

Hemzemin Geçit Yol Alt Dolgusu Sıkışma Verimi Tayini - Kozlu Örneği

Emrah Dağlı^{1*}, Dilek Cansu Bozacıoğlu²

¹İnşaat Mühendisliği / Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

²İnşaat Mühendisliği / Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

*emrahdagli@beun.edu.tr

(Geliş Tarihi: 22 Eylül 2023, Kabul Tarihi: 05 Ekim 2023)

(3rd International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2023, September 26-28, 2023)

ATIF/REFERENCE: Dağlı, E. & Bozacıoğlu, D. C. (2023). Hemzemin Geçit Yol Alt Dolgusu Sıkışma Verimi Tayini - Kozlu Örneği. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(9), 35-39.

Özet – Yol dolgularının mühendislik performanslarının belirlenmesi hem arazi hem de laboratuvar çalışmaları ile mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, Zonguldak ili Kozlu ilçesinde yapılan hemzemin geçidi için kullanılacak olan yol alt dolgusunun verimi belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, laboratuvar da likit limit, plastik limit, kompaksiyon ve Kaliforniya taşıma oranı (CBR) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Arazide ise kum konisi deneyi yapılmıştır. Kaliforniya taşıma oranı deneyi, kompaksiyon deneyi sonucu bulunan optimum su içeriğinde hazırlanan numunelerin 4 gün tamamen suda bekletilmesi sonucunda gerçekleştirilmiştir. Arazide sıkışmanın belirlenmesinin tutarlı bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından 4 farklı noktada kum konisi deneyi yapılmış ve kuru yoğunluk değeri tespit edilmiştir. Bu değer, kompaksiyon deneyinden bulunan maksimum kuru yoğunluk ile karşılaştırılmış ve zemine ait sıkışma verimi (rölatif kompaksiyon) tespit edilmiştir. Sonuçların, Karayolu Teknik Şartnamesi (KTŞ) tarafından belirlenen şartlara uyup uymadığı kontrol edilmiş ve bu sayede malzemenin yol alt dolgusu olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Laboratuvar da uygulanan mekanik deneyler ve arazideki kum konisi deneyi arasında anlamlı bir ilişki gözlenmiştir. Sonuçlara göre kullanılan malzeme, KTŞ'ye göre likit limit, plastisite indeksi, CBR değeri ve sıkışma oranı şartlarını sağlamıştır. Sıkışma verimi, 4 farklı noktada % 98.19 ile % 98.77 arasında değişmiştir. Yaş CBR değeri ise % 54 olarak tespit edilmiştir. Laboratuvar da uygulanan mekanik deneyler ve arazideki kum konisi deneyi arasında anlamlı bir ilişki gözlenmiştir. Laboratuvar ve arazi deneyleri arasındaki uyum, arazide kum konisi deneyini gerçekleştirmeden önce rölatif kompaksiyon hakkında tahminde bulunulmasını sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler – Kaliforniya Taşıma Oranı, Kompaksiyon, Kum Konisi, Likit Limit, Plastik Limit, Rölatif Kompaksiyon

I. GİRİŞ

İnsanoğlu yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamak açısından bir işte çalışmak durumundadır. Bu yüzden, dünyada son yıllarda kırsal kesimden kente oldukça geniş çaplı bir göç dalgası mevcuttur. Dünya bankası verilerine göre, 1960 ile 2020 yılları arasında Türkiye'de kentsel nüfus oranı % 32'den % 77'ye, dünya genelinde ise % 34'ten % 57'ye kadar yükselmiştir [1]. Sanayi odaklı şehirlere doğru yaşanan bu göç akımı, ilgili şehirlerde nüfusun artması trafiğin de belirgin şekilde yoğunlaşmasına

yol açmıştır. Artan trafik yükünden kaynaklı olarak, imal edilen yol dolgularının sağlamlığının önemli bir şekilde test edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden, kısa ve uzun dönem dayanım değerlerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Ülkemizde bu husus doğrultusunda Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından 2013 yılında güncelleştirilmiş olan Karayolu Teknik Şartnamesi (KTŞ) mevcuttur. İlgili şartnamede, yol dolgusunda herhangi bir katmanda kullanılacak olan malzemeye yönelik şartlar belirtilmiştir. Bu şartların karşılanıp

karşılanmadığının tespiti hem arazi hem de laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler sonrasında ortaya çıkmaktadır.

Yol dolgularının sıkışabilirlik kontrolü malzemenin arazi ve laboratuvar kuru yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması ile belirlenmektedir. Konu ile ilgili literatür çalışmaları mevcuttur. Turabi ve Okucu (2007) [2], tarafından yapılan çalışmada Balıkesir ilinde yolda kullanılacak olan malzemenin likit limit, plastisite indeksi, gradasyonu ve sıkışma verimleri incelenmiş olup şartname sınırlarına uyduğu tespit edilmiştir. Park (2010) [3] tarafından yapılan çalışmada farklı dane çapı dağılımı ve farklı derinlikte çukur açarak kum konisi deneyi yapılmış ve sonuç olarak yoğunluktaki hatanın minimize edilmesi $C_u < 1.5$ ve D_{50} değeri yaklaşık 0.5 mm olan bir kum kullanılmasını önermiştir. Park vd. (2021) [4] tarafından yapılan çalışmada ise kumun kuru olması ya da su içeriğinin maksimum % 0.8 olması önerilmiştir. Ayrıca arazideki su içeriği arttıkça deney çukurunun hacminin azalması ile hesaplanan kuru yoğunluğun yaklaşık % 20 fazla tahmin edileceği bulunduğu için özellikle bol yağışlı günlerde sonuçlar hususunda önlem alınması gerektiği bildirilmiştir. Ghorashi vd. (2023) [5] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kaba daneli zeminlerin sıkışma kalitesi kontrolünde dinamik kompaksiyon ve kum konisi deneyleri arasındaki korelasyon incelenmiş ve C_u , C_c ve D_{50} değerlerinin, üretilen korelasyonların isabetli olmasında önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada, 4 farklı noktada arazi şartlarında gerçekleştirilen kum konisi ve laboratuvar koşulunda yapılan diğer deneylere göre, yol alt dolgusu olarak kullanılacak olan malzemenin performansı değerlendirilmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Materyal

Zonguldak iline bağlı Kozlu ilçesinde yapılması hedeflenen hemzemin geçide yönelik yol alt dolgusuna ait mühendislik parametreleri hesaplanmıştır. Özellikleri tespit edilecek olan malzeme Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Malzeme

B. Elek Analizi Deneyi

ASTM D6913/D6913M-17 [6] standardına göre elek analizi deneyi yapılmıştır. Elek analizi deneyi, otomatik elek sarsma cihazında en üst elekten başlamak şartıyla en küçük eleğe kadar devam edilmiştir. Deneyde, tutarlılığı sağlamak açısından toplam numune miktarı 10’a bölünerek parça parça eleme yapılmıştır.

C. Kıvam Limit Deneyi

Malzeme için kıvam (likit ve plastik limit) deneyleri, ASTM D4318-17e1 [7] standardında göre gerçekleştirilmiştir. Likit limit deneyinde, Casagrande likit limit deney ekipmanı kullanılmıştır. Farklı su içeriklerinde hazırlanan numuneler, Casagrande likit limit deney cihazına yerleştirilerek numune, ayırıcı ile 2 parçaya ayrılmaktadır. Ayrılan 2 parça, saniyede 2 vuruş hız ile birbirine yaklaşmaktadır. Birbirine yaklaşma sonucunda yaklaşık 12.7 mm uzunluğunda bir genişlik var ise, vuruş sayısı alınır ve temas eden yerden numune alınarak su içeriği öğrenilir. Farklı su içeriklerinde denenecek vuruş sayısı – su içeriği grafiği elde edilir. Burada 25 vuruşa karşılık gelen değer, likit limit olmaktadır.

Plastik limit deneyinde ise cam bir yüzey üzerinde numuneler elin aya kısmı ile yuvarlanmak suretiyle silindirik çubuklar elde edilmiştir. Silindirik çubukların 3 mm değerine ulaşması sonucu çatlama görüldüğü zaman, numune bir kaba konur. Sonrasında malzemenin su içeriği belirlenir. Bu değer, zeminin plastik limit değeri olarak belirlenir..

D. Standart Kompaksiyon Deneyi

Kompaksiyon deneyi, ASTM D698-12e2 [8] standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Deney, gradasyon şartları göz önüne alınarak TS 1900-1 (2006) standardında belirtildiği gibi yüksekliği 115.5 mm, çapı 152.4 mm olan kalıpta gerçekleştirilmiştir. Her tabakaya 56 vuruş olmak

üzere, zemin 3 tabakada otomatik kompaktör ile sıkıştırılmıştır. Farklı su içeriklerinde tekrarlanan deney neticesinde, su içeriği – kuru yoğunluk grafiği elde edilir. Burada, grafiğin tepe noktasının x değeri malzemenin optimum su içeriği (w_{opt}) iken, y değeri ise maksimum kuru yoğunluk (ρ_{kmax}) olur.

E. Kaliforniya Taşıma Oranı Deneyi

Kaliforniya taşıma oranı deneyi ise ASTM D1883-21 [9] standardına göre gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Karayolu Teknik Şartnamesi [10] göz önüne alınarak yaş CBR değeri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için optimum su içeriğinde hazırlanmış olan numuneler, 4 gün tamamen su dolu olacak şekilde kür havuzunda bekletilmiştir. Kür havuzundan çıkartılan numuneler, deneye tabi tutularak CBR değeri belirlenmiştir.

F. Kum Konisi Deneyi

Kum konisi deneyi ASTM D1556/D1556M-15e1 [11] standardına göre gerçekleştirilmiştir Yaklaşık olarak 11 cm derinliğinde çukur açılmıştır. Açılan çukura, yoğunluğu daha önceden bilinen standart bir kum, kum konisi ekipmanı ile dökülmüştür. Akış tamamlandıktan sonra, vana kapatılmıştır. Çukurdan alınan yaş zemin kütlesi tartılarak ağız bağlanmış ve laboratuvara götürülerek etüve konmuş ve su içeriği tespit edilmiştir.

Zonguldak ili Kozlu ilçesi hemzemin geçit için yol dolgusunun sıkışma performansının tutarlı olarak belirlenmesi için Şekil 2’de görüldüğü gibi ilgili deney uygulanmıştır.



Şekil 2. Kum konisi deney uygulaması

Zeminin su içeriği ile birlikte kuru yoğunluğu da tespit edilmiştir. Sonrasında rölatif kompaksiyon değeri hesaplanmıştır. Rölatif kompaksiyon değeri aşağıda verilen Denklem 1 ile hesaplanmaktadır.

$$RC = \rho_{k(arazi)} / \rho_{kmax} \quad (1)$$

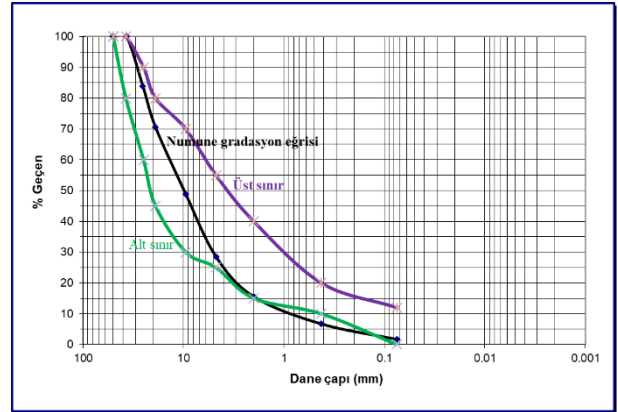
Burada RC rölatif kompaksiyon; $\rho_{k(arazi)}$: arazideki zeminin kuru yoğunluğu ve ρ_{kmax} ise laboratuvarında standart kompaksiyon deneyi sonucunda elde edilen maksimum kuru yoğunluğu ifade etmektedir.

III. BULGULAR

Bu bölümde, malzemeye ait elek analizi, likit limit (LL), plastik limit, standart kompaksiyon, Kaliforniya taşıma oranı ve kum konisi deneylerinin sonuçları gösterilmiştir.

A. Elek Analizi Deney Sonucu

Burada zemine (malzeme) ait elek analizi sonucu Şekil 3’de verilmiştir. Siyah eğri malzemeye ait dane çapı dağılımı (gradasyon eğrisi), yeşil eğri KTŞ’ye [10] göre alt sınırı, mor eğri ise aynı şartnameye göre üst sınırı göstermektedir.

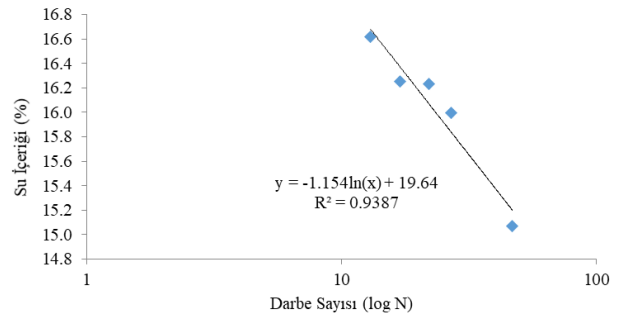


Şekil 3. Malzemenin dane çapı dağılımı

Zemin, hem USCS (Unified Soil Classification System = Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi) standardına göre iyi derecelendirilmiş çakıl (GW) olarak tespit edilmiştir.

B. Kıvam Limitleri Deney Sonucu

Kullanılan malzemeye uygulanan likit limit deneyi sonucunda elde edilen grafik Şekil 4’de verilmiştir.

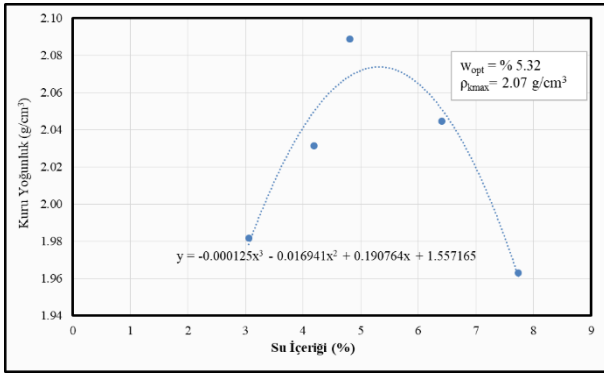


Şekil 4. Malzemenin likit limit eğrisi

LL değeri, denklemde x yerine 25 konularak bulunur. Buna göre malzemenin likit limiti 16 bulunmuştur. Plastik limit (PL) değeri de 12 olduğu için plastisite indeksi (PI) ise 4 olarak hesaplanmıştır.

C. Standart Kompaksiyon Deney Sonucu

Laboratuvarda malzemenin kompaksiyon karakteristiklerinin belirlenmesi için standart kompaksiyon deneyi gerçekleştirilmiştir. Deneye ait grafik Şekil 5’de görülmektedir.

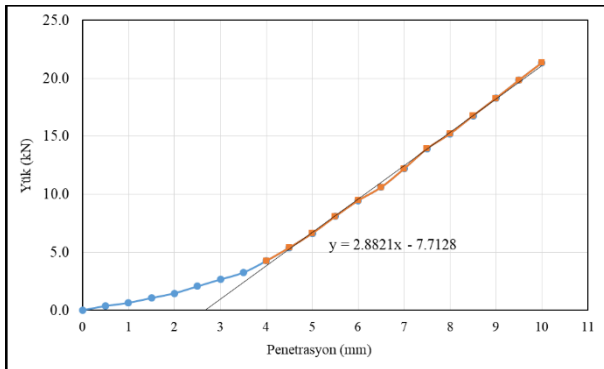


Şekil 5. Malzemenin kompaksiyon eğrisi

Kompaksiyon deneyi sonucunda çizilen grafikten malzemenin optimum su içeriği (w_{opt}) % 5.32 ve maksimum kuru yoğunluğu (ρ_{kmax}) ise 2.07 g/cm^3 olarak tespit edilmiştir.

D. Kaliforniya Taşıma Oranı Deney Sonucu

Malzemenin taşıma gücünün belirlenmesi açısından önemli deneylerden birisi olan Kaliforniya taşıma oranı deneyi gerçekleştirilmiştir. Deneyden elde edilen grafik Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Malzemenin CBR eğrisi

Deney sonucunda malzemenin CBR değeri % 54 olarak tespit edilmiştir.

E. Arazide Kum Konisi Deney Sonuçları

Arazide 4 farklı noktadan alınan numunelere ait kuru yoğunluk ve su içeriği değerleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Buna göre bulunan değerler sırasıyla 2.044 , 2.032 , 2.033 ve 2.039 g/cm^3 olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda su içerikleri ise aynı sırada olmak üzere % 5.17, % 5.07, % 5.21 ve % 5.36 olarak bulunmuştur. Kompaksiyon deneyindeki maksimum yoğunluk göz önüne alınarak, rölatif kompaksiyon (sıkıştırma verimi) değerleri de minimum % 98.16 ve maksimum % 98.77 olarak hesaplanmıştır.

IV. TARTIŞMA

Elek analizi, şartnameye ait alt ve üst sınır limitleri sağlamakta olup ayrıca, yol alt yapısı olması yönünden en iyi malzeme sınıfındadır. Karayolu Teknik Şartnamesi uyarınca likit limit ve plastisite indeksi değerleri sırasıyla 60 ve 35’ten küçük olmalıdır. İlgili malzemenin $LL = 16$, $PI = 4$ olduğu için bu şartları sağlamaktadır. Yoğunluk değeri de 2.07 g/cm^3 ($=2.07 \text{ ton/m}^3$) olup minimum 1.45 ton/m^3 olma şartını sağlamaktadır. Su içeriği değerleri ise tolerans sınırlarının ($\pm \% 2$) içinde kalmıştır. 80 cm altındaki dolgularda şartname için sıkıştırma verimi minimum % 95 olarak tespit edilmiş olup, deney yapılan tüm noktalarda bu değer aşılmıştır. Yaş CBR değeri için bulunan değer de (% 54) şartnamede şartı (Yaş CBR > % 8) fazlasıyla sağlamaktadır.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 4 farklı noktada rölatif kompaksiyon değeri, arazide kum konisi ve laboratuvarda standart proktor metoduyla tespit edilmiştir. Ayrıca şartname yönünden diğer şartların karşılanıp karşılanmadığı belirlenmiştir. Buna göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Malzeme GW sınıfında olup, yol dolgusu için 1. sınıf kalitededir, şartname alt-üst sınırlarına uymaktadır.
- Malzeme kıvam limitleri açısından yeterli bir performans göstermiştir.
- Elde edilen CBR değeri oldukça yüksek olup, elek analizi ile uyum sağlamaktadır.
- Malzemeye ait rölatif kompaksiyon ve su içerik değerleri birbirine yakın ve şartname tarafından bildirilen kriterlere uymuştur. Birbirine yakın olması, sıkıştırmanın ve kullanılan malzemenin tutarlı olduğunu da göstermektedir.

- Laboratuvarında bulunan sonuçlar, arazideki kum konisi deneyi sonucunda bulunan kuru yoğunluk ile örtüşmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde destek olan Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'ne ve LS Ray İnş. Taah. Tic. Ltd. Şti. firmasına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] (2022) The World Bank website. [Online] Available: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?contextual=default>.
- [2] A. Turabi, and A. Okucu, "Balıkesir ili yol çalışmalarında kullanılan agregaların özellikleri ve şartnameye uygunluğu". *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 9, no. 1, pp. 45-51, 2007.
- [3] S-S. Park, "Evaluation of the sand-cone method for determination of the in-situ density of soil". *Geotechnique*, vol. 60, no. 9, pp. 701-707, 2010, <https://doi.org/10.1680/geot.9.T.004>.
- [4] S-S. Park, P. D. Ogunjinmi, H-I. Lee, S-W. Woo, and D-E. Lee, "Effect of wetting conditions on the in situ density of soil using the sand-cone method". *Applied Sciences*, vol. 11, no. 2, 718, 2021, <https://doi.org/10.3390/app11020718>.
- [5] S. M. S. Ghorashi, M. Khodaparast, and M. K. Qomi, "Compaction quality control of coarse-grained soils using dynamic penetration test results through correlation with relative compaction percentages". *International Journal of Engineering*, vol. 36 no. 3, pp. 473-480, 2023, <https://doi.org/10.5829/ije.2023.36.03c.06>.
- [6] ASTM D6913/D6913M-17. Standard test methods for particle-size distribution (gradation) of soils using sieve analysis, ASTM Standards, 2017.
- [7] ASTM D4318-17e1. Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils, ASTM Standards, 2017.
- [8] ASTM D698-12e2. Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)), ASTM Standards, 2012.
- [9] ASTM D1883-21. Standard test method for California bearing ratio (CBR) of laboratory-compacted soils, ASTM Standards, 2021.
- [10] Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları. Karayolu Teknik Şartnamesi, Ankara, Türkiye, 2013.
- [11] ASTM D1556/D1556M-15e1. Standard test method for California bearing ratio (CBR) of laboratory-compacted soils, ASTM Standards, 2015.