



T.C.

TOROS ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**KARAYOLLARINDA KULLANILAN FARKLI TÜR
GEOGRİDLER İÇİN, KULLANILACAK DOLGU MİKTARININ
ARAŞTIRILMASI**

Serhat AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2019



T.C.

TOROS ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**KARAYOLLARINDA KULLANILAN FARKLI TÜR
GEOGRİDLER İÇİN, KULLANILACAK DOLGU MİKTARININ
ARAŞTIRILMASI**

Serhat AYDİN

DANIŞMAN


Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ


YÜKSEK LİSANS TEZİ


ARALIK 2019

YÜKSEK LİSANS TEZİ KABUL ve ONAY SAYFASI

Serhat AYDİN tarafından hazırlanan “Kara Yollarında Kullanılan Farklı Tür Geogridler için, Kullanılacak Dolgu Miktarının Araştırılması” başlıklı bu çalışma 25/12/2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonunda oybirliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Jüri Başkanı
Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ
Danışman


Jüri Üyesi
Prof.Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU


Jüri Üyesi
Doç.Dr. Özgür Lütfi ERTUĞRUL
(Mersin Üniversitesi)

Savunma Sınav Jürisi Tarafından Tezin İmzalı Nüshasının Teslim Tarihi : 13.../01/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.


Prof.Dr.Mükerrerem Fatma İLKİŞİK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu çalışma da;

- Sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

25.12/2019

Serhat AYDIN


**KARAYOLLARINDA KULLANILAN FARKLI TÜR GEOGRIDLER İÇİN,
KULLANILACAK DOLGU MİKTARININ ARAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Serhat AYDIN

**TOROS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

2019

ÖZET

Geosentetiler, polimer hammaddelerden farklı üretim yöntemleri kullanılarak elde edilen, son yıllarda piyasada kullanımı hızlı bir şekilde yaygınlaşan ürünlerdir. Farklı fonksiyon, mekanik ve fiziksel özelliklere sahip geosentetik çeşitleri bulunmaktadır. Bunların seçiminde, kullanılacak amaç, kullanılacakları alanların özellikleri, istenilen dayanım, fiziksel ve mekanik özellikler, ürünün fonksiyonları iyi araştırılmalıdır.

Geosentetiklerin piyasada birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar, demiryolu, karayolu ve havaalanı inşaatları, şev stabilitesi, katı atık depolama alanları, altyapı tesisleri, tüneller ve barajlardır. Bu alanlarda bir geosentetik ürün kullanıldığı gibi birden çok üründe birlikte kullanılabilir. Aynı zamanda bir ürün temel işlevinden dolayı kullanılmasının yanında yardımcı fonksiyonundan da faydalanılabilir.

Bu çalışmada geosentetik ürünlerden olan geogrdlerin karayollarında kullanımı ele alınmıştır. Bu ürünlerin karayollarında kullanımının sağladığı avantajlar irdelenerek bu avantajlardan dolgu yüksekliği üzerine etkisi detaylandırılmıştır. Bu konuda önceki yapılmış çalışmalardan, araştırmacı giroud ve arkadaşları tarafından geliştirilen ve kaplamasız yollar için dolgu miktarı veren denklem matlab programı yardımı ile terrafix firmasına ait geogridler için kullanılarak drenajsız kayma mukavemeti-gerekli agrega kalınlığı grafikleri oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, gerekli agrega kalınlığında geogridsiz duruma oranla önemli derecede düşüş olduğu gözlemlenmiş ve asıl amaç olan geogrid çeşitleri için gerekli agrega kalınlığı grafikleri oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Geosentetik, geogrid, yol dolgusu

**SPECIFICATIONS OF GEOSYNTHETIC PRODUCTS AND USAGE AREAS,
DETAILED INVESTIGATION OF GEOGRIDES.**

(M. Sc. Thesis)

Serhat AYDIN

**TOROS UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES**

2019

ABSTRACT

Geosynthetics are products obtained from polymer raw materials by using different production methods, which are rapidly becoming widespread in the market in recent years. There are different kinds of geosynthetics with different functional, mechanical and physical properties. In selecting these, the purpose to be used, the properties of the areas to be used, the desired strength, physical and mechanical properties, the functions of the product should be investigated well.

Geosynthetics have many uses in the market. These include railway, road and airport constructions, slope stability, solid waste storage areas, infrastructure facilities, tunnels and dams. In these areas, a geosynthetic product can be used as well as multiple products together. At the same time, a product can be used due to its basic function as well as its auxiliary function.

In this study, the use of geogrid, which is one of the geosynthetic products, on highways is discussed. The advantages of using these products on highways are examined and the effect of these advantages on fill height is detailed. From the previous studies on this subject, the undrained shear strength-required aggregate thickness graphs were created by using the equation matlab which was developed by the researcher giroud et al.

As a result, it was observed that the required aggregate thickness decreased significantly compared to the geogrid-free state and the aggregate thickness graphs were formed for the main purpose geogrid varieties.

Key words: Geosynthetic, geogrid, road fill

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmamda bana yol gösterici olan, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ ve Prof. Dr. Mehmet akıroğlu hocalarıma, 4z yapı denetim Őirket müdürü İnő. Yük. Müh. Erol TAŞ'a teşekkür ederim.

Amcam MEHMET ALİ AYDIN'ın anısına

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLoların LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
GİRİŞ.....	1
Araştırma Probleminin Tanımı	2
Araştırmanın Amacı	2
Araştırmanın Önemi.....	2
Araştırmanın Kapsamı	2
Araştırmanın Yöntemi	2
Araştırmanın Kısıtları	3
Araştırmanın Varsayımları.....	3

BİRİNCİ BÖLÜM

GEOSENTETİK MALZEMELE GENEL BİR BAKIŞ

1. GEOSENTETİK MALZEMELERE GENEL BİR BAKIŞ

1.1. Geosentetiklerin Çeşitleri	4
1.1.1. Geotekstiller	5
1.1.2. Geogridler.....	7
1.1.3. Geomembran.....	8
1.1.3. Geohücreler	9

1.1.3. Geonetler	9
1.1.3. Geomatlar	10
1.1.3. Geosentetik kil örtüler	11
1.1.3. Geokompozitler	11
1.2. Geosentetiklerin İşlevleri	11
1.2.1. Ayırma	11
1.1.3. Filtrasyon	12
1.1.3. Drenaj	12
1.1.3. Güçlendirme	13
1.1.3. Koruma	14
1.1.3. Yalıtım	15

İKİNCİ BÖLÜM

GEOSENTETİKLERİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

2. GEOSENTETİKLERİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

2.1. Geosentetiklerin Genel Özellikleri	17
2.1.1. Polietilen	18
2.1.2. Poliyester	18
2.1.3. Poliyamid	19
2.1.4. Polistiren	19
2.1.5. Polivinilklorid	19
2.1.6. Polipropilen	19
2.2. Geosentetiklerin Mekanik Özellikleri	20
2.3. Geosentetiklerin Kullanım Alanları	21

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GEOGRİDLER

3. GEOGRİDLER

3.1. Geogridlerin Sınıflandırılması	25
3.1.1. Üretim yöntemine göre geogridler	25
3.1.1.1. Ekstrüde yöntemi ile üretilen geogridler	25
3.1.1.2. Dokuma yöntemi ile üretilen geogridler	26
3.1.1.3. Kaynak yöntemi ile üretilen geogridler	27
3.2.1. Açıklık şekline göre geogridler	27
3.2.1.1. Tek yönlü geogridler	28
3.2.1.2. Çift yönlü geogridler	28
3.2.1.3. Üç yönlü geogridler	29
3.2. Geogridlerin Kullanım Alanları.....	30
3.2.1. Zayıf zeminlerde kullanımı.....	30
3.2.2. Yollarda kullanılması	31
3.2.3. Şevlerde kullanılması.....	32

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GEOGRİDLERİN YOLLARDA KULLANILMASI

4. GEOGRİDLERİN YOLLARDA KULLANILMASI	33
4.1. Geogridlerin Demriyollarında Kullanılması	33
4.1.1. Demir yolu yapısı	33
4.1.2. Demir yollarında geogrid kullanımı	34
4.1.2.1. Balast tabakasında kullanımı	35
4.1.2.2. Alt-balast tabakasında kullanımı	37
4.1.2.3. Şev statbilizasyonunda kullanımı	38

4.2. Geogridlerin Karayollarında Kullanılması	39
4.2.1. Karayolu yapısı	40
4.2.1.1. Altyapı	40
4.2.1.2. Esnek üstyapı.....	41
4.2.1.3. Rijit üstyapı	42
4.2.2. Karayollarında geogrid kullanımı	42
4.2.2.1. Kaplamalı yollarda	45
4.2.2.2. Kaplamasız yollarda	47

BEŞİNCİ BÖLÜM

MATLAB PROGRAMI YARDIMIYLA FARKLI GEOGRİDLER İÇİN h-cu GRAFİKLERİNİN OLUŞTURULMASI

5. MATLAB PROGRAMI YARDIMIYLA FARKLI GEOGRİDLER İÇİN h-cu GRAFİKLERİNİN OLUŞTURULMASI	55
5.1. Verilerin Elde Edilmesi	55
5.2. Verilerden Grafik Oluşturulması	57
5.2.1. Geçiş sayılarına göre grafikler	57
5.2.1.1. 1000 geçiş sayısı için	57
5.2.1.2. 5000 geçiş sayısı için.....	62
5.2.1.3.10000 geçiş sayısı için.....	64
5.2.1.4. 25000 geçiş sayısı için.....	66
5.2.2. Lastik izi derinliğine göre	68
5.2.2.1. 25mm için	69
5.2.2.2. 50mm için.....	71
5.2.2.3. 75mm için.....	74

ALTINCLBOLUM

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	77
KAYNAKÇA	79
ÖZGEÇMİŞ	83

TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo	sayfa
Tablo 2.1. Polimerlerin bazı fiziksel özellikleri	17
Tablo 2.2. Geosentetiklerin hammaddelerine göre fiziksel özellikleri	19
Tablo 2.3. Yol yapım uygulamaları için geotekstillerde aranan özellikler	20
Tablo 2.4. Geosentetiklerin fonksiyonlarına göre kullanım alanları.....	21

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	sayfa
Şekil 1.1. Bazı geosentetik çeşitleri	4
Şekil 1.2. Ayırma fonksiyonu	11
Şekil 1.3. Drenaj fonksiyonu.....	12
Şekil 1.4. Güçlendirme fonksiyonu.....	13
Şekil 1.5. Koruma fonksiyonu.....	13
Şekil 1.6. Yalıtım fonksiyonu	14
Şekil 3.1. Üç yönlü geogridin zemin daneleri ile kenetlenmesi.....	28
Şekil 3.2. Yol inşaatında geogrid kullanımı.....	31
Şekil 4.1. Demiryolu üst yapı elemanları.....	33
Şekil 4.2. Piramit yük dağılım şeması.....	34
Şekil 4.3. Granüler malzeme ile ince malzeme karışımı.....	35
Şekil 4.4. Balast oturması.....	35
Şekil 4.5. Demir yollarında geogrid kullanılarak yapılan şev stabilizasyonu	38
Şekil 4.6. Tipik yol en kesiti	39
Şekil 4.7. Tipik bir yol üst yapısında gerilme dağılımı.....	40
Şekil 4.8. Geogridin yanıl destek etkisi	42
Şekil 4.9. Geogrid kullanımının taşıma gücüne etkisi.....	43
Şekil 4.10 Membran etkisi.....	43
Şekil 4.11. Kaplamalı yollarda geogrid yerleşimi.....	45
Şekil 4.12. Kaplamasız yolda yük aktarımı.....	46
Şekil 4.13. Zemin deformasyonundan kaynaklı bozulma	47

Şekil 4.14. Temel tabakasında oluşan taşıma gücü yenilmesi	47
Şekil 4.15. Agreganın yanal yayılımı	48
Şekil 4.16. Agreganın yumuşak zemine gömülmesi	48
Şekil 4.17. İnce zemim danelerinin temel tabakasına karışması	49
Şekil 4.18. Kaplamasız yollarda Geogrid uygulandığında oluşan gerilmeler	50
Şekil 5.1. Matlab programında denklemin çalıştırılması	55
Şekil 5.3. BX1500 geogridi, 25 mm lastik izi derinliği ve 1000 geçiş sayısı için h değerleri	56
Şekil 5.5. Donatısız durum için h-cu grafiği	57
Şekil 5.6. BX2000 için 25 mm lastik izi derinliği, 45 kN lastik yükü, 1000 geçiş sayısı için h-cu grafiği	58
Şekil 5.7. BX2500 için 25 mm lastik izi derinliği, 45 kN lastik yükü, 1000 geçiş sayısı için h-cu grafiği	58
Şekil 5.8. BX3000 için 25 mm lastik izi derinliği, 45 kN lastik yükü, 1000 geçiş sayısı için h-cu grafiği	59
Şekil 5.9. 1000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri	59
Şekil 5.10. 1000 geçiş sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	60
Şekil 5.11. 1000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	60
Şekil 5.12. 1000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	61
Şekil 5.13. 5000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	61
Şekil 5.14. 5000 geçiş sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	62
Şekil 5.15. 5000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	62
Şekil 5.17. 10000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	63
Şekil 5.16. 5000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	63
Şekil 5.18. 10000 geçiş sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	64

Şekil 5.19. 10000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	64
Şekil 5.20. 10000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	65
Şekil 5.21. 25000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	65
Şekil 5.22. 25000 geçiş sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	66
Şekil 5.23. 25000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	66
Şekil 5.24. 25000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için h-cu eğrileri.....	67
Şekil 5.25. 25mm lastik izi derinliği ve donatısız durum için h-cu eğrileri.....	67
Şekil 5.26. 25mm lastik izi derinliği ve BX1500 için h-cu eğrileri	68
Şekil 5.27. 25mm lastik izi derinliği ve BX2000 için h-cu eğrileri	68
Şekil 5.28. 25mm lastik izi derinliği ve BX2500 için h-cu eğrileri	69
Şekil 5. 29. 25mm lastik izi derinliği ve BX3000 için h-cu eğrileri	70
Şekil 5.30. 50mm lastik izi derinliği ve donatısız durum için h-cu eğrileri	71
Şekil 5.31. 50mm lastik izi derinliği ve BX1500 için h-cu eğrileri	71
Şekil 5.32. 50mm lastik izi derinliği ve BX2000 için h-cu eğrileri	72
Şekil 5.33. 50mm lastik izi derinliği ve BX2500 için h-cu eğrileri	72
Şekil 5.34. 50mm lastik izi derinliği ve BX3000 için h-cu eğrileri	73
Şekil 5.35. 75mm lastik izi derinliği ve donatısız durum için h-cu eğrileri.....	73
Şekil 5.36. 75mm lastik izi derinliği ve BX1500 için h-cu eğrileri	74
Şekil 5.37. 75mm lastik izi derinliği ve BX2000 için h-cu eğrileri	74
Şekil 5.38. 75mm lastik izi derinliği ve BX2500 için h-cu eğrileri	75
Şekil 5.39. 75mm lastik izi derinliği ve BX3000 için h-cu eğrileri	75

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	sayfa
Resim 1.1. Örgülü geotekstil.....	5
Resim 1.2. Örgüsüz geotekstil.....	6
Resim 1.3. Geogrid.....	7
Resim 1.4. Geomembran.....	7
Resim 1.5. Geohücre	8
Resim 1.6. Geonet	9
Resim 1.7. Geomat.....	9
Resim 1.8. Geokompozit örnekleri	10
Resim 1.9. Geomembran uygulaması	15
Resim 2.1. Polimerik ürünler	16
Resim 3.1. Tipik bir geogrid	23
Resim 3.2. Tek yönde ekstrüde geogrid	25
Resim 3.3. Çift yönde ekstrüde geogrid	25
Resim 3.4. Dokuma geogrid.....	26
Resim 3.5. Kaynaklı geogrid.....	26
Resim 3.6. Tek yönlü geogrid	27
Resim 3.7. Üç yönlü geogrid.....	28
Resim 3.8. Geogrid ile zemin iyileştirmesi	30
Resim 3.9. Şevlerde geogrid kullanılması.....	31
Resim 4.1. Balast arasına geogrid serilmesi(Belçika).....	36
Resim 4.2. Alt-balast tabaksı altında geogrid kullanılması(Belçika).....	37
Resim 4.4 Kaplamasız yollarda geogrid kullanımı	50

Resim 4.5 Kaplamasız yollarda geogrid kullanımı 51

Resim 4.6 Kaplamasız yollarda geogrid kullanımı 51

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
ASTM	American Society of Testing and Materials
ABD	Amerika Birleşik Devleti
PE	Poietilen
PET	Poliyester
PA	Poliyamid
PS	Polistiren
PVC	Polivinilklorid
PP	Polipropilen
LDPE	Düşük Yoğunluklu Polietilen
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
Simgeler	Açıklama
h	Gerekli Yol Dolgu Yüksekliği
P	Tekerlek Yüğü
N	Aks Geçiş Sayısı

J	Geogridin Açıklık Kararlılık Modülü
r	Lastik Temas Bölgesinin Yarıçapı
p	Lastik Temas Alanının Basıncı
c_u	Drenajsız Kayma Mukavemeti
s	Lastik İzi Derinliği
R_E	Sınırlı Modül Oranı
CBR_{bc}	Temel Tabakası Kaliforniya Taşıma Oranı
CBR_{sg}	Temel Altı Tabakası Kaliforniya Taşıma Oranı
E_{bc}	Temel Tabakası Elastisite Modülü
E_{sg}	Temel Altı Tabakası Elastisite Modülü
N_c	Taşıma Kapasitesi Faktörü

GİRİŞ

Geosentetikler, son yıllarda inşaat sektöründe kullanımı yaygınlaşan malzemelerin başında gelmektedir. Teknolojinin gelişimine bağlı olarak polimerik malzemelerden, farklı üretim yöntemleri kullanılarak çok sayıda geosentetik çeşidi üretilmiş ve piyasada yerini almıştır. Bu ürünlerin kullanımı sektöre birçok avantaj sağlamıştır. Performansın artması, maliyetin azalması, çalışma alanının genişlemesi ve sorunlu alanlarda inşaat yapma olanağı bunların başında gelir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde geosentetik malzemeler genel olarak ele alınarak irdelenmiştir. Geosentetik ürünlerin literatürdeki tanımı yapılarak kullanım amaçlarına değinilmiştir. Geosentetik ürünlerin çeşitlerinin kendi arasındaki sınıflandırmasına değinilmiştir. Geosentetiklerin kullanım alanına ve amacına göre fonksiyonları irdelenerek örneklendirilmiştir.

İkinci bölümde geosentetiklerin özellikleri ve kullanım alanlarına değinilmiştir. Öncelikle geosentetik ürünlerin hammadde olan polimer malzemeler incelenmiştir. Bunlar polietilen, poliyester, poliyamid, polistiren, polivinilklorid ve polipropilendir. Bu hammaddelerin üretim yöntemleri, fiziksel ve mekanik özellikleri, kullanım alanları irdelenmiştir. Daha sonra geosentetiklerin genel olarak mekanik özellikleri ve kullanım alanları irdelenerek kullanım amacına göre kullanılacakları alanlara değinilmiştir.

Üçüncü bölümde geosentetiklerin bir üyesi olan geodridler ayrı olarak daha detaylı irdelenmiştir. Geogridler, üretim yöntemlerine ve üzerindeki açıklığın şekline göre sınıflandırıp daha detaylı bilgi verilmiştir. Daha sonra genel olarak kullanım alanları ve kullanım alanları sıralanmıştır. Geogridelerin kullanımının sağladığı faydalar incelenmiştir. Son olarak de genel kullanım alanları olan şevlerde, yollarda ve zayıf zeminlerde kullanımı irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde geogridlerin yollarda kullanımı incelenmiştir. Bu bölümde geogridlerin kaplamalı, kaplamasız yollarda ve demir yollarda kullanımına değinilmiştir. Bu alana kullanıldığı yerler, kullanım amacı ve sağladığı faydalarından detaylı olarak söz edilmiştir.

Beşinci bölümde kaplamsız yollar için matlab programı yardımıyla analizler yapılarak grafikler oluşturulmuştur.

Araştırma Probleminin Tanımı

Bu araştırmada irdelenen problem yol dolgusunda kullanılacak geogrid için kullanıcıların geogrid seçiminde gerekli agrega kalınlığı hakkındaki bilgi yetersizliğidir. Aynı koşullarda kullanılan geogridlerin dolgu kalınlığında önemli farklar ortaya koymadığı durumlar olmaktadır.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı farklı türde geogrid kullanımında ve geogridsiz durumda gerekli agrega kalınlıklarını belirleyerek grafik haline getirme. Bu sayede bu geogridleri kullanmak isteyenlere geogrid seçiminde yardımcı olabilmektir.

Araştırmanın Önemi

Yapılan çalışmalar sonucu bazı durumlarda farklı geogridlerin aynı sonucu vermesi, bazı durumlarda da geogrid kullanımının agrega kalınlığını değiştirmede gösterilmiştir. Bu sonuçla kullanıcılara ürün seçiminde yardımcı olamsı bu araştırmanın önemini göstermektedir.

Araştırmanın Kapsamı

Kaplamsız yol dolguları için donatısız ve terrafix firmasının iki yönde çalışan geogridlerinden 4 tanesinin kullanımı durumları için gerekli agrega kalınlığını irdelenmiştir.

Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada giroud ve hun adındaki araştırmacıların yol dolgusunda agrega kalınlığının belirlenmesi zerine yaptıkları çalışma sonucunda geliştirdikleri denklem kullanılmıştır. Bu denklem matlab programı kullanılarak farklı geogrid türleri için kullanılarak agrega kalınlıkları belirlenip, grafikler oluşturulmuştur.

Araştırmanın Kısıtları

Bu çalışmada terrafix isimli firmanın BX1500, BX2000, BX2500, BX3000 geogrdileri kullanılmıştır. Farklı bir firma olan tensar geogrdilerinden de analiz yaparak karşılaştırma yapmak istenmiş fakat bu firmanın ürünlerine ait mekanik özelliklere ulaşılamamıştır.

Araştırmanın Varsayımları

Çalışmada lastik izi derinliği 25mm, 38mm, 50mm ve 75mm, lastik yükü 45kN, geçiş sayıları 1000, 5000, 10000, 25000 ve drenajsız kayma mukavemeti, 12-96kPa arasında seçilmiştir.

GEOSENTETİK MALZEMELE GENEL BİR BAKIŞ

1. GEOSENTETİK MALZEMELERE GENEL BİR BAKIŞ

Geosentetikler, kil, kum, çakıl gibi tabii yapı malzemeleri ile birlikte kullanılan düzlemsel sentetik ürünlerdir.

Son yıllarda kullanımı hızla artmış olup, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan malzemeler arasına girmiştir. Genel anlamda geosentetiklerin kullanımı maliyeti azaltmakta, performansı arttırmaktadır.

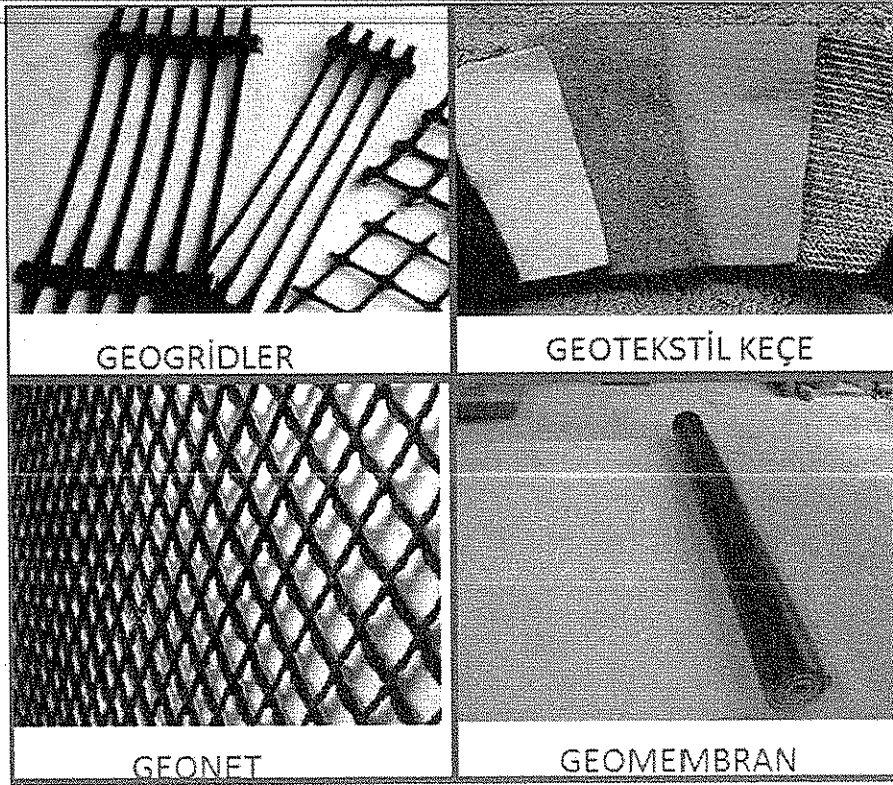
Geosentetiklerin istenilen performansı sergileyebilmeleri için, doğru geosentetik çeşidinin uygun yerde kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle geosentetik çeşidinin ve fonksiyonlarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Aşağıda geosentetik çeşitleri ve fonksiyonları hakkında kısa bilgi verilmiştir.

1.1. Geosentetiklerin Çeşitleri

Günümüzde kullanılan farklı özelliklere ve fonksiyonlara sahip geosentetik çeşitleri bulunmaktadır. Aynı zamanda geosentetik çeşitleri kendi içinde imalat yöntemine, uygulama alanına ve uygulama amacına göre çeşitlere ayrılır.

Günümüzde kullanılan geosentetik çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Geotekstiller
- Geogridler
- Geomembranlar
- Geohücreler
- Geonetler
- Geomatlar
- Geofoamlar
- Geosentetik kil örtüler
- Geokompozitler.



Şekil 1.1. Bazı geosentetik çeşitleri

1.1.1. Geotekstilller

Amerikan standartlarında (American Society of Testing and Materials; ASTM D4439-2011) bir mühendislik projesi, yapı veya sistemin bir parçası olarak zemin, kaya, toprak veya diğer geoteknik mühendisliği ile ilgili malzemeler ile birlikte kullanılan polimerik malzemelerden üretilen tekstil ürünü olarak tanımlanmıştır.

Genellikle diğer geosentetik tabakalar yardımcı olarak kullanılmalarının yanında gerilemelerin eşit bir biçimde dağılmasını sağladığından zemin güçlendirme ve şev stabilizasyonunda da kullanılmaktadır.

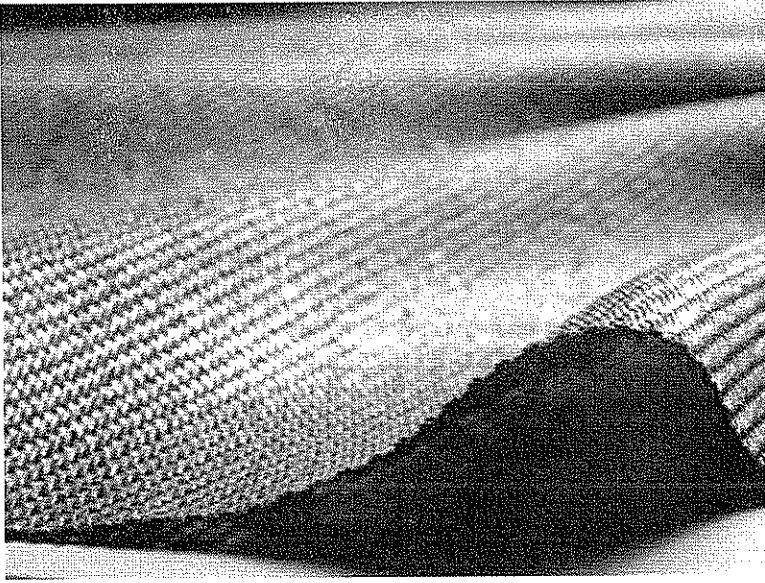
Geosentetikler üretim tekniği bakımından örgülü geosentetikler ve örgüsüz geosentetikler olmak üzere iki gruba ayrılır.

Örgülü geosentetikler:

Örgülü geosentetikler; iplikçiklerin birbirine dik iki sıra halinde geleneksel örgü yöntemleriyle örülmesi ile üretilirler. Boyuna ve enine doğrultudaki iplikler, çözgü ve atkı

olarak isimlendirilirler. Örgülü geosentetiklerin üretiminde doğal elyafların yanı sıra sentetik elyaflar da kullanılır. Doğal elyaf bazlı geotekstiller biyolojik olarak parçalanabildiklerinden, daha çok geçici olarak kullanılırlar. Doğal elyafların avantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Maliyetleri düşük, mukavemetleri yüksektir
- Ergonomiktir
- Yenilebilir
- Biyobozunabilirlik



Resim 1.1. Örgülü geotekstil

Kaynak: <https://www.yapikatalogu.com/Files/Products/3961/3961.jpg>

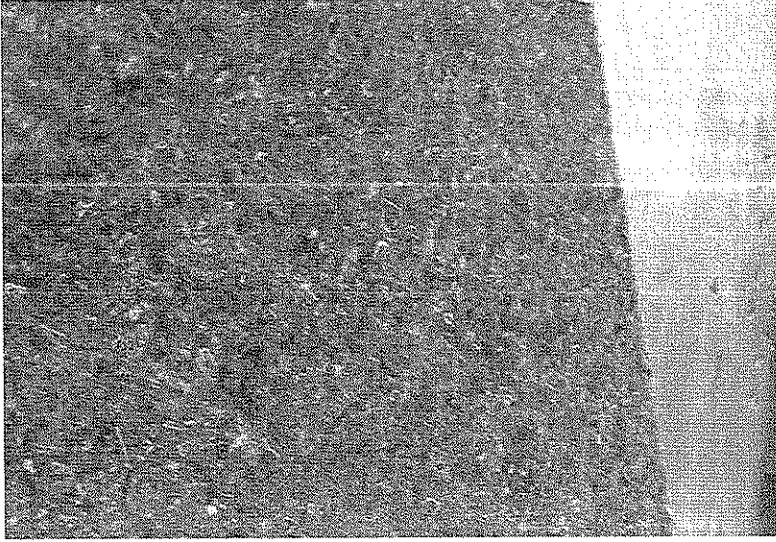
Örgüsüz geotekstiller:

Örgüsüz geotekstiller, iplik üretme ve dokuma aşamaları olmadan üretilen geotekstillerdir. Üretim yöntemine göre üç farklı gruba ayrılırlar. Bunlar, iğnelenmiş, ısı yoluyla bağlanmış ve kimyasal yöntemle bağlanmış geotekstillerdir. Bunların en yaygın olanı ise iğnelenmiş geotekstillerdir.

İğnelenmiş geotekstiller, iki metal tabaka arasına iğne delici makineler arasına, elyaflar geçirilerek iğnelerle delik açılması yoluyla imal edilir. İğnelerin ucundaki dikenli teller yardımıyla lifler birbirine geçirilerek bir keçe oluşturulur. İğnelerin dağılımı ayarlanarak geotekstilin sıklığı ve yoğunluğu ayarlanabilir.

Isı yoluyla bağlanmış geotekstillere, ağız üzeri eritilme yolu ile liflerin bağlanması sağlanarak üretilir.

Kimyasal yöntemle bağlamada ise liflerin üzerine akrilik püskürtüp fırından geçirilerek bağlanması sağlanır.

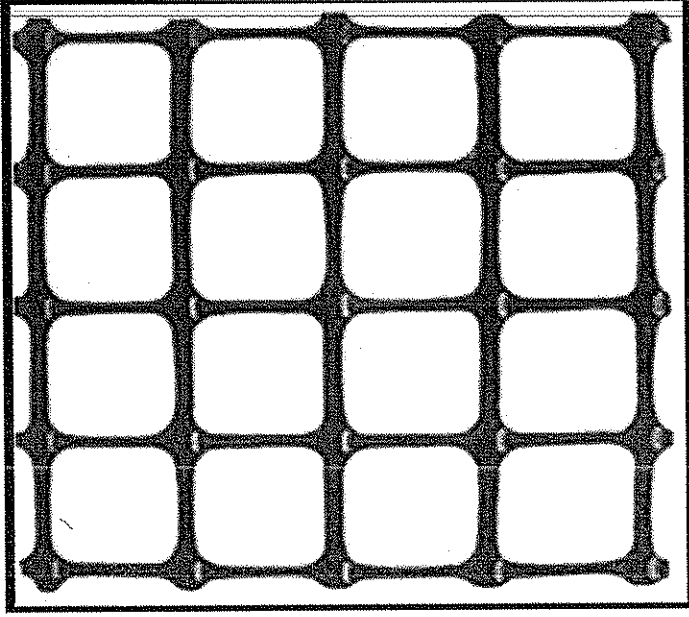


Resim 1.2. Örgüsüz geotekstil

Kaynak: <https://www.sernak.com/img/r95987-6.jpg>

1.1.2. Geogridler

Geogridler, yüksek çekme mukavemetine sahip, üzerinde düzgün olarak dağılmış boşluklar bulunan bir geosentetik türüdür (Resim 1.4.). Geogridler üçüncü bölümde detaylı irdelenmiştir.

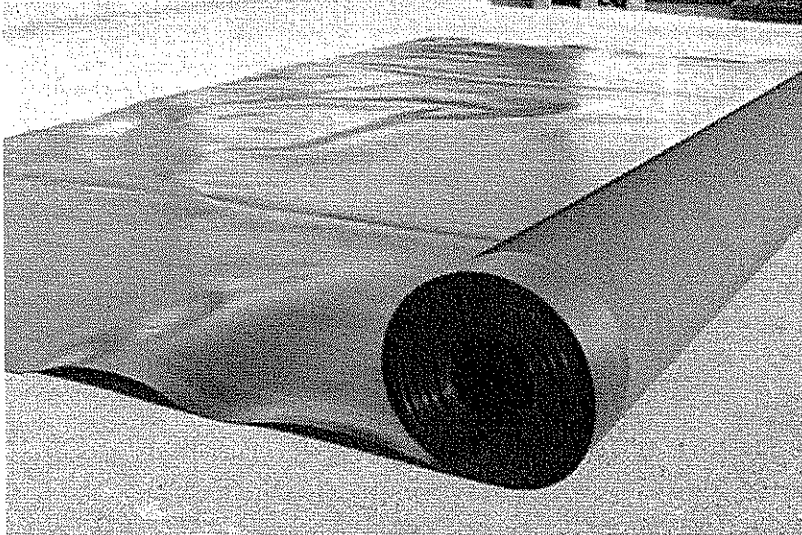


Resim 1.3. Geogrid

Kaynak:https://4.imimg.com/data4/LQ/MD/MY-3392031/biaxial-geogrid_500x500.jpg

1.1.3. Geomembran

ASTM D4439-14, geomembranı''geotekstil mühendisliği ile ilgili insan yapısı bir proje yapı ve sisteminde sıvı akımını kontrol altına alabilecek kadar düşük geçirgenlikte asfalt, polimer ve bunların karışımından üretilmiş sürekli membran tipi kaplama ve izole bariyeri olarak tanımlamaktadır(Resim2.4.).



Resim 2.4. Geomembran

Kaynak:https://www.solucoesindustriais.com.br/imagem.php?url=images/produtos/imagens_10098/p_geomembrana-pead-7.jpg

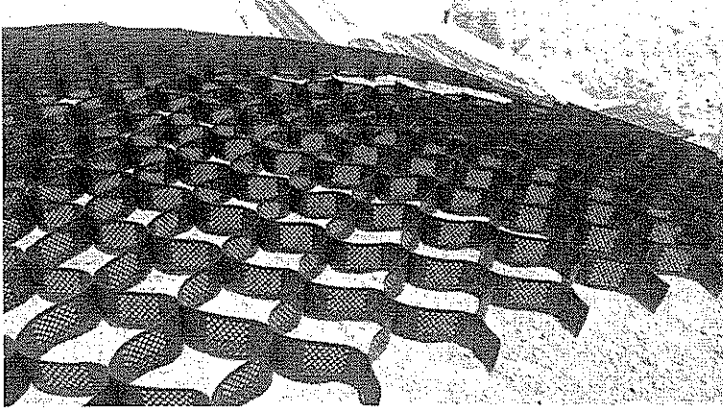
Kimyasal maddeler karşı dirençli, çekme dayanımı yüksek, geçirimsizliği düşük ve çatlamalara karşı dayanıklı olacak şekilde üretilirler.

Geomembranlar genel anlamda, suya karşı geçirimsizliği sağlamak amacıyla kullanılırlar. Geomembranların kullanım alanların şu şekilde sıralayabiliriz:

- Sulama kanalları için kaplama
- Tüneller ve kaya dolgu barajlar için geçirimsizliği sağlama
- Asfalt üst kaplaması altında sızdırmazlık amaçlı
- Şişen zeminlerin kontrolü

1.1.4. Geohücreler

Yüksek yoğunluklu termoplastik şişelerden yapılmış, üçboyutlu petek şeklinde açılan ve içine dolgu malzemesi doldurulan geosentetik üründür(Resim 2.5.). Şeritlerin ek yerleri petekler arasına sıvı akışına izin verirler. Genellikle yüzey stabilizesi ve erozyon kontrolü amacı ile kullanılırlar.



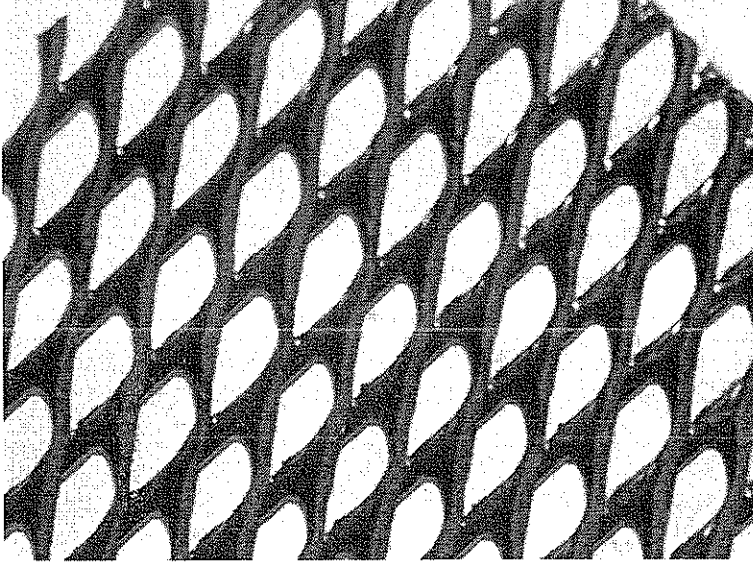
Resim 2.5. Geohücre

Kaynak: <http://geopor.gen.tr/wp-content/uploads/2018/10/SAKARYA-MI%CC%87LLI%CC%87-PARKI-7.jpg>

1.1.5. Geonetler

Geonetler, genellikle drenaj amacı ile kullanılan ve polietilenden üretilen geotekstillerdir. Geonet üretiminde kullanılacak malzemeler karıştırılıp eritilerek, bir tezgâha gönderilir. Tezgah üzerindeki aparatlar sayesinde iki yönde nervürler oluşturulur. Bu eritilmiş karışım artan çapa sahip bir boruya yerleştirilir, elmas şeklinde açıklıklar

oluşturulur, soğutucu tank yardımı ile soğutulduktan sonra boyuna doğrultuda kesilerek geonete şekil verilir(Resim 1.6).



Resim 1.6. Geonet

Kaynak: http://www.gseworld.com/content/inline-images/Products/TRXNET_Geonet.jpg

1.1.6. Geomatlar

Geoörtü olarak da adlandırılırlar. Bitkilendirme ve erozyon kontrolü amacıyla kullanılan üçboyutlu ve geçirgen polimer ürünlerdir. Genellikle bitki tabakası oluşuncaya kadar ömrü olan, doğada çürüyüp yok olan türde bir geosentetiktir(Resim 1.7.).



Resim 1.7. Geomat

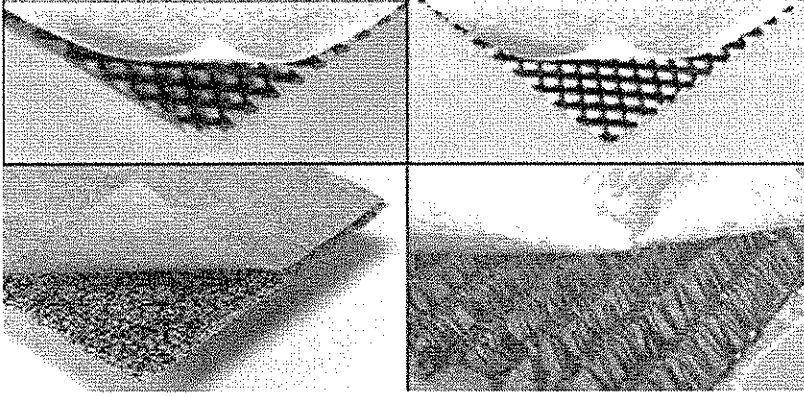
Kaynak: <http://www.psy.co.ir/images/product/2017/06/25/Geomat-45111.jpg>

1.1.8. Geosentetik kil örtüler

Geosentetik kil örtüler, iki geotekstil tabakası arasında, toz halindeki betonit kil karışımından oluşur. Akışkanlara karşı hidrolik bariyer görevi görür. İlk kez 1988 yılında ABD’de inşa edilen bir katı atık depolama alanında kullanılmıştır. Geosentetik kil örtüler; kil şilteler, betonit şilteler ve betonit hasırlar olarak da bilinirler.

1.1.9. Geokompozitler

Geokompozitler, birden fazla geosentetik ürünün değişik özellikleri kullanılarak elde edilen ürünlerdir(Resim 1.8.). Çok sayıda kullanım alanları mevcuttur. Örneğin, geotekstil ve geonet birleşiminden oluşan bir geokompozit, çok iyi bir drenaj sistemi oluşturur. Geonet drenaj görevi üstlenirken örgüsüz geotekstil ise zemin parçacıklarının geonetin içine girmesini engeller. Geotekstil-geomembran birlikte kullanıldığında ise, geomembran geçirimsizliği, örgüsüz geotekstil ise geomembranı koruma koruma amacı ile kullanılır. Geogrid-geomembran birlikte kullanıldığında ise daha yüksek dayanım ve sürtünme özelliği elde edilir. Geogrid- geomembran birleşiminden oluşan geokompozitler genellikle, karayolları demiryolları ve istinat duvarlarında kullanılır.



Resim 1.8. Geokompozit örnekleri

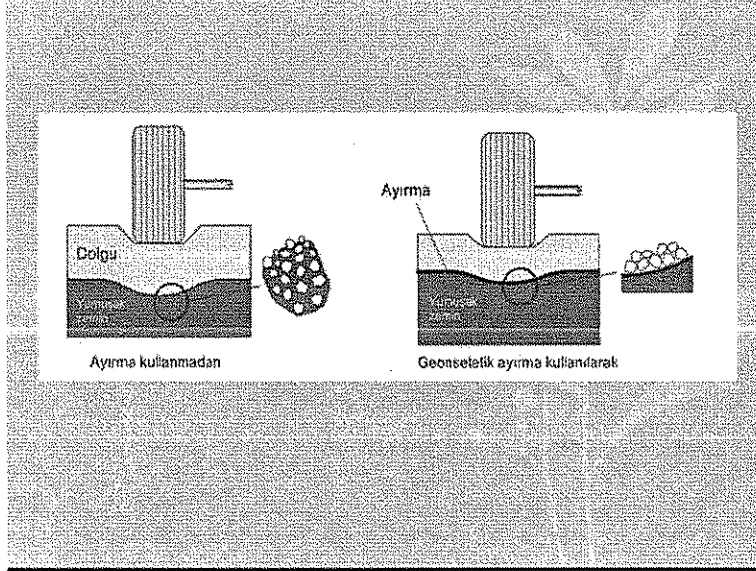
Kaynak: <https://www.teknomaccafferi.com.tr/wp-content/uploads/2016/10/Muhtelif-geokompozit-orneklere.jpg>

1.2. Geosentetiklerin İşlevleri

1.2.1. Ayırma

Dane çapları birbirinden farklı zemin ara yüzeylerine yerleştirilerek ayırma görevi görürler. Böylece üstyapıdan aktarılan dinamik veya statik yüklerin neden olduğu

malzeme karışımının önüne geçilir. Bu yolla kaliteli malzeme ile ince daneli zeminin karışımının önüne geçilerek olumsuz hava koşullarında bile çalışmaya olanak sağlanır.



Şekil 1.2. Ayırma fonksiyonu

Kaynak:[https://3.bp.blogspot.com/](https://3.bp.blogspot.com/0HQ91Oo_30/VBVi10ZTFil/AAAAAAAAAS50/g5p_06bouLc/s1600/42.jpg)

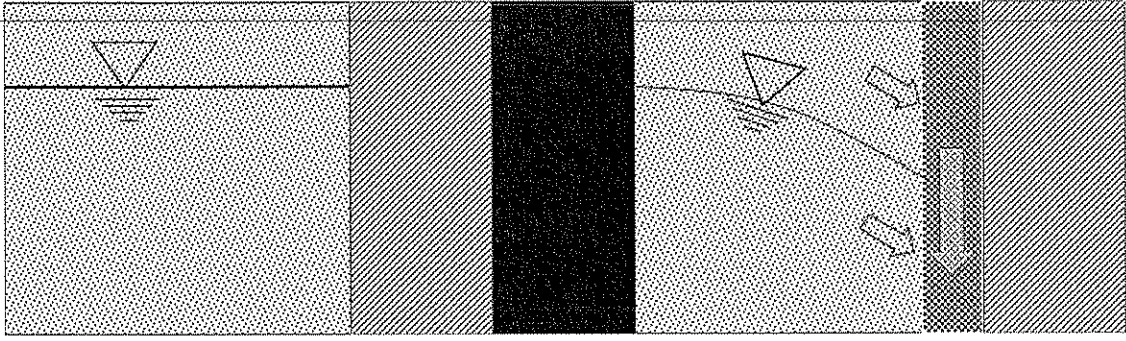
[0HQ91Oo_30/VBVi10ZTFil/AAAAAAAAAS50/g5p_06bouLc/s1600/42.jpg](https://3.bp.blogspot.com/0HQ91Oo_30/VBVi10ZTFil/AAAAAAAAAS50/g5p_06bouLc/s1600/42.jpg)

1.2.2. Filtrasyon

Geosentetik malzeme bir filtre görevi görür. Suyun geçişine izin verirken belirli büyüklükte dane çaplı malzemelerin geçişine vermez. Filtrasyon amacı ile en yaygın kullanılan geosentetik türü geotekstillerdir. Bu amaçla kullanılacak geotekstilin, en uygun gözenek açıklığına, yeterli su geçirgenliğine, sıkışmadan az etkilenmeye ve yüksek poroziteye sahip olması istenir.

1.2.3. Drenaj

Geotekstiller zemine göre çok daha geçirgen bir malzemedir. Yeterli eğimin sağlanması durumunda bünyesine aldığı sıvı ve gazı çıkışa doğru taşır. Suyun drene edilmesine ihtiyaç duyulan, tüneller, düşey drenler, kaplamalar ve tüne duvarı gibi yapılarda kullanılabilirler (şekil 1.3.).



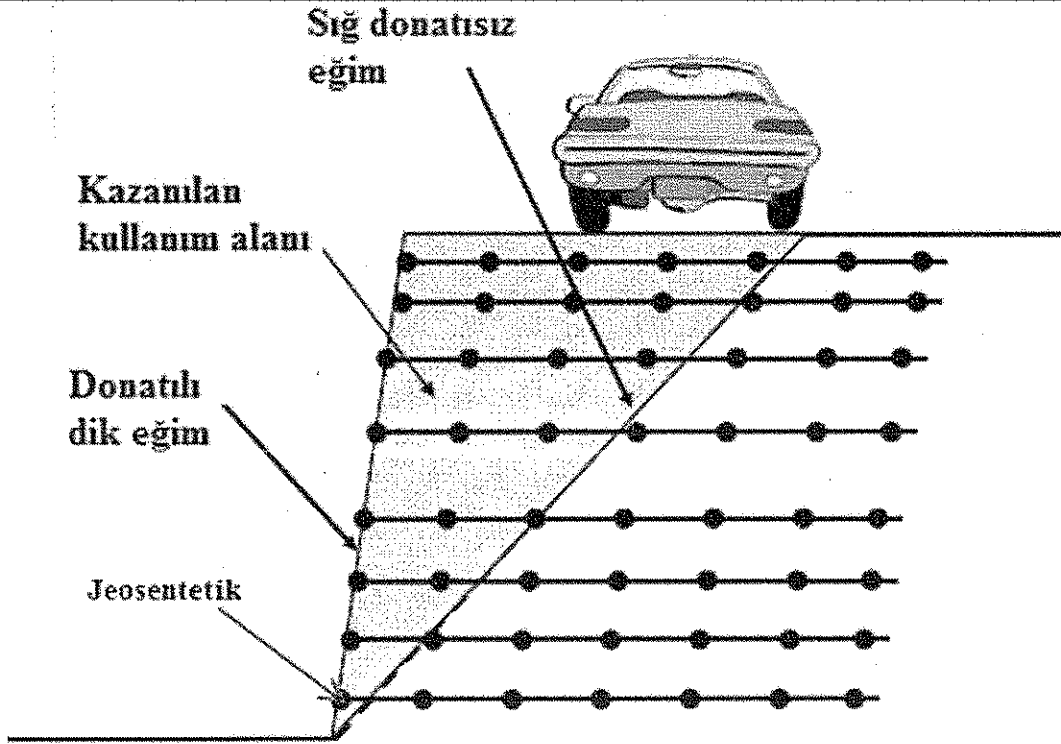
Şekil 1.3. Drenaj fonksiyonu

Kaynak: Toksoy,2017

1.2.4. Güçlendirme

Zemine gelen noktasal yüklerin geniş bir alana yayılıp zeminin bu gerilmelere karşı direnç kazanması için zemin içerisinde geosentetik kullanılmasıdır. Bunun için geotekstiller çekme dayanımı olmayan zeminlerin yapılarına katılarak çekme dayanımını arttırma rolü üstlenirler(Şekil 1.4.). Bu yolla kopmadan önce deformasyon mukavemetini arttırarak zeminin güçlenmesini sağlar.

Geosentetikler yardımı ile güçlendirilmiş zayıf zeminlerde hem inaat yapma olanağı oluşmuş olur hem de kullanılacak agrega miktarı azaltılarak maliyetten tasarruf sağlanmış olur.

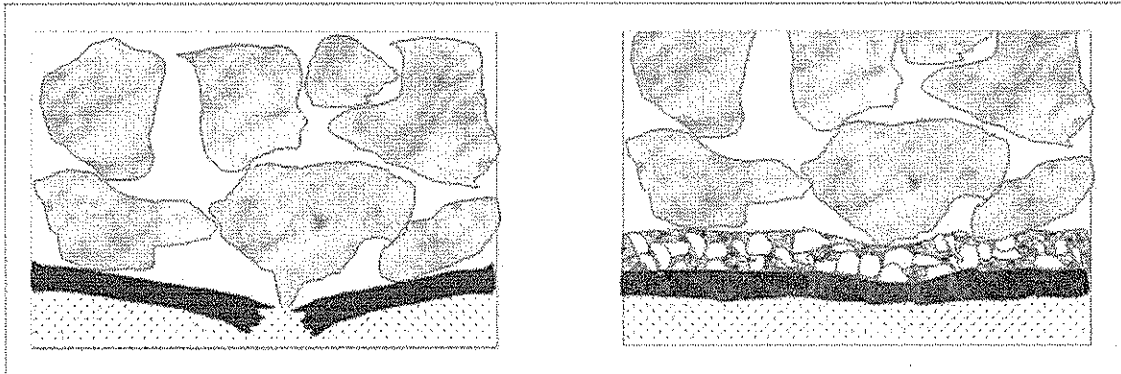


Şekil 1.4. Güçlendirme fonksiyonu

Kaynak: Sungur,2015

1.2.5. Koruma

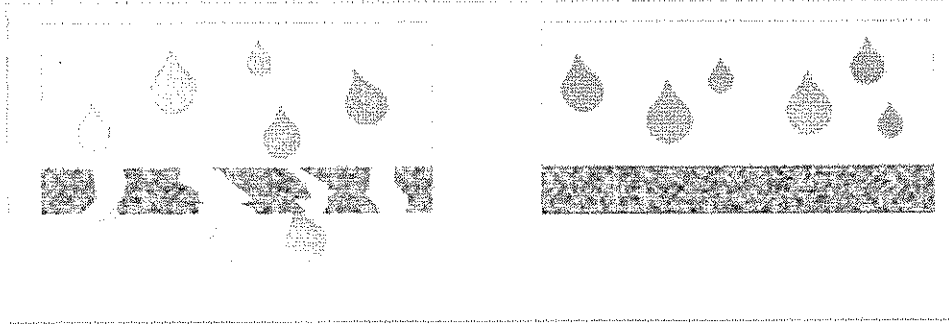
Burada geosentetiğin görevi yine başka bir geosentetik ürününü korumaktır. Örneğin, zemin içerisinde kullanılan bir geomembranın üzerine temas edecek noktasal yüklerin bir geotekstil yardımıyla daha geniş bir alana yayılmasını sağlayarak geomembranda oluşacak yırtılma ve delinme gibi deformasyonlar önüne geçilir. Burada geotekstilin koruma fonksiyonundan yararlanılmış olur(Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. Koruma fonksiyonu

1.2.6. Yalıtım

Geosentetik ürünün sıvı geçişini engellemesidir. Geosentetik ürünlere çeşitli yöntemler uygulanarak enine boyuna doğrultuda geçirimsizlik sağlanır. Bu ürünler farklı alanlarda yalıtım görevinde kullanılır. Özellikle geomembranlar temel imalatından önce tatbik edilerek temel tabakaları ve altyapılar yeraltı suyundan ve don tehlikesinden korunmuş olur. Şekil 1.6’ da asfalt kaplama yol imalatında kullanılan geomebranın sağladığı fayda gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Yalıtım fonksiyonu

Kaynak: Toksoy,2017

Geosentetiklerin bu fonksiyonundan yararlanan bir diğer alan ise katı atık depolama tesisleridir. Buradaki kullanımda amaç geomembran yardımıyla katı atıklardan sızan sıvıların tabii zemine karışımını engellemektir. Resim 1.9’da bir katı atık depolama tesisinde geomembran kullanılarak yalıtım fonksiyonundan yararlandığı görülmektedir.



Resim 1.9. Geomembran uygulaması

Kaynak: Baytam,2006

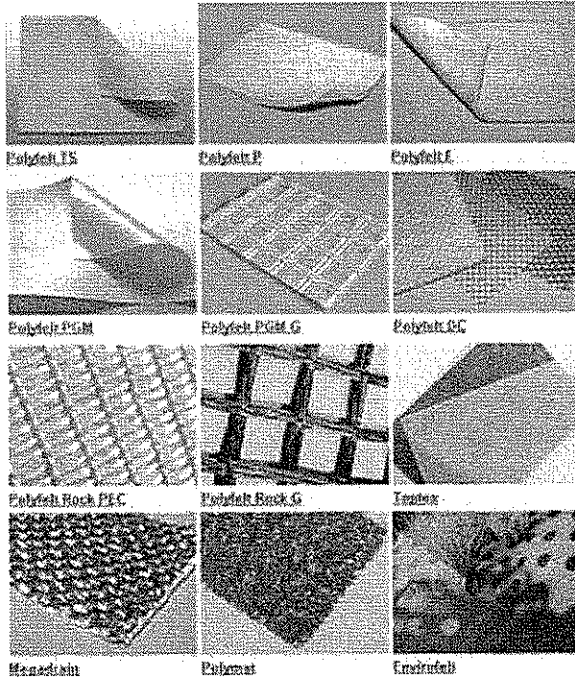
GEOSENTETİKLERİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

2. GEOSENTETİKLERİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

2.1. Geosentetiklerin Genel Özellikleri

Geosentetikler çeşitli polimerik hammadde kullanılarak elde edilirler. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Poietilen(PE)
- Poliyester(PET)
- Poliyamid(PA)
- Polistiren(PS)
- Polivinilklorid(PVC)
- Polipropilen(PP)



Resim 2.1. Polimerik ürünler
Kaynak: Bayram,2006

Bu malzemeler, fabrikasyon işlemleriyle sürekli lifler, 50-150mm uzunluklarında kesilmiş kısa lifler ve değişik boyutlarda kesilmiş bant parçacıkları haline getirilirler. Fiber bükülebilirliğe ve inceliğe, etkili boy/kalınlık oranına sahip malzemelerdir. Flamentler haline getirilmiş malzemelerin çeşitli yöntemler kullanılarak birleştirilmesi sonucu geosentetikler elde edilirler. Tablo 2.1'de geosentetiklerin hammaddesini oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Polimerlerin bazı fiziksel özellikleri

Polimer Tütü	Özgül Ağırlık	Erime Sıcaklığı (°C)	Çekme Dayanımı, 20°C'de (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Kopma Birim Uzaması (%)
PP	0,90 – 0,91	165	400 - 600	2000 - 5000	10 – 40
PET	1,22 – 1,38	260	800 - 1200	12000 - 18000	8 -15
PE	0,90 – 0,96	130	80 – 600	200 – 6000	10 – 80
PVC	1.3 – 1.69	160	20 – 50	10 – 100	50 – 150
PA	1.05 – 1.15	220 – 250	700 – 900	3000 – 4000	15 - 30

Kaynak: Bayram,2006

2.1.1. Polietilen(PE)

En sık kullanılan ve maliyeti düşük bir polimer çeşididir. Bükülme özelliğine ihtiyaç duyulan geotekstillere geomembranda daha sık kullanılır. Geotekstil imalatında LDPE(düşük yoğunluklu polietilen) ve HDPE(yüksek yoğunluklu polietilen) olmak üzere iki farklı polietilen kullanılmaktadır. LDPE'nin kristallliği daha düşük olduğundan bükülebilme özelliği fazladır. Bu nedenle katı atık depolama alanlarında daha sık kullanılırlar.

2.1.2. Poliyester(PET)

Yüksek mukavemet ve düşük sünme özelliğine sahip, güneş ışınlarına karşı dayanıklı bir polimer çeşididir. Son yıllarda geogrid üretiminde kullanımı hızla artmaktadır.

2.1.3. Poliyamid(PA)

Piyasada ‘‘Naylon’’ olarak da bilinir. Geotekstil üretiminde çok fazla kullanılmazlar. Kimyasal etkilere karşı dayanıklı iken sulu ortamlardan etkilenirler. Bu durum mekanik ve fiziksel özelliklerinin zayıflatmaktadır.

2.1.4. Polistiren(PS)

Geoformların kullanımında daha sık kullanılırlar. Geoformlar genellikle yalıtım malzemesi olarak kullanılırlar.

2.1.5. Polivinilklorid(PVC)

Uygun katkı maddeleri ilave edilmedi takdirde ultraviyole ışıklardan etkilenerek gevrek bir hale gelip zamanla kararır. Genel olarak yüksek mukavemetlidirler. Yanmaya karşı mukavemetli iken zehirli gaz yayabilirler.

2.1.6. Polipropilen(PP)

Maliyeti düşük olduğundan geotekstil imalatında sık olarak kullanılırlar. Kimyasallara ve organik asitlere karşı mukavemetleri yüksektir. Erime sıcaklığı yüksek(165o C) sünme mukavemeti düşüktür.

Geosentetiklerin seçiminde, kullanım amacı ve kullanılacakları ortamın özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Geosentetiklerin imal edildikleri hammaddeye göre alacakları bazı fiziksel özellikler tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Geosentetiklerin hammaddelerine göre fiziksel özellikleri

POLYMER	PP	PE	PPET	PA
Birim Ağırlık	Düşük	Düşük	Yüksek	Orta
Çekme	Düşük	Düşük	Yüksek	Orta
Elastisite	Düşük	Düşük	Yüksek	Orta
Kopmada	Yüksek	Yüksek	Düşük	Orta
Maliyet	Düşük	Düşük	Yüksek	Orta
Sünme	Yüksek	Yüksek	Düşük	Orta
U.V. Işığı	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta
Alkali	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek
Organik	Orta	Yüksek	Orta	Orta

Kaynak: Bayram,2006

2.2. Geosentetiklerin Mekanik Özellikleri

Geosentetiklerin başlıca mekanik özellikleri çekme, yırtılma, delinme ve patlama dayanımı olarak sıralayabiliriz.

Güçlendirme amacıyla kullanılan geosentetiklerin en önemli özelliği çekme dayanımıdır. Bu amaçla geosentetiklere çekme deneyi yapılır. Deneyde dikdörtgen şeklinde kesilmiş geosentetik numuneye yük uygulanır. Uygulanan yüke bağlı olarak oluşan uzama ölçülür. Sonuçlardan gerilme-deformasyon grafiği çizilir. Buradaki gerilmeyi bulmak için uygulanan yük numunenin alanına bölünür. Birim boy değişimi ise deformasyon sonrası boyun ilk boya bölünmesi ile bulunur.

Genel olarak kullanılacak geosentetiğin temel fonksiyonu yerine getirebilmesi için yerleştirilirken maruz kalacağı yükler altında yırtılma, delinme ve patlamaya engel olacak dayanımda olması istenir. Örneğin, tablo 2.3.'te yol yapım uygulamaları için geotekstillerde aranan özellikler gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Yol yapım uygulamaları için geotekstillerde aranan özellikler






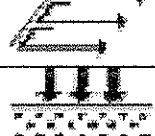
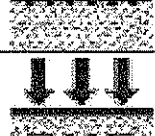


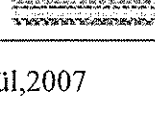
ÖZELLİK	DENEY YÖNTEMİ	BİRİM	GEREKSİNİMLER	
			ORTA SEVİYEDE	YÜKSEK SEVİYEDE
Delinme Dayanımı	ASTM D4833	N	400	700
Dinamik Delinme (Minimum delik çapı)	ENISO 918	mm	18	12
Nihai Uzaman	ASTM D 4632	%	>50	>50
Patlama Dayanımı	ASTM D 3786	kPa	2000	3000
Çekme Dayanımı	ASTM D 4632	N	700	800
Permeabilite	ASTM D 4491	cm/sn	zeminin permeabilitesinden yüksek	
Görünür Açıklık Boyutu	ASTM D 4751	mm	<0.15	

Kaynak: Gezgin,2017

2.3. Geotekstillerin kullanım alanları

Geosentetiklerin çok sayıda kullanım alanı bulunmaktadır. Uygulamada geotesentetiğin temel fonksiyonunun yan sıra ikincil fonksiyonları da göz önünde bulundurulur. Tablo 2.4.'te geotekstillerin fonksiyonlarına göre kullanım alanları gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Geosentetiklerin fonksiyonlarına göre kullanım alanları

FONKSİYON		ÇEŞİT	TANIM
Filtrasyon		Geokompozit, örgüzsüz geotekstil	Sıvı geçişine izin verir, zemin danelerini geçirmemek
Drenaj		Geonet, geonet, geokompozit,	Sıvının taşınması
Ayırma		Geotekstil, geokompozit	İki malzemenin ya da zeminin karışmasını engellemek
Koruma		Örgüzsüz geotekstil, geonet, geokompozit	Yapının zarar görmesini önlemek amaçlı
Geçirimsizlik		Geomembran, geokompozitler	Sıvı bariyeri
Donatılı duvar		Tek yönlü geogridler, örgülü geotekstiller	Zemine gelecek çekme kuvvetini karşılamak
Zemin iyileştirme		Çift yönlü geogrid, örgülü geotekstil, geokompozit	Taşıma gücünü arttırmak
Asfalt ve beton donatısı		Çift yönlü geogrid	Gelebilecek çekme kuvvetini karşılamak
Erozyon kontrolü ve yüzey stabilitesi		Geomat, geohücre, biomat, bionet	Rüzgâr, yağmur gibi etkilerden zeminin taşınmasını ve ayrılmasını önlemek
Smurlama		Geohücre	Zemin kütlelerinin yanıl hareketlerini önlemek

Kaynak: Karagül,2007

Fonksiyonlarına göre geosentetiklerin bazı kullanım alanlarını şöyle sıralayabiliriz

Farklı malzemelerin birbirinden ayrılmasında(Ayırma):

- Demir yollarında alt temel ve balast arasında
- Sürşarj yükleri için temel ve dolgu malzemeleri arasında
- Barajlarda temel ve dolgu malzemesi arasında
- Spor tesislerinde saha altında
- Kaldırımlarda döşeme altında
- Otoparkların altında
- Yol dolgularında temel ve dolgu arasında

Filtrasyon:

- Havaalanlarında ve stabilize yollarda temel altında
- Demir yollarında balast altında
- Sızıntılı dolguların altında
- İstnat duvarlarının altında
- Zemin ve geokompozitlerin karışımını engellemek için
- Baca dren malzemesinin muhafazasında

Drenaj:

- Dolgu barajlarda baca dreni görevinde
- Geomembranların altında suyu drene etmek için
- Çatı bahçelerinde dren görevinde
- Sürşarj yüklerinin altında drenaj görevinde

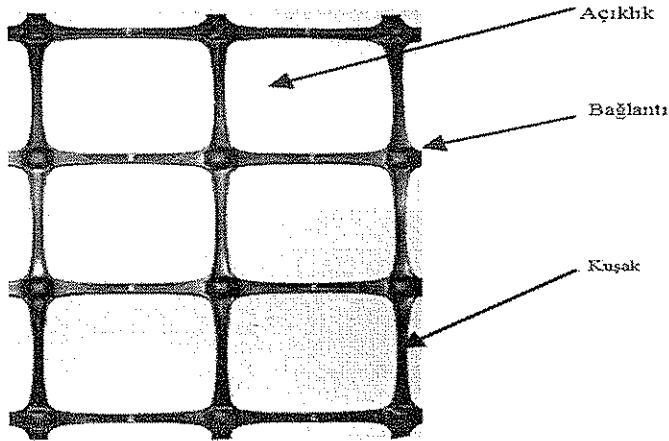
Güçlendirme:

- Stabilize yollarda zayıf zeminlerin üzerine
- Havaalanlarında zayıf zeminlerin üzerine
- Demiryollarında zayıf zeminlerin üzerine
- Dolgunun güçlendirilmesinde
- Kazıklı temellerin arasında ana donatı görevinde
- Geomembranı delinmelere karşı korumada

GEOGRİDLER

3. GEOGRİDLER

Geogridler, kullanımı son yıllarda hızla yaygınlaşan, bir geosentetik üründür. Üzerinde çekme elemanlarından oluşan açıklıklar bulunur. Bu açıklıkların şekil ve boyutları geogrid kullanım amacına göre tasarlanır(resim3.1.). Geogridler, düşük deforasyon ve yüksek çekme mukavemetine sahiptirler. Zemin içerisinde tatbik edildiklerinde yükün dağıtılmasını sağlarlar. Bu nedenle günümüzde geogridlerin en önemli kullanım amacı zemin güçlendirmesidir. Taşıma gücü zayıf ve yumuşak zeminlerde oluşacak oturmaları önlemek ve zemin taşıma gücünü arttırmak amacıyla kullanılan geogridler, zemin içerisinde bir donatı görevi üstlenir.



Resim 3.1. Tipik bir geogrid
Kaynak: Çiçek,2014

Geogridlerin mukavemetleri üretim yöntemi, üzerindeki açıklıkların şekli, üzerindeki açıklıkların boyutları gibi bir çok etkene bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle geogrid seçiminde, geogridin kullanılacağı yer, istenilen fonksiyon, beklenen mukavemet çok iyi belirlenmelidir.

3.1.Geogridlerin Sınıflandırılması

Geogridleri, birçok özelliğine bağlı olarak sınıflandırmak mümkündür. Bunların başında üretim yöntemi ve üzerindeki açıklığın şekli gelmektedir. Aşağıda bu sınıflandırma irdelenmiştir.

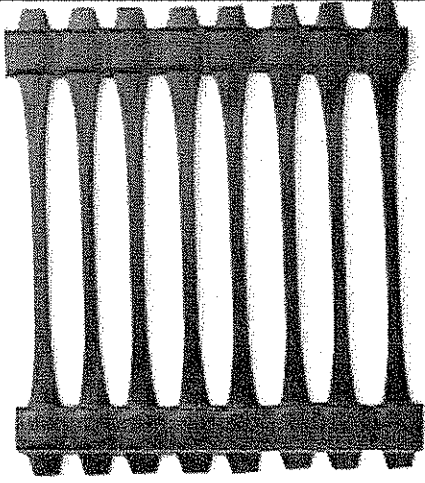
3.1.1.Üretim yöntemine göre geogridler

Geogridler, üretim yöntemlerine göre, ekstrüde yöntemi ile üretilen, dokuma yöntemi ile üretilen, yapıştırma veya kaynak yöntemi ile üretilen geogridler olmak üzere üç sınıfta ayrılır. Bu sınıflandırmanın önemi, geogridlerin en önemli özelliği olan çekme dayanımlarının, üretim yöntemine göre büyük ölçüde farklılık göstermesidir.

3.1.1.1.Ekstrüde yöntemi ile üretilen geogridler

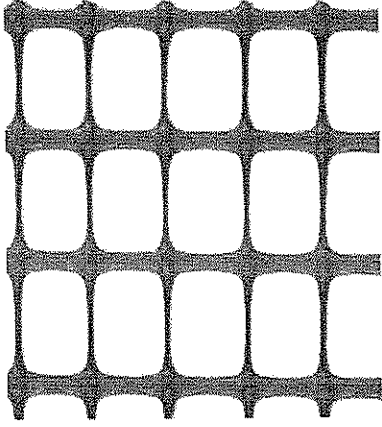
Mukavemeti en yüksek olan geogrid çeşididir. Ekstrüde geogridler, büyük ölçekli polipropilen veya polietilen levhalar üzerine kalıplar yardımı ile düzenli bir biçimde açıklıklar oluşturulması, daha sonra bu levhaların yüksek sıcaklıktaki fırınlar veya suda çekilerek mukavemet kazandırılması sonucu elde edilirler. Bu işlem esnasında çekme oranı ve sıcaklık kontrol altında tutulur.

Ekstrüde yöntemi ile üretilen geogridlerin en büyük avantajı bağlanma noktalarındaki çekme dayanımının diğer yöntemler ile üretilen geogridlere göre çok daha yüksek olmasıdır. Bunun nedeni ise üretim esnasında bağlantı noktalarının kendiliğinden oluşmasıdır. Ekstrüde işlemi tek yönde yapılırsa tek yönde(resim3.2.), çift yönde yapılırsa çift yönde(resim3.3.) mukavemet kazanan geogrid elde edilir.



Resim 3.2. Tek yönde ekstrüde geogrid

Kaynak: Karagül,2007

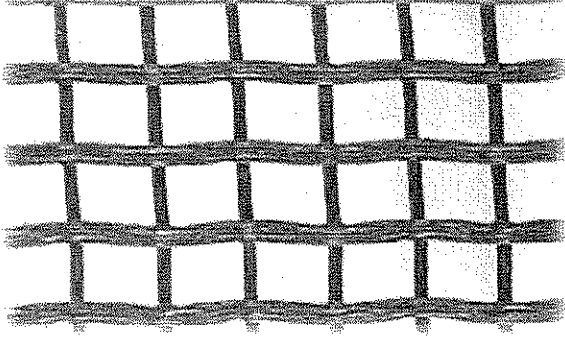


Resim 3.3. Çift yönde ekstrüde geogrid

Kaynak: Karagül,2007

3.1.1.2 Dokuma yöntemi ile üretilen geogridler

Dokuma yöntemi ile üretilen geogridlerin hammaddesi genellikle polyesterdir. Bu ürünler, polyester ipliklerinin makineler yardımı ile örülmesi sonucu elde edilir. İki yönde iplik sayısını artırıp azaltarak oluşacak geogridin mukavemetini değiştirmek mümkündür. Bu tür geogridlerin bağlantı noktalarındaki mukavemet, ekstrüde yöntemiyle üretilenlerden daha düşüktür. Bunun nedeni ekstrüde geogridlerin aksine bağlantı noktaları kendiliğinden oluşmaz. Resim3.4’da dokuma yöntemi ile üretilen geogrid örneği gösterilmiştir.

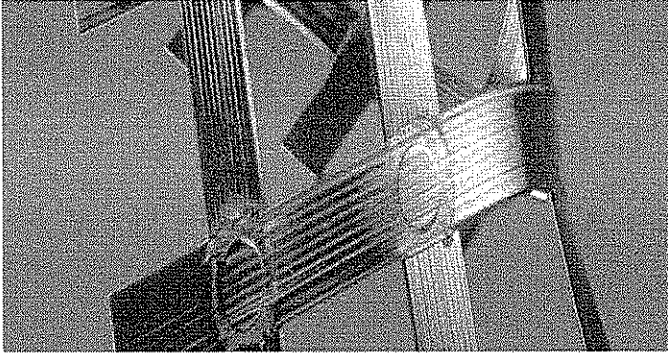


Resim 3.4. Dokuma geogrid

Kaynak: Karagül,2007

3.1.1.3 Kaynak yöntemi ile üretilen geogridler

Kaynak yönteminde, dayanımı yüksek şeritler birbirine dik bir şekilde, ilerleyen bir bant üzerinde ısı veya lazer yardımı ile yapıştırılması metoduyla üretilirler. Bu bağlantı noktalarının dayanımı düşüktür. Burada kullanılan şeritler, önceden istenilen dayanım ve boyutlarda üretilir. Bu yöntemin sağladığı kolaylıklardan biri de çok basit yöntemler le geogrid üzerindeki açıklıkların boyutlarının değiştirilebilmesidir. Bağlantı noktalarındaki dayanım şeritlerin kendi dayanımından düşüktür. Resim3.5'te kaynak yöntemi ile üretilen bir geogrid örneği gösterilmiştir.



Resim 3.5. Kaynaklı geogrid

Kaynak:<https://www.teknomaccafferi.com.tr/wp-content/uploads/2018/01/geogrid-para-urunleri.jpg>

3.1.2. Açıklık şekline göre geogridler

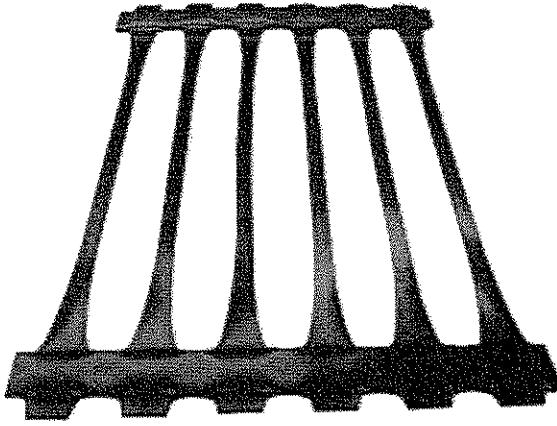
Geogridler üzerindeki açıklığın şekline göre üç farklı gruba ayrılırla. Bunlar, tek yönlü çift yönlü ve üç yönlü geogridlerdir. Bu geogridlerin seçiminde kullanılacağı zeminin hangi yönde zayıf olduğuna bakılmalıdır. Diğer bir deyimle hangi doğrultuda

çekme mukavemeti kazandırılması gerektiği bilinmelidir. Geogrid üzerindeki bu açıklıklar içerisinde aldığı zemin malzemesi ile kenetlenerek zeminin hareketi zorlaştırarak zemine dayanım kazandırır.

Açıklık şekline göre ayrılan bu geogrid çeşitleri farklı üretim yöntemleri ile elde edilirler. Tek ve çift yönlü geogridler her üç üretim yöntemi ile (ekstrüde, dokuma, kaynak) üretilebilirken, üç yönlü geogridler sade ekstrüde yöntemi ile üretilebilirler.

3.1.2.1 Tek yönlü geogridler

Tek yönlü geogridler, tek yöndeki çekme mukavemeti diğer yöndeki çekme mukavemetlerine oranla çok daha yüksek olan geogrid türüdür. Üzerinde bir yöndeki uzunluğu diğer yönden fazla dikdörtgen açıklıklar bulunur. Ekstrüde yöntemiyle üretilenlerde tek yönde ekstrüde işlemi uygulanarak tek yönde çekme dayanımı kazandırılır. Çekme dayanımının hangi yönde oluşması isteniyorsa ekstrüde işlemi o yönde yapılır. Kaynaklı üretim yöntemi ile üretilecekse çekme dayanımının yüksek olması istenilen yöndeki şerit çekme mukavemeti yüksek olacak şekilde seçilmelidir. Resim 3.6'da ekstrüde yöntemi ile üretilmiş bir tek yönlü geogrid örneği gösterilmiştir.



Resim 3.6. Tek yönlü geogrid

Kaynak: http://turkish.geotextile-fabric.com/photo/pc1906531-pp_high_tensile_uniaxial_geogrid_170knm_geogrid_for_road_construction.jpg

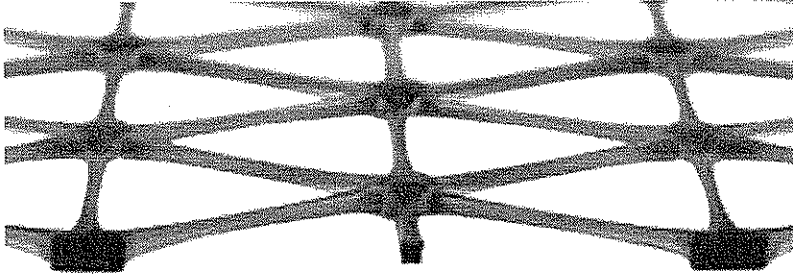
3.1.2.2. Çift yönlü geogridler

Çift yönlü geogridler, iki yönde çekme mukavemeti yüksek olan, üzerindeki açıklığın yaklaşık olarak bir kare şeklinde olduğu geogrid türüdür. Zemine iki yönde

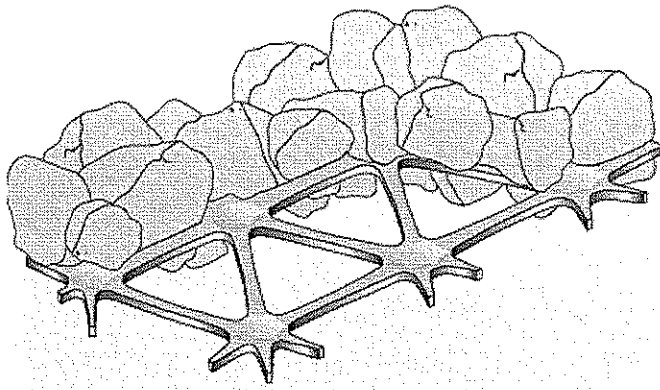
çekme dayanımı kazandırılmak istenen durumlarda kullanılır. Eğer geogrid ekstrüde yöntemi ile üretilecek ise ekstrüde işlemi her iki yönde uygulanarak kare şeklinde açıklık oluşturulur. Kaynaklı yöntem ile üretilecek ise mukavemetleri birbirine yakın yada eşit şeritler seçilir. Üretim bandında kare açıklık oluşturacak şekilde yerleştirilir.

3.1.2.3. Üç yönlü geogridler

Üç yönlü geogridler, son yıllarda geliştirilmiş, üzerindeki açıklıklar eşit kenar üçgenlerden oluşan ve yükü üç yönde dağıtma imkânı sağlayan bir geogrid türüdür. Yapılan birçok deney sonucunda içerisine aldığı zemin danelerini üç yönde çevreleyerek zemine üç yönde çekme dayanımı kazandırıldığı görülmüştür(Şekil3.1.). Böylece daha güçlü bir zemin elde edilmiş olur. Resim 3.7’de üç yönlü çalışan geogrid örneği gösterilmiştir.



Resim 3.7. Üç yönlü geogrid
Kaynak: Tensar,2018



Şekil 3.1.Üç yönlü geogridin zemin daneleri ile kenetlenmesi
Kaynak: Tensar,2018

3.2. Geogridlerin Kullanım Alanları

Geogridler, yüksek çekme mukavemetine ve düşük sünme özelliğine sahip malzemelerdir. Diğer geosentetik türlerine göre avantajı zemin ile kenetlenerek, bir bütün halinde çalışması ve bu sayede zemini güçlendirmesidir. Bu bağlamda geogridlerin esas görevi güçlendirmedir. Bunun yanında çakıl ve iri deneli zeminlerle birlikte kullanıldıklarında ayırma görevi de görürler. Geogridler zemin içersinde bir donatı gibi çayıtlığından birçok farklı kullanım alanı bulunmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

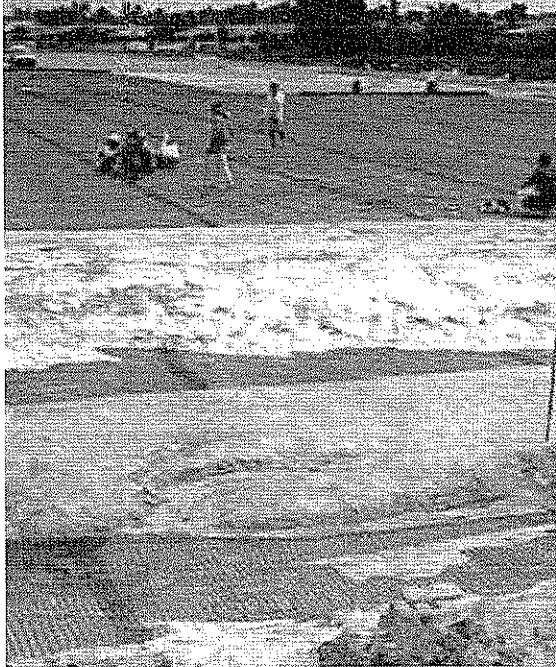
- Kaplamasız yollarda
- Demiryollarında balast altına
- Geçici inşaat alanları ve sürşarj dolgularında
- Toprak dolgu barajlarda
- Şev stabilizesinde
- Köprü ayaklarında gabion olarak
- Yumuşak zeminlerin güçlendirilmesinde
- Kazıklı temellerde başlık plağının altına tatbik edilme
- Erozyon kontrolünde
- Yumuşak zemin üzerine dolgu yapımında
- Kaplamalı yollarda donatı olarak
- Katı atık depolama analarının altında donatı olarak
- Saha betonlarında donatı görevinde
- Geomembran ile geotektstil arasında
- Zayıf zeminlerin güçlendirilmesinde

3.2.1.Zayıf zeminlerde kullanımı

Zayıf zeminler üzerinde yapı inşa edilirken, karşılaşılan en büyük sorun zemin taşıma gücünün düşük olmasıdır. Geogridler yüksek çekme mukavemeti ve zemin ile kenetlenme özelliğinden dolayı zayıf zeminlerin güçlenmesine olanak sağlar. Geogridler kullanıldıkları zayıf zeminlerde hem bir donatı görevi görür hem de gerilmelerin eşit bir şekilde dağıtılmasını sağlar. Bu sayede zemin oluşacak farklı oturmaların önüne geçilmiş olur. Zemin iyileştirilmelerinde kullanılan geogridlerin faydalarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Zemin taşıma gücünü artırır
- Farklı oturmaları önler
- Alt temelin taşıma gücünü artırır
- Yükün eşit dağılımını sağlar
- Uzun zamanda oluşacak deformasyonları engeller

Zemin iyileştirilmelerinde kullanılan geogridler genellikle çift yönlü çalışan türdedir. Yerine göre tek sıra serilmesi gerekirken, bazı durumlarda kademeli olarak da serilebilirler. Resim3.8’da Bangkok’ta yapılan bir uygulamada 30 cm sıra ile geogrid serilmesi gösterilmiştir.



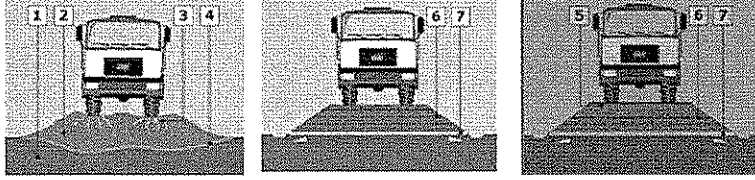
Resim 3.8 Geogrid ile zemin iyileştirmesi

Kaynak: Karagül,2007

3.2.2.Yollarda kullanılması

Kaplamalı ve kaplamasız karayollarında, demiryollarında ve havaalanlarında dinamik yüklerden kaynaklanan farklı oturmalar oyulmalar ve çatlaklar oluşur. Bunları önlemek için geogridler kullanılır. Geogridin yollarda ki bir diğer kullanım amacı da gerekli dolgu yüksekliğini düşürerek maliyeti azaltmaktır. Özellikle zayıf zeminler üzerine yapılan yol inşaatların karşılaşılan bu problemler artmaktadır. Hem zemin taşıma gücünün sınırlı olması hem de dolgu içerisindeki toprak basıncı nedeni ile dolgu yanlara doğru

kayma yapar. Burada tatbik edilecek geogrid yardımı ile yanıl deformasyonların yanı sıra farklı oturmalarda önlenmiş olur. Şekil3.2’de görüldüğü gibi geogrid kullanımı yolda oluşacak farklı oturmalar ve çatlakların yanı sıra kaplama ömrünü de uzatır. Geogridlerin yollarda kullanılması dördüncü bölümde daha detaylı incelenecektir.



a. Geogrid donatısız yol

b. Kaplanmsız geogrid donatılı yol

c. Kaplamalı geogrid donatılı yol

1. Zayıf zemin
2. Dolgu zemin
3. Yol çatlakları
4. Deformasyon profili
5. Yol kaplaması
6. Geokompozit (örgütsüz geotekstil- çift yönlü geogrid)
7. Çift yönlü geogrid

Şekil 3.2. Yol inşaatında geogrid kullanımı

Kaynak: Karagül,2007

3.2.3. Şevlerde kullanılması

Şevlerde oluşacak kayma, göçme ve çökmeleri önlemek amacıyla sıklıkla geogridler kullanılmaktadır. Burada da yine geogridlerin zemin daneleriyle kenetlenme ve çekme mukavemetlerinden yararlanır. İnşaat alanlarında genellikle çalışma alanının yetersiz kalmaktadır. Geogrid yardımıyla şevlerin daha dik duruma getirilerek çalışma alanı kazanılması mümkündür. Resim 3.9’da Tayvan’da 35 metre yüksekliğinde eğimli ve palyeli bir şev uygulaması gösterilmiştir.



Resim 3.9.Şevlerde geogrid kullanım

Kaynak: Karagül,2007

GEOGRİDLERİN YOLLARDA KULLANILMASI

4. GEOGRİDLERİN YOLLARDA KULLANILMASI

Geogridlerin başlıca kullanım alanlarından biri de yollardır. Geogridler, kaplamalı kaplamasız karayollarında, havaalanı pistlerinde ve demir yollarında kullanılabilirler. Demir yolu inşaatında balast tabakasının altında kullanılırken, kaplamalı kara yollarında donatı görevi taşırlar.

4.1. Geogridlerin Demiryollarında Kullanılması

Ulaşım türleri arasında güvenlik, güzergâh avantajları ve diğer ulaşım türlerinin etkilendiği hava koşullarında da kullanılabilmesi gibi nedenlerden dolayı demiryolları önemli bir yere sahiptir. Daha fazla sayıda yolcu taşıma kapasitesi dolayısıyla da diğer ulaşım sistemlerine üstünlük sağlamaktadır. Bu ve benzeri nedenlerle demiryollarına yönelme hızla artmaktadır. Yeni demir yolu inşa etmek ve mevcut sorunlu yolları onarmak için bir çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda geosentetik ürünler, özellikle de konumuz olan geogridler önemli yer tutmaktadır. Geogridlerin demir yollarında kullanımını irdelemeden önce demiryolları yapısını incelemekte fayda vardır.

4.1.1. Demir yolu yapısı

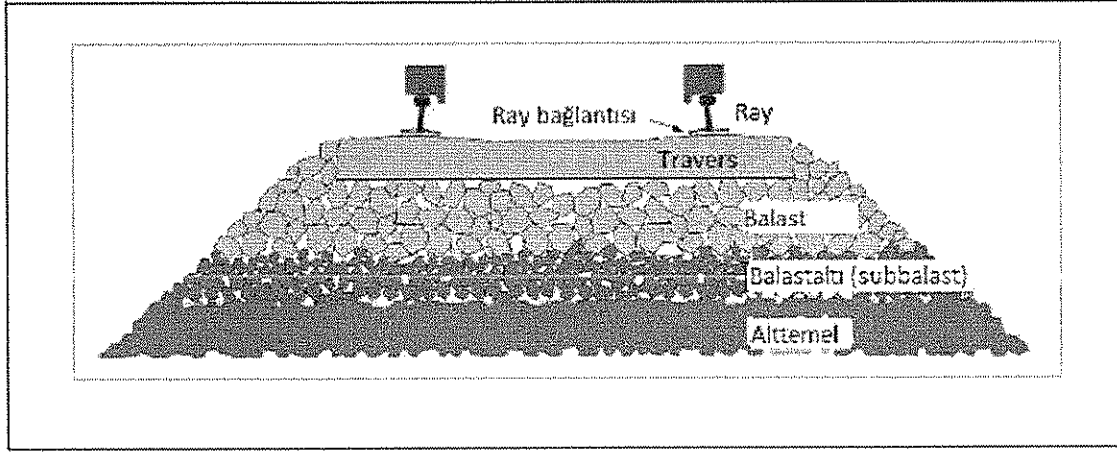
Demiryollarının ana yapısını alt yapı ve üst yapı olarak ayırabiliriz.

Altyapı: üstyapıyı olumsuz koşullardan koruyan, doğal zemin ile üstyapı arasında kalan kısımdır. Maliyetin yaklaşık %30-45'ini oluşturmaktadır. Görevlerin şu şekilde sıralayabiliriz:

- Statik ve dinamik yükleri taşıyarak üstyapının sorunsuz çalışmasını sağlamak
- Üstyapıyı çevresel etkilerden korumak
- Oturmayı önlemek

Üstyapı: altyapı platformunun üzerinde bulunan, demiryolu trafiğine imkan veren ve gelen yükleri altyapıya aktaran yapıdır. Demiryolu üstyapısı, tekerlekleri kavrayarak gelen

yükleri traverslere aktaran ve çelikten imal edilen raylar, rayları bir birine bağlayan traversler, granüler malzemeden yapılan balast ve alt-balasttan oluşmaktadır. Şekil 4.1'de demiryolu üstyapı elemanları gösterilmiştir.

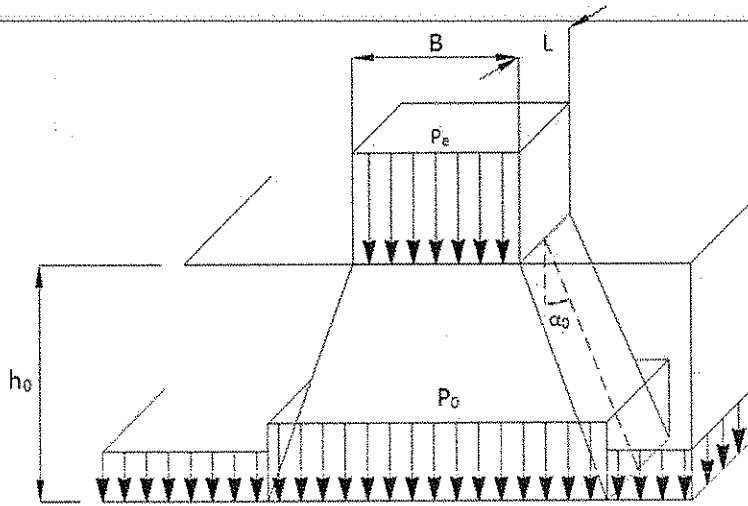


Şekil 4.1. Demiryolu üst yapı elemanları
Kaynak: Toksoy, 2017

4.1.2. Demir yollarında geogrid kullanımı

Demiryollarında karşılaşılan bazı sorunların çözümü için son yıllarda bu alanda geogrid kullanımını yaygınlaştırmıştır. Düşük taşıma gücüne sahip zeminlerin güçlendirilmesi, maliyetin azaltılması bunların başında gelmektedir. Geogridlerin zemin malzemesiyle kenetlenme özelliğinden dolayı yanal yöndeki hareket en aza indirilir. Bu sayede zeminin taşıma gücü de artırılmış olur. Tabaka kalınlıklarında belirgin bir azalma sağlayarak maliyeti düşürür, yapım süresinin kısaltır.

Temel tabakası üzerine gelen yükü ne kadar daha geniş açıyla zemine aktarabilirse, zemine gelen yük azalmış olur. Geogridler bir donatı görevi görerek, zemine gelen yükleri daha geniş bir tabakaya yayarak basıncında etkisini azaltmaktadır. Şekil 4.2'de yük dağılım şemasında yükün zemine daha geniş yayılması gösterilmiştir.



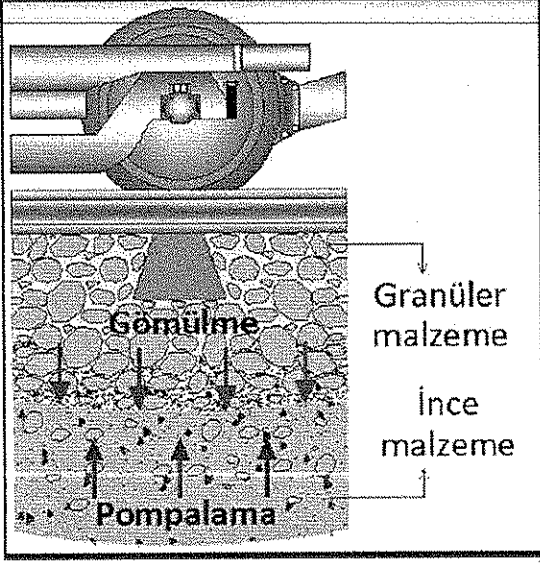
Şekil 4.2. Piramit yük dağılım şeması
Kaynak: Ay,2014

Tabaka kalınlığının değiştirilmeden geogrid kullanılması durumunda ise, demir yolunun proje ömrü uzar, daha sağlam bir yapı oluşmasını sağlar ve hız kapasitesini artırır.

Geogridler, demir yollarında balast, alt-balast katmanlarında ve şev stabilizasyonunda kullanılırlar.

4.1.2.1. Balast tabakasında kullanımı

Demir yollarında karşılaşılan sorunların başında dinamik yüklerden dolayı, granüler malzeme ile gevşek zemin malzemesinin karışmasıdır. Balast malzemesinin içerisine ince malzeme karışması sonucunda balastın taşıma gücü azalır ve balastta oturma meydana gelir. Şekil 4.2'de granüler malzeme ile ince malzemenin karışımı gösterilmiştir. Bu durumda kullanılan geogridin hem güçlendirme hem de ayırma işlevinden faydalanılır.



Şekil 4.3. Granüler malzeme ile ince malzeme karışımı

Kaynak: Akın, 2014

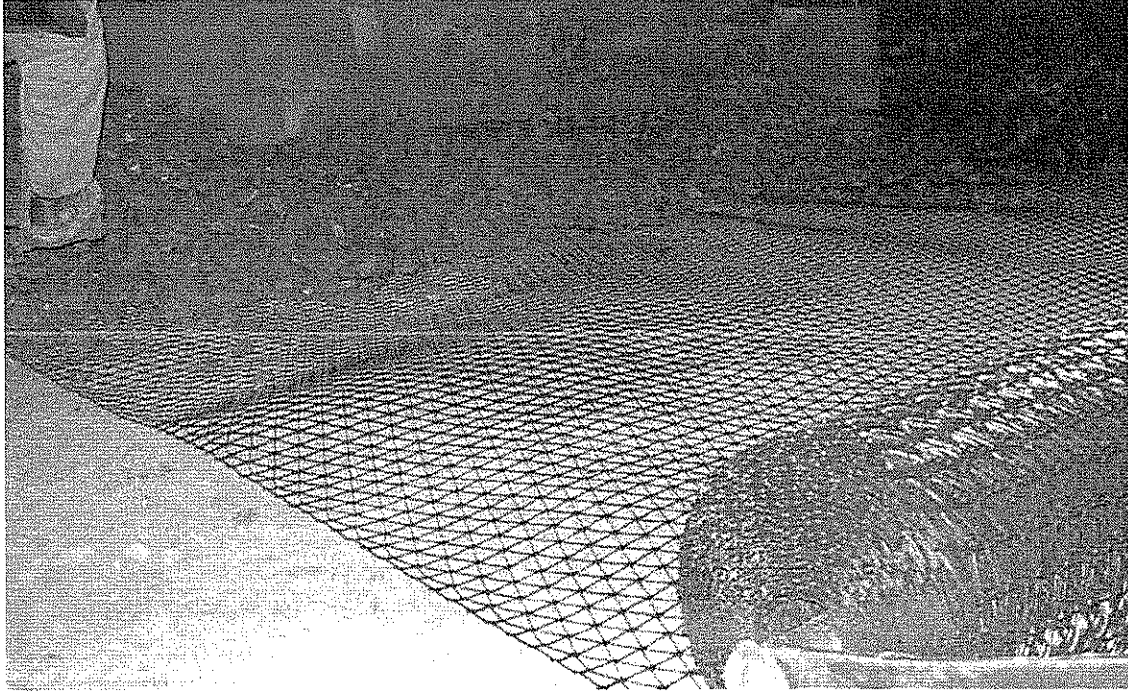
Demiryollarında oluşan oturma'nın bir diğer nedeni ise tren geçişlerinden kaynaklanan dinamik yüklerin balast üzerinde ufalama gibi fiziksel değişim meydana getirmesidir. Balast üzerindeki bu değişimden dolayı zamanla balastın sürtünme özelliğini azalarak balast yanal yönde hareket etmeye başlar. Ve sonuç olarak da balastta oturma oluşur. Bu nedenle geodridlerin kenetlenme özelliğinden faydalanılarak balastta geogrid kullanılarak, bu oturmaların önüne geçilir. Şekil 4.4'te başast oturması gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Balast oturması

Kaynak: Akın, 2014

Resim 4.1'de Belçika'daki bir demir yolu inşaatında balast arasına geogrid serilmesi gösterilmiştir.

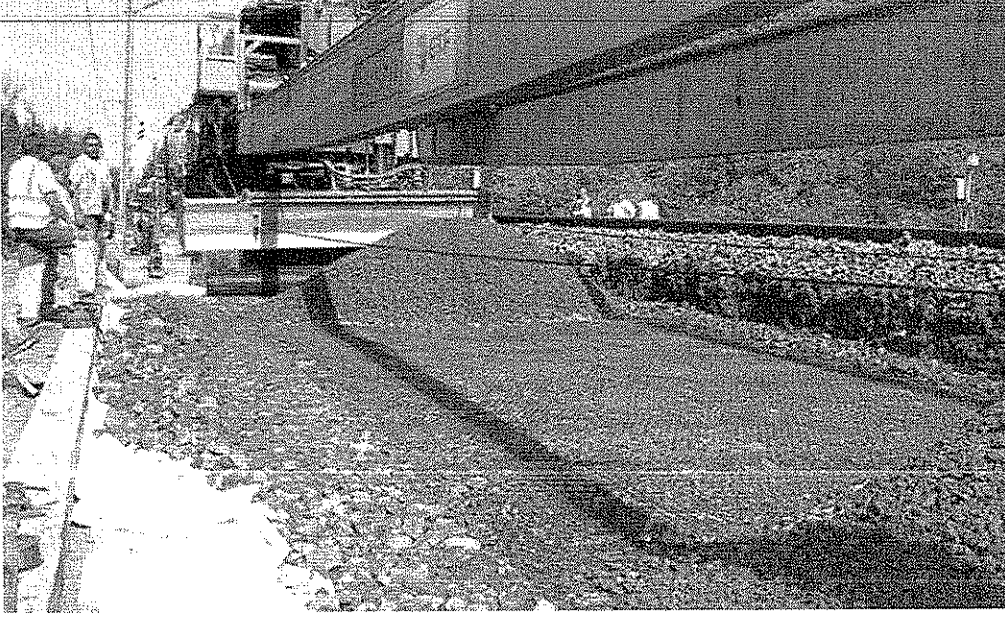


Resim 4.1. Balast arasına geogrid serilmesi(Belçika)

Kaynak: Tensar, 2017

4.1.2.2. Alt-balast tabakasında kullanımı

Taşıma gücü düşük zeminler üzerine demir yolu hattı inşa edilirken temel zemininin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bunun için pratik ve düşük maliyetli bir çözüm olan geogridler kullanılırlar. Taban zemini ile alt-balast arasına yerleştirilen geogridler, dinamik ve statik yüklerden kaynaklı zemine gelen basıncı daha geniş alana yayarak zeminin taşıma gücünü artırırlar. Taşıma kapasitesi yeterli zeminlerde kullanımında ise alt-balast tabakası kalınlığında belirgin bir düşüş sağlarlar. Resim 4.2'de Belçika'da bir demir yolu inşaatında taşıma kapasitesini arttırmak amacıyla granüler alt-balast tabakası altına geogrid yerleştirilmesi gösterilmektedir.



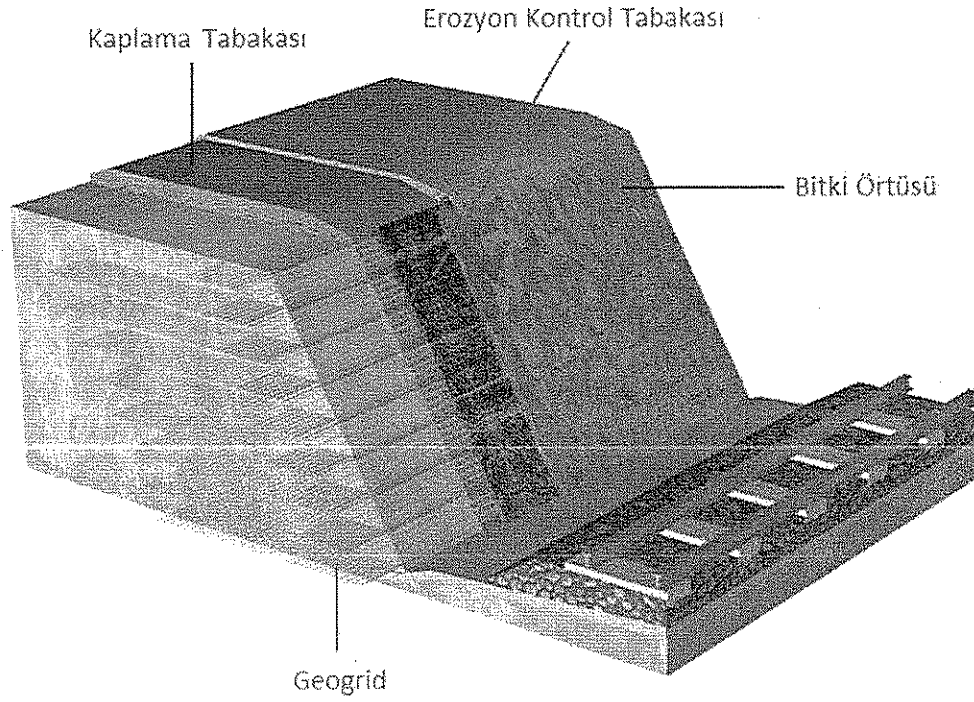
Resim 4.2. Alt-balast tabakası altında geogrid kullanılması(Belçika)

Kaynak: Tensar,2018

Alt- balast ile taban zemini arasında gogrid kompozit kullanılması durumunda, geotekstil kendi düzlemi boyunca suyu iletebildiğinden dolayı, hem yağışlardan kaynaklanan hem de yükselen yeraltı suyunu kendi bünyesine taşıyarak, demiryolunun yanlarındaki drenaj hendeklerine aktarır. bu durumda güçlendirme ve ayırma fonksiyonuyla birlikte drenaj fonksiyonundan da faydalanmış olur.

4.1.2.3. Şev statbilizasyonunda kullanımı

Geogridlerin demir yollarındaki uygulama alanlarından bir diğeri ise şev stabilizasyonudur. Geomembranlara oranla daha fazla çekme mukavemetine sahip olmalarından dolayı bu alanda daha çok kullanılırlar. Zemine yerleştirilen geogridler ankraj görevi görür ve şev stabilizasyonu sağlar. Aynı zamanda boşluklu yapısından dolayı kendi drenajını sağlarken şev yüzeyinde bitkilendirmeye de olanak sağlar. Bu nedenle kullanımı hem çevresel açıdan hem statik açıdan daha avantajlıdır. Şekil 4.5’de geogrid kullanılarak demir yolunda yapılan şev stabilizasyonu gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Demir yollarında geogrid kullanılarak yapılan şev stabilizasyonu

Kaynak: Toksoy,2017

Geodridlerin demiryollarında kullanımının sağladığı başlıca faydalar, balast ve alt-balast kalınlığını düşürerek maliyeti azaltmak, daha az malzeme kullanımından dolayı yapım süresini düşürmek, kenetlenme özelliğinden dolayı kayma direncini arttırarak balast oturmalarını azaltmak, yine oturmaların azaltmasından dolayı balast bakım süresini uzatması ve drenaj özelliğidir.

4.2. Geogridlerin Karayollarında Kullanılması

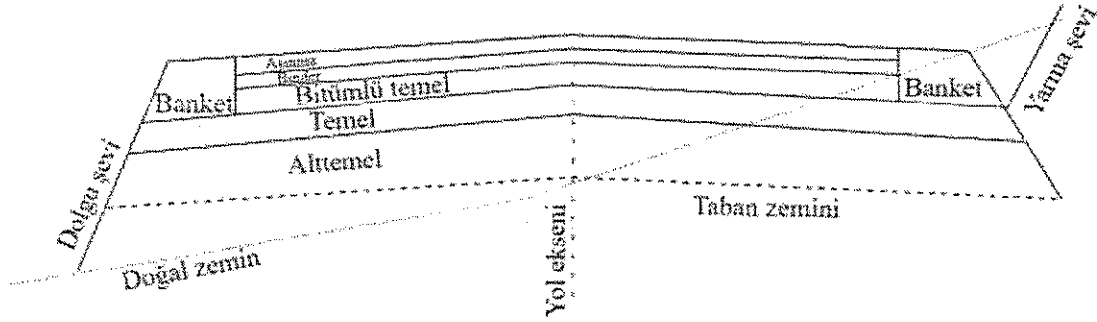
Bir ülkedeki ulaşım kolaylığının ülkenin çok yönlü kalkınması üzerinde büyük bir etkisi vardır. Gerek ticaret açısından ürün taşınmasındaki sağlanan kolaylık, gerek ulaşım amacıyla sağlanan kolaylık ile turistik açıdan ülke ekonomisine direkt etki etmektedir.

Son yıllarda nüfus artışı ve beraberindeki karayolu trafik yükü artışı bu alanda ki sorunlarında artmasına neden olmuştur. Yol dolgusunda meydana gelen oturmalar kaymalar ve buna benzer deformasyonlar bunların başında gelmektedir. Bu sorunların çözümü için çeşitli yollara başvurulmuştur. Zemin tabakalarının güçlendirilmesi de bunlardan biridir. Bu sorunun çözümü için geosentetik ürünlerden geogrid kullanımı bu

alanda yaygınlaşmıştır. Geogridlerin bu alandaki kullanımını irdelemeden önce karayolu yapısına ve kısaca değinmekte fayda vardır.

4.2.1. Karayolu yapısı

Karayolları, alt yapı ve rijit üstyapı - esnek üstyapı olarak isimlendirilen tabakalardan oluşmaktadır. Şekil 4.6'te tipik bir karayolu en kesiti gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Tipik yol en kesiti
Kaynak: Armağan,2019

4.2.1.1. Altyapı

Tesviye yüzeyi ile doğal zemin tabakası arasında kalan bölümdür. Taban zemini, temel ve alt temel tabakalarından oluşmaktadır. Bu tabaka yolun yarma bölümlerinde doğal zeminden oluşurken, dolgu bölümlerinde ise yarma bölümünden elde edilmiş veya dışarıdan temin edilmiş dolgu malzemesinden oluşur. Viyadük, köprü, menfez ve istinat duvarı gibi yapılar da altyapı olarak kabul edilir. Bu tabakanın başlıca görevleri, istenilen kotta düzgün bir platform oluşturmak ve üstyapıdan gelen yükleri daha geniş bir alana dağıtmaktır.

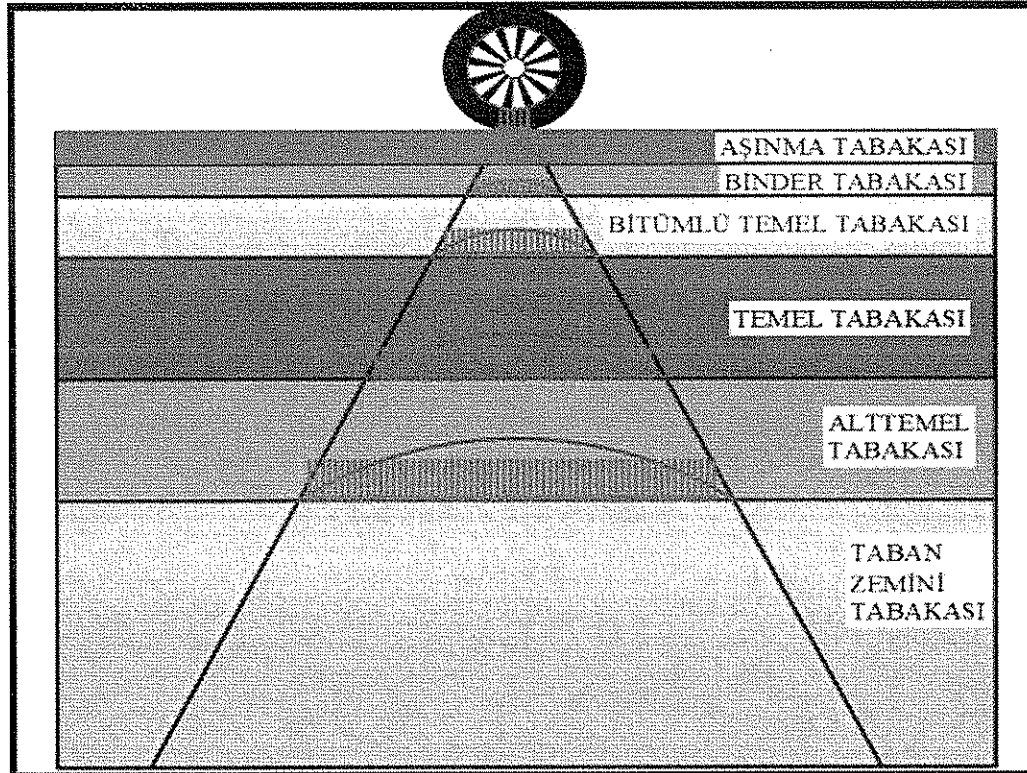
Taban zemini; sıkıştırılmış tabii zeminden oluşmaktadır. Üstyapıdan gelen yüklerin aktarıldığı son tabaka olması nedeniyle yapısal olarak önemlidir. İyi bir drenaj özelliğine sahip olması gerekir.

Alt temel; tesviye yüzeyi üzerine serilen ve granüler malzemeden oluşan katmandır. Bu tabakanın yapılması ile maliyeti daha yüksek malzemelerden yapılan temel tabakasının kalınlığı azaltılarak maliyetten tasarruf edilmiş olur. Taban zemininin taşıma gücü bakımından yeterli olduğu gibi bazı durumlarda bu tabakanın yapımından vazgeçilebilir.

Temel; alt temel tabakası ile kaplama tabakası arasında, alt temel tabaksına göre daha iyi malzemeden yapılan tabakadır. Görevi, alt temel tabakası ile birlikte üst yapıdan gelen yükleri zemine dağıtmak ve trafikten kaynaklı darbe tesirini azaltmaktır.

4.2.1.2. Esnek üstyapı

Esnek üstyapı, tesviye yüzeyi ile temas olup halinde üzerine etkiyen trafik yüklerini temel ve alt temel tabakaları üzerinden taban zeminine yayan bir yapıdır. Şekil 4.7’te bu yük iletimi gösterilmiştir. Bu tabaka trafik yüklerine doğrudan maruz kaldığı için direncinin yüksek olması gerekmektedir. Aynı zamanda konfor ve emniyet açısından yeterli pürüzlülük de sağlanmalıdır. Esnek üst yapı genellikle bitümlü temel, binder ve aşınma tabaklarından oluşur.



Şekil 4.7. Tipik bir yol üst yapısında gerilme dağılımı

Kaynak: Armağan,2019

Aşınma tabakası; trafik yükleri ile temas halinde olup kaliteli malzemeden oluşan tabakadır. Trafik ve dış yüklerle temas halinde olduğundan deformasyonlara dayanıklı olmalıdır. Pürüzsüzlük, drenaj ve sürtünme gibi özellikleri bulunmaktadır.

~~**Binder tabakası;** aşınma tabakası kadar kaliteli malzeme içermeyen ve yükü temel tabakası üzerine dağıtan tabakadır.~~

Bitümlü temel tabakası; bir petrol ürünü olan bitümden oluşur. Bitümün yapıştırıcı özellikte olup boşluk oranını azaltmak amacıyla kullanılır. Görevi, eğilmeden kaynaklı yorulma çatlaklarını önlemektir.

4.2.1.3. Rijit üstyapı

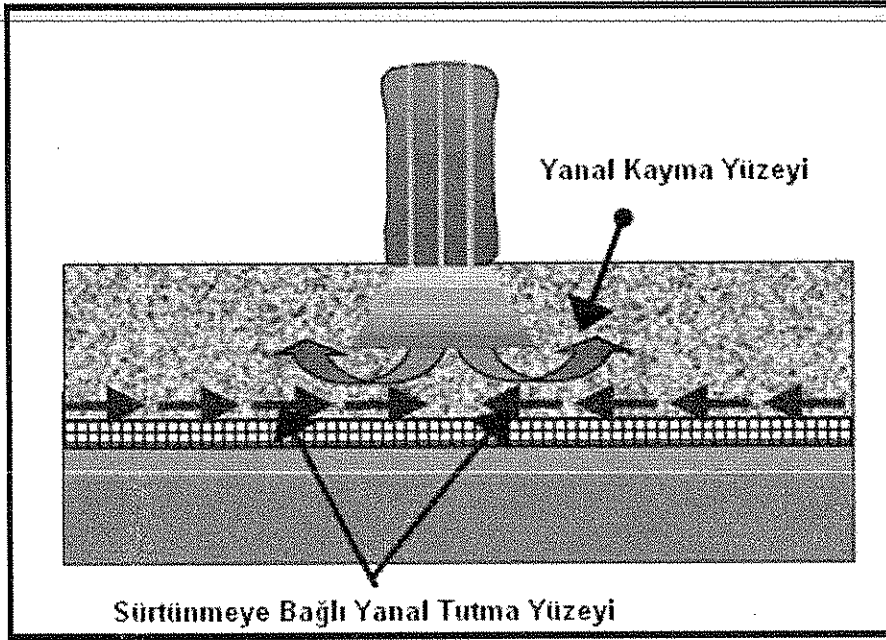
Trafik yükleri altında genellikle şekil değiştirmeyen kaplama türüdür. Genellikle bir temel ve bir beton tabakadan oluşur. Trafik yüklerine dayanabilecek sağlamlıkta olmalıdır. Bunun yanı sıra, yük dağıtımı için eğilme direnci, aşındırıcı etkilere karşı kayma direnci yüksek olmalıdır. Bu türe örnek olarak beton yollar gösterilebilir.

4.2.2. Karayollarında geogrid kullanımı

Karayolu uygulamalarında geogrid kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır. Uygulamada karşılaşılan yapısal ve ekonomik bazı sorunların çözümü için geogrid kullanımına başvurulmaktadır. Gerek zayıf zeminler üzerine yol inşa edilmek zorunda kalınan durumlarda gerekse dolgu malzemesinin teminin zor olduğu durumlarda geogrid kullanımına başvurulur. Geogridlerin yollarda kullanılmasında, malzemenin ana işlevi donatı görevi görmesidir. Zemin malzemesiyle kenetlenerek yanal yöndeki hareketi engeller. Özellikle taşıma gücü düşük zeminlerde zeminin güçlenmesini sağlar. Zemine gelen yükleri geniş alana yayarak birim alana gelen basıncı azaltır. Geogrid kullanımının bu alandaki en büyük avantajlarından biri de dolgu miktarını düşürmesidir. Geogrid uygulanması ile zemin taşıma gücü artırılarak kullanılan dolgu büyük ölçüde azaltılır. Bu sayede ekonomik olarak kolaylık sağlarken yapım süresini de kısaltır.

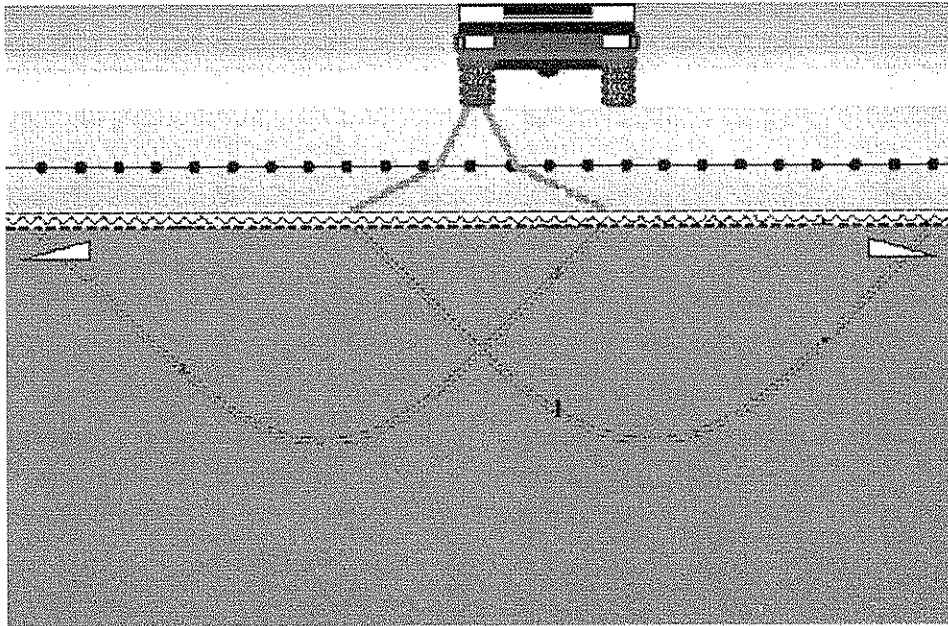
Geogridlerin yollarda kullanılmasında yanal destek, taşıma gücü ve membran etkisi olmak üzere üç ana fonksiyonundan yararlanır.

Kayma dayanımı düşük zeminlerde, aks yükü altında yanal yönde hareket şeklinde bir deformasyon söz konusudur. Geogridler boşluklu yapısından dolayı zemin malzemesiyle kenetlenerek yanal yöndeki hareketi engellerler. Böylece bu durundan kaynaklı deformasyon önlenmiş olur. Şekil 4.8'te mekanizma gösterilmiştir.



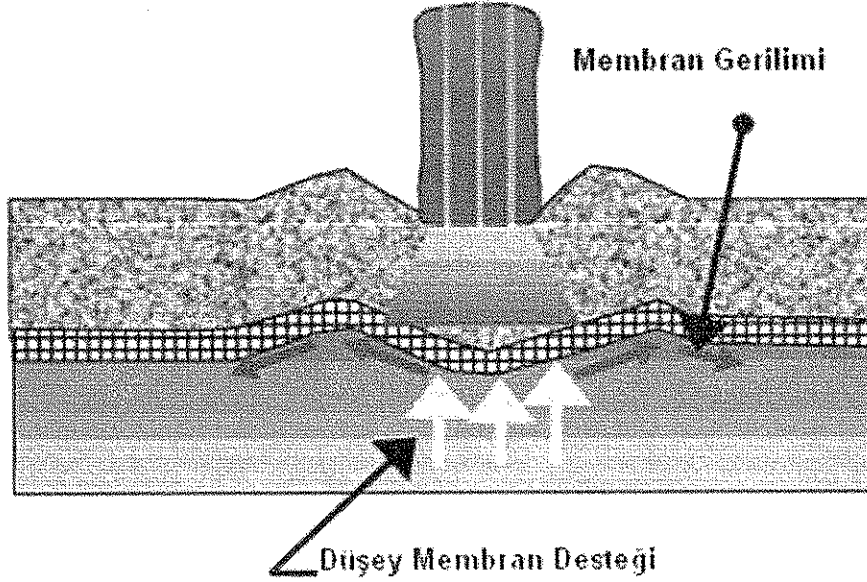
Şekil 4.8. Geogridin yanıl destek etkisi
Kaynak: Bayram,2006

Zayıf zeminlerde kullanılan geogridler zemine çekme dayanımı kazandırarak zeminin güçlenmesini sağlar. Aynı zamanda gelen yükü daha geniş alana yaymasından dolayı gerilme soğanını genişletir. Böylece zeminde oluşacak oturmalar da kısıtlanmış olur. Şekil 4.9'da geogrid kullanımının taşıma gücüne etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Geogrid kullanımının taşıma gücüne etkisi
Kaynak: Karagül,2007

Membran etkisinde, geogrid üzerindeki boşluktan geçemeyen granüler malzemeler sıkışma yaparlar. Böylece geogrid granüler malzeme ile kenetlenerek düşey yükleri kendi düzlemi boyunca ileterek bir membran gibi çalışır. Şekil 4.7'de bu kenetlenme mekanizmasının membran etkisinde çalışması gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Membran etkisi
Kaynak: Bayram,2006

Membran etkisinde dikkat edilecek nokta geogridde meydana gelecek uzamadır. Zeminde 100 mm'ye kadar oluşabilecek kalıcı deformasyondan ötürü geogridde uzama yaratmamalıdır. Aksi takdirde membran tipi dayanım gerçekleşmeyecek ve zeminde kalıcı tipte deformasyonlar oluşabilir(Bayram,2006).

Geogridler farklı fonksiyonlarından faydalanılarak, hem kaplamalı hem kaplamasız karayollarında kullanılırlar.

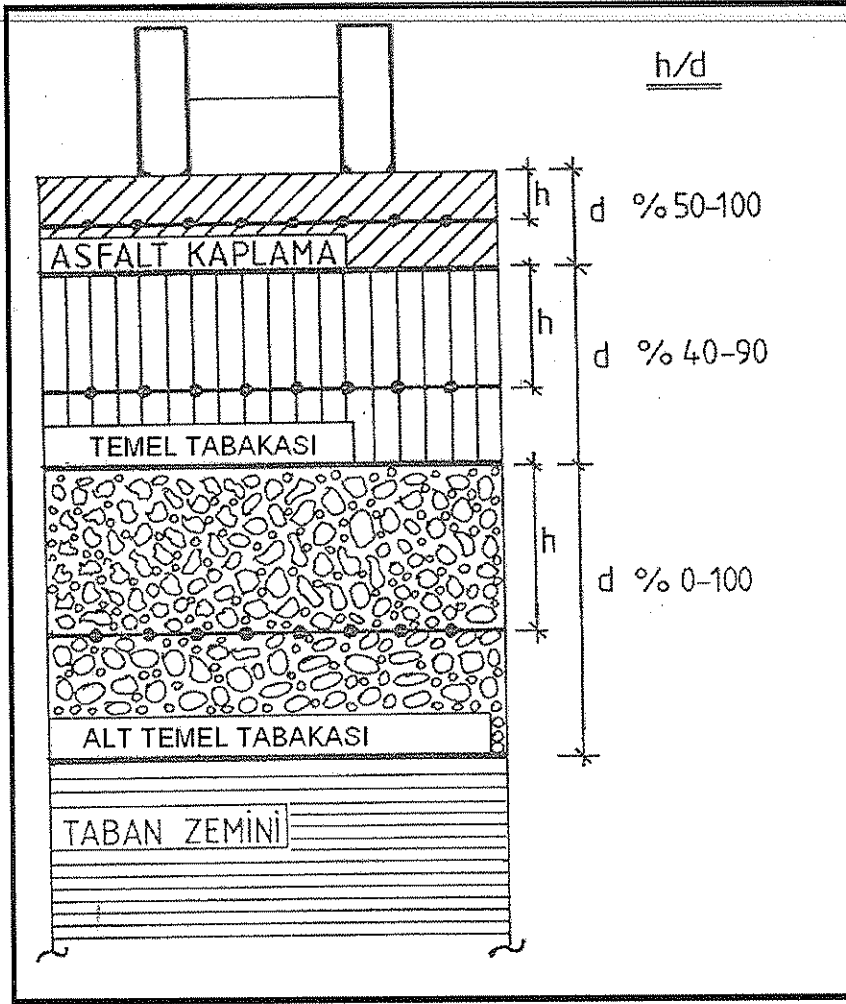
4.2.2.1. Kaplamalı yollarda

Kaplamalı yollarda kaplama altındaki çekme deformasyonunu sınırlar, zemine gelen yükleri azaltır. Böylece hem kısmi oturmalar önlenmiş olur hem kaplama ömrü de uzar. Bu tip yollarda geogrid kaplamada, temel tabakasında ve alt temel tabakasında olmak üzere üç yerde de kullanılabilir. Temel tabakasında kullanılan geogridlerin görevi zemin malzemesiyle kenetlenerek yanal yöndeki hareketini kısıtlayıp kapama altında boşalmaya

engel olmak farklı oturmalari önlemek ve buna bağlı yolda oluşan deformasyonlari ortadan kaldırmak.

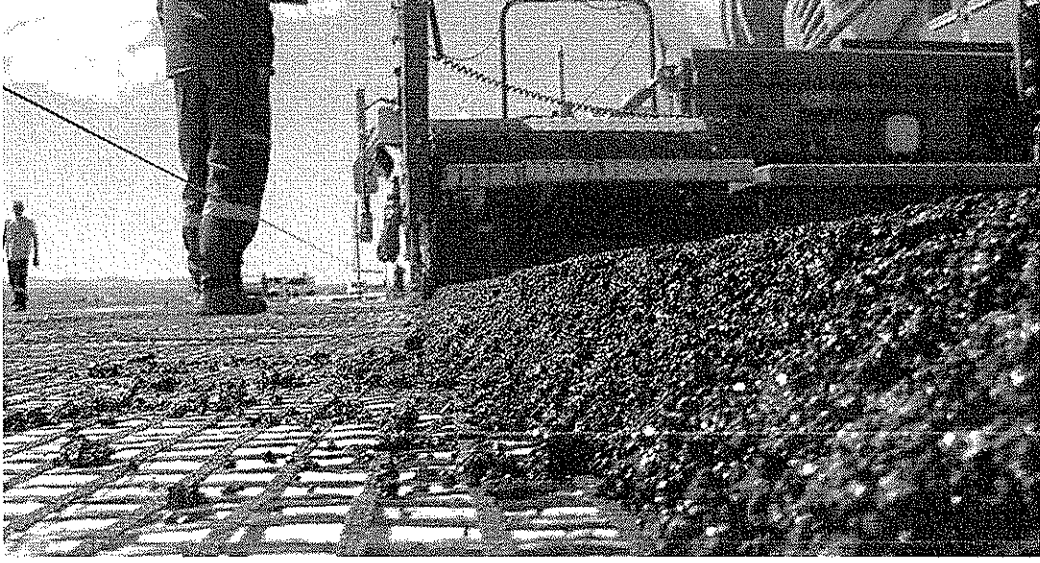
Kaplamalı yollarda karşılaşılan problemlerden biride kaplamanın çatlak ve kırıklar şeklinde deformasyonudur. Bu tür durumlarda geogrid kullanımı ile sorun çözülebilir. Burada izlenen yol, çatlakların temizlenmesi, çatlakların doldurulması, doldurulmuş yüzey üzerine emülsiyon püskürtülmesi, üzerine geogrid serilmesi ve tekrar kaplanmasıdır. Böylece gelen yükler geogrid yardımıyla yayıldığından deformasyonlar önlenmiş olur.

Geogridlerin kullanımında istenilen performansın alınabilmesi için doğru bir uygulamada yerleşim yerlerine dikkat edilmelidir. Geogridlerin tabakalar içindeki yerleşim yerleri farklılık gösterebilmektedir. Alt temel tabakasında çok farklı yerlere yerleştirilebilirken, kaplama tabakasında %50-%100 arasında, temel tabakasında %40-%90 arasında derinliğe yerleştirilmesi önerilir. Şekil 4.3'te kaplamalı yollarda geogrid yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Kaplamalı yollarda geogrid yerleşimi
Kaynak: Karagül,2007

Kaplamalı yollarda geogrid kullanımı ile temeldeki yapısal sorunların çözümünün yanı sıra, kaplama ömrünü uzatması daha konforlu bir yolculuk imkanı sağlamasından dolayı dünyanın birçok yerinde kaplamalı yollarda geogrid uygulamalarına rastlamak mümkündür. Resim 4.3'te Gürcistan'daki bir asfalt yolda, kaplama tabakasında geogrid kullanımı gösterilmektedir.

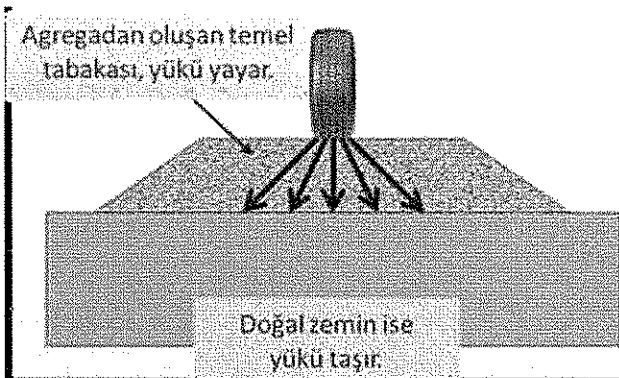


Resim 4.3. Asfalt kaplamasında geogrid kullanımı

Kaynak: <https://www.istanbulteknik.com/haberler/gurcistan-havalimaninda-250000m2-asfaltex-asfalt-donatisi>

4.2.2.2 Kaplamasız yollarda

Genellikle taş ocakları, maden ocakları ve inşaat ulaşım yolları olarak kullanılırlar. Herhangi bir kaplama tabakası bulunmayıp temel alt zemin tabakası üzerine kırma taş veya çakıl dolgu yapılması ile oluşur. Buradaki agrega tabakasının görevi aks yüklerini zemine yaymaktır(şekil4.12). Böylece yük tekerlek temas alanından daha fazla bir alana yayılarak aşırı deformasyonlar önlenmiş olur.



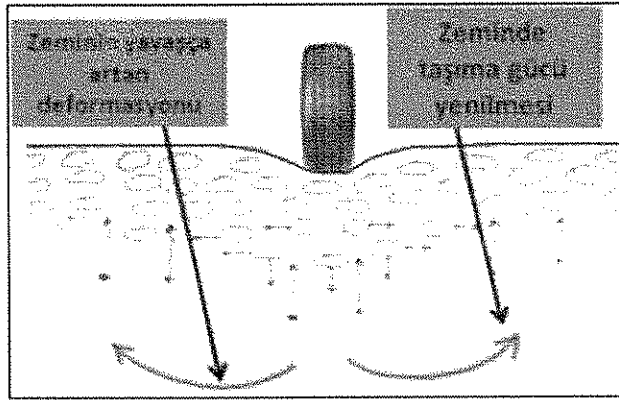
Şekil 4.12. Kaplamasız yolda yük aktarımı

Kaynak: Gezgin,2017

Kaplamasız yollarda geogrid kullanımının sağladığı faydaları incelemeye önce, bu tür yollarda meydana gelen sorunların kaynaklarına değinmekte fayda vardır.

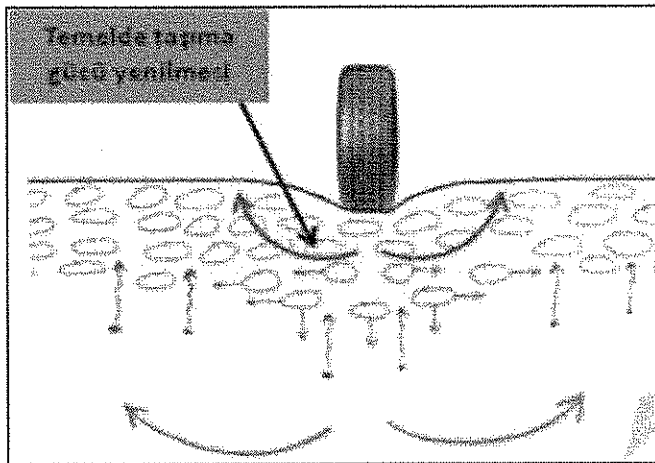
Temel tabakası olmadan yapılan yollarda deformasyonlar, genellikle büyük aks yükleri altında oluşan tekerlek izleridir. Zeminde ise, tekrarlanan bu yükler altında oluşan aşırı deformasyondan zemin taşıma gücünün yenilmesi.

Temel tabakasının olduğu durumlarda ise, temel tabası yüzeyinde görülen büyük tekerlek izlerinin kaynağı zemin deformasyonlarıdır. Bunun yanı sıra temel tabasında tekerlek izlerinin oluştuğu kısımlarda tabaka kalınlığında azalma olabilmektedir. Bu da temel tabakasının yükü zemine dağıtma özelliğini zayıflatmaktadır. Şekil 4.13'te zemin deformasyonundan kaynaklı bozulma gösterilmiştir.

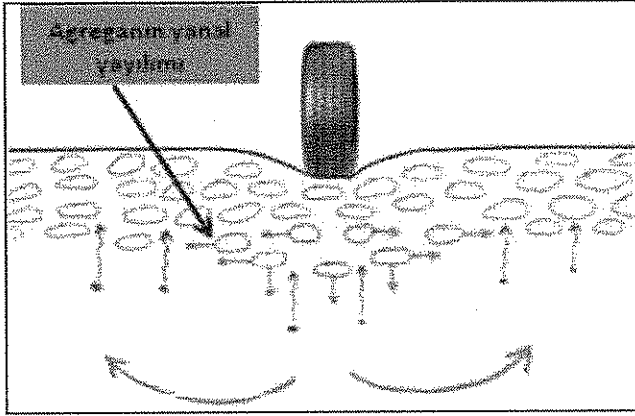


Şekil 4.13. Zemin deformasyonundan kaynaklı bozulma
Kaynak: Gezgin,2017

Temel tabakasının kendi bünyesinden dolayı oluşan bozulmalar ise, tekrarlanan ask yükleri altındaki agreganın çok fazla sıkışmasından dolayı, taşıma gücü yenilmesi ve zeminin yanal hareketidir. Bu deformasyonlar şekil 4.14 ve 4.15'de gösterilmiştir.

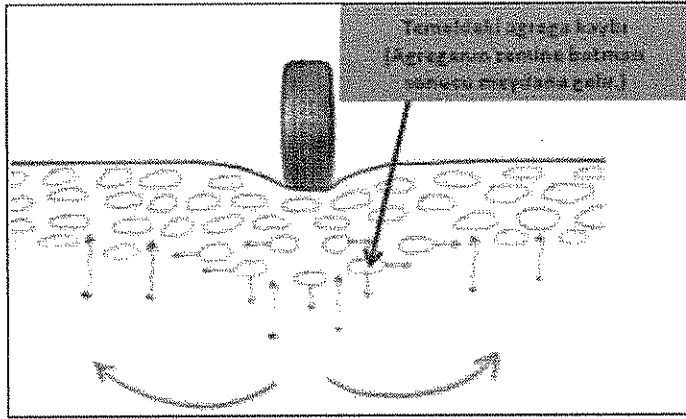


Şekil 4.14 Temel tabakasında oluşan taşıma gücü yenilmesi
Kaynak: Gezgin,2017



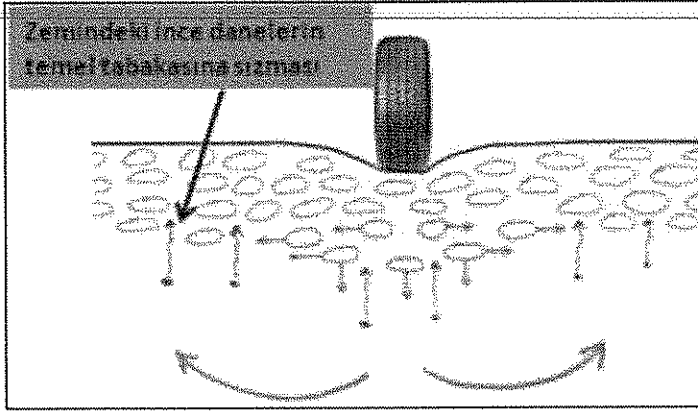
Şekil 4.15 Agreganın yanal yayılımı
Kaynak: Gezgin,2017

Kaplamasız yollarda oluşan deformasyonların kaynaklarından bir diğeri ise, zemin danelerinin birbirine karışmasıdır. Bu iki şekilde gerçekleşmektedir. Birincisinde agrega daneleri zemin içeresine batmaktadır. Bu duru temel tabaka kalınlığında azalmaya neden olmaktadır. Bu deformasyon sonucunda temel tabakasının yük dağıtma özelliği düşmektedir. Şekil 4.16'de agreganın zemin içine gömülmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Agreganın yumuşak zemine gömülmesi
Kaynak: Gezgin,2017

İkinci ise zemindeki ince danelerin yukarı yönde hareket ederek temel tabaksına karışmasıdır. Bu tür bir hareket, temel tabasındaki malzemenin kirlenerek mekanik özelliklerinin değişmesine yol açmaktadır. Şekil 4.17'da bu tür deformasyon gösterilmiştir.



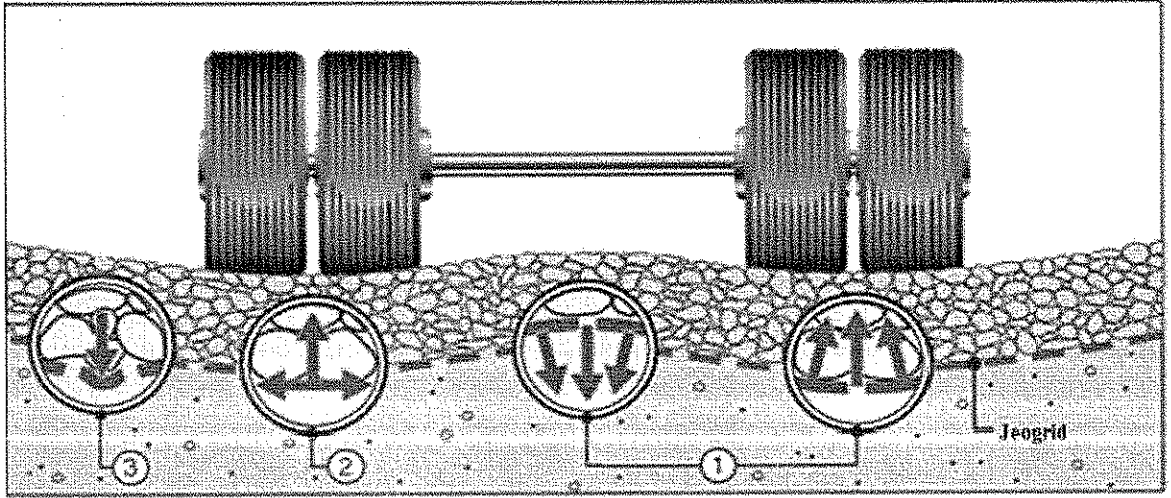
Şekil 4.17. İnce zemin danelerinin temel tabakasına karışması
Kaynak: Gezgin,2017

Bu sorunlar incelendiğinde görülmektedir ki, kaplamasız yollardaki sorunlarda temel tabakasındaki deformasyonları önemli rol oynamaktadır. İnşa edilecek yoldan istenilen proformasının elde edilebilmesinin başında temel tabakasının bütünlüğünün bozulmaması gerekmektedir.

Bu sorunların çözümü için de geogrid kullanımı önemli bir çözüm yoludur. Danelerin birbirlerine karışması önlemek için, geogridlerin ayırma fonksiyonundan yararlanılarak zemin daneleriyle geogrid kenetlenerek geçirimsiz bir tabaka oluşturur, böylece zemin danelerinin karışması önlenir.

Zeminin yanal yöndeki hareketinin engellemek içinde geogridin kenetlenme özelliğinden faydalanılır. Burada zemin daneleriyle kenetlenen geogrid yük altında zeminin yanal yöndeki hareketini engellemektedir.

Kaplamasız yollarda, dayanımı düşük zeminlerde yük altında çekme dayanımı düşük zeminlerde oluşan deformasyonu önlemek için geogrid kullanılabilir. Böylece zemine çekme dayanımı kazandırmak mümkündür. Şekil 4.18'da kaplamasız yollarda geogrid kullanılması durumunda oluşan gerilmeler gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Kaplamasız yollarda Geogrid uygulandığında oluşan gerilmeler
Kaynak: Sungur,2015

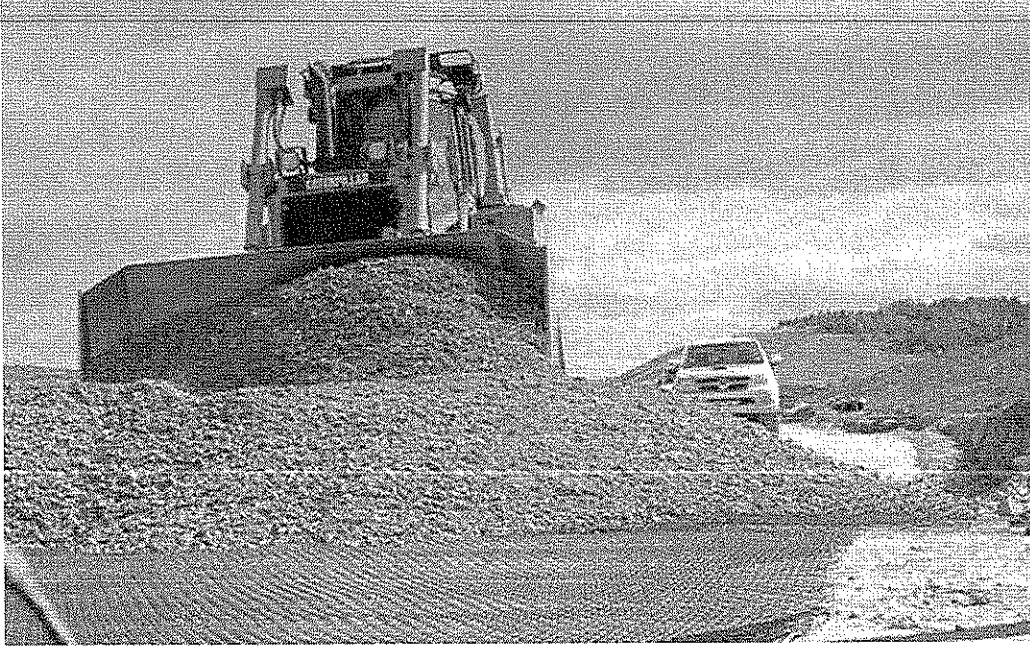
Kaplamasız yollardaki bu tür sorunların çözümündeki rolünden dolayı bu alanda geogrid kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle kaplamasız yolların teşkilinde geogrid kullanımını dünyanın çeşitli yerlerinde görmek mümkündür. Resim 4.4, resim 4.5, resim 4.6'da farklı projelerde kaplamasız yollarda geogrid kullanımını gösterilmiştir.



Resim 4.4 Kaplamasız yollarda geogrid kullanımı

Kaynak: [https://www.tensar.info.tr/-](https://www.tensar.info.tr/-/media/Images/Gallery/EH_Resize/Images/Application/Unpaved-Structural-Improvement_Middle_Small_2015.ashx?mh=400&mw=600&hash=05B535C8DD8EE1997D2ED537DE88E0ADDE11AF8C)

[/media/Images/Gallery/EH_Resize/Images/Application/Unpaved-Structural-Improvement_Middle_Small_2015.ashx?mh=400&mw=600&hash=05B535C8DD8EE1997D2ED537DE88E0ADDE11AF8C](https://www.tensar.info.tr/-/media/Images/Gallery/EH_Resize/Images/Application/Unpaved-Structural-Improvement_Middle_Small_2015.ashx?mh=400&mw=600&hash=05B535C8DD8EE1997D2ED537DE88E0ADDE11AF8C)



Resim 4.5 Kaplamasız yollarda geogrid kullanımı
Kaynak: Tensar,2017



Resim 4.6 Kaplamasız yollarda geogrid kullanımı
Kaynak: Tensar,2017

Kaplamasız yollarda geogrid kullanımının sağladığı faydaları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Dolgunun yanal yöndeki hareketini engelleyerek yanal deformasyonu engeller

- Yolun servis ömrünü uzatır
- Yolun periyodik bakım süresini uzatır
- Yapım süresi ve maliyetinden tasarruf ettirir
- Gerilme dağılımını kolaylaştırır
- Dolgu kalınlığını azaltır
- Zayıf zeminlere taşıma gücü kazandırır

Kaplamasız yollarda geogrid kullanımının sağladığı en önemli faydaların başında dolgu yüksekliğindeki azalma gelmektedir. Birçok araştırmacı yaptığı çalışmalarla geogrid kullanımının dolgu yüksekliğini düşürdüğünü görmüştür. Bu konuda araştırmacı Giroud ve arkadaşları yaptıkları çalışmalar sonucunda kaplamasız yol dolgularında geogrid kullanılması durumunda teşkil edilecek dolgu yüksekliğinin optimum yüksekliğini veren bir denklem geliştirmişlerdir. Aşağıda bu denklem ve kalibre edilişi incelenmiştir.

$$h = \frac{1.26 + (0.96 - 1.46J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{f_E} \left[\sqrt{\frac{P}{\pi r^2 m N_c c_u}} - 1 \right] r \quad (1)$$

Burada h=gerekli yol dolgu yüksekliği(m), P=tekerlek yükü(kN), N=aks geçiş sayısı, J=geogridin açıklık kararlılık modülü(takviye edilmemiş ve geotekstil destekli asfaltsız yollar için J=0), r=lastik temas bölgesinin yarıçapı. Bu değer aşağıdaki denklem ile tespit edilebilir.

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi p}} \quad (2)$$

Burada p=lastik temas alanının basıncıdır.

c_u =drenajsız kayma mukavemeti, aşağıdaki denklem ile tespit edilebilir.

$$c_u = f_c CBR_{sg} \quad (3)$$

CBR_{sg}=düşük dereceli Kaliforniya taşıma oranı, f_c=30 kPa, m= aşağıdaki denklem yardımıyla bulunabilecek taşıma kapasitesi mobilizasyonu

$$m = \left(\frac{s}{f_s} \right) \left\{ 1 - \xi \exp \left[-\omega \left(\frac{r}{h} \right)^n \right] \right\} \quad (4)$$

Burada s=iz derinliği, f_s=75 mm derinliğine eşit faktör, f_E=aşağıdaki denklem ile bulunabilen modül oran faktörü

$$f_E = 1 + 0.204(R_E - 1) \quad (5)$$

R_E=aşağıdaki denklem ile tespit edilebilen sınırlı modül oranı

$$R_E = \min \left(\frac{E_{bc}}{E_{sg}}, 5.0 \right) = \min \left(\frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}}, 5.0 \right) \quad (6)$$

Burada CBR_{bc}=temel tabakası Kaliforniya taşıma oranı, CBR_{sg}= temel altı tabakası Kaliforniya taşıma oranı, E_{bc}=temel tabakası elastisite modülü, E_{sg}= temel altı tabakası elastisite modülüdür.

Güçlendirilmemiş kaplamasız yollar için N_c=3.14, geotekstil takviye asfaltsız yollar için N_c=5.14, geogrid takviyeli asfaltsız yollar için N_c=5.17 kullanılır.

Araştırmacıların sahada ve laboratuvarında yaptıkları deneylere dayalı kalibrasyonu sonucu aşağıdaki denklemi elde etmişlerdir.

$$h = \frac{0.868 + (0.661 - 1.006J^2) \left(\frac{r}{h} \right)^{1.5} \log N}{1 + 0.204[R_E - 1]} \times \left[\sqrt{\frac{\frac{P}{\pi r^2}}{\left(\frac{s}{f_s} \right) \left\{ 1 - 0.9 \exp \left[-\left(\frac{r}{h} \right)^2 \right] \right\} N_c f_c CBR_{sg}} - 1} \right] r$$

BEŞİNCİ BÖLÜM

MATLAB PROGRAMI YARDIMIYLA FARKLI GEOGRİDLER İÇİN h-cu GRAFİKLERİNİN OLUŞTURULMASI

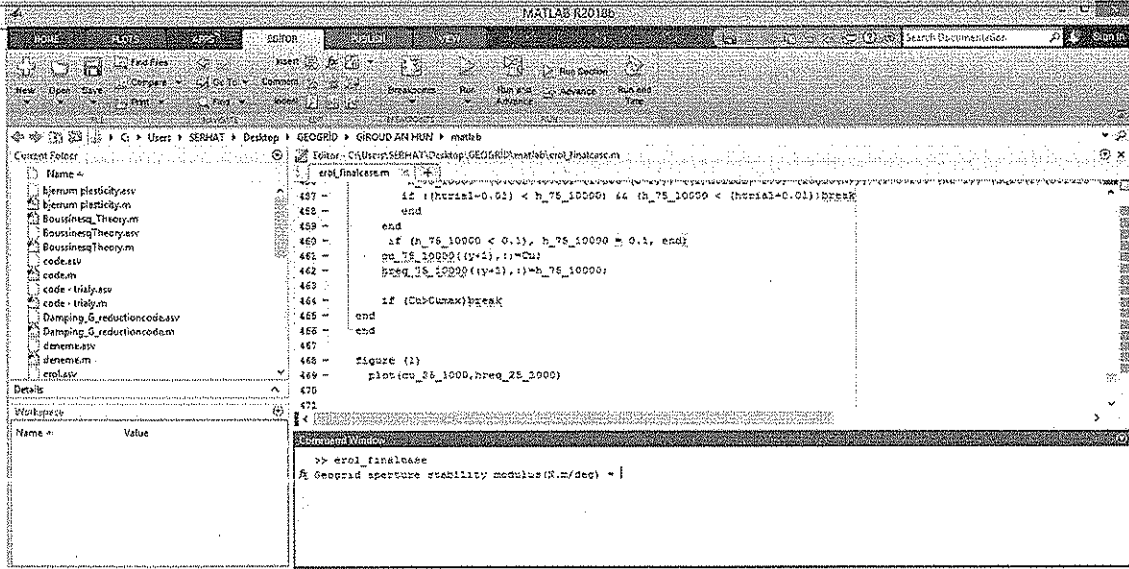
5. MATLAB PROGRAMI YARDIMIYLA FARKLI GEOGRİDLER İÇİN h-cu GRAFİKLERİNİN OLUŞTURULMASI

Bu çalışmada önceki bölümde irdelenen, giroud ve han tarafından geliştirilen denklem matlab programında kullanılarak, farklı geogrid türleri için dolgu yüksekliği - drenajsız kayma mukavemeti(h-cu) grafikleri oluşturulmuştur. Analizlerde terrafix isimli firma tarafından üretilen iki yönde çalışan geogridler kullanılmıştır.

Öncelikle 1000 lastik geçiş sayısı 45 kN lastik yükü sabit tutularak lastik izi derinliği değiştirilerek her bir lastik iz derinliği durumu için donatısız, B1500, BX200,BX2500,BX3000 terrafix geogridleri için h-cu eğrilerinden grafik oluşturulmuştur. Ardından aynı analiz 5000, 10000, 25000 lastik geçiş sayıları için yapılarak aynı grafikler oluşturulmuştur. Sonraki adımda, dört farklı lastik iz derinliği durumu için ayrı ayrı, donatısız ve geogrdli, farklı lastik geçiş sayılarının h-cu eğrilerinden grafikler oluşturulmuştur. Son olarak 1000 lastik geçiş sayısında, donatısız ve geogridli durumlar için lastik iz derinliklerine göre h-cu grafikleri oluşturulmuştur.

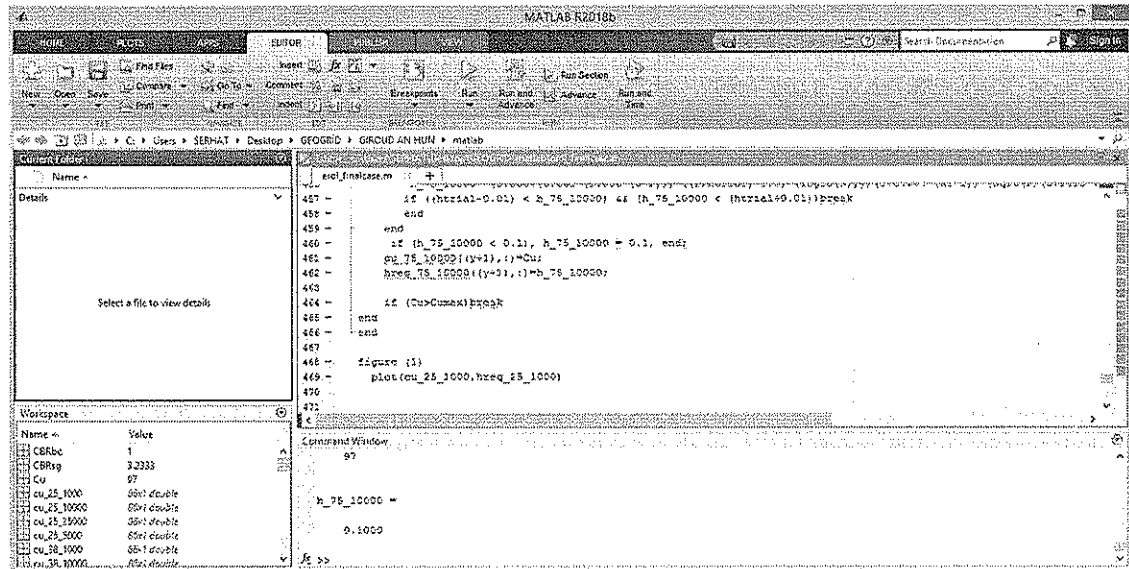
5.1. Verilerin Elde Edilmesi

İlk adımda matlab programı açılarak daha önceden kodlanan veri çağırılarak çalıştırılmıştır(şekil 5.1).



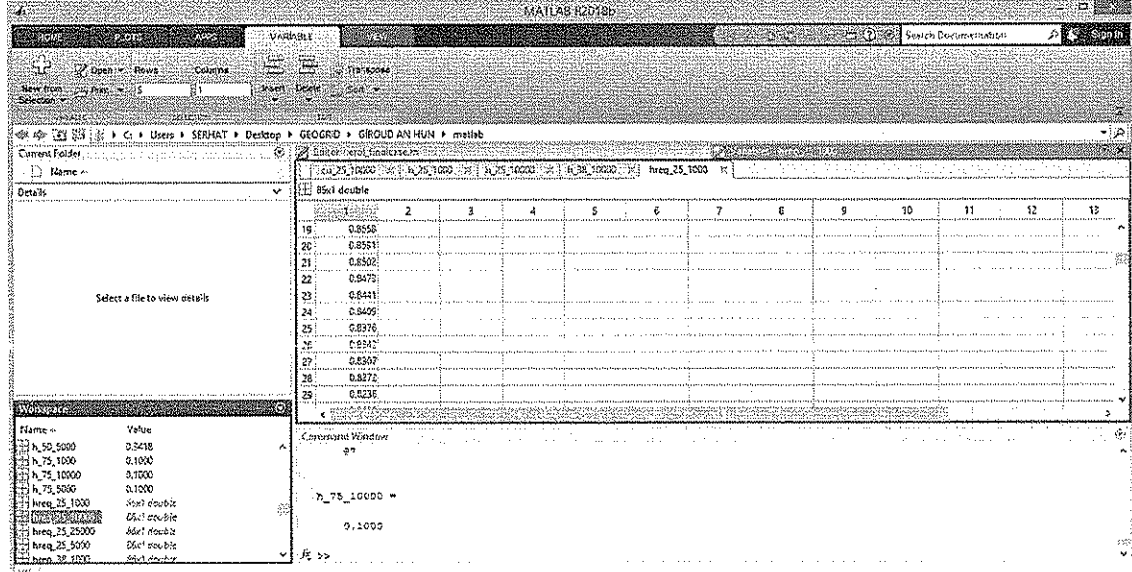
Şekil 5.1. Matlab programında denklemin çalıştırılması

Programın bizden ilk istediği değer geogrid açıklık kararlılık modülüdür. BX1500 için 0.24 Nm/deg, ikinci istenen değer lastik temas alanının yarıçapı 0.15 m, üçüncü istenen değer CBR 1, dördüncü istenen değer tekerlek yükü 45 kN, beşinci değer Nc geogrid takviyeli asfaltsız yollar için 5.17, altıncı değer minimum drenajsız kayma mukavemeti(cu) 12, maksimum 96 seçilerek enter tuşuna basılarak analiz yapılır(şekil 5.2).



Şekil 5.2. Verilerin girilerek sonuçların çıkarılması

Daha sonra sol alt köşede açılan çalışma penceresinden her bir lastik iz derinliği ve geçiş sayıları için verilen satırın üzeri tıklanarak h değerleri çıkarılır(şekil 5.3).



The screenshot shows the MATLAB software interface. The main window displays a table with columns labeled 'h_25_1000', 'h_25_1000', 'h_25_1000', 'h_38_1000', and 'hreq_25_1000'. The table contains numerical values for each row, ranging from 0.8558 to 0.8235. The interface also shows a 'Workspace' window on the left with variables like 'h_25_5000', 'h_25_1000', 'h_25_10000', 'h_25_5000', 'hreq_25_1000', 'hreq_25_25000', 'hreq_25_5000', and 'hreq_38_1000'. The 'Current Folder' window shows the file 'hreq_25_1000.m'.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	0.8558												
20	0.8551												
21	0.8502												
22	0.8473												
23	0.8441												
24	0.8409												
25	0.8376												
26	0.8344												
27	0.8307												
28	0.8272												
29	0.8235												

Şekil 5.3. BX1500 geogridi, 25 mm lastik izi derinliği ve 1000 geçiş sayısı için h değerleri

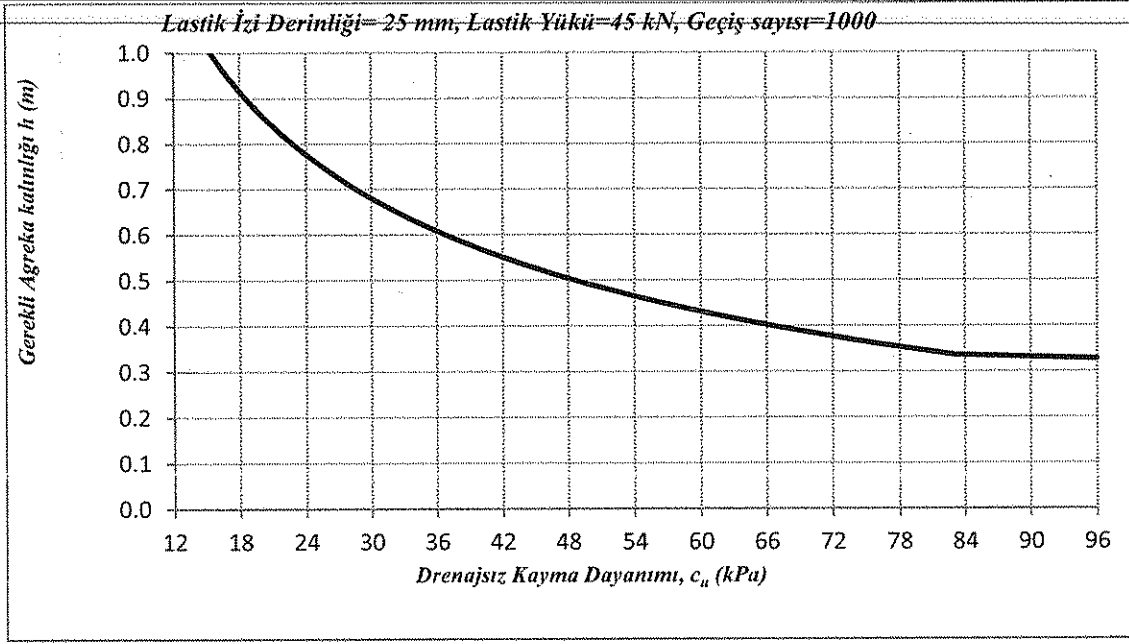
Bulunan değerler ayrı bir excel dosyasına aktarılmıştır. Daha sonra bu işlemler diğer geogrid çeşitleri ve geogridsiz durum için tekrar uygulanmıştır. Yine bulunan değerler ayrı bir dosyaya aktarılmıştır. Ve sonra bulunan bu değerler kullanılarak geogridlerin ve geogridsiz durumda geçiş sayısı, lastik izi derinliğine göre grafik haline getirilmiştir. Daha sonra tüm eğriler aynı grafik üzerinde gösterilerek farkın daha net görülmesi sağlanmıştır.

5.2. Verilerden Grafik Oluşturulması

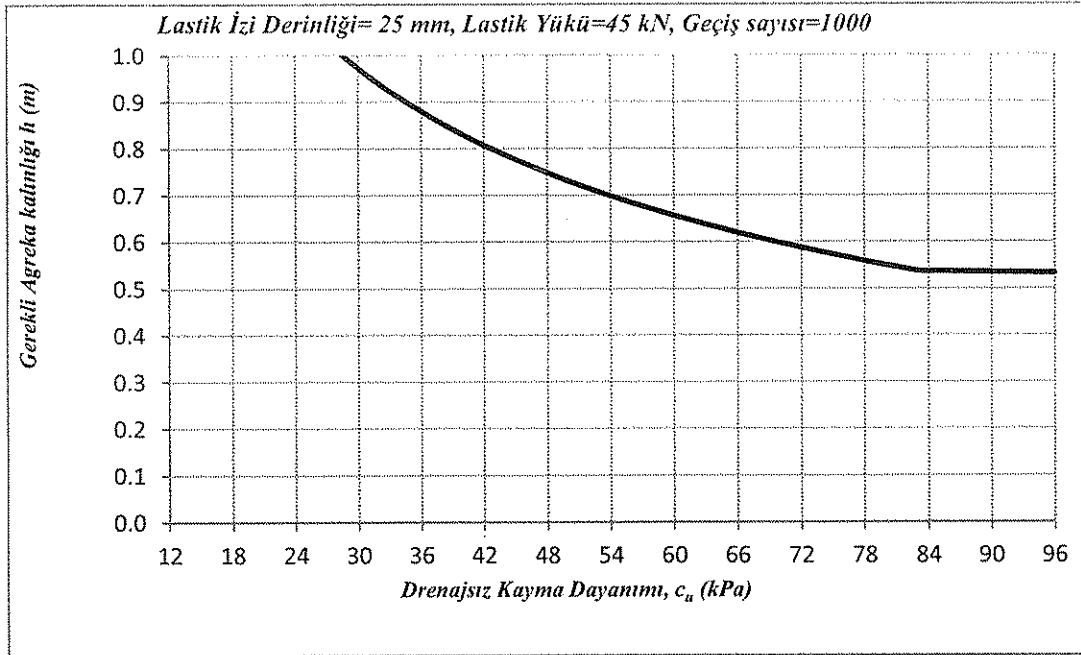
Öncelikle elde ettiğimiz verilerden geçiş sayıları sabit tutularak(1000, 5000, 10000, 25000) lastik izi derinliği 25, 38, 50, 75mm için donatısız ve geogridli durumlar için grafikler oluşturulmuştur. Ardından lastik izi derinliği sabit tutularak donatısız ve geogridli durumlar için geçiş sayısı eğrilerinden grafikler oluşturulmuştur.

5.2.1. Geçiş sayılarına göre grafikler

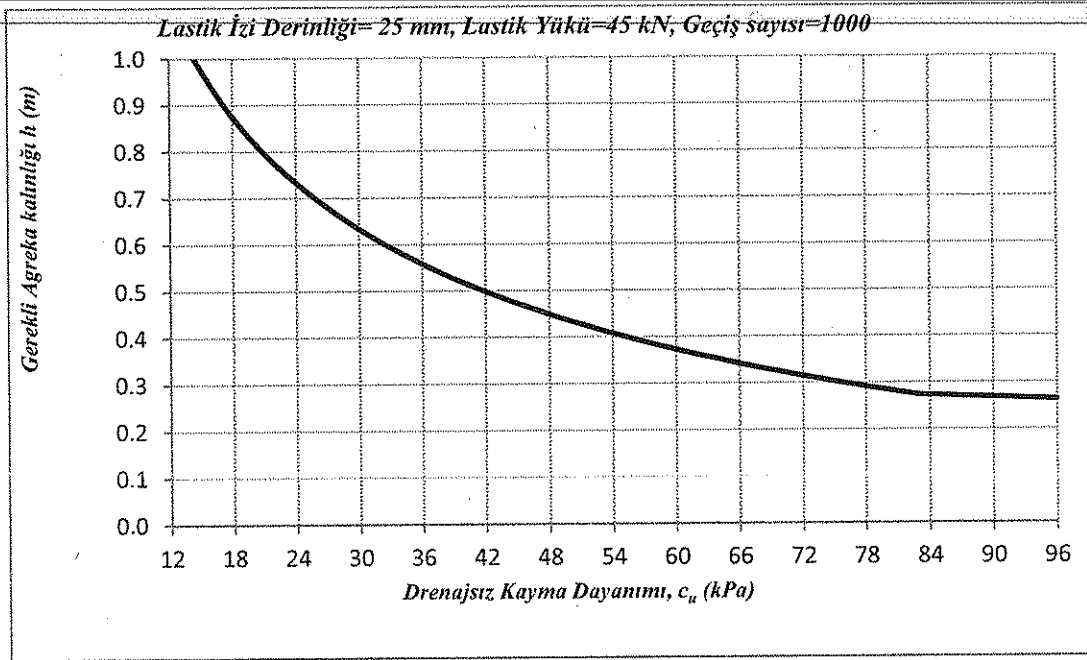
5.2.1.1. 1000 geçiş sayısı için



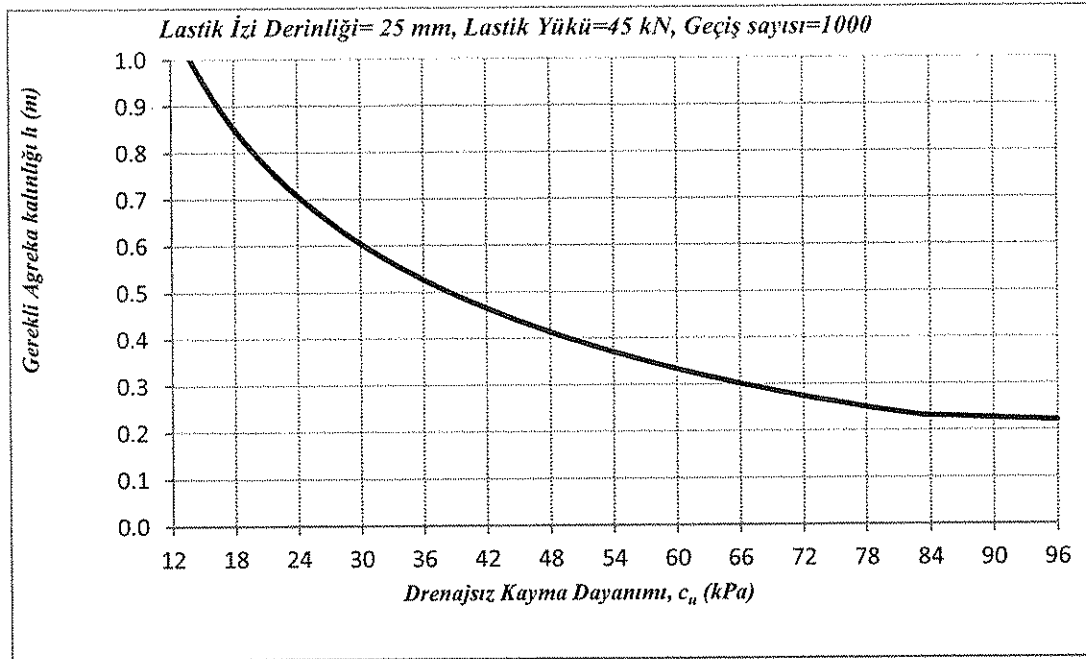
Şekil 5.4. BX 1500 için 25 mm lastik izi derinliği, 45 kN lastik yükü, 1000 geçiş sayısı için h- c_u grafiği



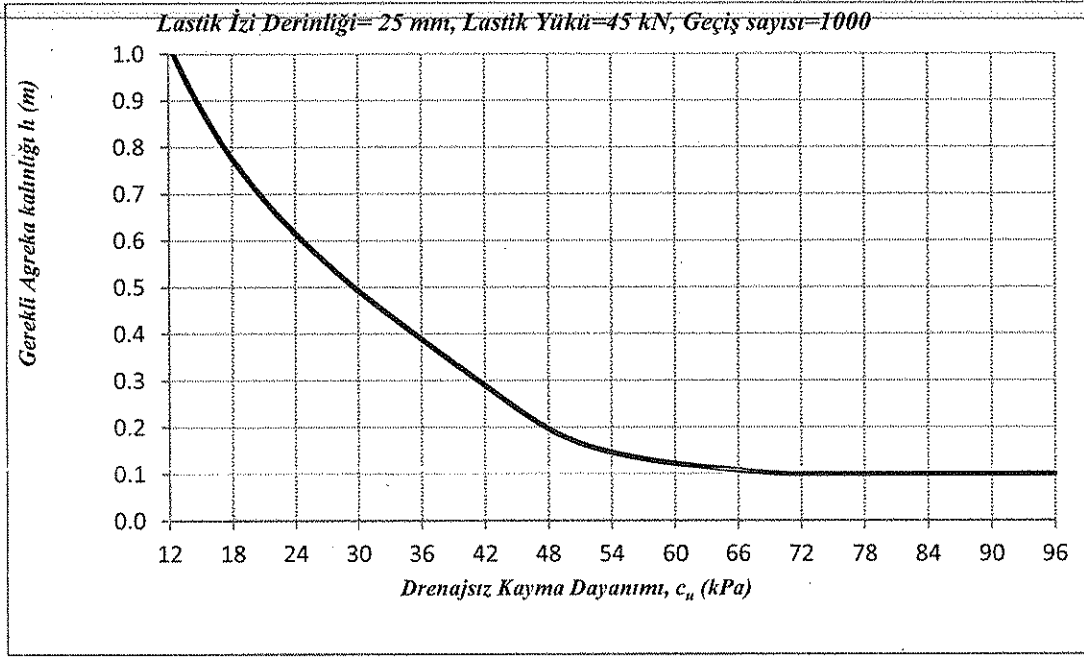
Şekil 5.5. Donatısız durum için h- c_u grafiği



Şekil 5.6. BX2000 için 25 mm lastik izi derinliği, 45 kN lastik yükü, 1000 geçiş sayısı için h - c_u grafiğı

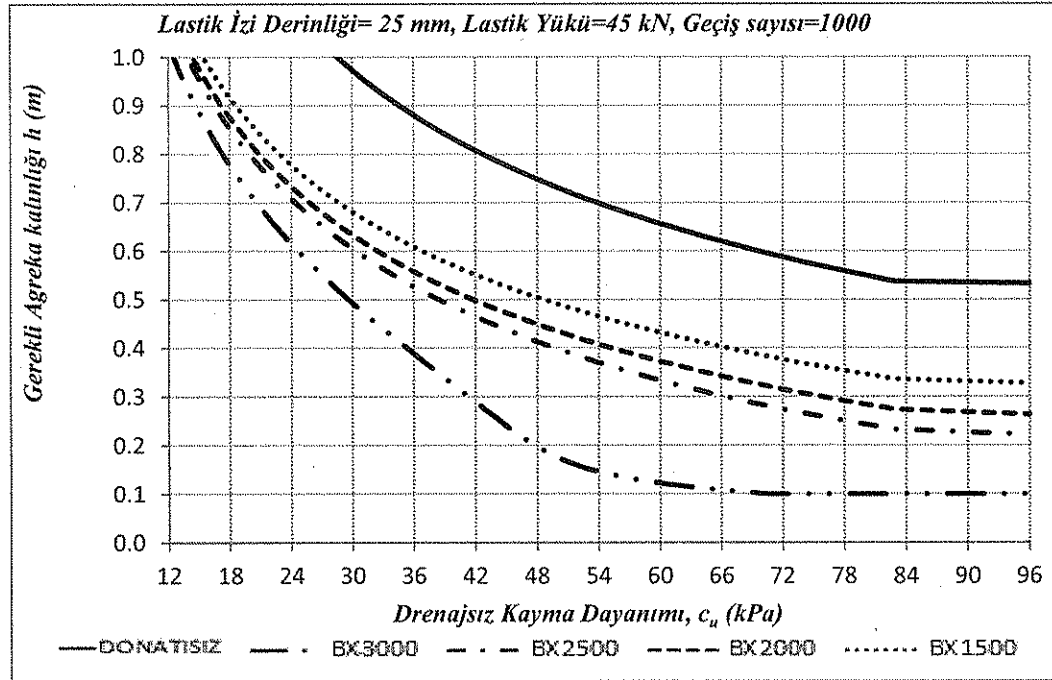


Şekil 5.7. BX2500 için 25 mm lastik izi derinliği, 45 kN lastik yükü, 1000 geçiş sayısı için h - c_u grafiğı



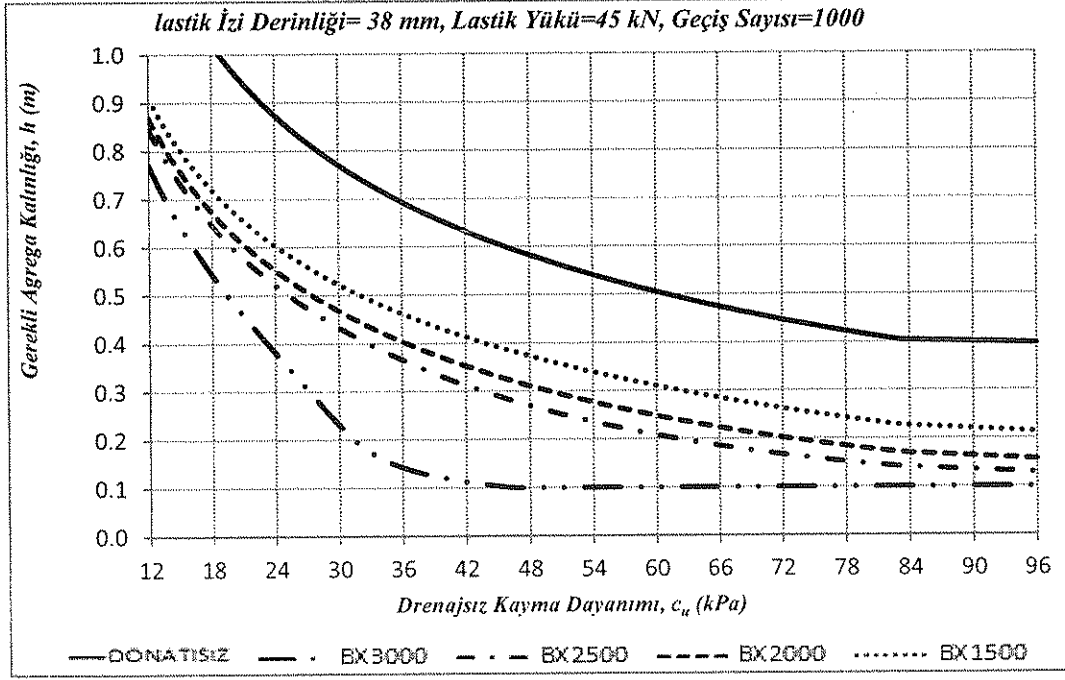
Şekil 5.8. BX3000 için 25 mm lastik izi derinliği, 45 kN lastik yükü, 1000 geçiş sayısı için h- c_u grafiğı

Geogridsiz durum ve dört geogrid çeşidinin kullanıldığı durum için drenejsız kayma dayanımı(c_u)-dolgu yüksekliğı(h) grafikleri ayrı ayrı gösterildi. Farkı daha net görebilme açısından tüm eğrileri aynı grafik üzerinde gösterelim(şekil5.9).

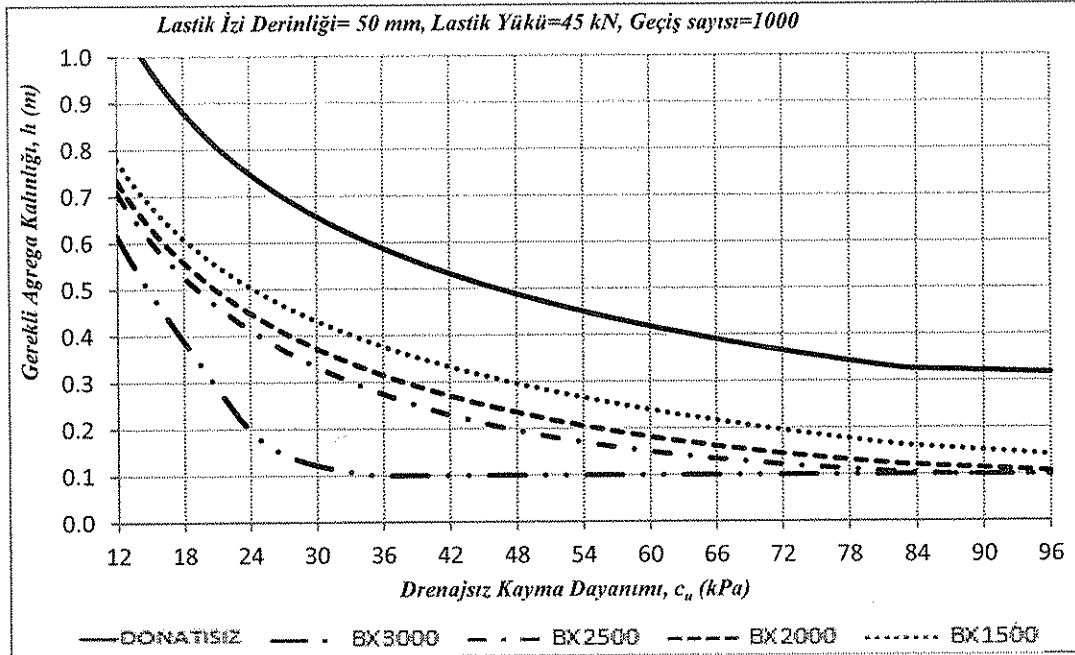


Şekil 5.9. 1000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliğı için h- c_u eğrileri

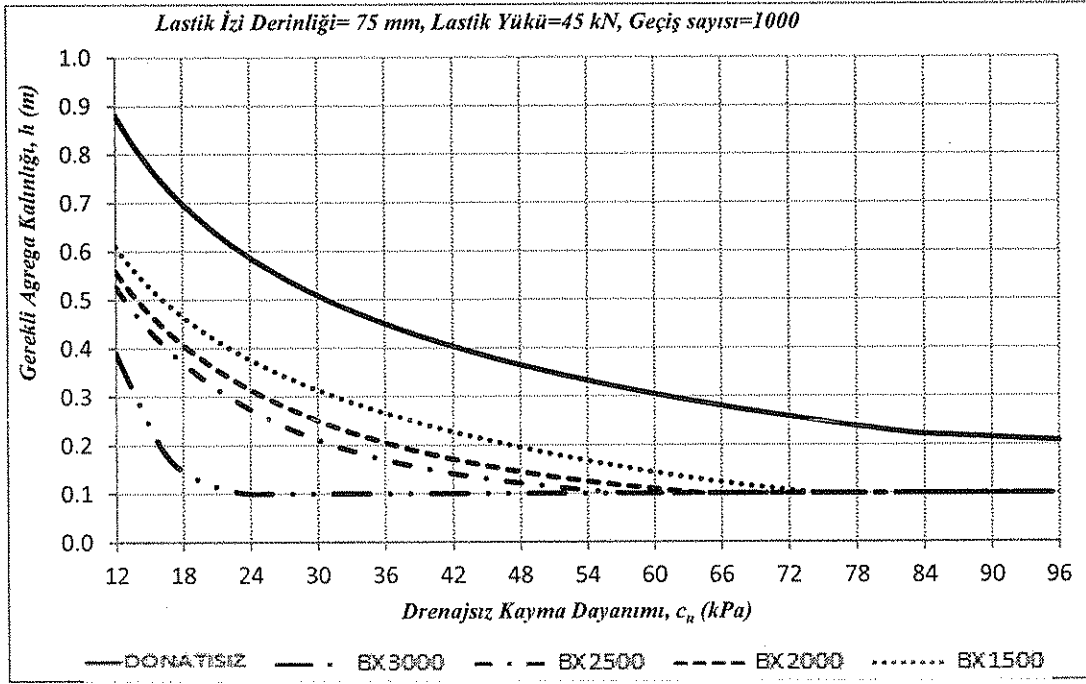
1000 geçi sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için, tüm durumların grafikleri ayrı ayrı çizildikten sonra tüm eğriler aynı grafik üzerinde gösterildi. Aynı geçi sayısı için lastik izi derinliği 38mm, 50mm, 75mm, için ve diğer geçi ayları için tüm durumları aynı grafik üzerinde gösterilecektir.



Şekil 5.10. 1000 geçi sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri

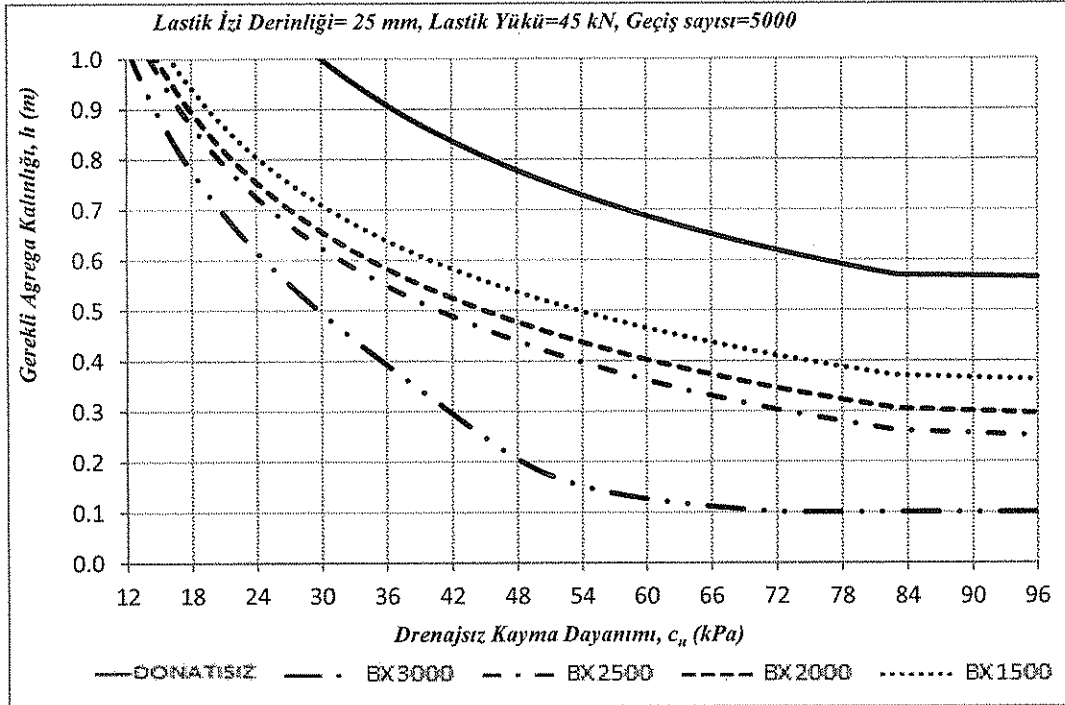


Şekil 5.11. 1000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri

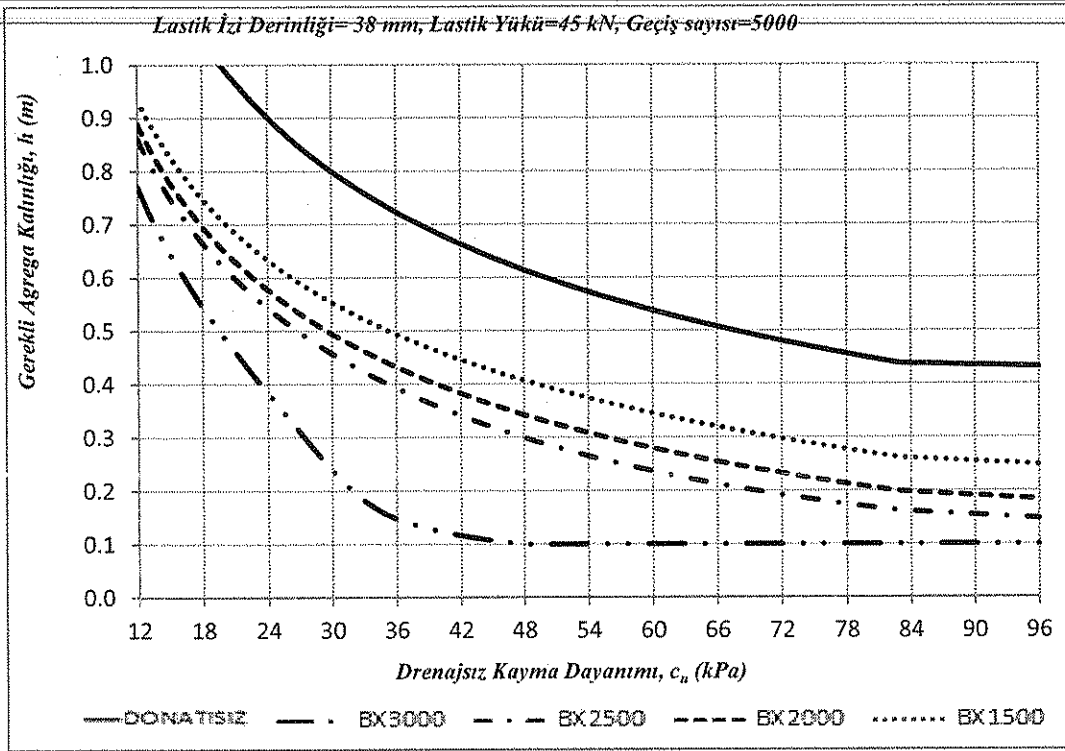


Şekil 5.12. 1000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri

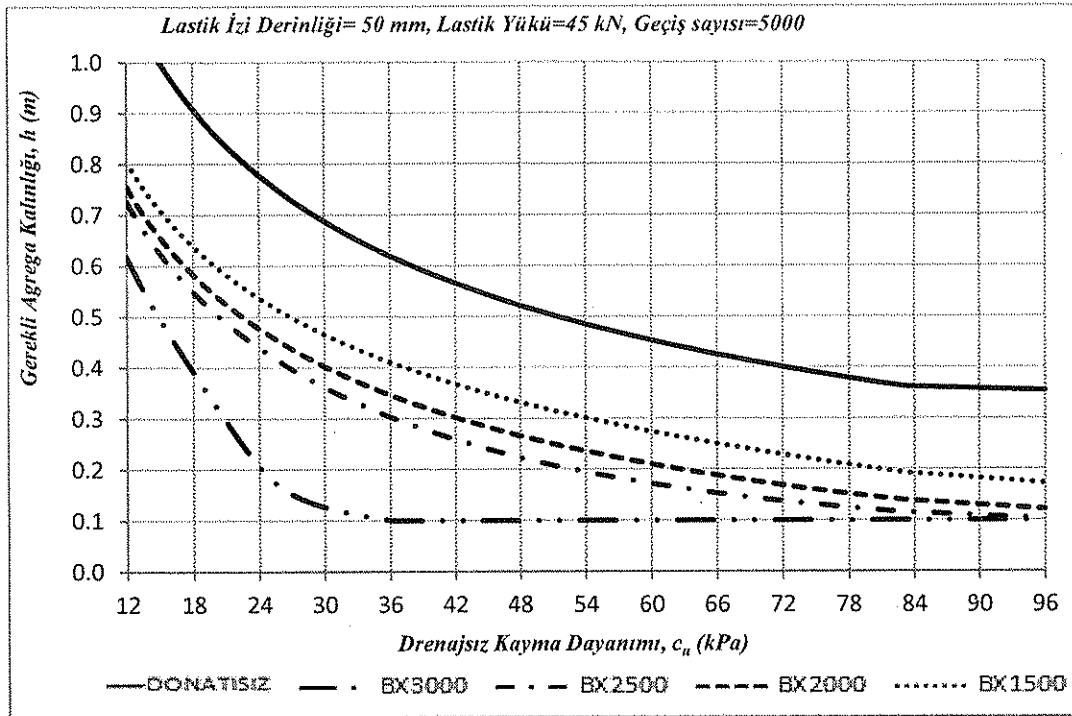
5.2.1.2. 5000 geçiş sayısı için



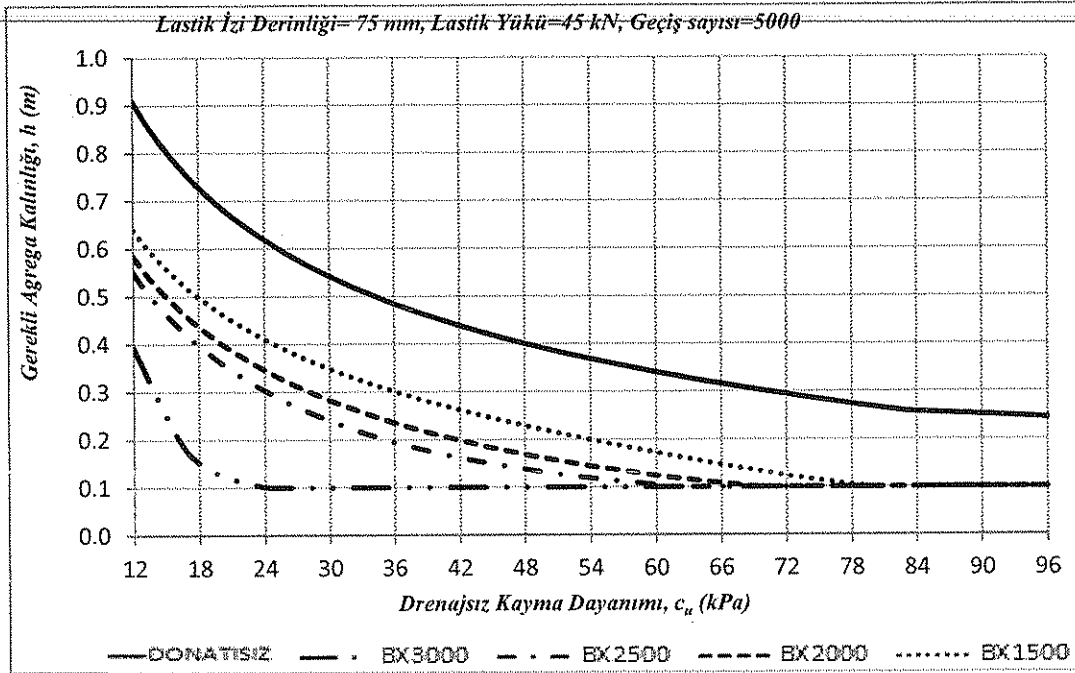
Şekil 5.13. 5000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri



Şekil 5.14. 5000 geçiş sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h- c_u eğrileri

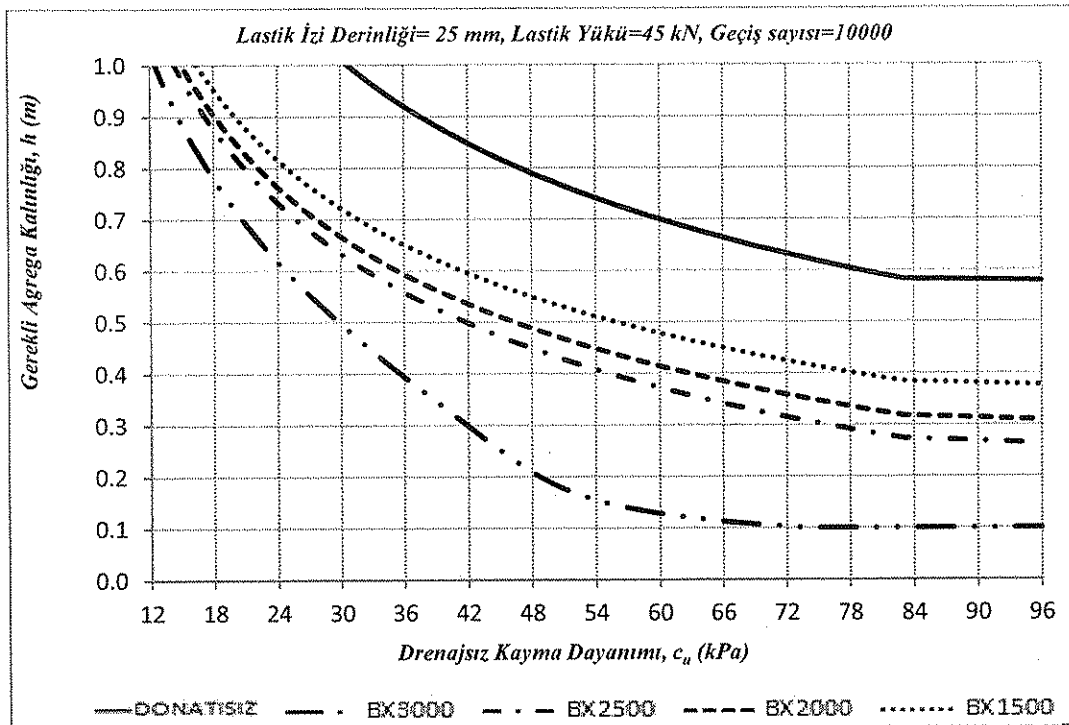


Şekil 5.15. 5000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h- c_u eğrileri

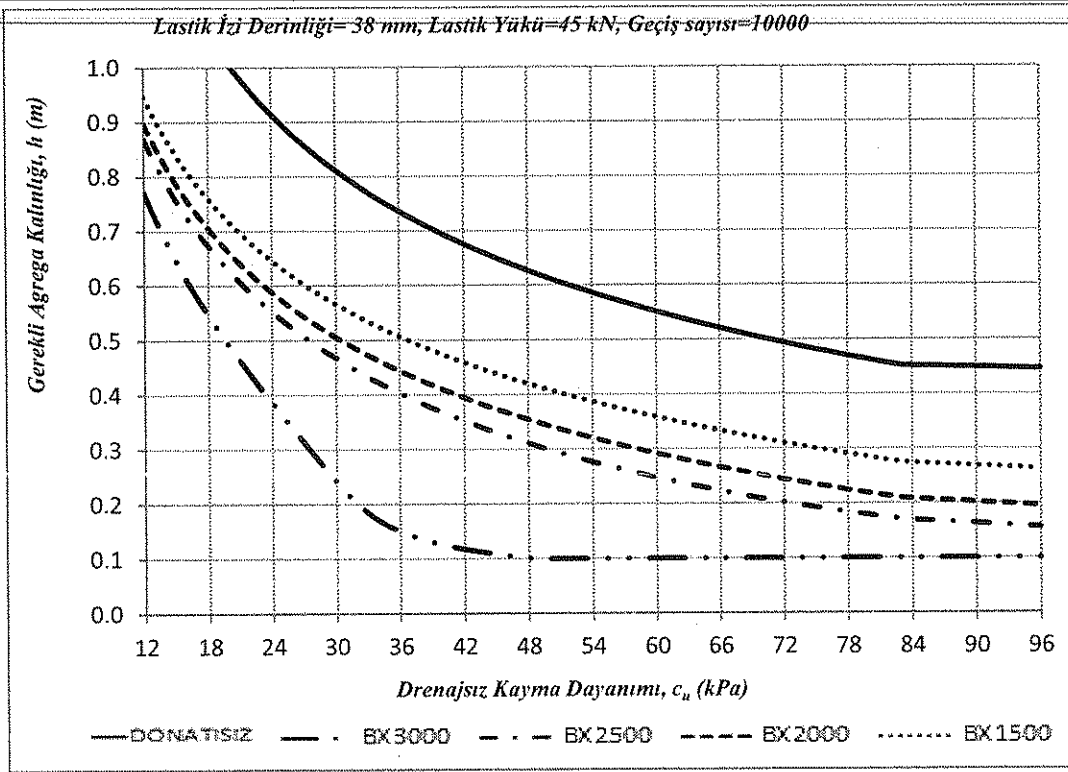


Şekil 5.16. 5000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için $h-c_u$ eğrileri

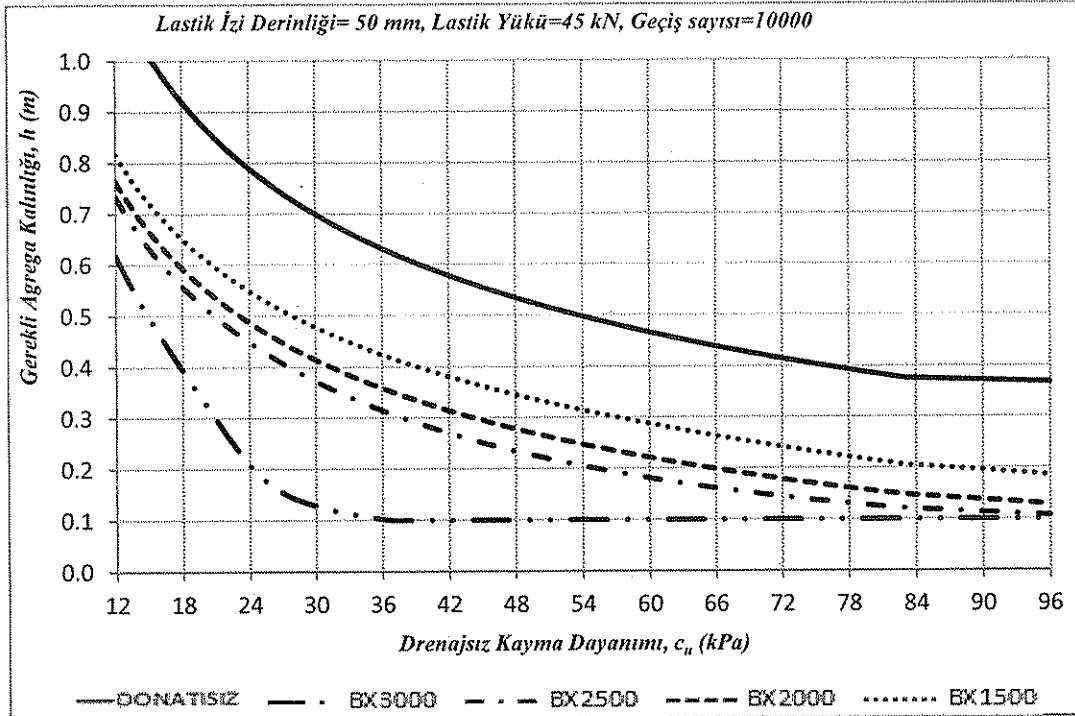
5.2.1.3.10000 geçiş sayısı için



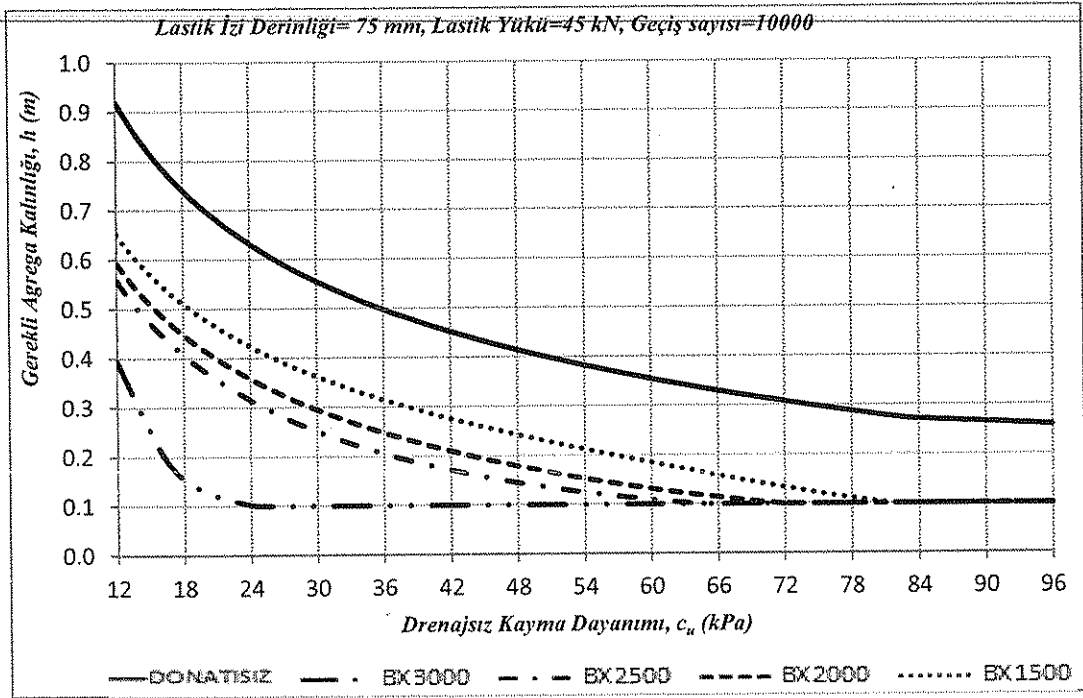
Şekil 5.17. 10000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için $h-c_u$ eğrileri



Şekil 5.18. 10000 geçiş sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri

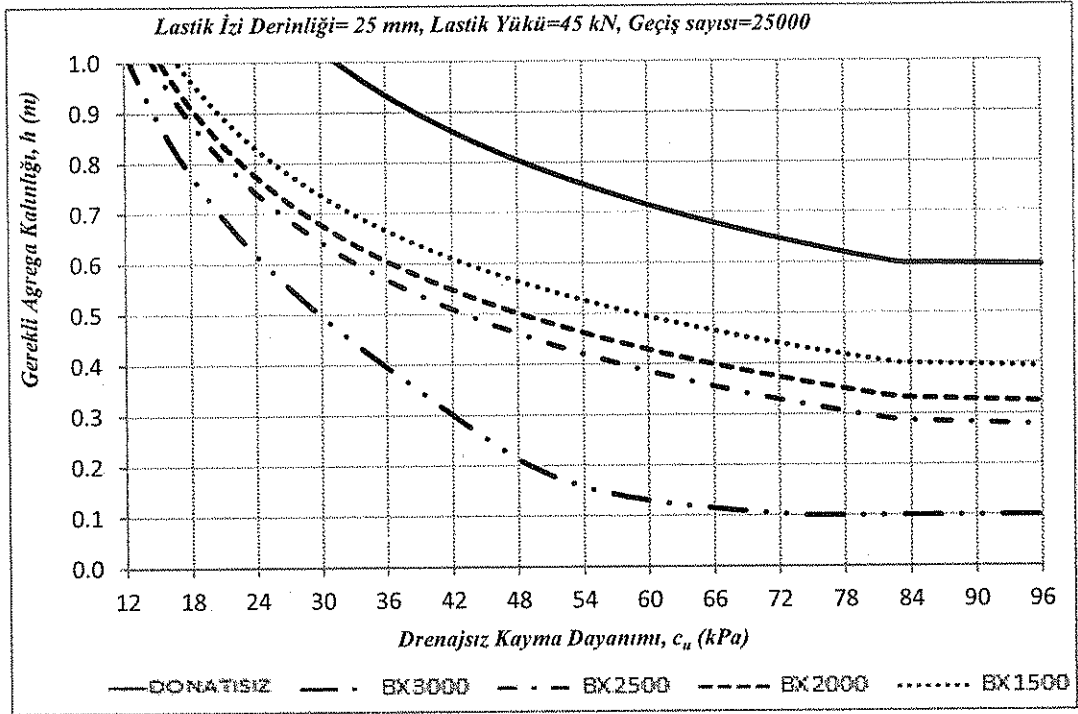


Şekil 5.19. 10000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri

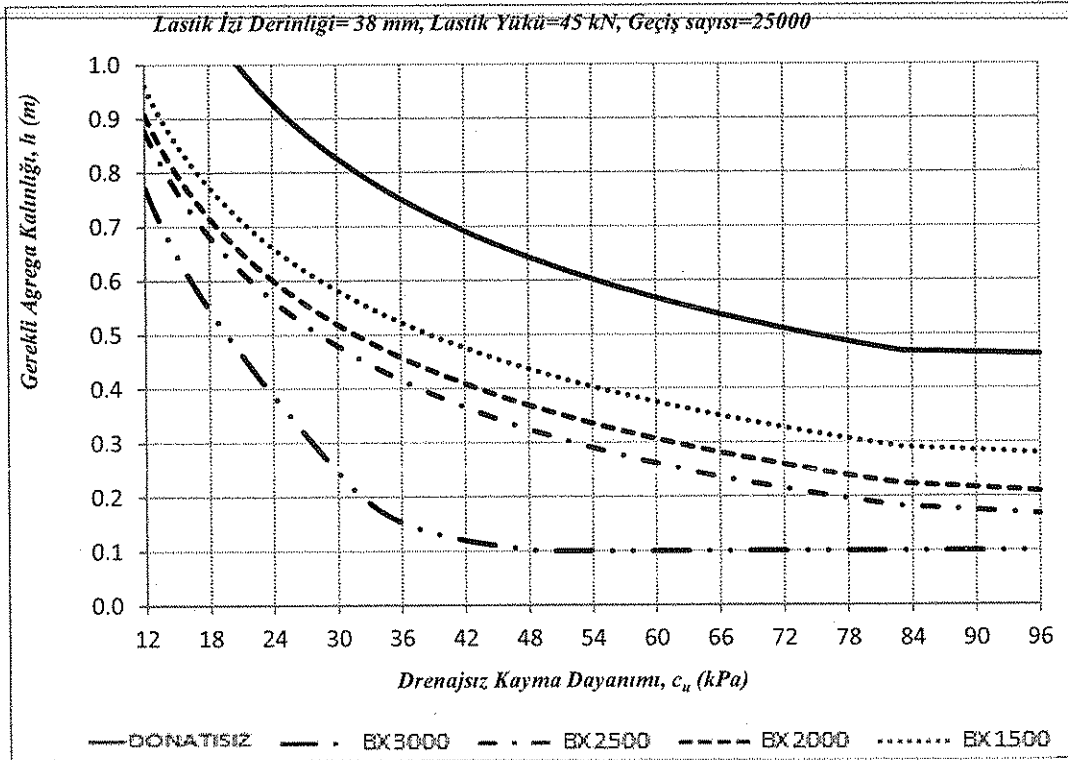


Şekil 5.20. 10000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri

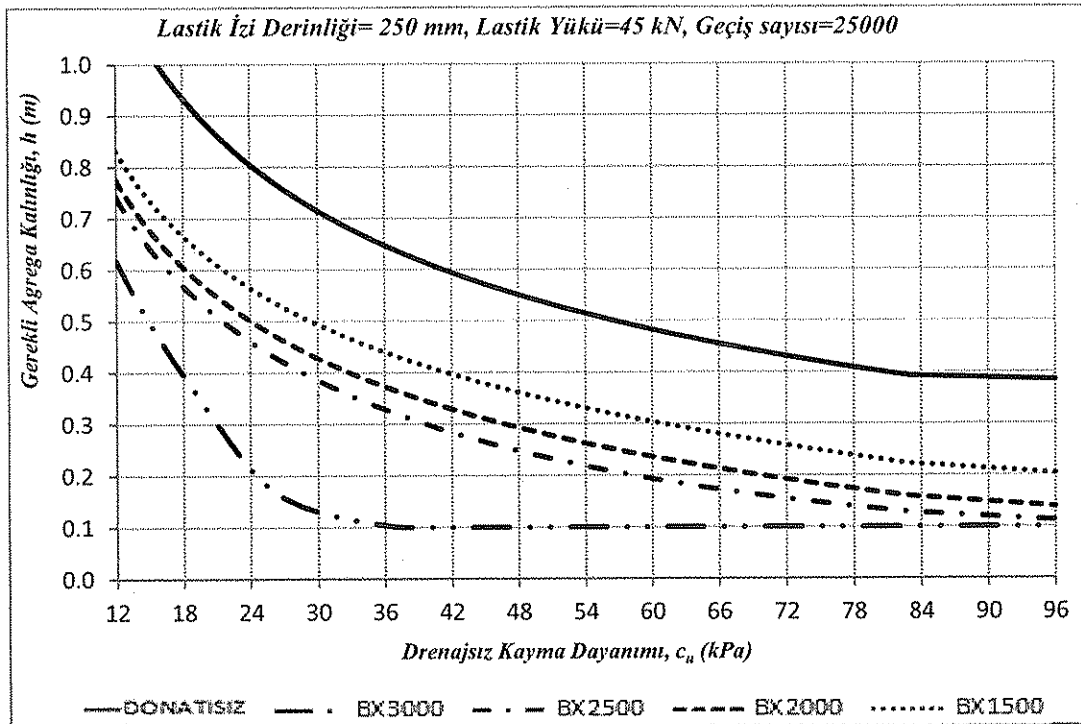
5.2.1.4. 25000 geçiş sayısı için



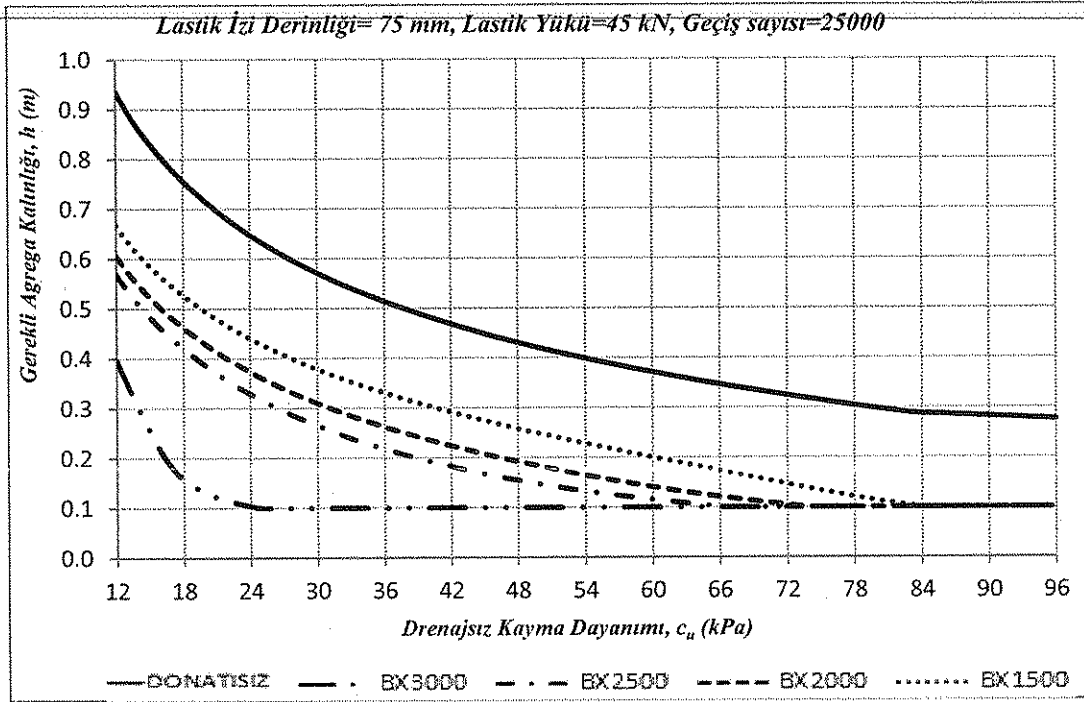
Şekil 5.21. 25000 geçiş sayısı ve 25mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri



Şekil 5.22. 25000 geçiş sayısı ve 38mm lastik izi derinliği için h- c_u eğrileri



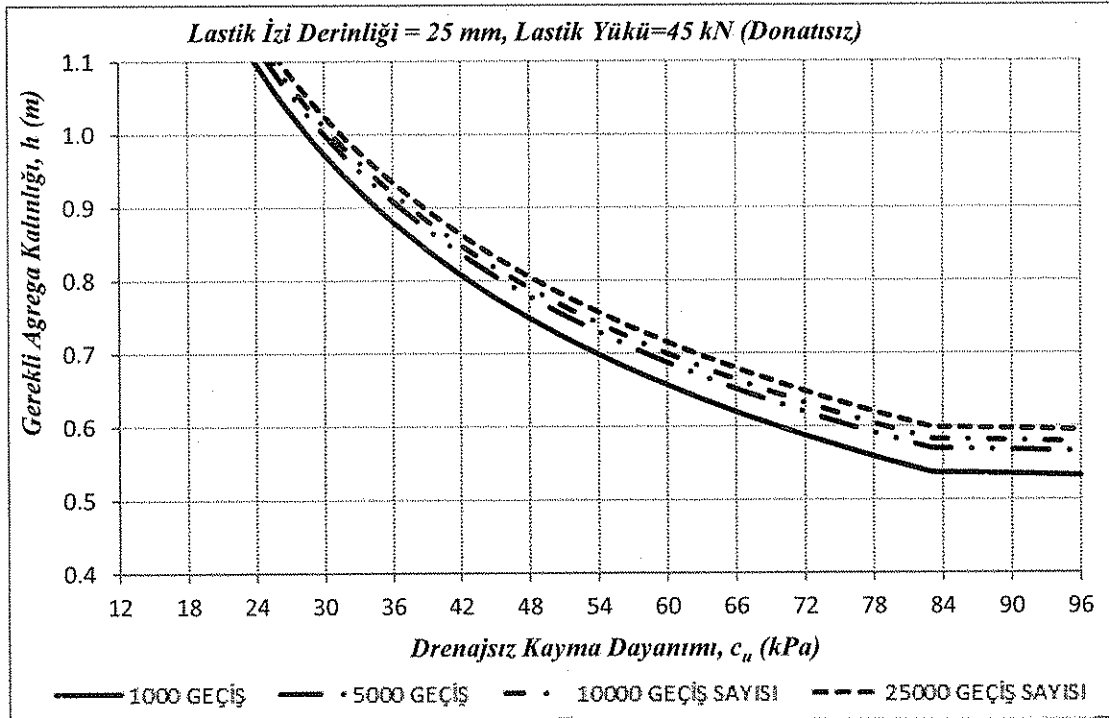
Şekil 5.23. 25000 geçiş sayısı ve 50mm lastik izi derinliği için h- c_u eğrileri



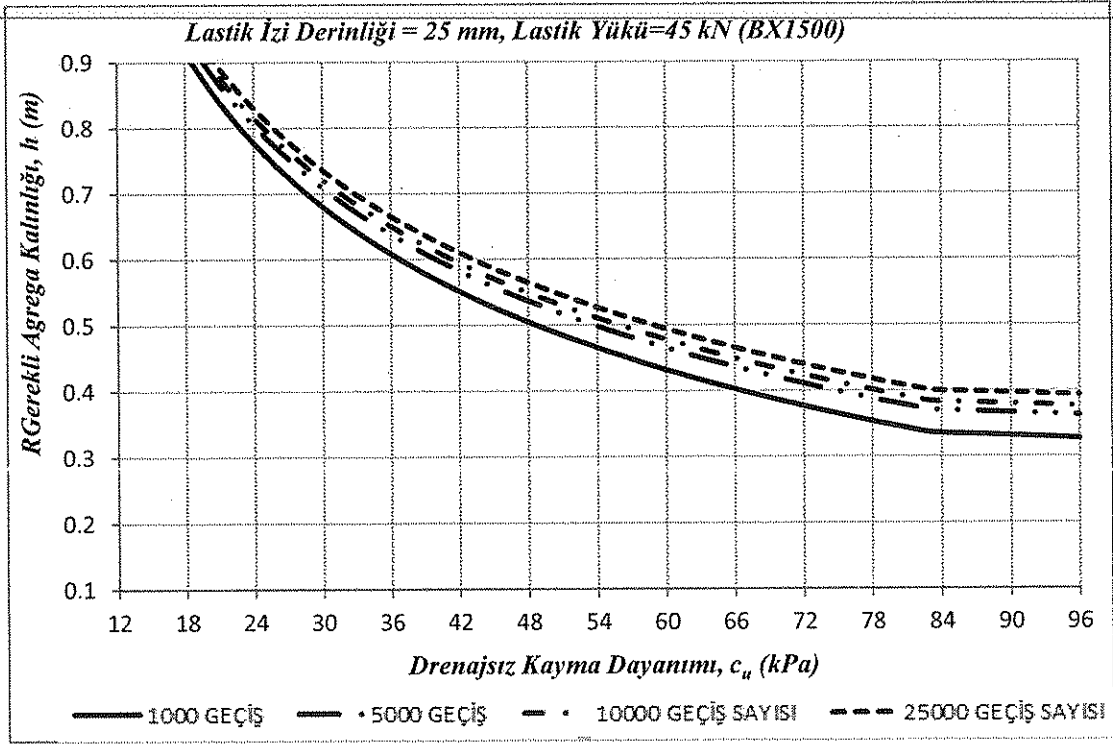
Şekil 5.24. 25000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için h - c_u eğrileri

5.2.2. Lastik izi derinliğine göre

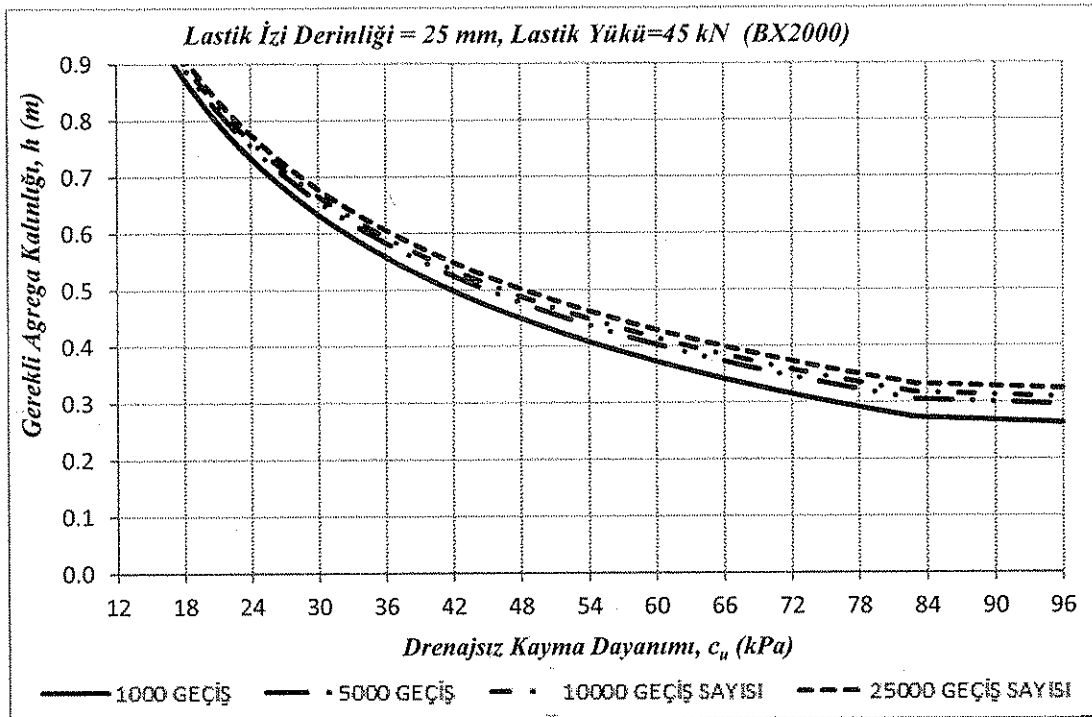
5.2.2.1. 25mm için



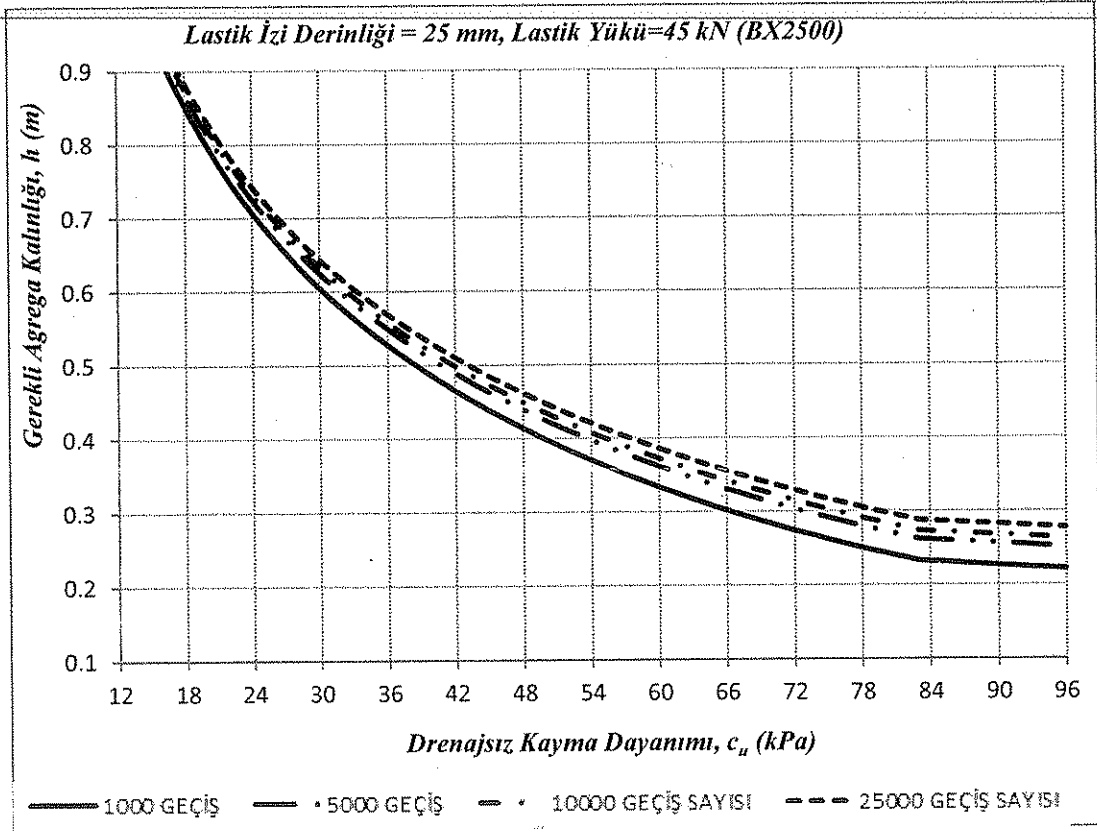
Şekil 5.25. 25mm lastik izi derinliği ve donatısız durum için h - c_u eğrileri



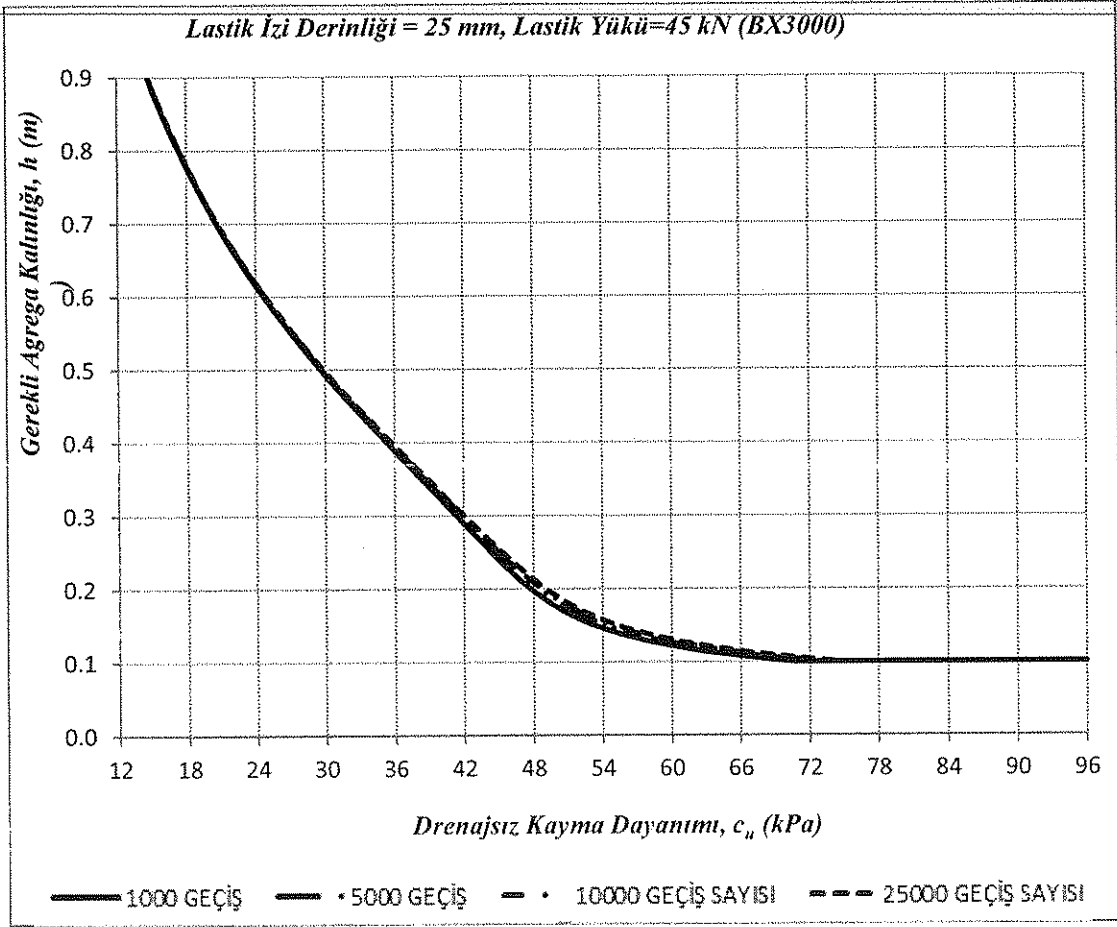
Şekil 5.26. 25mm lastik izi derinliği ve BX1500 için h - c_u eğrileri



Şekil 5.27. 25mm lastik izi derinliği ve BX2000 için h - c_u eğrileri

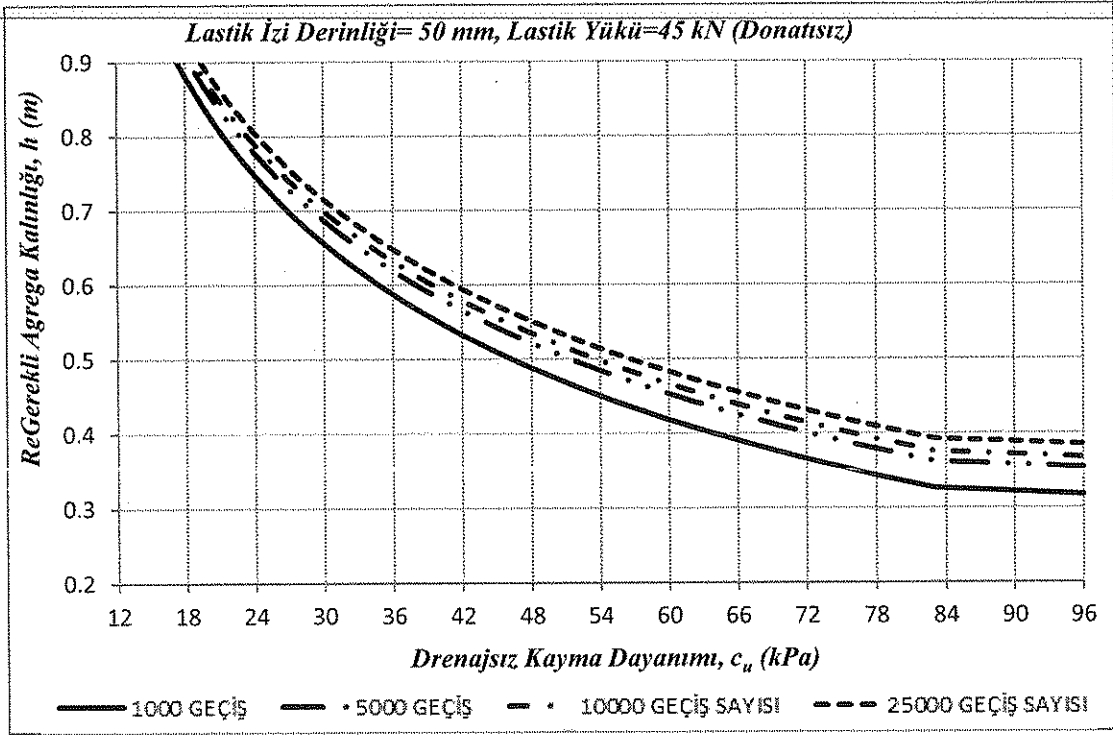


Şekil 5.28. 25mm lastik izi derinliği ve BX2500 için h- c_u eğrileri

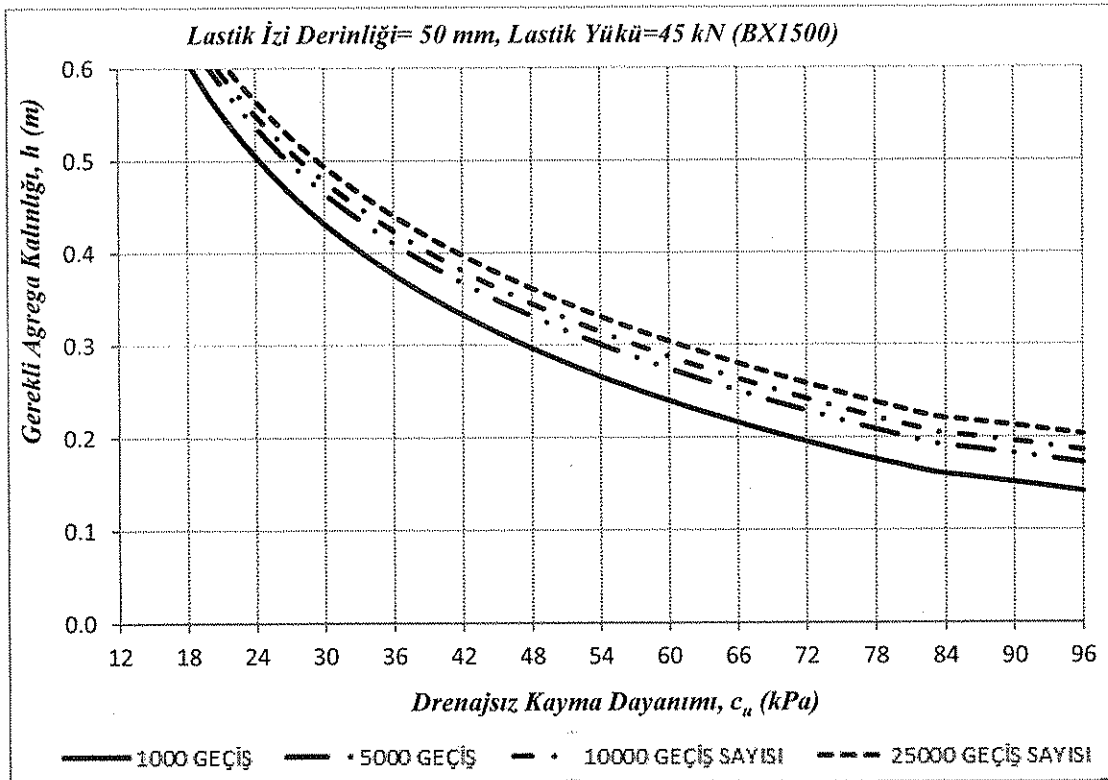


Şekil 5. 29. 25mm lastik izi derinliği ve BX3000 için h- c_u eğrileri

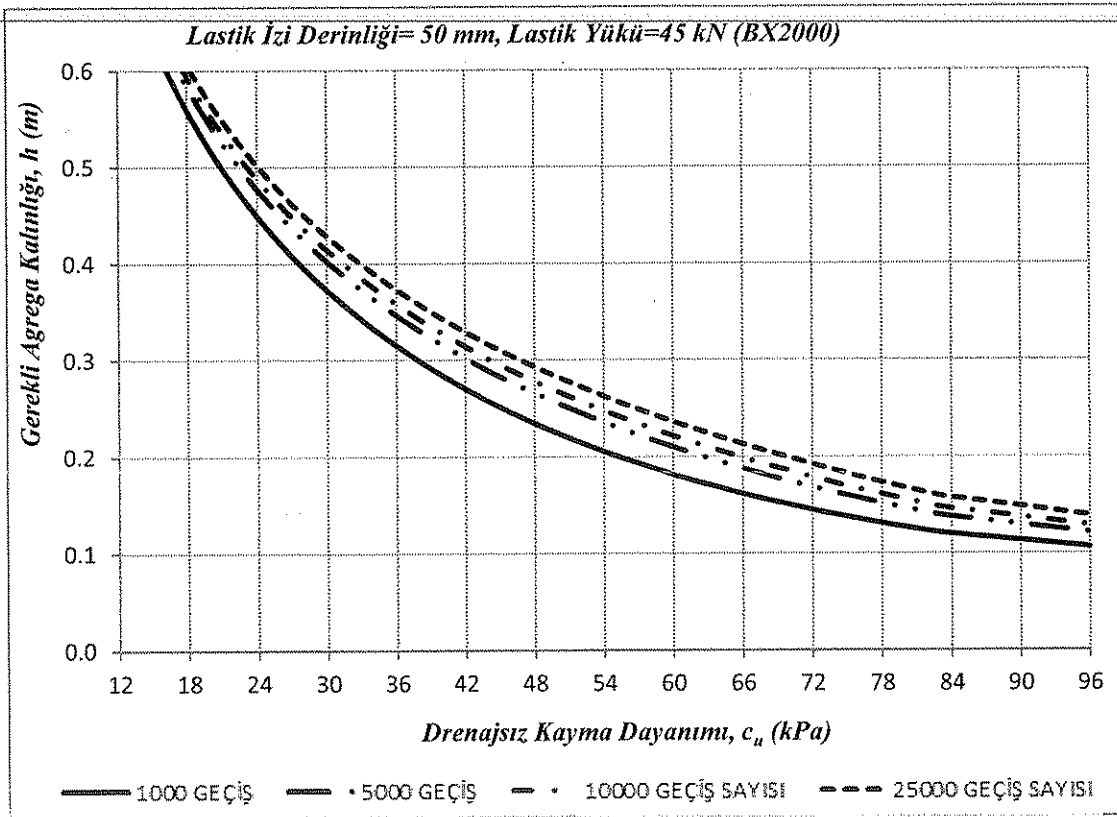
5.2.2.2. 50mm için



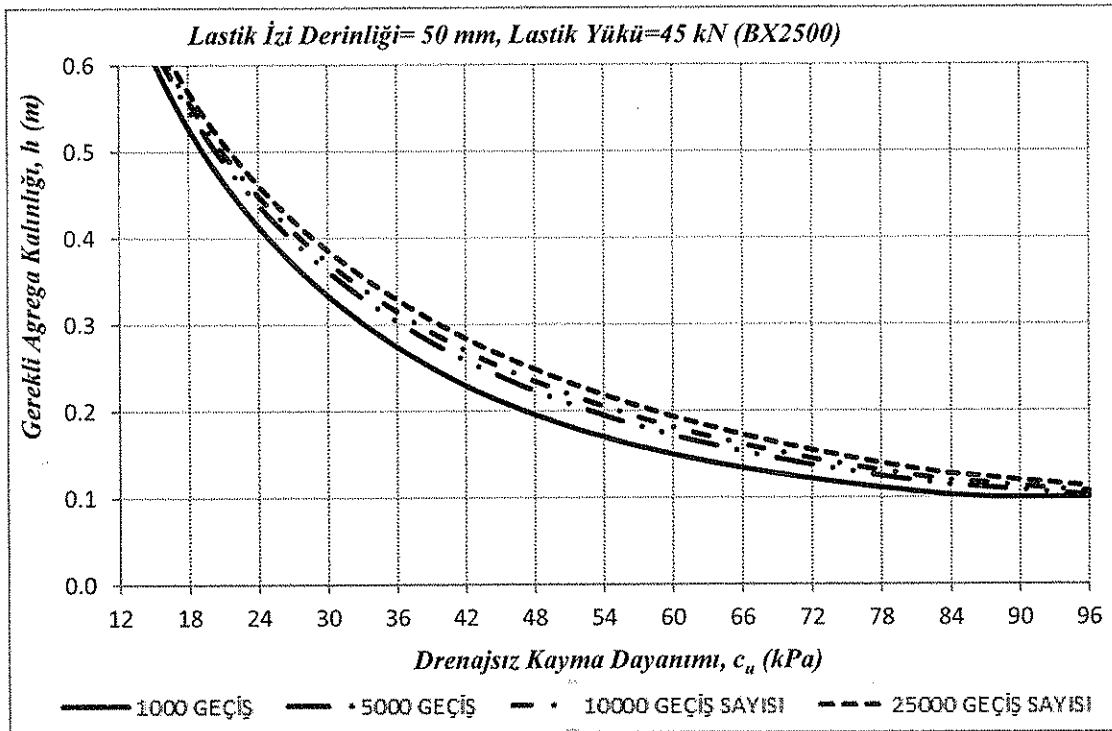
Şekil 5.30. 50mm lastik izi derinliğı ve donatısız durum için h - c_u eğrileri



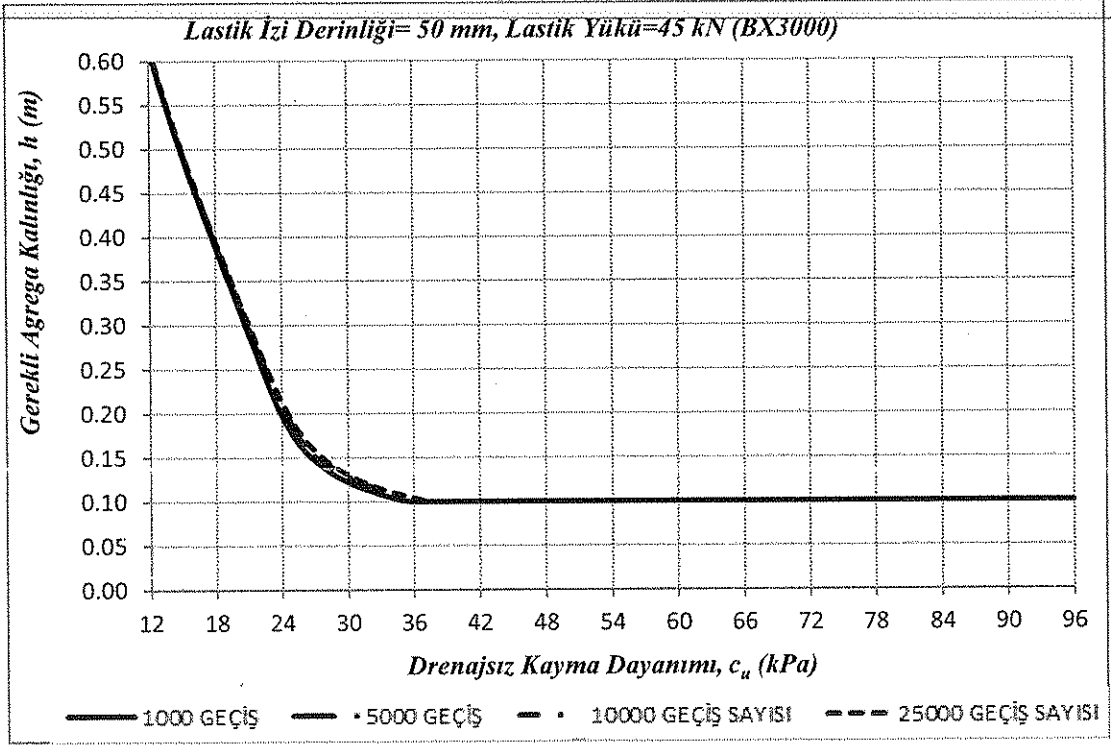
Şekil 5.31. 50mm lastik izi derinliğı ve BX1500 için h - c_u eğrileri



Şekil 5.32. 50mm lastik izi derinliği ve BX2000 için h- c_u eğrileri

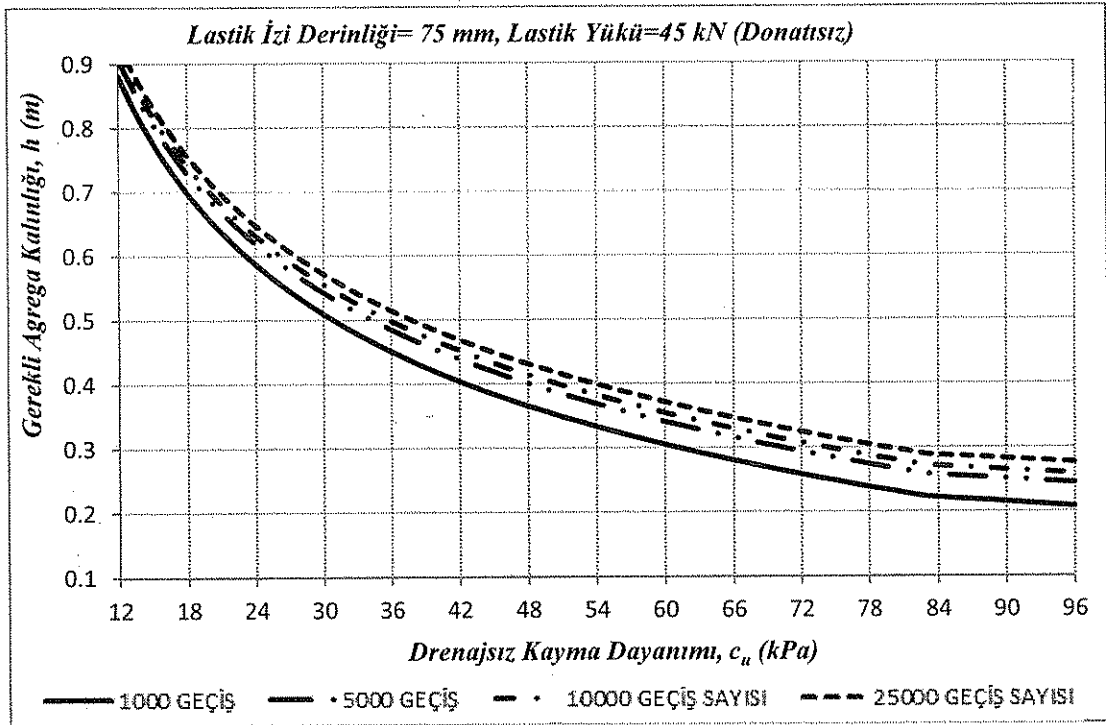


Şekil 5.33. 50mm lastik izi derinliği ve BX2500 için h- c_u eğrileri

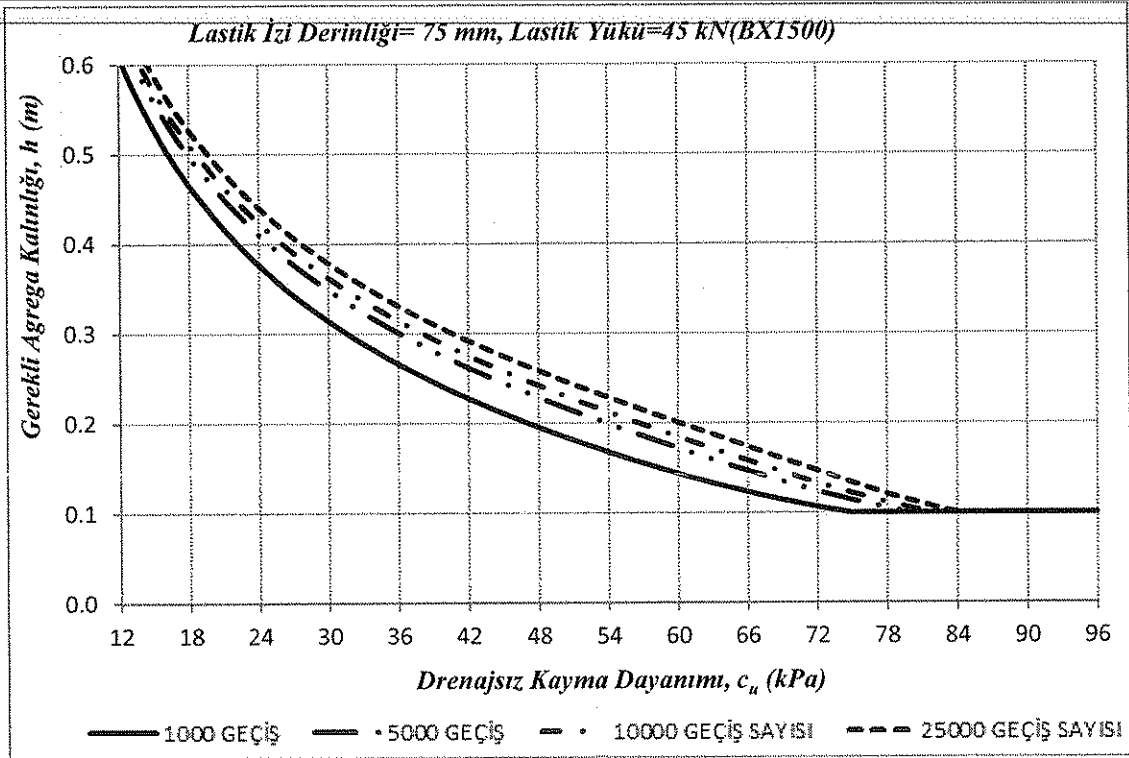


Şekil 5.34. 50mm lastik izi derinliği ve BX3000 için $h-c_u$ eğrileri

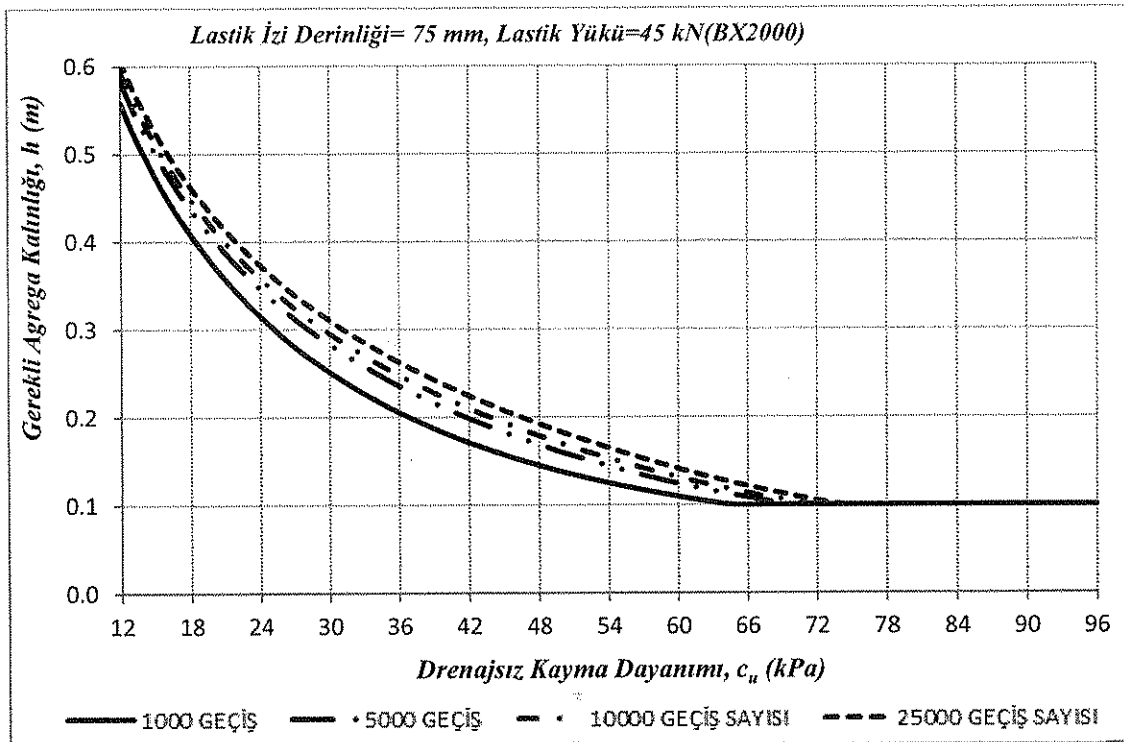
5.2.2.3. 75mm için



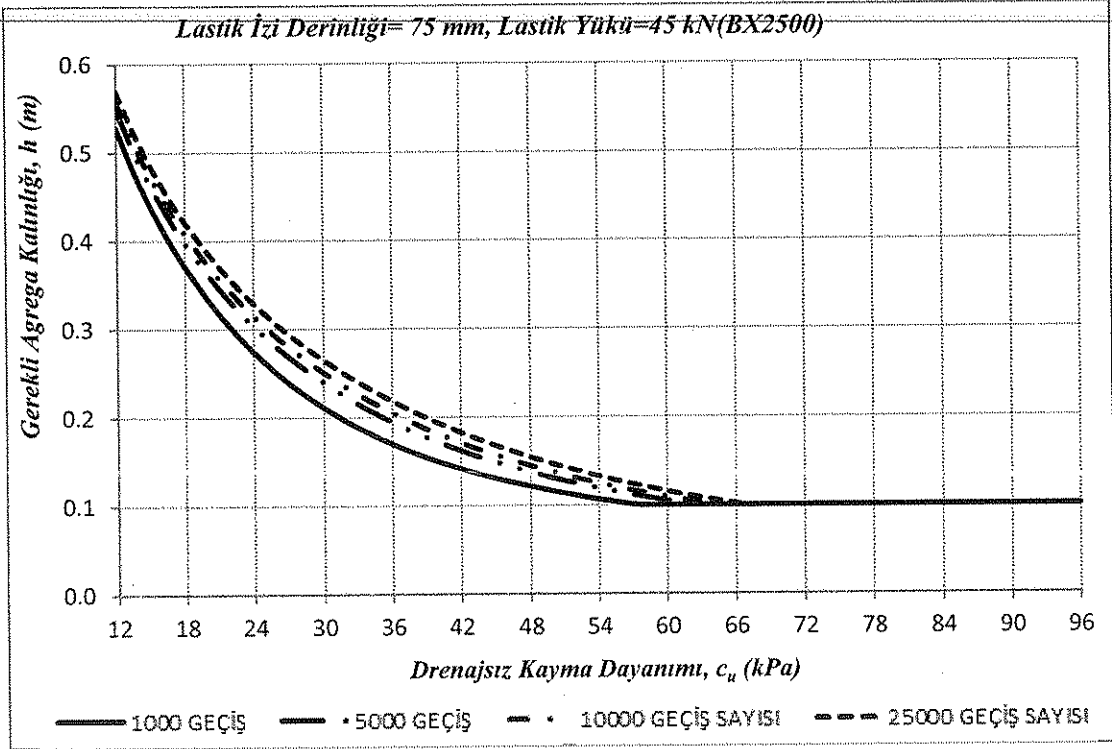
Şekil 5.35. 75mm lastik izi derinliği ve donatısız durum için $h-c_u$ eğrileri



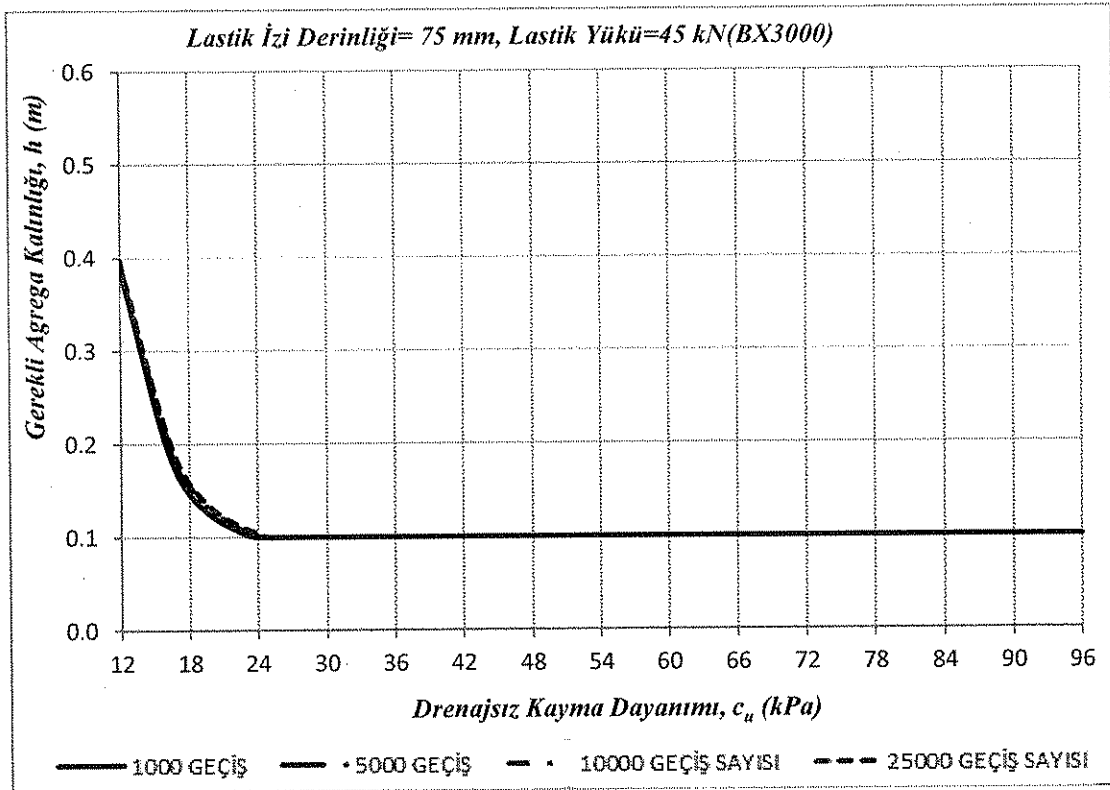
Şekil 5.36. 75mm lastik izi derinliği ve BX1500 için h- c_u eğrileri



Şekil 5.37. 75mm lastik izi derinliği ve BX2000 için h- c_u eğrileri



Şekil 5.38. 75mm lastik izi derinliği ve BX2500 için h - c_u eğrileri



Şekil 5.39. 75mm lastik izi derinliği ve BX3000 için h - c_u eğrileri

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Goesentetik ürünlerin ve özellikle geogridlerin yol yapılarında kullanımının önceki bölümlerde de detaylı olarak irdelerek önemli faydalar sağladığı görülmüştür. Yaptığımız bu çalışma ile geogrid kullanımının sağladığı faydalardan özellikle yol dolgu yüksekliğine etkisi irdelenmiştir. Donatısız zeminler ile farklı tür geogridlerin kullanımı sonucunda gerekli dolgu miktarı yükseklikleri grafik haline getirilerek farkın net bir şekilde görülmesi sağlanmıştır. Şekil 5.9'da lastik yükü 45kN, geçiş sayısı 1000, lastik izi derinliği 25mm seçilerek yapılan analiz sonucu geogrid kullanılmadığı durumda drenajsız kayma mukavemeti 47 seçildiğinde gerekli agrega kalınlığı 75 cm iken, bu değer aynı koşullar altında geogrid kullanılan durumlar için BX1500'de 51cm, BX2000'de 45cm, BX2500'de 42cm ve BX3000'de 21 cm'ye düşmektedir.

Çalışma sonucu oluşturulan bu grafikler, geogrid kullanılacak durumlarda geogrid seçiminde kolaylık sağlamaktadır. Yukarıda şekil 5.9'dan seçip incelediğimiz örnekte görüldüğü gibi bu koşullar altında BX2000 ile BX500 geogridlerinin kullanımında gerekli agrega kalınlığı bir birine çok yakın çıkmaktadır. Diğer bir ifade ile iki geogridin kullanımının arasında dolgu kalınlığı açısından çok büyük bir farklılık yaratmadığı görülmektedir. Fakat BX3000 kullanımının agrega kalınlığını büyük ölçüde düşürdüğü görülmektedir. Yine oluşturulan bu grafiklerde bazı durumlarda incelenen dört geogrid çeşidinin de aynı agrega kalınlığını verdiği böyle durumlarda agrega kalınlığı açısından dört geogrid çeşidinin de aynı görevi üstleneceği görülmüştür.

Geogrid kullanımı ile agrega kalınlığında ki düşüşün bir sınırı olduğu grafiklerden görülmektedir. Şekil 5.24'te 45 kN lastik yükü, 25000 geçiş sayısı ve 75mm lastik izi derinliği için oluşturulan grafikte bu daha net görülmektedir. BX3000 geogridi için drenajsız kayma mukavemetinin 24 ve üzeri olduğu tüm durumlar için agrega kalınlığının eşit ve 10 cm olduğu görülmektedir. Dolgu kalınlığının daha fazla düşmemesi geogridin kenetlenme mekanizmasının çalışması ile ilgilidir. Bu durum geogridin agrega ile kenetlenerek sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır.

Grafiklerde görüldüğü üzere geçiş sayısı olarak nitelendirdiğimiz ve yolun maruz kaldığı tekrarlanan trafik yükü arttıkça gerekli agrega kalınlığı da artmaktadır. Bunun yanı sıra müsaade edilen lastik altındaki batma miktarı (grafiklerde lastik izi derinliği olarak geçmektedir) arttıkça gerekli agrega kalınlığı azalmaktadır. Bu durum BX3000 geogridinin kullanımında yine birbirine çok yakın değerler vermektedir.

Genel olarak geogrid kullanımının gerekli agrega kalınlığındaki sağladığı düşüş, beraberinde pek çok kolaylık getirmektedir. Bunların başında maliyetten tasarruf gelmektedir. Çok büyük maliyetlere neden olabilecek dolgu gerektiren koşullarda geogrid kullanımıyla bu miktar önemli ölçüde düşmektedir. Bunun yanı sıra imalatta kolaylık sağlamakta, yapım süresini düşürmektedir.

Yapılan bu çalışma belirtilen koşullarda ve incelenen geogridlerin kullanılacağı durumlarda, kullanıcıların bu ürünler arasından yapacağı tercihte yardımcı olabilmekte ve ürünlerin karşılaştırılmasına imkân vermektedir.

KAYNAKLAR

- Ay, İ. (2014). Geosentetik Malzemelerin Demiryollarında Kullanımı Ve Balast- Alt Balast Tabaka Kalınlıklarının Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Bayram, N. (2006). Havaalanları Pist Dolguların Geosentetik Malzemeler Kullanılarak Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Bağcı, F. (2007). Geosentetiklerle Projelendirme Ve Zemin-Geosentetik Ara Yüzey Sürtünme Açılarının Değişik Geosentetik Ve Zemin Türleri İçin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çiçek, C. (2014). Kil Zeminlerin Üzerine İnşa Edilen Granüler Yol Dolgusu Şevlerinin Geogrid Donatıyla İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gezgin, S. (2017). Karayollarımızda Geosentetik Ürün Kullanılarak Yapılan İyileştirme Uygulamaları İle Geosentetik Ürünlerinin Etkinliklerinin Ve Teorik Çalışma Mekanizmalarının Mukayeseli Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Giroud, J. P., Han, J. (2004). Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. II. Calibration and Applications
- Dirlik, C. (2016). Seçilmiş Bir Sahada Geogridli Ve Geodridsiz Fore Kazık Uygulamasının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karagül, Ç. (2007). Kara Yollarının Geodrid Kullanılarak İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ok, B., Demir, A., Sarıcı, T., Ovalı, M. (2006). Geosentetiklerle Güçlendirilmiş Karayolu Temellerinin Plaka Yükleme Deneyleri İle Değerlendirilmesi, Makale.
- Sağlam, R. (2009). Karayolu Yapımında Geotekstil Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Sert, T. (2010). Karayolu Alttemel Tabakası Ve Taban Zemini Arasında Farklı Göz Açıklıklarındaki Geogridlerin Performansının Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Sungur, N. (2015). Jeogrid Donatılı Zeminlerde Taşıma Gücü Yöntemlerinin Uygulamalı Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarı, M.S. (2016). Geosentetikler Ve Kullanım Alanları, Sunum.
- Tensar, (2018). Ara katmanlar ile asfalt güçlendirilmesi.

Tensar, (2018). Yollar ve trafığe açık alanlar için mekanik olarak stabilize edilmiş katmanlar.

Tensar, (2018). Hat Balası Ve Alt-Balastın Mekanik Olarak Stabilizasyonu

Toksoy, S. (2017). Demiryolu Altyapı Güçlendirmesinde Geosentetik Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldırım, D. (2009). Geogrid Donatılı Stabilize Dolgu Tabakası İle Kil Zeminlerin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldız, L. (2005). Donatıyla Güçlendirilmiş Şevli Zemine Oturan Yüzeysel Temel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

İNTERNET KAYNAKLARI

İnternet: <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/1536.pdf> erişim tarihi: 10.09.2019

İnternet:

https://www.geosentetiklerdernegi.org.tr/documents/Kaplamasiz_Yollarda_Geosentetik_Kullanimi.pdf erişim tarihi: 16.11.2019

İnternet:

https://www.academia.edu/13047583/GEOGRIDS_AND_RAILWAY_APPLICATIONS erişim tarihi: 13.11.2019

İnternet: <https://docplayer.biz.tr/53592084-Demiryollarinda-geosentetikler.html> erişim tarihi: 11.11.2019

İnternet: <https://www.yapikatalogu.com/Files/Products/3961/3961.jpg> erişim tarihi: 07.09.2019

İnternet: <https://www.sernak.com/img/r95987-6.jpg> erişim tarihi: 07.09.2019

İnternet: <https://4.imimg.com/data4/LQ/MD/MY-3392031/biaxial-geogrid-500x500.jpg> erişim tarihi: 09.09.2019

İnternet:

https://www.solucoesindustriais.com.br/imagem.php?url=images/produtos/imagens_10098/p_geomembrana-pead-7.jpg erişim tarihi: 09.09.2019

İnternet: <http://geopor.gen.tr/wp-content/uploads/2018/10/SAKARYA-MI%CC%87LLI%CC%87-PARKI-7.jpg> erişim tarihi: 06.09.2019

İnternet: http://www.gseworld.com/content/inline-images/Products/TRXNET_Geonet.jpg erişim tarihi: 08.09.2019

İnternet: <http://www.psy.co.ir/images/product/2017/06/25/Geomat-45111.jpg> erişim tarihi: 09.09.2019

İnternet: <https://www.teknomaccafferi.com.tr/wp-content/uploads/2016/10/Muhtelif-geokompozit-ornekleri.jpg> erişim tarihi: 12.09.2019

İnternet: https://3.bp.blogspot.com/-0HQR91Oo_30/VBV1i0ZTFil/AAAAAAAAAS50/g5p_06bouLc/s1600/42.jpg

erişim tarihi: 09.10.2019

İnternet: <https://www.tensar.info.tr/Applications/Ground-Stabilisation-and-Subgrade-Improvement> erişim tarihi: 09.11.2019

İnternet: <https://www.tensar.info.tr/Applications/Unpaved-Roads> erişim tarihi: 09.11.2019

Internet: <http://web.karabuk.edu.tr/cihanmizrak/pdf/415.pdf> erişim tarihi: 04.11.2019

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYDİN, Serhat
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi (gün/ay/yıl) : 01.01.1991
Doğum Yeri : Pervari
Medeni hali : Bekar
Adresi : Şevket sümer mah. 5979 sok. no:16 Akdenz/MERSİN
Telefon : 05465413356
E-Posta : serhtaydin@gmail.com

Eğitim Derecesi	Eğitim Birimi	Mezuniyet yılı
Yüksek lisans	Toros Üniv. Fen Bil. Ens. İnşaat Müh. Tezli YL.	-
Lisans	Çukurova Üniversitesi, Müh.Mim. Fak.İnşaat Müh.Böl.	2016
Lise	Mersi Salim Yılmaz Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2016-2017	Erdem Yapı Denetim	Kontrol Elemanı
2017-Halen	4Z Yapı Denetim	Kontrol Elemanı

Yabancı Dil

-

Sertifika

C Sınıfı İş Güvenliği Sertifikası

İlgi Alanları

Spor, Kitap okumak, Sinema



T.C.
TOROS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNTİHAL PROGRAMI RAPORU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 20/11/2019

Tez Başlığı: Kara Yollarında Kullanılan Farklı Tür Geogridler için, Kullanılacak Dolgu Miktarının Araştırılması

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın;

a) Giriş,

b) Ana bölümler ve

c) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 94 sayfalık kısmına ilişkin, 20/11/2019 tarihinde enstitü tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinalite raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 3'tür.

Uygulanan filtrelemeler:



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %10,



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dahil
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %30'u geçmemelidir.

Tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Yukarıda belirtilen başlıkta danışmanım ile birlikte tamamlamış olduğum tezimin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir. Tezimin, tez yazım kurallarına uygun olarak ve intihal olmaksızın hazırladığımı taahhüt eder; intihal olması durumunda tez çalışmamın başarısız sayılacağını ve mezuniyetimin iptalini kabul ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı

: Serhat AYDIN

İmzası

: Tarih: 20/11/2019

Yukarıda kişisel ve tez bilgileri verilen öğrencimin belirtilen başlıkta birlikte tamamlamış olduğumuz tez çalışması Turnitin intihal yazılım programında kontrol edilmiş ve etik bir ihlale rastlanmamıştır. İntihal yazılım programının rapor çıktısı ektedir. Ayrıca tezin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Danışmanın Unvanı-Adı-Soyadı

: Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ

İmzası

: Tarih: 20/11/2019

Ek: İntihal yazılım programının rapor çıktısı (2 sayfa)

KARAYOLLARINDA KULLANILAN FARKLI TÜR GEOGRİDLER İÇİN, KULLANILACAK DOLGU MİKTARININ ARAŞTIRILMASI

Yazar Serhat Aydın

Gönderim Tarihi: 20-Kas-2019 02:24PM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 1217826083

Dosya adı: Serhat_AYD_N-Tez-20.11.2019.docx (8.43M)

Kelime sayısı: 9454

Karakter sayısı: 68303

KARAYOLLARINDA KULLANILAN FARKLI TÜR GEOGRİDLER İÇİN, KULLANILACAK DOLGU MİKTARININ ARAŞTIRILMASI

ORIJINALLIK RAPORU

%**3**

BENZERLİK ENDEKSİ

%**2**

İNTERNET
KAYNAKLARI

%**0**

YAYINLAR

%**3**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

Submitted to Istanbul Aydın University
Öğrenci Ödevi

%**1**

2

polen.itu.edu.tr
İnternet Kaynağı

%**1**

3

ugader.org
İnternet Kaynağı

%**1**

4

Submitted to Istanbul Gelisim University
Öğrenci Ödevi

%**1**

Alıntılarını çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkart

< %1

Bibliyografyayı Çıkart

üzerinde