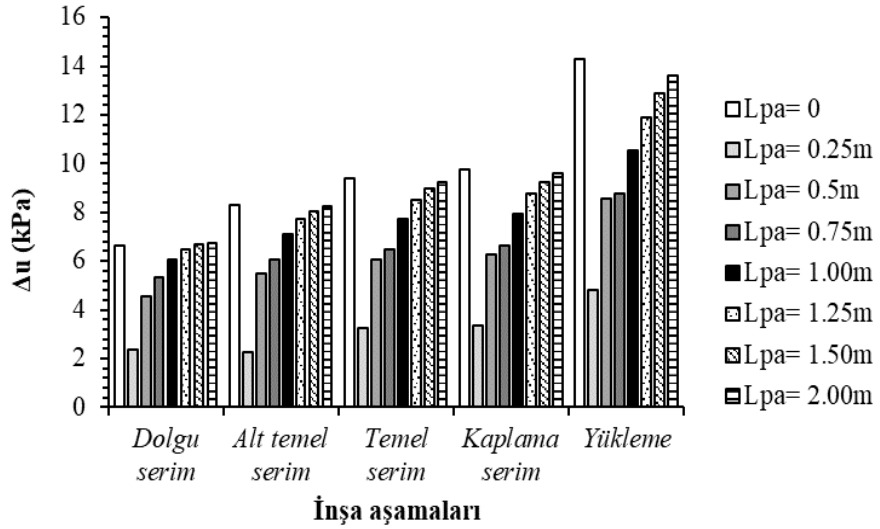
Şekil 3'te farklı iyileştirme zonu kalınlıklarında inşa aşamalarına bağlı olarak elde edilen maksimum düşey deplasman değerleri gösterilmiştir. Analiz sonuçları öngöröleden farklı bir eğilim göstermekte olup deplasmanlar açısından 0.25 m ve 0.50 m iyileştirme zonu kalınlıklarının tasarımı optimum çözüme ulaştıracağı düşünülmektedir.

Diğer iyileştirme zonu kalınlıklarında deplasmanların azalımı açısından olumlu bir sonuç gözlemlenememiştir. Ancak deplasman değerlerinin küçöklüğü göz önüne alındığında, bu sonuçların farklı vakalar üzerinde tekrar değerlendirilerek yorumlanması gerekliliği görölmektedir.



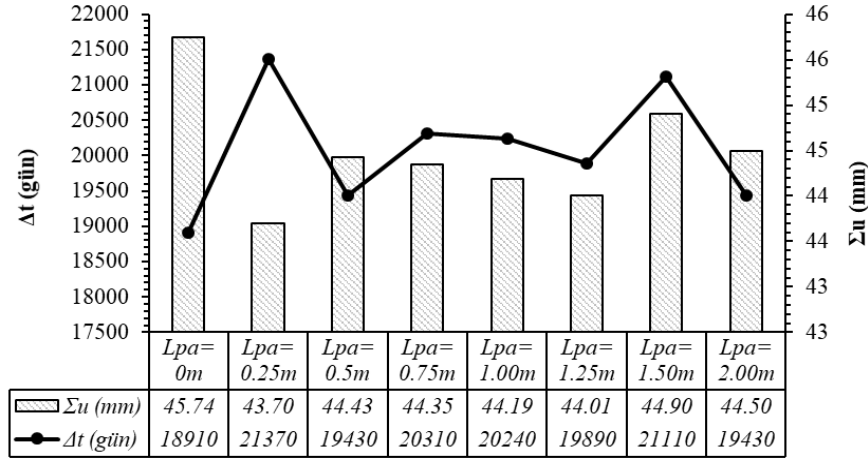
Şekil 3. Farklı iyileştirme zonu kalınlıklarında inşa aşamalarına bağlı olarak düşey deplasmanların değişimi

Şekil 4'te farklı iyileştirme zonu kalınlıklarında inşa aşamalarına bağlı olarak ilave boşluk suyu basıncı değişimleri verilmiştir. Söz konusu analizlerde temel zemini olarak kil zemin kullanılması ve yükleme durumunun ani (plastik) olarak göz önüne alınması ilave boşluk suyu basıncı oluşumuna neden olmuştur. Maksimum ilave boşluk suyu basıncı artışının iyileştirme yapılmayan kesitte meydana geldiği ve özellikle yükleme fazında minimum ilave boşluk suyu basıncı artırımının 0.25 m kalınlıktaki iyileştirme zonunda olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4. Farklı iyileştirme zonu kalınlıklarında inşa aşamalarına bağlı olarak ilave boşluk suyu basıncı değişimi

Şekil 5'te ise farklı iyileştirme zonu kalınlıklarında inşa aşamalarına bağlı olarak oluşan nihai toplam oturma miktarları ve nihai konsolidasyon süreleri verilmiştir. Nihai konsolidasyon süresi, analizlerde konsolidasyon fazı tanımlanarak, ilave boşluk suyu basıncının 1 kPa değerine eriştiği süre olarak elde edilmiştir. Konsolidasyonun en hızlı tamamlandığı vaka iyileştirme zonu kalınlığının 0.5 m olarak tanımlandığı, toplam nihai oturma değerinin minimum elde edildiği vaka ise iyileştirme zonu kalınlığının 0.25 m olarak tanımlandığı durumda elde edilmiştir.



Şekil 5. Farklı iyileştirme zonu kalınlıklarında inşa aşamalarına bağlı olarak nihai toplam oturma değerlerinin ve konsolidasyon sürelerinin değişimi

Yapılan tüm bu analizlerin sonucunda, ilave boşluk suyu basıncı, deplasman ve güvenlik sayıları açısından değerlendirme yapıldığında, optimum iyileştirme zonu kalınlığının 0.25-0.75 m kalınlıkları arasında seçilebileceği söylenebilmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında göz önüne alınan kesit açısından değerlendirme yapıldığında 26 m platform genişliğinde ve ½ şev eğiminde inşa edilen karayolu dolgusu için 0.75 m kalınlıkta iyileştirme zonu kullanılarak ağırlıkça %0.5 oranında plastik atık kullanılması ile toplam 2.436 km uzunluğunda bir yol takviye edilebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akrawi, M.S.Y. (2022), "The Combined Stabilizing Effect of Plastic and Construction-Demolition Waste Utilization on the Properties of Silty Clay Soil" MSc Thesis, Graduate School of Natural and Applied Science, Department of Civil Engineering, Harran University.
- Arulrajah, A., Yaghoubi, E., Wong, Y.C., Horpibulsuk, S. (2017), "Recycled plastic granules and demolition wastes as construction materials: Resilient moduli and strength characteristics", Construction and Building Materials, Vol 147, 639-647.
- Babat, D. (2022), "Şişen Zeminlerin Plastik Atık Malzemeler ile Stabilizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Choi, Y.W., Moon, D.J., Kim, Y.J., Lachemi, M. (2009), "Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles", Construction and Building Materials, Vol 23, Iss 8, 2829-2835.
- Giriftinoğlu, Ç. (2007), "The Use of Plastic Waste Materials in Asphalt Pavements" MSc Thesis, Institute of Science and Technology, Department of Civil Engineering, İstanbul Technical University.
- Gowtham, S., Naveenkumar, A., Ranjithkumar, R., Vijayakumar, P., Sivaraja, M. (2018), "Stabilization of Clay Soil by Using Glass and Plastic Waste Powder", International Journal of Engineering and Techniques, Vol 4, Iss 2, 146-150.
- KDİR, (2023), "6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık ($M_w=7,7$) ve Kahramanmaraş Elbistan ($M_w=7,6$) Depremleri İnceleme Raporu", Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- KHDR, (2023), "2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu", T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara.
- Kalliyath, J.W., Joy, J.T., Paul, M.J., Vadakkel, A.M. (2016), "Soil Stabilization using Plastic Fibers", International Journal of Science and Technology&Engineering, Vol 2, Iss 12, 484-487.
- Kamble, U., Deshmukh, V.Y., Thak, P., Ther, J., Shaha, J. (2022), "Soil Stabilization By Using Plastic Waste", International Journal of Aquatic Science, Vol 13, Iss 1, 157-161.
- Karadag, H., Firat, S., Işık, N.S., Yılmaz, G. (2022), "Determination of permanent deformation of flexible pavements using finite element model", Gradevinar, Vol 74, 471-480.
- Karayolları Teknik Şartnamesi, (2006), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Karthick, S.Y.S., Vasanthanarayanan, R., Ayswarya, S., Meenakshi, C. (2019), "Soil Stabilization using Plastics and Gypsum", International Journal of Research in Engineering, Science and Management, Vol 2, Iss 1, 351-360.
- Kassa, R.B., Workie, T., Abdela, A., Fekade, M., Saleh, M., Dejene, Y. (2020), "Soil Stabilization Using Waste Plastic Materials", Open Journal of Civil Engineering, Vol 10, 55-68.
- Kumtepe, R. (2023), "Türkiye’de Atık Yönetimi Çerçevesinde Plastik Atık Yönetimi: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
- Mali, S, Kadam, S., Mane, S., Panchal, K., Kale, S., Navkar, Y. (2019), "Soil Stabilization by using Plastic Waste" International Research Journal of Engineering and Technology, Vol 6, Iss 4, 4056-4060.
- Naeini, M., Mohammadinia, A., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S., Leong, M. (2019), "Stiffness and strength characteristics of demolition waste, glass and plastics in railway capping layers", Soils and Foundations, Vol 59, Iss 6, 2238-2253.
- Ochi, T., Okubo, S., Fukui, K. (2007), "Development of recycled PET fiber and its application as concrete reinforcing fiber", Cement and Concrete Composites, vol 29, 448-455.
- Pagev. (2016), "Dünya ve Türkiye Plastik İnşaat Malzemeleri Sektör Raporu", Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı
- Peddaiah, S., Burman, A., Sreedeeep, S. (2018), "Experimental Study on Effect of Waste Plastic Bottle Strips in Soil Improvement", Geotechnical and Geological Engineering, Vol 36, 2907-2920.
- Peker, M.A., Ataş, O., Aksel, M. (2022), "Plastik Atıkların Betonda Değerlendirilmesindeki Güncel Durum", ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi, C 4, S 3, 159-178.
- Wani, I.A., Sheikh, I.M., Maqbool, T., Kumar, V. (2021), "Experimental investigation on using plastic wastes to enhance several gineering properties of soil through stabilization", Materialstoday:Proceedings, Vol 45, 4571-4574.

<https://sifiratik.gov.tr/plastik-atik>; Erişim tarihi: 20 Haziran 2023