



# İnşaat Mühendisliği Uygulamalarında Hücresel Dolgu Sistemlerinin Kullanımı

## Usage Of Cell Filling Systems In Civil Engineering Applications

Mehmet Hayrullah Akyıldız<sup>1\*</sup>, Kübra Adar<sup>2</sup>, Sena Sevimli Özdemir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Dicle, Institute Of Natural And Applied Sciences, Faculty Of Engineering, Department Of Civil Engineering, 21280, Diyarbakır/TURKEY, [hayrulla.akyildiz@dicle.edu.tr](mailto:hayrulla.akyildiz@dicle.edu.tr)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7239-3518>

<sup>2</sup>University of Dicle, Institute Of Natural And Applied Sciences, Faculty Of Engineering, Department Of Civil Engineering, 21280, Diyarbakır/TURKEY, [kubra\\_adar05@hotmail.com](mailto:kubra_adar05@hotmail.com), [senasevimli04@gmail.com](mailto:senasevimli04@gmail.com)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6595-2879>, <https://orcid.org/0000-0003-2369-7456>

### MAKALE BİLGİLERİ

#### Makale Geçmişi:

Geliş 10 Ocak 2022  
Revizyon 23 Haziran 2022  
Kabul 23 Haziran 2022  
Online 30 Eylül 2022

#### Anahtar Kelimeler:

Geosentetikler,  
Hücresel Dolgu Sistemleri,  
Şev Stabilitesi,  
Yol Temelleri

### ÖZ

Polyester, polietilen gibi maddelerden üretilen geosentetikler inşaat mühendisliği uygulamalarında özellikle geoteknik mühendisliği çalışmaları kapsamında kullanımı artmıştır. Günümüzde geosentetikler yaygın olarak zeminlerin tasarım ve inşasında ve su koruma yapılarında kullanılmaktadır. Geosentetiklerin başlıca kullanım amaçları ayırma, donatı, filtre, drenaj ve yalıtım olarak sınıflandırılabilir. Geosentetikler ayrıca drenajın borulamaya ve erozyona karşı geliştirilmesinde ve dolgu malzemelerin ayırmasında ve güçlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Polietilen esaslı geosentetiklerden biri olan hücresel dolgu sistemleri karayollarında, yapı temellerinin güçlendirilmesinde, yeşil çatı uygulamalarında, şev yüzeyleri ve dere yataklarının stabilizasyonunda kullanımı artan uygulama yöntemlerinden biridir. Yüksek yoğunluğa sahip polietilen alaşımdan üretilen, petek dokulu ve üç boyutlu yapıya sahip olan hücresel dolgu sistemlerinin sağladığı pek çok avantaj vardır. Bunlar; sahip olduğu yapıdan kaynaklı doğal bir drenaj sistemi oluşturur, doğal dolgu malzemesi olarak kullanımına imkân sağlar ve dolgu zeminin sertlik derecesini artırarak dolguya mukavemet kazandırır. Bu çalışmada hücresel dolgu sistem (geocell) yapılarının kullanım alanları, sağladığı avantaj ve dezavantajlar değerlendirilmiştir.

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 10 January 2022  
Received in revised form 23 June 2022  
Accepted 23 June 2022  
Available online 30 September 2022

#### Keywords:

Geosynthetics,  
Cellular Fill Systems,  
Slope Stability,  
Road Foundations

Doi: 10.24012/dumf.1055999

\* Sorumlu Yazar

### ABSTRACT

The use of geosynthetics produced from materials such as polyester and polyethylene has increased in civil engineering applications, especially within the scope of geotechnical engineering studies. Today, geosynthetics are widely used in the design and construction of soils and water conservancy structure. The main uses of geosynthetics can be classified as separation, reinforcement, filter, drainage and insulation. Geosynthetics are also used to improve drainage against piping and erosion, and to separate and reinforce fill materials. Cellular filling systems, which is one of the polyethylene-based geosynthetics, is one of the increasing application methods in highways, strengthening of building foundations, green roof applications, stabilization of slope surfaces and stream beds. There are many advantages provided by cellular filling systems, which are produced from high-density polyethylene alloy, have a honeycomb texture and three-dimensional structure. These; It creates a natural drainage system originating from the structure it has, allows it to be used as a natural filling material, and increases the hardness of the filled ground and gives strength to the filling. In this study, the usage areas, advantages and disadvantages of cellular filling system (geocell) structures were evaluated.

## Giriş

Günümüzde geosentetikler yaygın olarak zeminlerin tasarım ve inşasında ve su koruma yapılarında kullanılmaktadır. Geosentetiklerin başlıca kullanım

amaçları ayırma, donatı, filtre, drenaj ve yalıtım olarak sınıflandırılabilir. Geosentetikler ayrıca drenajın borulamaya ve erozyona karşı geliştirilmesinde ve dolgu malzemelerinin ayırmasında ve güçlendirilmesinde de

kullanılmaktadır. Kullanım amaçlarındaki farklılıklardan dolayı, bu malzemelerin doğru seçimi çok önemlidir. Bu seçimde kullanılacak olan malzemenin kullanım amacı, açıklık ölçüleri, ağ açıklık alanı, çekme dayanımı, dayanıklılığı ve diğer faktörler malzeme seçiminde kullanım amacına göre dikkat edilmesi gerekli hususlardır. Geleneksel yöntemlerle uygulama zorluğu, hatta imkânsızlığı, tatminkar olmayan performans veya tasarımda, uygulamada karşılaşılan sorunlar geosentetikli alternatif çözümü gündeme getirebilmektedir. (Akyıldız 2010).

Son zamanlarda inşaat faaliyetlerinin artması ile birlikte zayıf zeminlerde de yapı inşa etme ihtiyacı gündeme gelmiştir. Bu ihtiyaç doğrultusunda zayıf zeminlerin ıslah edilerek iyileştirilmesine yönelik pek çok zemin iyileştirme yöntemleri geliştirilmiştir. Zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan geosentetikler ile yapılan iyileştirmeler maliyet ve uygulama kolaylığında sağladığı avantajlardan dolayı günümüzde kullanımı giderek artmıştır. Geotekstil, geogrid, geomembran, geonet, geofoam ve hücreli dolgu sistemleri [geoceller] gibi son yıllarda kullanımı yaygınlaşan pek çok geosentetik türü bulunmaktadır.

Geosentetik türlerinden biri olan hücreli dolgu sistemleri üç boyutlu, gözenekli ve kenetli yapısı nedeniyle kullanıldığı zemini sıkıştırma etkisi yaratıp, sınırlandırarak diğer iyileştirme yöntemlerinden ayrılır. Hücreli dolgu sistemleri kullanılan zayıf zeminlerde emini hücrelere doğru sıkıştırarak zeminle birlikte güçlendirilmiş bir malzeme gibi davranıp yanıl hareketi sınırlandırır[1]. Hücreli dolgu sistemleri sahip oldukları yüksek rijitlik nedeniyle güçlendirme materyali olarak kullanılması nedeniyle mevcutta sahada bulunan düşük kalitedeki dolgu zeminlerinde yerinde kullanımını sağlayarak yeni bir dolgu malzemesi kullanımından da tasarruf edilmesini sağlar[2-5]. Yanıl deformasyonu sınırlandırması sonucunda hücreli dolgu sistemleri zemin yapısına ek bir kohezyon oluşumu göstererek zeminin stabilizasyonunu artırır [6-10]. Hücreli dolgu sistemleri sahip olduğu üç boyutlu yapıdan kaynaklı olarak üst yapı, zemin, trafik ve sürşarj yüklerini radye temel gibi davranıp geniş bir yüzeye dağıtarak yük taşıma kapasitesini artırır. Taşıma kapasitesindeki artışa bağlı olarak tabaka kalınlığı ve oturma miktarı azalış göstermektedir [11].

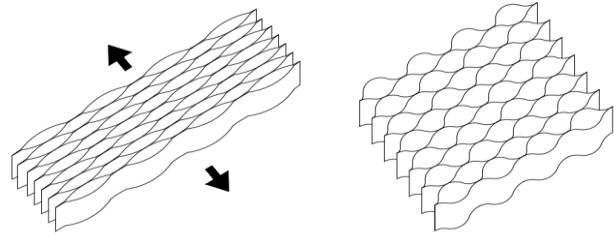
Hücreli dolgu sistemleri ile yapılan ilk uygulama Webster [1979] tarafından yapılmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte maliyet ve uygulama kolaylığı açısından hücreli dolgu sistemlerinde metal materyaller yerine daha ergonomik materyaller tercih edilmeye başlanmıştır. [12,13]. Hücreli dolgu sistemleri genellikle yüksek yoğunluğa sahip polimer malzemelerden oluşan bir yapı olduğu gibi; atık lastik, plastik şişeler, bambu ve Hindistan cevizi lifi gibi materyaller kullanılarak hücreli dolgu sistem davranışları pek çok araştırmada incelenmiştir [6, 14,15,16,17].

Hücreli olarak sınıflandırmak ya da hapsedmek fikri ilk olarak 1970'lerde Birleşik Devletler Ordusu Mühendisliği tarafından ortaya konulmuştur. Başlangıçta geoceller

reçine edilmiş kağıttan, daha sonra metal hücrelerden yapılmıştır. Maliyet ve kullanım alanları açısından ileriki zamanlarda yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve Yeni Polimerik Alaşımdan (YPA) üretilmiştir [31].

## Materyal ve Metot

Hücreli dolgu sistemleri [geocell], yapay olarak üretilen, polimer esaslı üç boyutlu, peteksi dokuya sahip sıkıştırılmış geosentetik türüdür[18]. Hücreli dolgu sistemleri başlangıçta akordeon şeklindedir. Açılıp gerdirildikten sonra birbiri ile bağlantılı şerit ve küçük duvarlı yapılar oluşur. Bu üç boyutlu yapısı oluşturulduktan sonra istenilen dolgu malzemesi ile doldurulur. Böylece istenilen işlev de kullanılır [19]. Oldukça yüksek eğilme dayanımına [20] ve çekme dayanımına sahiptir.



Şekil 1. Tipik geocell sistemi [21]

Geri dönüşümden elde edilememiş, orijinal olarak kendi hammaddesinden üretilen geocell, minimum 1,2 mm kalınlığa, 5-20 cm yüksekliğe, 30-80 cm kaynak aralığına ve en az 6,00 m uzunluğa sahip olmalıdır [22].

Tablo 1. Geocell teknik özellikleri [22].

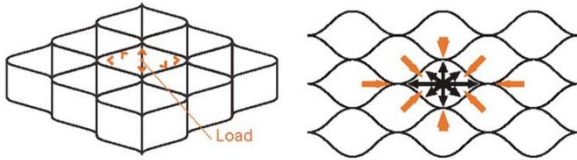
FİZİKSEL ÖZELLİKLER (± % 10)			
ÖZELLİKLER	BİRİM	DEĞER	TEST METODU
Materyal (hammadde)		Polietilen, pol-yester veya kompozitleri	
Polimer Yoğunluğu	g/cm <sup>3</sup>	0.95	EN ISO 1183-1/A
Hücre Duvarı Yüzey Dokusu	İç sürtünme verimliliği için dokulu ve delikli.		
Kalınlık (t)	mm	>1,2	EN ISO 9863-1
Hücre Derinliği (h)	mm	50-65-75-100-120-150-200	EN ISO 9863-1
Kaynak Aralığı (w)	mm	330-356-445-660	EN ISO 9863-1
BOYUTSAL STABİLİTE DEĞERLERİ (± % 5)			
Hücre Boyutsal Stabilitate (Termal Genleşme Katsayısı ile) (CTE)	Ppm/1C <sup>0</sup>	≤ 135	EN ISO 11359-2 (TMA)
ÇEKME MUKAVEMETİ DEĞERLERİ (± % 7)			
Materyalin sünmedeki mukavemet değeri	Mpa	>20	EN ISO 527
Sünmede Dayanım (Deliksiz, genişlikte)	kN/m	>21	EN ISO 10319
Sünmede Dayanım (Delikli, genişlikte)	kN/m	>16	EN ISO 10319
DİKİŞ KAYNAK MUKAVEMET DEĞERLERİ (± % 7)			
Dikiş Kaynak mukavemet - Kaynak Yarılması	kN/m	>17	EN ISO 13426-1 (METOD C)
FOTOKİMYASAL & OKSİTLENME DAYANIKLILIK			
UV Bozunurma direnci (UV ve Oksidasyon Direnci) Etkinli tasarım ömrü en az 60 yıl için	Dk.	≥400	ASTM D5885 (HPOIT @ 150°C) Testing per GRI GM13
UZUN VADELİ PLASTİK DEFORMASYONU (±% 10)			
Hızlandırma Yöntemi ile ölçülen Plastik Deformasyon	% Deformasyon	≤ 0.5 ≤ 0.6 ≤ 0.9 ≤ 1.0	ASTM D-6992 (SEM) (*)
Step 1 at 44°C (111°F) Step 2 at 51°C (124°F) Step 3 at 58°C (136°F) Step 4 at 65°C (149°F)			(*) At load of 4.4 kN/m

### Hüresel Dolgu Sistemleri [Geocell] Avantajları

- Herhangi bir geosentetik madde-geocell-kullanılmama durumuna göre malzeme yada dolgu açısından ekonomik olarak yarar sağlamaktadır.
- En kötü zemin durumlarında dâhil, dayanım artışı açıkça görülmektedir.
- Kolay uygulanıp ekonomik olarak getirisi oldukça yüksektir.
- Ekonomik olarak ekstra nakliye ve makine işi gerekmemektedir [23].
- Drenaj için doğal akış sağlayıp dolgunun hidrolik şartlardan zarar görmesini engellemektedir.
- Üç boyutlu yapısı sayesinde dolgu malzemesini sıkıştırır. Bu sayede taşıma gücünü artırıp çökme ve yanıl basınçları azaltmaktadır [24].

Hüresel dolgu sistemleri; radye temellerin çalışma mekanizması ile benzerlik göstererek zeminleri hücre içine hapseder. Böylelikle yanıl ve düşey hareketleri sınırlandırarak kompozit bir davranış sergiler.

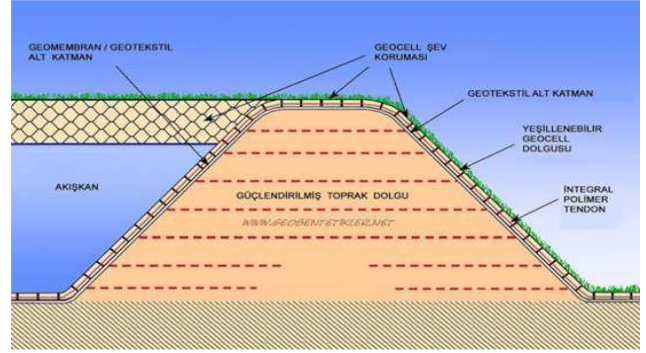
Düşük kohezyon değerine sahip kum ve çakıl gibi malzemelerde sıkışmayı sağlar. Her hücre ayrı ayrı çalışıp muhafaza altına alınan malzemenin yük altında deformasyona uğramasını engeller. Aynı zamanda malzemenin sıkıştırılması için gereken işçilikten ve zamandan tasarruf edilir [25]. Birçok bilim insanı tarafından yürütülen araştırmalarda geoceller ile güçlendirilen zemin örneklerinde taşıma gücünün artırılmasına ek olarak zemin numunesine ek bir kohezyon faktörü kazandırdığı tespit edilmiştir [6,7,8,9,10]



Şekil 2. Yük altında hapsedme mukavemeti [25].

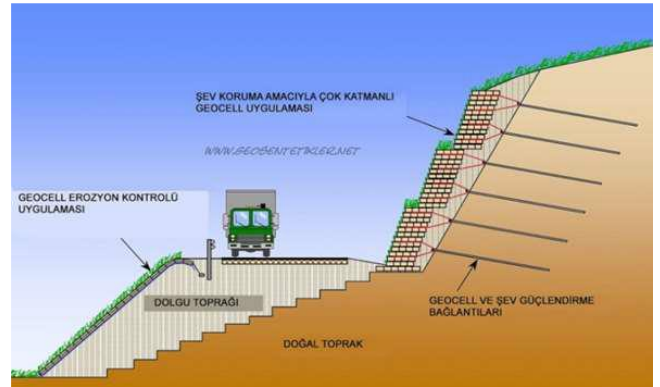
Hüresel dolgu sistemleri; zemin iyileştirme, güçlendirme, drenaj çalışmalarında kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları; şev stabilitelerinde, yol kaplamalarında, istinat yapılarında, dolgu ve temelerde kullanılmaktadır.

Geoceller, kanal çalışmalarında erozyondan korunmak amacıyla kullanılmaktadır. Suyun akış hızına göre kullanım şekli değişmektedir. Su hızı 2 m/sn ise çim kaplama olarak kullanılırken, 2 m/sn'yi aşan hızlarda ise geocell içerisi beton doldurularak kullanılmaktadır. Bu sayede eğimli yüzeyler üzerinde çatlama oluşmayıp uzun süreli kullanım imkânı sağlamaktadır.



Şekil 3. Kanal duvar uygulamaları [26]

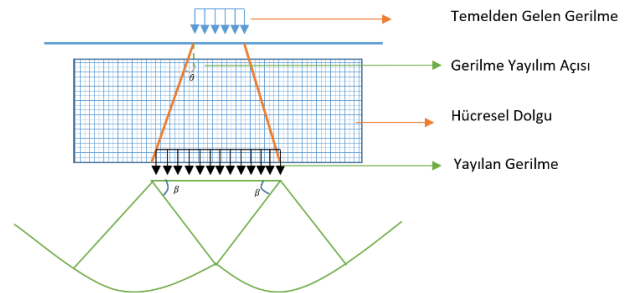
Dik yamaçlarda eğimden kaynaklı toprak yapısı, geocell ile oluşturulmuş dikey duvarlar korunabilmektedir. Burada geocell toprağı sadece tutmakla kalmayıp aynı zamanda drenaj görevini de görmektedir. Böylece hüresel dolgu sistemleri ile iyileştirilmiş kalıcı toprak yapıları oluşmaktadır.



Şekil 4 Kalıcı toprak yapısı oluşturma [26].

Genellikle betonarme yapılarda çelik donatılarla sağlanırken şev yüzeylerinde geocell kullanılarak ankraj uygulaması gerçekleştirilmektedir [26].

Yapılan temel uygulamaları çalışmalarında genel olarak şerit temeller üzerinde geocell uygulamaları yapılırken kare ve dairesel temel durumu da ele alınmıştır. Taşıma gücünün yetersiz olduğu durumlarda yada aşırı oturma gibi sorunlarda iyileştirme amacıyla kullanılmaktadır. Geocell ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş temel karşılaştırıldığında, güçlendirilmiş temelde oturma ve taşıma gücünde olumlu olarak sonuçlar elde edilmiştir [6].

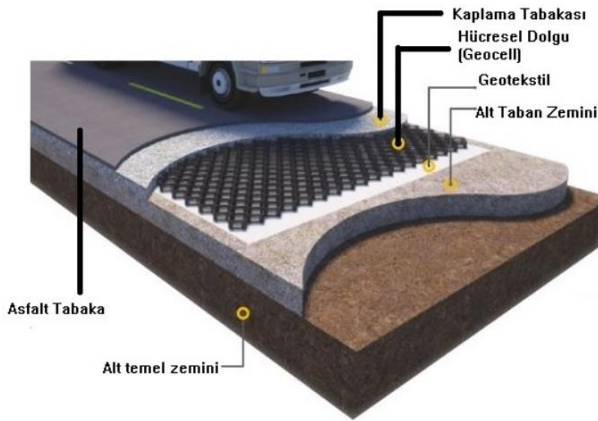


Şekil 5. Temelerde hüresel dolgu uygulaması[6]

Hüresel dolgu sistemlerinin kullanıldığı diğer bir alan ise karayolları temel tabakalarıdır. Kullanıldığı temelerde

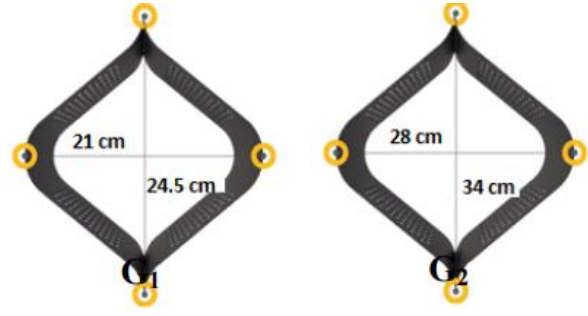
hücrelerin kuşatma etkisine temele gelen yükleri geniş bir alana yaydığı için düşey gerilmeleri azaltarak kullanılacak dolgu kalınlık miktarını en aza indirir. Hücresel dolgular yapısından kaynaklı esnek bir temel mantığıyla çalıştığı için tekerlek izi oluşumunu oldukça azaltır. Bununla birlikte düşey gerilmeleri azaltıp, farklı oturumları engellediği için bisiklet ve yürüyüş yolları, otoparklar, yüksek tonajlı araçların geçiş yolları gibi zeminlerde kullanılır.

Hücresel dolgu sistemleri delikli ve esnek yapısı nedeniyle bitki kökleri ve suyun geocellerin içerisinden hareket etmesine olanak sağladığı için park ve bahçelerin peyzaj uygulamalarında kullanılan çevreci bir uygulamadır.



Şekil 6. Yollarda hücresel dolgu sistemi uygulaması [27]

Portakal G. [2021]' in yapmış olduğu çalışmada hücresel dolgu sistemi ile donatılan zeminlerde zemin türü, hüce boyutu farklı olan iki tip geocell kullanılarak arazi ortamında plaka yükleme deneyi yapılmıştır.



Şekil 7. Geocell boyutları [28]

Çalışmada kullanılan hücresel dolgu sistemlerinde hücre boyutu küçültülerek taşıma gücünde artış olduğu yapılan plaka yükleme deneyleri ile tespit edilmiştir. Bununla birlikte 1m<sup>2</sup>' lik alana düşen geocell miktarının artması sonucu oturma miktarının azaldığı çalışmada yapılan deneyler sonucunda tespit edilmiştir. [28]

Şengül E. [2010]' nin yapmış olduğu çalışmada inşa edilecek yol platformu tabanında yer alan yumuşak kil zemini üzerinde meydana gelebilecek oturma miktarını azaltmak ve taşıma gücünü arttırmak amacıyla numunenin kireç stabilizasyonu ve hücresel dolgu sistemi ile donatılma çalışmaları yapılarak CBR deneyine tabi tutulmuştur. Çalışmada yapılan bir çok deneme sonucunda yüksek su muhtevalı kil zeminlerin önce kireç ile stabilize edilerek ardından hücresel dolgu sistemleri ile iyileştirilmesi durumunda olumlu neticeler verdiği çalışmada saptanmıştır. Buna bağlı olarak yüksek su muhtevalı kil zeminlerde yapılacak olan dolgu miktarı ve oturma miktarı azalmış olup, taşıma gücü değeri artmıştır. [29]Hücresel dolgu sistemleri, hidrolik yapılarda önemli bir mühendislik sorunu olan oyulma olayı üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Bu inceleme kapsamında hücresel dolgunun maksimum oyulma derinliğini azalttığı ve yapı mansabında kullanımının da uygun olduğu görülmüştür [30]

## Sonuç

Bu makalede, daha önceden yapılmış hücresel dolgu sistemi ile ilgili araştırmalara yer verilmiştir. Hücresel dolgunun geçmişten günümüze değişimi, gelişimi, avantajları, çalışma mekanizması, kullanım alanları ve bu alanlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Temel oturumlarında azalma, taşıma gücünde artış, dik yamaçlarda tutma gücünü arttırmaktadır. Aynı zamanda ekonomik olarak diğer geosentetik ürünlere göre daha avantaj sağlamaktadır.

## Kaynakça

- [1] Zhou, H., Wen, X., 2008. Model studies on geogrid-orgeocell-reinforced sand cushion on soft soil. *Geotextiles and Geomembranes* 26, 231-238.
- [2] Tanyu, B.F.,Aydilek, A.H., Lau, A.W., Edil, T.B., Benson, C.H., 2013. Laboratory evaluation of Geocell reinforced gravel subbase over poor subgrades. *Geosynth. Int.* 20 [2], 47–61.
- [3] Gurbuz, A. andMertol, H.C. [2012]. Interaction between assembled 3-D honey comb cells[geocell=geonet]produced from high density polyethylene and a cohesion lesss oil. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31[828-836].
- [4] Biabani, M.M.,Indraratna, B., Ngo, N.T., 2016. Modelling of geocell-reinforced subballast subjected to cyclic loading. *Geotext. Geomembranes* 44, 489–503.
- [5] Hegde, A.,Sitharam, T.G., 2017. Experiment and 3D numerical studies on soft clay bed reinforced with different types of cellular confinement systems. *Transp. Geotech* 10, 73–84.
- [6] Yüncül K., Gürbüz A., 2018, Hücresel Dolguların Kullanım Alanları ve Çalışma Mekanizması, *ISAS 2018, Antalya, Türkiye*
- [7]Bathurst R.J. and Karpurapu R., “Largescale triaxial compression testing of geocell rein forced granular soils”, *Geotechnical Testing Journal[ASTM]*, 16 [3], 296-303, 1993.
- [8] Rajagopal K.,Krishnaswamy N.R., Latha G.M., “Behaviour of sand confined with single and multiple geocells”, *Geotextiles and Geomembranes*, 17, 171-181, 1999.
- [9]Latha G.M. andMurthy V.S., “Effect of reinforcement form on the behaviour of geosynthetic rein forced sand”, *Geotextiles and Geomembranes*, 25, 23-32, 2007.
- [10]Chen R.H.,Huang Y.W., Huang F.C., “Confinement effect of geocells on sand sample sunder triaxial compression”, *Geotextiles and Geomembranes*, 37, 35-44, 2013.
- [11] Akyıldız M.H., 2019, Geosentetik türlerinin inşaat mühendisliğindeki uygulamaları ve sağladığı kolaylıklar, *DÜMF Mühendislik Dergisi* 10:2 [2019], 791-796.
- [12]Webster S.L., “Investigation of beach sand trafficability enhancementusing sand-grid confinement and membrane reinforce mentconcepts”,Report 1, Sand Test Sections 1 and 2, Vicksburg, MS U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Technical Report GL-79-20,1979
- [13]Webster S.L., “Investigation of beach sand traffic ability enhancement using sand-grid confinement and membrane reinforce mentconcepts”,Report 2, Sand Test Sections 3 and 4, Vicksburg, MS U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Technical Report GL-79-20,1979.
- [14] Dutta S. and Mandal J.N., “Model studies on geocell-reinforced flyash bedover lying softclay”, *Journal of Materials in CivilEngineering[ASCE]*, 28 [2], 2016.
- [15] Hedge A. AndSitharam T.G., “Useof bombo in soft ground engineering and its performance comparison with geosynthetics: experimental studies”, *Journal of Materials in Civil Engineering[ASCE]*, 27 [9], 2015.
- [16]Yoon Y.W.,Heo S.B., Kim K.S., “Geotechnical performance of waste tires for soil rein forcement from chamber tests”, *Geotextiles and Geomembranes*, 26 [1], 100-107, 2008.
- [17] Lal D,Sankar N., Chandrakaran S., “Behaviour of square footing on sand reinforced with coir geocell”, *Arabian Journal of Geosciences*, 10[15], 2017.
- [18] Han, J.,Yang, X.M., Leshchinsky, D.,Parsons, R.L., Rosen, A. [2008]. Numerical analysis for mechanisms of a geocell-reinforced base under a verticalload. *Proceedings of the 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics*June 17 - 20, Shanghai, China.
- [19]<https://www.movea.com.tr/hizmetler/hucresel-dolgu-sistemi/>[Erişim tarihi: 14.05.2021]
- [20] Işık, A., Gürbüz, Anıl, Ö. [2020].Assessment of soil-geocell interaction behavior by laboratory pullout tests. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*35:1, 27-38.
- [21]Şimşek, M.C. [2017]. Behavior of geocell reinforced sandy soils under static load. Middle East Technical University,Master of Science in Civil Engineering Department, Ankara.
- [22] Akın, B. [2016].Beton Dolgulu Geocell Teknik Şartnamesi.
- [23] Akyüz, İ. [2009]. Donatılı ve Donatısız Zemin Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- [24] Şengül, E. [2010]. Yüksek Su Muhtevalı Killi Yol Taban Zemininin Kireç Stabilizasyonu ve Hücresel Dolgu Sistemiyle İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [25]<https://geocelltarmaxx.com/hucresel-dolgu-sistemi/>[Erişim tarihi: 15.05.2021]
- [26] Akaydın, M., Yılmaz, K., Geosentetiklerin Özellikleri, Fonksiyonları ve Kullanım Alanları Üzerine Bir İnceleme Pamukkale Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekstil Teknolojisi, Denizli.
- [27]<https://www.insaport.com/haberler/hucresel-dolgu-geocell-sisteminin-calisma-mekanizmasi/> [Erişim tarihi: 17.05.2021]
- [28] Portakal G.G., 2021, Geohücre ile Güçlendirilmiş Zeminlerde Taşıma Gücünün Arazi Deneyleri ile Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İskenderun.
- [29] Şengül E., 2010, Yüksek Su Muhtevalı Killi Yol Taban Zemininin Kireç Stabilizasyonu ve Hücresel Dolgu Sistemiyle İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [30] Gül E., Sarıcı T., Dursun Ö.F. Hidrolik Yapıların Mansabındaki Yerel Oyulma Derinliğine Hücresel Dolgu Sisteminin Etkisinin İncelenmesi, *Su Kaynakları*, 3, (2), 61-67.
- [31] Dehghanian K., Önder R. İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi, 2(2), 63-74.