T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKÇAKALE-CEYLANPINAR KARAYOLUNDA GEOFOAM VE ZEMİN DOLGU ALTERNATİFLERİ ARASINDAKİ STABİLİTE ANALİZİ VE MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

Ferhat YETİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

DİYARBAKIR
Mayıs 2018

T.C

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKÇAKALE-CEYLANPINAR KARAYOLUNDA GEOFOAM VE ZEMİN DOLGU ALTERNATİFLERİ ARASINDAKİ STABİLİTE ANALİZİ VE MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

Ferhat YETİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

DİYARBAKIR
Mayıs 2018

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Ferhat YETİZ tarafından yapılan "Akçakale-Ceylanpınar Karayolunda Geofoam ve Zemin Dolgu Alternatifleri Arasındaki Stabilite Analizi ve Maliyet Karşılaştırması konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi. Mehmet Hayrullah AKYILDIZ

Üye : Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN

Üye : Doç. Dr. Aşkın ÖZOCAK

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 22/06/2018

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../06/2018

Doç.Dr.Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Yol inşaatının geosentetiklerle güçlendirilmesi ve kullanım nedenleri tez konusunu seçmemde yardımcı olan ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Hayrullah AKYILDIZ'a saygılarımı sunarım.

Tez incelemesindeki katkılarından ve yüksek lisans eğitimimin her aşamasındaki yardımlarından dolayı değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN'a ve sayın Doç. Dr. Salih KESKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca EPS dolgu uygulamalarındaki deneyimiyle bilgilerini paylaşmayı benden esirgemeyen Austrotherm uygulama sorumlusu sayın Emre AKINAY'a teşekkür ederim.

Verdikleri tüm maddi ve manevi destekler için aileme ve dostlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR…… I

İÇİNDEKİLER..... II

ÖZET……..... V

ABSTRACT…… VI

ŞEKİL LİSTESİ…… VII

EK LİSTESİ……... XI

KISALTMA VE SİMGELER……... XII

1. GİRİŞ…… 1

2. KAYNAK ÖZETLERİ..... 3

2.1. Geosentetik Türleri……... 3

2.2. Geosentetiklerin İşlevleri…….. 3

2.1.1. Geotekstiller……. 5

2.1.1.1. Örgülü Geotekstiller…… 5

2.1.1.2. Örgüsüz Geotekstiller……..... 6

2.1.2. Geogrid…….. 9

2.1.2.1. Ekstrüde Tek Yönlü Geogrid…… 13

2.1.2.2. Ekstrüde İki Eksenli Geogrid…… 13

2.1.3. Geokompozitler……..... 15

2.1.4. Geomembranlar……..... 17

2.1.5. Geohücre (geocell)……..... 19

2.1.6. Geonetler…….. 20

2.1.7. Geosentetik Kil Kaplama……. 21

2.1.8. Geotüp…….. 22

2.1.9. Geofoamlar…… 24

2.1.9.1. Geofoam Dolguların Kullanım Alanları ……. 31

3. MATERYAL VE METOT…… 37

3.1. Materyal……... 37

3.2. Metot…… 38

4. BULGULAR VE TARTIŞMA……. 43

4.1. Her Cins Klastaki Zeminde Ocak Ariyeti Kazısı Yapılması ve Kullanılması Pozu Maliyet Analizi…… 44

4.1.1. Her Cins ve Klastaki Zeminde Ocak Ariyeti Kazısı Yapılması, Kullanılması ve Nakli……..…... 44

4.1.2. Dolguya Gelen Her Cins Kazı Malzemesinin Sulama ve Sıkıştırma Karşılığı……..... 48

4.1.3. Kazı ve Su Nakli Paçal Pozları……... 51

4.2. Geofoam Dolgu Malzemesinin Akçakale-Ceylanpınar Yolunda Kullanılması Maliyet Analizi…….. 53

4.2.1. Geofoam Dolgu Maliyeti……. 54

4.2.2. Geofoam Dolgu Üzerine Yapılan Betonarme Tabaka Maliyeti……..... 59

4.2.2.1. Betonarme Tabaka Beton Maliyeti…….. 59

4.2.2.2. Betonarme Tabaka Demir Maliyeti…….. 60

4.2.3. Prekast Panel Maliyeti…… 62

4.2.3.1. Prekast Panel Beton Maliyeti……... 63

4.2.3.2. Prekast Panel Demir Maliyeti……..... 68

4.2.4. Geofoam ile Toprak Dolgu Malzemesinin Maliyet Karşılaştırması…… 68

4.3. Plaxis Programıyla Geofoam ve Toprak Dolgu Malzemelerinin Yol Enkesitleri için Modellenmesi……. 69

4.3.1. Zemin Modelleri……... 69

4.3.1.1 Lineer Elastik Model……. 69

4.3.1.2. Mohr Coulomb Model……... 70

4.3.1.3. Soft Soil Model…… 70

4.3.1.4. Jointed-Rock Model……. 70

4.3.1.5. Hardening Soil Model…….. 70

4.3.1.6. Soft Soil Creep Model……. 70

4.3.1.7. User Defined Model……..... 70

4.3.2. Elemanlar……..... 70

4.3.3. Plaxis modelleme Yol Enkesitleri…….. 71

4.3.3.1. Toprak Dolgu Yol Enkesiti…… 72

4.3.3.2. EPS Dolgu Yol Enkesiti……. 72

4.3.3.3. Plaxis Programındaki Yol Enkesitlerinde Kullanılacak Parametreler……..... 73

4.3.3.4. Plaxis Modellemede Yüklerin Girilmesi…….. 73

4.3.4. Plaxis Programında EPS Dolgu Yol Kesitine 394 KPa Basınç Etkimesi…… 77

4.3.5. Plaxis Programında Toprak Dolgu Yol Kesitine 394 KPa Basınç Etkimesi……..... 79

4.3.6. Plaxis Programında EPS Dolgu Yol Kesitine 758.4 KPa Basınç Etkimesi ……... 81

4.3.7. Plaxis Programında Toprak Dolgu Yol Kesitine 758.4 KPa Basınç Etkimesi….. 83

4.3.8. Plaxis Programında EPS Dolgu Yol Kesitine 30 KN/m² Yayılı Yük Etkimesi…. 85

5. SONUÇ VE ÖNERİLER…….. 89

6. KAYNAKLAR…….. 91

EKLER…… 95

ÖZGEÇMİŞ……. 99

ÖZET

AKÇAKALE-CEYLANPINAR KARAYOLUNDA GEOFOAM VE ZEMİN DOLGU ALTERNATİFLERİ ARASINDAKİ STABİLİTE ANALİZİ VE MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ferhat YETİZ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

2018

Geosentetik malzemelerin son yıllarda getirdiği hızlı ve ekonomik çözümler Dünya üzerindeki kullanımlarını giderek arttırmakta ve geoteknik mühendisliği uygulamalarında oldukça kullanılmaktadır. Geosentetikler yol inşaatlarında ve birçok inşaat alanında kullanılmaktadır.

Yol inşaatının her aşamasında (altyapı, üstyapı, sanat yapıları) geosentetiklere rastlamak mümkündür. Geosentetikler yol inşaatlarında drenaj, filtrasyon, ayırma, koruma, güçlendirme, geçirimsizlik gibi çeşitli görevler için kullanılabilmektedir.

Tezin ilk bölümlerinde geosentetiklerin türleri ve görevleri ile ilgili bilgilere genel bir bakış yapılmıştır. Tezin sonraki kısımlarında geosentetik türlerinden geofoamların yol inşaatlarında kullanım nedenlerine değinilmiştir. Yol dolgularında, toprak dolgu malzemelerinin yerine geofoam sentetik dolgu malzemesinin kullanılması durumunda sağladığı ekonomik kazançlar belirtilmiştir.

Geofoam dolguların ekonomik açıdan diğer toprak malzemelere oranla daha ekonomik olduğu görülmüştür. Geofoamlar diğer toprak dolgu malzemelerine oranla oldukça hafif oldukları için daha dik yapılar yapmak ve bu nedenle dolgu miktarında azalmaya gitmek mümkün olmaktadır. Ayrıca geofoamlar topraktan daha az yer kapladıkları için kamulaştırma açısından sağladığı ekonomik faydalara da değinilmiştir. Geofoamların uzun ömürlü olması ve proje sürelerini ciddi oranda düşürmeleri sebebiyle de ekonomik açıdan fayda sağlanmaktadır.

Ayrıca geofoam dolgu malzemeleriyle toprak dolgu malzemelerinin plaxis sonlu elemanlar yöntemiyle taşıma gücü ve deformasyon açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Bu sayede maksimum yük altında geofoam ve toprak dolgu malzemelerinin davranışları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Geofoam, geosentetikler, dolgu, güçlendirme

ABSTRACT

STABILITY ANALYSIS AND COST COMPARISON BETWEEN GEOFOAM AND GROUND FILLING ALTERNATIVES ON AKÇAKALE-CEYLANPINAR HIGHWAY

MASTER'S THESİS

Ferhat YETİZ

UNİVERSİTY OF DİCLE
INSTUTE OF NATURAL AND APPLİED SCİENCE
DEPARTMANT OF CİVİL ENGİNEERİNG

2018

The rapid and economical solutions that geosynthetic materials have brought in recent years increase their use in the world and are widely used in geotechnical engineering applications. Geosynthetics are used in road construction and many construction sites.

It is possible to encounter geosynthetics at every stage of the road construction (infrastructure, superstructure, art structures). Geosynthetics can be used for various tasks such as drainage, filtration, separation, protection, reinforcement, impermeability in road constructions.

In the first part of the thesis, an overview of the types and functions of geosynthetics is given. In the following sections of the thesis, the reason of use geosynthetical types of geofoam fillings have been mentioned in the constructions of roads. The economic benefits provided by have been mentioned in case of using geofoam synthetic material instead of soil filling material in road fillings.

It has been found economically that geofoams are more economical than other soil materials. Because geofoam is very light compared to other earth filling materials, it is possible to make more upright structures and to decrease the amount of fill. In addition, since geofoams cover less space than land, the economic benefits provided by expropriation are also indicated. Geofoam material is an economically beneficial reason to be long-lasting and seriously reducing the duration of the project.

In addition, geofoam filling materials and soil filling materials were compared by means of plaxis finite elements in terms of bearing capacity and deformation. In this way, the behavior of geofoam and soil filling materials under maximum load was investigated.

Key words: Geofoam, geosynthetics, filling, reinforcement

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No:		Sayfa
Şekil 2.1.	Geosentetikler ve kullanım amaçları (Karagül 2007)	4
Şekil 2.2.	Örgülü geotekstil	5
Şekil 2.3.	Örgülü geotekstilin mikroskobik görüntüsü	6
Şekil 2.4.	Örgüsüz geotekstil	6
Şekil 2.5.	Geosentetiklerle zeminde ayırma	7
Şekil 2.6.	Yol inşaatında geosentetiklerin ayırma fonksiyonu (Yoder 1975)	7
Şekil 2.7.	Geosentetiklerin kullanım bölgelerinin yol enkesitinde gösterimi	9
Şekil 2.8.	Temel ile bitümlü asfalt tabakası arasında güçlendirme amaçlı geogrid	9
Şekil 2.9.	Yorulma (timsah) çatlakları	11
Şekil 2.10.	Yol kaplamalarının geogridle güçlendirilmesi	12
Şekil 2.11.	Geogrid uygulaması	12
Şekil 2.12.	Tek yönlü geogrid (www.turkish.geotextile-fabric.com)	13
Şekil 2.13.	Ekstrüde iki yönlü geogrid (www.istanbulteknik.com/geosentetikler)	14
Şekil 2.14.	Geogridlerin taşıma gücüne etkisi (Bayram 2006)	14
Şekil 2.15.	Geogrid-geotekstil örneği	15
Şekil 2.16.	Geotekstil ve geogrid malzemelerin yol kaplamasında birlikte kullanımı	16
Şekil 2.17.	Geomembran uygulaması (www.geomembran.net)	17
Şekil 2.18.	Katı atık depolama sahası	18
Şekil 2.19.	Yol şevlerinde erozyon koruması (www.kartugplastik.com)	19
Şekil 2.20.	Geohücrenin yol dolgusunda kullanılması	20
Şekil 2.21.	Geonet örneği	21
Şekil 2.22.	Geosentetik kil kaplama uygulaması	22
Şekil 2.23.	Geotüp örneği	23
Şekil 2.24.	Geofoam yol dolgusu uygulaması	25

Şekil 2.25. Atina-Thessaloniki otoyolu 2008 Yunanistan 26

Şekil 2.26. Atina-Thessaloniki otoyolu EPS uygulaması 26

Şekil 2.27. Geofoam blok yol dolgusu ve isale hatlarının temsili görünümü 27

Şekil 2.28. Gimsøyveien köprüsü, Norveç (Damtev ve ark. 2011) 29

Şekil 2.29. Doksan derece geofoam blok yol dolgusu detayı (Koç 2015) 30

Şekil 2.30. Geogripper örneği 30

Şekil 2.31. Geofoam uygulama örneği 31

Şekil 2.32. Geofoam hafif dolgu malzemesi 32

Şekil 2.33. Geofoam karayolu dolgu uygulaması 33

Şekil 2.34. Japonya'da yol dolgusu uygulamasında bir geofoam duvar 33

Şekil 2.35. Köprü yaklaşım dolgusu örneği (www.epsindustry.org) 34

Şekil 2.36. Hollanda'da otoyol dolgu uygulaması 34

Şekil 3.1. Yol üstyapı kalınlıkları (www.tamyol.com.tr/yol yapım aşamaları) 39

Şekil 3.2. Akçakale-Ceylanpınar yolu dolgu öncesi sıyırma işlemi 40

Şekil 3.3. Akçakale-Ceylanpınar yolu dolgu imalatı 40

Şekil 3.4. Akçakale-Ceylanpınar yolu yapılan dolgu imalatı 41

Şekil 3.5. Akçakale-Ceylanpınar yolu (Ariyet ocağı) 41

Şekil 4.1. Akçakale- Ceylanpınar yolu teklif cetveli 43

Şekil 4.2. Ekskavatörün 1 saatlik ücreti poz detayı 44

Şekil 4.3. Traktör ripperin 1 saatlik ücreti poz detayı 45

Şekil 4.4. Traktör buldozerin 1 saatlik ücreti poz detayı 45

Şekil 4.5. Ekskavatör ve buldozerle yapılan toprak ve küskülük kazıların metreküp birim fiyat analizleri 46

Şekil 4.6. Ariyet ocağı genel ve makine klaslarının birim fiyatlarla çarpılması 48

Şekil 4.7. Arazözün 1 saatlik ücreti poz detayı 49

Şekil 4.8. Motopompun 1 saatlik ücreti poz detayı 49

Şekil 4.9. Titreşimli silindirin 1 saatlik ücreti poz detayı 50

Şekil 4.10. Arazöz ile sulama karşılığı poz detayı 50

Şekil 4.11. Her cins toprak ve küskülüğün sulanması ve sıkıştırılması poz detayı 51

Şekil 4.12. Sulama ve sıkıştırma pozu 51

Şekil 4.13. Ocak ariyet kazısı yapılması ve kullanılması poz detayı 53

Şekil 4.14. Akçakale-Ceylanpınar yolu enkesiti (km:50+900) 55

Şekil 4.15. Akçakale-Ceylanpınar yolu enkesiti (km:50+980) 55

Şekil 4.16. Akçakale-Ceylanpınar yolu enkesiti (km:50+880) 56

Şekil 4.17. Her türlü inşaatta kuruda veya suda her dozda demirli beton 59

Şekil 4.18. Menfezlerde düz yüzeyli, rendeli beton ve betonarme kalıbı 60

Şekil 4.19. TSE Çelik hasır tablosu 61

Şekil 4.20. Nervürlü çelik hasırın temini ve yerine konulması işçiliği 61

Şekil 4.21. Prekast cephe panelleri yapılması ve yerine konulması 63

Şekil 4.22. Lastik tekerlekli yükleyicinin 1 saatlik ücreti 80 HP 64

Şekil 4.23. Prekast elemanlar için 1 m² çelik kalıp yapılması 65

Şekil 4.24. Buhar jeneratörünün 1 saatlik ücreti 65

Şekil 4.25. Prekast cephe panellerinin yerine konulması 66

Şekil 4.26. Kamyonun 1 saatlik ücreti 120 HP gücünde ve 7 ton kapasiteli 66

Şekil 4.27. Kamyon üzerine monte edilmiş vinçin bir saatlik ücreti 67

Şekil 4.28. Zemin elemanlarındaki düğüm ve gerilme noktalarının pozisyonu (Keskin 2009) 71

Şekil 4.29. Ariyet dolgu malzemesiyle yapılan yol enkesiti 72

Şekil 4.30. EPS geofoam dolgu malzemesi kullanıldığında oluşan yol enkesiti 72

Şekil 4.31. Plaxis modellemede kullanılacak parametreler (Faheem ve Hassan 2014) (www.web.itu.edu.tr/kimence/bolum1) (Tefera ve ark. 2011) 73

Şekil 4.32. H30-S24 kamyonun uzunluk ve yola etkiyen yük değerleri 74

Şekil 4.33. Lastik şişirme basınçları (www.michelintruck.com) 75

Şekil 4.34. Eş değer dörtgen alana dönüştürme yöntemi(NCHRP 2004) 75

Şekil 4.35. Eş değer dörtgen alan ölçüleri 75

Şekil 4.36. Plaxis programında uygulanacak yük alan ilişkisi 76

Şekil 4.37. Plaxis programında 394 kilopascal basınç için EPS enkesitindeki Deformasyon değeri 77

Şekil 4.38. Plaxis programında 394 kilopascal basınç için EPS enkesitinde toplam yer değiştirme 78

Şekil 4.39. Plaxis programında 394 kilopascal basınçta EPS enkesitindeki ortalama gerilme 78

Şekil 4.40. Plaxis programında 394 kilopascal basınç için EPS dolgu kısmında oluşan gerilme 79

Şekil 4.41. Plaxis programında 394 kilopascal için toprak dolgu enkesitinde toplam yer değiştirme 80

Şekil 4.42. Plaxis programında 394 kilopascal toprak dolgu enkesiti için ortalama gerilme 80

Şekil 4.43. Plaxis programında EPS kesitinde 758.4 kilopascal için oluşan deformasyon değeri 81

Şekil 4.44. Plaxis programında 758.4 kilopascal için EPS enkesitinde toplam yer değiştirme 82

Şekil 4.45. Plaxis programında 758.4 kilopascal için EPS enkesitinde ortalama gerilme 82

Şekil 4.46. Plaxis programında 758.4 kilopascal için EPS dolgu kısmanda oluşan gerilme 83

Şekil 4.47. Plaxis programında 758.4 kilopascal için toprak dolgu enkesitinde toplam yer değiştirme 84

Şekil 4.48. Plaxis programında 758.4 kilopascal için toprak dolgu enkesitinde oluşan ortalama gerilme 84

Şekil 4.49. Plaxis programında 30 KN/m² yükte EPS dolguda oluşan toplam yer değiştirme 85

Şekil 4.50. Plaxis programında30 KN/m² yükte EPS dolgu kısmanda oluşan gerilme 86

Şekil 4.51. 20 kg/m³ EPS bloklar için gerilme/şekil değiştirme eğrisi 86

EK LİSTESİ

Ek No: **Sayfa**

EK-1 01.01.2012 sonrası ihaleler için yol, köprü, tünel, bitümlü kaplamalar, bakım ve trafik işlerine ait fiyat analizleri 95

EK-2 01.01.2012 sonrası ihaleler için yol, köprü, tünel, bitümlü kaplamalar, bakım ve trafik işlerine ait fiyat analizleri 96

EK-3 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı inşaat, makine ve araç rayiç fiyatları 2017 97

KISALTMA VE SİMGELER

ACY : Akçakale-Ceylanpınar Yolu

ASTM : American Society for Testing and Materials

DSİ : Devlet Su İşleri

EPS : Expanded Polystyrene

GAP : Güneydoğu Anadolu Projesi

HDPE : High Density Polyethylene

HDS : Hücresel Dolgu Sistemi

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

KN : Kilo Newton

KPA : Kilo Pascal

LLDPE : Lineer Low Density Polyethylene

NCHRP : National cooperative highway research program

NRRL : Norwegian Road Research Labaratory

PP : Polipropylene Plastic

PVC : Polivinil Clorür

TCK : Türkiye Cumhuriyeti Karayolları

TİGEM : Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü

TL : Türk Lirası

TPO : Thermoplastic Olefin

UV : Ultraviyole

VLDPE : Very Low Density Polyethylene

XPS : Exctruded Polystyrene

1.GİRİŞ

Mühendislik uygulamalarında geosentetiklerin kullanımı hızlı şekilde gelişme göstermektedir. Geosentetikler, polimerik malzemelerin işlenmesiyle oluşmaktadır.

Geosentetikler, polimer malzemelerden meydana gelmektedir. Polimerler; polivinil klorür, polyester, polietilen ve polipropilen hammaddelerinden meydana gelir. Geosentetik malzemelerin hangi alanda ve niçin kullanılacağını bu hammaddelerin yapısı ve üretim şekli belirlemektedir.

Son zamanlarda geosentetik malzemeler şev stabilizasyonlarında, zemin güçlendirme ve iyileştirme uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Geosentetiklerin kullanım alanları oldukça geniştir. Yol inşaatlarında birçok kullanım alanı mevcuttur. Başlıca geosentetikler; geomembran, geofoam, geotekstil, geogrid, geohücre, geotüp, geonet, geotekstil kil kaplama ve geokompozitler olarak karşımıza çıkmaktadır. Geogridler yapılarda güçlendirme ve iyileştirme amacıyla kullanılırken, geotekstiller koruma, filtrasyon ve ayırma amacıyla, geohücreler erozyon kontrolü, yüzey ve şev stabilizasyonu sağlamak amacıyla, geonetler drenaj amacıyla, geomembranlar ise geçirimsizlik amacıyla kullanılmaktadırlar.

Geosentetik malzemeler sahadaki geoteknik problemleri anında çözen aynı zamanda pratik, ucuz ve imalatı kolay olan malzemelerden meydana gelmektedir. Geosentetiklerin, geoteknik mühendisliğinde ekonomik ve çevresel yönden sağladıkları katkılardan dolayı kullanımları artış göstermektedir.

Geosentetik malzemelerin yol inşaatlarında ilk kullanımı 1926 yılında Güney Carolina'da gerçekleştirilmiştir. Dokuma malzemeleri, özelliklerini kaybetmeyene kadar yol yapısının bozulmadığı tespit edilmiştir (Koerner 1999).

Diğer yapı malzemelerine göre kolay taşınabilmeleri, hafif olmaları, kolay uygulanabilmesi ve uzun ömürlü olması sebebiyle geosentetiklerin kullanım alanları giderek hızlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, geosentetik malzemelerin yol inşaatlarında kullanıldığı yerler, kullanım nedenleri, yol inşaatlarında ve diğer inşaat alanlarında kullanıldığında ne gibi faydaları olduğuna değinilmiştir. Geofoam dolgu malzemesinin diğer toprak dolgu malzemeleriyle mühendislik ve ekonomik açıdan karşılaştırılması yapılmıştır.

Geofoam dolguların kamulaştırma problemleri açısından sunduğu ekonomik ve çevresel çözümlere değinilmiştir.

İnşaatlarda geofoam malzemelerin haricinde geogrid, geonet, geomembran, geotekstil, geohücre, geosentetik kil kaplama, geokompozitler ve diğer geosentetik malzemelerin yol inşaatlarında ve diğer inşaat alanlarındaki kullanım yerlerine, sağladığı katkılara değinilecektir.

Ayrıca geofoam dolgu malzemeleriyle toprak dolgu malzemelerinin plaxis sonlu elemanlar yöntemiyle taşıma gücü ve deformasyon açısından karşılaştırması yapılmıştır.

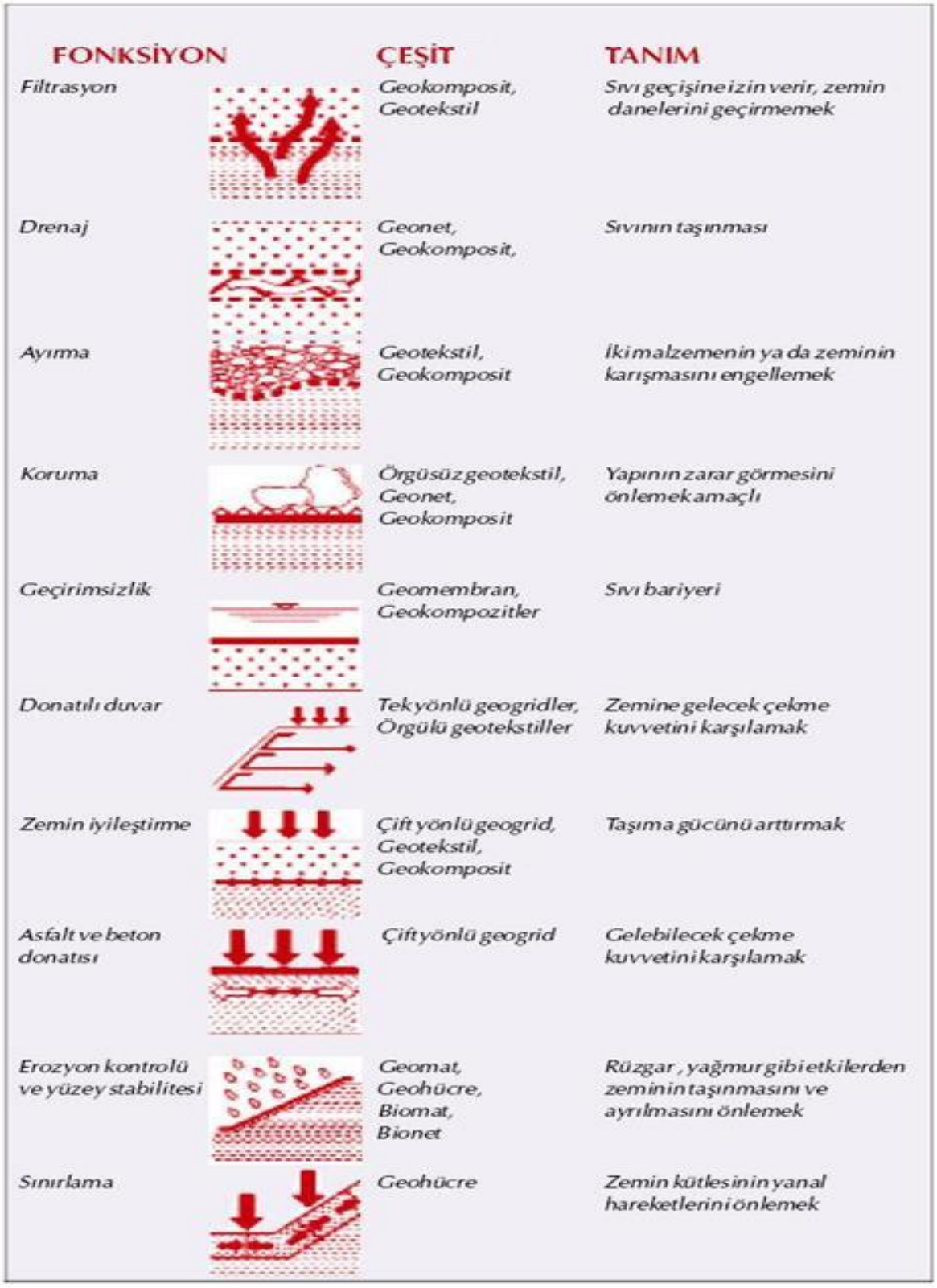
2.KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Geosentetik Türleri

1. Geotekstil
2. Geogrid
3. Geokompozit
4. Geomembran
5. Geohücre
6. Geonet
7. Geosentetik kil kaplama
8. Geotüp
9. Geofoam

2.2. Geosentetiklerin İşlevleri

- Sıvı/Gaz Engelleme (Fluid/GasBarrier/Containment)
- Ayırma (Seperation)
- Filtrasyon (Filtration)
- Drenaj (Drainage)
- Güçlendirme (Reinforcement)
- Koruma (Protection)
- Şev Stabilizasyonu/Erozyon Kontrolü (Slope Stabilation/Erosion Control)



Şekil 2.1. Geosentetikler ve kullanım amaçları (Karagül 2007)

2.1.1. Geotekstiller

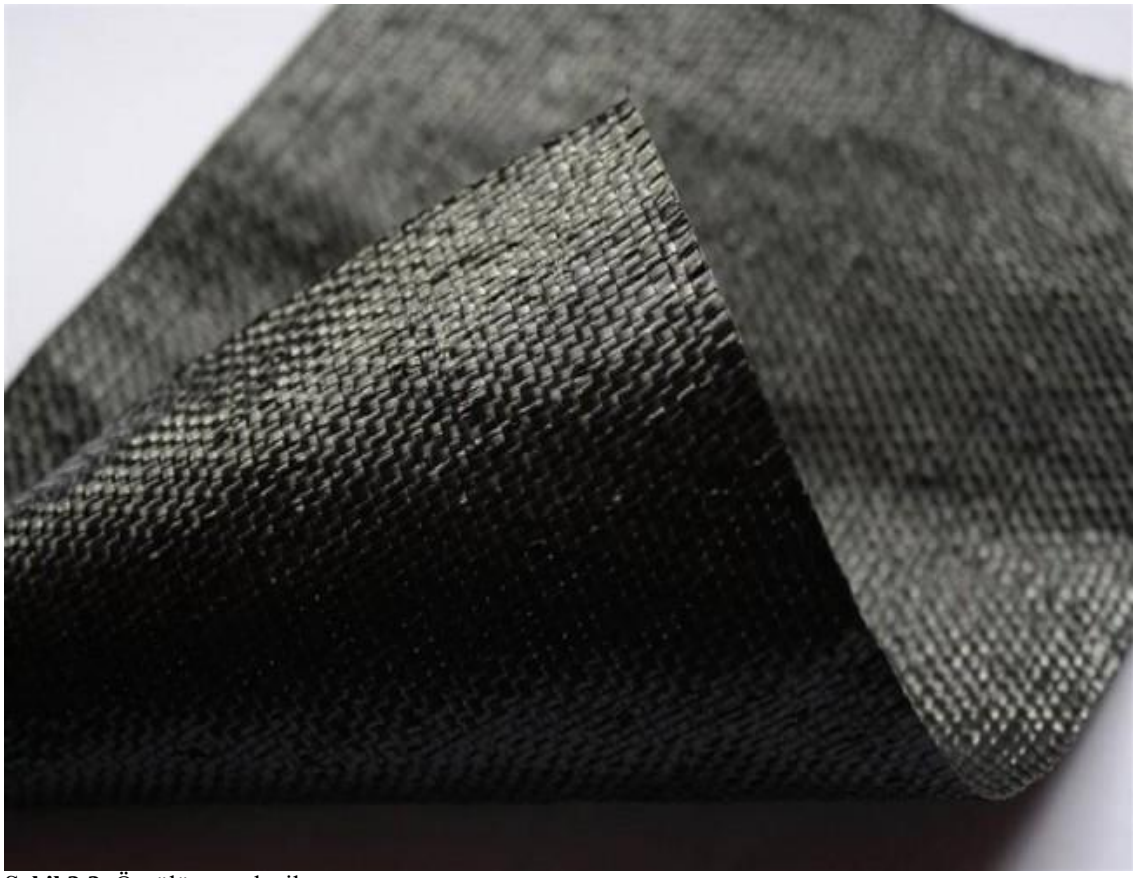
Geotekstiller; polyester, polipropilen, poliamid, polietilen, polivinil klorid hammaddelerinden üretilen geçirgen örtülerdir.

Geotekstiller, esnek ve ince yapıda olması ve çekme mukavemetin güçlü olması sebebiyle yol inşaatlarında ve diğer inşaat alanlarında kullanılan sentetik ürünlerdir.

Tekrarlı yüklere maruz kalan kaplamasız yollarda, tabakalar geotekstil malzemeler ile korumaya alınırsa yapının ömrü uzamakta ve basınca karşı gösterdiği direnç artmaktadır. Geotekstiller örgülü ve örgüsüz olmak üzere 2'ye ayrılırlar.

2.1.1.1. Örgülü Geotekstiller

Örgülü geotekstiller, dokuma tezgahlarında üretilmektedirler. Çift taraflı ve dik dokundukları için diyagonal mukavemet göstermektedirler. Yüksek çekme dayanımına sahiptir. Düşük uzamalarda yüksek dayanımlara ulaşırlar.



Şekil 2.2. Örgülü geotekstil



Şekil 2.3. Örgülü geotekstilin mikroskobik görüntüsü

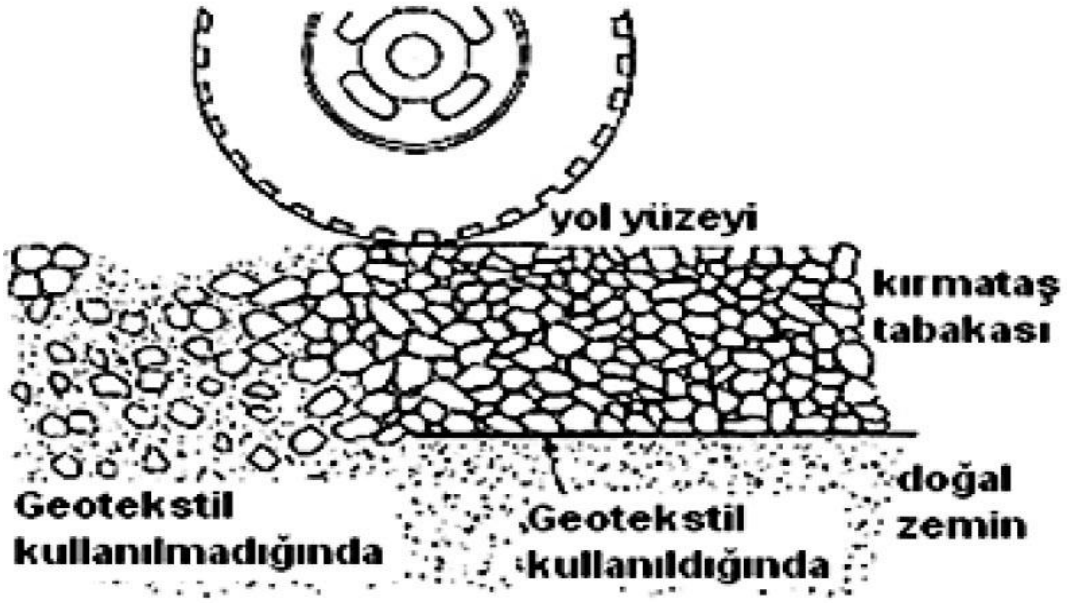
2.1.1.2. Örgüsüz Geotekstiller

Örgüsüz geotekstiller; polipropilen ve polyester hammaddelerinden oluşmaktadır. Çekme dayanımları çok düşük olduğundan dolayı filtrasyon ve ayırma işlemlerinde kullanılmaktadır (Özkol 2006).

Örgüsüz geotekstiller; drenajda, zayıf zeminlerde ve erozyon kontrolü gibi kısımlarda tercih edilmektedir. Drenaj, zayıf zeminlerde ve yol inşaatlarında daha çok ayırma amaçlı kullanılırken erozyon kontrolünde ise filtrasyon amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 2.4.).

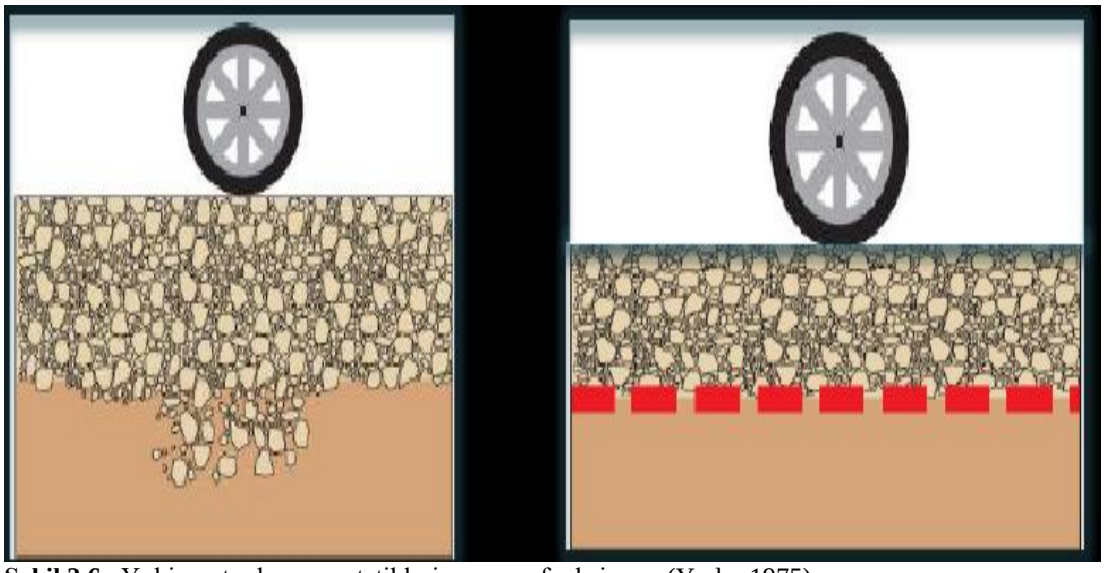


Şekil 2.4. Örgüsüz geotekstil



Şekil 2.5. Geotekstillerle zeminde ayırma

Geotekstiller, ince ve kaba daneli zemin arasına yerleştirildiğinde ayırma görevi görmektedir. Bu şekilde yolun üstünden geçen dinamik ve tekrarlı yükler altında kaba ve ince daneli zemin birbirine karışmamış olur (Şekil 2.5.). İnce ve kaba daneli zeminlerin birbirine karışması durumunda zemin üst yapısında bozulmalar ve çökmeler meydana gelebilmektedir (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Yol inşaatında geosentetiklerin ayırma fonksiyonu (Yoder 1975)

Geotekstilin filtrasyon görevi, suyun geçişine izin vermektedir. Bunun yanında en küçük dane çaplı zemini tutar ve sürüklenmesine izin vermez (Aksoy 1993).

Geotekstil uygulamasının yapılmasından sonra su ile birlikte ince daneli zemin de akmaya başlar. İnce daneli zemin su ile birlikte gittiği için geotekstil üzerinde sadece kaba malzeme kalır. Geotekstil malzemenin üzerindeki bu kaba malzeme doğal filtrasyon görevi sağlar (Aksoy 1993).

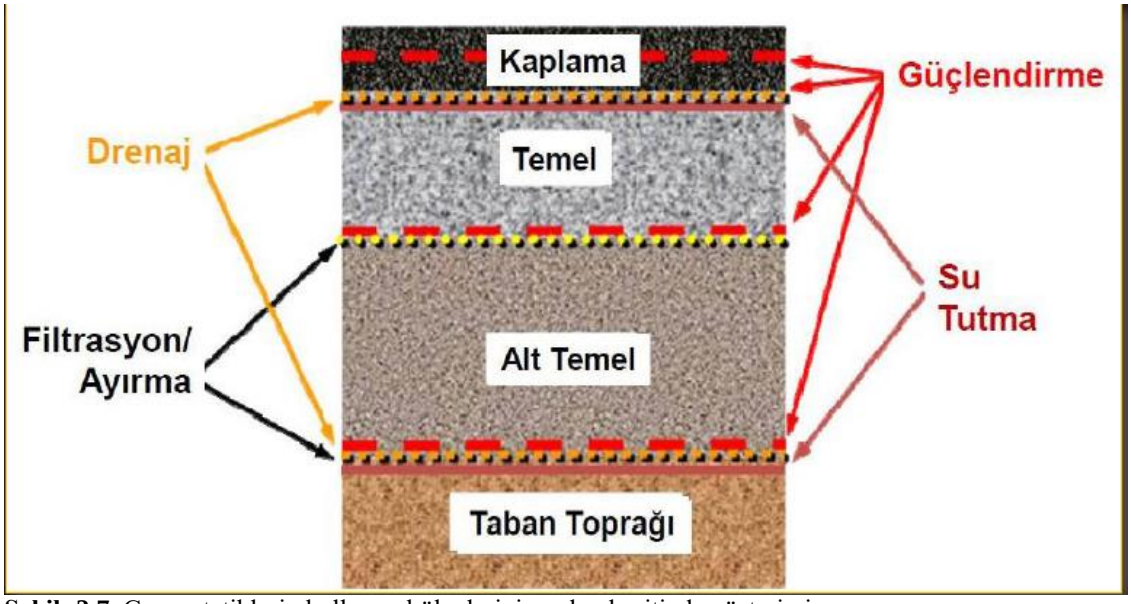
Geotekstiller drenaj amacıyla kullanıldığı zaman bünyesinde bulundurduğu sıvı veya gazları istenilen çıkışa doğru sürükler. Zemine yerleştirilen geotekstiller, zemini trafik ve olumsuz hava koşullarından koruyarak yüzeysel koruma da sağlar. Geotekstiller, zemine nazaran çok geçirgendir. Özellikle gözenekli olduklarında ve yeterli eğim sağlandığında, kendi düzlemlerinde su akımı sağlanabilir. Suyun tahliye edilmesi gereken inşaat uygulamalarında tercih edilebilmektedir (Öztekin 1992).

Geotekstiller eğer drenaj olarak kullanılacaksa geçirgenliğe ve basınca karşı dayanımı yüksek olmalıdır. Geotekstiller ayrıca diğer geosentetik malzemelerle beraber kullanılarak inşaatlarda yalıtım, koruma, güçlendirme gibi faydalarda sağlamaktadır.

Yalıtım olarak kullanılması istenildiğinde bitüm gibi maddelerle doygun hale getirilmesi gerekmektedir. Geotekstil, bu sayede membran görevi görmüş olmaktadır. Genellikle yol kaplamalarında bu şekilde kullanılabilmektedir.

Geotekstiller, yüksek çekme direncine sahip oldukları için zemindeki deformasyon gücünü arttırıp zeminin güçlendirilmesini sağlarlar. Zeminin güçlendirilmesini sağlayarak yumuşak zeminlerde agrega miktarında azalmaya gidilebilir. Bu sayede ekonomik kazanç sağlanır.

Geosentetiklerin yol enkesitindeki kullanım bölgeleri Şekil 2.7.'de gösterilmiştir.



Şekil: 2.7. Geosentetiklerin kullanım bölgelerinin yol enkesitinde gösterimi

2.1.2. Geogrid

İnşaat Mühendisliği uygulamalarında, geogrid malzemelerin temel görevi zeminin taşıma kapasitesini arttırmasıdır. Üretildiği hammadde gereği geogridler; poliester, polipropilen, polietilen ve polivinil alkol hammaddelerinden üretilirler. Geogridlerin en önemli özelliklerinden biri de zemin tabakalarının bütün halinde çalışmasını sağlamasıdır. Geogridler bu nedenle, şev stabilizasyonu, yolun altyapı ve üstyapı gibi kısımlarında kullanılmaktadır.



Şekil 2.8. Temel ile bitümlü asfalt tabakası arasında güçlendirme amaçlı geogrid

Geogridlerin önemli özellikleri arasında; sünek olması, yüksek dayanımlı olması, kimyasal etkilere ve ultraviyole (U.V) etkilerine karşı korumalı olması yer almaktadır.

Doğada kum, kil, kum-çakıl zemin gibi çeşitli özellikte zemin türleri vardır. Bu nedenle, zemin yapılarına göre farklı tiplerde geogrid malzemeler kullanılmaktadır. Geogrid malzemeler zemin iyileştirme yöntemi olarak da kullanım alanı bulmaktadır. Geogrid malzeme zemindeki oturmaları engeller. Hızlı ve ekonomik olması da geogrid malzemeleri cazip kılan diğer etkenler arasında yer alır. Yol inşaatlarında geogrid kullanımıyla tabaka kalınlıkları düşürülebilir. Bu sayede ekonomik kazanç elde edilebilmektedir. Şekil 2.8.'de asfalt ile temel tabakası arasına geogrid uygulaması yapılmıştır.

Ülkemizde en çok tercih edilen ulaşım türü karayoludur. Aşırı yüklü araçlardan dolayı ülkemizde yollar hasara uğramaktadır. Yollarda meydana gelen oturmalar çökmelerden, çevresel faktörlerden ve yanlış yol imalatından kaynaklanmaktadır. Gece ve gündüz farklarının fazla olması, kış aylarının çok soğuk, yaz aylarının çok sıcak geçmesi yolun bozulmasına neden olan çevresel faktörlerdir.

Yolların bozulmasına neden olan bir diğer etkende, yol çalışanlarının imalat sırasında yaptıkları sorumsuz ve bilinçsiz uygulamalardır. Örneğin, yol dolgusu yapılırken uygun olmayan dolgu malzemesi kullanılması, dolgu tabakalarının yüksek tutulması, yetersiz sıkıştırma ve sıkıştırma işlemi yapılırken dolgu malzemesinin yetersiz sulanması yolun ömrü açısından yola zarar veren etkenlerdir.

Yol üstyapısı açısından zarar veren etkenler ise alttemel ve temel tabakalarının kalınlığının düşük tutulması, uygun olmayan malzeme kullanılması, asfalt karışımında yetersiz bitüm kullanılması ve imalat sırasında finişer ekibinin hatalı işçiliği de yola zarar veren etkenlerdendir. Bu nedenle yol tabakalarının belli kısımlarında zemin taşıma gücüne katkıda bulunma ve zemin güçlendirme amacıyla değişik türlerde geogrid malzeme kullanılmaya başlanmıştır.

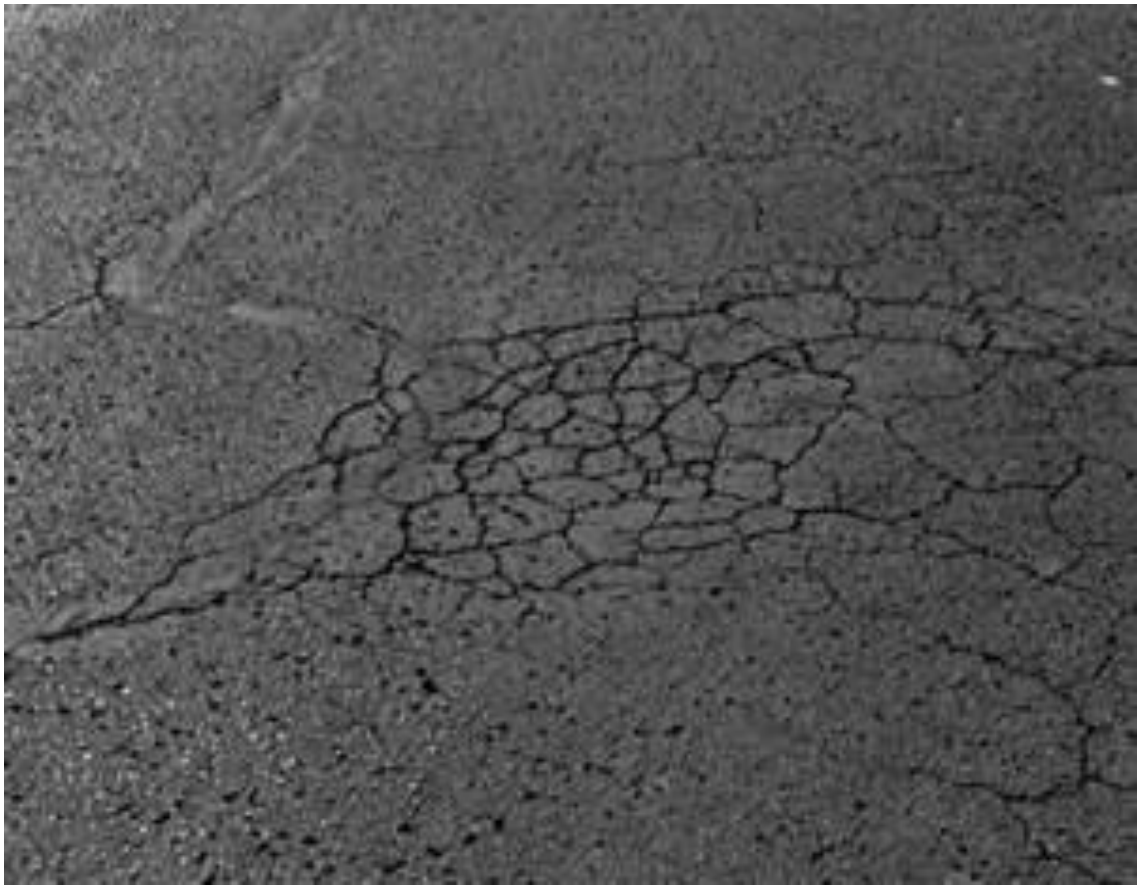
Timsah sırtı oluşumu, tekrarlı trafik yüklerinden dolayı oluşmaktadır. Timsah sırtı oluşumu şekil 2.9.'da gösterilmiştir. Bu gibi yolda meydana gelen deformasyonları önlemek için geogridler çözüm olarak tercih edilmektedir.

Geogridler istinat yapılarında donatı olarak, zayıf zeminlerin güçlendirilmesinde asfalt veya beton donatısı olarak kullanılabilmektedir. Donatılı duvarda, geogridin çekme mukavemetinden yararlanılmaktadır (Karagül 2007).

Geogridlerle yapılan donatılı duvarlarda daha dik imalatlar yapılabilmektedir. Bu da daha az yer kaplanacağı anlamına gelmektedir. Geogridler, zayıf zeminlerde kullanılarak zeminin taşıma gücünü arttırır ve zemine yükü üniform dağıtarak farklı oturmaları önler. Zemin iyileştirme için iki yönlü geogridler kullanılmaktadır.

Zeminlerde önemli risklerden biri de sıvılaşmadır. Sıvılaşma riski yüksek olan zeminlerde geogrid zeminin içinde yüzeceği için taşıma gücüne etkisi olmayacaktır. Bu nedenle, sıvılaşma riski olan zeminlerde ya geogrid kullanılmamalı ya da sıvılaşma riski yapılacak önlemlerle ortadan kaldırılmalıdır.

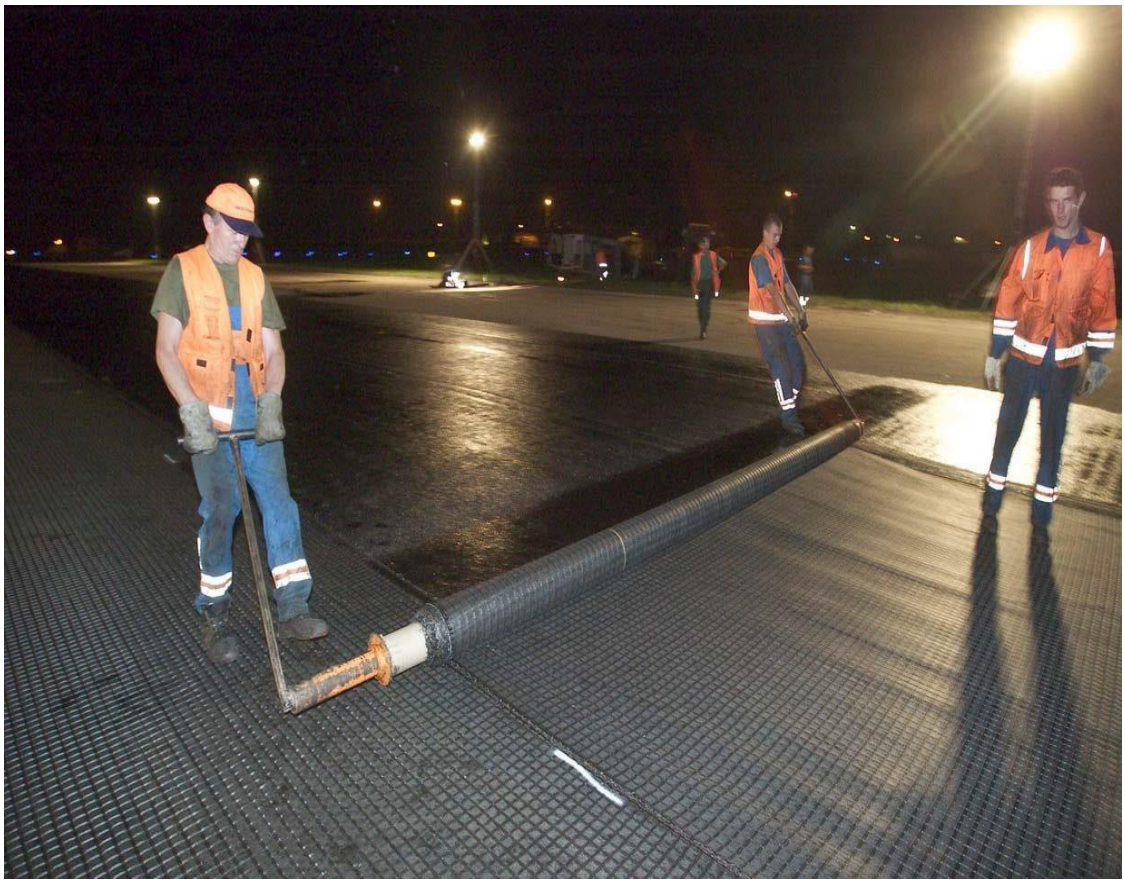
Geogridler, asfalt içinde donatı olarak kullanılabilmektedir. Bu sayede geogridler, asfaltın çekme mukavemetini arttırarak yolun uzun ömürlü ve dayanıklı olmasını sağlar. Şekil 2.10. ve Şekil 2.11.'de çeşitli geogrid uygulamaları gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Yorulma (timsah) çatlakları



Şekil 2.10. Yol kaplamalarının geogridle güçlendirilmesi

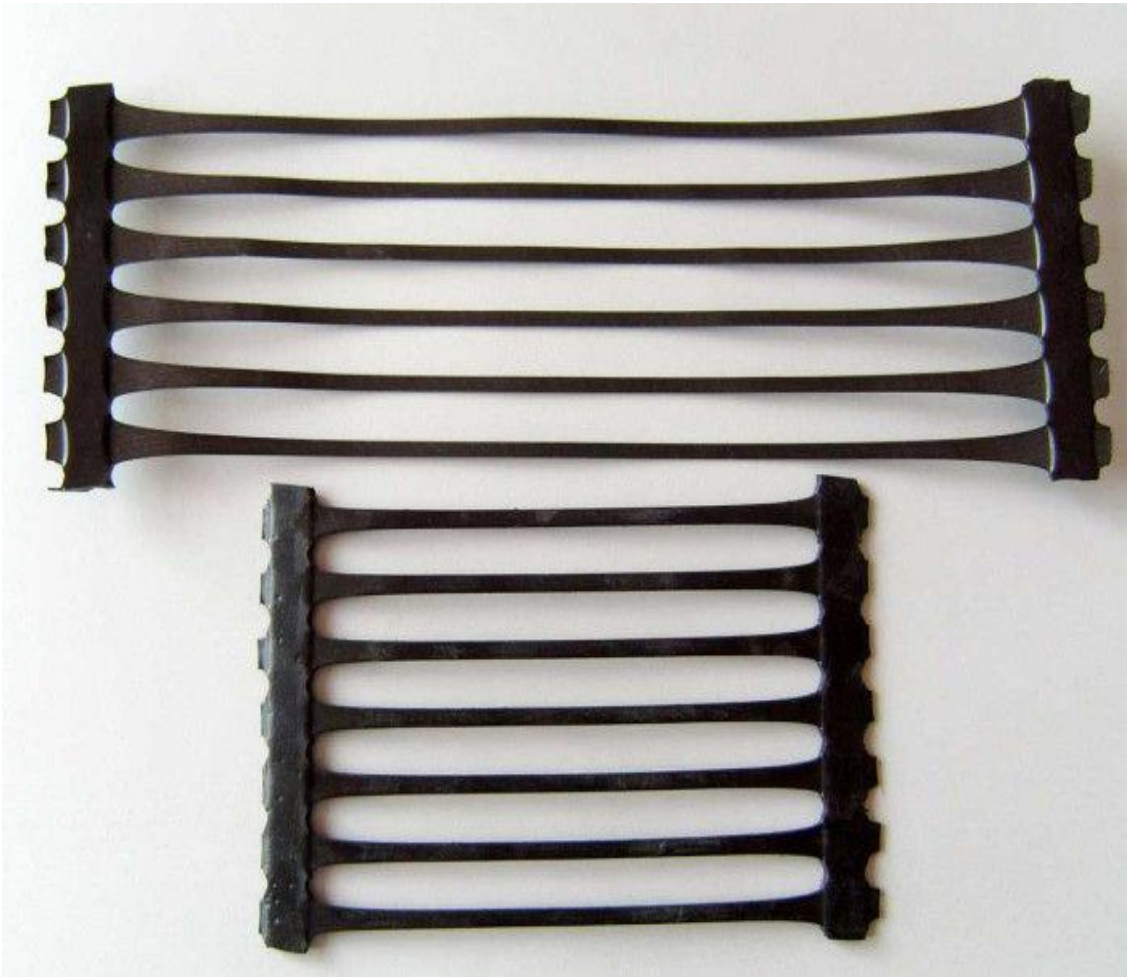


Şekil 2.11. Geogrid uygulaması

Geogridler kullanım amaçlarına göre iki sınıfa ayrılır.

2.1.2.1. Ekstrüde Tek Yönlü Geogrid

Tek yönde yüksek mukavemet elde etmek istendiği takdirde kullanılan geogrid tipidir. Bu tür geogridler genellikle tek yönden baskıya maruz kaldığı için donatılı duvar uygulamalarında kullanılmaktadır. Şekil 2.12.'de tek yönlü geogrid gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Tek yönlü geogrid (www.turkish.geotextile-fabric.com)

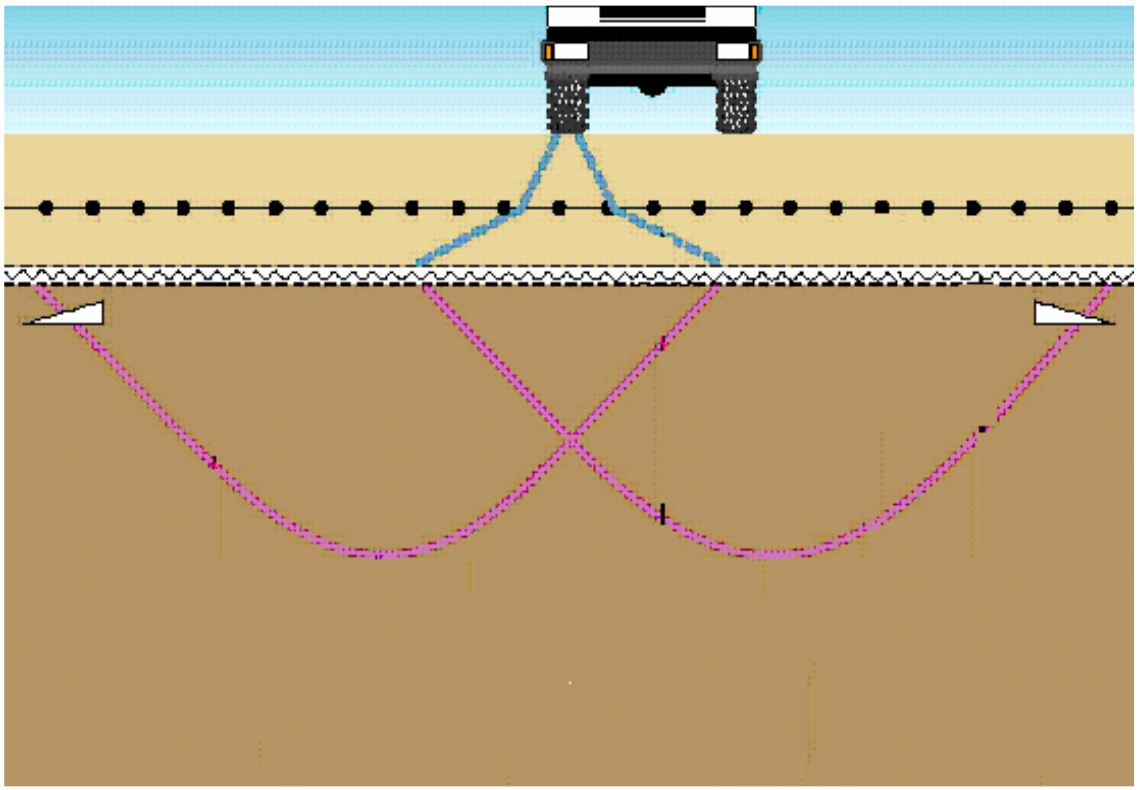
2.1.2.2. Ekstrüde İki Eksenli Geogrid

İki yönden de çekme mukavemetine maruz kaldıkları için iki yönden de basınca maruz kaldıkları yol inşaatlarında zemin iyileştirme ve güçlendirme uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu sayede zeminin taşıma gücü arttırılır. Yolun sağlam, dayanıklı ve uzun ömürlü olması sağlanır.



Şekil 2.13. Ekstrüde iki yönlü geogrid (www.istanbulteknik.com/geosentetikler)

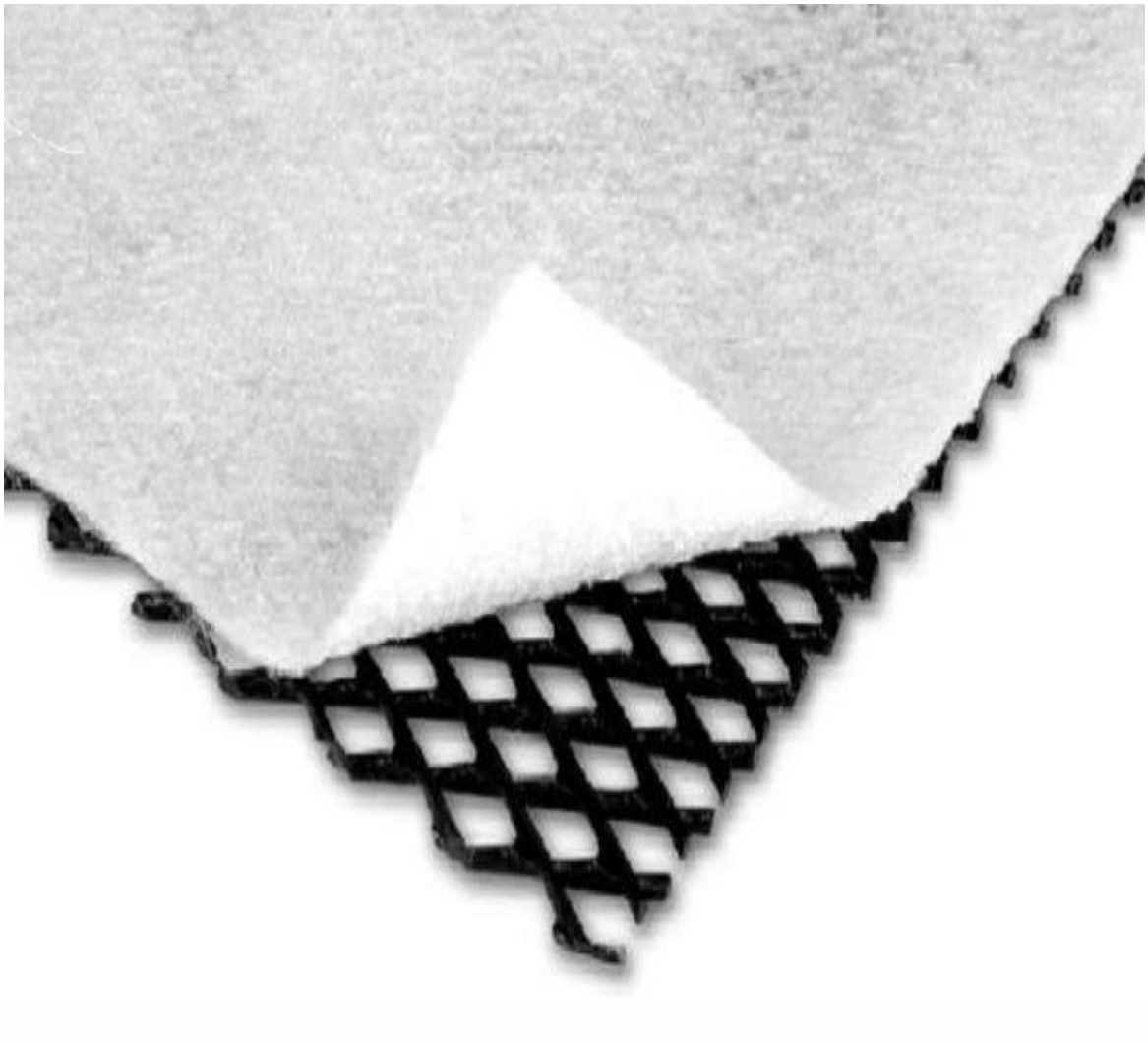
Geogridler dolgu uygulamalarında kullanılabilmektedir (Şekil 2.13.). Geogride gelen yük üniform dağıtılarak gerilme soğanı genişletilir. Bu şekilde zeminde meydana gelecek oturmalar kısıtlanabilir (Bayram 2006). Şekil 2.14.'de geogrid kullanıldığında yolda oluşan durum gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Geogridlerin taşıma gücüne etkisi (Bayram 2006)

2.1.3. Geokompozitler

Farklı türdeki geosentetik malzemelerin bir araya gelmesiyle oluşan malzemelerdir. İki ya da daha fazla türden geosentetik malzemenin amaca uygun yöntemler elde etmek için birlikte hareket etmesiyle oluşur. Örneğin, geogrid malzemeyle geotekstil malzemenin bir araya gelmesiyle geogrid malzemenin güçlendirme katkısından yararlanılırken, geotekstil malzeminin de aynı zamanda ayırma ve filtrasyon özelliğinden faydalanılmaktadır (Şekil 2.15.). Asfalt güçlendirme ve çatlakları önleme amacıyla kullanılan türleri de vardır. Geogrid ile örgüsüz geotekstil beraber kulanıldığında yol ömrünü uzatan çözümler meydana getirirler. Örgüsüz geotekstilin sızdırmazlık özelliğiyle kar ve yağmur suları yol yapısına nufus etmez. Geogrid malzeme de yapıya güçlendirme amacıyla katkı sağlar.



Şekil 2.15. Geogrid-geotekstil örneği



Şekil 2.16. Geotekstil ve geogrid malzemelerin yol kaplamasında birlikte kullanımı

Şekilde 2.16.'da görüldüğü gibi geogrid malzemeyle geotekstil malzemenin birlikte kullanımı sonucu oluşan geokompozit sentetik malzemesinin yol inşaatında kullanımı gösterilmiştir. Geokompozit sentetik malzemeler, drenaj sağlamak amacıyla yolun banket kısımlarında da kullanılmaktadır.

Geotekstil ve geomembranların bir araya gelmesiyle oluşan geokompozitlerin, katı atık depolama tesislerinde de kullanım alanı vardır. Geotekstillerin, geomembranla oluşturduğu geokompozitle geomembranlar delinmelere karşı daha dayanıklı olmaktadır.

Geotekstillerin, geonetlerle beraber oluşturduğu geokompozit türünde geotektiller, geonetin altına ve üstüne yerleştirilir. Bu geonet-geotekstil geokompoziti yalnızca geotekstillerin kullanılmasıyla sağlanan drenajdan çok daha güçlü olmaktadır. Geotekstiller ile geonetin oluşturduğu sandviçin içine giren su, geonetin içinden yatay bir şekilde gidebilmekte ve su zarar vereceği bölgeden rahatça hareket edebilmektedir (Koerner 1999).

2.1.4. Geomemranlar

Geomembran hammaddesi üç şekilde işlenebilir. Hammadde olarak Polivinil Clorür (PVC), Thermoplastic Olefin (TPO), Polipropylene plastic (PP), High Density Poliethylene (HDPE), Lineer Low Density Poliethylene (LLDPE), Very Low Density Poliethylene (VLDPE) kullanılabilmektedir (Koerner 1999).

Geomembranlar, pratik olarak su ve buhar geçirmeyen geosentetiklerdir. Termoplastiklerden üretilenler, PVC, HDPE ve VLDPE gibi polimerlerin çeşitli yöntemlerle ince, esnek tabakalar halinde imal edilmesiyle oluşabilirler (Bouzza 2002).

Yapılarda geçirimsizliği sağlamak için kullanılırlar. Yalıtım ve yüzey koruma sağlamak amacıyla kullanılan geosentetik çeşidi olan geomembranlar, kimyasal maddelere ve U.V ışınlarına karşı son derece dayanıklı sentetik malzemelerden oluşmaktadırlar. Çekme kuvvetine karşı yüksek dirence sahip olmaları, delinmelere karşı dayanıklı olmaları, geçirgenlik özelliğinin düşük olmasından dolayı katı atık sahalarında, yapay göllerde, su arıtma tesislerinde, tünellerde, kanallarda ve daha bir çok inşaat alanında kullanımına rastlanmaktadır (Şekil 2.17.).



Şekil 2.17. Geomembran uygulaması (www.geomembran.net)

Geomembran sentetik malzemeleri, özellikle çöp sızıntı sularının ve depo gazlarının toprağa ve yer altı sularına nüfuz etmesini engellemek için katı atık depolama tesislerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Katı atık depolama sahalarında geçirimsizliği sağlamak için kullanılan geomembranların üstüne gelecek yüklerin geomembranlara zarar vermemesi, delinme ve yırtılmalara sebep olmaması için geomembranların üzerinde geotekstiller kullanılır (Akyıldız 2010).

Katı atık depolama alanları için genellikle HDPE geomembranlar kullanılmaktadır. Kullanım alanı en geniş ve en çok tercih edilen geomembran tipi de PVC geomembrandır. DSİ projelerinde, su kanallarında, göletlerde ve havuzlarda kullanım alanları mevcuttur. Şekil 2.18.'de katı atık depolama sahası örneği gösterilmiştir.

LDPE geomembranlar ise sert yapılarından dolayı eğimli ve kıvrımlı arazilerden çok düz alanlarda tercih edilmektedir. Petrol sahaları, zehirli ve sanayi atık depolama yerlerinde, teras ve çatılarda tercih edilmektedir.



Şekil 2.18. Katı atık depolama sahası

2.1.5. Geohücre (geocell)

Zemin güçlendirme ve erozyon kontrolü sağlamak için kullanılan U.V ışınlarına dayanıklı üç boyutlu yapıda geosentetik malzemelerdir. Hücresel dolgu sistemi (HDS) olarak da nitelendirilmektedir. Karayolu şevlerinde, derelerde, kanallarda, hendeklerde, zemin iyileştirmede kullanılmaktadır.

Geohücreler, yağmur ve rüzgar gibi etkenlerin toprağı götürmemesi ve erozyon gibi doğal afetlerin olmaması için kullanılmaktadır. Geohücreler, zemin taşıma gücünü arttırır ve oturmaları minimize eder. Karayolu dolgu uygulamalarında yüksek maliyetli dolgu malzemesi yerine, o yörede mevcut kısmen taşıma gücü daha düşük malzemeyle birlikte geohücreler kullanılarak daha uzak yerlerden malzeme getirilmesinin önüne geçilir. Bu sayede ekonomik olarak kazanç sağlanmış olur. Şekil 2.19.'da geohücrenin şevlerde kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Yol şevlerinde erozyon koruması (www.kartugplastik.com)

Geohücreler, içlerine doldurulan malzemenin yatay hareketini önleyerek yapının bütünlüğünü korumaktadır. Yükler daha geniş alana yayılarak taban zeminindeki gerilmeler minimize olur. Bu sayede, alttemel kalınlıklarında azalmaya gidilebilir ya da alttemel kalınlığı aynı kalarak yapının ömrü uzatılabilir (Şekil 2.20.).



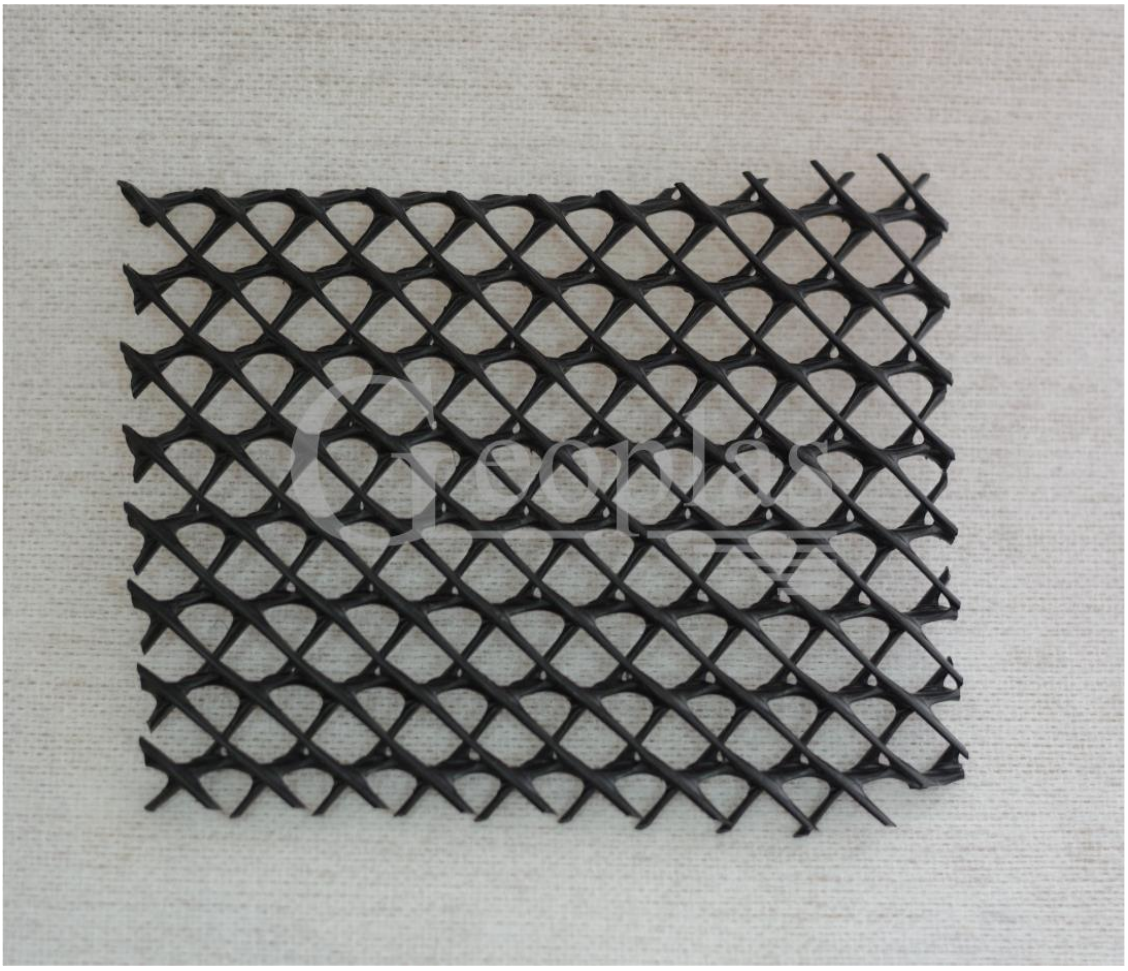
Şekil:2.20. Geohücrenin yol dolgusunda kullanılması

2.1.6. Geonetler

Polietilenden üretilen geonetler, genellikle geotekstiller, geomembranlar ve diğer geosentetiklerle beraber kullanılarak geokompozitler gibi beraber hareket ederler. Geonetler, sıvı veya gazı istenilen çıkış noktasına kendi düzlemi boyunca istenilen noktaya doğru taşır. Drenaj amacıyla kullanılırlar. Geotekstillerle birlikte kullanılarak tabakaların birbirlerine karışmasını engeller. Geonetlerin de drenaj fonksiyonundan yararlanılarak suyun birikmesi önlenir ve suyun akışı sağlanabilir.

Geonetler, şekil itibariyle geogridlere benzerler. Sadece, geonetler geogridlerden görevi itibariyle farklıdır (Dernek 1998).

Geogrid daha çok güçlendirme görevinde kullanılırken, geonetler drenaj için tercih edilmektedir. Şekil 2.21.'de geonet örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.21. Geonet örneği

Geonetler en çok da aşırı yağış alan futbol sahalarında yağışın olumsuz etkilerini önlemek amacıyla saha temellerinde kullanılır. Kaya ve zemin şevlerinde, yol dolgularında kullanılırlar. Kimyasal maddelere ve U.V ışınlarına karşı dayanıklıdırlar.

2.1.7. Geosentetik Kil Kaplama

Geosentetik kil kaplamalar, tipik olarak iki geotekstil arasında ince bir kuru bentonit tabakası içeren ürünlerdir. Bentonit ıslanınca sızdırmaz bir tabaka teşlik eder. Alttaki ve üstteki geotekstil, dikiş veya iğneleme yöntemiyle birbirine tutturulur. Geomembrana yapıştırılmış bentonit tabakası şeklinde de geosentetik kil kaplama vardır (Akyıldız 2010).

Geosentetik kil kaplamalar ilk olarak 1988 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde katı atık toplama merkezinde kullanılmıştır. Geosentetik kil kaplamalar kil şilteler, bentonit şilteler olarak da adlandırılmaktadır (GMA 2002).



Şekil 2.22. Geosentetik kil kaplama uygulaması

Geosentetik kil kaplama, geçirimsizliği sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Orta tabakada yer alan bentonit şilte neme maruz kaldığında genleşir. Bu şekilde, malzeme üzerine uygulanan basınç kuvveti ile geçirimsizlik sağlanır.

Geosentetik kil kaplama; dolgularda geomemranların altındaki tabakalarda, su havuzlarında, göletlerde, bina izolasyonlarında, kanalların kaplanmasında, su tankı kaplamalarında kullanılmaktadır. Şekil 2.22.'de geosentetik kil kaplama uygulaması gösterilmiştir.

2.1.8.Geotüp

Geotüp sentetik malzemesi, geotekstil rulolarının bir araya getirilmesi ile oluşan kapsül şeklindeki elemandır. Geotüpler, gözenekli yapıdadırlar. Suya doygun malzeme veya sulu çamurla dolduruldukları zaman içerisindeki su, geotüpü oluşturan geotekstillerin gözeneklerinden dışarı atılıp katı malzeme geotüplerin bünyesinde tutulur (Leschinscky ve ark. 1996).

Son yıllarda geotekstil tüpler ile yüksek su içeriğine sahip tarama çamurlarının susuzlaştırılması oldukça etkili bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır (Moo-Young ve ark. 2002).

Geotekstil tüpler sayesinde sahil ve dere tabanına çökelmiş kirli zeminler depolanarak çevreye zarar vermeden uzaklaştırılabilmektedir. Projeye göre farklı boy ve çaplarda üretilebilirler.



Şekil 2.23. Geotüp örneği

Geotüp ile susuzlaştırma yöntemi dolum, suyun uzaklaştırılması ve konsolidasyon olarak üç aşamada sıralanmaktadır. Dolum aşamasında geotüpler çamur, kirletilmiş zemin veya atık malzemeyle doldurulur. Suyun uzaklaştırılması sırasında su geotekstil tüpten deşarj edilir. Deşarj edilen su, tekrar kullanılabilecek kalitede veya iyileştirme yapılmadan doğaya bırakılabilecek kalitededir. Son aşama olan konsolidasyon aşamasında ise su geotekstil tüpten deşarj olduğu için geotüpte hacim küçülmesi meydana gelir. Buna bağlı olarak geotüpün yoğunluğu artar. Geotekstil tüp daha sonra açılıp içindeki katı ve kuru malzeme istenilen kullanım veya depolama bölgesine nakledilir.

Geotüpler belediyelerin kanalizasyon atıklarında, sahillerde, limanlarda ve barajlarda kullanılmaktadır (Şekil 2.23.).

2.1.9. Geofoamlar

Geosentetik türlerinden Geofoam, geoteknik uygulamalarında kullanılan köpük malzemesidir. Geofoamlar, gazlara karşı geçirgen yapıdadır. Pek çok geoköpük malzemesi polimerik (plastik) veya camsı köpük esaslıdır (Yılmaz ve ark. 2005).

İki tür polistiren köpük çeşidi vardır. Birincisi, en çok kullanılan tür olan Expanded Polystyrene (EPS)'dir. Diğer Polystyrene türü ise Extruded polistyrene (XPS)'dir. EPS ile XPS'nin aynı yoğunluktaki ürünlerinin performansları birbirine yakındır. Ancak EPS malzemesi daha düşük maliyetlidir. XPS malzemesinin üretim aşamasında çevreye zarar veren gazlar kullanılırken EPS için kullanılan pentan (şişirici gaz) çevreye ve ozon tabakasına zarar vermemektedir. Bu nedenle, EPS malzemesinin kullanım alanı XPS köpük malzemesine göre daha yaygındır.

Geofoam bloklar düşük birim hacim ağırlıkları ve yüksek mukavemet/yoğunluk oranları ile dolgu uygulamaları, sıkışabilir içerik, termal yalıtım ve drenaj gibi çeşitli mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır (Koerner 2012).

İlk geofoam yol izolasyon projesi 1965 yılında gerçekleştirilmiştir. Ancak geofoam hafif dolgu malzemesi olarak ise 1972 yılında "Norveç Yol Araştırma Laboratuvarı" tarafından karayolu uygulamalarında oturmaların azaltılması amacıyla kullanılmıştır (Aboøe 2011). Daha sonra EPS geofoam teknolojisi derin temellerde desteklenen karayolu köprülerinin etrafına yerleştirilen süper hafif bir malzeme olarak Avrupa, Japonya, Amerika ve daha sonra tüm dünyada başarıyla kullanılmaya başlamıştır.

Oslo'da yapılan geofoam köpük uygulamasının başarılı sonuçlanması neticesinde ilk uluslararası geofoam konferansı 1985 yılında Norveç'te yapılmıştır. Norveç'teki "1.Uluslararası Geofoam Konferansı" sonucunda mühendisler geofoam malzemesinin daha önce yapılan uygulamalarda elde edilen sonuçlarını ve proje bilgilerini birbirleriyle paylaşmışlardır. "5.Uluslararası Geofoam Konferansı" ise 9-11 Mayıs 2018 tarihlerinde Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin Girne şehrinde yapılmıştır.

EPS bloklarla otoyol dolgusu inşaatında lider ülke olan Norveç'te yapılan başarılı uygulamalar, diğer ülkelerinde dikkatini çekerek 1985 yılında Japonya'nın Sapporo şehrinde de uygulanmıştır (Tsukamoto 2011).

Bu tarihten sonra Japonya'da EPS blokların inşaat mühendisliği uygulamalarında kullanımları ivme kazanmış ve 1985–2010 yılları arasında toplam 5.3 milyon m³ EPS blok inşaat projelerinde kullanılmıştır (Kubota 2011).



Şekil 2.24. Geofoam yol dolgusu uygulaması

ABD'de ilk geofoam uygulaması 1989 yılında Durango ve Mancos Colorado yolunda yapılmıştır. Aşırı yağış alan ve heyelanın meydana geldiği karayolunda, geofoam dolgularla karayolu şevi yapılmasıyla heyelan problemi ortadan kaldırılmıştır. Geleneksel çözümler düşünüldüğünde, bu projede geofoam hafif dolgu malzemesi kullanılması %500 gibi bir maliyet azalmasına vesile olmuştur. 1997-2001 yıllarında Utah'ta yapılan uygulamalarda da maliyet yönünden önemli kazançlar sağlanmıştır.

Yunanistan'da EPS ile ilk yol inşaatı uygulaması 2008 yılında tarihi Thermopylae alanına yakın Atina-Thessaloniki otoyol inşaatında gerçekleştirilmiştir. Thermopylae tarihi alanı, Sparta kralı Leonidas ve onun gibi birkaç askerin Perslerin istilasına engel olduğu, tarihi savaşın yaşandığı yerdir. Yolun yapıldığı yer, ciddi depremlerin yaşandığı bölgedir. İnşa edilecek yapının depreme dayanıklı olması gerekmektedir. Yolun uzunluğu yaklaşık 1 kilometre ve dolgu miktarı yaklaşık 65 000 m³'tür (Şekil 2.25.).

Projede geofoam dolgu kullanılarak proje süresi kısalmıştır ve proje 2.5 ayda tamamlanmıştır. Günde ortalama 1 000 m³ geofoam dolgu imalatı yapılmıştır (Papacharalampous ve Sotiropoulos). Şekil 2.26.'da Atina-Thessaloniki yolunda EPS uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.25. Atina-Thessaloniki otoyolu 2008 Yunanistan



Şekil:2.26. Atina-Thessaloniki otoyolu EPS uygulaması

Ülkemizin bilinen ilk geofoam blok uygulaması 2012 yılında Bağcılar/İstanbul'da inşa edilen Medipol Mega Hastaneler Kompleksi inşaatında uygulanmıştır (Aliyazıcıoğlu ve Özer. 2015; 2016, Aliyazıcıoğlu 2016). Bu uygulamada geofoam bloklar mevcut otopark yapısı üzerine halihazırdaki otopark yapısının taşıyıcı sistemine ilave yükler getirmeden 0.60–1.50 m yüksekliğinde dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır.

Geofoam teknolojisi farkındalığı ve eğitim faaliyetleri 2017 yılında ülkemizdeki ilk sonuçlarını vermiş ve 2017 yılı ülkemizdeki geofoam uygulamaları açısından bir milat olmuştur. Ülkemizin ilk geofoam yol dolgusu Nisan 2017'de trafiğe açılmıştır (Özer ve Akınay 2017).

Ülkemizde ilk geofoam yol dolgusu İstanbul Çevre Yolu'nun Uzunçayır çıkışının Harem yönü trafiğinin bir kısmının Acıbadem Mahallesine yönlendirilmesi projesi kapsamında yol dolgusu olarak kullanılmıştır. Bu projede, dolgunun inşa edileceği bölgenin yaklaşık 3.80–5.60 m altından geçen ve 2.20 m çapında olan ana isale hatlarına geleneksel sıkıştırılmış toprak dolgu nedeni ile aktarılacak ilave gerilmeleri önlemek adına yol dolgusu inşaatında geofoam bloklar tercih edilmiştir (Şekil 2.27.) (Özer ve Akınay 2017).



Şekil 2.27. Geofoam blok yol dolgusu ve isale hatlarının temsili görünümü

Geofoam dolgu uygulamaları çok hızlıdır. İstenilen ölçülerde kesilip şekillendirilebilir. Şaşırtmalı olarak uygulanır. Dolgu uygulamalarında proje süresini etkileyen faktörlerden biri toprak dolgu malzemelerinin oturma süresidir. Bu durum yıllar alabilmektedir. Geofoam dolgu malzemelerinde ise oturma problemi yoktur. Bundan dolayı uygulama süresi kısalmaktadır. Geofoam dolgu malzemeleri diğer toprak dolgu malzemelerine oranla daha çabuk uygulanabilir. Geofoam dolguların kolay uygulanabilmesinin nedenlerinden biri diğer toprak malzemesine oranla 100 kat daha hafif olmasıdır. Bu nedenle 1 işçi 1 m^3 geofoam dolgusunu rahatlıkla taşıyabilmektedir. 1 m^3 geofoam dolgusu yaklaşık 20-30 kilograma karşılık gelmektedir. 1 m^3 toprak malzemesi ise malzemenin yoğunluğuna ve granüler yapısına bağlı olarak 2.00-2.50 ton değerine karşılık gelmektedir.

Geofoam dolgu malzemesi, diğer toprak dolgu malzemelerine göre tahmin edilebilir davranış göstermeleri sebebiyle güvenli malzemelerdir. Geofoam dolgu malzemeleri homojen yapıdadır. Geofoam modülleri birbirlerine çok iyi tutunurlar. Su emme kapasiteleri çok düşüktür.

İklim şartlarının sıkıntılı olduğu ve donma-çözünme etkilerinin sık yaşandığı bölgelerde, mükemmel yalıtım özelliğiyle asfaltta ve üzerindeki yapılarda çatlakların oluşumu geofoamlarla engellenmektedir. Geofoam dolgu malzemesinin ilk kullanım yerlerinin Norveç gibi soğuk İskandinav ülkelerinde olmasının nedeni İskandinav ülkelerinin soğuk ülkeler olması ve o bölgelerdeki yapılarda donma-çözünme sıkıntılarının yaşanmasıdır. Bölgedeki donmuş zemin malzemelerinin maksimum taşıma kapasitesine ulaşması için yeterince su kaybedememesi ve malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığa ulaşamaması Norveç gibi kuzey Avrupa ülkelerini dolgu malzemeleri açısından yeni arayışlara itmiştir.

Geofoam hafif dolgu malzemesi sıradan toprak malzemelerine göre kağıt üzerinde maliyetli gözükebilmektedir. Projenin geneline bakıldığı ve uzun vadede düşünüldüğü zaman ibre geofoam hafif dolgu malzemesine dönmektedir. İşçilik sürelerindeki önemli azalmalar, geofoam dolgu malzemesinin aşırı hafif olması, daha dik uygulamalar yapılabilmesinden dolayı dolgu miktarındaki azalmalar ve geofoam dolgu malzemesinin uzun ömürlü olması dikkate alındığında önemli ekonomi sağlanmaktadır.

Geleneksel geofoam otoyol dolgu uygulaması; sahanın hazırlanması (temizlik, hafriyat ve tesviye), taban tesviye tabakasının serimi, geofoam blokların blok yerleşim planına göre yerleştirilmesi, son geofoam blok katmanı üzerine betonarme yük yayma platformunun imalatı ve üzerine alt temel, temel ve üst kaplamanın imalatı şeklinde sıralanmaktadır (Stark et al 2004a, b).

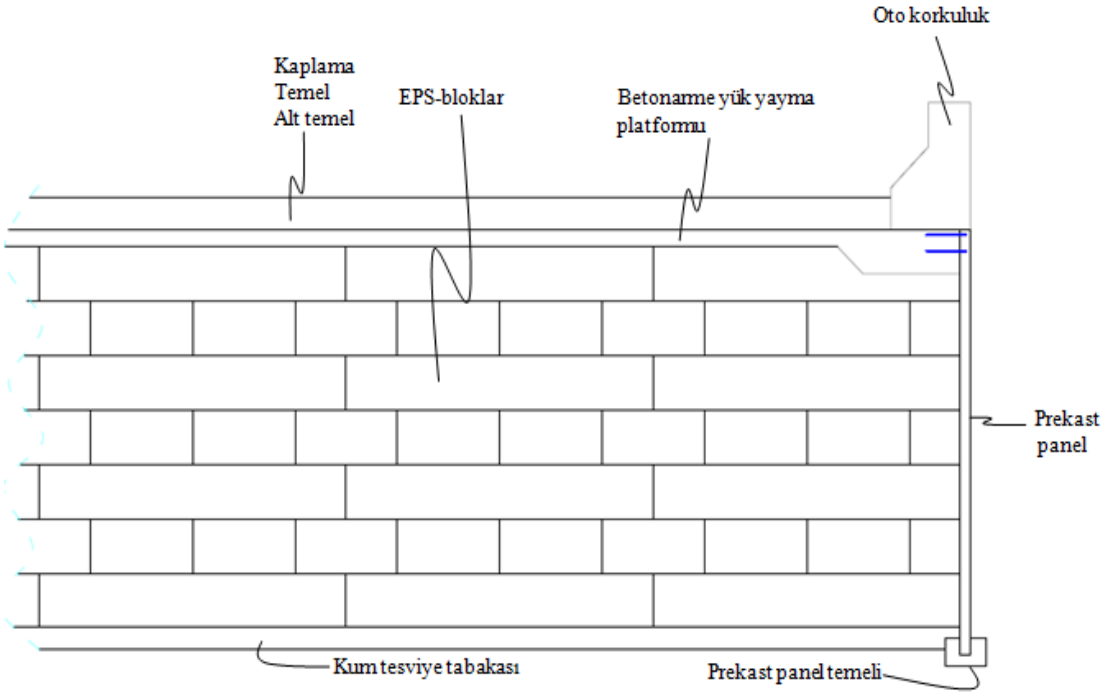


Şekil 2.28. Gimsøyveien köprüsü, Norveç (Damtev ve ark. 2011)

Şekil 2.28.'de görüldüğü gibi köprüde kullanılan EPS bloklar, ön yamaç ve yana doğru dikey olarak yerleştirilmiştir (Bartlett ve ark. 2009).

Geofoam dolgular yol inşaatlarında, hem trapez kesit hem de 90º dik olarak inşa edilebilirler. Eğer geofoam dolgular ile yapılan otoyol dolguları kamulaştırma problemlerinden dolayı 90º dik inşa edilirse prekast paneller bir beton temel üzerine yerleştirilerek yük yayma platformuna ankre edilir (Özer 2016).

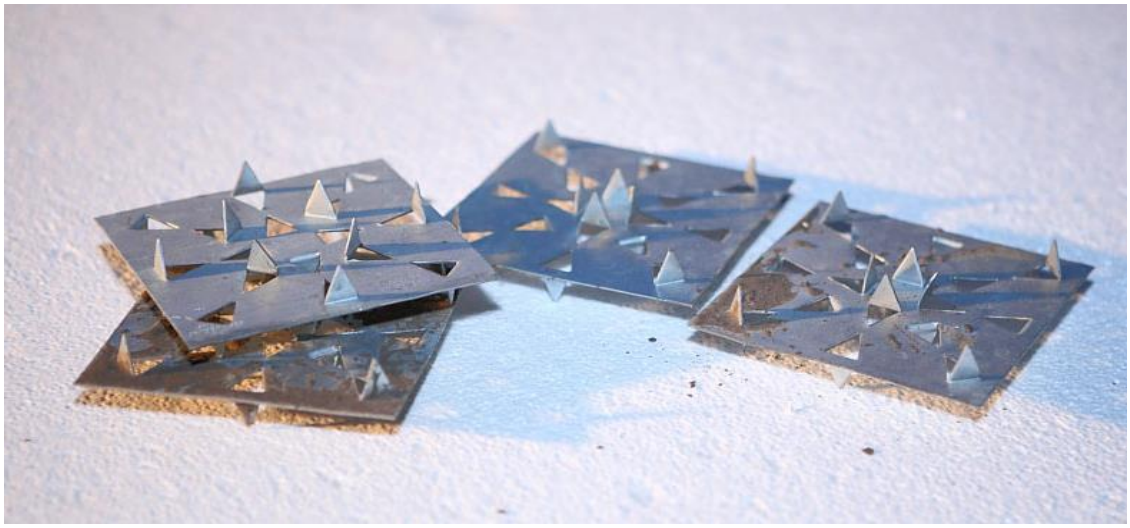
Normal toprak dolgu malzemesiyle yapılan yollarda dolgu, alttemel, temel ve asfalt tabakasıyla yol tamamlanırken, geofoam dolgularla yapılan yol yapılarında bunlara ek olarak gerekirse alttemel tabakası ile geofoam dolgu malzemesinin arasına yükü geofoam dolgulara üniform dağıtmak için betonarme tabakası yapılır. Betonarme tabakası minimum 10 cm tutulmaktadır. Buna ek olarak, geofoam dolgular 90º dik uygulandığı takdirde geofoam dolgular prekast panellerle örtülür.



Şekil 2.29. Doksan derece geofoam blok yol dolgusu detayı (Koç 2015)

Geofoam dolgular için betonarme tabakası en düşük C25 beton ile yapılmalıdır (Norwegian Standard 2003). Geofoam dolgu dik uygulama tipi şekil 2.29.'da gösterilmiştir.

Geofoam dolgu blokları arasına geogripper yani kıskaç anlamına gelen çelik plakalar yerleştirilebilir (Şekil 2.30.). Geogripper, çok katmanlı yapılarda geofoam sentetik malzemelerinin yanal hareket etmesini önlemek amacıyla kullanılır. Tek parçalı iki taraflı tasarımı, katmanlar arasında bağlantıyı sağlamlaştırır.



Şekil.2.30. Geogripper örneği

2.1.9.1. Geofoam Dolguların Kullanım Alanları

*Yumuşak zeminlerdeki oturmaların azaltılmasında kullanılmaktadır.

*Köprü yaklaşım dolgusu kısımlarında kullanılmaktadır (Şekil 2.31.).

*Yapılarda çeşitli yüklerin azaltılmasında kullanılmaktadır.

*Dolgularda farklı oturmaların önlenmesinde kullanılmaktadır.

*İstinat yapılarına etki eden yanal yüklerin azaltılmasında kullanılmaktadır.

*Zemine etki eden yüklerin azaltılmasında kullanılmaktadır.

*Şev güvenliğinin arttırılmasında ve şevlerin dikleştirilmesinde kullanılmaktadır.

*Don derinliği yüksek olan yerlerde temel derinliğinin azaltılmasında kullanılmaktadır.

*Karayolu ve demiryolu uygulamalarında hafif dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.31. Geofoam uygulama örneği



Şekil 2.32. Geofoam hafif dolgu malzemesi

Geofoamlar, yapılardaki zemine gelen yükleri büyük miktarda azaltır. Taşıma kapasitesi ve şev kayması problemlerinde güvenliği arttırır. Aynı zamanda geofoam dolgu malzemeleri toprak dolgu malzemelerine göre çok hafif oldukları için doğal zemine aktarılan gerilmeler çok düşük olmaktadır. Şekil 2.32.'de bir geofoam dolguyu bir işçinin rahatlıkla taşıyabildiği gösterilmiştir.

Toprak dolgu malzemelerine oranla geofoam dolgular hafif oldukları için ağır makinelere ihtiyaç duyulmaz. Bu sayede makinelerin kira, amortisman ve yakıt masraflarına gerek duyulmaz. Maliyet açısından kazanç sağlanır.

Toprak dolgu malzemelerine göre geofoam dolgular çevreye ve canlılara zarar vermediği için (patlatma, yıkım, toz) yetkili mercilerden inşaat izniyle ilgili müsaade almaya gerek yoktur.



Şekil 2.33. Geofoam karayolu dolgu uygulaması

Geofoamlar, istinat yapılarında ve köprü yaklaşım kısımlarında da sıkça kullanım alanı bulmaktadır. Şekil 2.33.'de geofoam dolgunun yol inşaatında kullanımı gösterilmiştir. Diğer toprak malzemelerine göre geofoam dolguların yoğunluğu az olduğu için geofoamlar istinat duvarına çok az yanal basınç uygulamaktadır. Bu nedenle, istinat duvarlarına yerleştirilerek uygulanmaktadır. Şekil 2.34.'de geofoam duvar örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.34. Japonya'da yol dolgusu uygulamasında bir geofoam duvar



Şekil 2.35. Köprü yaklaşım dolgusu örneği (www.epsindustry.org)

Köprü yaklaşımlarının olduğu kısımlar ise sıkıştırma işleminin iyi yapılamamasından dolayı oturmaların yaşandığı kısımlardır. Geofoam dolgu malzemelerinin köprü yaklaşımlarına uygulanmasından sonra bu gibi problemlerde ortadan kalkmıştır (Şekil 2.35.).



Şekil 2.36. Hollanda'da otoyol dolgu uygulaması

Geofoam dolgunun su emme kapasitesi düşüktür. Bundan dolayı su emme oranı geofoamlar üzerinde mühendislik açısından yapıya etki etmez (Özer 2011).

Geofoam dolguları, hafif olmaları nedeniyle yer altı sularının yükselmesi veya bir taşkın sonucunda kaldırma kuvvetine karşı problem yaratabilir. Kaldırma kuvveti de geofoam dolguların üzerine gelen ölü yüklerin (alttemel, asfalt, betonarme tabaka) ağırlıklarıyla dengelenebilir. Kaldırma kuvvetine karşı ankrajların kullanımı çözüm olabilmektedir (Özer 2011).

Aksi belirtilmediği sürece yol dolgularında kullanılacak olan geofoam dolgu malzemelerinin basınç dayanımı en az 100 kN/m² olmalıdır. Test edilen bloklar için ortalama değer 100 kN/m² 'den az olmamalıdır (NRRL 1992).

EPS, benzin ve diğer bazı kimyasallara maruz kaldığında çözülebilmektedir. Örneğin, EPS'nin üstüne bir beton döşeme koyarak ya da eğer beton levha atlandıysa bir zar (polietilen levha/folyo) kullanarak devrilmiş tanker kamyonun benzininden kaynaklanan hasar önlenebilir (NRRL 1992). Petrolün süzülmesinden kaynaklanan tehlikeden, EPS'nin yan yamaçlarına geotekstil ve geomembran örtüler serilerek kaçınılabilir.

Geofoamlar suya dayanıklı malzemelerdir. Sadece hafif oldukları için kaldırma kuvvetine karşı dirençleri düşüktür. Kaldırma kuvvetine karşı düşük dirence sahip oldukları için geofoam dolgular ankrajlarla sabitlenebilmektedir.

Geofoam dolguların suda yüzmelerini engellemenin yollarından biri de tasarım aşamasında, su seviyesinin geofoam blokun en alt sırasının üzerine çıkmasına izin verilmeyecek şekilde drenaj sistemleri tasarlamaktır (Akınay 2016).

Geofoam dolgu malzemeleri, istenilen boyutlarda kesilip boyutlandırıldıkları için boyutlar konusunda sabit değerler yoktur. Yalnız ülkemizde genelde 50-60 cm yüksekliğinde, 100-120 cm genişliğinde ve 200-300 cm uzunlukta üretilmektedirler.

3.MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu bölümde 2012 yılında ihale dilen ve yapımı devam etmekte olan Karayolları Genel Müdürlüğü işiyle ilgili bazı önemli detaylar paylaşılmıştır. Öncelikle, proje bir yol projesidir. Proje uzunluğu yaklaşık 104.87 kilometredir. Şanlıurfa'nın Akçakale ile Ceylanpınar ilçelerini birbirine bağlayan bu yol projesi, çok verimli arazilerin içinden geçmektedir. Harran ovası belki de Çukurova arazisiyle birlikte geçmişten günümüze tarihte hep bahsedilen dünyanın en değerli arazilerinden biri konumundadır.

Proje devam etmektedir. İşin bitim süresi 790 gün olmasına rağmen yol inşaatının hala bitmemiş olmasının ardında yatan neden ise arazilerin kamulaştırılma problemlerinin devam etmesidir. Bazı kısımlarda ise toplulaştırma problemleri mevcuttur. Bölge halkı, özellikle GAP ile sulama sıkıntılarının çözülmesinden sonra yılda neredeyse 3 mahsul alarak ekonomik olarak yüksek kazanç sağlamaktadır. İklimin elverişli olması, arazinin Harran ovası olması ve aynı zamanda Ceylanpınar ilçesinin içinde Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) arazisinin olması bölgeyi ülkenin en verimli arazileri haline getirmektedir. Ceylanpınar'daki TİGEM arazisi Türkiye'nin en büyük TİGEM arazisidir. Dünyanın en büyük tarım çiftliği olarak da bilinmektedir.

Projede 5-6 metreye varan dolgu yükseklikleri mevcuttur. Proje kırmızı kot (asfalt üst kotu) genişliği 10.50 metre genişliğinde, yüksek dolgu olan kısımlarda 11 metreyi bulmaktadır. Gerçekleştirilen imalatta, projede yer alan yüksek dolgulardan dolayı yolun alt genişliği (siyah kot), şevlerin 2/1 (yatay/düşey), 3/2 ve 4/3 olması nedeniyle 35-40 metre arasında tutulmaktadır. Bu durumdan dolayı, proje kamulaştırma genişliğinin 40 metre tutulması ve sıyrılması gerekmektedir. Zaten karayolu projelerinde şehirler arası yol projeleri aynı şekilde düşünüldüğü için kamulaştırma genişlikleri genellikle duble yollar için 60 metre, duble olmayan yollar için 40 metre civarlarında tutulmaktadır.

Bu kadar sulak arazilerde dolgu yüksekliklerinin düşük tutulmaması gerekmektedir. Sözü geçen araziler çok değerlidir ve kamulaştırma genişliği 40 metre tutulmuştur.

Yolun kırmızı kot (asfalt üst kotu) genişliği ise 10.50-11.00 metre civarındadır.

Eski Akçakale-Ceylanpınar yolu ise yaklaşık 3 metrelik eski bir satıh yoldur ve iki aracın yan yana geçmesi neredeyse mümkün değildir. Eski yol köylerin içinden geçtiği için yolda yürüyen çocuklar için tehlike arz etmektedir. Yapılmakta olan Akçakale-Ceylanpınar yol güzergahı köylerin çevrelerinden dolanmaktadır. Yolun yapılması can güvenliği ve trafik yoğunluğunun giderilmesi açısından önemlidir. Ancak dolgu genişliğini bu kadar geniş tutup verimli arazileri yok etmek gerekmekte midir?

Ayrıca arazi düz olduğundan dolgu için ariyet malzemesi bulmakta güçlük çekilmektedir. Bulunan ariyet malzemelerinin nakliye mesafeleri genellikle uzak olduğu için taşıma mesafesinden dolayı ekstra maliyetler çıkarmaktadır. Fakat karayolları ihale birimi bu durumu hesaba katmış olmalı ki ariyet kazısı ve kullanılması poz maliyeti yüksek tutulmuştur.

Kamulaştırma bedelinden dolayı devletin arsa sahiplerine ödeyeceği miktarlar ve ariyet malzemesi kullanmak için uzaklardan getirilen dolgu malzemesinin yakıt ve makine maliyetlerini arttırması devlet için maddi külfet olmaktadır. Ancak geofoam kullanıldığında arazilerin yok olmadığı varsayımıyla tarlalardan elde edilecek mahsullerden, devletin bundan elde edeceği ekonomik kazançtan ve çevreye sağlanacak katkılardan bahsetmek daha önemlidir. Bu bölümde bu konuların önemine değinilecektir. Hem tarlalar yok olmayıp çevreye yararlı olunacak hem de tarlalardan elde edilecek mahsullerle ekonomik olarak kazanç sağlanacaktır.

3.2. Metot

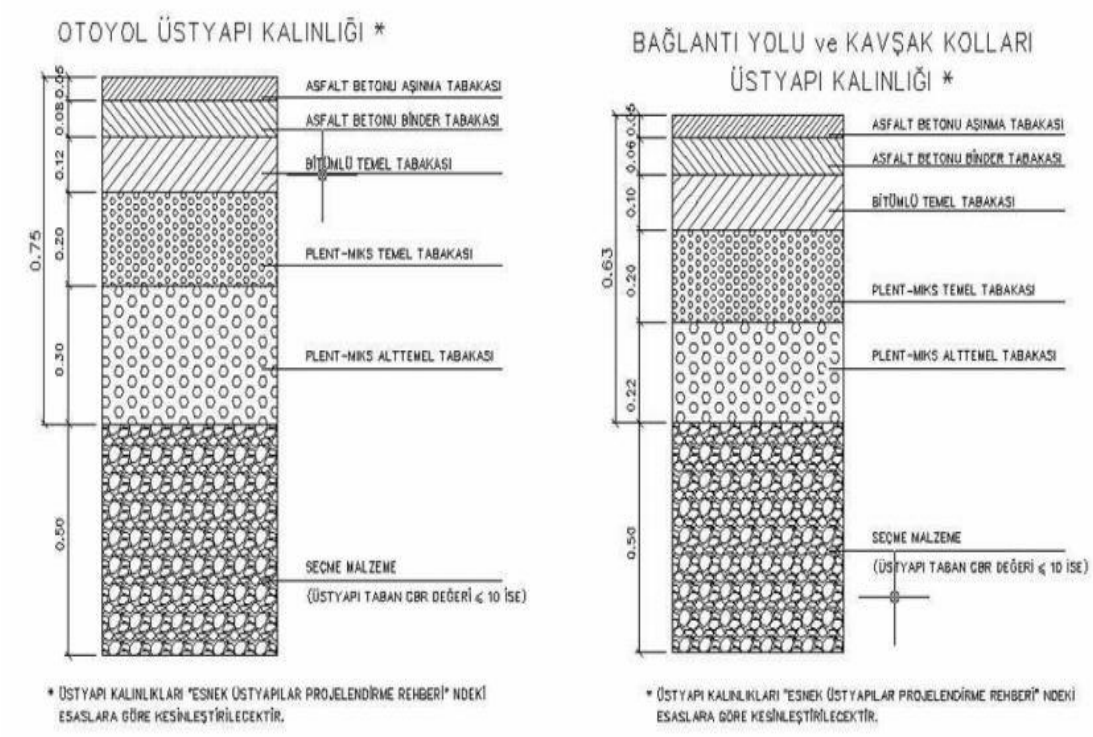
Çözüm olarak geofoam dolgu malzemesi düşünülmektedir. Çünkü bu projede yol dolgularının bu kadar maliyetli oluşu ancak bu şekilde giderilebilir. En önemlisi de yol dolgu şevlerinin ariyetten yapılan toprak dolgular gibi yatık olması gerekmemektedir. Geofoam dolgu malzemeleriyle daha dik imalatlar yapılabilmektedir. Bu uygulamayla hem tarlaların önemli bir kısmı yok olmamakta hem de yol minimum maliyetle ve kısa sürede yapılmaktadır. Bu nedenle, yol dolgularıyla geofoam dolgu malzemesi ekonomik olarak kıyaslanıp bu konuda maliyet analizine girilecektir.

Geofoam dolgu malzemeleri uygulama itibariyle ariyetle yapılan normal dolgu malzemelerine göre bir yönden ayrılmaktadır. Ülkemizde karayollarının yol yapım standartlarına göre sıcak karışım yol tabakaları Şekil 3.1.'deki gibidir.

Burada görüldüğü gibi yol altyapısı karayollarının belirlediği standartlara göre seçme dolgu malzemeleriyle doldurulduktan sonra yolun üstyapısı sırasıyla alttemel, temel tabakalarıyla güçlendirilip asfalt tabakasına geçilmektedir. Asfalt tabakası, aşağıdan yukarıya doğru bitümlü temel tabakası, binder tabakası ve aşınma tabakasıyla birlikte yolun kırmızı kotuna ulaşılmaktadır. Bitümlü temel tabakası kalınlıkları, karayolları projelerinde genellikle 12-13 cm, binder tabakası için 8-9 cm ve aşınma tabakası için 4-6 cm tutulmaktadır. Geofoam dolgu uygulaması yapıldığında ise bu imalatlara ek olarak yol dolgusu ile alttemel tabakası arasına en az 10 cm yüksekliğinde yükü yolun alt kısmına üniform dağıtması için betonarme tabakası yapılmaktadır.

Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi önce dolgu öncesi greyder ile sıyırma işlemi yapılmaktadır. Sıyırma genişliği ise yaklaşık 40 metredir. Sıyrılan araziler çok değerli araziler olup devlete yüksek ekonomik gelir sağlamaktadır.

Geofoam dolgu uygulamalarında şevler genellikle trapez veya dik şekilde uygulanmaktadır. Trapez kesit yapılan uygulamalarda geofoam dolguların üzeri toprakla örtülerek U.V ışınlarından geofoamlar korunmaktadır. Geofoam dolgular dik olarak uygulandıklarında ise geofoam dolgular genellikle prekast panellerle kaplanmaktadır.



Şekil.3.1. Yol üstyapı kalınlıkları (www.tamyol.com.tr/yol yapım aşamaları)



Şekil 3.2. Akçakale-Ceylanpınar yolu dolgu öncesi sıyırma işlemi



Şekil 3.3. Akçakale-Ceylanpınar yolu dolgu imalatı

Şekil 3.3.'de Akçakale-Ceylanpınar yolu dolgu uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Akçakale-Ceylanpınar yolu yapılan dolgu imalatı

Şekil 3.4.'de Akçakale-Ceylanpınar yolunda biten dolgu imalatı gösterilmiştir. Şekil 3.5.'de ise Akçakale-Ceylanpınar yolunda dolgu uygulamasında kullanılacak malzeme için ariyet ocağı gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Akçakale-Ceylanpınar yolu (Ariyet ocağı)

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu kısımda hem toprak dolgu malzemesinin Karayolları Genel Müdürlüğü'nün belirlediği birim fiyatlara göre Akçakale-Ceylanpınar yolu için maliyet analizi yapılacak hem de geofoam dolgu malzemesinin aynı yol için maliyeti araştırılıp iki farklı dolgu malzemesinin ekonomik karşılaştırması yapılacaktır.

Dolgu malzemeleri karayolları birim fiyat analizlerinde yumuşak toprak, küskü, yumuşak kaya, orta sert kaya, çok sert kaya şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırılmanın yapılmasının nedeni bu malzemelerin yapılarının birbirlerinden farklı olmasıdır. Örneğin, kaya malzeme toprağa göre çok sert bir yapıda olduğu için makine ve kamyonların çalışmasını maliyet açısından olumsuz etkileyecektir. Doğal olarak bu malzemelerin birim fiyatları farklılık göstermektedir. Maliyet analizlerini doğru biçimde yapabilmek için mevcut arazideki malzeme ve makina klaslarını doğru tespit etmek gerekmektedir.

İhale kayıt numarası :	2012/107095					
İŞİN ADI:	AKÇAKALE - CEYLANPINAR YOLU KM: 0+000 - 104+873 KESİMİNİN YAPIM İŞİ					
Sıra No	İş Kalemi No	İş Kaleminin Adı ve Kısa Açıklaması	Ölçü Birimi	Miktarı	Teklif Edilen Birim Fiyat (TL)	Tutarı (TL)
1	ACY/01	Her cins ve klastaki zeminde yarma kazısı yapılması ve kullanılması	m3	523,119.000		
2	ACY/02	Her cins ve klastaki zeminde ocak ariyeti kazısı yapılması ve kullanılması	m3	2,172,937.000		
3	ACY/03	Dolgu altlarındaki her cins zayıf (Bitkisel toprak vs.) ve oynak (Batak ve balçık) zeminlerin kazılması ve kullanılması	m3	450,000.000		

Şekil 4.1. Akçakale- Ceylanpınar yolu teklif cetveli

Şekil 4.1.'de görüldüğü üzere Akçakale- Ceylanpınar yolu için teklif cetvelinin toprak işleri bölümü gösterilmiştir. İş kalemi ACY/02 numaralı kısmın analizi yapılacaktır. ACY/02'de ariyet dolgu malzemesiyle yol dolgusu imalatının yapımı için maliyet araştırması yapılacaktır.

4.1. Her Cins Klastaki Zeminde Ocak Ariyeti Kazısı Yapılması ve Kullanılması Pozu Maliyet Analizi

Analiz yapılırken KGM'nin birim fiyat analizi kitabındaki pozlardan yararlanılmaktadır. Aşağıdaki şekillerde bu pozlar ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Şekillerin sırası analizin yapılış sırasına göre sıralanmıştır. Öncelikle makinelerin saatlik ücretleri analiz edilmiş olup daha sonra bu makinelerle yapılan kazıların maliyeti çıkarıldıktan sonra bütün analizlerin sonuçlarının toplandığı son kısım yer almaktadır. Bu maliyet analizi 4 kısımdan meydana gelmektedir. Bunlar; Her cins ve klastaki zeminde ocak ariyet kazısı yapılması, kullanılması ve nakli pozu, dolguya gelen her cins ve klastaki kazı malzemenin sulanması ve sıkıştırılması pozu, dolgu malzemenin nakli ve suyun nakli olarak analizler sonuçlanmaktadır.

4.1.1. Her Cins ve Klastaki Zeminde Ocak Ariyeti Kazısı Yapılması, Kullanılması ve Nakli

Bu analizde öncelikle dolgu imalatında kullanılacak makinelerin saatlik ücretleri Şekil 4.2., Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'deki gibi hesaplanmıştır. Daha sonra Şekil 4.5.'deki toprak ve küskünün kazılması ve kullanılması pozları, makinelerin saatlik ücretlerinin karayollarının belirlediği katsayılarla çarpılması yöntemiyle hesaplanmıştır.

03.504	EKSKAVATÖRÜN 1 SAATLİK ÜCRETİ (2 1/2 yd3 lük ve takriben 210 HP gücünde)								
	Amortisman	0.000063	A						
	Yedek Parça	0.000033	A						
	Tamir, Bakım	0.000008	A						
	Sermaye Faizi, Sigorta	0.000023	A						
	Nakil, Montaj, Demontaj	0.000010	A						
		0.000137	A						
				(03.004 den)	0.000137	x	432,000.00	=	59.18
	Malzeme :								
	Mazot	17.955	kg	04.109	17.95500	x	4.55	=	81.70
	Mazot (Makine yağı, benzin, üstüpü vs. karşılığı)	3.591	kg	04.109	3.59100	x	4.55	=	16.34
	İşletme :								
	Formen	0.480	sa	01.409	0.480	x	15.95	=	7.66
	Operatör Makinist	1.440	sa	01.404	1.440	x	12.75	=	18.36
	Yağcı	1.000	sa	01.408	1.000	x	8.10	=	8.10
							1 Saatlik Ücreti :		**191.34**

Şekil 4.2. Ekskavatörün 1 saatlik ücreti poz detayı

03.507	TRAKTÖR RİPPERİN 1 SAATLİK ÜCRETİ (TD 25 veya emsali 185 DHP + ripper)								
	Amortisman	0.000083	A						
	Yedek Parça	0.000044	A						
	Tamir, Bakım	0.000011	A						
	Sermaye Faizi, Sigorta	0.000023	A						
	Nakil, Montaj, Demontaj	0.000010	A						
		0.000171	A						
				(03.007 den)	0.000171	x	384,000.00	=	65.66
	Malzeme :								
	Mazot	15.818	kg	04.109	15.818	x	4.55	=	71.97
	Mazot (Makine yağı, benzin, üstüpü vs. karşılığı)	3.164	kg	04.109	3.164	x	4.55	=	14.40
	İşletme :								
	Formen	0.480	sa	01.409	0.48000	x	15.95	=	7.66
	Operatör Makinist	1.440	sa	01.404	1.44000	x	12.75	=	18.36
	Yağcı	1.000	sa	01.408	1.00000	x	8.10	=	8.10
							1 Saatlik Ücreti :		**186.15**

Şekil 4.3. Traktör ripperin 1 saatlik ücreti poz detayı

03.511	TRAKTÖR BULDOZERİN 1 SAATLİK ÜCRETİ (TD 25 veya emsali 185 DHP + bıçak)								
	Amortisman	0.000083	A						
	Yedek Parça	0.000044	A						
	Tamir, Bakım	0.000011	A						
	Sermaye Faizi, Sigorta	0.000023	A						
	Nakil, Montaj, Demontaj	0.000010	A						
		0.000171	A						
				(03.011 den)	0.000171	x	318,000.00	=	54.38
	Malzeme :								
	Mazot	15.818	kg	04.109	15.81800	x	4.55	=	71.97
	Mazot (Makine yağı, benzin, üstüpü vs. karşılığı)	3.164	kg	04.109	3.16400	x	4.55	=	14.40
	İşletme :								
	Formen	0.480	sa	01.409	0.480	x	15.95	=	7.66
	Operatör Makinist	1.440	sa	01.404	1.440	x	12.75	=	18.36
	Yağcı	1.000	sa	01.408	1.000	x	8.10	=	8.10
							1 Saatlik Ücreti :		**174.87**

Şekil 4.4. Traktör buldozerin 1 saatlik ücreti poz detayı

15.001/B, 15.004/B, 15.006/B ve 15.009/B numaralı pozların metreküp birim fiyat analizleri şekil 4.5.'de gösterilmiştir.

15.001/B	**EKSKAVATÖRLE HER CİNS TOPRAĞIN KAZILMASI VE KULLANILMASI (ARİYET OCAĞINDAN GETİRİLECEK VEYA DEPOYA GİDECEK KAZILARDA)**							
	Kazı, Yükleme, Boşaltma :							
	Ekskavatör	0.0056	sa	(03.504 den)	0.00560 x	191.34	=	1.07
	Serme, Düzeltme :							
	Traktör-Buldozer	0.0014	sa	(03.511 den)	0.00140 x	174.87	=	0.24
	100 m. ye Taşıma : 0,0034 K			(02.017 den)	0.00340 x	245.00	=	0.83
						Toplam	:	2.14
15.004/B	**BULDOZERLE HER CİNS TOPRAĞIN KAZILMASI VE KULLANILMASI (ARİYET OCAĞINDAN GETİRİLECEK VEYA DEPOYA GİDECEK KAZILARDA)**							
	Kazı, Yükleme, Boşaltma, Serme, Düzeltme :							
	Traktör-Buldozer	0.0045	sa	(03.511 den)	0.00450 x	174.87	=	0.79
	100 m. ye Taşıma : 0,0034 K			(02.017 den)	0.00340 x	245.00	=	0.83
						Toplam	:	1.62
15.006/B	**EKSKAVATÖRLE HER CİNS KÜSKÜLÜĞÜN KAZILMASI VE KULLANILMASI (ARİYET OCAĞINDAN GETİRİLECEK VEYA DEPOYA GİDECEK KAZILARDA)**							
	Kazı, Yükleme, Boşaltma :							
	Ekskavatör	0.0250	sa	(03.504 den)	0.01000 x	191.34	=	1.91
	Serme ve Düzeltme :							
	Traktör-Buldozer	0.0020	sa	(03.511 den)	0.00200 x	174.87	=	0.35
	100 m. ye Taşıma : 0,0034 K			(02.017 den)	0.00340 x	245.00	=	0.83
						Toplam	:	3.09
15.009/B	**BULDOZERLE HER CİNS KÜSKÜLÜĞÜN KAZILMASI VE KULLANILMASI (ARİYET OCAĞINDAN GETİRİLECEK VEYA DEPOYA GİDECEK KAZILARDA)**							
	Kazı, Yükleme, Boşaltma, Serme, Düzeltme :							
	Traktör-Buldozer	0.0070	sa	(03.511 den)	0.00700 x	174.87	=	1.22
	Traktör-Ripper	0.0050	sa	(03.507 den)	0.00500 x	186.15	=	0.93
	100 m. ye Taşıma : 0,0034 K			(02.017 den)	0.00340 x	245.00	=	0.83
						Toplam	:	2.98

Şekil 4.5. Ekskavatör ve buldozerle yapılan toprak ve küskülük kazıların metreküp birim fiyat analizleri

Bu kısımda, ekskavatörle her cins toprağın kazılması ve kullanılması, ekskavatörle her cins küskülüğün kazılması ve kullanılması, buldozerle her cins toprağın kazılması ve kullanılması ile buldozerle her cins küskülüğün kazılması ve kullanılması pozları yer almaktadır. 15.001/B'deki ekskavatörle her cins toprağın kazılması ve kullanılması pozunda, ekskavatörün ve buldozerin saatlik ücretleri katsayılarla çarpılarak sonuç bulunmuştur.

15.004/B, 15.006/B ve 15.009/B'deki yöntem 15.001/B'deki yöntemle aynıdır. Tek fark 15.009/B'deki pozda traktör-buldozer ve ekskavatör makinelerine ek olarak traktör ripperinde saatlik ücreti eklenmiştir. 15.009/B'deki poza traktör ripperin eklenmesinin sebebi, pozda her cins küskülüğün kazılması ve kullanılması poz uygulamasının ekskavatör yerine traktör-buldozerle yapılmasıdır. Çünkü küskü, toprağa göre daha sert malzeme olduğu için traktör rippere ihtiyaç duyulmaktadır.

Dikkat edildiğinde 15.001/B, 15.004/B, 15.006/B ve 15.009/B pozlarında 100 metreye kadar taşıma da fiyata dahil edilmiştir. Bunun nedeni, karayollarının birim fiyat analizlerinde 100 metreye kadar olan taşımalar nakliye pozu üzerinden ücretlendirilmemektedir. 100 metreye kadar taşıma bedeli, toprak ve küskülük kazılarının içindeki pozlardan karşılanmaktadır.

Şekil 4.6.'da görüldüğü gibi aşağıdaki şekilde ariyet ocağının genel klas oranları ve seçilen makinelerin klası gösterilmiştir. Ariyet ve makine klaslarının ayrı tutulmasının nedeni birim fiyatlarının farklı olmasındandır. Örneğin, bir ekskavatörün toprak kazısı yapmasıyla küskülük kazısı yapması farklı ücrete tabidir. Küskülük malzeme, toprak malzemeye göre daha sert yapıda olduğundan makine daha çok zorlanacağı için daha fazla yakıt yakmakta, parçaları daha çabuk eskimekte ve parçaları daha çabuk değişmektedir. Kaya malzeme de, küskülük malzemeye göre daha sert yapıda olduğu için daha maliyetlidir. Bunlar maliyeti etkileyen faktörlerdir.

Ariyet ocağının genel klası	
S.Kaya (%):	0.00%
Y.Kaya (%):	0.00%
Küskü (%):	80.00%
Toprak (%):	20.00%
	100.00%

Seçilen Makine Klası	
Dozer:	50%
Ekskavatör	50%

PozNo:2202								
Br.Fiyat No	**İşin Cinsi**			**Birimi**	**Br.Fiyatı**	**G.Klas**	**Mak.Klası**	**Tutarı**
15.001/B	Eks.toprak kazısı			m3	2.14	20.00%	50%	0.21
15.004/B	Buldozerle top.kazısı			m3	1.62	20.00%	50%	0.16
15.006/B	Eks.küskülük kazısı			m3	3.09	80.00%	50%	1.24
15.009/B	Buldozerle küskülük kazısı			m3	2.98	80.00%	50%	1.19
15.010/B	Eks.Y.Kaya kazısı			m3	8.94	0.00%	50%	0.00
15.013/B	Dozerle.Y.Kaya kazısı			m3	7.31	0.00%	50%	0.00
15.014/B	Eks.S.Kaya kazısı			m3	10.84	0.00%	50%	0.00
15.017/B	Dozerle.S.Kaya kazısı			m3	9.21	0.00%	50%	0.00
						1 M3 PAÇAL FİYATI:		**2.80 TL**

Şekil 4.6. Ariyet ocağı genel ve makine klaslarının birim fiyatlarla çarpılması

Şekil 4.6.'da belirtilen birim fiyat numaralarının analizi ayrıntılı olarak yazmaktadır. 15.001/B, 15.004/B, 15.006/B ve 15.009/B numaralı pozların analizinde bulunan birim fiyatlar, genel ve makine klaslarıyla çarpılarak tutarlar elde edilmiştir. Ariyet genel klasında yumuşak kaya ve sert kaya bulunmadığı için fiyata etki etmemiştir. Ariyet klasında, yumuşak kaya ve sert kaya kazısına yer verilmemesinin nedeni ise Akçakale- Ceylanpınar yolundaki ariyet kazılarında yumuşak kaya ve sert kayanın yer almamasıdır.

4.1.2. Dolguya Gelen Her Cins Kazı Malzemesinin Sulama ve Sıkıştırılma Karşılığı

İlk pozda yapıldığı gibi aynı yöntem bu durum içinde geçerlidir. Başta sulama ve sıkıştırma için gerekli makinelerin saatlik ücretleri Şekil 4.7., Şekil 4.8. ve Şekil 4.9.'da gibi hesaplanmıştır. Daha sonra sulama ve sıkıştırmaya karşılık gelen pozlar Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.'deki gibi gösterilmiştir. Ariyet ocağından çıkan malzeme genel klas oranları %80 küskü ve %20 toprak olduğu için sadece bu klaslar fiyata etki edecektir.

03.538	ARAZÖZÜN 1 SAATLİK ÜCRETİ (5 tonluk su tanklı)								
	Amortisman	0.000083	A						
	Yedek Parça	0.000044	A						
	Tamir, Bakım	0.000011	A						
	Sermaye Faizi,Sigorta	0.000023	A						
	Nakil,Montaj,Demontaj	0.000010	A						
		0.000171	A						
				(03.038 den)	0.000171 x	25,000.00	=	4.28	
	Malzeme :								
	Mazot (Akaryakıt, makine yağı, üstüpü vs. karşılığı)	6.156	kg	04.109	6.15600 x	4.55	=	28.01	
	İşletme :								
	Şoför	1.44	sa	01.401	1.44000 x	11.05	=	15.91	
					1 Saatlik Ücreti :			**48.20**	

Şekil 4.7. Arazözün 1 saatlik ücreti poz detayı

03.533	MOTOPOMPUN 1 SAATLİK ÜCRETİ (5 Ps. gücünde)								
	Amortisman	0.000167	A						
	Yedek Parça	0.000090	A						
	Tamir, Bakım	0.000022	A						
	Sermaye Faizi, Sigorta	0.000047	A						
	Nakil, Montaj, Demontaj	0.000020	A						
		0.000346	A						
				(03.033 den)	0.000346 x	984.00	=	0.34	
	Malzeme :								
	Mazot (Akaryakıt, makine yağı, üstüpü vs. karşılığı)	0.684	kg	04.109	0.68400 x	4.55	=	3.11	
	İşletme :								
	Makinist Yardımcısı	1.00	sa	01.405	1.00000 x	8.85	=	8.85	
					1 Saatlik Ücreti :			**12.30**	

Şekil 4.8. Motopompun 1 saatlik ücreti poz detayı

03.542/4	**TİTREŞİMLİ SİLİNDİRİN 1 SAATLİK ÜCRETİ (9-11 ton - 11 ton dahil - statik ağırlık ve 18-22 ton dinamik kuvvette titreşimli silindir + paletli traktör, takriben 66-86 DHP)**							
	Amortisman	0.000083	A					
	Yedek Parça	0.000044	A					
	Tamir, Bakım	0.000011	A					
	Sermaye Faizi, Sigorta	0.000023	A					
	Nakil, Montaj, Demontaj	0.000010	A					
		0.000171	A					
				(03.042/4 den)	0.000171 x	240,000.00	=	41.04
	Malzeme :							
	Mazot	13.766	kg	04.109	13.76600 x	4.55	=	62.64
	Mazot (Makine yağı, benzin, üstüpü vs. karşılığı)	2.753	kg	04.109	2.75300 x	4.55	=	12.53
	İşletme :							
	Operatör Makinist	1.44	sa	01.404	1.44000 x	12.75	=	18.36
	Yağcı	1.00	sa	01.408	1.00000 x	8.10	=	8.10
						1 Saatlik Ücreti :		**142.67**

Şekil 4.9. Titreşimli silindirin 1 saatlik ücreti poz detayı

15.047	**ARAZÖZ İLE SULAMA**							
	Su	1.00	m3	(08.533 den)	1.00000 x	0.82	=	0.82
	Sulama Karşılığı :							
	Arazöz	0.13	sa	(03.538 den)	0.13000 x	48.20	=	6.27
						Toplam	**:**	7.09

08.533	**MOTORLU TULUMBA İLE SU HAZIRLANMASI**							
	Çıkarma, yükleme ve boşaltma karşılığı (Dere, menba, kuyu vs. kaynaklardan) :							
	Motorlu Tulumba	0.067	sa	(03.533 den)	0.06700 x	12.30	=	0.82
						Toplam	**:**	**0.82**

Şekil 4.10. Arazöz ile sulama karşılığı poz detayı

2205	HER CİNS TOPRAĞIN SULANMASI VE SIKIŞTIRILMASI							
	Sulama							
	(Kar ve Genel Masrafsız)	0.100	ton	(15.047 den)	0.10000 x	7.09	=	0.71
	Sıkıştırma	0.007	sa	(03.542/4 den)	0.00700 x	142.67	=	1.00
						Toplam	:	1.71
2206	HER CİNS KÜSKÜLÜĞÜN SULANMASI VE SIKIŞTIRILMASI							
	Sulama							
	(Kar ve Genel Masrafsız)	0.050	ton	(15.047 den)	0.05000 x	7.09	=	0.35
	Sıkıştırma	0.004	sa	(03.542/4 den)	0.00400 x	142.67	=	0.57
						Toplam	:	0.92

Şekil 4.11. Her cins toprak ve küskülüğün sulanması ve sıkıştırılması poz detayı

PozNo:2209	Dolguya gelen her cins ve klastaki kazı malzemesinin sul.ve sık.				
B.Fiyat No	İşin Cinsi	Birimi	B.Fiyatı	Klas	Tutarı
2205	Her cins top.sul.ve sık.	m3	1.71	20.00%	0.34
2206	Her cins küs. Sul.ve sık.	m3	0.92	80.00%	0.74
2207	Her cins kay.sul.sık.	m3	0.17	0.00%	0.00
			1 M3 PAÇAL FİYATI:		**1.08**

Şekil 4.12. Sulama ve sıkıştırma pozu

Şekil 4.12.'de görüldüğü gibi her cins ve klastaki kazının sulama ve sıkıştırma bedeli 1.08 lira tutmuştur. Küskülük sulama karşılığı birim fiyatının toprak sulama birim fiyatına göre düşük olmasının nedeni, toprağın küskülüye göre su emme oranının daha yüksek olmasındandır. Toprak, suyu daha çok emeceği için kullanılacak olan su daha fazla olacaktır.

4.1.3. Kazı ve Su Nakli Paçal Pozları

Ariyet ocağından gelen kazı nakli ve su nakli paçal pozları ise Şekil 4.13.'de genel poz detayında gösterilmiştir. Nakliye mesafesinin uzun veya kısa olması fiyatta değişiklikler yaratan etkenlerdendir. Nakliye mesafesi dolgu malzemesi için 20 km alınırken su nakli için 8 km tutulmuştur. Bu mesafeler alınırken arazide ariyet ocakları ve suyun alınabileceği kaynaklar detaylı olarak araştırılıp ortalama değer alınmıştır.

Yolun yapılacağı güzergah detaylı olarak incelenmelidir. Örneğin, 5 km uzaklıktaki keşfedilmemiş bir ocaktan malzeme almak yerine 20 km öteden malzeme alınması maliyet açısından kötü bir durum yaratacaktır.

Ocaktan gelen kazı malzemesinin taşınması metreküp maliyeti;

K x (0,0014 x M + 0,02)- 0,00425 x K formülüne göre hesaplanmaktadır. Burada K; Her cins ve tonajda motorlu araç taşıma katsayısıdır. 02.017 poz numarasıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın İnşaat Birim Fiyat kitabında rayiç cetvelinde 2017 yılı için K=245'tir. M, kilometre cinsinden ortalama taşıma mesafesidir. Nakliye mesafesi 20 km alındığında çıkan değer 10.72 Türk lirası olmaktadır.

Su nakli için çıkan değer ise taşıma mesafesi 8 000 metre olduğu için 10 000 metreye kadar olan kazıdan başka inşaat malzemelerinin taşınması formülüne göre yapılacaktır. Kazıdan başka inşaat malzemelerinin taşınması;

0.00017 x K x √M x A formülüne göre yapılmaktadır. Su nakli için çıkan değer 3.73 liradır. K=245'tir. M ise metre cinsinden taşıma mesafesidir. 3.73 lira da 1 m^3 dolgu malzemesine dökülecek su miktarı 0.10 tona karşılık geldiği için 0.10 katsayısıyla çarpılacaktır. Çünkü kazı maliyeti metreküp üzerinden fiyatlandırılmaktadır. Formüldeki A, güç şartlar altında yapılacak taşımalardaki zorluk şartlarına göre belirlenen bir katsayıdır. İhale öncesi tespit edilmemişse 1 olarak alınır.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir hususta KGM'nin birim fiyat analizinde de yer aldığı gibi taşıma mesafesi 10 000 metreye kadar olan formülle, 10 000 metreden fazla taşıma mesafeleri için kullanılan formüllerin değişiklik göstermesidir. Ek-1 ve Ek-2 'de konuyla ilgili ayrıntılar mevcuttur. Ayrıca dolgu malzemelerinin dışında farklı inşaat malzemelerinin taşınması içinde formüller değişiklik göstermektedir. Bunun ile ilgili açıklamalı formüller de Ek-1 ve Ek-2 'de gösterilmiştir.

Son olarak da Şekil 4.13.'de ''Her cins ve klastaki zeminde ocak ariyeti kazısı yapılması ve kullanılması'' pozunun paçal fiyatların alt alta sıralanmasıyla elde edilen toplam fiyat aşağıda gösterilmiştir.

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
ACY/02	Her cins ve klastaki zeminde ocak ariyeti kazısı yapılması, kullanılması				m³
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
TCK 2202	Her cins ve klastaki zeminde ocak ariyeti kazısı yapılması, nakli ve kullanılması	M3	1.00	2.80	2.80
TCK 2209	Dolguya gelen her cins ve klastaki kazı malzemesinin sul.ve sık.	M3	1.00	1.08	1.08
07.005/K-1	Ary.Ocağından Gelecek Kazı Nakli	M3	1.00	10.72	10.72
F=	K*(0.0014*M+0.02)-0.00425*K				
	Nakliye Mesafesi M=20.00 Km				
	K=245				
07.005/K	Su nakli	TON	0.10	3.73	0.37
F=	0.00017*K*KARAKÖK(M)				
	Nakliye mesafesi M=8000 metre				
	K=245				
				BİRİM FİYATI :	14.97

Şekil 4.13. Ocak ariyeti kazısı yapılması ve kullanılması poz detayı

Şekil 4.13.'de görüldüğü gibi ariyet kazısından elde edilen toprak malzemenin dolgu malzemesi olarak taşınması, serilmesi, sulanması ve sıkıştırma işlemleri metreküp maliyeti 14.97 TL tutmaktadır. Nakliye mesafesinin 20 km alınmasının sebebi, bölgenin bahsedildiği üzere ariyet konusunda sıkıntılı bir bölge olmasıdır. Bu hesap yüklenici karı hesaba katılmadan yapılmıştır. Su nakli mesafesi de 8 km alınmıştır.

4.2. Geofoam Dolgu Malzemesinin Akçakale-Ceylanpınar Yolunda Kullanılması Maliyet Analizi

Öncelikle geofoam maliyet analizi yapılmadan önce bazı önemli hususlara değinilecektir. Geofoam dolgu malzemesinin kullanım alanı yaygın değildir. Yaygın olmamasının nedeni Türkiye'de geosentetikleri üreten fabrikaların az olması ve hammadde ihtiyaçlarının yurt dışından tedarik edilmesidir.

Hammaddeler yurt dışından geldiğinden ve Türkiye'deki fabrikaların az olmasından geofoam dolgu malzemeleri kısa vadede pahalı olabilmektedir. Gelecekte Türkiye'de geosentetikleri üreten fabrikalar çoğalırsa ve hammadde bakımından Türkiye dışa bağımlılıktan kurtulursa hem kısa vadede hem de uzun vadede daha ekonomik çözümler bulunabilir. Kullanım alanı daha yaygın hale gelebilir. Teknolojinin günden güne gelişmesi, uzay çağında olunması ve gelecekte dünya nüfusunun artacağı düşünülürse tarımsal arazilerin değeri daha da artacaktır. Yapılacak inşaat alanlarına minimum yer ayrılmak zorunda kalınacağı için geosentetiklere daha çok ihtiyaç duyulacaktır. Bu vesileyle geosentetikleri üreten fabrikaların sayısının Türkiye'de ve dünyada artması mecburiyet arz edecektir.

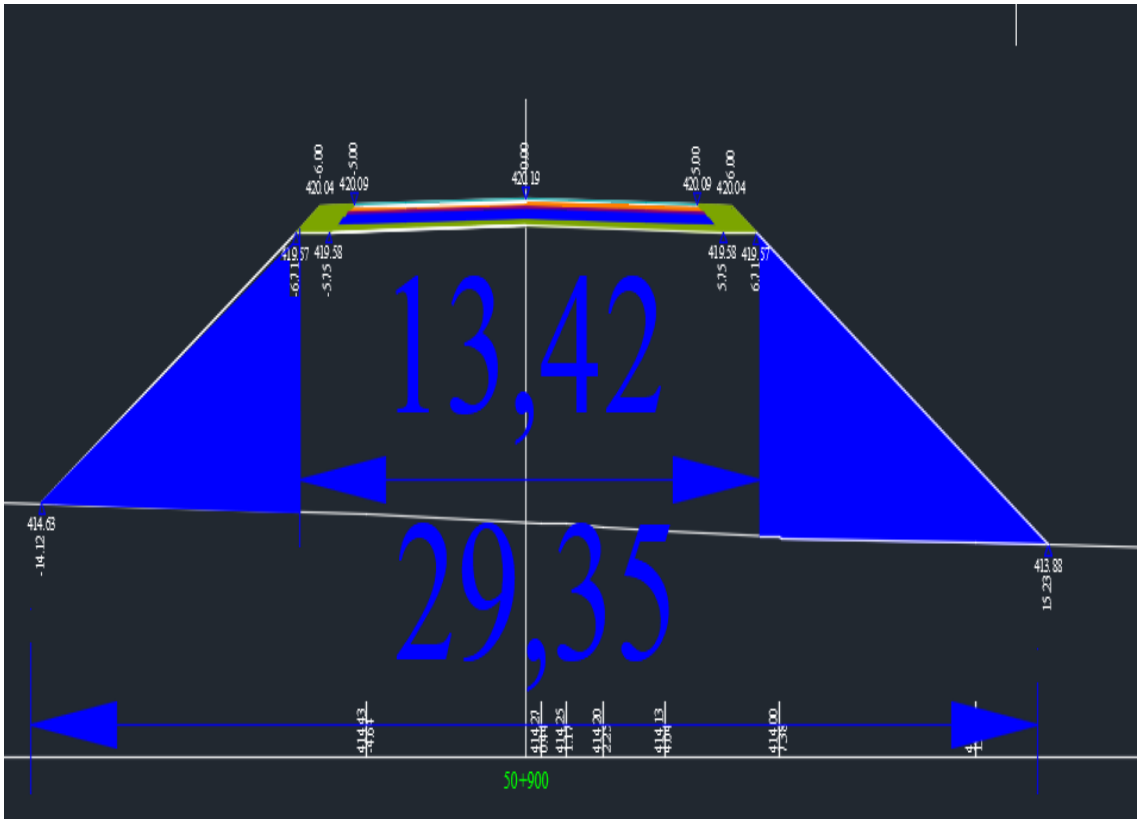
4.2.1. Geofoam Dolgu Maliyeti

Aşağıdaki Şekil 4.14., Şekil 4.15. ve Şekil 4.16.'da yol enkesitleri gösterilmektedir. Akçakale-Ceylanpınar yolunun enkesitleridir. Burada görüldüğü üzere dolgu yükseklikleri 4-5 metreye yakındır. Enkesitin dolgu alt genişliği (siyah kot) çalışma payı verilmeden 29-30 metre civarındadır. Kamulaştırma genişliğinin 40 metre olduğu ve bazı durumlarda çalışma paylarıyla dolgu alt genişliklerinin 35-36 metreye kadar vardığı da unutulmamalıdır. Normal toprak dolgu malzemesiyle şevler 2/1, 3/2 ve 4/3 (4 yatay/3 düşey) iken, geofoam dolgu malzemesi kullanılırsa 90º gibi dik uygulamalar yapılabilmektedir. Bu da dolgu alt genişliğinin 11-12 metreye kadar düşmesine vesile olmaktadır.

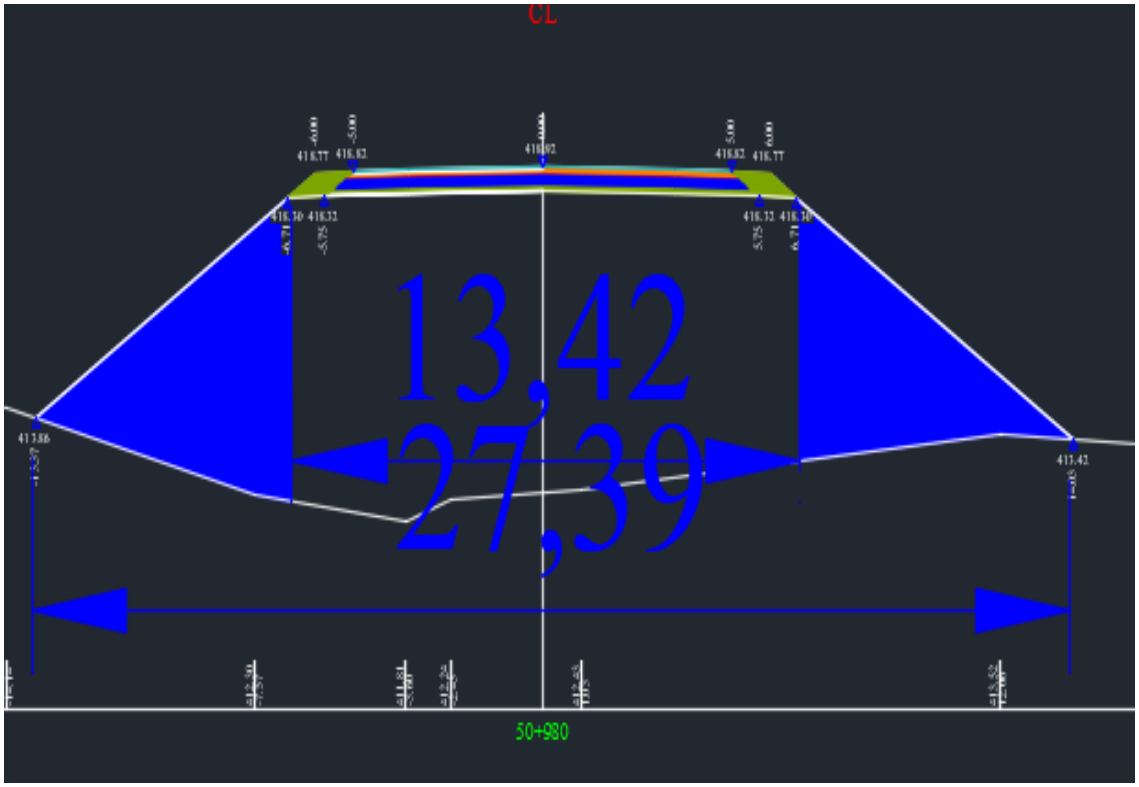
Bu enkesitlerden anlaşılacağı üzere, 15-20 metrelik bir kısım kurtarılmış olmaktadır. Bu 15-20 metrelik kısım belki az gözükebilir fakat 104.87 km gibi uzun bir tül düşünüldüğünde hiç de yadsınamayacak bir durumdan bahsedilmektedir.

104 870 metre yol uzunluğu x 20 metre yol genişliği = 2 097 400 m² alana karşılık gelmektedir. 1 dönüm arazi 1 000 m²'ye denk gelmektedir.

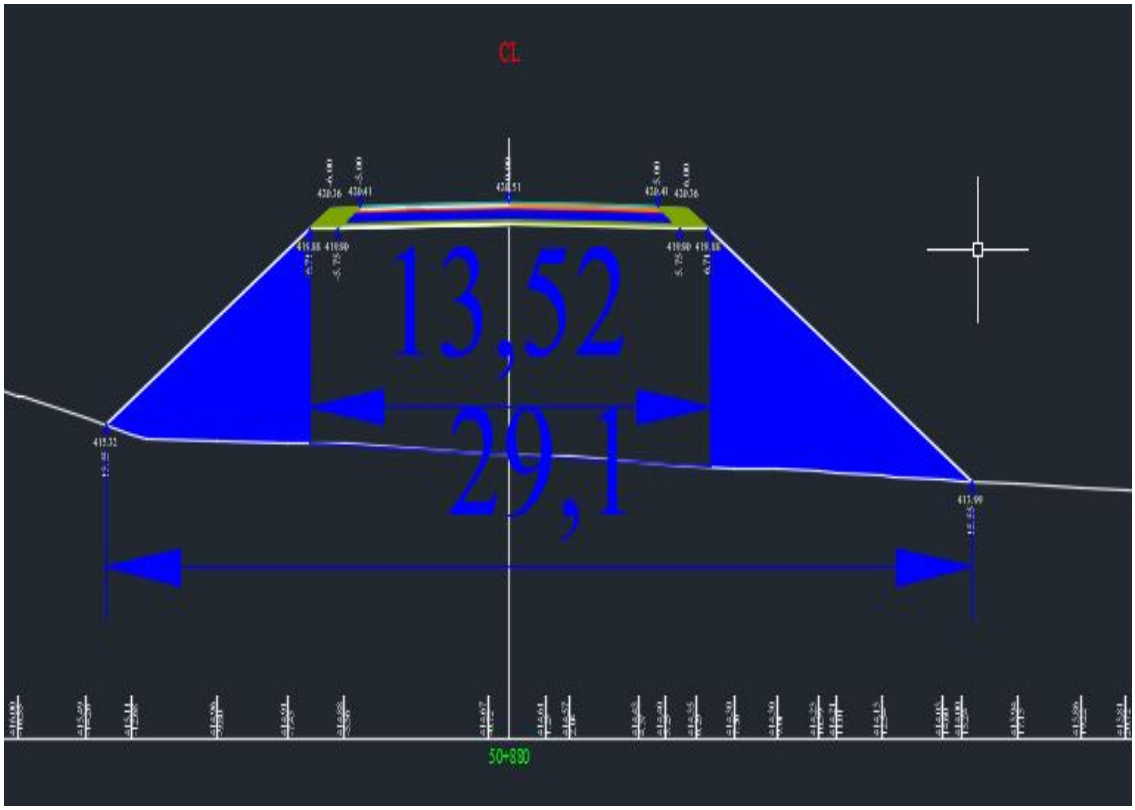
2 097 400 m² alanda; 2 097 400/1 000 = 2 097 dönüm araziye karşılık gelmektedir. Yani yaklaşık 2 000 dönüm arazi kurtarılmış olmaktadır.



Şekil 4.14. Akçakale-Ceylanpınar yolu enkesiti (Km:50+900)



Şekil 4.15. Akçakale-Ceylanpınar yolu enkesiti (Km:50+980)



Şekil 4.16. Akçakale-Ceylanpınar yolu enkesiti (Km:50+880)

Ariyetten çıkan malzemenin metreküp maliyeti 14.97 lira tutmaktadır. 1 metreküp geofoam dolgu maliyeti de yaklaşık 170 TL'ye (40 Euro) kadar varmaktadır. Bu fiyat ülkemizde Ekim ayında geofoam dolgu malzemesini satan fabrikalardan alınmıştır (Ekim 2017'de Euro=4.20 Türk Lirası). Geofoam malzemenin maliyetinin kısa vadede düşünüldüğünde ariyetten çıkan malzemeye göre 10 kat daha maliyetli olduğu görülmektedir. Ancak gözden kaçırılan çok önemli ayrıntılar mevcuttur. Şevler dikleştirilip dolgu miktarında azalmaya gidilerek bu yönde maliyet düşürülmüş olmaktadır.

Geofoam geosentetik malzemelerinin uzun ömürlü olduğunu düşünüp aynı zamanda mevcut yolların donma-çözünme, çökme gibi nedenlerden dolayı 10 yılda bir tekrar sökülüp tekrar yapıldığı göz önünde bulundurulursa bu yönden de maliyet açısından kazanç sağlandığı su götürmez bir gerçektir.

Geofoam dolguların ise 100-200 yıla kadar bozulmadan kalabildiği bilinmektedir. Geofoam dolgularda zamanla oturma (konsolidasyon) olmadığından imalat için uzun süre beklemeye gerek kalmamaktadır. Uygulama çabuk gerçekleşmektedir. Bunlar, maliyeti düşüren etkenler arasında yer almaktadır.

Harran ovasında görüldüğü kadarıyla köylü halk, tarlalarından en az iki kez mahsul almaktadır. Haziran başında buğdayları kaldırdıktan sonra hemen mısır ekip Aralık ayı sonunda da mısırlarını kaldırarak yılda iki kez mahsullerini almış olmaktadırlar. Tabii mısır yerine pamuk ekenlerde vardır.

Akçakale-Ceylanpınar arasındaki köylerde halkla yapılan görüşmelerde, 2017 yılı için 1 dönüm arazinin tapu bedelinin Harran ovasında 10 000-15 000 lira arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yılda iki kez mahsul alındığı için hem Haziran ayında elde edilen buğdayın hem de Aralık ayında elde edilen mısırın 1 dönümünden elde edilen gelirlerden de bahsetmek gerekmektedir.

1 dönüm buğday ekilen araziden yaklaşık 600 kg buğday mahsulü elde edilmektedir. 600 kg buğdayda kilogram fiyatı 1 TL' den;

600 KG x 1 TL = 600 TL tutmaktadır.

1 dönüm mısır ekilen araziden yaklaşık 1 200-1 300 kg mısır mahsulü elde edilmektedir.1 kilogram mısırda yaklaşık 0.70 TL'den;

1 300 KG x 0.70 TL = 910 TL tutmaktadır.

Aynı yıl hem buğday hem mısır mahsulü alındığı düşünüldüğünde ve şu anki fiyatlar baz alındığında 1 dönüm araziden elde edilen gelir;

910 TL + 600 TL = 1 510 TL tutmaktadır.

100 yıl boyunca 2 000 dönüm araziden hem buğday hem mısır mahsulü alındığı varsayılırsa;

100 yıl x 2 000 dönüm x 1 510 TL = 302 000 000 lira gibi büyük bir fiyat çıkmaktadır.

Bunun yanında kamulaştırmanın yapıldığı, köylü halka kamulaştırma bedelinin de verildiği düşünülürse;

2 000 dönüm x 10 000 TL = 20 000 000 TL gibi bir tapu bedeli de devlet, köylülere vermek durumunda kalmaktadır. Bu iki sonucu toplayacak olursak geofoam dolgu kullanılmadığında;

20 000 000 + 302 000 000 = 322 000 000 TL devlete bir bedel söz konusu olmaktadır.

Geofoam dolgu kullanıldığında araziler için kamulaştırma bedeli ödenmediği ve kamulaştırılmayan arazilerden köylü halkının yıllar boyunca mahsul elde edeceği hesaba katılırsa devletin yaklaşık 322 000 000 lira kazanç sağlayacağı açıktır. Ancak geofoam dolgu malzemesi kullandığı zaman dolgu miktarında azalmaya gidileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Autocad'te Akçakale-Ceylanpınar yolunun bazı enkesitleri Şekil 4.14., Şekil 4.15. ve Şekil 4.16.'da gösterilmiştir. Bu enkesitlerde maviye boyanan kısımlar, geofoam kullanılırsa kurtarılacak olan kısımlardır. Boyalı olmayan kısımlar ise geofoam dolgularla doldurulacak kısımları göstermektedir. Autocad'te km:50+880'deki enkesitte maviye boyalı kısımların alanı 40 m², boyalı olmayan kısmın alanı 70 m² çıkmıştır. Km:50+980'deki enkesitte, maviye boyalı kısımların alanı 39 m², boyalı olmayan kısmın alanı ise 80 m² çıkmıştır. Km:50+900'deki enkesitte, maviye boyalı kısımların alanları toplamı 42 m², boyalı olmayan kısmın alanı 69 m² çıkmıştır.

Ortalama bir değer alınacak olursa boyalı kısımların alan ortalaması;

(40+39+42)/3=40.33 m² çıkmaktadır.

Boyalı olmayan kısımların alan ortalaması ise;

(70+80+69)/3=73 m² çıkmaktadır.

Çıkan iki sonuç toplanırsa toplam ortalama alan;

73+40.33=113.33 m² çıkmaktadır.

113.33 m²'lik kısmın 40.33 m²'lik kısmı geofoam kullanıldığında yapılmayacak olan kısımdır. Geofoam kullanıldığında yapılmayacak olan maviye boyalı kısmın toplam alana oranı ise;

40.33/113.33= 0.356 çıkmaktadır. Bu sonuçta toplam alanın %35.6'sına tekabül etmektedir.

Uzunluk sabit olduğu için alan üzerinden hesap yapılmıştır.

Yani geofoam dolgu kullanılarak yapılacak olan imalat toprak dolgu malzemeyle yapılacak olan imalata göre yaklaşık 3'te 1 oranında daha az olacaktır. Toprak dolgu malzemesiyle 2 000 000 metreküp imalat yapıldığı bilinmektedir.

Geofoam dolgu yapıldığında kullanılmayacak olan toplam dolgu miktarı;

2 000 000 x 0.356 = 712 000 m³ çıkmaktadır.

Geofoam dolgu malzemesi kullanıldığında yapılacak dolgu miktarı ise;

2 000 000 m³ – 712 000 m³ = 1 288 000 m³'e düşmektedir.

4.2.2. Geofoam Dolgu Üzerine Yapılan Betonarme Tabaka maliyeti

Bilindiği üzere geofoam uygulaması yapılırken yol inşaatlarındaki uygulamalara ek olarak alttemel ile geofoam dolguları arasına yükü üniform dağıtması için 10 cm'lik betonarme tabaka yapılmaktadır. Akçakale-Ceylanpınar yolu 100 km uzunlukta, ortalama genişliği ise 11 metre alınmıştır. Betonarme tabakanın yüksekliği de 0.10 m alınacaktır.

4.2.2.1. Betonarme Tabaka Beton Maliyeti

100 000 m x 11 m x 0.10 m = 110 000 m³ beton metrajı çıkmaktadır.

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/16.130/K-H	Her türlü inşaatta kuruda ve ya suda her dozda demirli beton (C25/30 Hazır beton harcı ile)				m³
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
04.044/A	C25 hazır beton harcı	m3	1.000	129.00	129.00
04.031	su (kür için)	m3	0.400	5.60	2.240
01.015	betoncu ustası	sa	0.18	10.85	1.950
01.501	düz işçi	sa	0.36	7.95	2.860
03.527	vibratör	sa	0.06	17.51	1.050
KGM/21.040	kalıp (kar ve genel masrafsız)	m2	2.50	31.98	79.95
07.006/K	**Beton Nakli**	M3	1.00	14.11	14.11
F=	(K*(0.0007*M+0.01)*A*Y				
	Nakliye Mesafesi M=20.00 Km				
zorluk katsayısı	A=1.00				
yoğunluk	Y=2.40				
	K=245				
				TOPLAM :	231.16

Şekil 4.17.Her türlü inşaatta veya suda her dozda demirli beton

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/21.040	Menfezlerde düz yüzeyli, rendeli, beton ve betonarme kalıbı				m²
				2017 YILI	
	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
	tahta = 0.025/3=0.008				
	rendeleme zaiyatı = 0.008*0.2=0.002				
	kadron(kuşak,Destek,Payanda ve benzeri) 0.030/5=0.006				
04.152	2.Sınıf çam kereste(zaiyat dahil)	m³	0.016	765.00	12.24
04.270	Çivi ve tel	kg	0.100	2.15	0.22
	Yapılması,Sökülmesi ve Temizlenmesi				
01.017	Dülger	sa	1.25	10.85	13.56
01.501	Düz İşçi	sa	0.75	7.95	5.96
				TOPLAM :	31.98

Şekil 4.18. Menfezlerde düz yüzeyli, rendeli, beton ve betonarme kalıbı

Aslında Karayolları birim fiyat cetvelinde KGM/21.040 pozu 39.98 lira olarak gözükmektedir. Bu analizde, paçal fiyatın 31.98 lira olmasının nedeni pozun yüklenici karı ve genel masraflar katsayısıyla çarpılmamasındandır. Yüklenici karı ve genel masraflar katsayısı 1.25'tir (Şekil 4.18.).

Şekil 4.17.'de 1 m³ C25/30 hazır betonun maliyet analizi yapılmıştır. Bu analizde, nakliye mesafesi ortalama 20 kilometre alınmıştır. C25/30 hazır beton metreküp maliyeti 231.16 TL tutmuştur. 110 000 metreküp beton metrajı için bu fiyat;

110 000 m³ x 231.16 TL = 25 427 600 TL'dir.

4.2.2.2. Betonarme Tabaka Demir Maliyeti

Betonarme tabakada betonla beraber kullanılan çelik hasırlar içinde maliyet analizi yapmak gerekir. Betonarme tabaka için kullanılan çelik hasır Q257/257'dir. Şekil 4.19.'da Q257/257 için çap, ölçüler gibi bilgiler mevcuttur. Demir çapı 7 mm'dir. Demirler arasındaki mesafe 150 mm'dir. 1 m²'ye karşılık gelen ağırlığı 4.02 kilogramdır. Karayolları birim fiyat analizi için 1 m² ağırlığı 3.01-10.00 kilograma karşılık gelen KGM/23.011/K poz analizi yapılacaktır.

HASIR	GÖZ						
HASIR	EBADI	ÖLÇÜLERİ	ÇAP	BOY	EN	HASIR	
TİPİ	(cm)	(mm)	(mm)	FİLİZLERİ	FİLİZLERİ	AĞIRLIĞI	Kg/m²
	Boy / En	Boy / En	Boy / En	(mm)	(mm)	(kg)	
Q106/106	500/215	150 / 150	4.5 / 4.5	100 / 100	25 / 175	17.62	1.66
Q131/131	500/215	150 / 150	5.0 / 5.0	100 / 100	25 / 175	21.70	2.06
Q158/158	500/215	150 / 150	5.5 / 5.5	100 / 100	25 / 175	26.36	2.48
Q188/188	500/215	150 / 150	6.0 / 6.0	100 / 100	25 / 175	31.29	2.96
Q221/221	500/215	150 / 150	6.5 / 6.5	100 / 100	25 / 175	36.65	3.48
Q257/257	500/215	150 / 150	7.0 / 7.0	100 / 100	25 / 175	42.56	4.02
Q257/188	500/215	150 / 150	7.0 / 6.0	100 / 100	25 / 175	36.89	3.43
Q295/295	500/215	150 / 150	7.5 / 7.5	100 / 100	25 / 175	48.90	4.62
Q295/257	500/215	150 / 150	7.5 / 7.0	100 / 100	25 / 175	45.72	4.25
Q295/221	500/215	150 / 150	7.5 / 6.5	100 / 100	25 / 175	42.73	3.98
Q295/188	500/215	150 / 150	7.5 / 6.0	100 / 100	25 / 175	40.04	3.72

Şekil 4.19. TSE Çelik hasır tablosu

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/23.011/K	Nervürlü çelik hasırın temini ve yerine konulması işçiliği				ton
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
	malzeme				
04.305/1	nervürlü çelik hasır (Q6-Q12 mm lik)	kg	1025.00	1.90	1947.50
	yapılması ve yerine konulması				
01.019	soğuk demirci ustası	sa	15.00	10.85	162.75
01.219	soğuk demirci usta yardımcısı	sa	30.00	8.10	243.00
01.501	düz işçi	sa	5.00	7.95	39.75
	inşaat yerinde yükleme, boşaltma,yatay ve düşey taşıma				
03.521	lastik tekerlekli yükleyici	sa	0.15	87.09	13.06
01.501	düz işçi	sa	1.20	7.95	9.54
07.006/K	**Demir Nakli**	ton	1.00	71.05	71.05
F=	K*(0.0007*M+0.01)*A				
	Nakliye Mesafesi M=400.00 Km				
zorluk katsayısı	A=1.00				
	K=245				
				TOPLAM :	2,486.65

Şekil 4.20. Nervürlü çelik hasırın temini ve yerine konulması işçiliği

Şekil 4.20.‘de görüldüğü gibi betonarme tabakada kullanılan çelik hasır için maliyet analizi yapılmıştır. Bu analizde malzemenin zati bedeli, işçiliği ve nakliye bedeli fiyata dahil edilmiştir. Nakliye mesafesi, Akçakale-İskenderun mesafesi baz alınıp 400 kilometre alınmıştır. Akçakale ilçesine en yakın demir-çelik sanayisi İskenderun’da olduğu için demir İskenderun’dan alınmıştır.

1 ton çelik hasır 2 486.65 liraya karşılık gelmektedir. Ton fiyatı 1 000’e bölünürse kilogram fiyatı 2 486.65/1 000 =2.49 TL tutar. Betonarme tabakanın 100 000 metre uzunlukta ve 11 metre genişlikte olduğu bilindiğine göre;

100 000 m x 11 m = 1 100 000 m²’ye karşılık gelir.

1 m² alana karşılık gelen ağırlığın Q257/257 için 4.02 kilogram olduğu şekil 4.19.’da görülmektedir.

Kilogram fiyatı 2.49 liraya karşılık geldiğine göre 1 m² maliyeti;

4.02 kg x 2.49 TL = 10 TL’dir.

1 100 000 m² için bu fiyat; 1 100 000 x 10 = 11 000 000 lira tutmaktadır.

Çelik hasır Q257/257 maliyeti ile C25/30 beton maliyeti toplanırsa toplam betonarme tabaka maliyeti;

11 000 000 TL + 25 427 600 TL = 36 427 600 TL’ye karşılık gelir.

4.2.3. Prekast Panel Maliyeti

Geofoam dolgu uygulamasında dolgu imalatı 90º dik yapıldığı zaman geofoam dolgular prekast panellerle örtülür. Bunun nedeni geofoam dolguları U.V ışınlarından korumaktır. Prekast paneller, hem dış etkenlerden hem de U.V ışınlarından geofoam dolguları korumaktadır. Geofoam dolgu uygulamasında dik uygulamalar yapılabildiği için dolgu üst genişliğiyle dolgu alt genişliği aynıdır.

Prekast panellerin Akçakale-Ceylanpınar yol projesindeki toplam metrajını bulmak için toplam dolgu kübajı, yolun genişliğine ve uzunluğuna bölündüğünde ortalama bir yükseklik çıkmaktadır. Prekast paneller yolun iki yamacına uygulanacağı için bu yükseklik değeri 2 ile çarpılır.

Çıkan bu değer yolun toplam uzunluğuyla çarpıldığında prekast panellerin Akçakale-Ceylanpınar projesindeki toplam alanı çıkmaktadır. Bu değer prekast panellerin kalınlığıyla çarpıldığında ise toplam prekast panel m³'ü çıkmış olmaktadır.

4.2.3.1.Prekast Panel Beton Maliyeti

Bu bölümde prekast cephe paneli imalatında kalıbın iş yerine getirilmesi ve yapılması, C25/30 hazır beton harcının hazırlanması, iş başına getirilmesi, kalıp içine dökülmesi, vibratörle sıkıştırılması, montaj işleri için gereken kaynak aletlerinin iş başına getirilmesi, prizden sonra kalıbın sökülmesi, gerekli makinaların iş başına getirilmesi ve her türlü işçilik birim fiyat dahil edilerek hesaplanmıştır.

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/16.142/K-H	prekast cephe panelleri yapılması ve yerine konulması(toprakarme hariç)(C25/30 hazır beton harcı ile) (Her ebat ve kalınlıkta)				m³
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
KGM/21.035/K-5	kalıp (kar ve genel masrafsız)	m2	11.00	7.41	**81.48**
KGM/1924	buhar jeneratörü	sa	0.24	97.35	**23.36**
	Kalıbın kurulması, sökülmesi, istifi, temizlenmesi, yağlanması				
03.521	Lastik tekerlekli yükleyici	sa	0.30	87.09	**26.13**
01.502	Erbab işçi	sa	0.30	8.45	**2.54**
01.501	düz işçi	sa	0.60	7.95	**4.77**
	İmalatın yatay, düşey taşınması ve istifi karşılığı:				
03.521	Lastik tekerlekli yükleyici	sa	0.30	87.09	**26.13**
01.501	düz işçi	sa	0.60	7.95	**4.77**
				A=	**169.17**
				%10A=	**16.92**
	Plastik şekil levhaları, kalıp için Özel platform yapılması karşılığı				
04.042/05	C25/30 hazır beton harcı	m3	1.00	129.00	**129.00**
01.015	betoncu ustası	sa	0.18	10.85	**1.95**
01.501	düz işçi	sa	0.36	7.95	**2.86**
03.527	vibratör	sa	0.06	17.51	**1.05**
	Prekast cephe panellerinin yerlerine konulması karşılığı				
KGM/16.140/K	prekast cephe panellerinin yerlerine konulması	m3	1.00	98.69	**98.69**
KGM/16.140/K	montaj için gerekli olan kaynak vs. her türlü imalat karşılığı	m3	0.05	98.69	**4.93**
07.006/K	**Beton Nakli**	M3	1.00	14.11	**14.11**
F=	(K*(0.0007*M+0.01)*A*Y				
	Nakliye Mesafesi M=20.00 Km				
zorluk katsayısı	A=1.00				
yoğunluk	Y=2.40				
	K=245				
				TOPLAM :	**438.69**

Şekil 4.21. Prekast cephe panelleri yapılması ve yerine konulması

Şekil 4.21.'de prekast cephe panellerinin yapılması ve yerine konulması pozunun ayrıntılı analizi gösterilmiştir. Poz numarası KGM/16.142/K-H olan analizin içinde Şekil 4.21.'de görüldüğü gibi KGM/21.035/K-5, KGM/1924, KGM/16/140/K ve KGM/03.521 alt pozları da mevcuttur. Bu pozların ayrıntılı analizleri Şekil 4.22., Şekil 4.23. ve Şekil 4.24.'de aşağıda gösterilmiştir. Diğer alt pozlar ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın inşaat, makine ve araç rayiç fiyatlarıdır.

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/03.521	Lastik tekerlekli yükleyicinin 1 saatlik ücreti (80 HP)				sa
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
	Amortisman		0.00010		
	yedek parça		0.000053		
	tamir,bakım		0.000013		
	sermaye faizi, sigorta		0.000024		
	nakil,montaj,demontaj		0.000010		
03.021			0.000200	116,400.00	23.280
	malzeme				
04.109	mazot	kg	6.840	4.55	31.122
04.109	mazot(makine yağı, benzin, üstüpü vs. karşılığı)	kg	1.368	4.55	6.2244
	işletme				
01.404	operatör makinist	sa	1.44	12.75	18.360
01.408	yağcı	sa	1.00	8.10	8.100
				TOPLAM :	87.09

Şekil:4.22. Lastik tekerlekli yükleyicinin 1 saatlik ücreti 80 HP

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI	ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/21.035/K-5	Prekast elemanlar için 1 m2 çelik kalıp yapılması	M2

				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
	malzeme				
04.261	Düz siyah sac (2.00 mm kalınlık)	**kg**	16.485	1.65	27.20
04.167	kontraplak (TS 46)	**m3**	0.002	1,555.00	3.11
	Atölye giderleri karşılığı				
04.261	düz siyah sac (2.00 mm kalınlık)	**kg**	0.785	1.65	1.30
04.110/1	yanmış yağ	**kg**	1.400	0.35	0.49
	işçilik				
01.018	sıcak demirci ustası	**sa**	3.45	10.85	37.43
01.021	kaynakçı	**sa**	3.45	10.85	37.43
01.501	düz işçi	**sa**	5.18	7.95	41.18
				A=	148.14
				tekerrürden 1/20A=	7.41
				M2 BİRİM FİYATI :	**7.41**

Şekil: 4.23. Prekast elemanlar için 1 m² çelik kalıp yapılması

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI	ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/1924	**Buhar jeneratörünün 1 saatlik ücreti (Takriben 30 HP gücünde, buhar istihsal eden, 40 tonluk 3 tankı ısıtabilen , hortumları ile birlikte)**	sa

				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
	amortisman		0.000114		
	yedek parça		0.000061		
	tamir,bakım		0.000015		
	sermaye faizi,sigorta		0.000037		
	nakil,montaj,demontaj		0.000016		
03.064			0.000243	26,160.00	**6.36**
	Malzeme				
04.109	mazot (yakıt ve yağ karşılığı)	kg	10.83	4.55	**49.28**
04.031	su	m3	0.5	5.60	**2.80**
	işletme				
01.403	makinist	sa	1.92	11.05	**21.22**
01.502	erbab işçi	sa	2.00	8.85	**17.70**
				1 saatlik ücreti	**97.35**

Şekil 4.24. Buhar jeneratörünün 1 saatlik ücreti

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/16.140/K	Prekast cephe panellerinin yerlerine konulması				m³
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
	panellerin taşıtlara yüklenmesi, boşaltılması, şantiye içi nakliyesi ve yerine konulması karşılığı:				
KGM/03.587/1	kamyon üzerine monte edilmiş vinç	sa	0.70	63.89	**44.72**
KGM/03.538/2	kamyon 1 saatlik ücreti	sa	0.20	82.4	**16.48**
01.501	düzişçi	sa	1.40	7.95	**11.13**
01.013	duvarcı ustası	sa	1.40	10.85	**15.19**
01.409	formen	sa	0.70	15.95	**11.17**
				1 M3 FİYATI :	**98.69**

Şekil 4.25. Prekast cephe panellerinin yerlerine konulması

KGM/16.140/K numaralı prekast cephe panellerinin yerlerine konulması pozunun alt pozları Şekil 4.25.'de gösterilmiştir. Bu pozlar KGM/03.587/1 ve KGM/03.538/2 pozlarıdır. Bu pozların da ayrıntılı analizleri Şekil 4.26. ve Şekil 4.27.'de gösterilmiştir.

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/03.538/2	Kamyonun 1 saatlik ücreti(120 HP gücünde, 7 ton kapasiteli)				sa
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
	Amortisman		0.000083		
	yedek parça		0.000044		
	tamir,bakım		0.000011		
	sermaye faizi, sigorta		0.000023		
	nakil,montaj,demontaj		0.000010		
03.038/2			0.000171	61,250.00	10.474
	malzeme				
04.109	mazot	kg	10.260	4.55	46.683
04.109	mazot(makine yağı, benzin, üstüpü vs. karşılığı)	kg	2.052	4.55	9.3366
	işletme				
01.401	şöför	sa	1.44	11.05	15.910
				TOPLAM :	**82.40**

Şekil 4.26. Kamyonun 1 saatlik ücreti 120 HP gücünde, 7 ton kapasiteli

POZ NO:	İŞ KALEMİNİN ADI				ÖLÇÜ BİRİMİ
KGM/03.587/1	kamyon üzerine monte edilmiş vinç'in bir saatlik ücreti				saa
				2017 YILI	
POZNO	CİNSİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	MİKTARI	BİRİM FİYATI (TL)	TUTARI (TL)
03.089	Vinç (476 HP gücünde, 42-55 m bom uzunluğunda, ortalama 80 ton kaldırma kapasiteli lastik tekerlekli mobil vinç)		0.000083	40,500.00	3.3615
	malzeme				
04.109	mazot	kg	5.400	4.55	24.57
04.109	mazot(makine yağı, üstüpü vs. karşılığı)	kg	1.080	4.55	4.91
	işletme				
01.404	operatör makinist	sa	1.80	12.75	22.950
01.408	yağcı	sa	1.00	8.10	8.100
				TOPLAM :	63.89

Şekil 4.27. Kamyon üzerine monte edilmiş vinçin bir saatlik ücreti

Sonuç olarak prekast panelinin metreküp maliyeti 438.69 TL tutmuştur. Prekast paneller tüm yol boyunca geofoam dolgularının yanlarına dik bir şekilde ankre edilecektir. Daha önce de belirtildiği gibi geofoam dolgu kullanıldığında yolda kullanılacak toplam geofoam miktarı 1 288 000 metreküptür. Yolun uzunluğu 100 000 metre ve dolgu genişliği ortalama 13 metre alındığına göre uygulanacak prekast panelin yüksekliği bulunabilir. Yolun iki tarafına prekast panel yapılacağı ve tüm dolgu boyunca uygulanacağı düşünülürse uygulanacak prekast panelin alanı bulunabilir. Prekast panelin kalınlığıyla çıkan alan çarpılırsa toplam uygulanacak metreküp bulunmaktadır.

((1 288 000 m^3) / (13 m x 100 000 m)) = 0.99 metre ortalama yol yüksekliği

0.99 m x 2 = 1.98 metre (her iki yana uygulanacağı için)

1.98 m x 100 000 m = 198 000 m^2' ye karşılık gelmektedir.

198 000 m^2 x 0.15 m = 29 700 m^3 prekast panel için toplam uygulanacak beton metrajıdır (Prekast panelin kalınlığı 15 cm alınmıştır).

29 700 m^3 x 438.69 TL = 13 029 093 TL prekast panelin beton maliyetidir.

4.2.3.2. Prekast Panel Demir Maliyeti

Prekast panel için kullanılacak olan demir içinde maliyet analizi yapmak gerekmektedir. Prekast paneller 15 cm kalınlığında yapılacağına göre çift sıra çelik hasır döşemek daha faydalı olacaktır.

Betonarme plakada olduğu gibi 2*Q257/257 çelik hasırlar kullanılacaktır. Çelik hasırın kilogram fiyatı önceden belirtildiği üzere 2.49 TL çıkmıştır. Metrekare ağırlığı ise 4.02 kilograma karşılık gelmiştir. Prekast panelde çift sıra döşendiği için metrekareye düşen kilogram 2 ile çarpılacaktır.

M²'ye düşen ağırlığı; 4.02 kg x 2 sıra = 8.04 kg

Çıkan değer de kilogram fiyatıyla çarpılırsa;

8.04 kg x 2.49 TL = 20 TL'dir.

Yolda kullanılacak prekast panellerin m²'si hesaplandığı üzere 198 000 m² çıkmıştır. Bu değer m²'ye düşen fiyatla çarpılırsa;

198 000 m² * 20 TL= 3 960 000 TL prekast panelin demir maliyetidir.

Demir ve beton maliyetleri toplanırsa toplam prekast panel maliyeti;

3 960 000 TL + 13 029 093 TL = 16 989 093 TL çıkar.

4.2.4. Geofoam ile Toprak Dolgu Malzemesinin Maliyet Karşılaştırması

Geofoam kullanıldığında yapılacak dolgu miktarı metreküp birim fiyatıyla, toprak malzemeyle yapılacak dolgu miktarı kendi metreküp birim fiyatıyla çarpılıp, geofoam maliyeti kısmına betonarme tabakanın maliyeti ve prekast panelin maliyeti eklenecektir. Geofoam dolgu maliyetiyle toprak dolgu maliyeti birbirinden çıkarılırsa;

(170.00 TL x 1 288 000 m³+36 427 600 TL+16 989 093 TL)-(14.97 TL x 2 000 000 m³) = 242 436 693 TL geofoam dolgunun daha maliyetli olduğu görülmektedir.

Bu işlemde, geofoam dolgu malzemesinin metreküp birim fiyatıyla geofoam dolgu için çıkan dolgu kübajı çarpılıp, geofoam dolgu kullanıldığı için betonarme tabaka maliyeti ve prekast panel maliyeti de eklenmiştir. Toprak dolgu malzemesi kullanıldığı zaman çıkan maliyette geofoam dolgu yapıldığı zaman çıkan maliyetten çıkarılmıştır.

Ancak daha önce de belirtildiği gibi devletin hem ödemeyeceği kamulaştırma bedelleri hem de yıllarca köylü halka kalan arazilerden elde edilen mahsul gelirleri hesaplanmıştır. Yapılan bu hesapta geofoam kullanıldığında 322 000 000 TL gibi bir ekonomik kazanç sağlanmaktadır. Görüldüğü üzere kısa vadede 242 436 693 lira gibi bir maliyetten kaçıp uzun vadede 322 000 000 TL gibi bir kazanç yok sayılmaktadır. Yani;

322 000 000-242 436 693 = 79 563 307 TL geofoam dolgu kullanıldığı zaman uzun vadede devlete kazanç olarak yansıyacaktır.

Bahsedilen bu değerler işin sadece görünen yüzüdür. Hesabı yapılmayan indirek kazançlarda vardır. Buğday, mısır gibi hammaddelerin diğer ekonomik kalemlere sirayet edeceği ve bu mahsullerden devletin katma değerler elde edeceği düşünülürse devletin elde edeceği kazancın daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Buğdayın ekmek olana kadar, mısırın yağ olana kadar, pamuğun elbise olana kadar izlediği yollar düşünülecek olursa ekonomiye inanılmaz kazanç sağlayacağı kesinlik taşımaktadır. Bu hammaddeleri üreterek devlet üretim yapmış olmaktadır. Devlet bu yolla ithalat yapmak zorunda kalmamaktadır. Araziler sahiplerinde kalmakta, hem çiftçi hem de devlet kazanmaktadır.

4.3. Plaxis Programıyla Geofoam ve Ariyet Dolgu Malzemelerinin Yol Enkesitleri için Modellenmesi

Plaxis programı sonlu elemanlar yöntemiyle stabilite, taşıma gücü ve deformasyon ölçümleri yapan bir programdır. Program çeşitli geoteknik mühendisliği ile ilgili uygulamaları analiz edebilmektedir.

4.3.1. Zemin Modelleri

Plaxis programında zemin davranışlarını incelemek için 7 farklı model kullanılabilmektedir. Bunlar; lineer elastik model, mohr coulomb model, jointed rock model, soft soil model, soft soil creep model, hardening soil model ve user-defined model olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.3.1.1. Lineer Elastik Model

Bu modelde zeminin Hooke yasasına uyduğu kabul edilir (Civelek 2011). Bu modelde, rijitlik parametreleri olarak; poisson oranı, malzeme yoğunluğu ve elastisite modülü girilmektedir.

4.3.1.2. Mohr Coulomb Model

Elastoplastik zemin için kullanılmaktadır. Bu modelde; dilatasyon açısı, kohezyon, içsel sürtünme açısı, poisson oranı ve elastisite modülü değerleri girilmektedir.

4.3.1.3. Soft Soil Model

Yumuşak zeminler için uygulanan modeldir. Bu modelde parametre olarak; kohezyon, içsel sürtünme açısı, dilatayon açısı, modifiye şişme endeksi ve modifiye sıkışma indeksi değerleri girilir.

4.3.1.4. Jointed-Rock Model

Kaya davranışını modellemek için kullanılmaktadır. Modelde, mohr coulomb modeline benzer olarak dilatasyon ve içsel sürtünme açıları, kohezyon, elastisite modülü ve poisson oranı girilmektedir.

4.3.1.5. Hardening Soil Model

Hardening soil modeli, mohr coulomb modeline göre daha çok gelişmiş, yumuşak ve sert zeminlerin davranışlarını analiz eden bir modeldir (Keskin 2009).

4.3.1.6. Soft Soil Creep Model

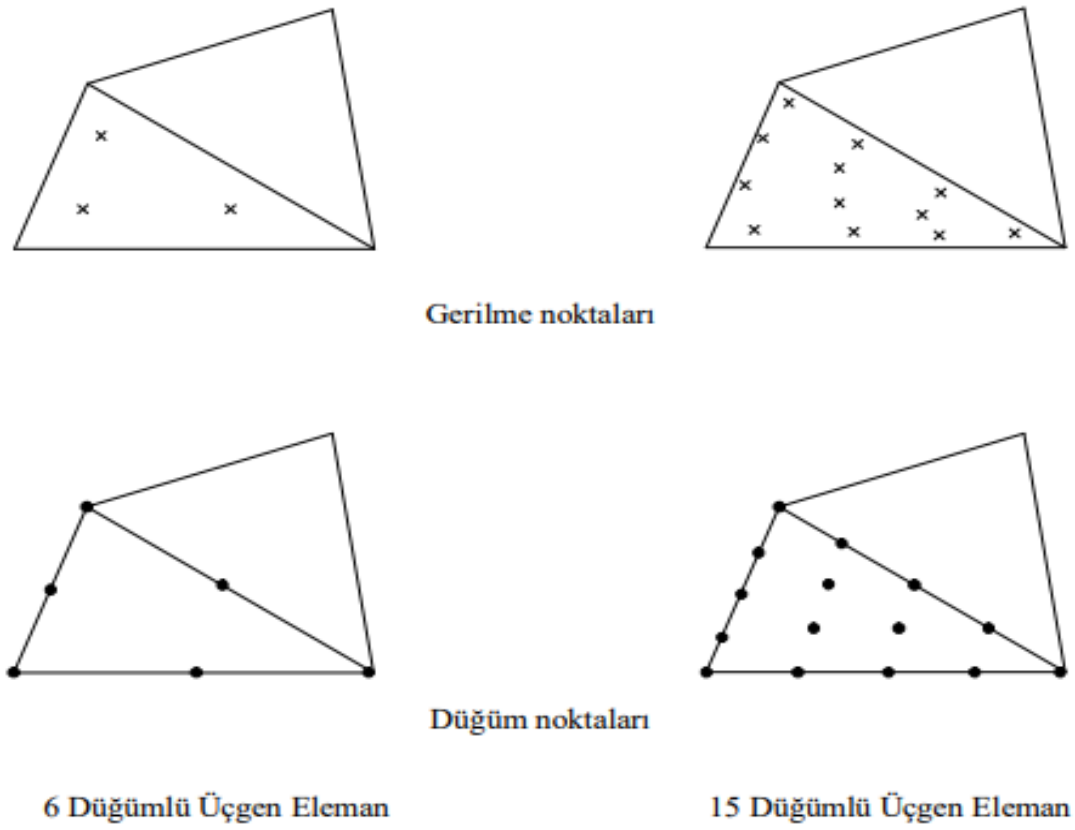
Yumuşak zeminlerin zamana bağlı oturmalarının modellemesinde kullanılmaktadır. Bu modelde, soft soil modelde kullanılan parametre değerlerine ek olarak modifiye sünme indeksi değeri girilmektedir.

4.3.1.7. User Defined Model

Birlikte çalışabilir geçici kararlılık modellerine ihtiyaç duyar. Kullanıcılar kendi modellerini oluşturabilmekte, simüle edebilmekte ve başkalarıyla paylaşabilmektedir.

4.3.2. Elemanlar

4 tip eleman çeşidi vardır. Bunlar; zemin elemanları, geogrid elemanı, kiriş elemanlar ve ara yüzey elemanlarıdır. Şekil 4.28.'de zemin elemanlarındaki düğüm ve gerilme noktalarının pozisyonu gösterilmiştir.



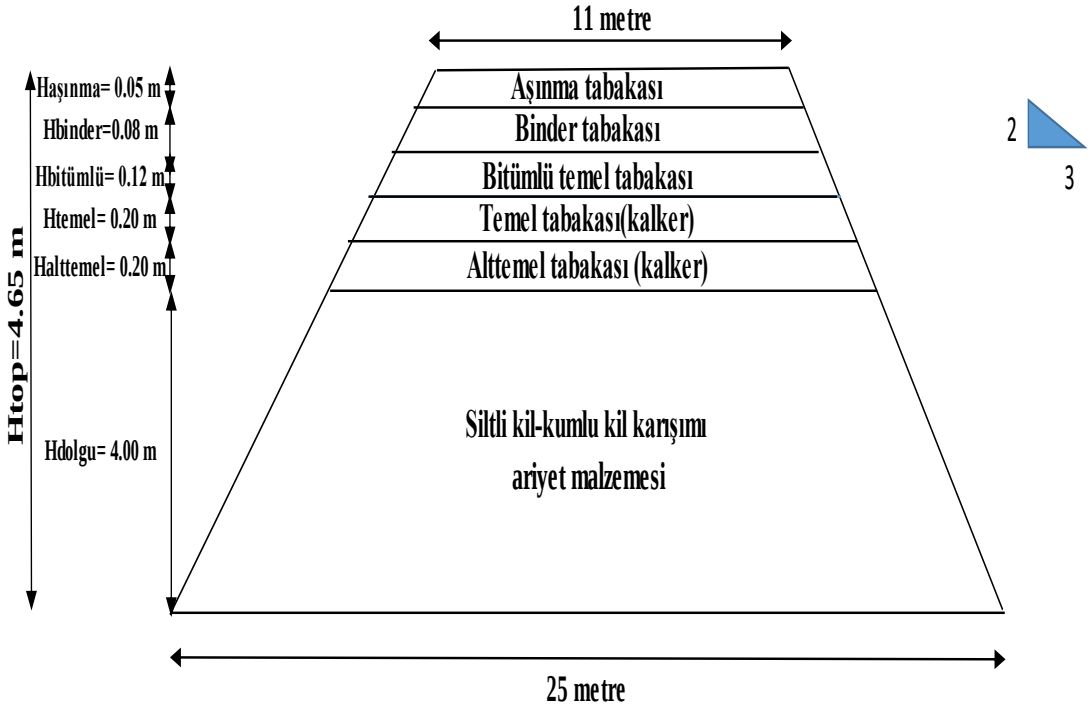
Şekil 4.28. Zemin elemanlarındaki düğüm ve gerilme noktalarının pozisyonu (Keskin 2009)

4.3.3. Plaxis modelleme Yol Enkesitleri

Bu çalışmada, geofoam ve toprak dolgu malzemelerinin yol dolgusu olarak kullanıldığında taşıma gücü ve deformasyon açısından durumları incelenecektir. Plaxis programında modelleme yapılırken iki farklı tür kesitle çalışılmıştır. Geofoam dolgu ile yapılan yol enkesiti modellemesinde şevler 90º dik uygulanırken toprak dolgu malzemesiyle yapılan Akçakale-Ceylanpınar yol enkesiti için şevler 3/2 (3 yatay, 2 düşey) olarak alınmıştır.

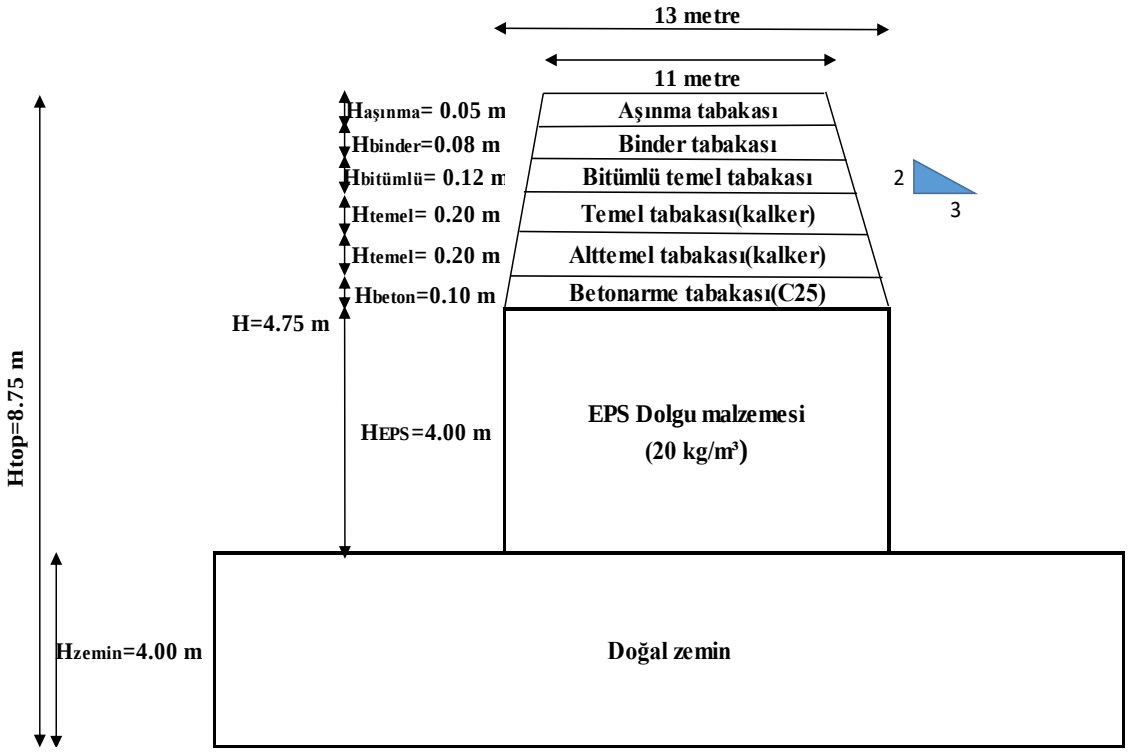
Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.'daki şekillerde aynı yol için iki farklı yol enkesiti çizilmiştir. Şekil 4.29.'da çizilen enkesit Akçakale-Ceylanpınar yol enkesitlerine göre yapılmıştır. Şekil 4.30.'da ise doğal toprak dolgu malzemesinin yerine sentetik dolgu malzemesi olan geofoam dolgular kullanılmıştır. Üst yapıdaki tabakalar aynı şekilde 3/2 şevlendirilip dolgu yapılan kısım ise dik (90º) uygulanmıştır. Ayrıca Şekil 4.30.'da, Şekil 4.29.'daki durumdan farklı olarak 10 cm'lik betonarme tabaka yapılmıştır.

4.3.3.1. Toprak Dolgu Yol Enkesiti



Şekil 4.29. Ariyet dolgu malzemesiyle yapılan yol enkesiti

4.3.3.2. EPS Dolgu Yol Enkesiti



Şekil 4.30. EPS geofoam dolgu malzemesi kullanıldığında oluşan yol enkesiti

Şekil 4.29. ile Şekil 4.30.'da ariyet ve geofoam dolgu kullanıldığında yapılacak yol enkesitleri gösterilmiştir. Geofoam dolgu ile yapılan uygulamada Şekil 4.30.'da da görüldüğü gibi şevler EPS dolgu kısmında dik uygulanmıştır. Bu sayede, yol alt genişliği 25 metreden 13 metreye kadar düşürülmüştür. Kurtarılan yol alt genişliği yaklaşık 12 metredir. Dolgu yüksekliği arttıkça yol genişliğinin artacağı, şevlerin daha yatık olduğu durumlarda da kurtarılan yol genişliğinin daha çok olacağı kesinlik taşımaktadır. Örneğin, 5 metrelik dolgu yüksekliği için yol alt genişliği 28 metre genişliğe kadar çıkmaktadır. Geofoam dolgular ile yapılan yol alt genişliği her durumda sabit kalacağı için kurtarılan yol genişliği bu durumda 15 metreye çıkacaktır.

Tabakalara ayrılan yol enkesitleri için kullanılan parametreler Şekil 4.31.'de gösterilmiştir.

4.3.3.3. Plaxis Programındaki Yol Enkesitlerinde Kullanılacak Parametreler

Plaxis Modellemede kullanılacak parametreler								
	Birimi	Asfalt (bazalt)	Demirli Beton (C25)	Temel malzemesi (kalker)	Alttmel malzemesi (kalker)	Dolgu malzemesi siltli kil-kumlu kil	EPS dolgu malzemesi (20 kg/m³)	EPS dolgu altı doğal zemin özellikleri
Birim yoğunluk	**ɣ(KN/m²)**	24.00	24.00	22.00	19.00	18.00	0.20	18.00
Elastisite modülü	**E(kPa)**	2,100,000	30,000,000	100,000	50,000	20,000	6,000	20,000
Poisson oranı	**ν**	0.40	0.20	0.35	0.30	0.30	0.10	0.25
Kohezyon değeri	**c(KN/m²)**	-	-	30	20	15	35	15
içsel sürtünme açısı	**ø**	-	-	43	40	30	30	30
dilatasyon açısı	**ψ**	-	-	13	10	0	0	0
		Lineer Elastik		Mohr Coulomb			Mohr coulomb veya lineer elastik	Mohr Coulomb

Şekil 4.31. Plaxis modellemede kullanılacak parametreler

(Faheem ve Hassan 2014) (www.web.itu.edu.tr/kimence/bolum1) (Tefera ve ark. 2011)

4.3.3.4. Plaxis Modellemede Yüklerin Girilmesi

Plaxis programında enkesitler ve kullanılacak parametreler girildikten sonra yola gelecek maksimum yükün girilmesi gerekmektedir. Ancak en ağır yükte yolun yüke karşı gösterdiği davranış anlaşılabilmektedir.

Geçmesi düşünülen en ağır araç yükü H30-S24 kamyonudur.

Şekil 4.32.'deki H30-S24 kamyonu dikkate alınacak olursa arka dingil yüklerine göre analiz yapmak daha mantıklı sonuçlar verecektir. Çünkü kamyonun kendi ağırlığı ve taşıyacağı yük, H30-S24 kamyonu için arka dingile daha çok sirayet etmektedir.

Arka dingilde yer alan bir teker çiftinin yol zeminine aktardığı yük 12 tondur.

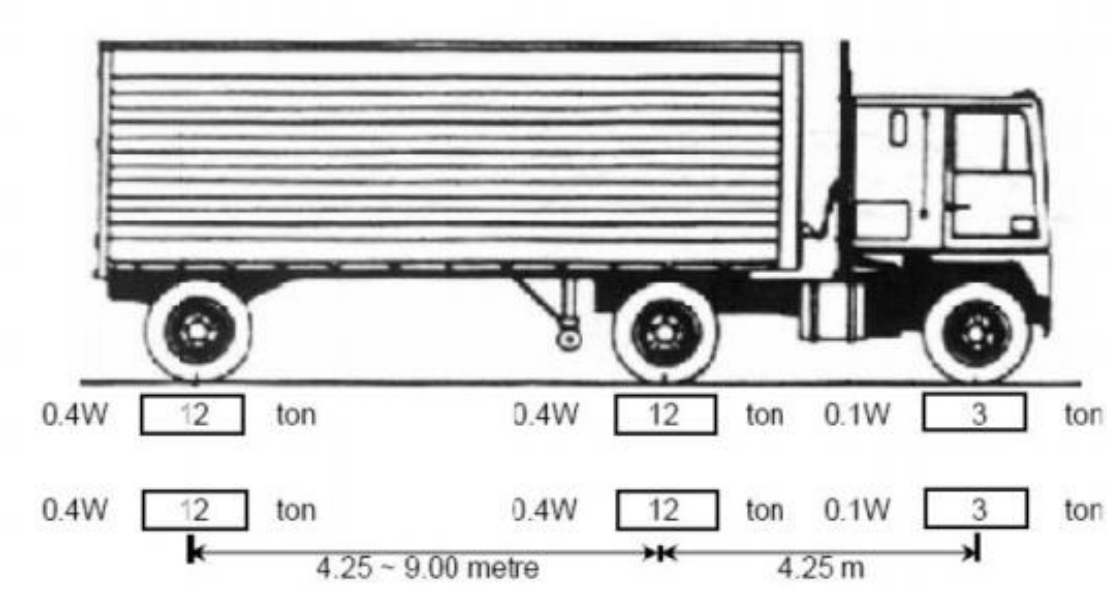
12 ton ise 106.8 KN'a karşılık gelmektedir.

1 short ton force = 8.9 KN

12 ton x 8.9 short ton force = 106.8 KN

106.8 KN değeri 1.3 darbe faktörüyle çarpılmalıdır (NCHRP 2004).

106.8 KN x 1.3= 138.8 KN (Bir teker çiftinin aktardığı kuvvet).



Şekil 4.32. H30-S24 kamyonun uzunluk ve yola etkiyen yük değerleri

Bu noktadan sonra bilinmesi gereken diğer bir hususta lastik şişirme basıncının bilinmesidir. Lastik şişirme basıncının bilinmesi neticesinde yükün etki ettiği dairesel alan, teker çiftinin yola etki ettiği yükün lastik şişirme basıncına bölünmesi yardımıyla bulunacaktır.

Dairesel temas alanı (m^2)= Yola etkiyen yük (KN) / Lastik şişirme basıncı (KPa)

H30-S24 kamyon için lastik şişirme basıncı 110 Psi değerindedir (Şekil 4.33.).

Wheel Diameter 24.0"										
12.00R24 H XZY®										
PSI	70	75	80	85	90	95	100	105	110	Maximum load & pressure on sidewall
kPa	480	520	550	590	620	660	690	720	760	

Şekil 4.33. Lastik şişirme basınçları (www.michelintruck.com)

1 Psi=6.894 KPa'dır.

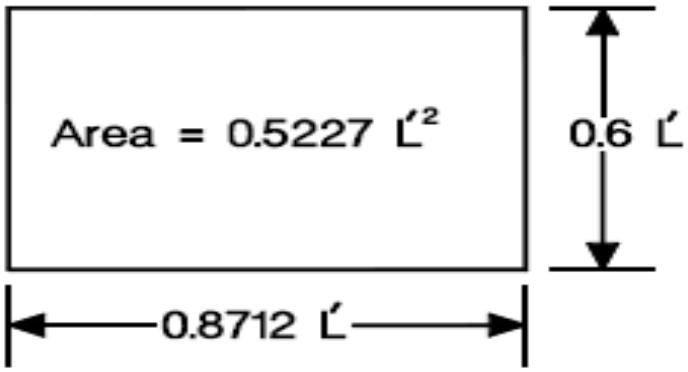
110 Psi = 110 x 6.894 = 758.4 KPa değerine karşılık gelmektedir.

Bu değer, teker çiftinin temas alanına etkidiği gerilme olarak dikkate alınmaktadır. Dairesel temas alanı, önceden de belirtildiği üzere teker çiftinin yola aktardığı yükün lastik şişirme basıncına bölünmesi yardımıyla bulunmuştur.

Dairesel temas alanı;

138.8 KN / 758.4 KPa = 0.183 m²'dir.

NCHRP'ye (2004) göre dairesel alan, eşdeğer dörtgen alanına dönüştürülür. Dairesel alan, eşdeğer dörtgen alana dönüştürülerek plaxis programında yükün ne kadar birim genişliğe tekabül ettiği bulunabilmektedir (Şekil 4.34.).



Şekil 4.34. Eş değer dörtgen alana dönüştürme yöntemi (NCHRP 2004)

0.183 m² = 0.5227 L² bağıntısından L;

L= 0.5916 çıkmaktadır. Dörtgenin eni;

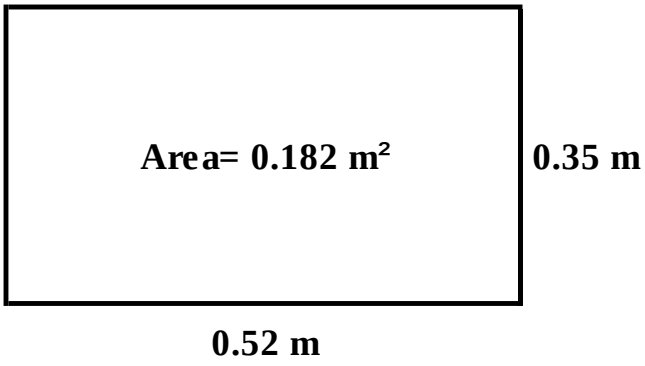
0.8712 x 0.59 = 0.514 metre

Dörtgenin boyu;

0.60 x 0.59 = 0.354 metre olur. Bu iki değer çarpılacak olursa;

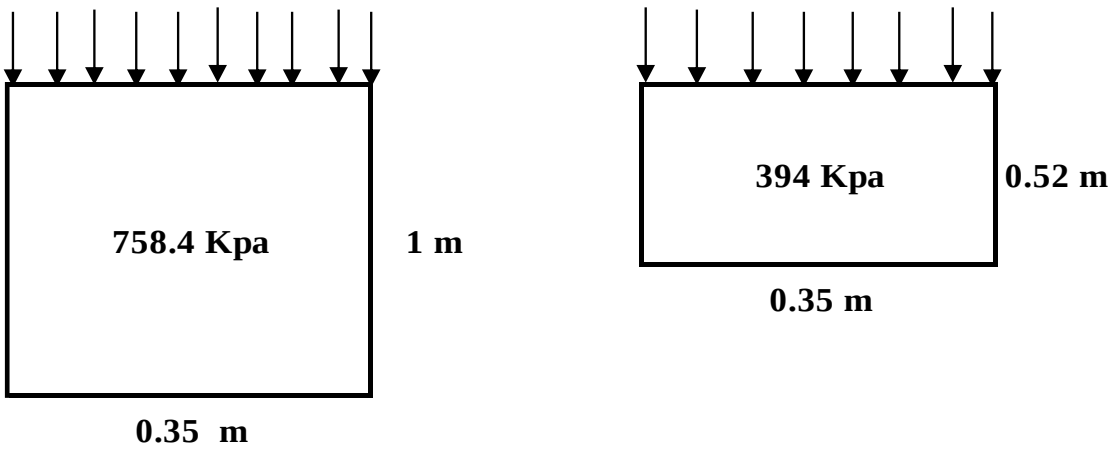
0.514 x 0.354= 0.182 m² ≈ 0.183 yaklaşık değeri çıkar.

En ve boy değerleri 0.35 m ve 0.52 m değerlerine yuvarlanabilir (Şekil 4.35.).



Şekil 4.35. Eş değer dörtgen alan ölçüleri

Plaxis Modellemede yükün etkidiği genişlik olarak 0.35 metre girilecektir. Yalnız diğer yönde girilen birimi plaxis 1 metre olarak alacaktır. Bu nedenle, eş değer dörtgen alana etki eden net gerilmeyi saptamak için plaxiste diğer yönde giden birimin 0.52 metreye indirgenerek gerilme hesaplanmalıdır. Çünkü eş değer dörtgen uzunluk ölçüleri 0.35 m ve 0.52 m çıkmıştır. 758.4 KPa değeri, 1 metre birim genişliğe tekabül eden değerdir (Şekil 4.36.).



Şekil 4.36. Plaxis programında uygulanacak yük alan ilişkisi

1 birim için 758.4 KPa basınç etki ediyor ise 0.52 birim için;

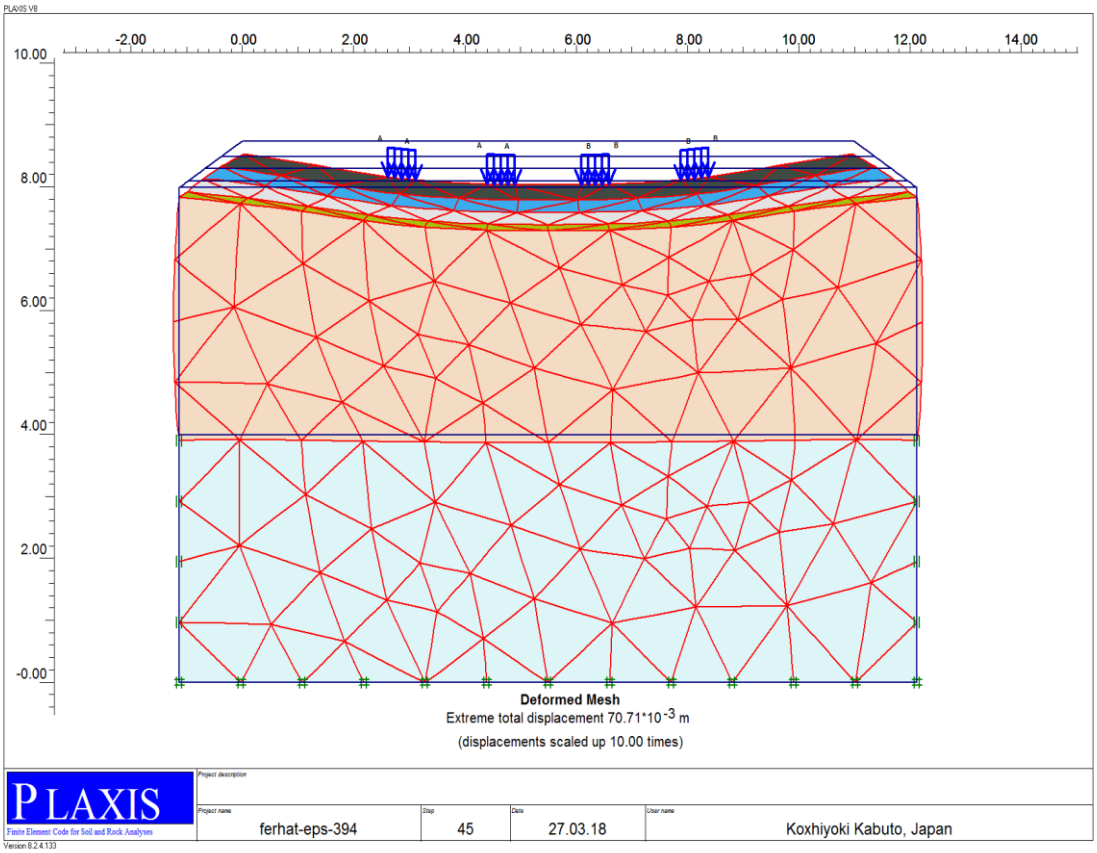
758.4 x 0.52 = 394 KPa bu alana etki edecektir.

4.3.4. Plaxis Programında EPS Dolgu Yol Kesitine 394 KPa Basınç Etkimesi

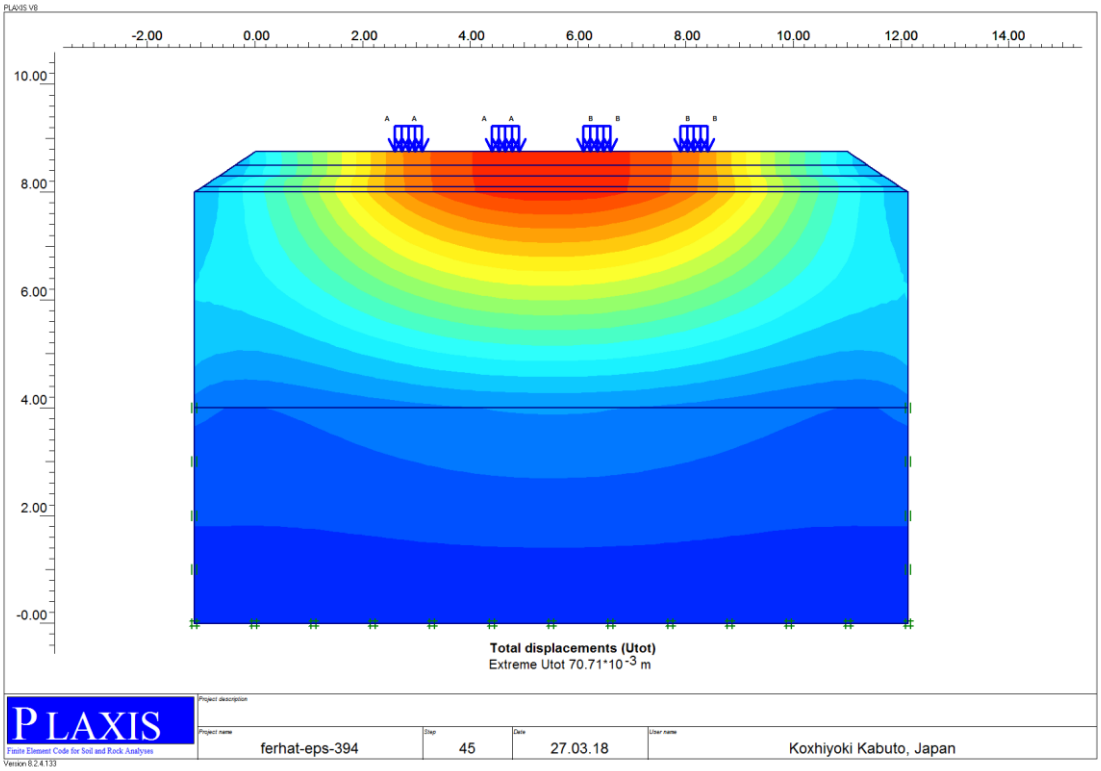
Plaxis sonlu elemanlar yöntemiyle EPS dolgu yapılan yol enkesitine 394 KPa olan 4 adet basınç uygulanmıştır. Bu şekilde yapılmasının nedeni 394 KPa basıncın bir teker çiftine denk gelmesidir. Yani bir kamyon için plaxis programında iki gerilme yüklenmesi gerekmektedir. Akçakale-Ceylanpınar yol projesi iki şeritli gidiş-geliş istikametli olduğundan dolayı iki kamyonun yan yana geçecek şekilde düşünülmesi gerekmektedir. 2 kamyon için girilecek basınç adedi de her kamyon için 2 gerilme olacak şekilde 4 olmalıdır. Bu gerilme değeri için yolun taşıma gücü açısından bir problemi bulunmamaktadır.

394 kilopascal için toplam deformasyon Şekil 4.37.'de görüldüğü gibi 0.07 m çıkmaktadır. 4 metre EPS dolgu yüksekliği için deformasyon yüzdesi;

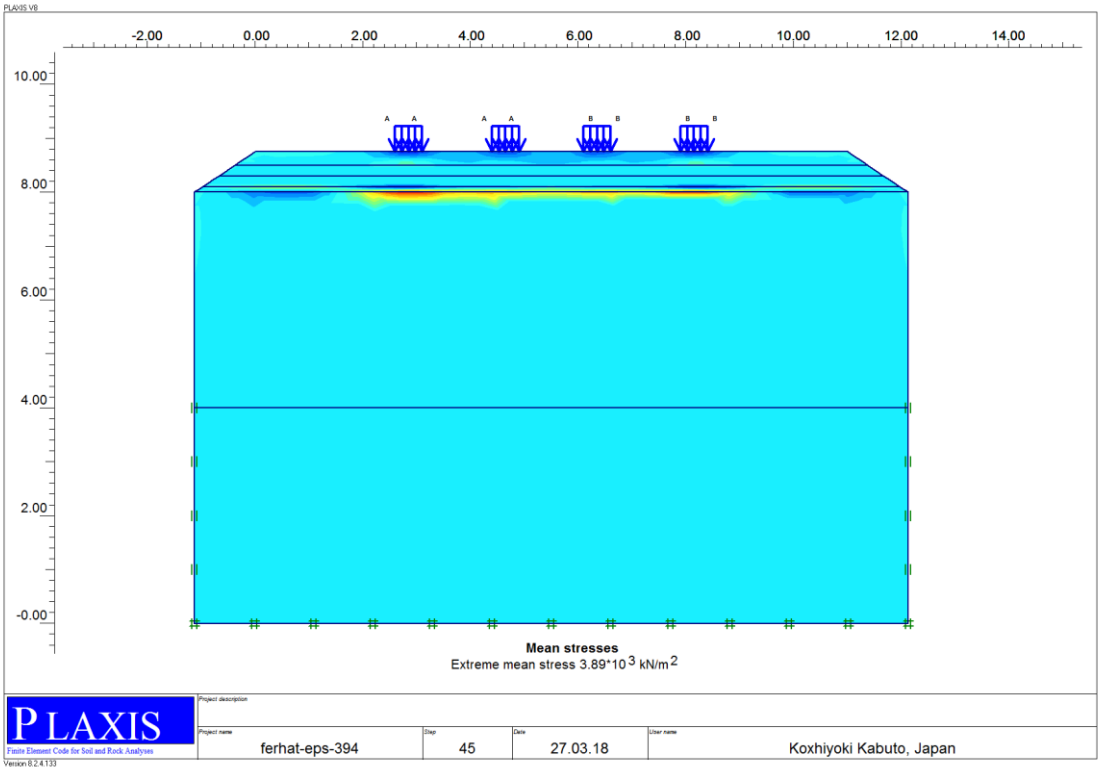
0.07 m /4.00 m = 0.0175 yani %1.75'tir. Şekil 4.38., Şekil 4.39. ve Şekil 4.40.'da EPS enkesitinde oluşan toplam yer değiştirme, ortalama gerilme ve dolgu kısmında oluşan gerilme gösterilmiştir.



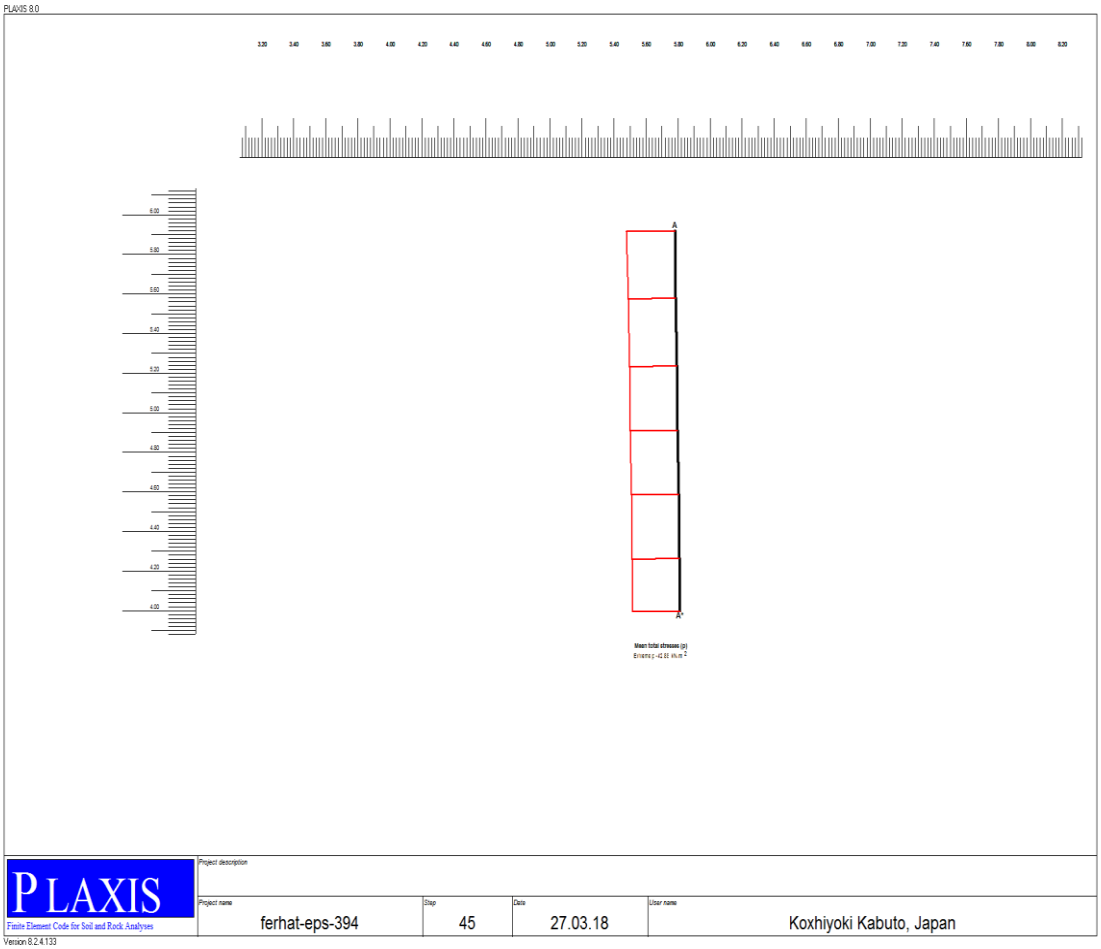
Şekil 4.37. Plaxis programında 394 kilopascal basınç için EPS enkesitindeki deformasyon değeri



Şekil 4.38. Plaxis programında 394 kilopascal basınç için EPS enkesitinde toplam yer değiştirme



Şekil 4.39. Plaxis programında 394 kilopascal basınçta EPS enkesitindeki ortalama gerilme



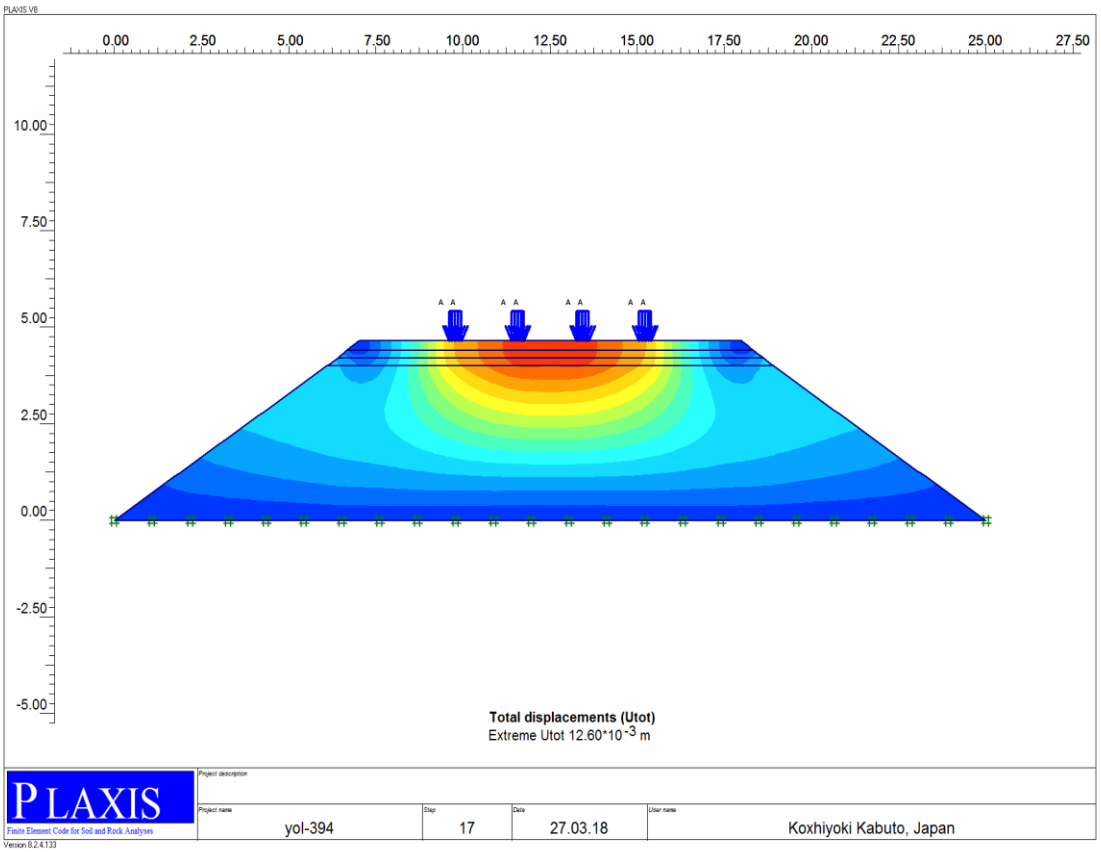
Şekil 4.40. Plaxis programında 394 kilopascal basınç için EPS dolgu kısmında oluşan gerilme

EPS dolgu kısmında oluşan deformasyon değeri, 394 KPa gerilme değeri için 42 kN/m² çıkmıştır.

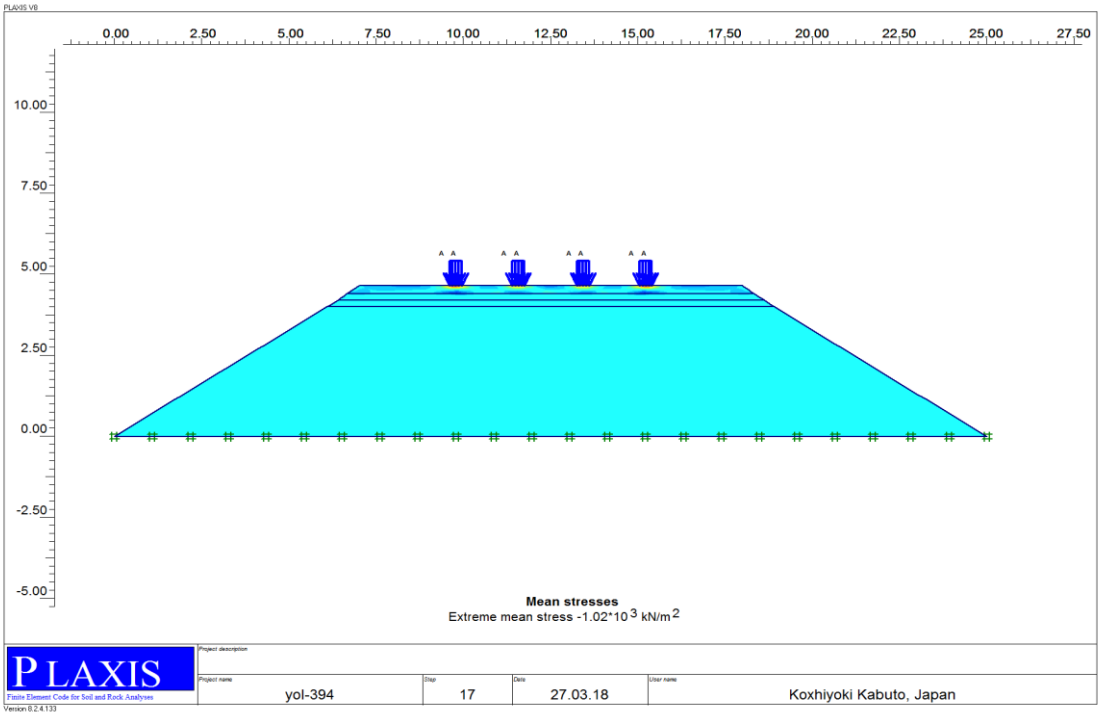
20 kg/m³'lük EPS, %1 birim boy değişimine karşılık minimum 45 KPa taşıma gücü kapasitesine sahiptir. (ASTM D6817)

4.3.5. Plaxis Programında Toprak Dolgu Yol Kesitine 394 KPa Basınç Etkimesi

Toprak dolgu malzemesiyle Plaxis programında uygulanan yol enkesiti Akçakale-Ceylanpınar yol enkesitine göre çizilmiştir. 394 kilopascal için toplam yer değiştirme 0.012 m çıkmıştır (Şekil 4.41.). 4 metre toprak dolgu yüksekliği için 0.012 m'ye karşılık gelen deformasyon yüzdesi %0.30 değerindedir. EPS dolguyla yapılan uygulamaya göre bu enkesitte daha az yer değiştirme meydana gelmiştir. EPS dolguyla yapılan uygulama gibi taşıma gücü açısından herhangi bir problem görülmemiştir. Şekil 4.42.'de toprak dolgu kısmında oluşan ortalama gerilme gösterilmiştir.



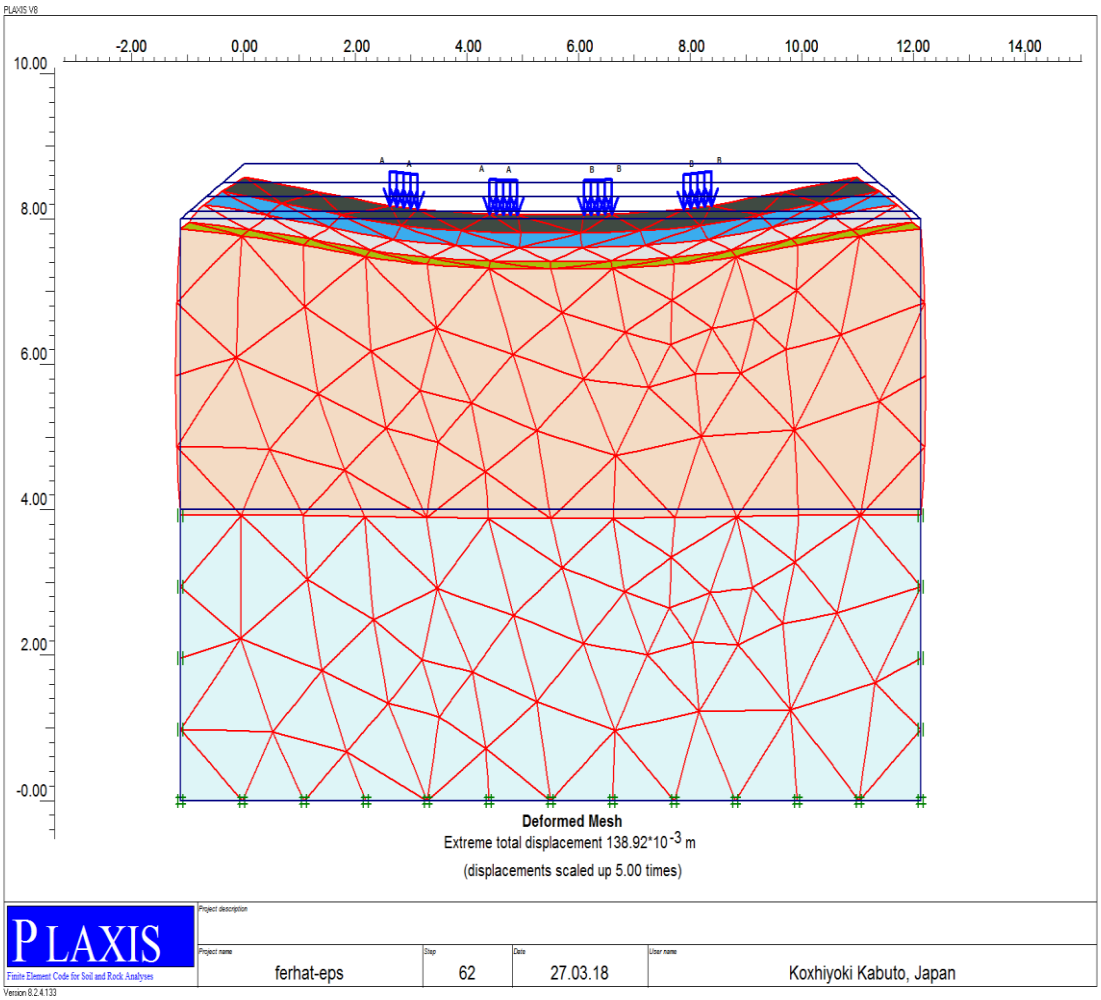
Şekil 4.41. Plaxis programında 394 kilopascal için toprak dolgu enkesitinde toplam yer değiştirme



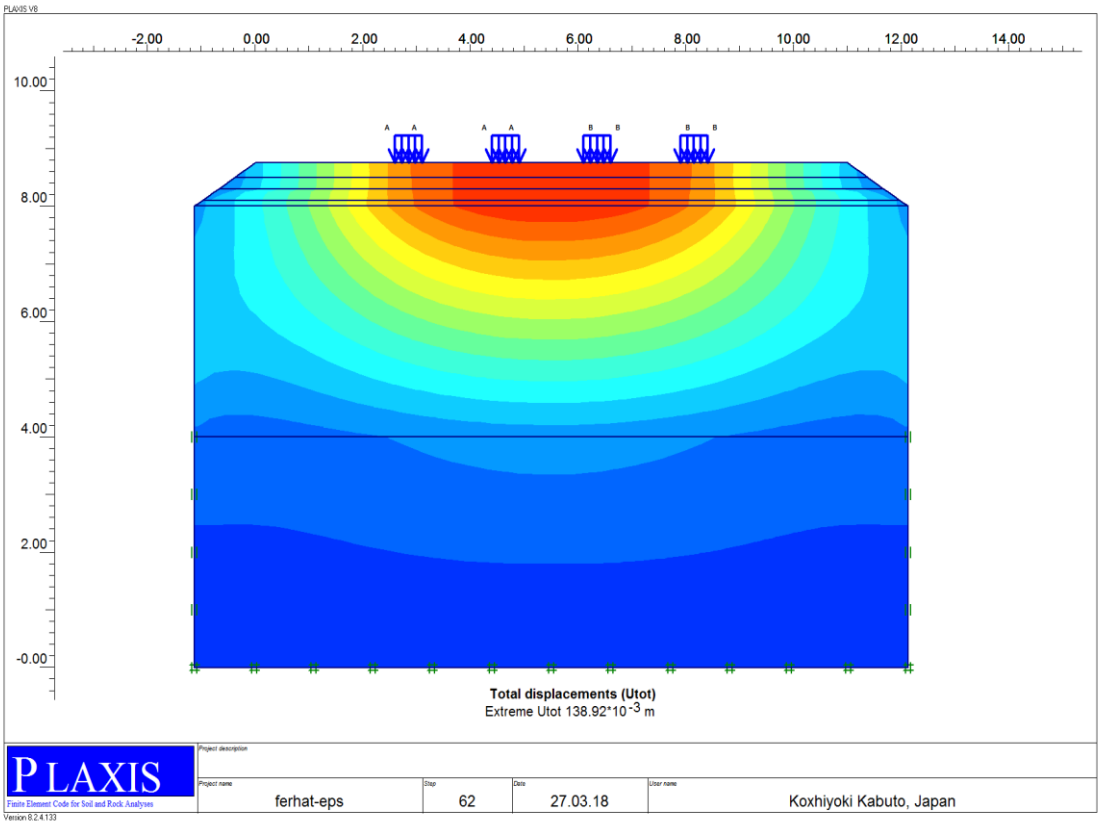
Şekil 4.42. Plaxis programında 394 kilopascal toprak dolgu enkesiti için ortalama gerilme

4.3.6. Plaxis Programında EPS Dolgu Yol Kesitine 758.4 KPa Basınç Etkimesi

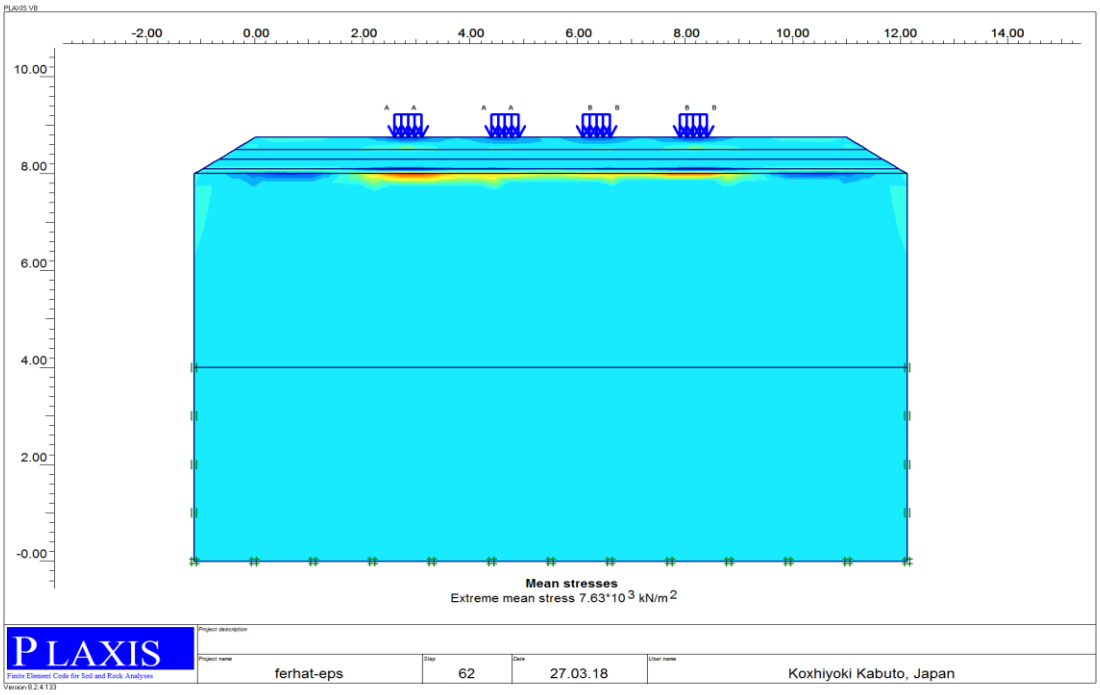
Plaxis sonlu elemanlar yöntemiyle yol zeminine uygulanan 394 KPa basınç için gerilme ve yer değiştirme değerleri incelenmiştir. 394 KPa, 758.4 KPa basıncın plaxis sonlu elemanlar yönteminde 1 metreden 0.52 metreye indirgenmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Ancak bu varsayımın düşünülmemesi, 758.4 KPa basınç etki edeceği düşünüldüğünde ise deformasyon değeri 0.138 m'ye çıkmaktadır (Şekil 4.43.). 4 metre dolgu yüksekliği için deformasyon yüzdesi %3.40 çıkmaktadır. Taşıma gücü açısından yol enkesitinde problem görülmemektedir. Ancak deformasyon ve gerilme değerleri tahmin edileceği gibi artış göstermektedir. EPS enkesitinde oluşan toplam yer değiştirme ve ortalama gerilme değerleri Şekil 4.44. ve Şekil 4.45.'de gösterilmiştir.



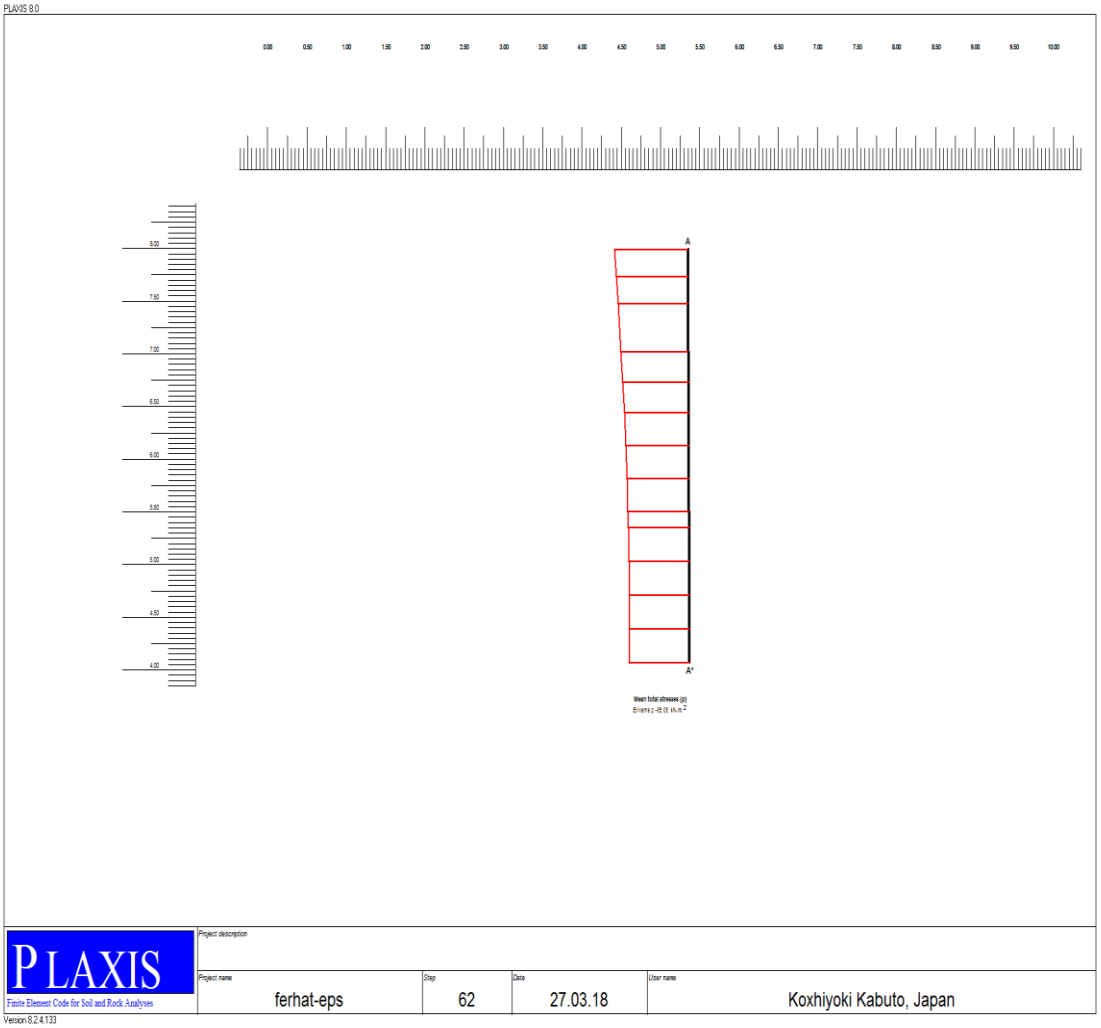
Şekil 4.43. Plaxis programında EPS kesitinde 758.4 kilopascal için oluşan deformasyon değeri



Şekil 4.44. Plaxis programında 758.4 kilopascal için EPS enkesitinde toplam yer değiştirme



Şekil 4.45. Plaxis programında 758.4 kilopascal için EPS enkesitinde ortalama gerilme

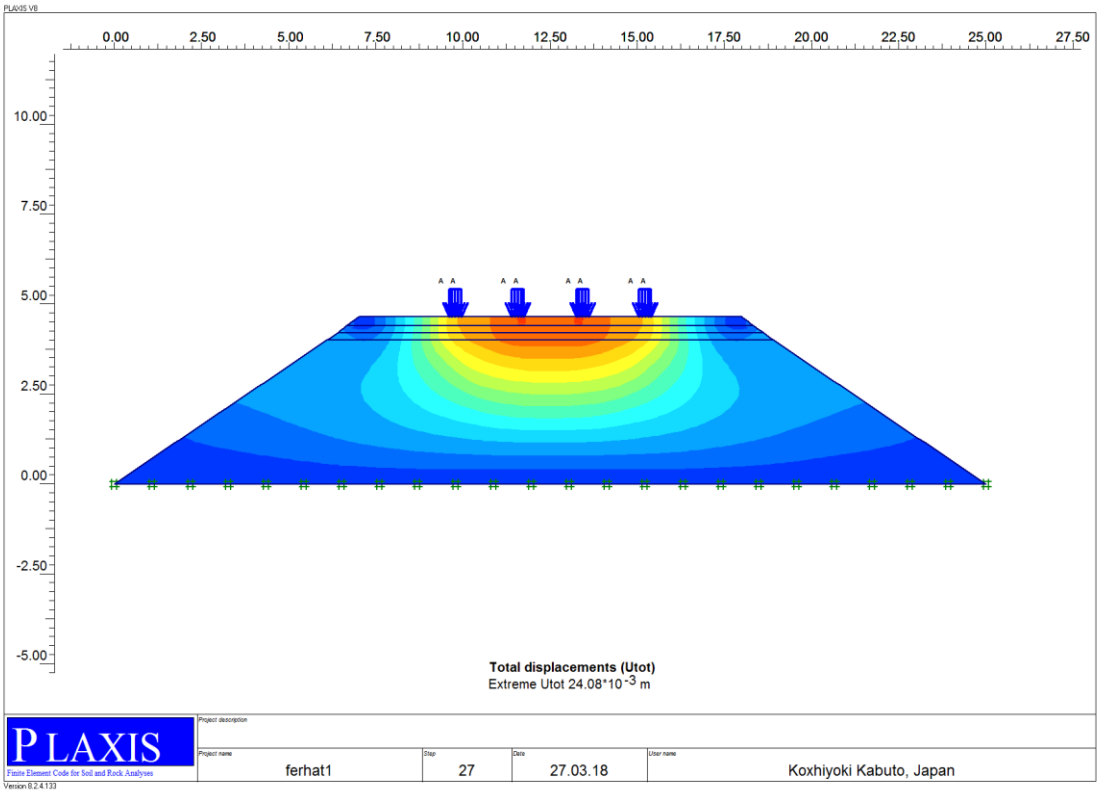


Şekil 4.46. Plaxis programında 758.4 kilopascal için EPS dolgu kısmanda oluşan gerilme

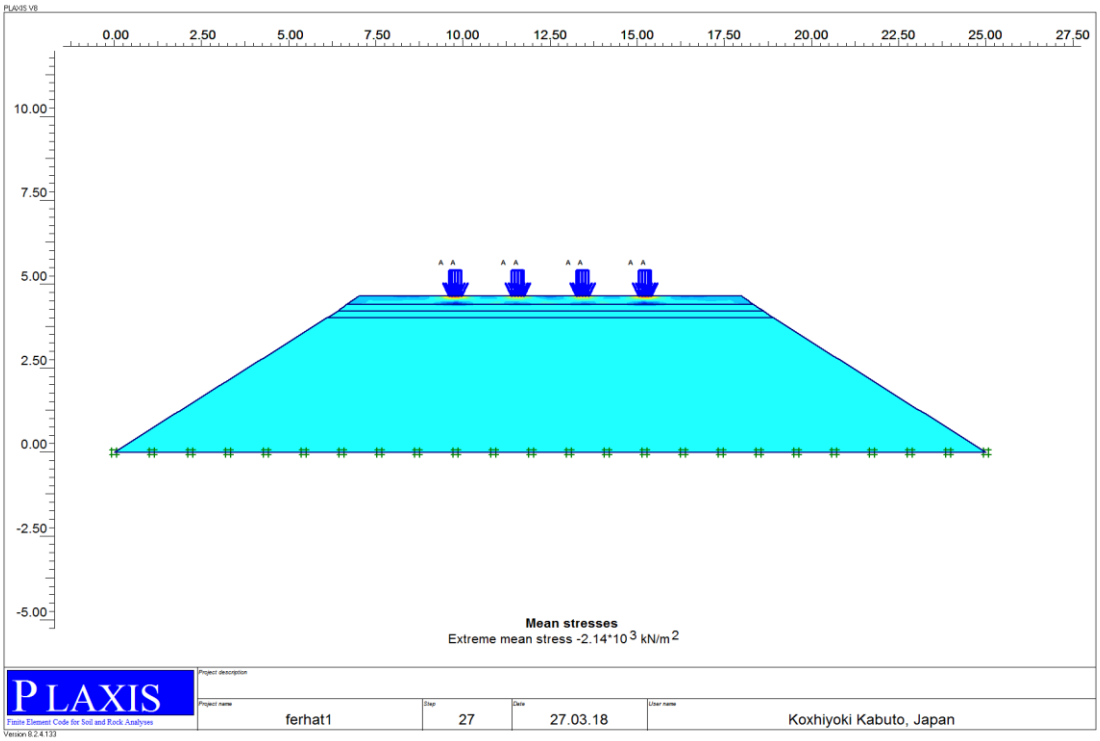
EPS dolgu malzemesi uygulanan yol yüzeyine 758.4 KPa basınç etki ettiğinde EPS dolgusu üzerine 88 KN/m² basınç etki etmektedir (Şekil 4.46.).

4.3.7. Plaxis Programında Toprak Dolgu Yol Kesitine 758.4 KPa Basınç Etkimesi

Plaxis programında sonlu elemanlar yöntemiyle Akçakale-Ceylanpınar yolunda uygulanan yöntem gibi ariyet toprak dolgu malzemesiyle 3/2 şevli yapılan yol enkesitinde taşıma gücü açısından problem oluşmamıştır. Yolda meydana gelen deformasyon değeri ise 0.024 m çıkmıştır (Şekil 4.47.). 4 metrelik yol dolgusu için meydana gelen deformasyon yüzdesi ise %0.60 çıkmıştır. Toprak dolgu enkesitinde oluşan ortalama gerilme Şekil 4.48.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Plaxis programında 758.4 kilopascal için toprak dolgu enkesitinde toplam yer değiştirme



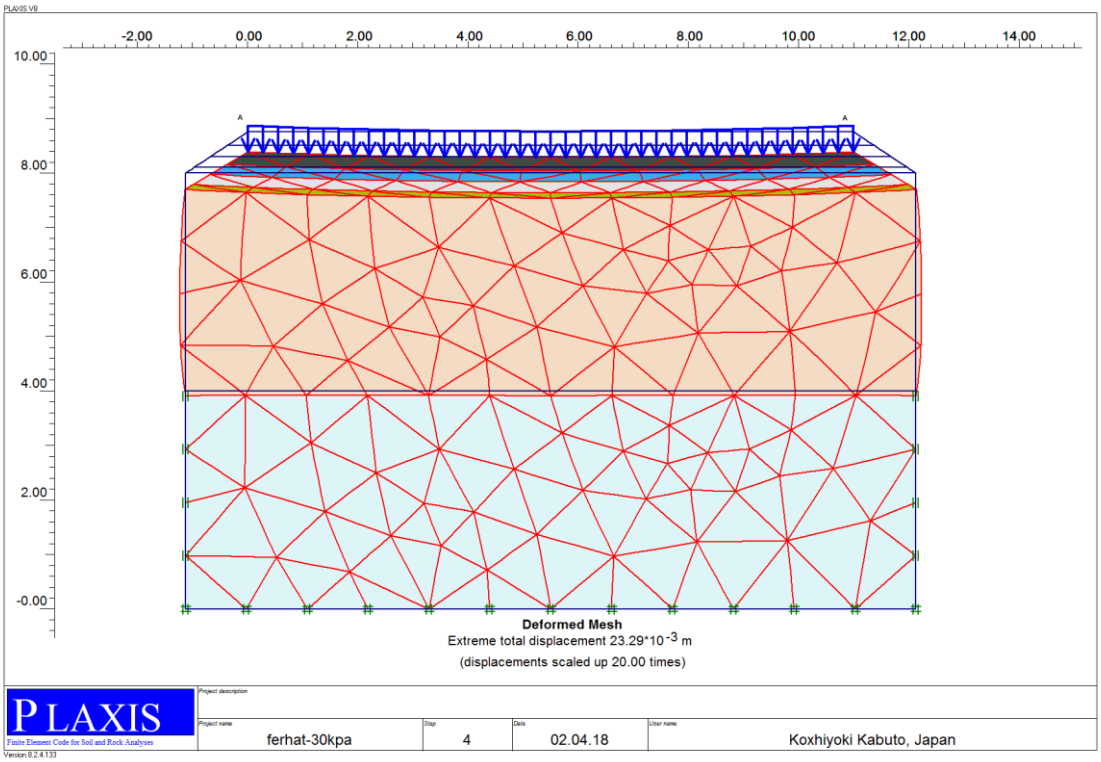
Şekil 4.48. Plaxis programında 758.4 kilopascal için toprak dolgu enkesitinde oluşan ortalama gerilme

4.3.8. Plaxis Programında EPS Dolgu Yol Kesitine 30 KN/m² Yayılı Yük Etkimesi

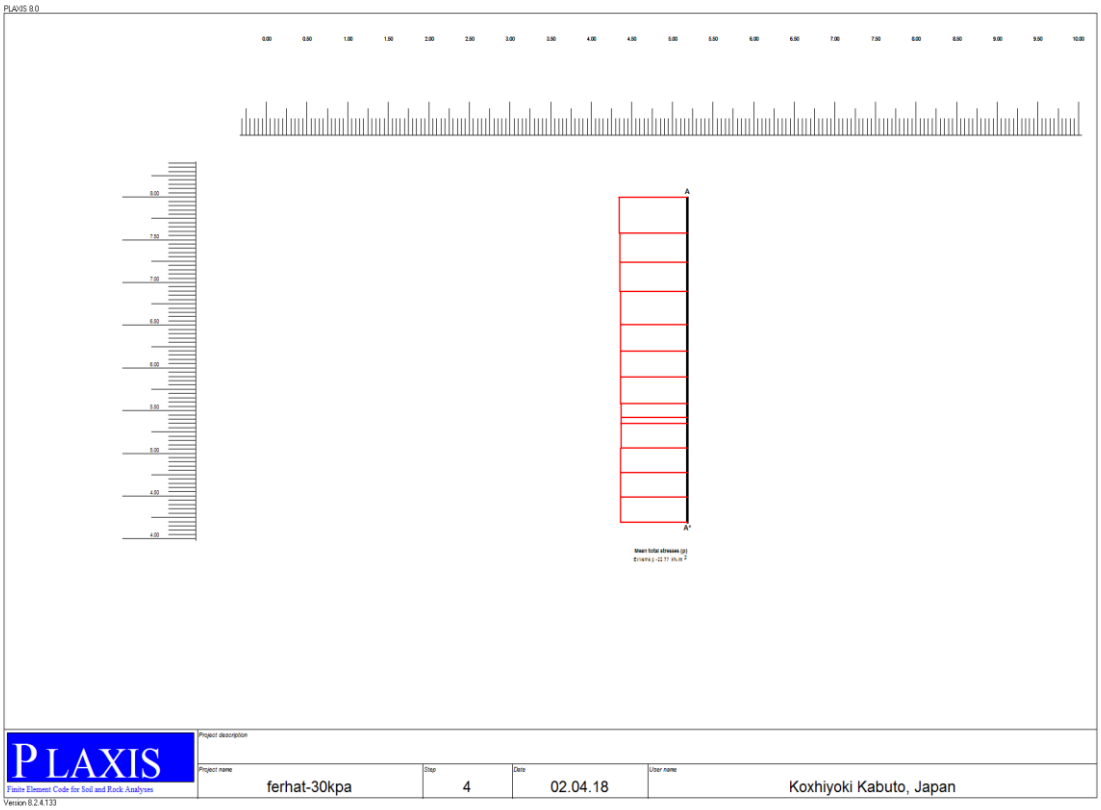
4 adet 394 KPa ve 758 KPa basınçların yola etkiyen durumları daha önce incelenmiştir. Yalnız yol uygulamalarında, plaxis sonlu elemanlar yöntemiyle daha önce yapılan tezlerde yol tasarım yükleri yayılı yüklere göre de alınabilmektedir. Örneğin, 15 m² alana sahip 40-50 ton ağırlığındaki bir kamyonun m²'ye etkiyen yükü yaklaşık 3 ton/m² gibi de düşünülebilmektedir. Daha önce EPS dolgu ile yapılan yol enkesitlerinin taşıma gücü ve deformasyon davranışları bu yönteme göre de incelenecektir.

3 ton/m² = 30 KN/m²'dir.

İki şeritli yollar için önerilen sürşarj yükü 30 KN/m²'dir (Karagül 2007). Bu şekilde sisteme yük girildikten sonra EPS dolgu ile yapılan yol kesitinde taşıma gücü ve deformasyon açısından problem çıkmamıştır. Toplam yer değiştirme 0.023 m çıkmıştır (Şekil 4.49.). Deformasyon yüzdesi %0.057 çıkmıştır. EPS ile yapılan yolda yayılı yükte çıkan deformasyon değerleri, 4 adet 394 KPa ve 758.4 KPa basınç girilen durumdaki deformasyon değerlerine göre düşük çıkmıştır. EPS yüzeyinde oluşan gerilme değeri ise 22 kN/m^2 çıkmıştır (Şekil 4.50.).



Şekil 4.49. Plaxis programında 30 KN/m² yükte EPS dolguda oluşan toplam yer değiştirme



Şekil 4.50. Plaxis programında30 kN/m² yükte EPS dolgu kısmanda oluşan gerilme

Plaxis programı sonlu elemanlar yönteminde yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere geofoam ve toprak dolgularla yapılan yol inşaatlarında taşıma gücü açısından bir probleme rastlanılmadığı tespit edilmiştir. Yol yüzeyine 4 adet kamyon tekeri çiftinin uyguladığı basınçlar verilmiştir. 394 KPa basınca maruz kalan EPS ile dolgu yapılan yolda 0.07 m deformasyon ölçülmüştür. 4 metre dolgu yüksekliği için oluşan deformasyon yüzdesi %1.75 çıkmıştır. 394 KPa basınç verilmesinin nedeni plaxis programının sonlu elemanlar metodunda girilen diğer birimi 1 metre alarak davranış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Ancak o koordinat için etkiyen birim genişlik 0.52 metredir. Bundan dolayı 758.4 KPa, 0.52 ile çarpılarak 394 KPa değerine indirgenmiştir. Bu gerilme değeri yola etki eden maksimum gerilme değeridir.

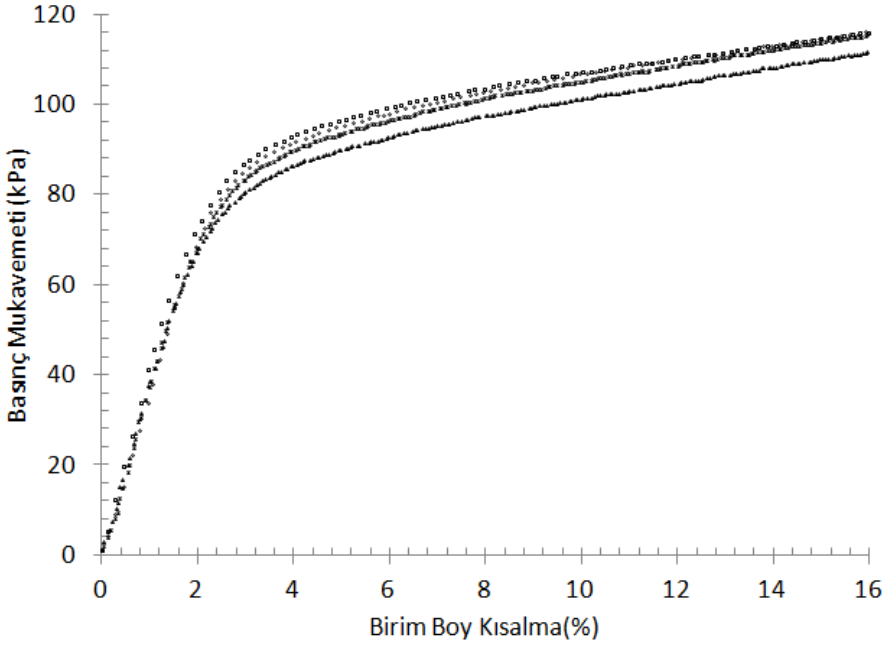
Bu şekilde düşünülmediği durumda ise 758.4 KPa basınç uygulanmıştır. Bu basınca rağmen EPS ile yapılan dolgu uygulamasında yol bu gerilmeyi taşımıştır. Ancak deformasyonlar EPS ile uygulanan yolda 0.070 m'den 0.138 m'ye yükselmiştir.

0.138 m maksimum oturma değeri, yol inşaatı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmaktadır (Karagül 2007).

Toprak dolgu ile 394 KPa ve 758.4 KPa basınç uygulanan yolda deformasyon değerleri sırasıyla 1.2 cm ve 2.4 cm çıkmıştır. Toprak dolgu ile yapılan yol uygulamasında yolun, EPS dolgu ile yapılan yol uygulamasına göre daha az deformasyona uğradığı tespit edilmiştir.

Plaxis sonlu elemanlar yöntemiyle önceki tezlerde de uygulandığı gibi yayılı yükte de EPS geofoam dolguyla yapılan yol uygulamasının davranışı incelenmiştir. İki şeritli yol inşaatlarında önerilen 30 kN/m² yayılı yükte taşıma gücü açısından sıkıntı yaşanmadığı gibi deformasyon değerleri 4 adet birim basınç girilen durumlara göre düşük çıkmıştır.

Şekil 4.51.'de 20 kg/m³ yoğunluktaki EPS bloklar için gerilme-şekil değiştirme eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 4.51. 20 kg/m³ EPS bloklar için gerilme/şekil değiştirme eğrisi

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, geosentetik türlerinin yol inşaatında kullanım nedenlerine ve yol inşaatında sağladığı ekonomik, hızlı ve pratik çözümlere değinilmiştir. Geosentetik ürünlerin güçlendirme, ayırma, drenaj, koruma, filtrasyon gibi görevlerine, bu görevleri hangi geosentetik türleriyle sağladığına ve yol inşaatının hangi tabakalarında kullanıldığına değinilmiştir.

Ayrıca geosentetik türlerinden olan geofoam malzemesinin geçmişten bu zamana kadar hangi inşaatlarda kullanıldığına, sağladığı ekonomik, hızlı, pratik çözümlere ayrıntılı olarak değinilmiştir.

Geofoam dolgu malzemesinin yol inşaatlarında kullanılan diğer toprak dolgu malzemelerinin yerine kullanıldığı zaman sağlayacağı ekonomik kazançlara ve çevreye sağlayacağı katkılara değinilmiştir.

Bu çalışmada, geofoam dolgu malzemesinin diğer toprak dolgu malzemelerine göre daha dik uygulanabildiği ve daha az yer kapladığı için malzeme miktarında tasarrufa gidilebileceği görülmüştür.

Geofoam dolgu malzemelerinin dik uygulanabildiği ve daha az yer kapladığı için yolun kamulaştırma sınırlarında daralmaya gidildiği, devletin bu konuda ekonomik kazanç sağladığı tespit edilmiştir.

Verimli arazilerde, toprak dolgu malzemesinin yerine geofoam dolgu malzemelerinin kullanılması neticesinde kurtarılan arazilerin devlete ve köylü halka sağlayacağı ekonomik kazançlara değinilmiştir. Verimli arazilerde toprak dolgu malzemesinin yerine geofoam dolgu kullanıldığı zaman ciddi miktarda arazi kurtarılmış olmaktadır. Bunun sonucunda arazilerden elde edilen mahsul gelirlerinin hem köylü halka hem de devlete yarar ve kazanç sağlayacağı tespit edilmiştir.

Geofoam dolgu malzemesinin kağıt üzerinde toprak dolgu malzemelerine göre kısa vadede maliyetinin yüksek olduğu görülmüş ancak uzun vadede düşünüldüğü zaman hem arazi bedelinden hem de mahsullerden uzun yıllar boyunca gelir elde edileceği göz önüne alındığında uzun vadede çok karlı bir uygulama olduğu anlaşılmıştır.

Geofoam dolgu malzemeleri ile toprak dolgu malzemesinin taşıma gücü ve deformasyon değerlerinin karşılaştırılması için plaxis sonlu elemanlar yöntemiyle sonuçlar incelenmiştir. Plaxis ile yapılan çizimde 20 kg/m³ EPS geofoam dolgu malzemesi dik (90º) uygulanmıştır. Toprak dolgu malzemeleri ise 3/2 (3 yatay/2 düşey) şevli uygulanmıştır. Hem geofoam dolgu hem de toprak dolgu ile yapılan bu iki yol tipi de yolun maruz kalacağı maksimum gerilmeleri taşımıştır. Bu iki yol tipi deformasyon açısından incelendiğinde ise yola 4 adet 394 KPa basınç uygulandığında EPS yol enkesitinde 0.070 m, toprak dolgu ile yapılan yol enkesitinde 0.012 m deformasyon ölçülmüştür. 4 metre dolgu yüksekliği için EPS dolgu yapılan yolda %1.75, toprak dolgu ile yapılan yolda deformasyon yüzdesi %0.30 çıkmıştır.

Plaxis programında ayrıca EPS dolgu ile yapılan yol uygulamasının 30 KN/m²'lik yayılı yükte taşıma gücü ve deformasyon açısından gösterdiği davranışlar incelenmiştir. Toplam deformasyon miktarı 0.023 m çıkmıştır. Yayılı yüke maruz kalınan yolda deformasyon yüzdesi %0.57 çıkmıştır. Bu değer yol inşaatları için oldukça makul değerlerdir.

Gelecekte dünya nüfusunun artmasından dolayı gıda konusunda sıkıntı yaşanacağı şimdiden anlaşılmaktadır. Dünya nüfusunun hızlı artışı günümüzde bile açlıkla boğuşan dünya için tehlikeli sinyaller vermektedir. Bunun için mevcut verimli arazilerin eskisi gibi gelişi güzel heba edilmesinin mümkün olamayacağı kaçınılmazdır.

Aynı zamanda verimli arazilerde üretilen hormonsuz besinlere de şu an ihtiyaç duyulduğu gibi gelecekte de ihtiyaç duyulacaktır. Asrın hastalığı olarak da bilinen kanser gibi hastalıkların altında yatan nedenlerden birinin de hormonlu besin tüketiminden kaynaklandığı bilinmektedir. Verimli arazilerin sahiplerinde kalması neticesinde verimli arazilerden elde edilecek organik besinler insanlık için yararlı olacaktır.

Geleceğin dolgu malzemesi Geofoam'a ve diğer geosentetik ürünlere duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artacak ve kullanımı giderek yaygınlaşacaktır.

6.KAYNAKLAR

Aboøe, R. 2011. 40 years of experience with the use of EPS geofoam blocks in road construction. Proceedings of 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications, Lillestrom, Norway.

Akınay, E. Austrotherm Geoblok bir ürün değil, bir mühendislik çözümüdür. Austrotimes 12 s.

Aksoy, M. 1993. Modern Yol İnşaatında Geotekstil ve Geogrid Uygulaması Konularında Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 115s.

Akyıldız, M.H. 2010. Katı atık düzenli depolama alanlarında geçirimsizliğe etki eden parametrelerin araştırılması. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Aliyazıcıoğlu, H., Özer, A. T. 2015. Ülkemizdeki ilk geofoam uygulaması Medipol Mega Hastaneler Kompleksi otopark yapısı üzeri hafif dolgu sistemi. EPS Haber, ***EPSDER Yayın Organı, Yıl 5, Sayı 19, 34 – 38.***

Aliyazıcıoğlu, H., Özer, A. T. 2016. The use of EPS-block geofoam as a lightweight fill in flat roof applications: A case study, 6th European Geosynthetics Congress, EuroGeo6, İstanbul, Turkey.

American Society for Testing and Materials Standard Specification for Rigid Cellular polystyrene Geofoam.

Barlett, S., Arellano, D., Vaslestad, J., Aboøe, R., Ahmed, T. 2013. Bridge foundation supported by EPS geofoam Embankments on soft soil.

Bayram, A. 2006. Hava alanları pist dolgularının geosentetik malzemeler kullanılarak güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bouzza, A. '2002 Geosynthetic clay liners', Geotextiles and Geomembranes, Elsevier Pub. Co.17 p.

Civelek, S. 2011. Tabakalı zeminlere oturan yüzeysel temellerin taşıma gücü analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Damtev, T., Vaslestad, J., Refsdal, G. 2011. Case histories with EPS geofoam embankments from eastern Norway. Proceedings of 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications, Lillestrøm, Norway.

Dernek, Ö. 1998. Jeosentetikler ve karayollarında kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Faheem, H., Hassan, A. M. 2014. 2D Plaxis Fınıte Element Modeling of Asphalt-Concete Pavement Reinforced with Geogrid, Faculty of Engineering Minia University, Egypt.

GMA, 2002. Geosynthetics Materials Association

Karagül, Ç.B. 2007. Yol dolgularının geogrid kullanılarak güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Keskin, M. S. 2009. Güçlendirilmiş kumlu şevler oturan yüzeysel temellerin deneysel ve teorik analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Koç, Ş. 2015. Eps blok geofoam ve kum + Eps boncuk karışımlarının sızmaya maruz kumlu şevlerde kullanılmasının labaratuvar fiziksel şev modelleri ile araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, İstanbul.

Koerner, R.M. 1999. Designing with geosynthetics, Prentice Hall, New Jersey.

Koerner, R.M. 2012. Designing with geosynthetics, 6th Ed, Xlibris Corparation, Bloomington, IN.

Kubota, T., 2011. Case history EDO-EPS Method in Japan. Proceedings of 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications, Lillestrøm, Norway.

Leshchinsky, D., Leshchinsky, O., Ling, H.I., Gilbert, P.A. 1996. Geosynthetic tubes for confining pressurized slurry: Some Design Aspects, ***Journel of Geotechnical Engineering, Vol. 122, No.8.***

Moo-Young, H.K., Douglas, A.G., Mo, X. 2002. ‘’Testing procedures to assess the viability of dewatering with geotextile tubes’’, Geotextiles and Geomembranes 20(5): 289-303.

National cooperative highway research program. 2004. Geofoam Aplication in the disagn and construction of highway embankments. Transportation Research Board of the National Academies

Norsk Standard NS 347. 2003. Concrete structures Design and detailing rules 6.utgave

Norwegien Road Research Labaratory (NRRL). 1992. Use of expanded polystyrene in road embankments-design, construction and quality assurance. Public Roads Administration, Oslo, Norway.

Özer, A.T. 2011. Yol inşaatlarında EPS blok kullanımı. EPS haber, ***EPSDER yayın organı, Yıl: 1, Sayı: 2, 12-13.***

Özer, A.T. 2016. Genleştirilmiş polistiren EPS blokların otoyol dolgularında kullanımı. Austrotimes 12 s.

Özer, A.T., Akınay, E. 2017. Geofoam blok yol dolgusunun kısa vade performansının aletsel gözlemler ışığında değerlendirilmesi. İTÜ 7.Geoteknik Sempozyumu

Özkol, O. 2006. Geosentetik donatılı istinat yapılarının analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Öztekin, A. 1992. Geotekstil üzerine bir inceleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 106 s.

Papacharalampous, G., Sotiropoulos, E. 2011. First time application of expanded polystyrene in highway project in Greece. 4th İnternational Conference on Geofoam blocks in Construction Applications, Norway.

Stark, T.D., Arellano, D., Horvath, J.S., Leshchinsky, D. 2004a. Geofoam application in the design and construction of highway embankments.

Stark, T.D., Arellano, D., Horvath, J.S., Leshchinsky, D. 2004b. Guideline and recommended standard for geofoam applications in highway embankments.

Tefera, T.H., Aboøe, R., Bruun, H., Aunaas, K. 2011. FEM simulation of full scale and laboratory models test of EPS. The Norwegian Public Roads Administration, Norway.

Tsukamoto, H. 2011. . “History of R&D AND design code for EDO-EPS method in Japan, EPS 2011, Oslo, Norway.

Yılmaz, H.R., Eskişar, T., Aklık, P. 2005. Geofoam malzemesinin geoteknik mühendisliğinde kullanım alanları ve önemi., TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, s.14-19.

Yoder, E.J., Witczak, M.W. 1975. Principles of pavement design

www.epsindustry.org. Erişim tarihi: 04.10.2017

www.geomembran.net. Erişim tarihi: 05.10.2017

www.michelintruck.com. Erişim tarihi: 08.03.2018

www.tamyol.com.tr/yol-yapim aşamaları. Erişim tarihi: 04.10.2017

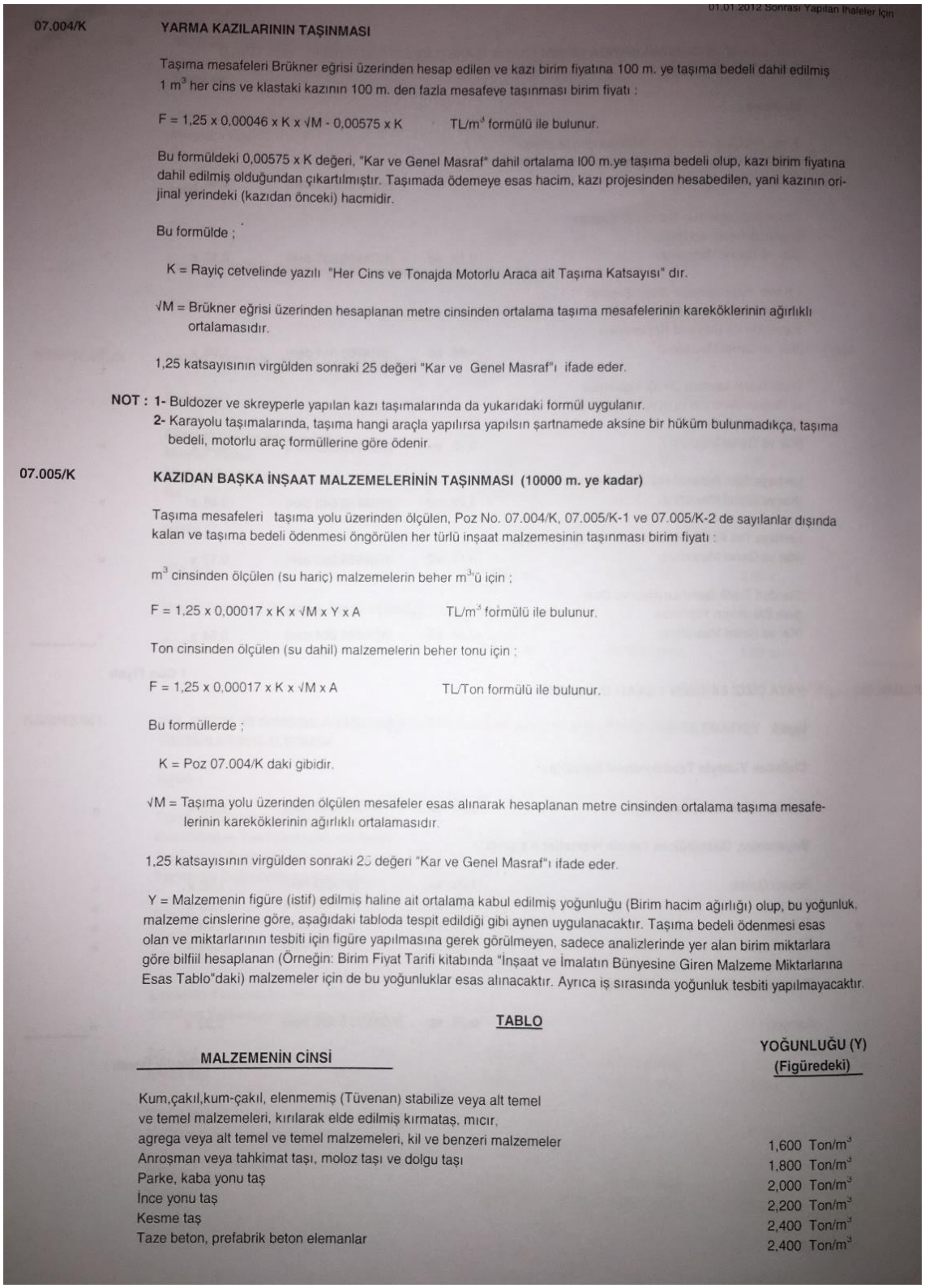
www.turkish.geotextile-fabric.com. Erişim tarihi: 06.10.2017

www.web.itu.edu.tr/kimence/bolum1. Erişim tarihi: 01.04.2018

www.istanbulteknik.com/geosentetikler. Erişim tarihi: 01.12.2017

www.kartugplastik.com. Erişim tarihi: 24.11.2017

EKLER



01.01.2012 Sonrası Yapılan İhaleler İçin

07.004/K **YARMA KAZILARININ TAŞINMASI**

Taşıma mesafeleri Brükner eğrisi üzerinden hesap edilen ve kazı birim fiyatına 100 m. ye taşıma bedeli dahil edilmiş 1 m^3 her cins ve klastaki kazının 100 m. den fazla mesafeye taşınması birim fiyatı :

$F = 1,25 \times 0,00046 \times K \times \sqrt{M} - 0,00575 \times K$ TL/m^3 formülü ile bulunur.

Bu formüldeki 0,00575 x K değeri, "Kar ve Genel Masraf" dahil ortalama l00 m.ye taşıma bedeli olup, kazı birim fiyatına dahil edilmiş olduğundan çıkartılmıştır. Taşımada ödemeye esas hacim, kazı projesinden hesabedilen, yani kazının orijinal yerindeki (kazıdan önceki) hacmidir.

Bu formülde ;

K = Rayiç cetvelinde yazılı "Her Cins ve Tonajda Motorlu Araca ait Taşıma Katsayısı" dır.

√M = Brükner eğrisi üzerinden hesaplanan metre cinsinden ortalama taşıma mesafelerinin kareköklerinin ağırlıklı ortalamasıdır.

1,25 katsayısının virgülden sonraki 25 değeri "Kar ve Genel Masraf"ı ifade eder.

NOT : 1- Buldozer ve skreyperle yapılan kazı taşımalarında da yukarıdaki formül uygulanır.
2- Karayolu taşımalarında, taşıma hangi araçla yapılırsa yapılsın şartnamede aksine bir hüküm bulunmadıkça, taşıma bedeli, motorlu araç formüllerine göre ödenir.

07.005/K **KAZIDAN BAŞKA İNŞAAT MALZEMELERİNİN TAŞINMASI (10000 m. ye kadar)**

Taşıma mesafeleri taşıma yolu üzerinden ölçülen, Poz No. 07.004/K, 07.005/K-1 ve 07.005/K-2 de sayılanlar dışında kalan ve taşıma bedeli ödenmesi öngörülen her türlü inşaat malzemesinin taşınması birim fiyatı :

m^3 cinsinden ölçülen (su hariç) malzemelerin beher m^3'ü için ;

$F = 1,25 \times 0,00017 \times K \times \sqrt{M} \times Y \times A$ TL/m^3 formülü ile bulunur.

Ton cinsinden ölçülen (su dahil) malzemelerin beher tonu için ;

$F = 1,25 \times 0,00017 \times K \times \sqrt{M} \times A$ TL/Ton formülü ile bulunur.

Bu formüllerde ;

K = Poz 07.004/K daki gibidir.

√M = Taşıma yolu üzerinden ölçülen mesafeler esas alınarak hesaplanan metre cinsinden ortalama taşıma mesafelerinin kareköklerinin ağırlıklı ortalamasıdır.

1,25 katsayısının virgülden sonraki 25 değeri "Kar ve Genel Masraf"ı ifade eder.

Y = Malzemenin figüre (istif) edilmiş haline ait ortalama kabul edilmiş yoğunluğu (Birim hacim ağırlığı) olup, bu yoğunluk, malzeme cinslerine göre, aşağıdaki tabloda tespit edildiği gibi aynen uygulanacaktır. Taşıma bedeli ödenmesi esas olan ve miktarlarının tesbiti için figüre yapılmasına gerek görülmeyen, sadece analizlerinde yer alan birim miktarlara göre bilfiil hesaplanan (Örneğin: Birim Fiyat Tarifi kitabında "İnşaat ve İmalatın Bünyesine Giren Malzeme Miktarlarına Esas Tablo"daki) malzemeler için de bu yoğunluklar esas alınacaktır. Ayrıca iş sırasında yoğunluk tesbiti yapılmayacaktır.

TABLO

MALZEMENİN CİNSİ	YOĞUNLUĞU (Y) (Figüredeki)
Kum,çakıl,kum-çakıl, elenmemiş (Tüvenan) stabilize veya alt temel ve temel malzemeleri, kırılarak elde edilmiş kırmataş, mıcır, agrega veya alt temel ve temel malzemeleri, kil ve benzeri malzemeler	1,600 Ton/m^3
Anroşman veya tahkimat taşı, moloz taşı ve dolgu taşı	1,800 Ton/m^3
Parke, kaba yonu taş	2,000 Ton/m^3
İnce yonu taş	2,200 Ton/m^3
Kesme taş	2,400 Ton/m^3
Taze beton, prefabrik beton elemanlar	2,400 Ton/m^3

Ek-1 01.01.2012 sonrası ihaleler için yol, köprü, tünel, bitümlü kaplamalar, bakım ve trafik işlerine ait fiyat analizleri

A Katsayısı :

a) Güç şartlar altında yapılacak taşımalarda:
I- Taşıma yollarının özellikleri,
II- Taşımanın iklim bakımından fena zamana rastlaması,
III- Taşımanın o mıntıkanın ticari nakliyesinin çok yoğun olduğu mevsime rastlaması, gibi faktörlerden birinin veya diğerlerinin aynı anda tesir etmesi halinde ve ayrıca işin özelliğine de bağlı olarak, ilk keşfin tanzimi sırasında veya ihaleden önce olmak üzere İdarenin en yetkili makamınca tespit ve onaylanmak suretiyle (A) katsayısı 1 (dahil) - 3 (dahil) arasında bir değerdir.

b) Kolay şartlar altında yapılacak taşımalarda ise (A) katsayısı, yine ilk keşfin tanzimi sırasında veya ihaleden önce olmak üzere, 1 den küçük bir katsayı olarak tespit edilebilir.

c) İlk keşfin tanzimi sırasında veya ihaleden önce (A) için bir değer tespit edilmemişse A = 1 alınarak uygulama yapılacaktır.

NOT : Karayolu taşımalarında taşıma hangi araç ile yapılırsa yapılsın, şartnamede aksine bir hüküm bulunmadıkça, taşıma bedeli motorlu araç formüllerine göre ödenir.

07.005/K-1 **ARİYET OCAĞINDAN GETİRİLECEK VEYA DEPOYA GİDECEK KAZININ TAŞINMASI (10000 m. ye kadar)**

Taşıma mesafeleri taşıma yolu üzerinden ölçülen ve kazı birim fiyatına 100 m. ye taşıma bedeli dahil edilmiş 1 m^3 her cins ve klastaki kazının 100 m. den fazla mesafeye taşınması birim fiyatı:

$F = 1,25 \times 0,00034 \times K \times \sqrt{M} - 0,00425 \times K$ TL/m^3 formülü ile bulunur.

Bu formüldeki 0,00425 x K değeri, "Kar ve Genel Masraf" dahil ortalama l00 m.ye taşıma bedeli olup, kazı birim fiyatına dahil edilmiş olduğundan çıkartılmıştır. Taşımada ödemeye esas hacim, kazı projesinden hesabedilen, yani kazının orijinal yerindeki (kazıdan önceki) hacmidir.

Bu formülde :

K = Poz 07.004/K daki gibidir.

√M = Poz 07.005/K daki gibidir.

1,25 katsayısının virgülden sonraki 25 değeri "Kar ve Genel Masraf"ı ifade eder.

NOT : Poz 07.004/K daki Not (1) ve (2) gibidir.

07.005/K-2 **ARİYET OCAĞINDAN GETİRİLECEK VEYA DEPOYA GİDECEK KAZININ TAŞINMASI (10000 m. den fazla)**

Taşıma mesafeleri taşıma yolu üzerinden ölçülen ve kazı birim fiyatına 100 m.ye taşıma bedeli dahil edilmiş 1 m^3 her cins ve klastaki kazının 100 m. den fazla mesafeye taşınması birim fiyatı :

$F = 1,25 \times K \times (0,0014 \times M + 0,02) - 0,00425 \times K$ TL/m^3 formülü ile bulunur.

Bu formüldeki 0,00425 x K değeri, "Kar ve Genel Masraf" dahil ortalama l00 m.ye taşıma bedeli olup, kazı birim fiyatına dahil edilmiş olduğundan çıkartılmıştır. Taşımada ödemeye esas hacim, kazı projesinden hesabedilen, yani kazının orijinal yerindeki (kazıdan önceki) hacmidir.

Bu formülde :

K = Poz 07.004/K daki gibidir.

M = Taşıma yolu üzerinden ölçülen mesafeler esas alınarak hesaplanan kilometre cinsinden ortalama taşıma mesafelerinin ağırlıklı ortalamasıdır.

1,25 katsayısının virgülden sonraki 25 değeri "Kar ve Genel Masraf"ı ifade eder.

NOT : Poz 07.004/K daki Not (1) ve (2) gibidir.

Ek-2 01.01.2012 sonrası ihaleler için yol, köprü, tünel, bitümlü kaplamalar, bakım ve trafik işlerine ait fiyat analizleri

Çevre ve Şehircilik İnşaat, Makine ve Araç Rayiç Fiyatları(2017)			
POZ NO	TANIM	ÖLÇÜ BİRİMİ	RAYİÇ FİYAT
01.013	Duvarcı ustası	Saat	10.85 ₺
01.021	Kaynakçı ustası	Saat	10.85 ₺
01.018	Sıcak demirci ustası	Saat	10.85 ₺
01.015	Betoncu ustası	Saat	10.85 ₺
01.017	Dülger ustası	Saat	10.85 ₺
01.019	Soğuk demirci ustası	Saat	10.85 ₺
01.219	Soğuk demirci usta yardımcısı	Saat	8.10 ₺
01.401	Şoför	Saat	11.05 ₺
01.403	Makinist	Saat	11.05 ₺
01.404	Operatör makinist	Saat	12.75 ₺
01.405	Makinist yardımcısı	Saat	8.85 ₺
01.408	Yağcı	Saat	8.10 ₺
01.409	Formen	Saat	15.95 ₺
01.501	Düz işçi	Saat	7.95 ₺
01.502	Erbab işçi	Saat	8.45 ₺
02.017	Her cins ve tonajda motorlu araç taşıma katsayısı (K)	Kats	245.00 ₺
03.004	Ekskavatör ve dragline tipi makinalar 210 HP (21/2yd3)	Adet	432,000.00 ₺
03.007	Traktör ripper (TD25 veya emsali 185 HP+ripper)	Adet	384,000.00 ₺
03.011	Traktör buldozer (TD 25 veya emsali 185 HP+bıçak)	Adet	318,000.00 ₺
03.038	Arazöz (5 tonluk su sandıklı)	Adet	25,000.00 ₺
03.033	Motopomp (5 PS gücünde, takriben 50 mm çapında)	Adet	984.00 ₺
03.042/3	Titreşimli silindir (7-9 ton-9 ton dahil- statik ağırlık 14-18 ton dinamik kuvvette silindir+paletli traktör takriben 56-76 HP)	Adet	182,400.00 ₺
03.042/4	Titreşimli silindir (9-11 ton-11 ton dahil- statik ağırlık 18-22 ton dinamik kuvvette silindir+paletli traktör takriben 66-86 HP)	Adet	240,000.00 ₺
03.042/5	Titreşimli silindir (11-13 ton-13 ton dahil- statik ağırlık 22-26 ton dinamik kuvvette silindir+paletli traktör takriben 76-96 HP)	Adet	258,000.00 ₺
03.042/6	Titreşimli silindir (13-15 ton-15 ton dahil statik ağırlık 26-30 ton dinamik kuvvette silindir+paletli traktör takriben 90-110 HP)	Adet	274,800.00 ₺
03.527(Y)	Beton vibratörü'nün 1 saatlik ücreti	Saat	17.51 ₺
03.064	Buhar jeneratörü (takriben 30 HP gücünde buhar istihsal eden ve 40 tonluk 3 tankı paralel ısıtabilen hortumları ile)	Adet	26,160.00 ₺
03.021	Yükleyici (11/2 yd3 veya 5500 libre taşıma güçlü, takriben 80 HP muadili lastik tekerlekli)	Adet	116,400.00 ₺
03.038/2	Damperli kamyon (120 HP gücünde, 7 ton kapasiteli)	Adet	61,250.00 ₺
03.089	Vinç (kamyona monte edilmiş)	Adet	40,500.00 ₺
04.042/04	C 20/25 beton harcı	m^3	121.00 ₺
04.042/05	C 25/30 beton harcı	m^3	129.00 ₺
04.042/06	C 30/37 beton harcı	m^3	140.50 ₺
04.042/07	C 35/45 beton harcı	m^3	146.00 ₺
04.042/08	C 40/50 beton harcı	m^3	155.00 ₺
04.042/09	C 45/55 beton harcı	m^3	161.00 ₺
04.042/10	C 50/60 beton harcı	m^3	165.50 ₺
04.152	Çam kerestesi (II.sınıf) (TS 1265) (TS EN 844-6, 9, 12) (TS EN 1309-1, TS EN 1310, TS EN 1311, TS EN 1313-1, 2)	m^3	765.00 ₺
04.270	Çiviler (TS 155)	kg	2.15 ₺
04.261	Düz siyah sac 2.00 mm	kg	1.65 ₺
04.031	Su(kür için)	m^3	5.60 ₺
04.109	Mazot (motorin)	kg	4.55 ₺
04.110/1	Yanmış yağ	kg	0.35 ₺
04.167	Kontraplak (TS 46)	m^3	1,550.00 ₺

Ek-3 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı inşaat, makine ve araç Rayiç Fiyatları 2017

ÖZGEÇMİŞ

Ferhat Yetiz 05.02.1990'da Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Diyarbakır'da tamamladı. 2009 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü 2013 yılında bitirdi. 2013 yılı Temmuz ayında Fernas şirketinde Çimento Fabrikasında işe başladı. 2015 yılı Mayıs ayında BSK Yol İnşaat'ta Diyarbakır-Mardin yol inşaatında saha mühendisliği görevini üstlendi. 2015 yılı Eylül ayında Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2017 Nisan ayında Akyollar İnşaat'ta Diyarbakır ili şehir içi asfalt kaplama işinde Saha Şefi olarak çalışmaya başladı.

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Ferhat YETİZ
ÖĞRENCİ NO	15806020
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2017-2018
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	İnşaat Mühendisliği
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Akçakale-Ceylanpınar Karayolundaki Geofoam ve Zemin Dolgu Alternatifleri Arasındaki Stabilite Analizi ve Maliyet Karşılaştırması
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	114
BENZERLİK ORANI	%15
RAPORLAMA TARİHİ	26/06/2018

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 114 sayfalık kısmına ilişkin, 26/06/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *TURNITIN* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 15 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
- ☐ Kaynakça hariç
- ☐ Alıntılar hariç/dâhil
- ☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

(İmza)
(Ferhat YETİZ)

(İmza) 26/06/2018 Dr. Öğr. Üyesi M. Hayrullah AKYILDIZ **Tez Danışmanı**	(İmza) 26/06/2018 Doç. Dr. Abdulhalim KARAŞİN **Anabilim Dalı Başkanı**