

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLU YAPIMINDA GEOTEKSTİL UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Reşat SAĞLAM

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Ulaştırma Mühendisliği

Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. A. Faik İYİNAM

EYLÜL 2009

KARAYOLU YAPIMINDA GEOTEKSTİL UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Reşat SAĞLAM

(501051411)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Eylül 2009

Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. A. Faik İYİNAM (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Murat ERGÜN (İTÜ)

Doç. Dr. Osman Nuri ÇELİK (Selçuk Üni.)

EYLÜL 2009

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince göstermiş olduğu ilgi, destek ve sabırdan dolayı çok değerli danışman hocam Öğr. Gör. Dr. A. Faik İyınam'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bana yol gösteren değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Şükriye İyınam ve Doç. Dr. Murat Ergün'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince yaptığım araştırmalarda gösterdikleri destek ve yardımdan dolayı İnşaat Mühendisi Cengiz Öçbe ve değerli arkadaşım M. Cem Çakır'a teşekkür ederim.

Son olarak, tüm hayatım boyunca bana her türlü maddi ve manevi desteği gösteren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül, 2009

Reşat Sağlam

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. GEOSENTETİKLER	3
2.1 Geosentetiğin Tanımı	3
2.2 Geosentetiklerin Tarihçesi	3
2.3 Geosentetiklerin Kullanım Amaçları.....	4
2.4 Geosentetiklerin Türleri.....	4
2.4.1 Geogridler	6
2.4.1.1 Geogrid türleri	6
2.4.1.1.1 Ekstrüde geogridler	6
2.4.1.1.2 Yapıştırma geogridler	7
2.4.1.1.3 Dokuma geogridler	7
2.4.1.2 Geogridlerin özellikleri	8
2.4.1.3 Geogridlerin kullanım alanları	8
2.4.1.3.1 Kaplamalı yollar.....	9
2.4.1.3.2 Kaplamasız yollar.....	10
2.4.1.3.3 Şevler	10
2.4.1.3.4 Geoteksentetik donatılı duvar	11
2.4.2 Geomembranlar.....	12
2.4.2.1 Geomembran türleri.....	12
2.4.2.1.1 PVC geomembran	12
2.4.2.1.2 LDPE geomembran	13
2.4.2.1.3 HDPE geomembranlar.....	13
2.4.2.2 Geomembranların özellikleri.....	13
2.4.2.3 Geomembranların kullanım alanları.....	14
2.4.2.3.1 Tüneller	14
2.4.3 Diğer geosentetikler	15
2.4.3.1 Geonetler	15
2.4.3.1.1 Geonetlerin özellikleri	15
2.4.3.2 Geokompozitler	16
2.4.3.2.1 Geomembran-geogrid kompozit	16
2.4.3.2.2 Geotekstil-geogrid kompozit	16
2.4.3.2.3 Geotekstil-geonet kompozit	16
3. GEOTEKSTİLLER	17
3.1 Geotekstilin Tanımı	17

3.2 Geotekstilin Tarihçesi	17
3.3 Geotekstil Türleri	17
3.3.1 Hammadde çeşidine göre geotekstiller	17
3.3.2 Üretim tekniğine göre geotekstiller	19
3.3.2.1 Örgülü geotekstiller	19
3.3.2.1.1 Monofilament örgülü geotekstiller	19
3.3.2.1.2 Multifilament örgülü geotekstiller	19
3.3.2.1.3 Şerit tip örgülü geotekstiller	20
3.3.2.2 Örgüsüz geotekstiller	21
3.3.2.2.1 Isıl birleşim	21
3.3.2.2.2 Mekanik birleşim	22
3.3.2.2.3 Kimyasal birleşim	23
3.3.3 Uygulamada karşılaşılan çevresel etkilere göre geotekstiller	24
3.4 Geotekstillerin Genel Özellikleri	24
3.4.1 Fiziksel özellikler	24
3.4.1.1 Özgül ağırlık	24
3.4.1.2 Birim alan ağırlığı	25
3.4.1.3 Kalınlık	25
3.4.1.4 Sıklık	26
3.4.2 Mekanik özellikler	26
3.4.2.1 Sıkışabilirlik	26
3.4.2.2 Çekme mukavemeti	27
3.4.2.2.1 Basit çekme testi	27
3.4.2.2.2 Geniş numune çekme testi	28
3.4.2.2.3 İki eksenli çekme testi	29
3.4.2.3 Sınırlandırılmış çekme mukavemeti	30
3.4.2.4 Yırtılma Mukavemeti	30
3.4.2.5 Darbe Mukavemeti	30
3.4.2.6 Delinme Mukavemeti	31
3.4.2.7 Dikiş yeri mukavemeti	31
3.4.3 Hidrolik Özellikler	32
3.4.3.1 Porozite	33
3.4.3.2 Boşluk boyutu	33
3.4.3.3 Boşluk alanı yüzdesi	34
3.4.3.4 Permittivite	34
3.4.3.5 Transmisivite	34
3.4.4 Dayanıklılık özellikleri	35
3.4.4.1 Montaj hasarları	35
3.4.4.2 Sünme dayanımı	35
3.4.4.3 Aşınma dayanımı	36
3.5 Geotekstillerin Kullanım Amaçları	36
3.5.1 Güçlendirme	36
3.5.2 Ayırma	37
3.5.3 Drenaj	38
3.5.4 Filtrasyon	39
3.6 Genel Kullanım Amaçlarına Göre Geotekstil Uygulamaları	40
4. KARAYOLU YAPIMINDA GEOTEKSTİL UYGULAMALARI	43
4.1 Kaplamasız Yollar	43
4.1.1 Güçlendirme amaçlı tasarım	45
4.1.1.1 Analitik yöntem	45

4.1.1.2 Laboratuvar yöntemi.....	48
4.1.2 Ayırma amaçlı tasarım	50
4.1.3 Uygulamada dikkat edilmesi gereken noktalar.....	52
4.2 Kaplamalı Yollar	53
4.2.1 Güçlendirme uygulamaları	53
4.2.1.1 Temel altı güçlendirme uygulamaları.....	53
4.2.1.2 Kaplama tabakası güçlendirme uygulamaları	55
4.2.2 Ayırma uygulamaları.....	56
4.2.3 Uygulamada dikkat edilmesi gereken noktalar.....	57
4.3 Geotekstil Donatılı Duvar	58
4.3.1 Güçlendirme uygulamaları	58
4.3.1.1 Geosentetik donatılı duvarların projelendirme yöntemi	59
4.3.1.2 Geotekstil Donatılı Duvar Tasarımı.....	60
4.3.1.2.1 İç Stabilite Analizi.....	60
4.3.1.2.2 Dış stabilite analizi	63
4.3.2 Filtrasyon uygulamaları.....	65
4.3.3 Geotekstil donatılı duvar imalatında kullanılan malzemeler	66
4.3.3.1 Ön cephe elemanları.....	66
4.3.3.2 Geosentetik donatı	66
4.3.3.3 Dolgu	67
4.3.4 Geotekstil donatılı duvar uygulama detayları.....	68
4.3.4.1 Taban betonu.....	68
4.3.4.2 Geotekstilin serilmesi	68
4.3.4.3 Dolgunun sıkıştırılması	69
4.3.4.4 Drenaj	69
4.4 Yol Dolguları	69
4.4.1 Güçlendirme uygulamaları	69
4.4.1.1 Tasarım yöntemi	70
4.4.1.1.1 Toplam Şev Stabilesi.....	70
4.4.1.1.2 Yanal Yayılma	71
4.4.1.1.3 Dolgu oturması.....	72
4.4.1.1.4 Toplam taşıma gücü	73
5. KARAYOLU YAPIMINDA GEOTEKSTİL KULLANIMININ MALİYETE	
ETKİSİ.....	74
5.1 Kaplamasız Yollar	74
5.1.1 Kaplamasız yollar için örnek maliyet karşılaştırması	74
5.1.1.1 Karşılaştırmada esas alınacak proje verileri.....	74
5.1.1.2 Tabaka kalınlıklarının belirlenmesi	75
5.1.1.3 Birim Fiyatlar ve Metrajlar	75
5.1.1.3.1 Geotekstil kullanılmaması durumu	76
5.1.1.3.2 Geotekstil Kullanılması Durumu	76
5.1.1.4 Maliyet karşılaştırması.....	78
5.2 İstinat Duvarları	79
5.2.1 İstinat duvarları için örnek maliyet karşılaştırması (h=4.00)	79
5.2.1.1 Geotekstil donatılı duvar (h=4.00 m).....	79
5.2.1.1.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri	79
5.2.1.1.2 Birim Fiyatlar ve Metrajlar	80
5.2.1.2 Betonarme istinat duvarı (h=4.00 m).....	81
5.2.1.2.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri	81
5.2.1.2.2 Birim fiyatlar ve metrajlar	84

5.2.1.3 Maliyet karşılaştırması (H=4.00 m)	86
5.2.2 İstinat duvarları için örnek maliyet karşılaştırması (h=6.50)	88
5.2.2.1 Geotekstil donatılı duvar (h=6.50 m)	88
5.2.2.1.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri.....	88
5.2.2.1.2 Birim fiyatlar ve metrajlar	88
5.2.2.2 Betonarme istinat duvarı (h=6.50 m)	90
5.2.2.2.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri.....	90
5.2.2.2.2 Birim fiyatlar ve metrajlar	93
5.2.2.3 Maliyet karşılaştırması (H=6.50 m)	95
6. SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR.....	99
EKLER	101

KISALTMALAR

ASTM	: American Society of Testing Materials
CBR	: California Taşıma Oranı
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
PA	: Poliamid
PE	: Polietilen
PET	: Polyester
POA	: Boşluk Alanı Yüzdesi
PP	: Polipropilen
PVC	: Polivinil Klorür

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Polimer çeşidine göre geotekstil özellikleri (Shukla, 2002).	18
Çizelge 3.2 : Polimerlerin özgül ağırlıkları (Van Santvoort, 1994).	25
Çizelge 3.3 : AASHTO M288'e göre geotekstillerin gerekli mukavemet değerleri.	32
Çizelge 3.4 : Geotekstil transmisivite geçirimsizlik katsayıları (Koerner, 1998).	35
Çizelge 3.5 : Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre ayırma amaçlı örgüsüz, polipropilen geotekstilin özellikleri.	37
Çizelge 3.6 : Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre drenaj amaçlı örgüsüz, polipropilen geotekstilin özellikleri.	39
Çizelge 4.1 : Kullanım amacına göre CBR değerleri (Koerner, 1998).	45
Çizelge 4.2 : Modifiye CBR testi güçlendirme oranları (Koerner, 1998).	49
Çizelge 4.3 : Taşıma gücü faktörünün belirlenmesi (Shukla ve Yin, 2006).	51
Çizelge 4.4 : Beton blok ön cephe elemanları özellikleri (Güler, 2006).	66
Çizelge 4.5 : Geotekstil donatı özellikleri (Güler, 2006).	67
Çizelge 4.6 : Geotekstil donatılı dolgu granülometrik dağılımı (Güler, 2006).	68
Çizelge 5.1 : Geotekstil donatısız durumda kaplamasız yol maliyeti.	78
Çizelge 5.2 : Geotekstil donatılı durumda kaplamasız yol maliyeti.	78
Çizelge 5.3 : Betonarme istinat duvarı donatı metrajı (H=4.00 m).	83
Çizelge 5.4 : Geotekstil donatılı duvar maliyeti (H=4.00).	86
Çizelge 5.5 : Betonarme istinat duvarı maliyeti (H=4.00 m).	87
Çizelge 5.6 : Betonarme istinat duvarı donatı metrajı (H=6.50 m).	92
Çizelge 5.7 : Geotekstil donatılı duvar maliyeti (H=6.50).	95
Çizelge 5.8 : Betonarme istinat duvarı maliyeti (H=6.50).	96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Geosentetikler ve kullanım amaçları (Karagül, 2006).....	5
Şekil 2.2 : Tek eksenli geogrid.....	6
Şekil 2.3 : İki eksenli geogrid.	7
Şekil 2.4 : Yapıştırma geogrid.	7
Şekil 2.5 : Dokuma Geogrid.	7
Şekil 2.6 : Yol dolgularında geogrid kullanımı (Polyfabrics Australia).	9
Şekil 2.7 : Kaplamalı yollarda geogrid uygulaması (Polyfabrics Australia).	9
Şekil 2.8 : Kaplamasız yollarda geogrid uygulaması (Archer, 2008).	10
Şekil 2.9 : Şevlerde geogrid uygulamaları – Tipkesit (Friloux ve Flom, 1999).	11
Şekil 2.10 : Şevlerde geogrid uygulaması örnekleri.....	11
Şekil 2.11 : Geosentetik donatılı duvar (Holtz, 2001).....	12
Şekil 2.12 : Tünel enkesiti.	14
Şekil 2.13 : Tünellerde geomembran uygulaması.	15
Şekil 3.1 : Örgülü monofilament (Ingold ve Miller, 1988).	19
Şekil 3.2 : Örgülü multifilament (Ingold ve Miller, 1988).....	20
Şekil 3.3 : Örgülü multifilament (Koerner, 1998).....	20
Şekil 3.4 : Şerit tip örgülü (Koerner, 1998).	21
Şekil 3.5 : Örgüsüz geotekstil – Isıl birleşim (Ingold ve Miller, 1988).....	22
Şekil 3.6 : Örgüsüz geotekstil – Isıl birleşim (Koerner, 1998).	22
Şekil 3.7 : Örgüsüz geotekstil – Mekanik birleşim (Ingold ve Miller, 1988).....	23
Şekil 3.8 : Örgüsüz geotekstil – Mekanik birleşim (Koerner, 1998).	23
Şekil 3.9 : Örgüsüz geotekstil – Kimyasal birleşim (Ingold ve Miller, 1988).....	24
Şekil 3.10 : Değişik geotekstillerin sıkışabilirliği – (Koerner, 1998).	27
Şekil 3.11 : Basit çekme testi (Koerner, 1998).	28
Şekil 3.12 : Geniş numune çekme testi (Koerner, 1998).....	29
Şekil 3.13 : İki eksenli çekme testi (Koerner, 1998).....	29
Şekil 3.14 : Dikiş metotları (Shukla, 2002).	32
Şekil 4.1 : Agregat tabakalarına göre yük dağılımı (Koerner, 1998).	45
Şekil 4.2 : Stabilize kaplama kalınlığı tayini (Shukla ve Yin, 2006).	48

Şekil 4.3 : Kaplama kalınlığı abağı (Tunç, 2002).....	51
Şekil 4.4 : Geotekstilin temel tabakası kalınlığına etkisi (Shukla, 2002).	54
Şekil 4.5 : Kaplama onarımında geotekstil kullanımı (Bağcı, 2007).....	55
Şekil 4.6 : Geotekstilin ayırma fonksiyonu (Shukla, 2002).	56
Şekil 4.7 : Dik dolgu şevlerinde geotekstil kullanımı.	59
Şekil 4.8 : Geotekstil donatılı duvarlarda gerilmeler (Koerner, 1998).	60
Şekil 4.9 : Yüzeydeki yüklerden ötürü duvarda oluşan gerilmeler (Koerner, 1998). 62	
Şekil 4.10 : İstinat duvarı temelinde oluşan zemin gerilmeleri (Tunç,2002).	64
Şekil 4.11 : İstinat duvarları arkasında geotekstil kullanımı (Koerner, 1998).	65
Şekil 4.12 : Yol dolgularında analiz yöntemleri (Shukla ve Yin, 2006).....	70
Şekil 4.13 : Toplam şev stabilitesi (Shukla ve Yin, 2006).....	71
Şekil 4.14 : Yanal yayılma analizi (Shukla ve Yin, 2006).....	72
Şekil 5.1 : Proje verilerine göre kaplama kalınlığının belirlenmesi.....	75
Şekil 5.2 : 4.00 m yüksekliğinde geotekstil donatılı duvar kesiti.	79
Şekil 5.3 : 4.00 m yüksekliğinde betonarme istinat duvar kesiti.	82
Şekil 5.4 : Betonarme istinat duvarı donatı planı (H=4.00 m).	82
Şekil 5.5 : 6.50 m yüksekliğinde geotekstil donatılı duvar kesiti.	88
Şekil 5.6 : 6.50 m yüksekliğinde betonarme istinat duvar kesiti.	90
Şekil 5.7 : Betonarme istinat duvarı donatı planı (H=6.50 m).	91

SEMBOL LİSTESİ

a	: Geometrik özellik
B	: Temel taban genişliği
c	: Kohezyon
c_u	: Drenajsız kohezyon
D	: Granüler tabaka kalınlığı
E	: Elastisite modülü
F_p	: Delinme kuvveti
FS	: Emniyet faktörü
K_a	: Aktif toprak basıncı katsayısı
k_n	: Düzleme dik geçirimsizlik katsayısı
k_p	: Düzlemsel geçirimsizlik katsayısı
L	: Temel taban uzunluğu
L_E	: Ankraj bölgesindeki geotekstil malzeme uzunluğu
L_R	: Kayma kaması iç boyu
M	: Birim alan ağırlığı
N_c	: Taşıma gücü faktörü
P	: Yük
p_{ec}	: $B \times L$ alanına etkiyen tekerlek yükü
p_0	: Geotekstil kullanılmadığında zemin altında oluşan gerilme
p	: Geotekstil kullanıldığında zemin altında oluşan gerilme
q	: Zemin yüzeyindeki sürşarj yükü
q_u	: Zeminin nihai taşıma gücü
S	: Tekerlek izi derinliği
S_v	: Geotekstil tabaka kalınlığı
t	: Kalınlık
T	: Çekme mukavemeti
T_a	: Müsaade edilebilir çekme mukavemeti
x	: Yatay uzaklık
z	: Zemin yüzeyinden derinlik

α_0	: Yük dağıtım açısı
δ	: Kayma direnci açısı
ϵ	: Deformasyon
η	: Porozite
ρ	: Yoğunluk
τ	: Kayma mukavemeti
θ	: Transmisivite
ψ	: Permittivite
γ	: Birim hacim ağırlığı
σ_b	: Tabanda oluşan gerilme
σ_{hs}	: Dolgudan kaynaklanan yatay basınç
σ_{hq}	: Srşarjdan kaynaklanan yatay basınç
σ_{hl}	: Tekil yükten kaynaklanan yatay basınç

KARAYOLU YAPIMINDA GEOTEKSTİL UYGULAMALARI

ÖZET

Son yıllarda kullanımı hızla artan geotekstiller, mühendislik uygulamalarında karşılaşılan birçok problemde klasik yöntemlere oranla daha ekonomik, hızlı ve kolay uygulanabilir çözüm yolları sunmaktadır. Özellikle İnşaat Mühendisliği uygulamalarında geotekstil kullanımı büyük önem kazanmıştır.

Günümüzün en önemli mühendislik yapılarından olan karayollarında geotekstil kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Çalışmanın genelinde, geotekstillerin değişik karayolu uygulamalarında kullanımı incelenmiştir. Mühendislik açısından sağladığı yapım kolaylığının, yapı ömrüne olan olumlu etkilerinin ve yapı maliyetlerinde sağlanan avantajların ortaya konması amaçlanmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde, geotekstillerin de içinde bulunduğu malzeme grubu olan geosentetiklerin tanımı ve sınıflandırması yapılmıştır. Geosentetiklerin malzeme özellikleri incelenmiş ve yaygın olarak kullanıldığı uygulamalara kısaca değinilmiştir.

İkinci bölümde, geotekstillerin malzeme özellikleri ayrıntılı olarak ele alınmış, bu özelliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Geotekstillerin, değişik kriterlere göre sınıflandırması yapılmıştır.

Çalışmanın esasını oluşturan geotekstilin karayolu yapımında kullanımı konusu üçüncü bölümde ele alınmıştır. Geotekstilin en çok kullanıldığı karayolu yapıları olan kaplamalı yollar, kaplamasız yollar, istinat duvarları ve yol dolgularında geotekstil kullanımı ayrıntılı olarak incelenmiş ve tasarım yöntemleri üzerinde durulmuştur. Geotekstil kullanılması durumunda sağlanan avantajlar detaylı olarak açıklanmıştır.

Çalışmanın son bölümünde ise geotekstil kullanımının karayolu yapımı maliyetine etkileri üzerinde durulmuştur. Geotekstil uygulamalarının en çok kullanıldığı karayolu yapılarından olan kaplamalı ve kaplamasız yollar ile istinat duvarlarında, geotekstil kullanılması ve kullanılmaması durumundaki uygulamaların maliyetleri ayrı ayrı incelenmiş ve her iki durumdaki maliyetler karşılaştırılmıştır.

GEOTEXTILE APPLICATIONS IN HIGHWAY CONSTRUCTION

SUMMARY

In recent years, the rapidly increasing use of geotextiles provides more economical, quicker and more applicable solutions in many problems encountered in engineering applications.

Highways are today's one of the most important engineering structures and The use of geotextile in highway construction is increasing day by day. In this study, the use of geotextile in highway applications is examined. It is intended to explain the ease of construction, positive effects on the cost and life of the structure.

In the first part of the study, the definition and classification of geosynthetic materials which include geotextiles are made. Material properties of geosynthetics are examined and the common applications of geosynthetics are mentioned briefly.

In the second section of the study, material properties of geotextiles are examined in detail and the methods to determine these properties are described. Geotextiles' classification is made according to different criterias.

Forming the basis of the study about the use of geotextiles in highway construction is examined in the third section. The design and application methods of the use of geotextile in highway structures like paved roads, unpaved roads and retaining walls are investigated.

In the last part of the study, the effect of the use of geotextile on the cost of the highway construction is emphasized. The cost comparison of paved roads, unpaved roads and retaining walls is made in case of the geotextile or without geotextile.

1. GİRİŞ

Son yıllarda sağlanan teknolojik ilerlemeler, her alanda bir çok yeniliği beraberinde getirmiştir. Bu teknolojik gelişmelere paralel olarak mühendislik uygulamalarında da sayısız ilerlemeler ve yenilikler ortaya çıkmış, özellikle de kullanılan malzemelerde oldukça hızlı gelişmeler sağlanmıştır. Bu doğrultuda, üretim kalitesindeki artış, uygulama hızı, zamandan tasarruf, erişim kolaylığı ve ekonomiklik gibi avantajlarından dolayı bu malzemelerin kullanımı hızla artmıştır. Bu durumdan en çok etkilenen alanların başında İnşaat Mühendisliği uygulamaları gelmektedir.

Yapı malzemelerindeki gelişmeler sonucu ortaya çıkan malzemelerin başında geosentetik malzemeler gelmektedir. Özellikle Geoteknik, Hidrolik ve Ulaştırma Mühendisliği uygulamalarında, geosentetik malzemelerin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

2. GEOSENTETİKLER

2.1 Geosentetiğin Tanımı

Geosentetikler genel olarak Zemin, Ulaştırma ve Hidrolik gibi alanlardaki çeşitli zemin uygulamalarında kullanılan sentetik malzemeler olarak tanımlanabilir. Uygulama ihtiyacına göre değişik şekil ve özelliklerde üretilirler. Geosentetik kullanımı, mühendislik uygulamalarında kullanılan birçok geleneksel yönleme alternatif teşkil etmektedirler.

2.2 Geosentetiklerin Tarihçesi

Dokuma ürünlerin yol inşaatında, zayıf zeminlerin güçlendirilmesine yönelik kullanımı ilk olarak 1926 yılında Güney Carolina Karayolu Departmanı tarafından uygulanmıştır. Departman tarafından yapılan deneylerde pamuk dokumalar yol temeline yerleştirilmiş, üzeri sıcak asfalt ile kaplanmış ve asfalt üzerine de ince bir kum tabakası serilmiştir. Bu deney sonucunda, kullanılan dokumaların yoldaki çatlama, sökülme ve yerel bozulmaları azalttığı gözlemlenmiştir (Koerner, 1998).

Polimerik malzemelerden Polivinil Klorür 1933, Düşük Yoğunluklu Polietilen ve Poliamid 1939, Ekspande Polistiren 1950, Polyester 1953, Yüksek Yoğunluklu Polietilen ve Polipropilen 1955 yılında ilk olarak üretilmelerine rağmen, ticari birer ürün olarak üretimlerine başlanması uzun yıllar almıştır. 1950’li yıllarda ise A.B.D.’de geomembranların kanal inşaatlarında kullanımına başvurulmuştur (Shukla ve Yin, 2006).

1940’lı yıllarda geomembran benzeri kauçuk yalıtım malzemeleri, yalıtım uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır.

1950’li yıllarda Terzaghi tarafından, barajların kazık temelleri ile taş kemer dolguları arasında geotekstillere benzer malzemeler kullanılmıştır. Aynı proje kapsamında, geomembran türevi malzemeler, sızıntı kontrolü ve yönlendirme hatları yapımında kullanılmıştır. Yine aynı yıllarda Japonya’da yapılan çalışmalarda dokuma ürünler,

kıyı yapılarının korunması ve zeminden kaynaklanan çökmelerin önlenmesi uygulamalarında kullanılmıştır (Shukla, 2002).

1978 yılında ilk geogrid benzeri malzeme İngiltere’de üretilmiştir. 1984 yılında ise ilk geonet uygulaması Virginia’da kullanılmıştır (Shukla ve Yin, 2006).

1970’ li yıllarda yalnızca beş veya altı geosentetik çeşidi mevcutken, günümüzde 600’ ün üzerinde farklı geosentetik ürünü dünya üzerinde satılmaktadır. Dünya genelinde geosentetik kullanımı bir milyar m²’ ye yakındır. Bu tüketim miktarının parasal karşılığı yaklaşık olarak 1,5 milyar USD’dir. (Holtz, 2001).

2.3 Geosentetiklerin Kullanım Amaçları

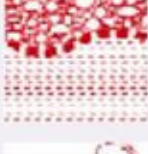
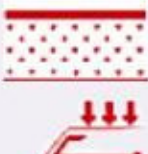
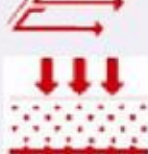
Geosentetikler zeminle ilgili birçok problemin çözümünde yaygın olarak kullanılırlar. Bunlardan başlıcaları;

- Zemin tabakalarının ayrılması
- Zeminin güçlendirilmesi ve taşıma gücünün artırılması
- Zemin drenajı
- Zeminin filtrasyonu
- Yalıtım

şeklinde sıralanabilir.

2.4 Geosentetiklerin Türleri

Günümüzde geosentetikler İnşaat Mühendisliği uygulamalarında çok önemli yapı malzemeleri olarak kabul görmektedir. Projelerdeki ihtiyaçlara göre çok değişik çeşitleri mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılanları geotekstiller, geogridler, geomembranlar, geokompozitler, geonetler olarak sıralanabilir.

FONKSİYON	ÇEŞİT	TANIM	
Filtrasyon		Geokompozit, Geotekstil	Sıvı geçişine izin verir, zemin danelerini geçirmemek
Drenaj		Geonet, Geokompozit,	Sıvının taşınması
Ayırma		Geotekstil, Geokompozit	İki malzemenin ya da zeminin karışmasını engellemek
Koruma		Örgüsüz geotekstil, Geonet, Geokompozit	Yapının zarar görmesini önlemek amaçlı
Geçirimsizlik		Geomembran, Geokompozitler	Sıvı bariyeri
Donatılı duvar		Tek yönlü geogridler, Örgülü geotekstiller	Zemine gelecek çekme kuvvetini karşılamak
Zemin iyileştirme		Çift yönlü geogrid, Geotekstil, Geokompozit	Taşıma gücünü arttırmak
Asfalt ve beton donatısı		Çift yönlü geogrid	Gelebilecek çekme kuvvetini karşılamak
Erozyon kontrolü ve yüzey stabilitesi		Geomat, Geohücre, Biomat, Bionet	Rüzgar , yağmurgibi etkilerden zeminin taşınmasını ve ayrılmasını önlemek
Sınırlama		Geohücre	Zemin kütlelerinin yanal hareketlerini önlemek

Şekil 2.1 : Geosentetikler ve kullanım amaçları (Karagül, 2006).

2.4.1 Geogridler

Geogridler, üzerinde büyük kare veya dikdörtgen benzeri boşluklar olan, yüksek moleküler ağırlığa sahip geosentetik bir malzeme türüdür. Üretim metodlarına göre değişik geogrid çeşitleri vardır.

2.4.1.1 Geogrid türleri

2.4.1.1.1 Ekstrüde geogridler

Polimer tabakaların üzerini değişik yöntemlerle keserek kare veya dikdörtgen şeklinde delikler açmak suretiyle üretilirler. Ekstrüde geogridler iki gruba ayrılırlar.

- **Tek eksenli geogridler**

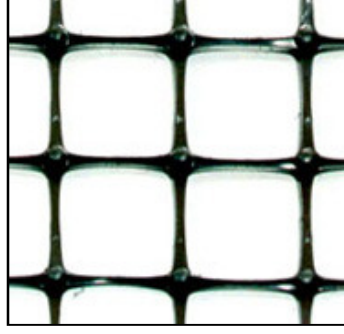
Bu tür geogridlerde paralel şeritler arası açıklık boyuna doğrultuda, enine doğrultuya göre çok daha fazladır. Dolayısıyla malzeme üzerindeki boşluk görüntüsü bir kenarı diğerinden çok daha uzun olan bir dikdörtgen gibidir. Boyuna doğrultudaki çekme yüklerine çok daha dayanıklıdır. Uygulamada karşılaşılan esas yük tek doğrultuda etkiyorsa ve bu doğrultu biliniyorsa tek eksenli geogrid kullanılır (Shukla, 2002).



Şekil 2.2 : Tek eksenli geogrid.

- **İki eksenli geogridler**

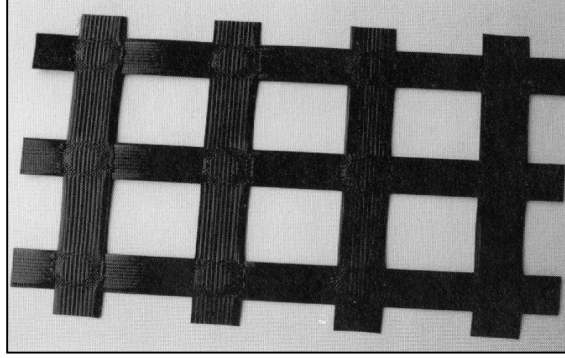
Bu tür geogridlerde, geogrid üzerindeki boşlukların en ve boyları birbirine yakındır. Boşluk yapısı kare benzeridir. Her iki doğrultuda da yük taşınması gerektiği durumlarda kullanılırlar. Kullanıldığı uygulamada, yük dağılımı düzensiz ve hareketli yükler değişken doğrultularda ortaya çıkıyorsa bu tür geogridler kullanılır (Shukla, 2002).



Şekil 2.3 : İki eksenli geogrid.

2.4.1.1.2 Yapıştırma geogridler

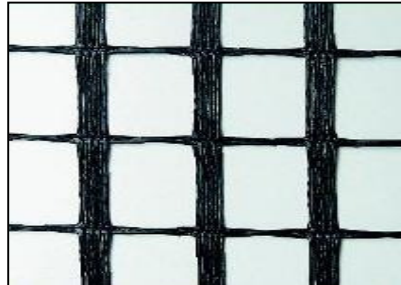
Polimerik şerit şeklindeki malzemelerin, iki doğrultuda birbirine paralel olarak dizilmesi ve bu şeritlerin yapıştırma veya presleme yöntemiyle birleştirilmesi sonucu elde edilirler.



Şekil 2.4 : Yapıştırma geogrid.

2.4.1.1.3 Dokuma geogridler

Polimerik şerit şeklindeki malzemelerin, dokuma yöntemiyle birleştirilerek geogrid formuna getirilmesi ile elde edilirler.



Şekil 2.5 : Dokuma Geogrid.

2.4.1.2 Geogridlerin özellikleri

Fiziksel Özellikleri;

- Boşluk Boyutu
- Örgü Yapısı
- Birim Alan Ağırlığı
- Esneklik, sıkılık
- Şerit Boyutları

Mekanik Özellikleri;

- Şerit Çekme Dayanımı
- Şerit Birleşim Noktası Dayanımı
- Kesme Kuvveti Dayanımı
- Gerilme Çatlakları Dayanımı

Dayanıklılık Özellikleri;

- Montaj Hasarları
- Çekme Yorulması
- Sıcaklık Etkisi
- Oksidasyon Etkisi
- Kimyasal Etkiler
- Radyoaktif Etkiler
- Biyolojik Etkiler

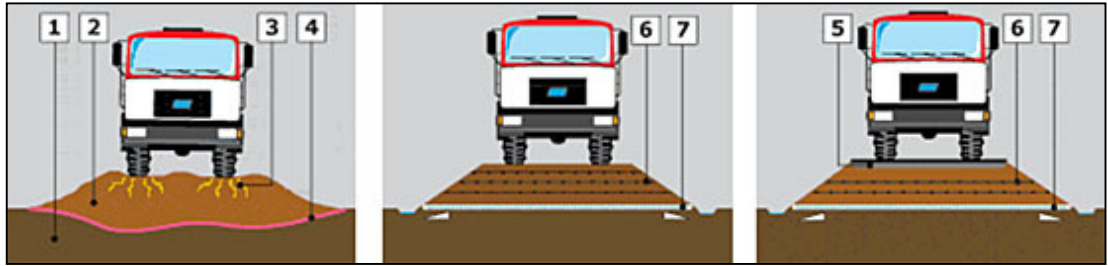
2.4.1.3 Geogridlerin kullanım alanları

Geogridlerin çok geniş bir kullanım alanı olmakla birlikte, özellikle güçlendirme uygulamalarında şev stabilitesinin artırılması ve donatı olarak kullanımına başvurulmaktadır.

2.4.1.3.1 Kaplamalı yollar

Geogridlerin güçlendirme uygulamalarındaki kullanım alanlarından ilki, kaplamalı yollarda temel altı kullanımıdır. Bu uygulamada geogridler temel tabakasının içine yerleştirilir. Buradaki amaç, temel tabakasındaki yanal deformasyonun önlenmesidir. Araçlardan kaynaklanan ve sürekli tekrarlayan yüklerin etkisiyle, temel tabakasının, kaplamanın altında yanal hareketini ve kaplama altının boşalmasını önler. Böylelikle yoldaki kısmi oturmaların da önüne geçilebilir.

Geogridler aynı zamanda yüzeyi bozulmuş, çatlamış yol kaplamalarının onarımında da kullanılmaktadır. Yollarda, kaplamalara gelen ağır yüklerden dolayı oluşan bozulmuş ve çatlamış yüzeyler, üzeri geogrid ile kaplanmak suretiyle güçlendirilir ve üzerleri yeniden kaplanır. Böylece kaplama üzerine gelen ağır yüklerin daha dengeli dağılması ve yeni çatlak ve bozulmaların önlenmesi sağlanır.



Şekil 2.6 : Yol dolgularında geogrid kullanımı (Polyfabrics Australia).

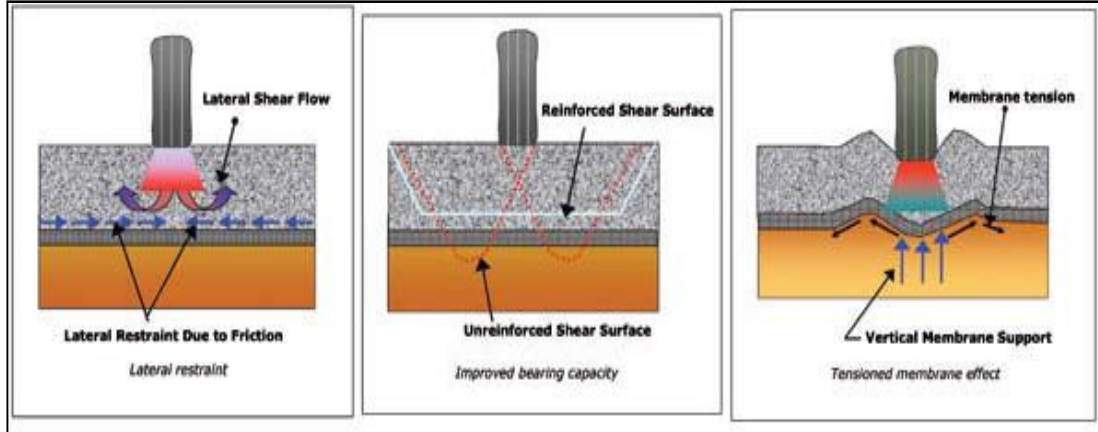
- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 1. Yumuşak zemin. | 5. Yol kaplaması |
| 2. Yol dolgusu. | 6. Geogrid |
| 3. Zemin çatlakları. | 7. Drenaj tabakası |
| 4. Bozulan yol geometrisi | |



Şekil 2.7 : Kaplamalı yollarda geogrid uygulaması (Polyfabrics Australia).

2.4.1.3.2 Kaplamasız yollar

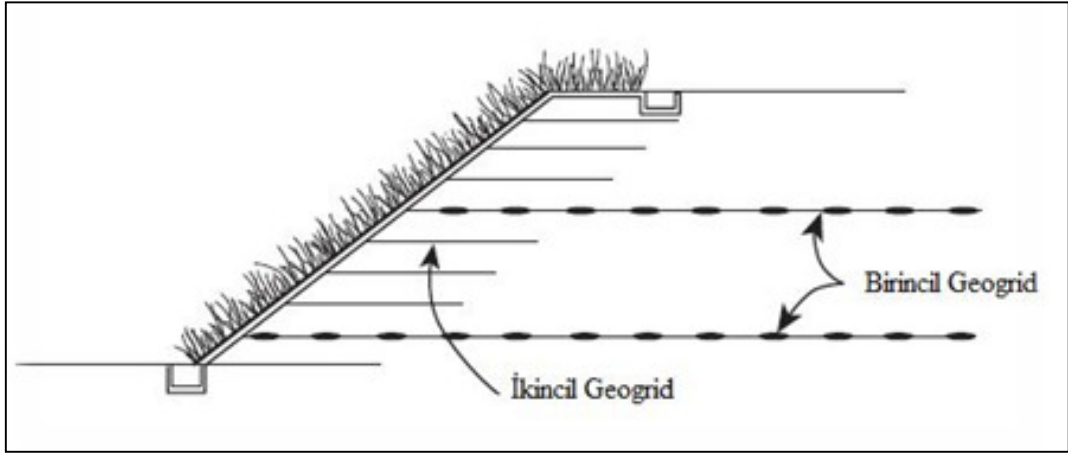
Bu tür yollar, genelde bir alt temel tabakasının üzerine kırmataş veya çakıl dolgusu yapılması şeklinde inşa edilir. Trafik yükleri, genelde dinamik yükler olduğu için temelde düzensiz olarak dağılır. Temel tabakasında geogrid kullanılmasıyla bu yüklerin daha düzenli yayılması ve temel tabakasının homojen olmamasından kaynaklanan yumuşak zemin kısımlarındaki oturmalar önlenir.



Şekil 2.8 : Kaplamasız yollarda geogrid uygulaması (Archer, 2008).

2.4.1.3.3 Şevler

Arazi yapısının elverişsiz olduğu yerlerde inşa edilen karayollarında ortaya çıkan en büyük problemlerin başında, dolgu zeminlerde şev stabilitesi ve erozyon sorunu gelmektedir. Bu sorunların çözüm yollarından biri de geogrid kullanımıdır. Söz konusu uygulamada, zemin dolgusu tabakalar halinde yapılarak, tabaka aralarına geogrid yerleştirilir. Genelde tek eksenli birincil ve ikincil geogridlerin kullanıldığı sistemde birincil geogridler daha uzundur. Üzerine belli kalınlıkta dolgu ve sıkıştırma yapıldıktan sonra yine şev yüzeyinden dolgu tabakası içine doğru nispeten daha kısa olan ikincil geogrid tabakaları yerleştirilir. Gerekirse şev yüzeyi de geogridle kaplanarak birincil ve ikincil geogridlere de bağlanarak daha etkili şev çözümleri üretilebilir. Bununla beraber geogrid kullanımı sayesinde daha dik şevlerin inşası mümkün olmaktadır. Böylece kullanılan alandan tasarruf sağlanabilir.



Şekil 2.9 : Şevlerde geogrid uygulamaları – Tipkesit (Friloux ve Flom, 1999).

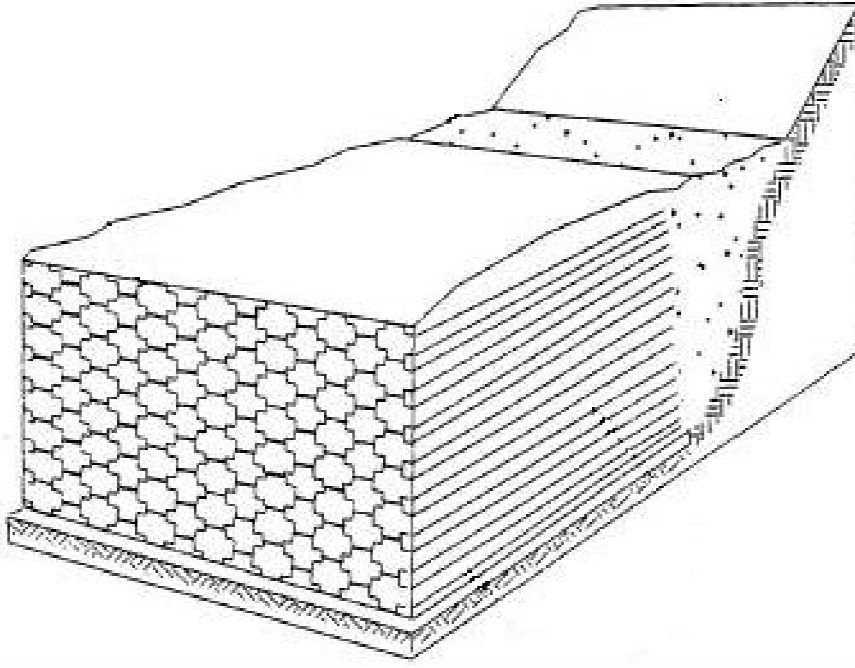


Şekil 2.10 : Şevlerde geogrid uygulaması örnekleri.

2.4.1.3.4 Geoteksentetik donatılı duvar

Geogridler yüksek çekme mukavemetleri sayesinde geoduvvar adı verilen geosentetik donatılı duvar inşasında donatı olarak kullanılabilirler.

İnşa metodu geogrid donatılı şevlere benzer olup, zeminin tabakalar halinde sıkıştırılıp arasına geogrid yerleştirilmesi şeklindedir. Ancak şevlerden farklı olarak, yüzeylerine prekast beton veya beton blok kaplama yapılması sonucu istinat duvarı benzeri yapılar inşa edilebilir. Yüzey kaplaması olarak kullanılan malzemenin görevi duvar yüzündeki malzemenin akmasının önlenmesidir.



Şekil 2.11 : Geosentetik donatılı duvar (Holtz, 2001).

2.4.2 Geomembranlar

Geomembranlar, geoteknik mühendisliği ile ilgili insan yapısı bir proje, yapı ve sistemde sıvı akışını kontrol altına alabilecek kadar düşük geçirgenlikte asfalt, polimer ve bunların karışımından mamul membran tipi kaplama ve izole bariyeri malzemelerdir (ASTM). Sıvı akışını kontrol eden polimerik tabakalardır. Düşük geçirimsizlikleri sayesinde zemin içindeki akışa bariyer olarak kullanıldıkları için asıl fonksiyonları yalıtmadır (Shukla, 2002). Karayolu yapılarının özellikle su ile etkileşimini önlemek ve suya bariyer vazifesi görerek yapıdan uzaklaştırılmasını sağlamak için kullanımına başvurulur.

Malzeme özelliklerine göre değişik geomembran türleri vardır.

2.4.2.1 Geomembran türleri

2.4.2.1.1 PVC geomembran

Düşük yoğunluğa sahip geomembran türüdür. Teknik özellikleri bakımından diğer geomembranlara göre daha geridedir. Dayanıklılık açısından daha zayıf olmasına rağmen daha yumuşak bir geomembran türü olması nedeniyle uygulamada bazı avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca daha ekonomik bir malzemedir.

2.4.2.1.2 LDPE geomembran

PVC kadar olmamakla birlikte, LDPE Geomembranlar da yumuşak bir geomembran türüdür. Ekonomik sayılabilecek bir geomembran türüdür. Düşük yoğunluğa sahiptirler. Yüksek mukavemetlidirler. PVC Geomembranlar kadar yumuşak bir malzeme olmasa da HDPE Geomembranlara göre yumuşak sayılacak bir malzemedir. Bu yumuşaklıktan dolayı uygulamada avantajlar sağlar.

2.4.2.1.3 HDPE geomembranlar

En yüksek malzeme özelliklerine sahip geomembran türüdür. Basınca, yüke, darbeye ve kimyasallara dayanıklıdır. Yüksek malzeme özellikleri düşünüldüğünde ekonomik sayılabilecek bir malzemedir. Sert bir malzeme olmasından dolayı uygulamada çeşitli zorluklarla karşılaşılabilir.

2.4.2.2 Geomembranların özellikleri

Fiziksel Özellikleri;

- Tabaka Kalınlığı
- Yoğunluk
- Erime Endeksi
- Birim Ağırlık
- Su-Buhar Geçirimsizliği

Mekanik Özellikleri;

- Çekme Dayanımı
- Yırtılma Dayanımı
- Delinme Dayanımı
- Yüzeysel Sürtüne Dayanımı
- Darbe Dayanımı

Dayanıklılık Özellikleri;

- Sıcaklık Etkisi
- Oksidasyon Etkisi
- Kimyasal Etkiler

- Radyoaktif Etkiler
- Biyolojik Etkiler

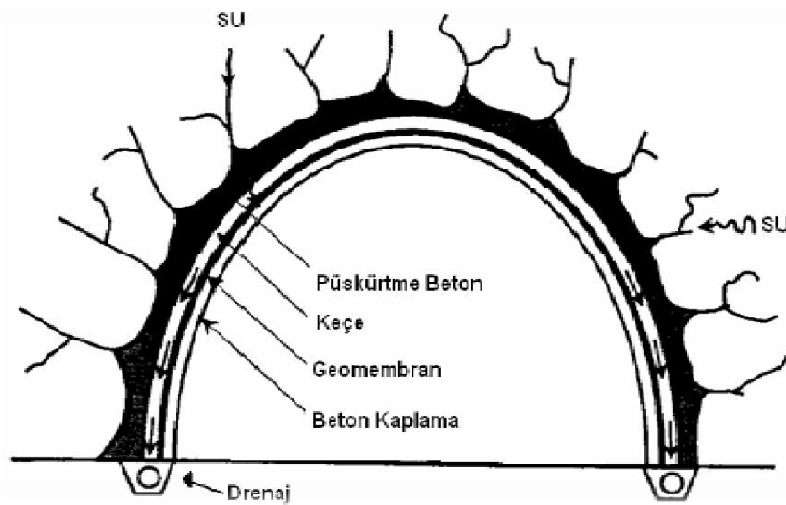
2.4.2.3 Geomembranların kullanım alanları

Geomembranlar, birçok mühendislik yapılarında, geçirimsizliğin sağlanması uygulamalarında yaygın olarak kullanılırlar. Bu uygulamalardan en çok bilinenler, binaların zemin altı kısımlarının yalıtımı, barajlarda geçirimsizlik tabakası oluşturulması, su kanalları, tüneller ve yol kaplamalarında geçirimsizliğin sağlanması olarak sıralanabilir.

2.4.2.3.1 Tüneller

Tüneller zemin suyu probleminin en çok karşılaşıldığı mühendislik uygulamalarından biridir. Zemin suyunun tünel içine girmesini önlemek ve suyun drenajını sağlamak için aşağıdaki adımlar takip edilir.

- İlk olarak tünelin kazısı yapılır.
- Püskürtme beton tekniği ile tünel yüzeyinin betonarme imalatları yapılır.
- Beton yüzeyine geotekstil montajı yapılır.
- Tünelin tüm iç yüzeyi, kaynak yerleri su geçirmeyecek şekilde geomembran ile kaplanır.
- Son olarak geomembran yüzeyi ince bir koruma betonu ile kaplanır.



Şekil 2.12 : Tünel enkesiti.

Bu uygulama sonucunda tünel içine szlen sular, geomembranın oluşturduğu bariyer tabakası sayesinde tünel kenarlarındaki drenaj kanallarına yönlendirilir. Bu kanallar yardımıyla suyun yapıdan uzaklaştırılması sağlanır.



şekil 2.13 : Tünellerde geomembran uygulaması.

2.4.3 Diğer geosentetikler

2.4.3.1 Geonetler

Geonetler genel olarak geogridlere benzer malzemelerdir. Hatta geogridlerin türevi bir malzeme olarak düşünülebilirler. Ancak geogridlerden farkı kullanım amacıdır. Geogridler genellikle güçlendirme uygulamalarında kullanılırken, geonetler drenaj amaçlı kullanılırlar. Daha çok geotekstil, geomembran gibi malzemelerle beraber kullanılırlar. Bylelikler kullanıldıkları zemindeki akıştan dolayı gözeneklerin tıkanması önlenmiş olur.

2.4.3.1.1 Geonetlerin zellikleri

Fiziksel zellikleri;

- Yoğunluk
- Birim Ağırlık
- şerit Boyutları
- Boşluk Boyutu ve şekli
- şeritler Arası Açı

Mekanik Özellikleri;

- Çekme Dayanımı
- Basınç Dayanımı
- Kesme Kuvveti Dayanımı
- Akış Oranı

2.4.3.2 Geokompozitler

Geokompozitler, geosentetiklerin kombinasyonu malzemelerdir. Geotekstil, geogrid, geomembran, geonet gibi malzemelerin iki veya daha fazlasının bir arada kullanılması sonucu, birçok uygulamada , tek başına geosentetik kullanımına göre daha etkili çözümler üretilmesini sağlarlar. Güçlendirme, ayırma, filtrasyon, drenaj, yalıtım ve koruma uygulamaları gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bazı geokompozit kombinasyonları ve kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir;

2.4.3.2.1 Geomembran-geogrid kompozit

Geomembranlar ve geogridler benzer özellikte malzemeler olmakla birlikte,beraber kullanıldıklarında daha etkili yalıtım ve dış etkilere karşı daha yüksek dayanım sağlar.

2.4.3.2.2 Geotekstil-geogrid kompozit

Geotekstillerin düşük dayanım ve yüksek esneklik problemine karşı geogridlerle beraber kullanım yoluna gidilir.

2.4.3.2.3 Geotekstil-geonet kompozit

Güçlendirme ve filtrasyon çözümlerinde kullanılır.

3. GEOTEKSTİLLER

3.1 Geotekstilin Tanımı

Geotekstil, esnek tabakalar şeklindeki geçirimli, polimerik tekstil ürünleridir (Shukla ve Yin, 2006). Bir proje veya sistemin parçası olarak temel, zemin, kaya, toprak veya geoteknik mühendisliği ile ilgili bir malzeme ile beraber kullanılan malzemeler olarak tanımlanmaktadır (ASTM).

3.2 Geotekstilin Tarihçesi

Bugün bildiğimiz anlamda geotekstil, ilk olarak erozyon kontrolü ve zemin filtrasyonu uygulamalarında kullanılmıştır.

1950’li yıllarda, kıyılardaki istinat duvarları ve erozyon kontrolünde kullanılan bloklarda kullanımına başvurulmuştur.

1960’lı yıllarda Fransa’da geotekstilin kullanım alanı oldukça genişlemiştir. Kaplamasız yollarda, demiryolu balast tabakasında, şevlerde ve toprak dolgu barajlarda güçlendirme ve ayırma amaçlı olarak kullanılmıştır.

1970’li yıllara gelindiğinde dünyanın birçok yerinde firmalar geotekstil üretimine önem vermiş, böylece malzeme kalitesinde önemli ilerlemeler sağlanmıştır.

Takip eden yıllarda geotekstil kullanımı büyük önem kazanmış, bu konuyla ilgili önemli araştırmalar yapılmış, dünyanın çeşitli yerlerinde önemli konferanslar düzenlenmiştir (Koerner, 1998).

3.3 Geotekstil Türleri

3.3.1 Hammadde çeşidine göre geotekstilller

Geotekstilller, değişik polimerik maddelerden üretilebilirler. Her birinin çeşitli avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, bu hammaddelerden başlıcaları;

- Polipropilen (PP)
- Polyester (PET)

- Poliamid (PA)
- Polietilen (PE)

olarak sıralanabilir.

Geotekstil üretiminde en çok kullanılan polimerler, polipropilen ve polyesterdir. Bunun en büyük sebebi diğer çeşitlere göre daha ekonomik olmalarıdır (Shukla, 2002). Bu polimerlerden propilen %85 kullanım oranı ile ilk sıradadır. Polyester %12 ile ikinci sıradadır. Polietilen %2 ve Poliamid %1'lik kullanıma sahiptir (Koerner, 1998).

Hammadde olarak kullanılan polimer çeşidinin sağladığı avantaj ve dezavantajlar şu şekildedir;

Çizelge 3.1 : Polimer çeşidine göre geotekstil özellikleri (Shukla, 2002).

	Polimer Çeşidi			
Özellikler	PP	PET	PA	PE
Dayanım	Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
Modül	Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
Bozulma Gerilmesi	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek
Kayma Dayanımı	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Birim Ağırlık	Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
Maliyet	Düşük	Yüksek	Orta	Düşük
UV Işımlarına Dayanıklılık (Stabil)	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek
UV Işımlarına Dayanıklılık (Stabil Olmayan)	Orta	Yüksek	Orta	Düşük
Alkalilere Dayanıklılık	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek
Haşere, Böceklerle Dayanıklılık	Orta	Orta	Orta	Yüksek
Petrol Ürünlerine Dayanıklılık	Düşük	Orta	Orta	Düşük
Temizlik Ürünlerine Dayanıklılık	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek

3.3.2 Üretim tekniğine göre geotekstiller

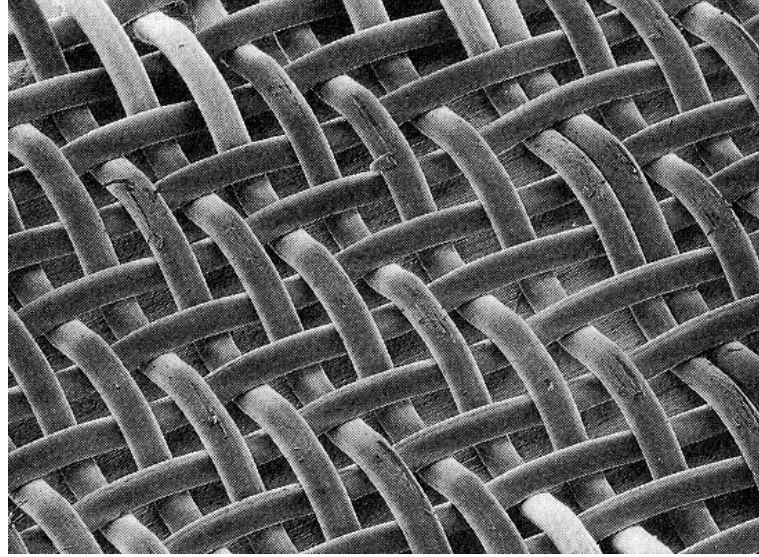
Temel olarak üretim tekniği açısından iki tür geotekstil vardır. Bunlar örgülü ve örgüsüz geotekstillerdir.

3.3.2.1 Örgülü geotekstiller

Örgülü geotekstiller, iki veya daha fazla iplik dizisinin düzgün açılarla, geleneksel dokuma yöntemleri kullanılarak birleştirilmesi sonucu elde edilir (Shukla ve Yin, 2006). En çok bilinen örgülü geotekstiller iki çeşittir.

3.3.2.1.1 Monofilament örgülü geotekstiller

Örgü her yönde tek iplik kullanılarak oluşturuluyorsa Monofilament (tek lifli), Örgülü Geotekstiller olarak adlandırılır.

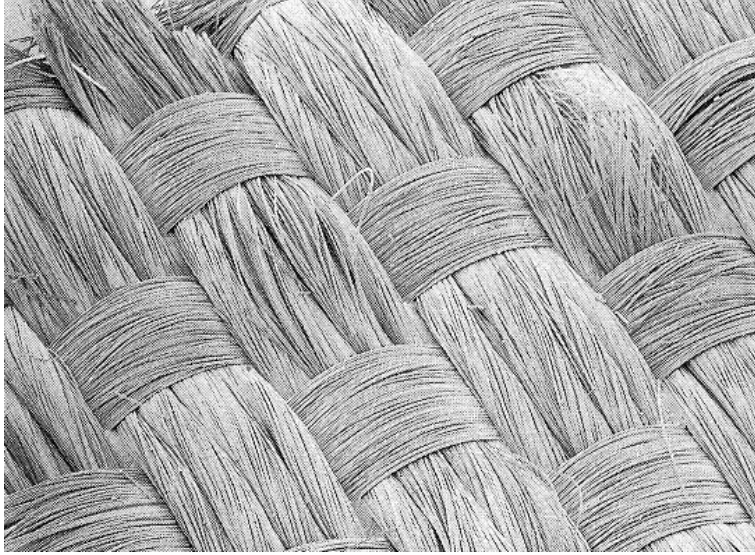


Şekil 3.1 : Örgülü monofilament (Ingold ve Miller, 1988).

Monofilament dokumalar genelde polietilen ve polipropilen tipi polimerlerden üretilir. Zemin içindeki akışa karşı dayanımları düşüktür. İplik dizileri arasındaki boşluklar, zeminin tane boyutuna göre ayarlanmalıdır (Van Santvoort, 1994).

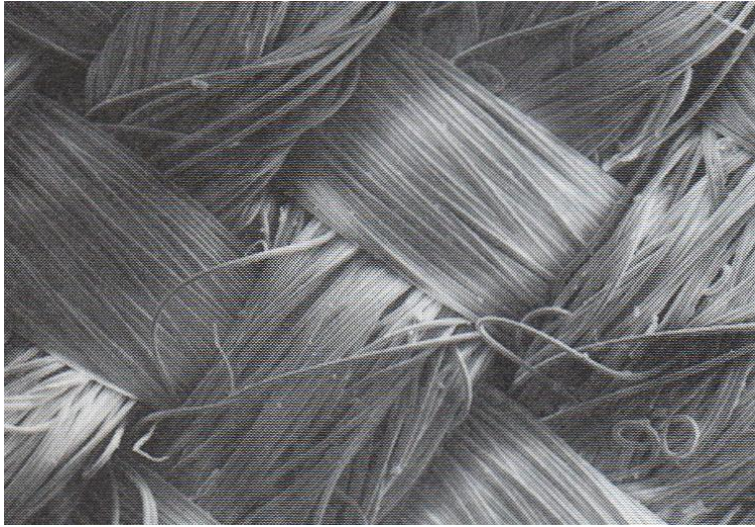
3.3.2.1.2 Multifilament örgülü geotekstiller

Örgü her yönde iplik dizileri kullanılarak oluşturuluyorsa Multifilament Örgülü Geotekstiller olarak adlandırılır.



Şekil 3.2 : Örgülü multifilament (Ingold ve Miller, 1988).

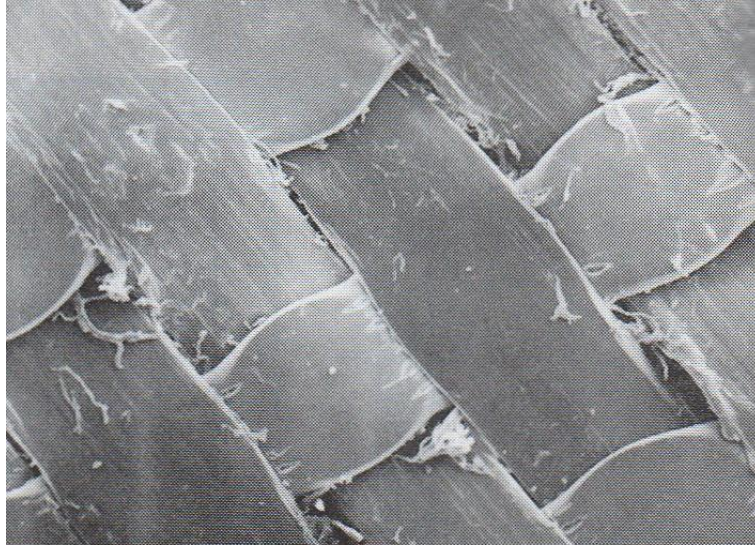
Multifilament dokumalar genelde poliamid ve polyester tipi polimerlerden imal edilir. Burulmuş veya burulmamış iplik dizilerinden dokunurlar. Kumaş görünümündedirler (Van Santvoort, 1994).



Şekil 3.3 : Örgülü multifilament (Koerner, 1998).

3.3.2.1.3 Şerit tip örgülü geotekstiller

Monofilament örgülü geotekstillere benzemekle beraber, örgüde kullanılan malzeme iplikten çok dar bir şerit şeklindedir. Gözenek oranı oldukça azdır ve düşük geçirimsiliğe sahiptirler. Bu nedenle tıkanma olasılıkları fazladır (Tunç, 2002).



Şekil 3.4 : Şerit tip örgülü (Koerner, 1998).

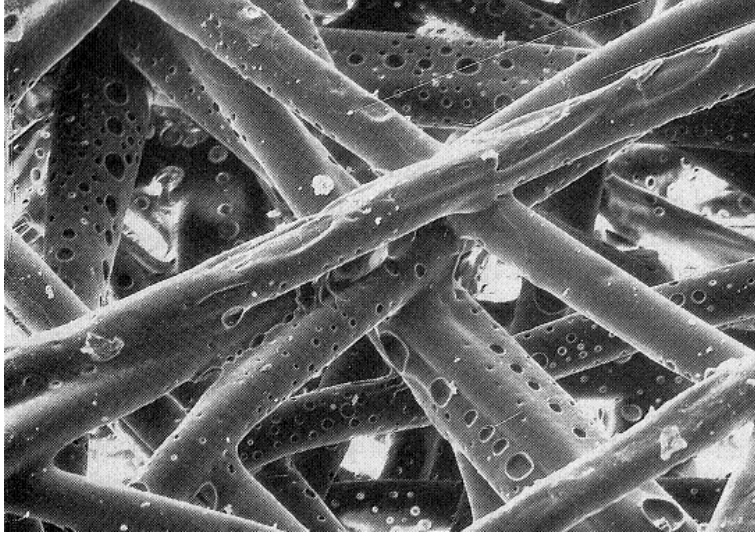
3.3.2.2 Örgüsüz geotekstiller

Örgüsüz geotekstiller, polimer ipliklerin belli bir yönde veya rastgele doğrultuda, gevşek ağ yapısı şeklinde birleştirilmesiyle elde edilirler (Shukla, 2002).

Örgüsüz geotekstil üretiminde kullanılan değişik yöntemler mevcuttur. Polimer ipliklerin mekanik, ısıl veya kimyasal yöntemlerle bir araya getirilmesi en çok kullanılan yöntemlerdir. Polimer iplikler sürekli veya kısa lifler şeklinde olabilir.

3.3.2.2.1 Isıl birleşim

Isıl birleşim yöntemi ile üretilen örgüsüz geotekstillerde, sürekli (uzun) polimer iplikler kullanılır. Birbirine karıştırılmış iplik yığını ısıtılarak ipliklerin birleşim yerlerinin birbirine yapışması sağlanır. Ardından silindir veya benzeri makinelerle sıkıştırılarak üretim tamamlanır. Söz konusu üretimde, genelde tek bir polimer türü kullanılmakla birlikte, değişik polimer tiplerinin birlikte kullanıldığı durumlar da mevcuttur (Charles ve Walker, 1991).



Şekil 3.5 : Örgüsüz geotekstil – Isıl birleşim (Ingold ve Miller, 1988).

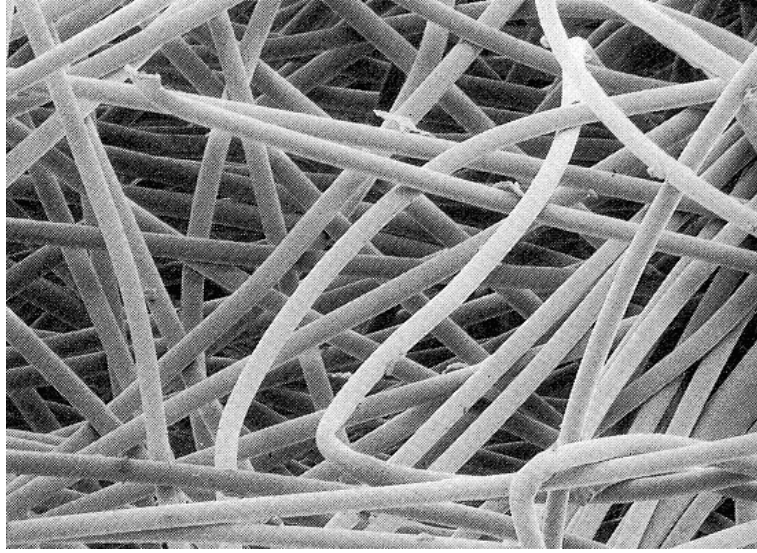


Şekil 3.6 : Örgüsüz geotekstil – Isıl birleşim (Koerner, 1998).

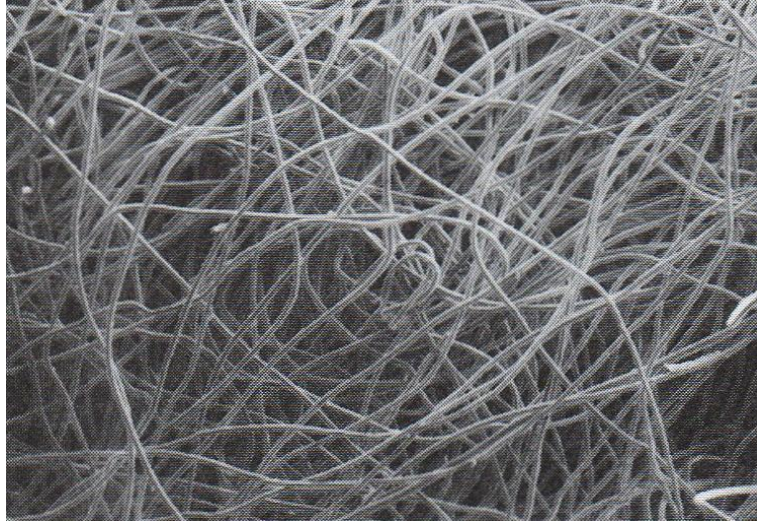
3.3.2.2.2 Mekanik birleşim

Değişik boylardaki polimer iplikler bu yöntemle birleştirilebilir. Polimer ipliklerin iğneleme yoluyla birbirine rastgele bağlanması sonucu karmaşık bir iplik yapısı oluşur. Bu yöntem iğneleme yöntemi olarak da adlandırılır.

Bu yöntemle üretilen geotekstiller keçe görünümünde ve göreceli olarak kalın malzemelerdir. Bu kalınlık nedeniyle ısı birleşime göre daha düzenli boşluk boyutuna sahiptir. Isıl birleşimle üretilen geotekstillere göre delinme dayanımı daha düşüktür (Charles ve Walker, 1991).



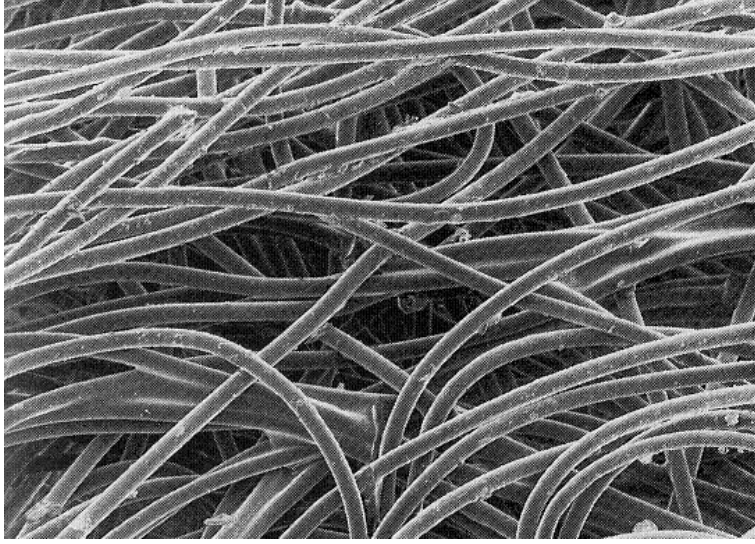
Şekil 3.7 : Örgüsüz geotekstil – Mekanik birleşim (Ingold ve Miller, 1988).



Şekil 3.8 : Örgüsüz geotekstil – Mekanik birleşim (Koerner, 1998).

3.3.2.2.3 Kimyasal birleşim

Mekanik yöntemle üretilen geotekstillerin bağ yapısının güçlendirilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Mekanik yöntemle üretilen geotekstilin polimer ipliklerine, spreyci veya emilim yöntemiyle yapıştırıcı madde enjekte edilir. Böylece ipliklerin daha güçlü bir şekilde birbirine yapışması sağlanır (Charles ve Walker, 1991).



Şekil 3.9 : Örgüsüz geotekstil – Kimyasal birleşim (Ingold ve Miller, 1988).

3.3.3 Uygulamada karşılaşılan çevresel etkilere göre geotekstiller

Geotekstiller uygulama koşullarına karşı dayanıklılıklarına göre sınıflandırılabilir. Bunlardan ilki zorlu ve sert koşullara sahip uygulamalarda kullanılan geotekstillerdir. Bu grup 1. sınıf geotekstiller olarak nitelendirilebilir. 2. sınıf geotekstiller ise olağan zeminlerde ve arazi hakkında yeterli bilginin olmadığı uygulamalarda kullanılan geotekstil sınıfıdır. Yumuşak ve geotekstile fazla zarar vermeyecek koşullara sahip arazilerde kullanılan geotekstiller 3. sınıf geotekstiller olarak nitelendirilebilir.

3.4 Geotekstillerin Genel Özellikleri

Geotekstillerin malzeme özellikleri fiziksel, mekanik, hidrolik ve dayanıklılık özellikleri olarak dört grup olarak sıralanabilir.

3.4.1 Fiziksel özellikler

Geotekstillerin en belirgin fiziksel özellikleri özgül ağırlık, birim alan ağırlığı, kalınlık ve sıklıktır.

3.4.1.1 Özgül ağırlık

Herhangi bir geotekstil türünün özgül ağırlığı gerçekte söz konusu geotekstilin imal edildiği polimerik hammaddenin özgül ağırlığıdır. Geotekstilin ağırlığının, boşluksuz hacmine oranlanmasıyla hesaplanır. Hacmin doğru ve boşluksuz hesaplanması için malzemenin su içinde kapladığı hacim bulunur (Koerner, 1998).

Geotekstil hammaddesi olarak kullanılan bazı polimerik malzemelerin özgül ağırlıkları şu şekildedir;

Çizelge 3.2 : Polimerlerin özgül ağırlıkları (Van Santvoort, 1994).

Polimer	Özgül Ağırlık
Çeşidi	(g/cm ³)
PP	0,90 - 0,91
PET	1,38
PA	1,14
PE	0,92 - 0,96

3.4.1.2 Birim alan ağırlığı

Birim alan ağırlığı, geotekstillerin kalitesinin ve kullanılacağı projede ihtiyaç duyulan türün belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Genelde 100 cm²'den daha büyük bir numunenin, herhangi bir çekme kuvvetine maruz kalmaksızın net yüzey alanı belirlenir. Numunenin net ağırlığı belirlendikten sonra ölçülen alana bölünmesi sonucu numunenin birim alan ağırlığı g/cm² cinsinden belirlenir.

Genelde örgüsüz geotekstillerin birim alan ağırlığı 100 ile 1000 g/cm² arasındadır. Ancak 100 ile 300 g/cm² arasındaki örgüsüz geotekstiller daha çok kullanılanlarıdır.

Örgülü geotekstiller 100 ile 2000 g/cm² arasında değişen birim alan ağırlıklarıyla, örgüsüz geotekstillere göre genelde daha ağır malzemelerdir. En çok kullanılan örgülü geotekstiller, birim ağırlıkları 100 ile 200 g/cm² arasında olanlarıdır.

Birim alan ağırlığı düşük olan geotekstiller genelde ayırma amaçlı olarak kullanılır. Yüksek birim alan ağırlığına sahip örgülü geotekstiller güçlendirme, yüksek birim alan ağırlığına sahip örgüsüz geotekstiller ise filtrasyon ve koruma uygulamalarında kullanılır (Van Santvoort, 1994).

3.4.1.3 Kalınlık

Geotekstillin kalınlığı, en üst yüzeyi ile en alt yüzeyi arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Geotekstillerin kalınlığı uygulanan yükler altında büyük değişimler

gösterir. Bu yüzden kalınlık ölçümü daha çok geomembranlarda kullanılmakla birlikte bazı geotekstillerde de kullanılabilir. Malzeme kalitesinin belirlenmesi açısından önemli bir parametredir. ASTM standartlarına göre geotekstillerin kalınlığı 2,0 kPa'lık bir basınç yükü altında ölçülür. Geotekstillerin kalınlığı genelde 0,2 ile 10,0 mm arasında değişmektedir (Shukla ve Yin, 2006).

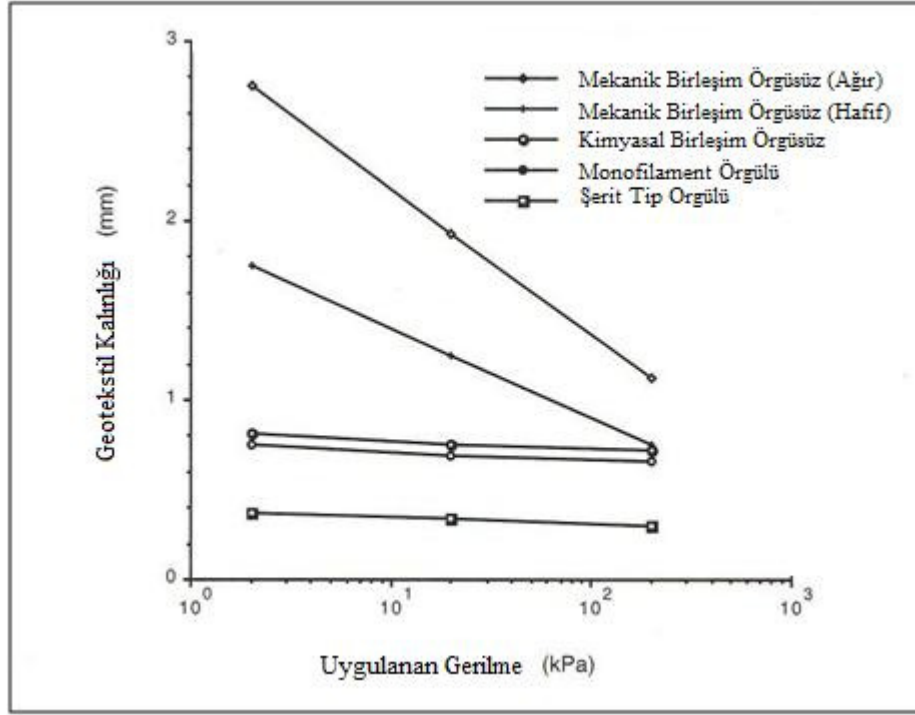
3.4.1.4 Sıklık

Bir geotekstilin sıklığı, malzemenin kendi ağırlığı altında eğilmeye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Belli bir düşey eğilme sınırının altında kalmak şartıyla, konsol kiriş benzeri bir şekil oluşturma kapasitesinin belirlenmesiyle ölçülebilir. En çok kullanılan sıklık belirleme testi “Single Cantilever Test” olarak bilinir. Söz konusu testte, numune bir platform üzerine yerleştirilir ve üzerine bir ağırlık konur. Daha sonra uzun doğrultuya paralel olarak platform dışına doğru kaydırılmaya başlanır. Platform dışına taşan kısmın düşeydeki hareketi takip edilir. Numunenin eğilmesi sonucu, yatayla arasında oluşan açı 41.5 dereceye ulaştığında platformdan sarkan kısmın uzunluğu ölçülür. Bu mesafenin yarısı eğilme uzunluğudur. Belirlenen bu değer küpü, numunenin birim alan ağırlığıyla çarpılarak malzemenin sıklığı belirlenir. Yumuşak zeminlerde kullanılan geotekstillerin yüksek sıklığa sahip olması tercih edilir (Shukla ve Yin, 2006).

3.4.2 Mekanik özellikler

3.4.2.1 Sıkışabilirlik

Bir geotekstilin sıkışabilirliği, değişen normal yükler altında malzemenin kalınlığındaki değişim olarak tanımlanır. Geotekstillerin sıkışabilirliğinin ölçümü için bazı test metotları kullanılır. Bu metotlardan biri ASTM tarafından kullanılan testtir. Söz konusu testte numune iki plaka arasına yerleştirilir ve plaka çift taraflı sıkıştırılarak numune üzerine normal kuvvet uygulanır. Numune üzerine uygulanan gerilme kPa cinsinden ve numunede meydana gelen deformasyon da mm cinsinden kaydedilir. Geotekstillerin sıkışabilirliği genelde düşük sayılabilecek seviyelerdedir. Ancak, mekanik birleşimli örgüsüz geotekstillerin sıkışabilirliği diğer geotekstillere göre gözle görülür seviyede daha yüksektir (Koerner, 1998).



Şekil 3.10 : Değişik geotekstillerin sıkışabilirliği – (Koerner, 1998).

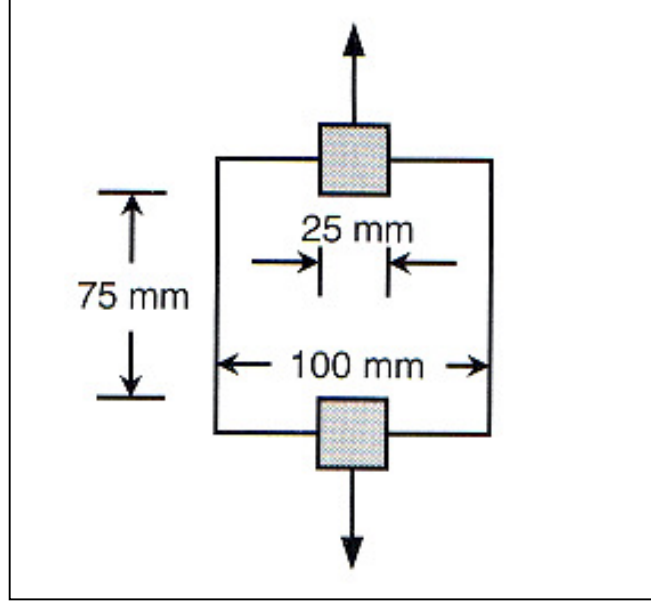
3.4.2.2 Çekme mukavemeti

Geotekstillerin en önemli malzeme özelliği çekme dayanımlarıdır. Çekme dayanımı, herhangi bir uygulamada, kullanılan malzemeye etkiyen dış yükler altında, malzemenin bu yüklerden kaynaklanan deformasyonlara gösterdiği maksimum dirençtir. İstisnasız olarak tüm geotekstil uygulamalarında bu özellik göz önünde bulundurulur. Özellikle zeminlerdeki güçlendirme uygulamalarında, zemine gelen çekme gerilmeleri geotekstillere taşındığı için geotekstillerin çekme dayanımının doğru şekilde tespit edilmesi önemlidir. ASTM'de çekme dayanımının belirlenmesi için değişik test yöntemleri vardır.

3.4.2.2.1 Basit çekme testi

Geotekstil endüstrisinde kullanılan temel çekme testidir. En yüksek çekme dayanımının elde edildiği testtir. Malzemelerin karşılaştırılmasında fikir edinmek açısından kabul edilebilir bir testtir. Ancak elde edilen sonuçlar dizayn ve uygulamada karşılaşılan şartlar altında yanıltıcı olabilir. Bu yüzden bu test sonucu elde edilen değerler dizaynda dikkate alınmaz. Bu test son derece ekonomik, uygulanması kolaydır. Malzeme kalitesinin belirlenmesi açısından kullanılabilir (Propex, 2009).

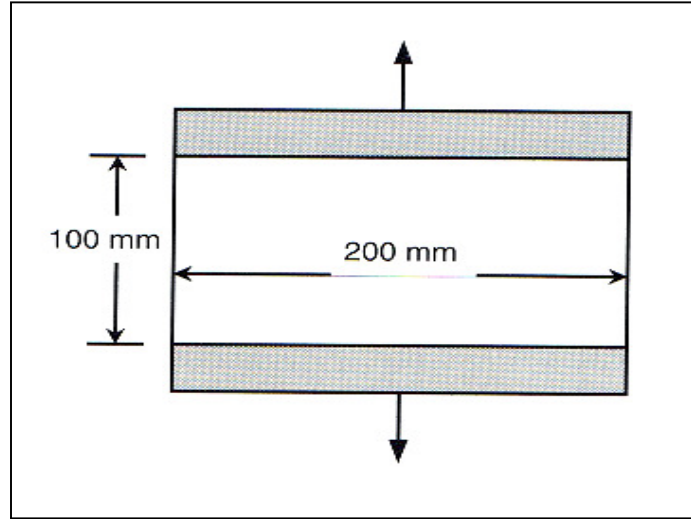
Tek eksenli bir çekme testidir. Numune karşılıklı iki mengene arasına sıkıştırılır. Bu testte numune genişliği mengenalere göre daha fazladır. Numunedeki uzama homojen değildir. Mengenalere sıkıştırılmış kısımda daha büyük uzama meydana gelir (Van Santvoort, 1994).



Şekil 3.11 : Basit çekme testi (Koerner, 1998).

3.4.2.2.2 Geniş numune çekme testi

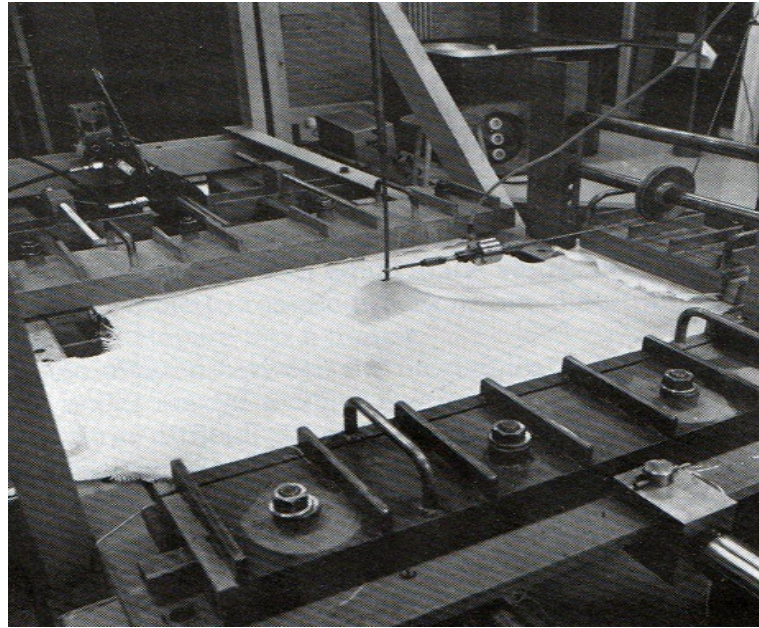
ASTM’de kullanılan diğer bir test yöntemidir. basit çekme testine göre uygulanması daha pahalı olan bir testtir. Bu testte nispeten daha geniş eni olan numuneler kullanılır. Numune kenarının tamamı mengenalere sıkıştırılarak test gerçekleştirilir. Numunede daha homojen ve daha sınırlı deformasyonlar meydana gelir. Örgülü geotekstillerin çekme dayanımının belirlenmesinde, basit çekme dayanımı testine göre daha doğru sonuçlara ulaşılır. Örgülü geotekstiller için elde edilen dayanım değerleri dizaynda kullanılabilir. Ancak bu yöntemle, örgüsüz geotekstiller için dizayn açısından çok doğru sonuçlar elde etmek mümkün değildir (Propex, 2009).



Şekil 3.12 : Geniş numune çekme testi (Koerner, 1998).

3.4.2.2.3 İki eksenli çekme testi

Geotekstiller, kullanıldıkları uygulamalarda genel olarak iki eksenli yüklere maruz kalırlar. Bu nedenle, tek eksenli çekme testleri kullanılarak elde edilen dayanım değerleri özellikle de örgüsüz geotekstiller için çok uygun sonuçlar vermemektedir. Bu deneyde her biri karşılıklı dört adet mengene kullanılır. numune dört tarafından mengenelere bağlanır. Daha sonra numunenin merkezi sabit kalacak şekilde, karşılıklı mengeneler aynı hızlarda hareket ettirilerek numuneye çekme kuvveti uygulanır (Van Santvoort, 1994).



Şekil 3.13 : İki eksenli çekme testi (Koerner, 1998).

3.4.2.3 Sınırlandırılmış çekme mukavemeti

Şu ana kadar bahsedilen çekme testlerinin tamamında, numunenin çekme dayanımı, herhangi bir yanal etki söz konusu olmaksızın yapılmaktadır. Oysa gerçek uygulamada geotekstillerin maruz kaldığı durumlar çok farklıdır. Bu testte, önceki testlerde olduğu gibi numune iki adet mengene arasına yerleştirilir. Ancak farklı olarak, numunenin en alt ve en üstüne ince membran tabakaları yerleştirilir ve bu tabakalarla numune arasına zemin tabakası yerleştirilir ve çekme testi uygulanır. Böylece, geotekstillerin zemin içindeki davranışlarına daha yakın sonuçlar elde edilir (Koerner, 1998).

3.4.2.4 Yırtılma Mukavemeti

Geotekstilleri oluşturan ipliklerde veya birleşim yerlerinde, dış kuvvetlerin de etkisiyle kopmalar meydana gelir. İpliklerdeki bu kopmalar, malzeme yapısında yırtılmaya neden olur. Geotekstil yapısındaki bu yırtıklar tek veya iki doğrultuda oluşabilir. Yırtılma, örgüsüz geotekstillerde genelde tek doğrultuda oluşurken, örgülü geotekstillerde her iki doğrultuda da ortaya çıkabilir. Yırtılma, uygulanan kuvvet doğrultusu dışında herhangi bir doğrultuda ortaya çıkabilir. Yırtılma, ipliklerde veya birleşim yerlerindeki kopmalar sonucu ortaya çıktığı için malzemenin çekme mukavemeti ile doğrudan ilgilidir. Bu mukavemetin ölçülmesi için ASTM Standartlarında değişik test yöntemleri mevcuttur (Van Santvoort, 1994).

3.4.2.5 Darbe Mukavemeti

Uygulama sırasında ortaya çıkan ani yükler sonucu malzemede delinme problemi ortaya çıkabilir. Genelde geotekstil tabakası üzerine agrega veya uygulamada kullanılan değişik malzemeler düşmesi sonucu oluşur. Darbe mukavemetinin ölçülmesinde çoğunlukla Koni Düşüş Testi kullanılır. Bu testte numune, altı boş olacak şekilde, karşılıklı mengeneler arasına sıkıştırılır. Daha sonra numune üzerine, 500 mm yükseklikten, standart özellikleri olan bir koni bırakılır. Koninin düşüşü sonucu numune üzerinde açılan deliğin çapı ölçülür. Bu değer malzemenin darbe mukavemet değeri olarak kullanılır. Delik çapı ne kadar küçükse, malzemenin darbe dayanımı o kadar yüksektir.

3.4.2.6 Delinme Mukavemeti

Geotekstil uygulamaları sırasında, geotekstilin darbe mukavemeti yanında zemindeki keskin taş, ağaç kökü gibi malzemelerin neden olduğu delinmeye karşı mukavemeti de dikkate alınmalıdır.

Delinme dayanımı için genelde klasik CBR test düzeneği kullanılır. Düzenekte 150 mm yarıçapında halka içine yerleştirilen geotekstil numunesine 50 mm yarıçapında çelik çubukla kuvvet uygulanır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, geotekstilin halka içine yerleştirilirken, geotekstilde herhangi bir gerilme oluşmamasıdır. Çelik çubuğun dakikada 50 mm hareket edeceği şekilde geotekstile kuvvet uygulanır.

Geotekstilde yırtılma meydana geldiği durumdaki gerilme değeri bulunur.

$$T_f = F_p / 2\pi r \quad (3.1)$$

T : geotekstilin birim genişliği için çekme kuvveti (kN/m),

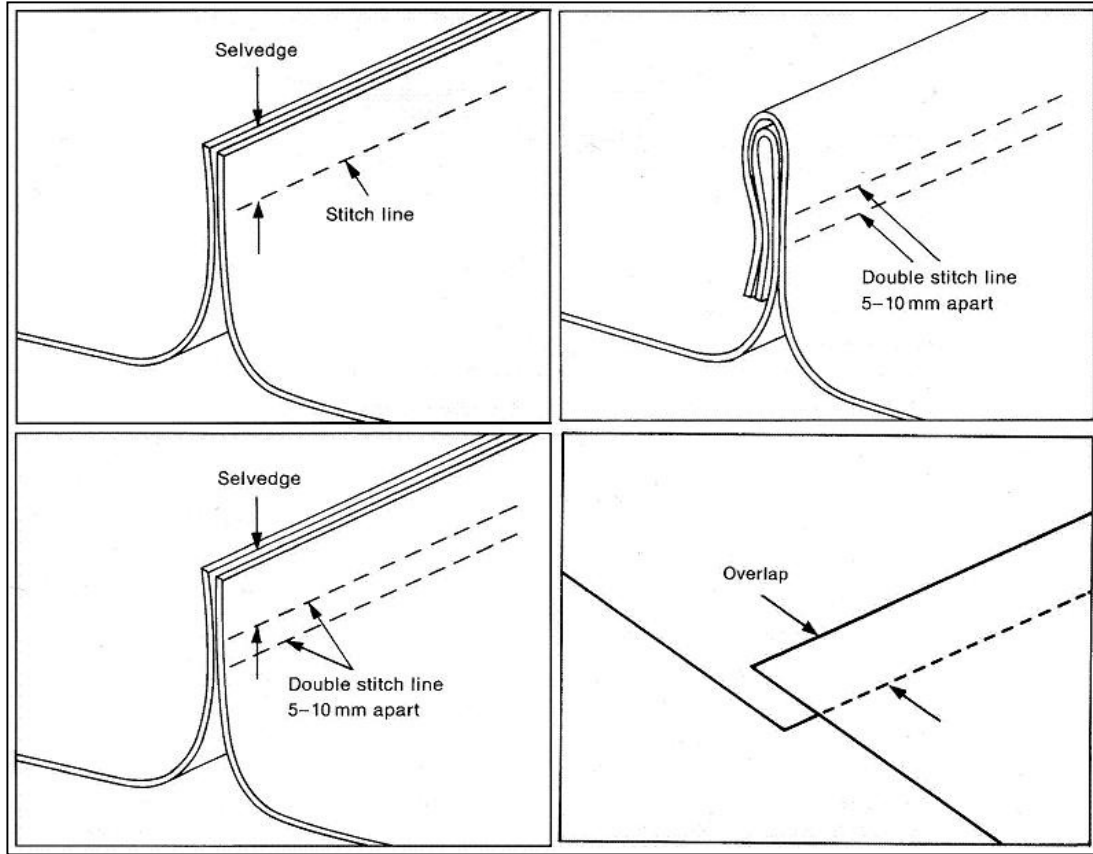
F_p : delinme kuvveti (kN), ve

r : geotekstili delen ucun yarı çapı

3.4.2.7 Dikiş yeri mukavemeti

Geotekstil uygulamalarında, çekme kuvvetinin sürekli bir şekilde aktarılması için geotekstil tabakalarının başlangıç bitiş ve kenar kısımlarının birbirine birleştirilmesi gerekir. Bu uygulamalarda en çok kullanılan yöntem ek yerlerinin dikilmesi yöntemidir. Bu birleşimde değişik dikiş yöntemleri kullanılmakla beraber, asıl önemli olan konu dikiş yönteminden çok dikiş yerlerinin yük aktarım kapasitesidir.

Dikiş yeri mukavemetinin belirlenmesinde geniş numune çekme testi kullanılır. Ek yerinde 5 cm'lik bir bindirme yapılarak ek yeri iki tarafından dikilir. Daha sonra tekrardan çekme testi uygulanır. Ölçülen çekme mukavemeti, geotekstilin ek yeri olmaksızın ölçülen çekme mukavemeti ile karşılaştırılır. Mukavemeti düşük olan geotekstillerde, dikiş yeri mukavemeti malzeme mukavemetinin %100'üne yaklaşırken, yüksek mukavemetli geotekstillerde çok daha aşağılara düşebilir (Koerner, 1998).



Şekil 3.14 : Dikiş metotları (Shukla, 2002).

Çizelge 3.3 : AASHTO M288'e göre geotekstillerin gerekli mukavemet değerleri.

ÖZELLİK	ASTM TEST YÖNTEMİ	BRM.	GEOTEKSTİL SINIFI					
			SINIF 1		SINIF 2		SINIF 3	
			UZAMA < %50	UZAMA ≥ %50	UZAMA < %50	UZAMA ≥ %50	UZAMA < %50	UZAMA ≥ %50
BASİT ÇEKME	D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
DİKİŞ YERİ	D4632	N	1260	810	990	630	720	450
YIRTILMA	D4533	N	500	350	400	250	300	180

3.4.3 Hidrolik Özellikler

Geosentetiklerin önemli kullanım alanları arasında drenaj ve filtrasyon uygulamaları bulunduğundan dolayı, geotekstillerin hidrolik özellikleri son derece önemlidir. Geotekstillerin hidrolik özellikleri, çok uzun bir geçmişi olmayan yeni yöntem ve

araçlarla belirlenir. Bu özelliklerin en önemlileri porozite, permitivite ve transmisivite olarak sıralanabilir (Shukla ve Yin, 2006).

3.4.3.1 Porozite

Porozite, geotekstilin boşluk hacminin toplam hacmine oranıdır. Geotekstilin geçirgenliğinin de bir ölçüsü olarak nitelenebilir. Porozite değeri;

$$\eta = 1 - \frac{m}{\rho t} \quad (3.2)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada;

η : Porozite

m : birim alan ağırlığı (g/m^2)

ρ : geotekstil yoğunluğu (g/m^3)

t : geotekstil kalınlığı (m) 'dır (Tunç, 2002).

Formülden anlaşılacağı gibi yoğunluk ve birim alan ağırlığı bilinen bir geotekstilin porozitesi, doğrudan kalınlığı ile ilgilidir.

3.4.3.2 Boşluk boyutu

Boşluk boyutunun belirlenmesinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlarda biri kuru eleme yöntemidir. Bu yöntemde, çapları bilinen cam taneleri, geotekstil tabakasından elenir. Tane boyutu sürekli artırılarak, birbiri ardınca eleme işlemine devam edilir. Geotekstil üzerinde kalan malzemenin oranı toplam malzemenin %5'i olduğu durumda, geotekstil tabakasından geçen en büyük boyutlu tanenin çapı geotekstil tabakasının boşluk boyutunu belirtir. Bulunan değer aynı zamanda geotekstilin görünür gözenek boyutudur.

Boşluk boyutunun belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise ıslak eleme yöntemidir. Bu yöntemde, düzgün dane çapı dağılımına sahip kum, su yardımıyla geotekstil tabakasından elenir. Kuru eleme yöntemindeki yol takip edilir. Geotekstil üzerinde kalan malzeme miktarı %15 olduğunda, tabakadan geçen en büyük malzemenin tane çapı, geotekstilin boşluk boyutu olarak belirlenir. Bu yöntemle bulunan değer ise etkili gözenek boyutudur (Tunç, 2002).

3.4.3.3 Boşluk alanı yüzdesi

Boşluk alanı yüzdesi (Percent Opening Area – POA), bir geotekstil tabakası üzerindeki boşlukların toplam alanının, geotekstil tabakasının toplam alanına yüzde olarak oranıdır. Örgülü geotekstiller için bir dizayn parametresi olarak kullanılabilir. Bunun nedeni örgülü geotekstillerde, yapıları gereği bitişik iplikler arasında belli miktarda boşluk bulunmasıdır. Bu oran genelde %6 ile %12 rasındadır. Daha büyük bir POA değeri, geotekstil tabakası üzerinde, birim alanda daha büyük miktarda boşluk bulunduğu anlamına gelir. Özellikle filtrasyon uygulamalarında, geotekstil tabakası üzerindeki gözeneklerin tıkanmasını önlemek ve kullanım ömrünü uzatmak için daha büyük POA değerine sahip malzeme kullanımı tercih edilebilir (Shukla ve Yin, 2006). Bununla beraber daha büyük POA değeri, daha düşük filtrasyon anlamına gelmektedir.

3.4.3.4 Permittivite

Geotekstillerin sıkça kullanıldığı uygulamalardan olan filtrasyon uygulamalarında, kullanılan geotekstilin geçirimlilik özellikleri son derece önemlidir. Geotekstil tabakasının, kendi düzlemine dik doğrultudaki geçirimliliğine permittivite adı verilir. Permittivite, bir geotekstilin kendi düzlemine dik bir akış durumundaki geçirimlilik katsayısının geotekstil tabakası kalınlığına oranı olarak da tanımlanabilir (Koerner, 1998).

$$\psi = \frac{k_n}{t} \quad (3.3)$$

3.4.3.5 Transmisivite

Geotekstillerin diğer bir önemli hidrolik özelliği transmisivitedir. Transmisivite bir geotekstil tabakasının, kendi düzlemi boyunca geçirimliliğini ifade eder. Birim genişlikten, birim hidrolik eğim altında, birim zamanda geçen su miktarı olarak da tanımlanabilir. Geotekstilin kendi düzlemi boyunca geçirimlilik katsayısının, tabaka kalınlığı ile çarpılması sonucu elde edilir (Tunç, 2002).

$$\theta = k_p t \quad (3.4)$$

Çizelge 3.4 : Geotekstil transmisivite geçirimlilik katsayıları (Koerner, 1998).

	Transmisivite	Geçirimlilik Katsayısı
Geotekstil Türü	m ² /s	m/s
Örgüsüz, Isıl Birleşim	3.0×10^{-9}	6×10^{-6}
Örgüsüz, Mekanik Birleşim	2.0×10^{-6}	4×10^{-4}
Örgülü, Şerit Tip	1.2×10^{-8}	2×10^{-5}
Örgülü, Monofilament	3.0×10^{-8}	4×10^{-5}

3.4.4 Dayanıklılık özellikleri

Geotekstillerin şimdiye kadar bahsedilen özellikleri genelde kısa süreli malzeme davranışları ile ilgili özelliklerdir. Oysa geotekstillere, kullanıldıkları ortam ve bu ortamla etkileşimlerine bağlı olarak, kullanım ömürleri boyunca çok değişik etkilere maruz kalabilirler. Bu nedenle dayanıklılık özellikleri, geotekstillerin uzun süreli kullanımdaki davranışları hakkında fikir sahibi olabilmek açısından son derece önemlidir.

3.4.4.1 Montaj hasarları

Geotekstil kullanımında ortaya çıkan sorunlardan biri uygulama sırasındaki hatalı montajdan dolayı kaynaklanan hasarlardır. Kullanılan malzeme uygulama sırasında çeşitli gerilme ve yüklere maruz kalır. Eğer uygulama bilinçsiz bir şekilde yapılırsa, malzemeye tasarım aşamasında kullanılan dizayn yüklerinde daha büyük yükler etkiyebilir. Bu yükler de malzeme yapısında kalıcı hasarlara yol açarak uygulamadan istenilen sonucun alınamamasına sebep olur ve uzun vadede yapı ömrünü olumsuz etkiler.

3.4.4.2 Sünme dayanımı

Sünme, belli sabit yükler altında zamana bağlı olarak geotekstillerde meydana gelen uzama olarak tanımlanabilir. Malzeme üretiminde kullanılan polimer çeşidi ve ısı sünme dayanımını etkileyen önemli faktörlerdir. Sünme dayanımının belirlenmesi için daha önce açıklanan ve çekme dayanımının belirlenmesinde kullanılan geniş

numune çekme testi kullanılır. Yalnız çekme dayanımının belirlenmesindeki uygulamadan farklı olarak, malzemenin çekme dayanımının genellikle %20, %40, %60'ı numuneye uygulanır. Bu yükleme defalarca tekrarlanır ve 1.000 defadan az olmamak kaydıyla 10.000 defaya kadar belli zaman aralıklarında malzemedeki uzama değerleri ölçülür (Koerner, 1998).

3.4.4.3 Aşınma dayanımı

Bir geosentetiğin aşınması, herhangi bir yüzeyle sürtünmesi sonucu yüzeyinden herhangi bir kısmının veya parçasının ayrılması ve tabakasının incilmesi olarak tanımlanabilir. Çeşitli testlerle ölçülmekle birlikte, test ortamının, geotekstilin kullanılacağı ortam şartlarına yakın olması uygulamada sağlıklı sonuç elde etmek açısından son derece önemlidir. Yapılan testlerde, genelde sürtünme sonucu geotekstil numunesinde meydana gelen ağırlık veya mukavemetteki azalma, yüzde cinsinden belirlenir (Shukla, 2002).

3.5 Geotekstillerin Kullanım Amaçları

3.5.1 Güçlendirme

Zayıf zeminler üzerine yapı inşa etme ihtiyacının ortaya çıkmasıyla birlikte zemin güçlendirmede yeni yöntemler araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucu elde edilen güvenli yöntemlerle zayıf zeminlerin güçlendirilmesinde önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Bu gelişmelerin en önemlilerinden biri de zeminlerde geosentetik kullanımıdır. Zemin güçlendirme uygulamalarında geotekstil kullanımı tasarım açısından getirdiği kolaylıklar yanında, birçok probleme de yeni uygulama metotları geliştirilerek etkili çözümler üretilmesine katkı sağlamıştır (Van Santvoort, 1994).

Zeminlerin çekme direncinin olmamasından dolayı ortaya çıkan stabilite sorunlarının çözümünde geotekstillere önemli rol oynamaktadır. Çekme direnci ve kopmadan önceki deformasyon kabiliyetini artırarak, zeminlerin güçlendirilmesine olanak sağlarlar (Yılmaz ve Eskişar, 2007).

3.5.2 Ayırma

Geotekstillerin zemin uygulamalarındaki önemli özelliklerinden biri de ayırma fonksiyonlarıdır. Geotekstil ince ve kaba taneli zemin tabakalarının arasına yerleştirildiğinde, tabakaların ayrılması görevini görür. Böylece üst yapıdan gelen dinamik veya statik yükten dolayı oluşacak malzeme karışımı önlenmiş olur. Geotekstiller, süreklilik, esneklik, deforme olabilme, geçirimsizlik ve yüksek çekme dayanımı özelliklerinden dolayı suyun doğal sirkülasyonuna engel olmadan, değişik geoteknik özelliklere sahip iki zemini birbirinden ayırır (Aksoy, 1993).

Ayırma amaçlı kullanılan geotekstil, bu fonksiyonun yanında uygulamalarda birçok ikincil faydalar da sağlamaktadır. Ayırma fonksiyonunun bir yansıması olarak, drenaj filtrasyon ve güçlendirme uygulamalarını da olumlu yönde etkilemektedir.

Çizelge 3.5 : Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre ayırma amaçlı örgüsüz, polipropilen geotekstilin özellikleri.

DENEYLER	BİRİM	GEOTEKSTİL TÜRÜ			DENEY STANDARTI
		SINIF 1	SINIF 2	SINIF 3	
Kalınlık (2 kPa basınç)	mm	3	2,5	1,8	EN 964
Çekme Dayanımı	kN/m	24 / 30	20/25	12/14	EN ISO 10319
Kopma Uzaması	%	50 - 70	50 - 70	50 - 70	EN ISO 10319
Delinme Dayanımı (CBR Testi)	N	4500	3500	2300	EN ISO 12236
Koni Düşürme Deneyi	mm	7	10	22	EN 918
Eşdeğer Göz Açıklığı	mm	0,08	0,08	0,08	EN ISO 12956
Permeabilite					
V	m/sn	0,04	0,05	0,08	EN ISO 11058
q	lt / m2s	40	50	80	

3.5.3 Drenaj

Su, şüphesiz karayolu yapımında karşılaşılan en büyük problemlerden biridir. Kontrol altına alınmaması durumunda yapıda büyük problemler oluşturabilir. Yapılarda drenajın amacı, zemindeki su akışını ve neden olduğu hidrostatik basıncın etkilerini kontrol altına almaktır. Drenaj karayolu yapımındaki geosentetik uygulamalarında ayrı bir konu olarak görünse de yapıları birçok yönden doğrudan etkiler. Yapılacak drenaj yapıları ile;

- Zeminin taşıma gücünü artırmak
- Zeminin sıkışabilirliğini azaltmak
- İstinat duvarlarında oluşan yatay basıncı azaltmak
- Şevlerin stabilitesini artırmak
- Zeminin erozyonunu önlemek
- Zeminin kayma mukavemetini artırmak
- Sıvılaşma potansiyelini azaltmak

gibi faydalar sağlamak mümkündür (Tunç, 2002).

Geotekstiller, zemine oranla çok daha yüksek geçirgenliğe sahiptirler. Özellikle gözenekli olduklarında ve yeterli eğim sağlandığında, kendi düzlemlerinde suyu iletebilirler. Bu özellikleri nedeniyle su tahliyesinin gerekli olduğu birçok mühendislik uygulamasında kullanımı büyük avantajlar sağlamaktadır (Öztekin, 1992).

Filtre malzemesi olarak kırmataş kullanılması durumunda, kırmataşın köşeli yapıda olması nedeniyle kenetlenmenin fazla olması, permeabilitenin düşmesi ve köşeli kırmataş malzemenin geotekstile zarar vermesi gibi olumsuzluklar ortaya çıkabilir. Özellikle yüksek plastisiteli kil olan bölgelerde kırmataş drenaj sistemlerin tıkanmasına karşı geotekstilin kullanılması halinde geotekstilin yırtılıp hasar görmemesi için geotekstil malzemesi üzerine 20-30 cm kalınlığında dere malzemesi serilmeli veya dayanımı yüksek olan geotekstil kullanılmalıdır.

Çizelge 3.6 : Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre drenaj amaçlı örgüsüz, polipropilen geotekstilin özellikleri.

DENEYLER	BİRİM	GEOTEKSTİL TÜRÜ	
		SINIF 1	SINIF 2
Kalınlık (2 kPa basınç)	mm	2,5	1,5
Çekme Dayanımı	kN/m	20 / 25	10/11
Kopma Uzaması	%	50 - 70	50 - 70
Delinme Dayanımı (CBR Testi)	N	3500	1700
Koni Düşürme Deneyi	mm	10	25
Eşdeğer Göz Açıklığı	mm	0,08	0,1
Permeabilite			
V	m/sn	0,05	0,09
q	lt / m ² s	50	90

3.5.4 Filtrasyon

Bir zemin uygulamasında, akış geotekstil düzlemine dik doğrultuda gerçekleşiyorsa, geotekstil filtrasyon görevi görüyor demektir. Bu uygulamalarda geotekstil bir filtre gibi davranarak, suyun geçişine izin verir. Buna karşın belirlenmiş en küçük dane çaplı zemini tutar ve sürüklenmesine izin vermez. Filtrasyon uygulamasında kullanılacak geotekstilin, uygun maksimum gözenek açıklığına, yeterli su geçirgenliğine, uygun sıkışma oranına ve yüksek poroziteye sahip olması istenir. Geotekstilin yerleştirilmesinden sonra, zemin içindeki su ile birlikte bir miktar ince daneli zemin de taşınır. İlk etapta taşınan bu malzemenin geotekstilden geçmesi gerekmektedir. Böylece geotekstilin temas ettiği yüzeyde ince daneli malzemenin bulunmadığı bir tabaka oluşur. Bu doğal olarak elenmiş filtre tabakası işlevi görerek küçük parçacıkların geotekstile doğru hareketini önler. Eğer bu ince daneler geotekstil bünyesinde tutulursa, az geçirimli bir tabaka oluşur ve suyun akışı

engellenir. Su akışına engel olmamak ve boşluk suyu basıncının oluşumunu önlemek için geotekstilin geçirgenliği en az zemin geçirgenliği kadar olmalıdır (Yılmaz ve Eskişar, 2007).

3.6 Genel Kullanım Amaçlarına Göre Geotekstil Uygulamaları

Geotekstiller, karayolu yapımında çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu uygulamalar ayırma, güçlendirme, filtrasyon ve drenaj başlıkları altında şu şekilde sıralanabilir;

Güçlendirme;

- Kaplamasız yollarda yumuşak zeminlerin üzerinde
- Havaalanı pistlerinde yumuşak zeminlerin üzerinde
- Demiryollarında yumuşak zeminlerin üzerinde
- Dolgularda yumuşak zeminlerin üzerinde
- Homojen olmayan zeminlerin üzerinde
- Geosentetik donatılı duvar inşasında
- Dolguların güçlendirilmesinde
- Dik şevlerin inşasında
- Esnek kaplamalarda birleşim yerlerinin güçlendirilmesinde
- Kazıklı temeller arasında ana donatı olarak
- Geosentetik donatılı duvarlarda yüzey panellerinin ankrajında
- Küçük istinat duvarlarında beton blokların ankrajında
- Kaplamasız dolgu sahalarının stabilizasyonunda

Ayırma;

- Kaplamasız yollarda ve havaalanı pistlerinde temel tabakaları arasında
- Kaplamalı yollarda ve havaalanı pistlerinde temel tabakaları arasında
- Demiryollarında alt temel ve balast tabakaları arasında
- Yol dolgularında temel ve dolgu tabakası arasında
- İstinat duvarlarında temel ve zemin arasında

- Kaldırım kaplamaları altında
- Kötü derecelenmiş filtre örtülerinin drenaj tabakaları altında
- Eski ve yeni asfalt tabakaları arasında
- Prefabrik panel kaplamaları altında

Filtrasyon;

- Granüler zemin filtrelerinde
- Kaplamasız yollar ve havaalanı pistlerinde kırma taş temel altında
- Kaplamalı yollar ve havaalanı pistlerinde kırma taş temel altında
- Demiryollarında balast tabakasının altında
- Kırmataş dolgulu drenaj boruları çevresinde
- Kırmataştan oluşturulmuş drenaj tabakaları çevresinde
- Delikli zemin altı drenaj borularının çevresinde
- Hidrolik dolguların filtrasyonunda
- Erozyon kontrol sistemlerinde kum, harç ve beton için esnek kalıp olarak
- Bozulan dolguların yeniden inşası sırasında esnek kalıp olarak
- İstinat duvarlarında boşluklar ile arka dolgu arasında
- Geokompozitlerde zemin geçişinin önlenmesinde
- Prefabrik blokların arkasında

Drenaj;

- İstinat duvarları arkasında
- Demiryolu balast tabakası altında
- Geomembranların altında
- Zemin dolgularında boşluk suyunun dağıtılmasında (Koerner, 1998).

4. KARAYOLU YAPIMINDA GEOTEKSTİL UYGULAMALARI

4.1 Kaplamasız Yollar

Geosentetiklerin ilk olarak kullanıldığı alanların başında yol inşaatları gelmektedir. Kaplamasız yollarda herhangi bir asfalt veya beton kaplama mevcut olmayıp yol, alt zemin tabakası üzerine serilmiş kırmataş veya çakıl dolgu tabakasından ibarettir.

Kaplamasız yollarda geotekstil kullanımının sağladığı avantajlar, yapı performansının ve dayanıklılığının artırılmasının yanında inşa kolaylığı ve ekonomiklik sağlaması olarak sıralanabilir. Kaplamalı yollarda da kaplamasız yollara benzer olarak sağlanan bu avantajlar kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Özellikle yumuşak zeminlerde geotekstil kullanımı sayesinde inşa aşamasında agrega tabakası serilirken büyük miktarda malzeme kayıplarının önüne geçilir. Bu nedenle, ayırma fonksiyonu yumuşak zemin uygulamalarında geotekstillerin sağladığı avantajların başında gelmektedir.
- Zemin ve agrega tabakası arasında geotekstil kullanılması, özellikle homojen olmayan nispeten yumuşak zeminlerde, agrega tabakasının sıkıştırılmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Geotekstillerin ayırma fonksiyonunun bir sonucu olan bu durum agrega tabakasının yol boyunca daha homojen ve mekanik özellikler bakımından daha stabil olarak inşasını sağlar.
- İnce daneli alt zemin ve kalın daneli temel tabakası arasında kullanılan geotekstil tabakası, sürekli trafik yükleri altında ince partiküllerin pompaj etkisiyle, alt zemin tabakasından temel tabakasına geçişini ve temel tabakasının kirlenmesini önler. Bu özellik geotekstilin filtrasyon kapasitesi ve boşluk boyutu ile ilgili bir özelliğidir.
- Geotekstillerin güçlendirme fonksiyonu sayesinde, temel ve alt zemin tabakası arasına yerleştirilmeleri durumunda, yapı performansında önemli gelişme sağlamaktadırlar. Trafik yükü altında, gerilmelerin temel

tabakasından alt zemin tabakasına daha dengeli ve dağıtılarak aktarılması nedeniyle tekerlek izi oluşumunu ve yüzeydeki bozulmaları önlemektedir.

- Geotekstillerin sahip olduğu yüksek transmisivite, özellikle yoğun yağışlar sonucu zemin suyu seviyesi yükseldiğinde, alt temel ve temel tabakalarının temas yüzeylerinde sürekli bir drenaj sağlar. Kaplamasız yollarda yüzeysel drenajın hiçbir etkisi olmadığından dolayı bu özellik yol performansında son derece kritik bir rol oynamaktadır.

Geotekstillerin birincil fonksiyonu güçlendirme olmakla birlikte, bazı durumlarda bu fonksiyonların öncelikleri arasında seçim yapmak son derece zordur. Hatta bazı durumlarda ayırma veya drenaj fonksiyonu güçlendirmeden daha fazla önem taşıyabilmektedir (Shukla, 2002).

Bu durumda önemli olan konu, zemin alt temelindeki deformasyonlardan dolayı geotekstilde gerekli çekme modülü veya dayanımın belirlenmesidir. Bu değerler, uygulama öncesinde yapılan testlerle belirlenmesine rağmen, elde edilen değerler uygulama zorlukları da işin içine girdiği zaman çoğunlukla doğru sonuç vermemektedir. Zemindeki hareketler, geotekstilde deformasyona ve çekme özelliklerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu yüzden zemin alt tabakasının deformasyon özellikleri de son derece önemlidir. Bu özelliklerin belirlenmesi için zemin tabakasının CBR (California Taşıma Oranı) bir parametre olarak kullanılabilir. CBR testi standartlara uygun ve tüm dünyada kullanılan bir testtir. CBR değeri, 50 mm çaplı bir pistonun, belli bir deformasyon altında, kırma taş temel üzerine uyguladığı kuvvete karşı zeminin gösterdiği direncin karşılaştırılmasıdır. Yüzde cinsinden ifade edilir. Test edilecek numune arazi koşullarında su muhtevasına sahip veya 24 saat bekletilmiş doygun zemin olmalıdır. Bu iki durum kuru ve ıslak CBR değerlerini vermektedir. Islak CBR değeri genelde kuru CBR değerine göre daha düşüktür. Ancak aradaki fark zemin türüne göre değişir. Elde edilen CBR değerlerine göre geotekstilin kullanım amacı CBR değerine göre belirlenebilir (Koerner, 1998).

Çizelge 4.1 : Kullanım amacına göre CBR değerleri (Koerner, 1998).

Geotekstil Fonksiyonu	CBR Değeri	
	Islak	Kuru
Ayırma	≥ 8	≥ 3
Stabilizasyon*	8-3	3-1
Güçlendirme ve Ayırma	≤ 3	≤ 1

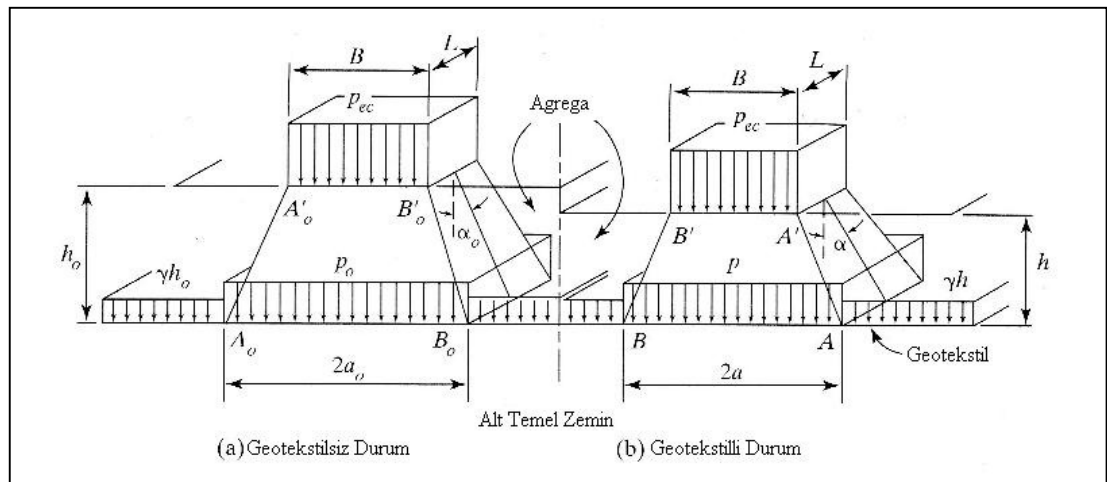
*Sıkça kullanılan fakat nadiren tanımlanan, ayırmayı, bilinmeyen miktarda güçlendirmeyi ve genelde filtrasyonu içeren tanım.

4.1.1 Güçlendirme amaçlı tasarım

4.1.1.1 Analitik yöntem

Şekil 4.1’de gösterilen, Giroud ve Noiray tarafından kullanılan geometrik modelde, $B \times L$ temas yüzeyi olarak kabul edilen alan, p_{ec} bu alana etki eden tekerlek yükü, h_0 kırma taş temel tabakasının geotekstilsiz durumdaki kalınlığı ve h da kırma taş temel tabakasının

geotekstilli durumdaki kalınlığı olarak kabul edilmiştir. Bu geometriye göre, zemin alt tabakasında ortaya çıkan gerilmeler, geotekstilsiz durumda p_0 , geotekstilli durumda ise p olarak belirlenmiştir (Koerner, 1998).



Şekil 4.1 : Agregat tabakalarına göre yük dağılımı (Koerner, 1998).

$$p_0 = \frac{P}{2(B + 2h_0 \tan \alpha_0)(L + 2h_0 \tan \alpha_0)} + \gamma h_0 \quad (4.1)$$

$$p = \frac{P}{2(B + 2h \tan \alpha)(L + 2h \tan \alpha)} + \gamma h \quad (4.2)$$

Burada;

P : aks yükü

γ : agrega birim hacim ağırlığıdır.

Zeminin tam doygun olduğu kabul edilerek, zemin kayma mukavemetinin, zeminin drenajsız kayma mukavemetine eşit olacağı ($\tau = c$) göz önüne alınmıştır. Zemin Mühendisliği'nde kullanılan yüzeysel temel teorisi bu durum için de kullanılabilir. Bu teoriye göre gerilmenin geotekstilsiz durumda zeminin elastik limit taşıma gücüne eşit olması halinde,

$$p_0 = \pi c + \gamma h_0 \quad (4.3)$$

gerilmenin geotekstilli durumda zeminin nihai taşıma gücüne eşit olması halinde,

$$p^* = (\pi + 2)c + \gamma h \quad (4.4)$$

olarak kabul edilir (Tunç, 2002).

Geotekstil kullanılmaması durumunda (4.1) ve (4.3) birbirine eşitlenirse (4.5) elde edilir.

$$c = \frac{P}{2\pi(\sqrt{P/p_c} + 2h_0 \tan \alpha_0)(\sqrt{P/2p_c} + 2h_0 \tan \alpha_0)} \quad (4.5)$$

Burada,

c : zemin kohezyonu

P : aks yükü

p_c : lastik hava basıncı

α_0 : yük dağıtım açısı ($\approx 26^\circ$)

Geotekstil kullanılması durumunda (4.4)'teki p^* , $(p-p_g)$ olarak değiştirilir. Burada p_g , geotekstilde oluşan çekme gerilmesidir. Geotekstilde, çekme gerilmesinden ötürü oluşan deformasyonlar esas alındığından dolayı (4.6) elde edilir (Tunç, 2002).

$$p_g = \frac{E\varepsilon}{a\sqrt{1 + (a/2S)^2}} \quad (4.6)$$

Burada,

E : geotekstilin elastikiyet modülü

ε : deformasyon

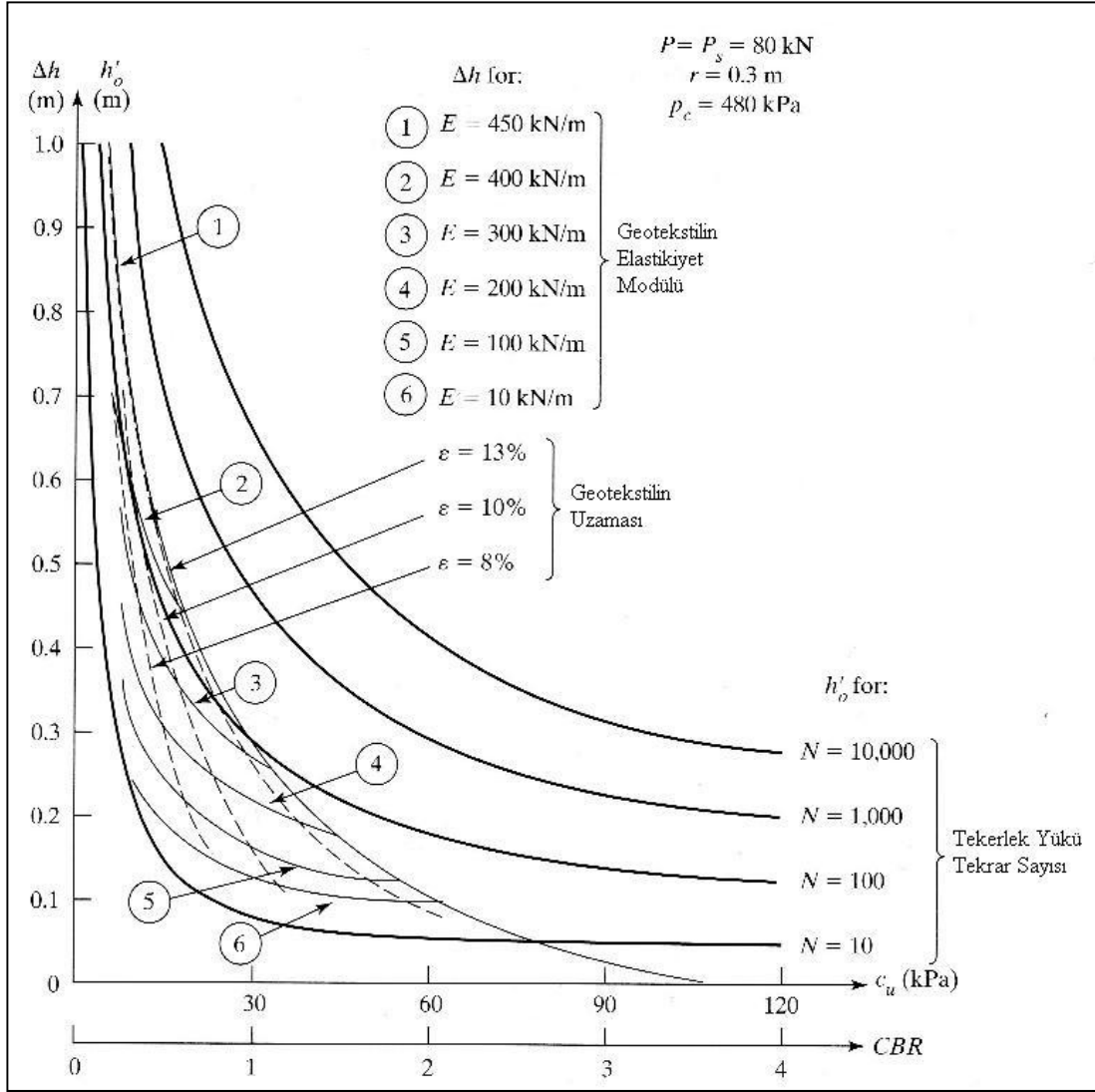
a : geometrik özellik

S : tekerlek izi derinliği.

(4.2), (4.4) ve (4.6) formülleri $p^*=p-p_g$ eşitliğinde yerlerine yerleştirilirse (4.7) elde edilir.

$$(\pi + 2)c = \frac{P}{2(B + 2h \tan \alpha)(L + 2h \tan \alpha)} + \frac{E\varepsilon}{a\sqrt{1 + (a/2S)^2}} \quad (4.7)$$

Bu formülle birlikte, tasarım için gerekli hesaplamalar tamamlanmış olur. Buradan gerekli değerler hesaplanarak, Şekil 4.2'deki abak yardımıyla agrega tabakasının kalınlığındaki azalma bulunabilir.



Şekil 4.2 : Stabilize kaplama kalınlığı tayini (Shukla ve Yin, 2006).

4.1.1.2 Laboratuvar yöntemi

Laboratuvar imkanlarının yeterli olması durumunda, geotekstil tarafından sağlanan güçlendirme oranına ulaşılabilecek şekilde durumun modellenmesi mümkündür. Burada amaç, geotekstil kullanılması durumunda arazideki eşdeğer CBR değerini bulmaktır. Bunun için takip edilecek yol şu şekildedir:

1. Laboratuvarda kullanılan en küçük standart CBR kalıbı alınarak içi arazi koşullarına uygun birim hacim ağırlığı ve su muhtevasına sahip zemin numunesiyle doldurulur.
2. Kırma taş kalıbın üst kısmına yerleştirilir.
3. Taşın üzerine gelen yük pistonu vasıtasıyla, yük-sapma testi yapılır ve değişik aralıklardaki sapma değerleri için veriler kaydedilir.

4. Geotekstilin zemin tabakası ile kırma taş tabakası arasına yerleştirilebileceği şekilde hazırlanmış bir CBR kalıbı kullanılarak test tekrar edilir ve veriler kaydedilir.
5. Her bir sapma artışı için yük oranları hesaplanır. Çizelge 4.2’de, değişik su muhtevalarına sahip geotekstil yerleştirilmiş kaolinit kilinin, yapılan dört değişik test sonucunda, elde edilen güçlendirme oranları görülmektedir. Buradan görüleceği üzere, sapma ve su muhtevası arttıkça güçlendirme oranı da artmaktadır.
6. Bulunan bu güçlendirme oranının, zeminin arazideki CBR değeri için bir çarpan olarak kullanılabileceği kabul edilirse, uygulanan dizayn yöntemiyle, geotekstilli ve geotekstilsiz durumdaki agrega tabakası kalınlığına ulaşılabilir.

Çizelge 4.2 : Modifiye CBR testi güçlendirme oranları (Koerner, 1998).

	Kaolinit Kil Su Muhtevası			
Sapma (mm)	32%	35%	38%	41%
3,3	1,0	1,0	1,2	1,4
6,7	1,0	1,1	1,3	1,7
10	1,0	1,2	1,5	2,0
13	1,1	1,3	1,7	2,2
25	1,3	1,5	2,0	2,4
37	1,5	1,8	2,4	3,0
50	1,8	2,2	3,0	3,4
Rötre Limiti=%18, Plastik Limit=%32, Likit Limit=%41				

4.1.2 Ayırma amaçlı tasarım

Geotekstiller güçlendirilmiş yollarda, öncelikli amacı ayırma fonksiyonu olan bir tasarım yöntemi 1977 yılında ortaya konmuştur. Bu yöntem, tekerlek izinin 75 mm'den daha düşük olduğu ve göreceli olarak daha küçük hareketli yüklere sahip, tabaka kalınlığı düşük olan yol kesimleri açısından daha fazla önem taşımaktadır. Bu yöntem daha çok teorik analizlere, laboratuvar testlerine ve birebir ölçekte arazi testlerine dayanmaktadır. Bu yüzden tasarım aşamasında aşağıdaki sınırlamalara uymak durumundadır:

1. Granüler tabaka kohezyonsuz olmalıdır.
2. Araç geçiş sayısı 10.000'den az olmalıdır.
3. Geotekstilin dayanıklılık koşulları dikkate alınmalıdır.
4. Alt temel tabakasının drenajsız durumdaki kayma mukavemeti 90 kPa'dan küçük olmalıdır. (CBR<3).

Bu yöntemde gerekli agrega tabakası kalınlığı Şekil 4.3'deki tablolar yardımıyla belirlenir. Bu tabloların hazırlanmasındaki asıl amaç, alt temel tabakasına etkileyen gerilme düzeyinin, taşıma kapasitesi faktörü cinsinden ortaya konmasıdır. Yüzeysel temel tasarımına benzer olarak zeminin nihai taşıma kapasitesi (4.8)'den bulunur.

$$q_u = c_u N_c + \gamma D \quad (4.8)$$

Burada,

c_u : drenajsız durumda alt temel zeminin kohezyonu

N_c : taşıma gücü faktörü

γ : birim hacim ağırlığı

D : granüler tabaka derinliğidir.

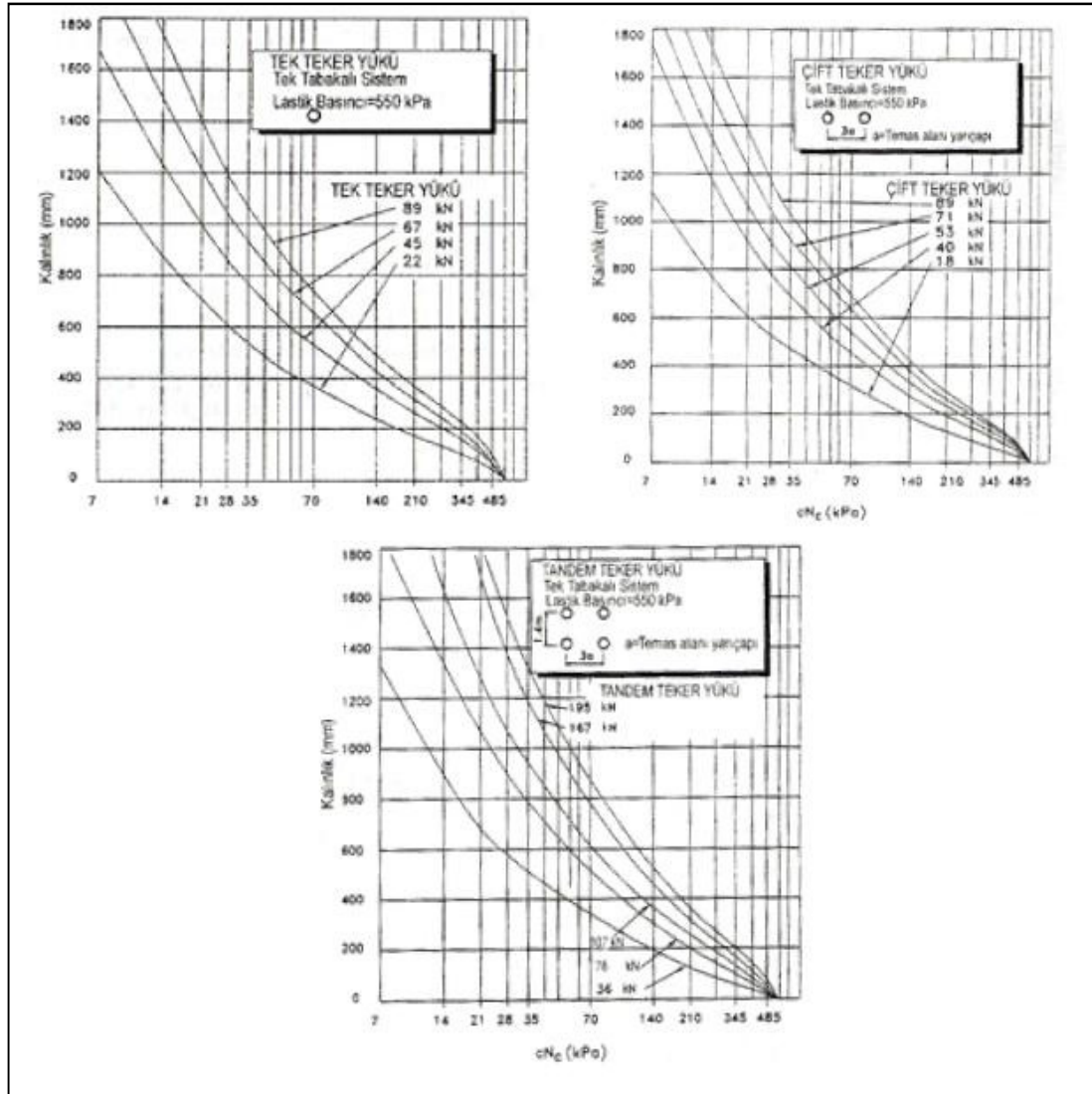
Geotekstil veya geotekstilsiz durumda kullanılacak taşıma gücü faktörü Çizelge 4.3'den belirlenir. Elde edilen veriler yardımıyla, tabaka kalınlıkları Şekil 4.3'deki tablolardan tespit edilir (Shukla ve Yin, 2006).

Ayırma amaçlı tasarım yönteminde, geotekstilin agrega tabakasının kalınlığına etkisini sayısal olarak ifade etmek için şöyle bir örnek verilebilir. Araç geçiş sayısının 6000, aks yükünün 90 kN, lastik basıncının 550 kPa, CBR değerinin 1.0 ve

tekerlek izi derinliğinin 40 mm olduğunda, geotekstil kullanılması durumunda kaplama tabakası kalınlığı 350 mm olarak hesaplanırken, geotekstil kullanılmaması durumunda bu kalınlık 500 mm'ye çıkmaktadır (Shukla ve Yin, 2006).

Çizelge 4.3 : Taşıma gücü faktörünün belirlenmesi (Shukla ve Yin, 2006).

Durum	Oluşması İstenen En büyük Tekerlek İzi Derinliği (mm)	Trafik Yoğunluğu (80 kN aks yükü eşdeğeri)	Taşıma Gücü Faktörü (N_c)
Geotekstilli	<50	>1000	2,8
	>100	<100	3,3
Geotekstilsiz	<50	>1000	5,0
	>100	<100	6,0



Şekil 4.3 : Kaplama kalınlığı abağı (Tunç, 2002).

4.1.3 Uygulamada dikkat edilmesi gereken noktalar

Geotekstil tabakaları genel olarak zemin tabakasının üzerine serilmiş ve yeterli derecede sıkıştırılmış granüler tabaka üzerine yerleştirilir. Burada dikkat edilmesi gereken noktalar şu şekilde sıralanabilir.

Öncelikle zemin üstündeki tabaka ve bitkisel tabaka temizlenmelidir. Zemin pürüzsüz ve temiz bir hale getirilmelidir. Böylece geotekstilin zarar görmesi önlenir. Aynı zamanda dolgu tabakalarının üniform kalınlıkta olması sağlanmış olur.

Yol için gerekli enine eğim, geotekstil tabakası serilmeden önce, üzerine dolgu yapılacak temel tabakasında ayarlanmalıdır.

Geotekstilin serilmesi sırasında geotekstilin zarar görmemesi ya da zemin tabakanın dağılmamasına dikkat edilmelidir.

Geotekstil tabakalarının ek yerleri uygun şekilde, bindirme ya da dikiş yöntemiyle birleştirmelidir. Geotekstil tabakalarının ek yerlerinin aynı doğrultuda ve yoldaki tekerlek izlerinden mümkün olduğunca uzakta olmasına dikkat edilmelidir.

Çok zayıf zeminlerde inşa aşamasındaki göçmeleri önlemek için dolgu tabakalarının kalınlığı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. İlk dolgu tabakasının kalınlığı 300 mm ya da maksimum dizayn değerinde olmalıdır. Diğer dolgu tabakalarının sıkıştırılmamış haldeki kalınlığının ise 220 mm'yi aşmaması tavsiye edilir.

Hiçbir şartta, üzerinde 150 mm'den daha az bir dolguya sahip geotekstil tabakası üzerine araç çıkarılmamalıdır. Dolgu tabakaları üzerinde hareket edecek iş makinelerinin ağırlıklarında da sınırlanmaya gidilmesinde yarar vardır.

İnşa aşamasında yola oluşan tekerlek izleri dolgu yapılarak kapatılmalıdır. Yüzeyin düzeltilmesinde başka yöntemlere başvurulmamalıdır.

Drenaja katkı sağlamak için geotekstil tabakalarının kenarları yol kenarlarındaki drenaj kanallarına bağlanmalıdır (Shukla ve Yin, 2006).

4.2 Kaplamalı Yollar

Kaplamalı yollarda geotekstil kullanımı, yol performansının artırılması ve ekonomik çözümler üretme konusunda tasarımcılara birçok seçenek sunar. Geotekstiller, kaplamalı yollarda güçlendirme, ayırma, filtrasyon ve drenaj amaçlı kullanılabilir.

Kaplamalı yollardaki problemler değişik şekillerde ortaya çıkabilir. Bu problemler genelde yapısal eksiklikler ve bunun sonucu ortaya çıkan yoldaki işlev kayıplarından kaynaklanmaktadır. Bu eksiklikler, mekanik özelliklerdeki bozulmaya veya yola etkiyen ve tasarım yükünden daha yüksek olan yüklere bağlı olarak artar. Bu bozulmalar sonucu yol, tasarımda kullanılan trafik yükü değerlerini de taşıyamaz duruma gelir. Tekrarlayan trafik yükü altında, temel ve alt zemin tabakasında ortaya çıkan sürekli gerilmeler, yol yüzeyinde büyük deformasyonlara ve tekerlek izi oluşumuna neden olur.

Zemindeki mekanik etkiler veya pompaj etkisiyle zemin ve temel tabakası arasında karışma ve temel tabakasının mekanik özelliklerinde bozulma ortaya çıkabilir. Bu durumlarda ayırma ve filtrasyon amaçlı geotekstil kullanımının, yol performansını artırmada ve ömrünü uzatmada olumlu sonuçları ortaya çıkmaktadır.

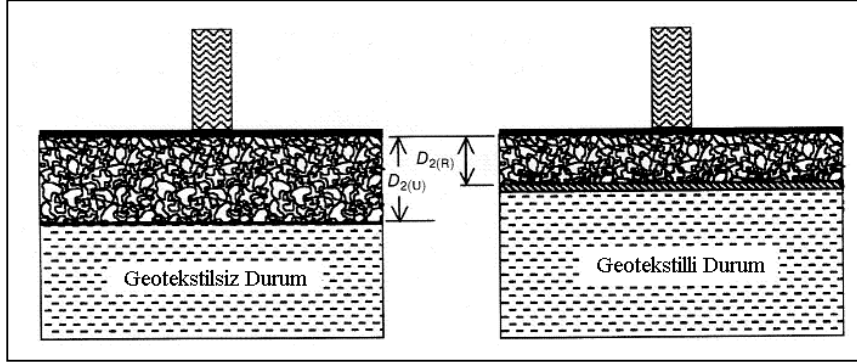
Yolun ömrünü ve performansını artırmak için önemli olan bir diğer kritik özellik, suyun kaplamadan uzaklaştırılmasıdır. Geotekstillerin kullanımı, kaplamaya zarar verecek suyun uzaklaştırılmasında son derece önemlidir (Shukla, 2002).

4.2.1 Güçlendirme uygulamaları

4.2.1.1 Temel altı güçlendirme uygulamaları

Kaplamalı yollar zayıf zeminler üzerine inşa edildiğinde stabilite sorunları ortaya çıkmaktadır. Zayıf zeminlerde inşa edilen yollarda en sık karşılaşılan sorunlardan biri, dolgu içinde gelişen yatay toprak basıncının etkisiyle, dolgunun yanal deformasyon sonucu kaplama altından boşalmasıdır. Bunun nedeni, yeterli kayma direncine sahip olmayan zeminlerde, yatay basıncın dolgu tabanında yatay kayma gerilmeleri oluşturması sonucu dolgu stabilitesinin bozularak kayma ve göçme oluşmasıdır. Önlem olarak zemin tabakasına geotekstil konulması sonucu zeminde oluşacak yatay ve düşey deformasyonlar azaltılarak zemin stabilitesinin artırılması ve zemindeki kayma ve göçmenin önlenmesi mümkün olmaktadır (Tunç, 2002).

Kaplamalı yollarda geotekstilin güçlendirme amaçlı kullanımındaki ana prensip, temel tabakasının yanal hareketinin engellenmesidir. Bu prensipten hareketle, kaplamasız yol tasarımında kullanılan yöntem kaplamalı yollara uyarlanmıştır. Geotekstil kullanılması durumunda agrega kalınlığında elde edilebilecek kalınlık azalması da kaplamasız yollarda kullanılan yöntemle belirlenebilir.



Şekil 4.4 : Geotekstilin temel tabakası kalınlığına etkisi (Shukla, 2002).

Yol yüzeyine etki eden araç yükü, kaplama altındaki temel tabakasının yanal doğrultuda hareket etmesine neden olur. Uygulanan yükler sonucu malzemenin aşağı yukarı hareketi nedeniyle temel tabakasında çekme gerilmeleri oluşur. Ortaya çıkan yanal hareket nedeniyle yolda düşey hareketler ortaya çıkar ve bu da yol da kalıcı tekerlek izi oluşumuna ve yol üzerinde çökmeye neden olur (Shukla, 2002).

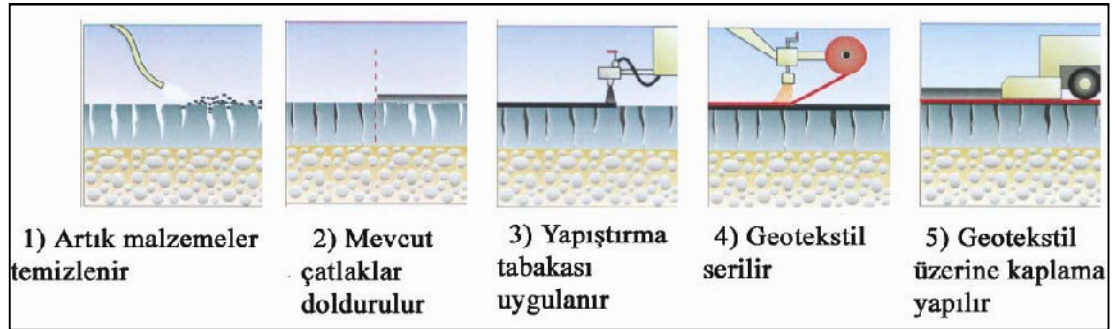
Temel tabakasının içine geotekstil yerleştirilirse, temel tabakasının yanal yönde hareket etme isteği karşısında, tabakalar arasında kaymadan dolayı bir etkileşim oluşur. Böylelikle kaymaya neden olan yük, temel tabakasından geotekstil tabakasına iletilir ve geotekstil tabakasında çekme gerilmeleri ortaya çıkar. Yüksek sıkılığa sahip geotekstiller, ara yüzeyde oluşan bu çekme gerilmesinin, temas halinde oldukları temel tabakasına etki etmesini geciktirirler. Yanal doğrultudaki hareketin azalması durumunda, yolun yüzeyinde düşey doğrultuda ortaya çıkan deformasyonlar da azalır (Shukla, 2002).

Geotekstilin zemin üzerindeki diğer bir etkisi de sıkılıkla ilgilidir. Eğer geotekstil tabakası ile temel tabakası arasında yeterli etkileşim olursa, bu etkileşim zemin tabakasının sıkılığının artmasını sağlar. Temel tabakasının sıkılığındaki bu artışın sonucu olarak tabakadaki düşey hareketler azalır. Düşey hareketlerin azalmasıyla da kaplama tabakasının yorulması azaltılabilir. (Shukla, 2002).

Geotekstilin diğerk bir faydası da kaplamasız yollarda olduğu gibi kaplamalı yollarda da yük dağılımındaki etkidir. Temel tabakası arasında geotekstil kullanılması halinde alt zemin tabakasındaki gerilme ve deformasyonun niteliği değişir. Alt zemin tabakasının sıklığı temel tabakasına göre daha dūřüktür. Bu yüzden alt zemin tabakasına etkiyen yükler yol performansı açısından önemlidir. Geotekstil kullanımı sayesinde temel tabakasına etkiyen dūřey gerilmeler daha geniş bir alana yayılır. Alt zemin tabakasına etkiyen dūřey gerilmelerin azalması sonucu, yol yüzeyinde meydana gelen deformasyon daha az ve daha üniform olacaktır (Shukla, 2002).

4.2.1.2 Kaplama tabakası güçlendirme uygulamaları

Yol kaplamasında zaman içinde ortaya çıkan yüzey çatlakları, belli bir seviyeden sonra sürüş konforunu dūřürecek seviyelere ulaşır. Bu sorun, yüzey kaplaması üzerine yeni bir kaplama yapmak suretiyle çözülmeye çalışılırsa, mevcut kaplamadaki çatlaklar büyüyerek kısa zamanda yeni kaplamada da yansıma çatlakları ası verilen çatlaklar oluşmasına neden olacaktır. Bu sorun, tüm yol kaplaması sökülüp temel tabakası sağlamlaştırılarak yeniden kaplanmadığı sürece tam olarak giderilememektedir. Bununla birlikte eski kaplama üzerine geotekstil yerleştirilerek yeniden kaplama yapılması, yolun ömrünün bir süre daha uzatılmasına ve çatlaklara karşı direncinin artırılmasına iyi bir çözüm yolu olabilir (Ingold ve Miller, 1988).



Şekil 4.5 : Kaplama onarımında geotekstil kullanımı (Bağcı, 2007).

Söz konusu uygulamada aşağıdaki adımlar izlenebilir:

1. Öncelikle mevcut kaplamanın yüzeyi artık malzemelerden temizlenir.
2. Kaplamadaki mevcut çatlaklar uygun malzeme ile doldurulur.
3. Geotekstil serilmeden önce alttaki tabaka ile yapışmasını sağlamak için bitüm esaslı yapıştırma malzemesi eski kaplamanın yüzeyine uygulanır.

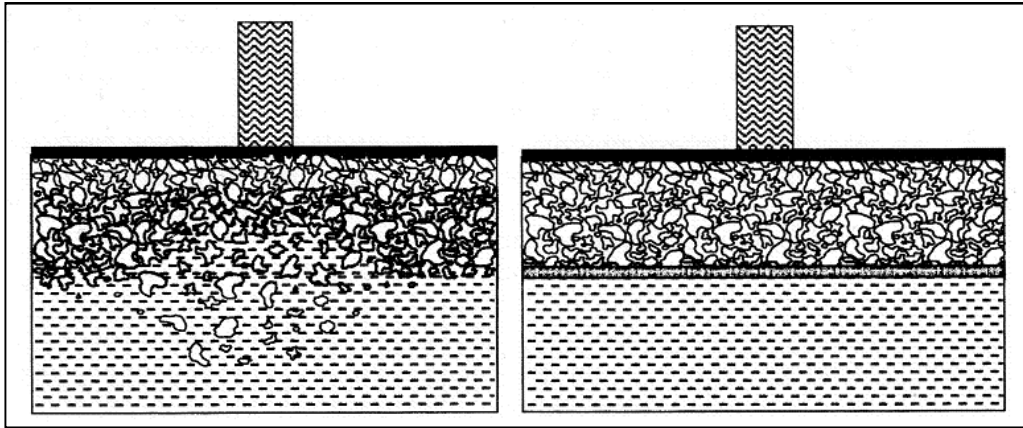
4. Serme makinesi ile geotekstil eski kaplamanın üzerine serilir.
5. Serilen geotekstilin üzerine yeniden kaplama yapılır (Bağcı, 2007).

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken kritik noktalar, mevcut çatlakların düzgün bir şekilde doldurulması, bitümlü malzeme ve üst kaplama sıcaklığının, geotekstilin erime sıcaklığından düşük olması ve üst kaplama yapılırken geotekstilin zarar görmemesidir (Ingold ve Miller, 1988).

Uygulamada kullanılacak bitümlü yapıştırıcı miktarı 1 lt/m^2 olacak şekilde ayarlanmalıdır. Kullanılacak geotekstilin birim alan ağırlığı 140gr/m^2 'den az olmamalıdır. Ayrıca diğer bir önemli konu da bitümlü yapıştırma tabakasının, geotekstilin eski kaplamaya yapışmasını ve bitümü emdikten sonra yeni yapılacak kaplamaya yapışmasını sağlayacak miktarda olmasıdır. Ancak ileride terleme, kuma ve takviye tabakasında kayma yapacak kadar fazla da olmamalıdır (Tunç, 2002).

4.2.2 Ayırma uygulamaları

Kaplamasız yollarda görülen, ince partiküllerin alt zemin tabakasından temel tabakasına sızması problemi yolun inşası sırasında veya sonrasında kaplamalı yollarda da ortaya çıkmaktadır. İnce partiküllerin temel tabakasına sızması, temel tabakasının mukavemetinde, sıkılığında ve drenaj karakteristiğinde düşüşe sebep olmakla birlikte, yol yüzeyindeki deformasyon ve erken bozulmaları artırmaktadır.



Şekil 4.6 : Geotekstilin ayırma fonksiyonu (Shukla, 2002).

Yapılan çalışmalarda ince partiküllerin %6'ya kadar bir agrega içine karışması halinde agrega tabakası sıkılığında herhangi bir düşüş olmadan durum tolere edilebilir. Aynı şekilde %2'ye kadar sızma durumunda da drenaj özellikleri açısından

kabul edilebilir seviyededir. Partikül geçişi aynı zamanda temel tabakasının don dayanımını da dūřurmektedir.

Alt zemin ve temel tabakası arasındaki malzeme geçişi, yolun inşası veya kullanımı sırasında ortaya çıkan mekanik etkilerden kaynaklanır. Bu geçişi, temel tabakasındaki agreganın üzerine gelen yükler nedeniyle alt zemin tabakası içine itilmesi veya alt zemin tabakası içindeki ince partiküllerin pompaj etkisiyle temel tabakasına sızması sonucu ortaya çıkar.

1986'da, donmaya elverişli killi silt zeminde inşa edilen bir yolda araştırmalar yapılmıştır. İnşaat sırasında yürümek için bile çok zayıf olan zemine geotekstil yerleştirilerek üzerine 900 mm kalınlığında temel tabakası serilmiştir. Yolun araştırmaya konu olan kısmı 10 yıl sonra açıldığında bile zemin tabakaları arasında çok küçük miktarda karışma olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak zemin suyu seviyesinin inşa aşamasından daha düşük seviyelere düştüğü belirlenmiştir (Shukla, 2002).

4.2.3 Uygulamada dikkat edilmesi gereken noktalar

Öncelikle uygulama alanının yüzeyi gevşek malzemelerden, atık maddelerden, yağdan ve keskin cisimlerden arındırılmalıdır. Uygulamaya hazırlanan yüzey kuru olmalıdır. 3 mm'den daha büyük çatlaklar basınçlı hava ile temizlenmeli ve bitüm esaslı akışkan çatlak onarıcı ile doldurulmalıdır. Eğer mevcut kaplama yüzeyi çok kötü durumda ise öncelikle asfalta ve geotekstile temel görevi yapacak bir beton tabakası yapılmasında yarar vardır.

Uygulamadaki en önemli noktalardan biri mevcut yüzey ile yeni yapılacak kaplamanın birbirine tutunmasını sağlamaktır. Yapılan yanlış bir uygulama tabakanın erken bozulmasına yol açabilir. Bunun için en iyi ve en ekonomik çözüm bitüm esaslı akışkan malzeme kullanımıdır. Solvent içeren emülsiyonların bu amaç için kullanılması çok uygun değildir. Kullanılmaları durumunda ise hava ve mevcut kaplama sıcaklığı en az 10° olmalıdır. Emülsiyon sıcaklığının ise 140° ile 160 ° arasında olması önerilir. Ayrıca kullanılan bitüm veya emülsiyon üniform özelliklerde olmalı ve tabaka üzerinde üniform olarak serilmelidir.

Sonraki aşama olan geotekstilin yerleştirilmesidir. Geotekstil, yapıştırma tabakasının üzerine yerleştirilirken tüylü olan yüzeyi alta, pürüzsüz olan yüzey üste gelecek şekilde serilmelidir. Serilme işlemi makine veya el ile yapılabilir. Tabakada herhangi

bir kırışıklık veya katlanma olmamasına dikkat dikkat edilmelidir. Geotekstil tabakasındaki kırışıklık ve katlanmalar ileride kaplama yüzeyinde çatlaklar oluşmasına sebep olabilir. Serim işlemi sırasında tabaka çok az miktarda gerilerek yerleştirilirse tabakadaki kırışıklıklar azaltılabilir. Ancak tabakanın gereğinden fazla gerilmemesine de dikkat edilmelidir. Çünkü bu durum tabaka kalınlığının azalmasına ve uygulamadan istenilen sonucun alınamamasına sebep olabilir. Özellikle kurbalarda, kırışıklık veya katlanmaya yol açmadan geotekstil serimi daha zordur. Bu nedenle makine kullanımı tercih edilmelidir. Böylece geotekstil daha sorunsuz ve kolay bir şekilde serilebilir.

Geotekstil tabakalarının ek yerleri son derece önemlidir. Bindirme yerlerinde iki tabaka geotekstil bulunduğundan, bu kısımda kullanılan yapıştırıcı madde her iki tabakayı da yeterli doygunluğa ulaştıracak miktarda olmalıdır. Bu nedenle bindirme bölgelerinde, daha fazla yapıştırıcı madde kullanılmalıdır. Aksi takdirde bindirme bölgelerinin üzerine gelen asfalt kaplamada çatlaklar oluşabilir. Bindirme boyunun 150 mm'den az olmaması tavsiye edilir.

Uygulama yapılan yolun asfalt kaplamasının, mevcut zemine yapıştırıcı malzeme serilip geotekstil döşenmesinden hemen sonra çok kısa bir zaman içinde yapılmasında fayda vardır. Asfalt tabakasının sıkıştırılması da hemen yapılmalıdır. Böylece tabakaların birbirine daha sağlam bir şekilde yapışması sağlanmış olur. Ayrıca bu sıkıştırma işlemi, kaplama işlemi tamamlandıktan sonra, tabakaların birbirine yapışması için gerekli basınç ve sıcaklığın sağlanmasına yardımcı olur. Asfalt tabakasının 4 mm'den az olması durumunda kaplama daha çabuk soğuyacağından, bu kalınlığın altında bir asfalt tabakası kullanılması çok uygun değildir (Shukla ve Yin, 2006).

4.3 Geotekstil Donatılı Duvar

Yapım kolaylığı, inşa hızı ve dik şevlerin inşasına olanak sağlaması gibi nedenlerden dolayı dolgu şevlerinde geotekstil kullanımına sıkça başvurulmaktadır.

4.3.1 Güçlendirme uygulamaları

Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi belli yükseklikteki dolgu malzemesinin geotekstil yardımıyla boğçalanması sonucu stabil dik dolgu şevlerinin inşası mümkün olmaktadır. İstinat duvarlarının, maliyet, süre, kamulaştırma gibi nedenlerden dolayı



Şekil 4.7 : Dik dolgu şevlerinde geotekstil kullanımı.

ekonomik veya teknik olarak inşasının mümkün olmadığı durumlarda geotekstillikle yapılan dik dolgu şevleri daha uygun mühendislik çözümleri olabilmektedir. Ayrıca klasik istinat duvarlarına göre zayıf temel ve şevlerde teknik açıdan daha uygun çözüm yolları sunmaktadır. Özellikle düşük standartlı yollarda daha çok tercih edilmektedir (Tunç,2002).

4.3.1.1 Geosentetik donatılı duvarların projelendirme yöntemi

Geosentetik donatılı duvarların projelendirilmesinde önemli olan iki unsur iç stabilite analizi ve dış stabilite analizidir. İç stabilite analizi esas olarak üç unsuru içermelidir. Bunlar;

1. Donatıların, iç stabilite açısından gerekli çekme dayanımına sahip olduğunun kontrolü.
2. Donatıların, potansiyel kayma yüzeyinin arkasına geçen arkasına geçen boyunun, sıyrılmaya karşı yeterli dayanımı sağlayacak boyda olduğunun kontrolü.
3. Kayma tahkiklerinin sağlandığının kontrolü.

Dış stabilite analizinde klasik istinat duvarlarında olduğu gibi üç durumun kontrolü yapılır. Bunlar;

1. Devrilme kontrolü.
2. Kayma kontrolü.
3. Taşıma gücü ve göçme kontrolü.

olarak sıralanabilir. Bu kontrollerin beraberinde, ön cephe elemanlarının kayma ve devrilmeye karşı güvenlikleri de her blok seviyesi için ayrı ayrı kontrol edilmelidir (Güler, 2006).

4.3.1.2 Geotekstil Donatılı Duvar Tasarımı

4.3.1.2.1 İç Stabilité Analizi

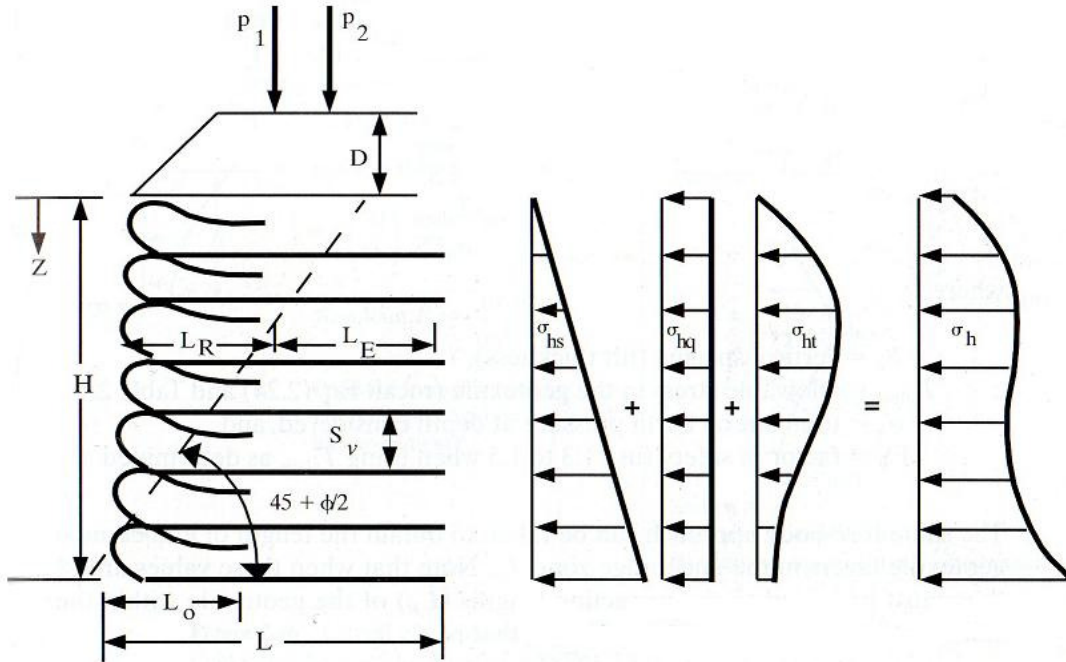
Geotekstil ile yapılan dolgu şevî yüzeyine etkiyen yatay basınç gerilmeleri

$$\sigma_{hs} = K_a \gamma z \quad (4.9)$$

$$\sigma_{hq} = K_a q \quad (4.10)$$

$$\sigma_{hl} = P x^2 z / r^5 \quad (4.11)$$

olarak göz önüne alınır. Toplam yatay basınç (σ_h), $\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} + \sigma_{hl}$ olarak bulunur.



Şekil 4.8 : Geotekstil donatılı duvarlarda gerilmeler (Koerner, 1998).

σ_{hs} : Dolgudan kaynaklanan yatay basınç

σ_{hq} : Sürşarjdan kaynaklanan yatay basınç

σ_{hl} : Tekil yükten kaynaklanan yatay basınç

K_a : Aktif toprak basıncı katsayısı.

γ : Dolgu malzemesinin birim ağırlığı.

z : Zemin yüzeyinden derinlik.

q : Zemin yüzeyindeki sürşarj yükü.

P : Zemin yüzeyindeki hareketli yükler.

x : Zemin yüzündeki yükün duvar yüzeyine olan yatay uzaklığı.

r : Yükün uygulandığı noktaya olan radyal uzaklık.

σ_{hs} ve σ_{hq} yukarıda belirtilen formüllerden basitçe hesaplanmakla birlikte σ_{hl} hesaplanırken özellikle de çok tekerlekli araçlarda tekerlek yüklerinin süperpozesinde bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. σ_{hl} değerinin hesaplanmasında Şekil 4.9'daki abak kullanılabilir.

Geotekstil tabaka kalınlığı formül (4.12) ile hesaplanabilir.

$$S_v = \frac{T_a}{\sigma_v FS} \quad (4.12)$$

S_v : Geotekstil tabaka kalınlığı

T_a : Geotekstilin müsaade edilen çekme mukavemeti

FS : Emniyet faktörü (1,3~1,5)

Kullanılacak geotekstil malzemenin tabaka uzunluğu (L) formül (4.13) ile hesaplanır.

$$L = L_E + L_R \quad (4.13)$$

L_E : Aktif göçme bölgesi dışındaki geotekstil malzeme uzunluğu

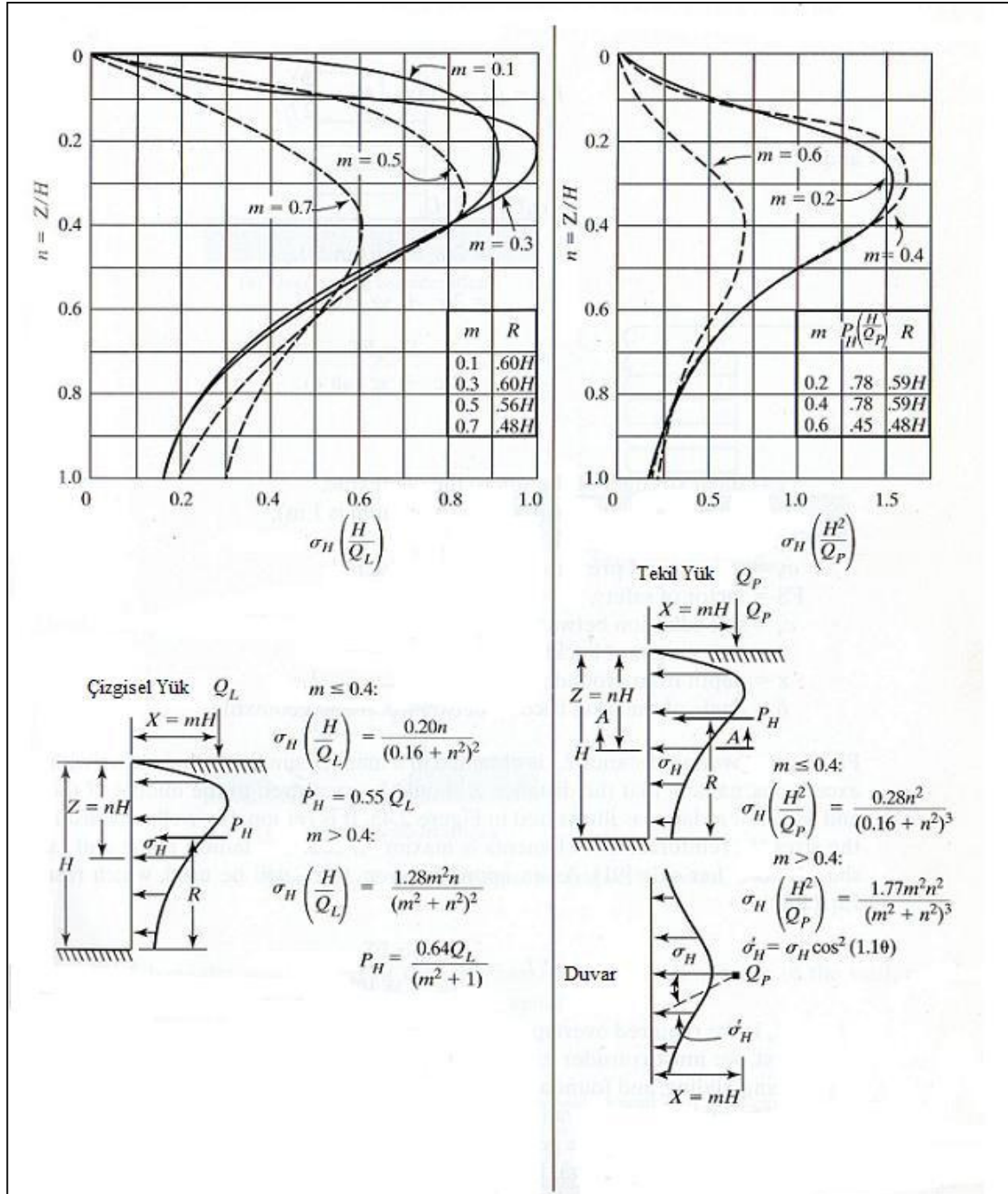
L_R : Aktif Göçme bölgesindeki geotekstil malzeme uzunluğu

$$L_R = (H - z) \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (4.14)$$

$$L_E = \frac{S_v \sigma_h FS}{2(c + \gamma z \tan \delta)} \quad (4.15)$$

c : Dolgunun kohezyonu (granüler malzeme kullanıldığında $c=0$).

δ : Dolgu ile geotekstil arasındaki kayma direnci açısı ($\tan \delta \approx 2/3 \tan \phi$).



Şekil 4.9 : Yüzeydeki yüklerden ötürü duvarda oluşan gerilmeler (Koerner, 1998).

Geotekstil bohçalama uzunluğu ise formül (4.16) ile hesaplanır. Burada Z mesafesinin tabaka ortasında bir yerde ölçüldüğü, çekme gerilmelerinin kayma

düzleminde en yüksek olduğu ve kayma düzleminden uzaklaştıkça hızlı bir şekilde düştüğü düşünülerek σ_h değerinin de Şekil 4.9'daki kadar büyük olmadığı kabulü yapılır. $0,5\sigma_h$ değeri kullanılırsa formül (4.16) elde edilir. L_0 değeri 1 m.'den büyük olmalıdır (Koerner, 1998).

$$L_0 = \frac{S_v \sigma_h FS}{4(c + \gamma z \tan \delta)} \quad (4.16)$$

4.3.1.2.2 Dış stabilite analizi

Daha önce de belirtildiği gibi dış stabilite analizi kontrolü üç kısımdan oluşmaktadır. Devrilme duvarın tabanındaki dış kuvvetlerin etkisiyle oluşan momentler toplamı ile kontrol edilir. Taban boyunca kayma ise dış yatay kuvvetlerin toplamının etkisiyle kontrol edilir. Taşıma kapasitesi standart temel taşıma kapasitesi analizleri ile hesaplanır.

- Devrilme tahkiki

İstinat duvarının alt köşesine göre devrilmeye karşı koyan momentler ile duvarı devirmeye çalışan momentler hesaplanır. Bulunan momentlerin oranlanmasıyla elde edilen oranın, devrilme emniyet faktöründen büyük olması şartı sağlanmalıdır.

$$F_D = \frac{\text{Devrilmeye Karşı Koyan Kuvvetlerin Momenti}}{\text{Devirmeye Çalışan Kuvvetlerin Momenti}} \geq 2 \quad (4.17)$$

Devrilme emniyet faktörü ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir.

$$F_D = \frac{3(\gamma H + q)}{K_a(\gamma H + 3q) \left(\frac{H}{L}\right)^2} \quad (4.18)$$

Formülden de anlaşılacağı üzere devrilmeye karşı koyan kuvvetlerin momenti istinat duvarının genişliğine (L), devirmeye çalışan kuvvetlerin momenti ise istinat duvarının yüksekliğine (H) bağlıdır. Dolayısıyla istinat duvarının stabilitesinde en önemli parametreler duvar genişliği ve yüksekliği olmaktadır.

- Kayma tahkiki

Dolgu zemin ile donatı arasında oluşacak kayma direncinin, donatılı zemin kitlesinin yatay kaymasına engel olmalısı istenir. Bu durumda kayma emniyet faktörü aşağıdaki şartı sağlamalıdır.

$$F_K = \frac{\text{Kaymaya Karşı Koyan Kuvvetler} \times \tan \delta}{\text{Kayma Kuvveti}} \geq 1,5 \quad (4.19)$$

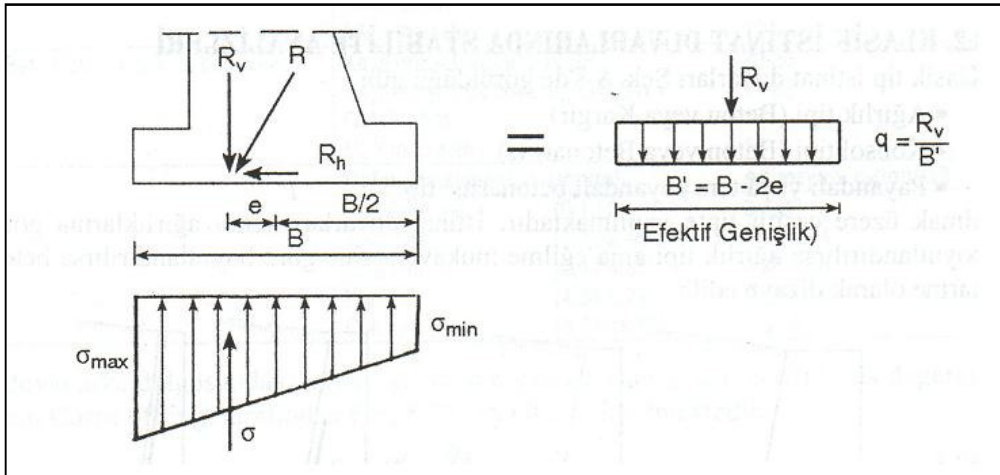
Kayma emniyet faktörü ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir.

$$F_K = \frac{(\gamma HL + qL)\tan \delta}{K_A \gamma \left(\frac{H^2}{2} \right) + (K_A qH)} \quad (4.20)$$

- Temel taşıma kapasitesi tahkiki

Tabandaki zemin gerilmelerinin doğrusal dağıldığı kabul edilir. Duvarın tabanına etkiyen bileşke kuvvet ve efektif genişliğin de üniform dağıldığı kabul edilirse aşağıdaki formül bulunur.

$$\sigma_b = \frac{R_v}{B - 2e} \quad (4.21)$$



Şekil 4.10 : İstinat duvarı temelinde oluşan zemin gerilmeleri (Tunç,2002).

Zeminin taşıma gücü faktörü ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$F_{bc} = \frac{q_u}{\sigma_b} \geq 2 \sim 3 \quad (4.22)$$

Burada;

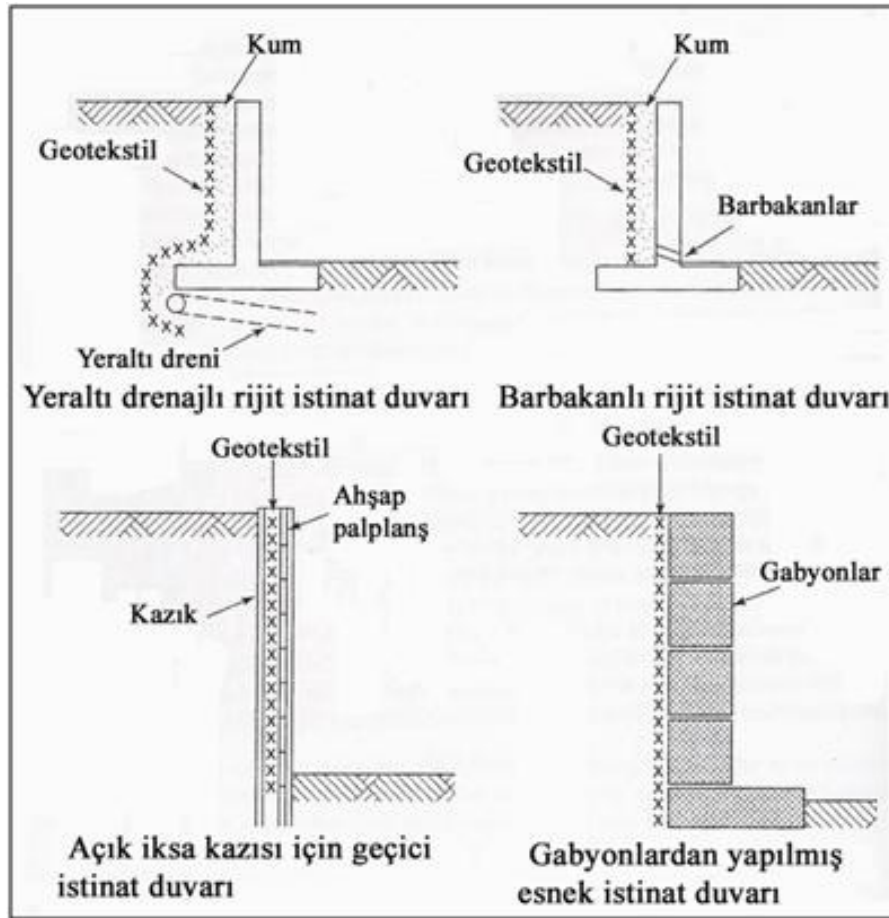
q_u : Zeminin nihai taşıma gücü

σ_b : tabanda oluşan gerilmedir (Tunç, 2002).

4.3.2 Filtrasyon uygulamaları

İstinat duvarları arkasındaki yer altı sularının drene edilmemesi halinde, duvar arkasında oluşan aşırı hidrostatik basınç duvarın devrilmesine neden olabilir. bu nedenle istinat duvarları arkasında uygun drenaj tedbirleri alınarak oluşacak hidrostatik basıncın sönmülmesi amaçlanır. Ayrıca bu drenaj tedbirleri ile duvar arka dolgusundaki don kabarması ve şişme potansiyeli yüksek killi zeminlerin şişmesinden ötürü oluşan ilave basınçlar da önlenmiş olur (Tunç, 2002).

İstinat duvarları arkasındaki suyun drenajı için duvar arkasında granüler dolgu malzemesinden oluşan bir drenaj tabakası oluşturulur. Bu tabaka yardımıyla duvar arkasındaki duvar dibindeki drenaj kanallarına iletilir. İstinat duvarının korunması için son derece önemli bir görevi olan bu granüler tabakanın da korunması ve yapının servis ömrü boyunca tıkanmadan fonksiyonunu yerine getirmesi gerekir. Bu nedenle, zemindeki ince taneli partiküllerin suyla beraber granüler tabaka içine girmesini önlemek için granüler tabaka ile zemin arasında filtrasyon amacıyla geotekstil kullanımına başvurulur.



Şekil 4.11 : İstinat duvarları arkasında geotekstil kullanımı (Koerner, 1998).

4.3.3 Geotekstil donatılı duvar imalatında kullanılan malzemeler

4.3.3.1 Ön cephe elemanları

Kullanılacak ön cephe elemanları için herhangi bir standart yoktur. Bu elemanların başlıca iki fonksiyonları vardır: (a) ön cepheden toprağın dökülerek zamanla dolgunun boşalmasının engellenmesi (b) ön cephede estetik bir görüntü oluşturulması. Kullanılacak ön cephe elemanlarının ağırlık ve boyutları ve diğer mekanik özellikleri tasarımda göz önüne alınmak şartı ile bir önem taşımamaktadır. Ancak kullanılacak bu ön cephe elemanlarının duvar ömrü boyunca atmosfer şartlarına maruz kalacakları göz önünde tutulursa bu elemanların durabilite özelliklerinin büyük önem taşıdığı görülecektir. Dolayısı ile Geosentetik Donatılı İstinat duvarlarında kullanılacak ön cephe elemanlarının durabilitesinin mutlaka irdelenmesi gereklidir.

Çizelge 4.4 : Beton blok ön cephe elemanları özellikleri (Güler, 2006).

Özellik	Değer
Blok Yapımında kullanılan Beton Sınıfı	C.30
Bloğun Minimum Basınç Dayanımı	16 Mpa
Su Emme (ağırlıkça)	% 6 - % 8
Bloklar Arası Minimum Sürtünme Direnci, Cf (Bağlayıcı kullanmaksızın)	0,5

4.3.3.2 Geosentetik donatı

Geoduvvarların en büyük özelliği donatı olarak metal veya polimer şeritler değil bütün sathı kaplayan geosentetik donatılar kullanılmasıdır. Bu özellik hem noktasal zayıflıkların sebep olabileceği problemleri en aza indirmekte hem de sürtünme yüzeyini arttırmaktadır. Bir diğer çok önemli avantaj da, donatının sürekli olması dolayısı ile ön cephe elemanları ile donatının bağlantısının sürtünme ile sağlanabilmesi ve noktasal bağlantıya gerek duyulmamasıdır. Noktasal bağlantı yukarıda değinildiği gibi bağlantıda bir sorun yaşanması durumunda riski arttırmaktadır. En önemli unsur ise noktasal ön cephe elemanı ile donatının bağlantısında demir eleman kullanılması olmaktadır. Bu tip demir elemanlar her ne

kadar korozyona karşı korunmakta ise de dünya üzerinde yapılan araştırmalar zamanla bu elemanlarda korozyon sebebi ile problemler yaşandığını ve ön cephe elemanlarının zemin çivileri ile sabitlenmek zorunda kaldıklarını göstermektedir.

Çizelge 4.5 : Geotekstil donatı özellikleri (Güler, 2006).

Özellik	Değer
Üretim Yöntemi	Örgülü
Minimum birim alan ağırlığı (DIN-EN-965)	190 g/m ²
Minimum çekme mukavemeti (DIN-EN-ISO 10319)	40 kN/m
Örgü yönünde % 5 deformasyon altında minimum çekme kuvveti (DIN-EN-ISO 10319)	18 kN/m
Maksimum çekme kuvveti altında çözgü ve örgü yönünde maksimum deformasyon (DIN-EN-ISO 10319)	22%
Minimum CBR Statik Delme Deneyi (DIN-EN-ISO 12236)	4 kN
Dinamik Delme Deneyi'nde maksimum delme çapı (DIN-EN-918)	12 mm
Minimum permeabilite (EN ISO 11058)	1×10 ⁻³ m/s
Maksimum Karakteristik Açıklık Büyüklüğü O90 (EN ISO 12956)	250 micron
500 saat sonunda çekme mukavemetinin %'si cinsinden minimum ultraviyole dayanımı (ASTM-D-43 55)	80%
Mikrobiyolojik degradasyona sonucunda çekme mukavemetinin %'si cinsinden minimum çekme dayanımı (EN 12225)	80%

4.3.3.3 Dolgu

Donatılı bölgede kullanılacak dolgu, karayolu seddesi yapımına uygun olan herhangi bir malzeme olabilir. Burada en önemli kriter dolgu malzemesinin kolayca sıkışabilir olması ve bilinen kurallara uygun bir şekilde sıkıştırılmış olmasıdır. İyi bir sıkıştırma yapılabilir bir dolgu malzemesi seçilmesi de önem taşımaktadır, çünkü sıkıştırılması

zor bir malzeme ile arazi koşullarında üniform ve sağlıklı bir dolgu teşkili çok zordur.

Çizelge 4.6 : Geotekstil donatılı dolgu granülometrik dağılımı (Güler, 2006).

Elek No. veya Çap	Geçen
50 mm	%75 - %100
20 mm	%50 - %100
No.4	%20 - %95
No.40	0 - %85
No.200	0 - %50

Yukarıdaki standartlara ek olarak dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır.

Bunlar;

- Geotekstil donatının düşeydeki ara mesafesi 0,40 m'den az olmalıdır.
- Geotekstil donatının ankraj boyu 1,00 m'den az olmamalıdır.
- Ön cephe kaplama elemanının en/boy oranı 1'den küçük olmamalıdır.

şeklinde sıralanabilir (Güler, 2006).

4.3.4 Geotekstil donatılı duvar uygulama detayları

4.3.4.1 Taban betonu

Beton blokların düzgün yerleştirilmesini sağlamak amacıyla beton blokların altına 20~40 cm arası yükseklikte ve 40 cm genişlikte taban betonu dökülür. Beton bloklar bu taban üzerine ortalanarak yerleştirilir.

4.3.4.2 Geotekstilin serilmesi

Geotekstil donatının ek kalınlık yapmaması için geosentetik donatıda bindirme yapılmayacaktır. Esasen donatı sadece duvara dik yönde çalıştığından bir bindirme yapılması da gerekmemektedir. Ancak donatılar arasında boşluk kalmamasına ve ek yerlerinde geotekstil donatının birbirine tam yanaştırılmasına özen gösterilmelidir. Serilen geosentetik donatıların pot yapmasının engellenmesi ve satha tam düzgün

olarak serilmesinin temin edilmesi gerekmektedir. Geosentetik donatı üzerinde hiç bir zaman doğrudan iş makineleri veya kamyonların dolaşmasına izin verilmemelidir. Bu tip iş makineleri ve kamyonlar ancak geosentetik donatı üzerine minimum 20 cm toprak tabakası serildikten sonra bu toprak üzerinde dolaşabilirler.

4.3.4.3 Dolgunun sıkıştırılması

Donatılı dolgu alanına dolgu malzemesi en fazla 30 cm yükseklikte uygulanmalıdır. Geodüvar ön cephe arkasındaki 0.50 m'lik bölgede ağır silindirler kullanılmamalı, bu bölge el kompaksiyon makineleri ile sıkıştırılmalıdır. Donatılı zemin bölgesinde arka dolgu mümkün olduğunca seviyelendirilmeli ve düzgün bir yüz sağlanmalıdır. Bu işlemler geotekstil malzemenin düzgün serilebilmesi için gereklidir.

4.3.4.4 Drenaj

Tek kademeli olarak imal edilecek duvarlarda sızıntı sularının bertaraf edilmesi gereklidir. Bu amaçla duvar ön cephesindeki beton blokların arkasında 50 cm kalınlığında drenaj tabakası imal edilmelidir. Taban betonunun arkasına da yine 50 cm kalınlığında çakıllı drenaj tabakası imal edilip içine Ø150 mm drenaj borusu yerleştirilmelidir.

4.4 Yol Dolguları

4.4.1 Güçlendirme uygulamaları

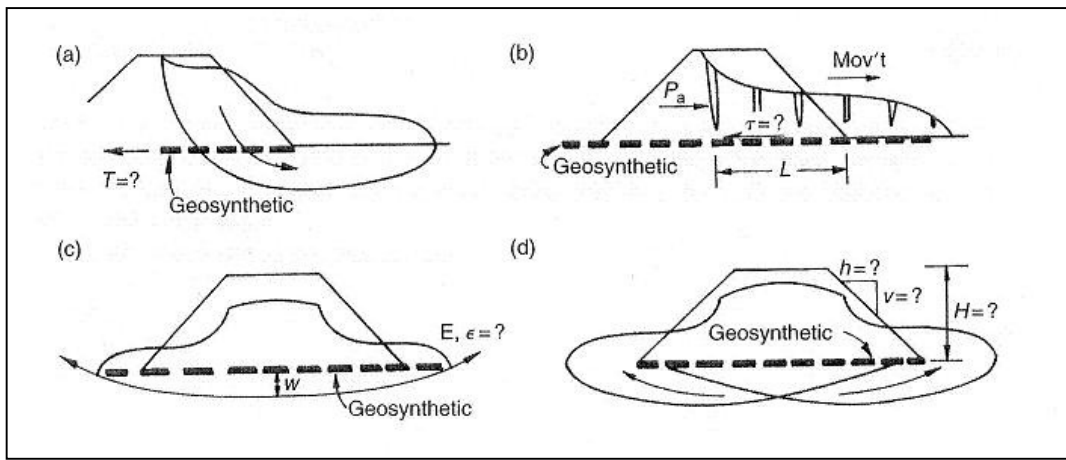
Yol inşaatında sıkça kullanılan biri de yol dolgularıdır. Özellikle yumuşak zeminler üzerine inşa edilen dolgularda bir takım problemler ortaya çıkmaktadır. Bilindiği gibi zayıf zeminler üzerinde yapılan yol dolgularında dolgu içinde gelişen yatay toprak basıncı ile dolgu, yana doğru yayılmaya çalışacaktır. Çünkü yatay toprak basıncı, dolgunun tabanında yatay kayma gerilmeleri oluşturmakta ve zemin yeterli kayma direncine sahip değilse yol dolgusunun stabilitesi bozularak kayma/göçme oluşturabilmektedir. Eğer dolgu tabanına uygun mukavemetli geotekstil tabakası konulursa yumuşak zeminin stabilitesi arttırılarak yol dolgusundaki kayma/göçme hareketi önlenir. Bu amaçla kullanılacak geotekstil yatay ve düşey deformasyonları azaltsa da uzun dönem konsolidasyon oturmasını önleyememektedir (Tunç, 2002).

4.4.1.1 Tasarım yöntemi

Zayıf zeminlerde inşa edilen yol dolgularında aşağıdaki kontroller yapılır.

- Toplam Şev Stabilitesi
- Yanal Yayılma
- Dolgu Oturması
- Toplam Taşıma Gücü

Her bir kayma/göçme modu için gerekli olan farklı bir dolgu geometrisi ve geotekstil mukavemet değeri mevcuttur.



Şekil 4.12 : Yol dolgularında analiz yöntemleri (Shukla ve Yin, 2006).

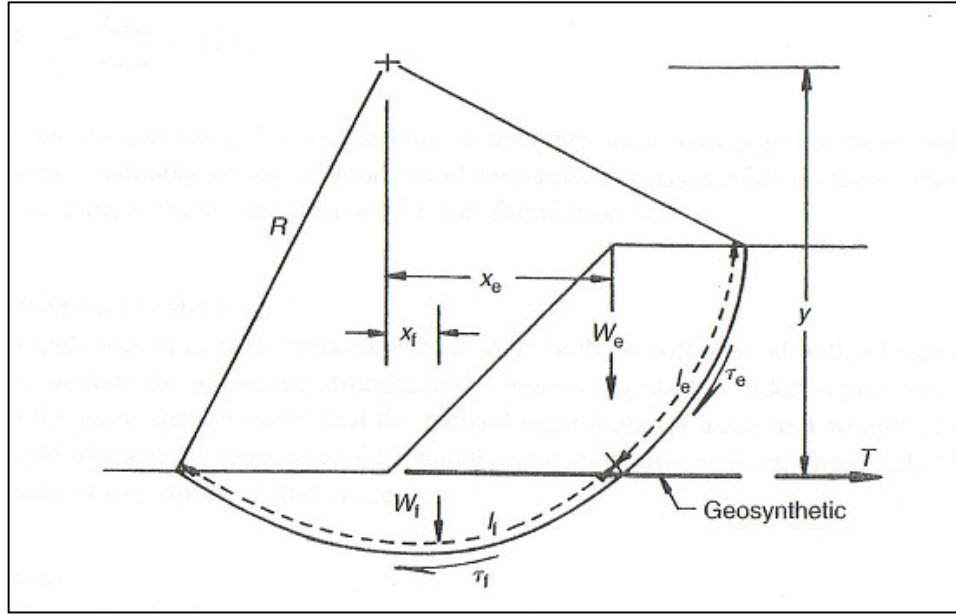
4.4.1.1.1 Toplam Şev Stabilitesi

En çok karşılaşılan göçme türüdür. Bu göçme türünün en belirleyici parametreleri dolgunun göçme yüzeyi, geosentetik tabakası ve yumuşak temel zeminidir. Bu göçme türünün sebepleri arasında, çekmeden kaynaklanan geotekstildeki kopma veya yetersiz ankrajdan dolayı geotekstilin sıyrılması sayılabilir. Bu yöntemde, geleneksel şev stabilite analizi kullanılır. Geotekstilin dolgu ile temas yüzeyindeki sürtünmeden kaynaklanan T kuvveti göz önünde bulundurulur. Bu T kuvvetinin, göçmeyi önleyecek olan moment değerini sağlayacak minimum emniyet faktörünün elde edilmesi amaçlanır. Şekilde görülen şev stabilite modelinde:

ΔMg : Göçmeye karşı olan moment

T : Geotekstilden kaynaklanan çekme kuvveti

olmak üzere;



Şekil 4.13 : Toplam şev stabilitesi (Shukla ve Yin, 2006).

$$\Delta M_g = TR \quad (4.23)$$

$$\Delta M_g = Ty \quad (4.24)$$

Buradan;

$$FS = \frac{\tau_e l_e R + \tau_f l_f R + Ty}{W_e x_e + W_f x_f} \quad (4.25)$$

Olarak bulunur. Burada;

τ_e : Dolgu malzemesinin kayma mukavemeti

τ_f : Temel malzemesinin kayma mukavemeti

l_e : Dolgu içindeki kayma düzleminin dairesel uzunluğu

l_f : Temel içindeki kayma düzleminin dairesel uzunluğu

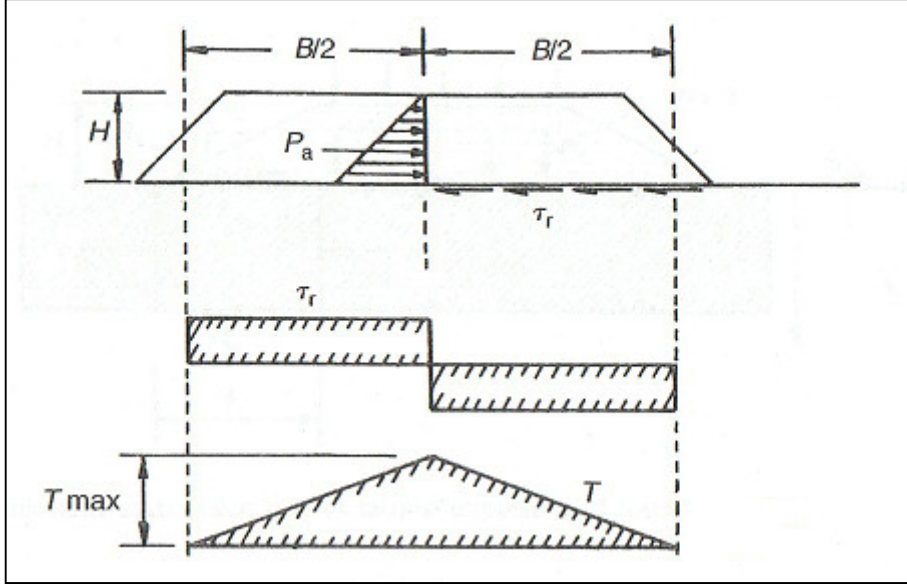
W_e : Dolgu malzemesinin ağırlığı

W_f : Temel malzemesinin ağırlığıdır.

4.4.1.1.2 Yanal Yayılma

Dolgu içinde ortaya çıkan yatay toprak basıncı dolgunun yanal doğrultuda yayılmasına yol açar. Aslında ortaya çıkan toprak basıncı, dolgu tabanında, dolgu

altındaki zemin tarafından karşılanması gereken kayma kuvvetleri oluşturur. Eğer zemin bu kayma kuvvetini karşılayacak dirence sahip değilse, dolgu ile temel arasında geotekstil yerleştirilerek yeterli kayma direnci sağlanır.



Şekil 4.14 : Yanal yayılma analizi (Shukla ve Yin, 2006).

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (4.26)$$

$$T_{\max} = \frac{\tau_r B}{2} \quad (4.27)$$

$$\tau_r = \gamma H \tan \phi_r \quad (4.28)$$

$$\frac{T_{\max}}{P_a} \geq 1 \quad (4.29)$$

$$\tan \phi_r \geq H K_a / B \quad (4.30)$$

Geosentetikten kaynaklanan T_g kuvveti $T_g = 1,5 T_{\max}$ ve $\epsilon_{\max} = \%10$ olmak üzere

$$E_g = 10 T_{\max} \quad (4.31)$$

4.4.1.1.3 Dolgu oturması

Dolgu oturması, temel zemininin uzun süreli oturması sonucu ortaya çıkar. Bu oturma, temel zemininin yanal hareketi sonucu da ortaya çıkabilir.

$$F_e = \frac{P_p + R_B + R_T}{P_A} \quad (4.32)$$

Burada;

P_p : Pasif toprak itkisi

P_A : Aktif toprak itkisi

R_T : Zemin yüzeyindeki kuvvet

R_B : Zemin tabanındaki kuvvettir.

Dolgu tabanına yerleştirilen geotekstilde, dolgudaki oturma sonucu bir miktar uzama meydana gelir. Dolgudaki oturmaya en aza indirmek için geotekstildeki uzama %10 ile sınırlandırılır.

4.4.1.1.4 Toplam taşıma gücü

Dolgu içindeki veya altındaki geotekstil tabakasının, dolgu altındaki zeminin taşıma gücüne bir katkısı yoktur. Bu yüzden temel zemini tarafından desteklenmediği sürece dolgu inşası mümkün olmamaktadır. Toplam taşıma gücü, sadece dolgu altına dolgudan daha geniş bir güçlendirme tabakası inşasıyla mümkün olur. Toptan göçme analizinde klasik zemin mekaniği yöntemleri kullanılır. Bu metot, temel zemin derinliği dolgu genişliğine göre çok az olduğu durumlarda uygun değildir.

5. KARAYOLU YAPIMINDA GEOTEKSTİL KULLANIMININ MALİYETE ETKİSİ

5.1 Kaplamasız Yollar

CBR değeri %3'den küçük olan zeminler üzerine inşa edilecek yollarda yüksek alt temel tabakası kalınlıkları çıkmaktadır. Bu durum özellikle ocak mesafesinin uzak olduğu durumlarda maliyetleri çok yüksek seviyelere taşımaktadır. Geotekstil kullanımı durumunda ise alt temel tabakası kalınlıklarının %50'yi geçen oranlarda azaltılabilmesi mümkün olmaktadır. Kaplamasız yollarda geotekstil kullanımının kilometre maliyetine etkisi aşağıdaki örnekte açıklanmıştır.

5.1.1 Kaplamasız yollar için örnek maliyet karşılaştırması

5.1.1.1 Karşılaştırmada esas alınacak proje verileri

Geotekstil kullanımının, maliyetlerin düşürülmesine katkısının belirlenmesi için aşağıdaki proje verileri yardımıyla alt temel tabakasının kalınlığında sağlanan azalma hesaplanarak maliyette elde edilen düşüş bulunacaktır.

Yol genişliği : 10 m

Yol uzunluğu : 1000 m

Tekerlek yükü tekrar sayısı (N) : 500

Aks yükü (P) : 80 kN

Lastik hava basıncı (p_c) : 480 kPa

CBR : 1

Geotekstilin elastikiyet modülü (E) : 100 kN/m

Kabul edilebilir tekerlek iz derinliği (S) : 0,3 m.

Alttemel malzemesinin nakil mesafesi : 15.000 m

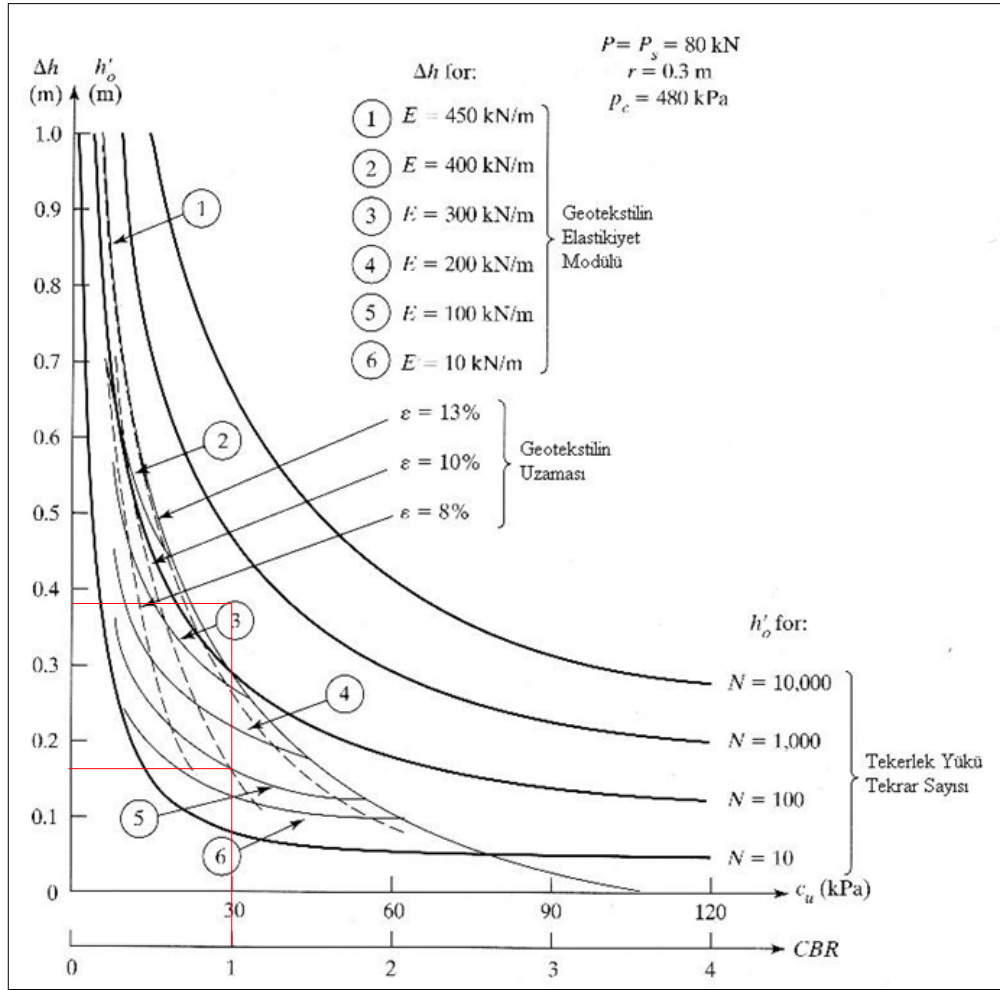
Ocak ile konkasör arası nakil mesafesi : 300 m

Kullanım suyunun nakil mesafesi : 5000 m

5.1.1.2 Tabaka kalınlıklarının belirlenmesi

Bu veriler doğrultusunda Şekil 4.2.'deki abak kullanılarak N ve CBR değerleri yardımıyla h_o' , E ve CBR değeri yardımıyla ise Δh hesaplanır.

Şekil 5.1.'deki abakta görüldüğü gibi proje verileri doğrultusunda, geotekstil kullanılmaması durumundaki alt temel tabaka kalınlığı 0,38 m, geotekstil kullanılması durumunda temel tabakası kalınlığındaki azalma ise 0,17 m olmaktadır. Böylece geotekstil kullanılması durumundaki tabaka kalınlığı 0,21 m olarak bulunur.



Şekil 5.1 : Proje verilerine göre kaplama kalınlığının belirlenmesi.

5.1.1.3 Birim Fiyatlar ve Metrajlar

Tabaka kalınlıklarındaki değişim doğrultusunda maliyetteki değişimin hesaplanması için kullanılacak birim fiyat analizleri, 2009 yılı birim fiyatları ve metrajlar şu şekildedir.

5.1.1.3.1 Geotekstil kullanılmaması durumu

Alttemel tabakası yapılması:

Poz No : 6000 (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Ocak taşından konkasörle kırılmış malzemeyle alttemel yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 26,15 TL/m³.

Geotekstilsiz Durumdaki Metraj : 10 m x 0,38 m x 1000 m = 3800 m³.

Taşın ocaktan konkasöre nakli:

Poz No : 07.005/K (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m³'ye kadar taşınması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 0,17 TL/m³.

Geotekstilsiz Durumdaki Metraj : 3800 m³.

Alttemel malzemesinin nakli:

Poz No : 07.006/K (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m³'den fazla taşınması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 5,95 TL/m³.

Geotekstilsiz Durumdaki Metraj : 3800 m³.

Su nakli:

Poz No : 07.005/K (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m³'ye kadar taşınması (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 2,45 TL/ton.

Geotekstilsiz Durumdaki Metraj : 380 ton.

5.1.1.3.2 Geotekstil Kullanılması Durumu

Alttemel tabakası yapılması:

Poz No : 6000 (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Ocak taşından konkasörle kırılmış malzemeyle alttemel yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 26,15 TL/m³.

Geotekstilli Durumdaki Metraj : $10 \text{ m} \times 0,21 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 2100 \text{ m}^3$.

Taşın ocaktan konkasöre nakli:

Poz No : 07.005/K (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m³'ye kadar taşınması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 0,17 TL/m³.

Geotekstilli Durumdaki Metraj : 2100 m³.

Alttemel malzemesinin nakli:

Poz No : 07.006/K (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m³'den fazla taşınması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 5,95 TL/m³.

Geotekstilli Durumdaki Metraj : 2100 m³.

Su nakli:

Poz No : 07.005/K (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m³'ye kadar taşınması (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 2,45 TL/ton

Geotekstilli Durumdaki Metraj : 210 ton

Geotekstil serilmesi:

Poz No : 18.470/A (Bayındırlık Bakanlığı Yeni Fiyat Analizi).

Poz Tanımı : 40 kN/m örgülü polipropilen geotekstilin temini ve serilmesi (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 3,24 TL/m².

Geotekstilli Durumdaki Metraj : 10000 m².

5.1.1.4 Maliyet karşılaştırması

Çizelge 5.1 : Geotekstil donatısız durumda kaplamasız yol maliyeti.

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar
1	6000	Ocak taşından konkasörle kırılmış malzemeyle alttemel yapılması	M3	26,15	3.800,00	99.370,00
2	07.005/KT	Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m'ye kadar taşınması (Taşın Konkasöre Nakli)	M3	0,17	3.800,00	646,00
3	07.005/KS	Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m'ye kadar taşınması (Su Nakli)	TON	2,45	380,00	931,00
4	07.006/K	Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m'den fazla taşınması (Alttemel Malzemesinin Nakli)	M3	5,95	3.800,00	22.610,00
TOPLAM						123.557,00

Çizelge 5.2 : Geotekstil donatılı durumda kaplamasız yol maliyeti.

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar
1	6000	Ocak taşından konkasörle kırılmış malzemeyle alttemel yapılması	M3	26,15	2.100,00	54.915,00
2	07.005/KT	Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m'ye kadar taşınması (Taşın Konkasöre Nakli)	M3	0,17	2.100,00	357,00
3	07.005/KS	Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m'ye kadar taşınması (Su Nakli)	TON	2,45	210,00	5145,00
4	07.006/K	Kazı harici inşaat malzemesinin 10.000 m'den fazla taşınması (Alttemel Malzemesinin Nakli)	M3	5,95	2.100,00	12.495,00
5	18.470/A	40 kN/m örgülü polipropilen geotekstilin temini ve serilmesi	M2	3,24	10.000,00	32.400,00
TOPLAM						105.312,00

Yukarıdaki tablolarda görüleceği üzere inşa edilecek yolun geotekstil kullanılmaması durumundaki maliyeti 123.557,00 TL iken geotekstil kullanılması durumunda maliyet 105.312,00 TL'ye düşmektedir. Geotekstil kullanımı ile maliyetin yaklaşık % 15 oranında azaltılması mümkün olmaktadır.

5.2 İstinat Duvarları

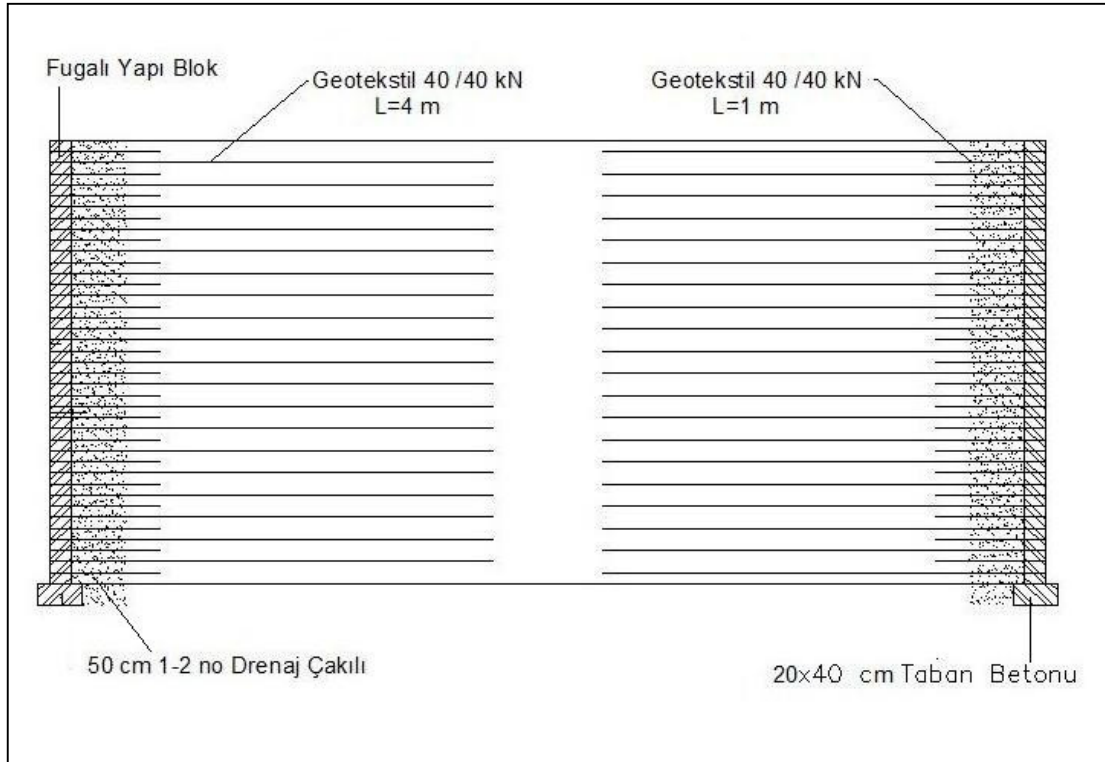
Köprü yaklaşım yollarının yapımında, sırt sırta inşa edilen istinat duvarları arası doldurulmak suretiyle sıkça kullanılır. Bununla birlikte geotekstil donatılı duvar uygulaması da klasik istinat duvarlarına alternatif oluşturur.

5.2.1 İstinat duvarları için örnek maliyet karşılaştırması (h=4.00)

5.2.1.1 Geotekstil donatılı duvar (h=4.00 m)

5.2.1.1.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri

Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre hazırlanan ve geotekstil donatılı duvar kullanılan köprü yaklaşım yoluna ait enkesit Şekil 5.2.'de gösterilmektedir. Bu kesite sahip 4.00 m yüksekliğinde, 9,00 m genişliğinde ve 10,00 m uzunluğundaki bir köprü yaklaşım yolunun maliyeti şu şekildedir.



Şekil 5.2 : 4.00 m yüksekliğinde geotekstil donatılı duvar kesiti.

5.2.1.1.2 Birim Fiyatlar ve Metrajlar

Taban betonu;

Poz No : 16.002/K-1 (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Her dozda demirsiz beton (Beton santrali ile) (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 73,21 TL/m³.

Metraj : 2 x 10 m x 0.20 m x 0.40 m = 1.60 m³.

Dolgu;

Poz No : 15.140/5 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 8,71 TL/m³.

Metraj : 10 m x 7.62 m x 4.00 m = 304.80 m³.

Drenaj;

Poz No : 15.140/6 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ocak taşından drenaj yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 33,23 TL/m³.

Metraj : 10 m x 1.00 m x 4.00 m = 40.00 m³.

Geotekstil serilmesi;

Poz No : 18.470/A (Bayındırlık Bakanlığı Yeni Fiyat Analizi).

Poz Tanımı : 40 kN/m örgülü polipropilen geotekstilin temini ve serilmesi (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 3,24 TL/m².

Metraj : 40 x 5 m x 10 m = 2000.00 m².

Cephe kaplaması;

Poz No : YFZ.01 (Yeni Fiyat Analizi).

Poz Tanımı : 19x39x19 cm boyutlarında beton elemanın temini ve montajı (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 66,15 TL/m².

Metraj : 2 x 4.00 x 10 m = 80.00 m²

Drenaj malzemesi nakli:

Poz No : SNBF.14 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kırmataş nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 22,78 TL/m³.

Metraj : 40.00 m³.

Dolgu nakli:

Poz No : SNBF.15 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kum çakıl nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 20,24 TL/m³.

Metraj : 304.80 m³.

Taban betonu nakli:

Poz No : SNBF.29 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Hazır beton nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 16,51 TL/m³.

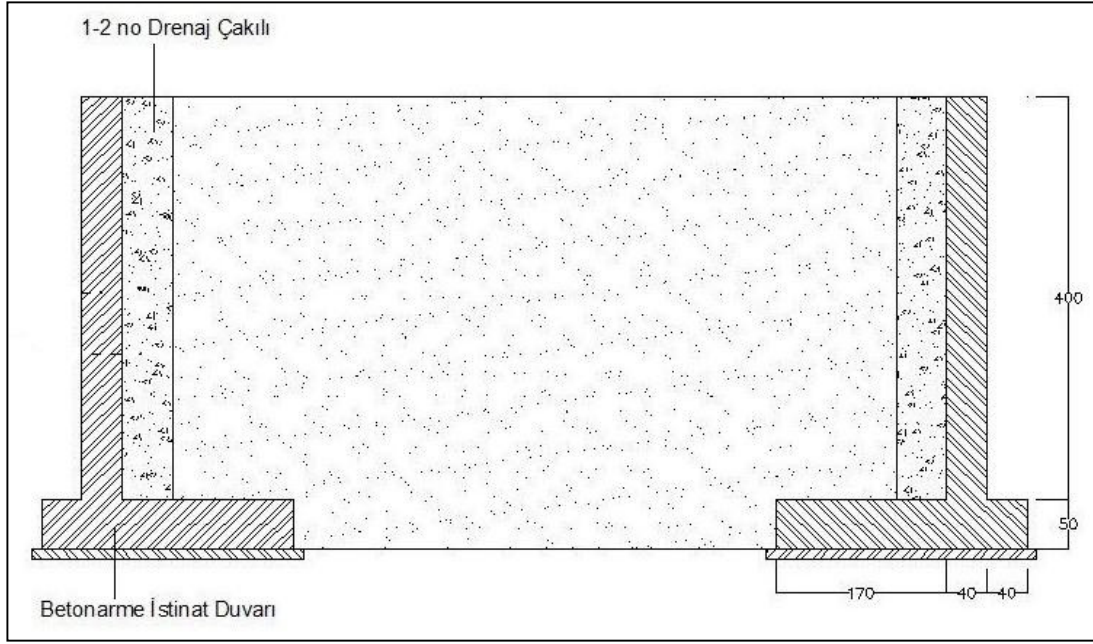
Metraj : 1.60 m³.

5.2.1.2 Betonarme istinat duvarı (h=4.00 m)

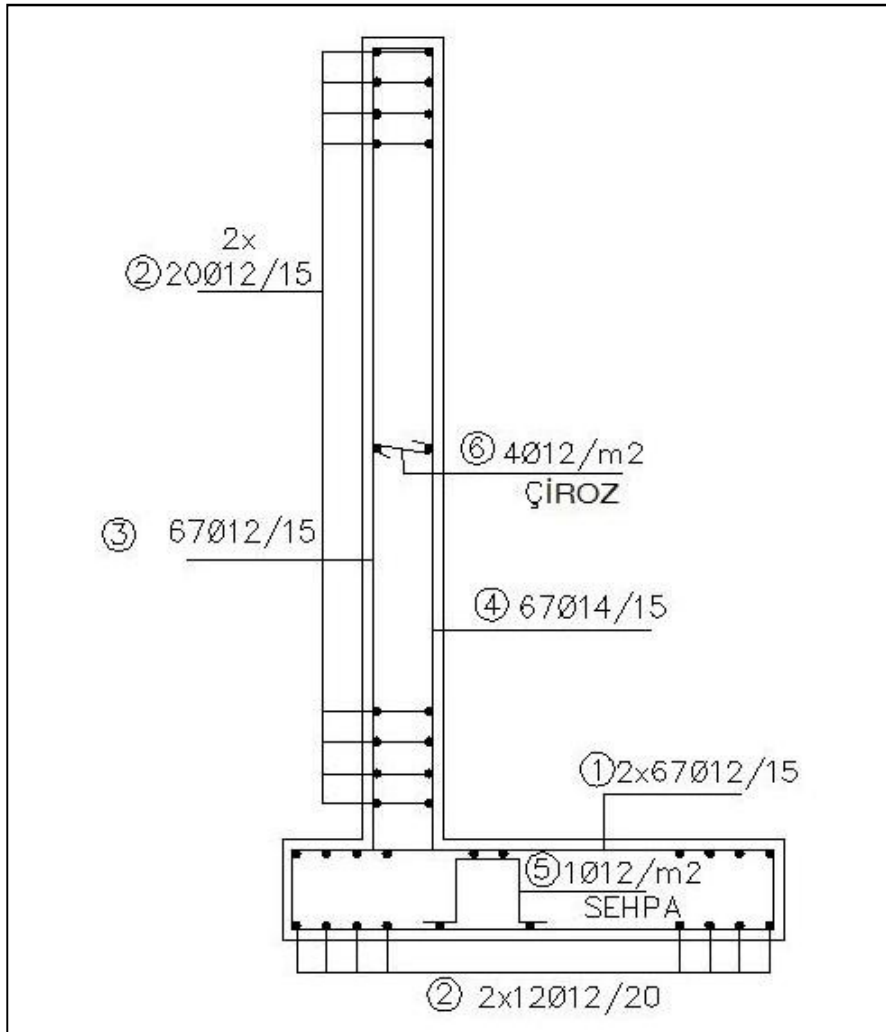
5.2.1.2.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri

İlgili yönetmeliklere göre hazırlanan ve betonarme istinat duvarı kullanılan köprü yaklaşım yoluna ait enkesit Şekil 5.3'da gösterilmektedir. Kesitteki yaklaşım yolu 4.00 m yüksekliğinde, 9,00 m genişliğinde ve 10,00 m uzunluğundadır. İstinat duvarı arkasında genişliği 50 cm olan bir drenaj tabakası bulunmaktadır. İstinat duvarı inşasında kullanılan beton sınıfı C.25, betonarme çeliği ise S.420'dir. 10 m uzunluğundaki yaklaşım yolunun bir tarafındaki betonarme istinat duvarına ait donatı planı Şekil 5.4'de verilmiştir. Yine yaklaşım yolunun bir tarafındaki betonarme istinat duvarına ait donatı metrajı ise Çizelge 5.3'deki tabloda hesaplanmıştır.

Bu veriler doğrultusunda betonarme inşa edilecek köprü yaklaşım yolunun metrajları ve maliyeti şu şekildedir.

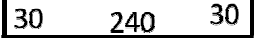
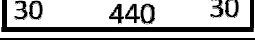
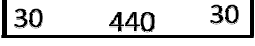
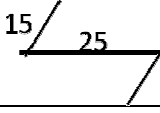


Şekil 5.3 : 4.00 m yüksekliğinde betonarme istinat duvar kesiti.



Şekil 5.4 : Betonarme istinat duvarı donatı planı (H=4.00 m).

Çizelge 5.3 : Betonarme istinat duvarı donatı metrajı (H=4.00 m).

POZ NO	ÇAP	ADET	BOY	ŞEKİL	TOPLAM BOY	
					Ø12	Ø14
1	Ø12	134	3,00		402,00	
2	Ø12	64	10,00		640,00	
3	Ø12	67	5,00		335,00	
4	Ø14	67	2,00			134,00
5	Ø12	25	1,80		45,00	
6	Ø12	160	0,55		88,00	
TOPLAM BOY					1510,00	134,00
BİRİM AĞIRLIK					0,888	1,210
AĞIRLIK					1.340,88	162,14
TOPLAM AĞIRLIK					1.340,880	162,140

5.2.1.2.2 Birim fiyatlar ve metrajlar

Taban betonu:

Poz No : 16.002/K-1 (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Her dozda demirsiz beton (Beton santrali ile) (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 73,21 TL/m³.

Metraj : 2 x 10 m x 2.70 m x 0.10 m = 5.40 m³.

Kalıp:

Poz No : 21.013 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Rendeli düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 19,64 TL/m².

Metraj : 2 x 10 m x 2 x (4.00 m + 0.50 m) = 180.00 m².

Kalıp iskelesi:

Poz No : 21.059 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : En yüksek noktası (yüksekliği) 6.01-8 m'ye kadar olan yapı ve sınai imalata (köprüler hariç) ait ahşap kalıp iskelesi (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 7,39 TL/m².

Metraj : 2 x 2 x 10 m x 4.00 m = 160.00 m².

Betonarme betonu:

Poz No : 16.059/A (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 25/30 (BS 25 B 300) olan hazır beton dökülmesi (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 112,41 TL/m³.

Metraj : 2 x 10 m x (4.00 m 0.40 + 0.50 m x 2.50 m) = 57.00 m³.

Donatı:

Poz No : 23.014 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 1478,75 TL/ton.

Metraj : $2 \times 1.34 = 2.68$ ton.

Donatı:

Poz No : 23.015 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ø 14 - Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 1384,06 TL/ton.

Metraj : $2 \times 0.16 = 0.32$ ton.

Dolgu:

Poz No : 15.140/5 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 8,71 TL/m³.

Metraj : $10 \text{ m} \times 7.20 \text{ m} \times 4.00 \text{ m} = 288.00 \text{ m}^3$.

Drenaj:

Poz No : 15.140/6 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ocak taşından drenaj yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 33,23 TL/m³.

Metraj : $2 \times 10 \text{ m} \times 0.50 \text{ m} \times 4.00 \text{ m} = 40.00 \text{ m}^3$.

Drenaj malzemesi nakli:

Poz No : SNBF.14 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kırmataş nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 22,78 TL/m³.

Metraj : 40.00 m^3 .

Dolgu nakli:

Poz No : SNBF.15 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kum çakıl nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 20,24 TL/m³.

Metraj : 288.00 m³.

Nervürlü çelik nakli:

Poz No : SNBF.21/B (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Nervürlü çelik nakli (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 124,51 TL/ton.

Metraj : 3.00 ton.

Taban betonu nakli:

Poz No : SNBF.29 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Hazır beton nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 16,51 TL/m³.

Metraj : 5.40 m³.

5.2.1.3 Maliyet karşılaştırması (H=4.00 m)

Çizelge 5.4 : Geotekstil donatılı duvar maliyeti (H=4.00).

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar
1	15.140/5	Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması	M3	8,71	304,80	2.654,81
2	15.140/6	Ocak taşından drenaj yapılması	M3	33,23	40,00	1.329,20
3	16.002/K-1	Her dozda demirsiz beton	M3	73,21	1,60	117,14
4	18.470/A	40 kN/m örgülü polipropilen geotekstilin temini ve serilmesi	M2	3,24	2.000,00	6.480,00
5	YFZ.01	19x39x19 cm boyutlarında beton elemanın temini ve montajı	M2	66,15	80,00	5.292,00
6	SNBF.14	Kırmataş nakli	M3	22,78	40,00	911,20
7	SNBF.15	Kum çakıl nakli	M3	20,24	304,80	6.169,15
8	SNBF.29	Hazır beton nakli	M3	16,51	1,60	26,42
TOPLAM						22.979,91

Çizelge 5.5 : Betonarme istinat duvarı maliyeti (H=4.00 m).

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar
1	15.140/5	Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması	M3	8,71	288,00	2.508,48
2	15.140/6	Ocak taşından drenaj yapılması	M3	33,23	40,00	1.329,20
3	16.002/K-1	Her dozda demirsiz beton	M3	73,21	5,40	395,33
4	16.059/A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 25/30 (BS 25 B 300) olan hazır beton dökülmesi	M3	112,41	57,00	6.407,37
5	21.013	Rendeli düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	M2	19,64	180,00	3.535,20
6	21.059	En yüksek noktası (yüksekliği) 6.01-8 m'ye kadar olan yapı ve sınai imalata (köprüler hariç) ait ahşap kalıp iskelesi	M2	7,39	160,00	1.182,40
7	23.014	Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması	TON	1.478,75	2,68	3.963,05
8	23.015	Ø 14 - Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması	TON	1.384,06	0,32	442,90
9	SNBF.14	Kırmataş nakli	M3	22,78	40,00	911,20
10	SNBF.15	Kum çakıl nakli	M3	20,24	288,00	5.829,12
11	SNBF.21/B	Nervürlü çelik nakli	TON	124,51	3,00	373,53
12	SNBF.29	Hazır beton nakli	M3	16,51	5,40	89,15
TOPLAM						26.966,94

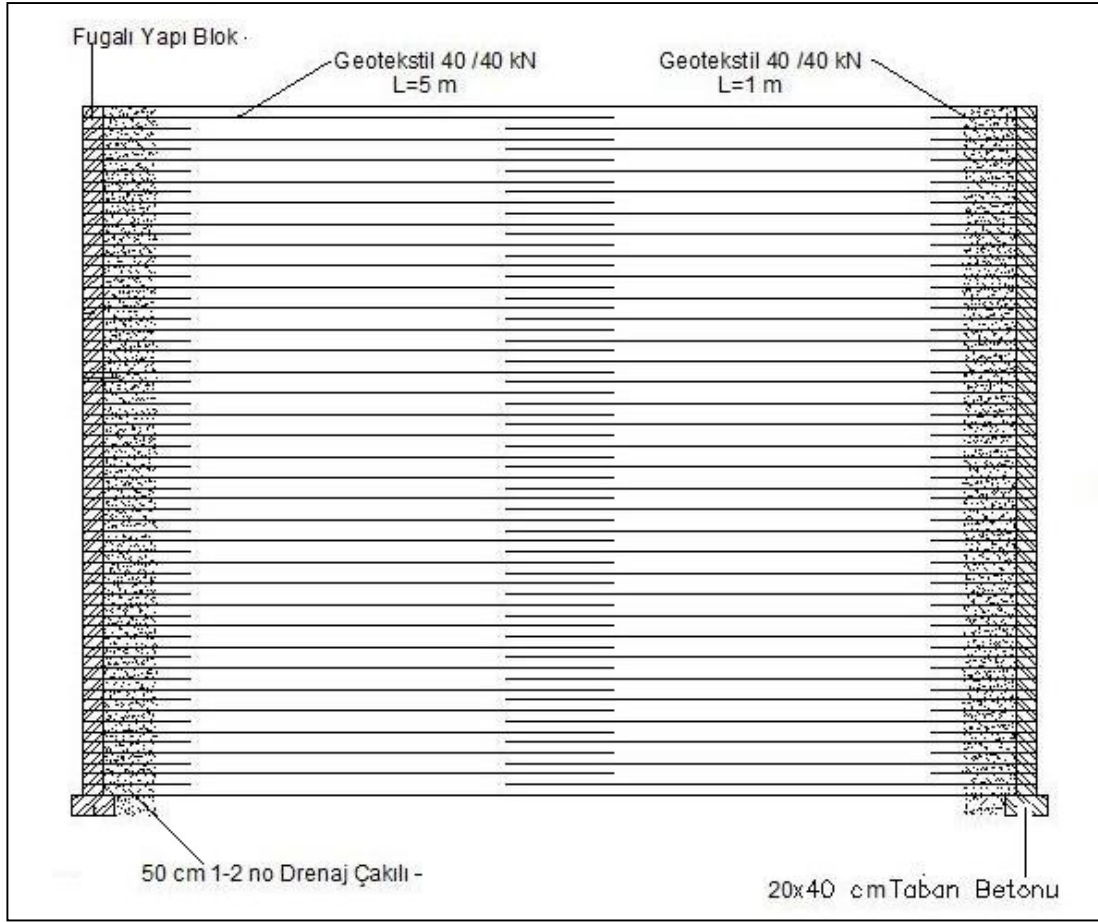
10.00 m uzunluğunda ve 4.00 m yüksekliğinde köprü yaklaşım yolunun geotekstil donatılı duvar yöntemiyle yapılması durumundaki maliyeti 22.979,91 TL iken, betonarme istinat duvarı yöntemiyle yapılması durumunda maliyeti 26.966,94 TL'ye yükselmektedir. Bu da yaklaşık %15 oranında bir maliyet artışına karşılık gelmektedir.

5.2.2 İstinat duvarları için örnek maliyet karşılaştırması (h=6.50)

5.2.2.1 Geotekstil donatılı duvar (h=6.50 m)

5.2.2.1.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri

Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre hazırlanan ve geotekstil donatılı duvar kullanılan köprü yaklaşım yoluna ait enkesit Şekil 5.5.'de gösterilmektedir. Bu kesite sahip 6,50 m yüksekliğinde, 9,00 m genişliğinde ve 10,00 m uzunluğundaki bir köprü yaklaşım yolunun maliyeti şu şekildedir.



Şekil 5.5 : 6.50 m yüksekliğinde geotekstil donatılı duvar kesiti.

5.2.2.1.2 Birim fiyatlar ve metrajlar

Taban betonu;

Poz No : 16.002/K-1 (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Her dozda demirsiz beton (Beton santrali ile) (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 73,21 TL/m³.

Metraj : 2 x 10 m x 0.20 m x 0.40 m = 1.60 m³.

Dolgu:

Poz No : 15.140/5 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 8,71 TL/m³.

Metraj : 10 m x 7.62 m x 6.50 m = 495.30 m³.

Drenaj:

Poz No : 15.140/6 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ocak taşından drenaj yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 33,23 TL/m³.

Metraj : 10 m x 1.00 m x 6.50 m = 65.00 m³.

Geotekstil serilmesi:

Poz No : 18.470/A (Bayındırlık Bakanlığı Yeni Fiyat Analizi).

Poz Tanımı : 40 kN/m örgülü polipropilen geotekstilin temini ve serilmesi (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 3,24 TL/m².

Metraj : 65 x 6 m x 10 m = 3900.00 m².

Cephe kaplaması:

Poz No : YFZ.01 (Yeni Fiyat Analizi).

Poz Tanımı : 19x39x19 cm boyutlarında beton elemanın temini ve montajı (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 66,15 TL/m².

Metraj : 2 x 6.50 x 10 m = 130.00 m².

Drenaj malzemesi nakli:

Poz No : SNBF.14 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kırmataş nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 22,78 TL/m³.

Metraj : 65.00 m³.

Dolgu nakli:

Poz No : SNBF.15 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kum çakıl nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 20,24 TL/m³.

Metraj : 65 x 6 m x 10 m = 495.30 m³.

Taban betonu nakli:

Poz No : SNBF.29 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Hazır beton nakli (m³).

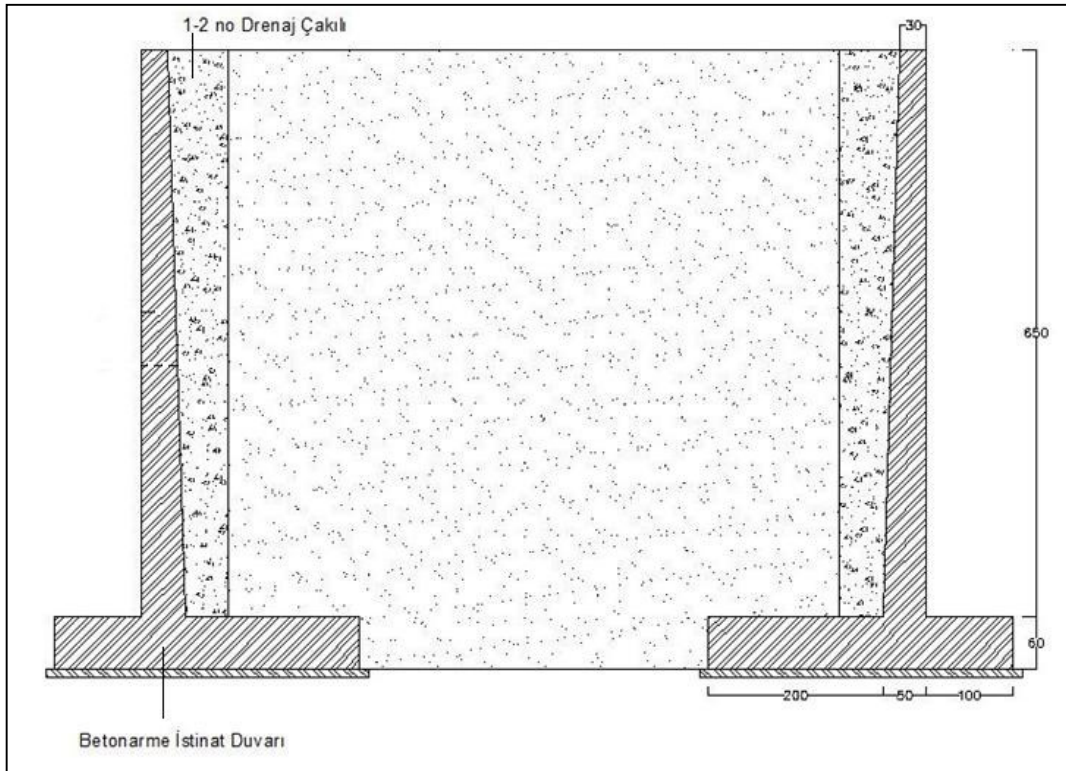
2009 Yılı Birim Fiyatı : 16,51 TL/m³.

Metraj : 1.60 m³.

5.2.2.2 Betonarme istinat duvarı (h=6.50 m)

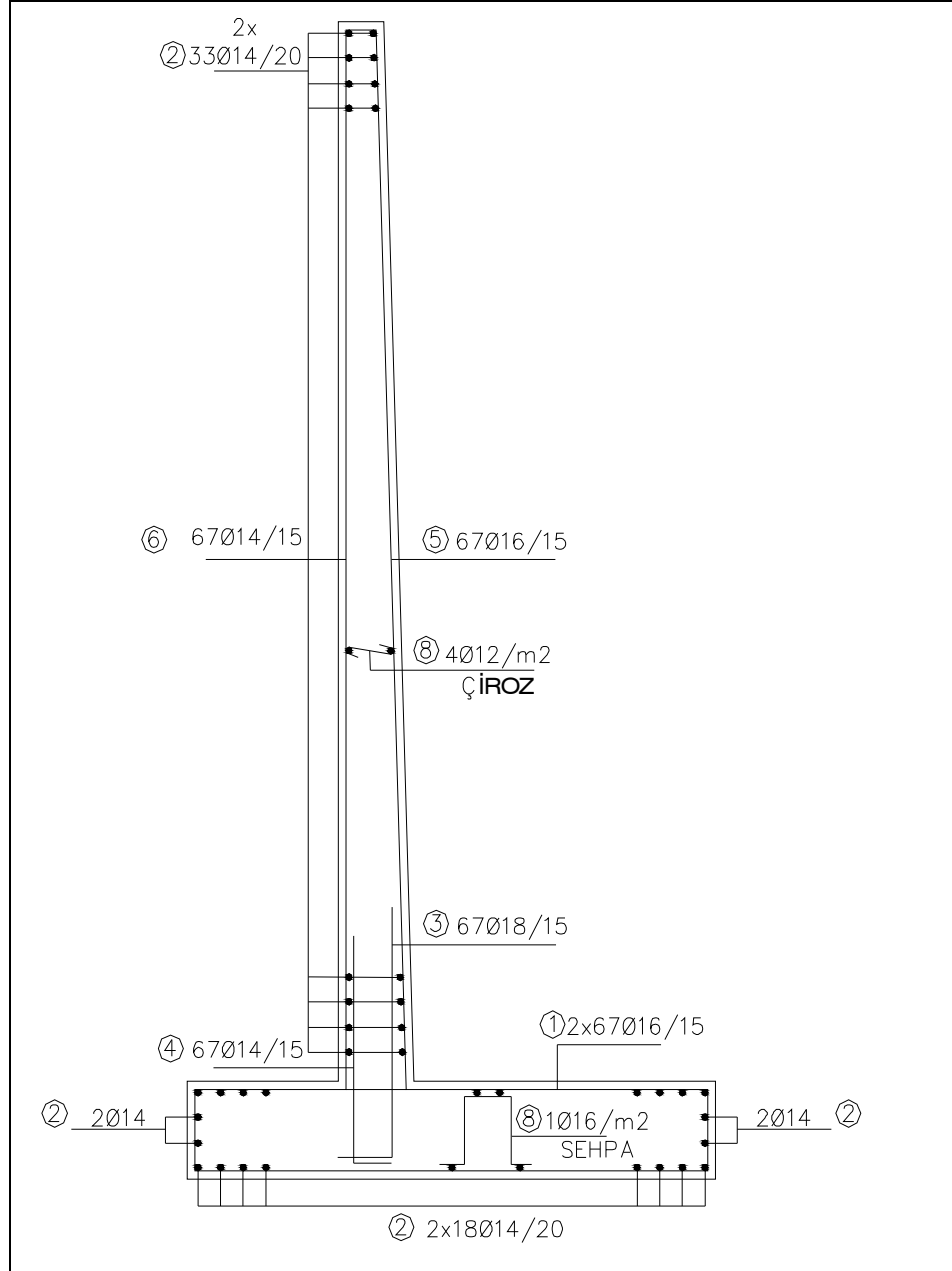
5.2.2.2.1 Karşılaştırmaya esas proje verileri

İlgili yönetmeliklere göre hazırlanan ve betonarme istinat duvarı kullanılan köprü yaklaşım yoluna ait enkesit Şekil 5.6'de gösterilmektedir. Kesitteki yaklaşım yolu 6,50 m yüksekliğinde, 9,00 m genişliğinde ve 10,00 m uzunluğundadır.



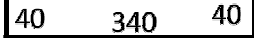
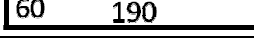
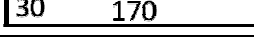
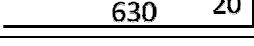
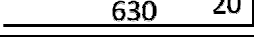
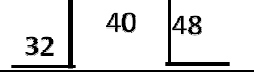
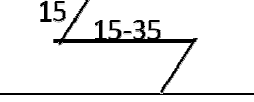
Şekil 5.6 : 6.50 m yüksekliğinde betonarme istinat duvar kesiti.

İstinat duvarı arkasında ortalama genişliği 60 cm olan bir drenaj tabakası bulunmaktadır. İstinat duvarı inşasında kullanılan beton sınıfı C.25, betonarme çeliği ise S.420'dir. 10 m uzunluğundaki yaklaşım yolunun bir tarafındaki betonarme istinat duvarına ait donatı planı Şekil 5.7'de verilmiştir. Yine yaklaşım yolunun bir tarafındaki betonarme istinat duvarına ait donatı metrajı ise Çizelge 5.6'deki tabloda hesaplanmıştır. Bu veriler doğrultusunda betonarme inşa edilecek köprü yaklaşım yolunun metrajları ve maliyeti şu şekildedir.



Şekil 5.7 : Betonarme istinat duvarı donatı planı (H=6.50 m).

Çizelge 5.6 : Betonarme istinat duvarı donatı metrajı (H=6.50 m).

POZ NO	ÇAP	ADET	BOY	ŞEKİL	TOPLAM BOY			
					Ø12	Ø14	Ø16	Ø18
1	Ø16	134	4,20				562,80	
2	Ø14	106	10,00			1060,00		
3	Ø18	67	2,50					167,50
4	Ø14	67	2,00			134,00		
5	Ø16	67	6,50				435,50	
6	Ø14	67	6,50			435,50		
7	Ø16	35	2,00				70,00	
8	Ø12	260	0,55		143,00			
TOPLAM BOY					143,00	1629,50	1068,30	167,50
BİRİM AĞIRLIK					0,888	1,210	1,580	2,000
AĞIRLIK					126,98	1.971,70	1.687,91	335,00
TOPLAM AĞIRLIK					126,984	3.994,609		

5.2.2.2.2 Birim fiyatlar ve metrajlar

Taban betonu;

Poz No : 16.002/K-1 (Karayolları Genel Müdürlüğü).

Poz Tanımı : Her dozda demirsiz beton (Beton santrali ile) (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 73,21 TL/m³.

Metraj : 2 x 10 m x 3.70 m x 0.10 m = 7.40 m³.

Kalıp;

Poz No : 21.013 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Rendeli düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 19,64 TL/m².

Metraj : 2 x 10 m x 2 x (6.50 m + 0.60 m) = 284.00 m².

Kalıp iskelesi;

Poz No : 21.059 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : En yüksek noktası (yüksekliği) 6.01-8 m'ye kadar olan yapı ve sınai imalata (köprüler hariç) ait ahşap kalıp iskelesi (m²).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 7,39 TL/m².

Metraj : 2 x 2 x 10 m x 6.50 m = 260.00 m².

Betonarme betonu;

Poz No : 16.059/A (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 25/30 (BS 25 B 300) olan hazır beton dökülmesi (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 112,41 TL/m³.

Metraj : 2 x 10 m x (6.50 m 0.40 + 0.60 m x 3.50 m) = 94.00 m³.

Donatı;

Poz No : 23.014 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 1478,75 TL/ton.

Metraj : $2 \times 0.127 = 0.254$ ton.

Donatı:

Poz No : 23.015 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ø 14 - Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 1384,06 TL/ton.

Metraj : $2 \times 3.99 = 7.98$ ton.

Dolgu:

Poz No : 15.140/5 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 8,71 TL/m³.

Metraj : $10 \text{ m} \times 7.00 \text{ m} \times 6.50 \text{ m} = 455.00 \text{ m}^3$.

Drenaj:

Poz No : 15.140/6 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Ocak taşından drenaj yapılması (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 33,23 TL/m³.

Metraj : $2 \times 10 \text{ m} \times 0.60 \text{ m} \times 6.50 \text{ m} = 78.00 \text{ m}^3$.

Drenaj malzemesi nakli:

Poz No : SNBF.14 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kırmataş nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 22,78 TL/m³.

Metraj : 78.00 m^3 .

Dolgu nakli:

Poz No : SNBF.15 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Kum çakıl nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 20,24 TL/m³.

Metraj : 455.00 m³.

Nervürlü çelik nakli:

Poz No : SNBF.21/B (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Nervürlü çelik nakli (ton).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 124,51 TL/ton.

Metraj : 8.23 ton.

Taban betonu nakli:

Poz No : SNBF.29 (Bayındırlık Bakanlığı).

Poz Tanımı : Hazır beton nakli (m³).

2009 Yılı Birim Fiyatı : 16,51 TL/m³.

Metraj : 7.40 m³.

5.2.2.3 Maliyet karşılaştırması (H=6.50 m)

Çizelge 5.7 : Geotekstil donatılı duvar maliyeti (H=6.50).

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar
1	15.140/5	Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması	M3	8,71	495,30	4.314,06
2	15.140/6	Ocak taşından drenaj yapılması	M3	33,23	65,00	2.159,95
3	16.002/K-1	Her dozda demirsiz beton	M3	73,21	1,60	117,14
4	18.470/A	40 kN/m örgülü polipropilen geotekstilin temini ve serilmesi	M2	3,24	3.900,00	12.636,00
5	YFZ.01	19x39x19 cm boyutlarında beton elemanın temini ve montajı	M2	66,15	130,00	8.599,50
6	SNBF.14	Kırmataş nakli	M3	22,78	65,00	1.480,70
7	SNBF.15	Kum çakıl nakli	M3	20,24	495,30	10.024,87
8	SNBF.29	Hazır beton nakli	M3	16,51	1,60	26,42
TOPLAM						39.358,64

Çizelge 5.8 : Betonarme istinat duvarı maliyeti (H=6.50).

Sıra No	Poz No	İşin Tanımı	Birim	Birim Fiyat	Miktar	Tutar
1	15.140/5	Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması	M3	8,71	455,00	3.963,05
2	15.140/6	Ocak taşından drenaj yapılması	M3	33,23	78,00	2.591,94
3	16.002/K-1	Her dozda demirsiz beton	M3	73,21	7,40	541,75
4	16.059/A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 25/30 (BS 25 B 300) olan hazır beton dökülmesi	M3	112,41	94,00	10.566,54
5	21.013	Rendeli düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı	M2	19,64	284,00	5.577,76
6	21.059	En yüksek noktası (yüksekliği) 6.01-8 m'ye kadar olan yapı ve sınırlı imalata (köprüler hariç) ait ahşap kalıp iskelesi	M2	7,39	260,00	1.921,40
7	23.014	Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması	TON	1.478,75	0,25	375,60
8	23.015	Ø 14 - Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması	TON	1.384,06	7,98	11.044,80
9	SNBF.14	Kırmataş nakli	M3	22,78	78,00	1.776,84
10	SNBF.15	Kum çakıl nakli	M3	20,24	455,00	9.209,20
11	SNBF.21/B	Nervürlü çelik nakli	TON	124,51	8,23	1.024,72
12	SNBF.29	Hazır beton nakli	M3	16,51	7,40	122,17
TOPLAM						48.715,78

10.00 m. uzunluğunda ve 6.50 m yüksekliğindeki bir köprü yaklaşım yolunun geotekstil donatılı duvar yöntemiyle inşası halindeki maliyeti 39.358,64 TL olurken, aynı yaklaşım yolunun betonarme istinat duvarı kullanılarak inşası halindeki maliyeti 48.715,78 TL'ye çıkmaktadır. Sonuç olarak geotekstil donatılı duvar kullanılması durumunda maliyetin yaklaşık %20 oranında azaltılması mümkün olmaktadır.

6. SONUÇLAR

Son 40 yılda çok hızlı bir gelişim gösteren geotekstillerin kullanımı, uygulamada sağladığı kolaylıklar, uygulama hızı ve ekonomik çözümler sunması nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır.

Kaplamalı ve kaplamasız yollarda temel tabakası altında kullanılan geotekstil, kaplama kalınlığının büyük ölçüde azalmasını sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada, geotekstil kullanımının temel tabakası kalınlığında %45'e varan oranda bir azalma sağladığı görülmüştür. Bu durum özellikle malzeme kaynağının uzak olduğu uygulamalarda inşa süresinin azaltılması ve işin hızlandırılması açısından son derece önemlidir. Nitekim, temel tabakasındaki %45'lik kalınlık azalması sonucunda söz konusu yolun kilometre maliyetinde %15 oranında bir azalmaya karşılık gelmektedir.

Kaplamalı ve kaplamasız yollarda, ayırma fonksiyonunun bir sonucu olarak agreganın zayıf zemine karışmasını, zayıf zemin içindeki ince partiküllerin pompaj etkisiyle agrega tabakasının içine karışmasını ve tabaka kalitesinin düşmesini engellemesi gibi önemli işlevleri vardır. Bunun yanında güçlendirme fonksiyonu sayesinde zeminin taşıma gücünü arttırması, yol yüzeyindeki yüklerin daha üniform bir şekilde dağılmasını sağlaması ve yüzeydeki bozulmaları önlemesi nedeniyle yapı ömrünü önemli ölçüde arttırmaktadır.

İstinat duvarı yapımında geotekstil kullanımı, zaman açısından da son derece önemlidir. Klasik istinat duvarlarında özellikle demir işçiliği, kalıp işçiliği ve beton priz süresi düşünüldüğünde, saha imalatları çok daha kısa sürede tamamlanabilen geotekstil donatılı duvarlar, uygulamada çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca zayıf zeminlerde kolay inşa edilebilmesi açısından da geotekstil donatılı duvarlar, klasik istinat duvarlarına göre daha avantajlı yapılardır.

İstinat duvarları inşasında geotekstil kullanımının sağladığı faydalardan bir diğeri de yol inşaatlarında olduğu gibi ekonomik çözümler sunmalarıdır. Betonarme istinat duvarlarının çalışma prensibi, dolgudan kaynaklanan yatay toprak basıncının duvara

taşıtılmasıdır. Dolayısıyla duvar yüksekliği arttıkça duvara etkiyen yatay toprak basıncı da artmakta, sonuç olarak da istinat duvarının kesiti büyümektedir. Bu durum kullanılan beton ve demir metrajını arttırmakta, işçilik maliyetini de yükseltmektedir.

Geotekstil donatılı duvarların çalışma prensibi ise yatay toprak basıncının, zemin ve geotekstil arasındaki sürtünme yoluyla çekme gerilmesi olarak geotekstil tabakalarına taşınması şeklindedir. Duvar yüksekliğinin artması durumunda dolgu tabakalarının aralığı azaltılarak duvar inşası yapılabilir. Bu durumda geotekstil metrajı artmakla birlikte, klasik istinat duvarlarıyla karşılaştırıldığında, malzeme ve işçilik açısından daha düşük maliyetlerle duvar inşası mümkün olmaktadır.

Ayrıca, çalışmada yapılan maliyet araştırması ile 10.00 m birim uzunlukta, 4.00 ve 6.50 m yükseklikteki köprü yaklaşım yollarının klasik istinat duvarı ve geotekstil donatılı duvar yöntemiyle inşa edilmesi halindeki maliyetler hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 10.00 m birim uzunlukta, 4.00 m yükseklikte bir köprü yaklaşım yolunun geotekstil donatılı duvar kullanılarak inşası ile klasik istinat duvarı kullanılarak inşasına göre %15 oranında bir maliyet azalması sağlandığı saptanmıştır. Duvar yüksekliği 6,50 m'ye çıktığında ise 10.00 m birim uzunlukta bir yaklaşım yolunun maliyetindeki azalma %20'ye çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akçalı, Ü.**, 2006, 2006 Yılı İnşaat Birim Fiyat Analizleri, Şafak Matbaacılık, Ankara.
- Aksoy, İ. M.**, 1993, Modern Yol İnşaatında Geotekstil ve Geogrid Uygulaması Konularında Araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Archer, S.**, 2008, Subgrade Improvement for Paved and Unpaved Surfaces Using Geogrids, *Professional Development Hours Dergisi*, Aralık Sayısı, 1-12.
- Bağcı F.**, 2007, Geosentetiklerle Projelendirme ve Zemin-Geosentetik Arayüzey Sürtünme Açılarının Değişik Geosentetik ve Zemin Türleri İçin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, 2009, 2009 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, İller Bankası Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Charles, P. ve Walker, N.**, 1991, Guide to Geotextiles, Australian Road Research Board, Victoria.
- Güler, E.**, 2006, Geosentetik Donatılı İstinat Duvarı (Geoduvvar) Bir Şartname Taslağı, 2. *Ulusal Geosentetikler Konferansı*, Boğaziçi Üniversitesi 16-17 Kasım 2006, 221-227.
- Friloux, R. L. ve Flom, B. E.** 1999, Geogrid Reinforcement Creates Right-of-Way and Saves Money, *GFR Magazine Dergisi*, Ağustos Sayısı, 41-44.
- Holtz, R. D.**, 2001. Geosynthetics For Soil Reinforcement, 9th Spencer J. Buchanan Lecture, 1-19.
- Ingold, T.S. ve Miller, K.S.**, 1988, Geotextiles Handbook, Thomas Telford Limited, London.
- Karagül, B. Ç.**, 2006, Geosentetikler, Geogridler, *Dizayn Konstrüksiyon Dergisi*, Sayı 252, 41-42.
- Karayolları Genel Müdürlüğü**, 2004, Birim Fiyat Tarifi (Yol, Köprü, Sanat Yapıları ve Tünel İşleri).
- Koerner, R. M.**, 1998, Designing with Geosynthetics, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Öztekin, A.**, 1992, Geotekstil Üzerine Bir İnceleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shukla, S. K.**, 2002, Geosynthetics and Their Applications, Thomas Telford Publishing, London.

- Shukla, S. K. ve Yin, J. H.**, 2006, Fundamentals of Geosynthetic Engineering, Taylor & Francis Group, London.
- Şenol, A., Gümüşer ve C., Bostancıoğlu, M.**, 2008, Kaplamalı Yollarda Geogrid Kullanılması Durumunda Agrega Kazanımı ve Fayda Maliyet İlişkisinin İncelenmesi, 3. *Ulusal Geosentetikler Konferansı*, Boğaziçi Üniversitesi 13-14 Kasım 2008, 27-39.
- Tunç, A.**, 2002, Yol Mühendisliğinde Geoteknik Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Url-1** < <http://www.birimfiyat.com/>>, alındığı tarih 04.08.2009.
- Url-2** < <http://www.birimfiyat.net/>>, alındığı tarih 04.08.2009.
- Url-3** < <http://www.polyfabrics.com.au/>>, alındığı tarih 06.03.2009.
- Url-4** < <http://www.propexinc.com/>>, alındığı tarih 21.03.2009.
- Yılmaz, H. R. ve Eskişar, T.**, 2007, Geosentetik Ürünlerin Geoteknik Mühendisliği Sorunlarının Çözümünde Kullanımı ve Sağlanan Faydalar, 2. *Geoteknik Sempozyumu*, İMO Adana 22-23 Kasım 2007, 437-452.
- Van Santvoort, G.**, 1994, Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering, A. A. Balkema Publishing, Rotterdam.

EKLER

EK A.1 : Birim Fiyatlar ve Analizleri

EK A.1

Tarih :01.01.2009

Sayfa No: 4

02-TAŞITLAR

Poz No	Tanımı	
	TAŞITLAR	
02.002	Üç at veya katır ile sürücünden ibaret taşıt katarı (veya beş eşek) (Gündelik) TL	44,00
02.016	Her cins hayvanla çekilen arabalar için taşıma katsayısı	26,50
02.017	Her cins ve tonajda motorlu araç taşıma katsayısı K:	145,00



Ödeme :

$F = 1,25 \times 0,00046 \times K \times \sqrt{M-0,00575 \times K}$ TL/m³ formülü ile, hesaplanarak yapılır.

Not :

(1) Poz 07.005/K daki Not (1) gibidir.

(2) Bu formülde;

($\sqrt{M}$), Brükner eğrisi üzerinden yukarıdaki esaslar dahilinde hesap edilen, metre cinsinden ortalama taşıma mesafelerinin kare-kökleri ortalamasıdır.

(F), 1 m³ malzemenin TL. olarak taşıma birim fiyatıdır.

Bu iş için :

K = Poz 07.005/K daki gibidir.

**07.005/K KAZIDAN BAŞKA İNŞAAT MALZEMELERİNİN TAŞINMASI
(10 000 m. ye Kadar) :**

Birim fiyat tariflerine taşıma bedelinin ayrıca ödeneceği yazılan, taşıma mesafeleri taşıma yolu üzerinden ölçülen ve Poz 07.004/K, 07.005/K-1 ve 07.005/K-2 de sayılanlar dışında kalan her türlü inşaat malzemesinin; Y.F.Ş.nin 16. kısmındaki esaslar dahilinde 10 000 m. ye kadar taşınması.

Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Malzemenin taşınması için lüzumlu işçilik, malzeme, makine, alât ve edevat masrafları ile müteahhit kârı ve genel masraflar.

Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar :

Yükleme, boşaltma, ambarlama, istif ve figüre.

Ölçü :

Taşınan malzemenin miktarı, hacim olarak metreküp cinsinden veya ağırlık olarak ton cinsinden, bunlara ait taşıma mesafesi ise, taşınan malzemenin taşınmadan evvel yerindeki ağırlık merkezi ile kullanıldığı veya idarece ihzar ettirildiği yerdeki ağırlık merkezi arasındaki metre cinsinden yatay mesafe olarak alınacaktır.

Taşıma mesafesi İdare tarafından tayin edilen, nakliyyede engel çıkarmayacak durumda bulunan, vasıtaların çalışabileceği en kısa yol olacaktır. Herhangi bir sebeple müteahhit taşımayı bu yoldan başka daha uzun bir yol takip ederek yapsa dahi hesaba esas olarak tayin edilen yol alınacaktır. Eğer daha kısa bir yol takip ederek taşıma yapmışsa bu takdirde, hesaba, takip edilen kısa yol alınacaktır. Taşınan malzemenin miktarı hacim olarak m³ cinsinden V1, V2, V3,, Vn, ağırlık olarak ton cinsinden G1, G2, G3,, Gn ve malzemenin taşınmadan evvel bulunduğu ve kullanıldığı veya ihzar ettirildiği yerlerdeki ağırlık merkezleri arasındaki mesafe olarak alınan metre cinsinden ortalama mesafeler, 10 000 m. veya daha az olmak üzere sırasıyla M1, M2, M3,, Mn ise, ortalama taşıma mesafelerinin karekökleri ortalaması;

I — Hacim esasına göre taşınan malzemeler için;

$$\sqrt{M} = \frac{V_1 \sqrt{M_1} + V_2 \sqrt{M_2} + V_3 \sqrt{M_3} + \dots + V_n \sqrt{M_n}}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}$$

II — Ağırlık esasına göre taşınan malzemeler için;

$$\sqrt{M} = \frac{G_1 \sqrt{M_1} + G_2 \sqrt{M_2} + G_3 \sqrt{M_3} + \dots + G_n \sqrt{M_n}}{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}$$

formülü ile hesaplanacaktır.

Ödeme :

Birim Fiyat Tariflerinde ve «Taşımaya, İnşaat ve İmalâtın Bünyesine Giren Malzeme Miktarlarına Esas Tablo (TABLO : 1)» da ölçü birimi m³ cinsinden gösterilen (su hariç) malzemelerin beher m³ ünün taşınması;

$F = A \times Y \times 1,25 \times 0,00017 \times K \times \sqrt{M}$ TL/m³ formülü ile hesaplanarak yapılır.

Birim Fiyat Tariflerinde ve «Taşımaya, İnşaat ve İmalâtın Bünyesine Giren Malzeme Miktarlarına Esas Tablo (TABLO : 1)» da ölçü birimi ton cinsinden gösterilen (su dahil) malzemelerin beher tonunun taşınması;

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

Not :

(1) Karayolu ile yapılan taşımalar hangi araçla yapılırsa yapılsın yukarıdaki formüller uygulanır.

(2) Her taşıma işinde taşınan malzemelerin bulunduğu yerdeki ve kullanıldığı yerdeki ağırlık merkezleri arasındaki ortalama mesafe 10 000 m. ye kadar olan taşımalar ayrı, 10 000 m. den fazla olan taşımalar ayrı olarak ödenir.

Y.F.Ş.nin 16. kısmındaki taşımalarda müşterek ödemelerin yapılabilmesi için; kullanılacak taşıma formüllerinin, yoğunlukların ve «A» katsayılarının aynı olması gerekir. Bu şartları haiz olan taşımalarda müşterek ($\sqrt{M}$) ve (M)'in hesaplanmasında da ilgili pozlardaki; taşıma mesafelerinin karekökleri ortalaması ($\sqrt{M}$) ve taşıma mesafelerinin ortalaması (M)'in hesaplanmasında izlenen yöntemler uygulanır.

(3) Bu formüllerde;

($\sqrt{M}$), Taşıma yolu üzerinden ölçülen metre cinsinden yatay mesafelere göre yukarıdaki esaslar dahilinde hesap edilen, ortalama taşıma mesafelerinin karekökleri ortalamasıdır.

(F), 1 m³ veya 1 ton malzemenin TL. olarak taşıma birim fiyatıdır. Kazı taşının (İmalâta girsin veya girmesin) taşınmasında da bu birim fiyat uygulanır.

Bu İş İçin :

K = ()

A = ()

(A için hizasında yazılı değer esas alınır. Ancak herhangi bir değer yazılmamışsa $A = 1,00$ kabul edilir. İhaleden sonra herhangi bir sebeple «A» değerinin tesbiti mümkün değildir.)

(Y), Malzemenin figüre (istif) edilmiş haline ait ortalama kabul edilmiş yoğunluğu (Birim Hacim Ağırlığı) olup, bu yoğunluk, malzeme cinslerine göre aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Birim Fiyat Tarifinin «Taşımaya, İnşaat ve İmalâtın Bünyesine Giren Malzeme Miktarlarına Esas Tablo (TABLO : 1)» da ölçü birimi m^3 cinsinden gösterilen malzemeler için de bu yoğunluklar esas alınacak ve uygulanacaktır.

Ayrıca iş sırasında, bu malzemelerin herhangi bir sebeple yoğunluklarının yeniden tesbiti bahis konusu değildir.

T A B L O : II

MALZEMENİN CİNSİ	YOĞUNLUĞU (Y)
Kum, çakıl, kum-çakıl, elermemiş (Tüvenan) stabilize veya alttemel ve temel malzemeleri, kırılarak elde edilmiş kırmataş, mıcır, agrega veya alttemel 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

07.005/K-1 ARİYET OCAĞINDAN GETİRİLECEK VEYA DEPOYA GİDECEK KAZININ TAŞINMASI (10 000 m. ye Kadar) :

Taşıma mesafeleri taşıma yolu üzerinden ölçülen, «Ariyet ocağından getirilecek veya depoya gidecek kazı malzemelerinin» birim fiyatına ortalama 100 m. ye kadar taşıma bedeli dahil edilmiş olup, ortalama taşıma mesafesinin 100 m. den fazla olması halinde bu kazı malzemelerinin Y.F.Ş. nin 15. kısmındaki esaslar dahilinde taşınması.

Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Poz 07.004/K daki gibidir.

Ölçü :

Taşımalarda hacim; taşınan malzemenin kazılmadan önce yerinde ölçülen ve sahalar ortalaması metodu ile hesap edilen metreküp cinsinden hacmidir. Taşıma mesafesi ise taşınan malzemenin yerindeki ağırlık merkezi ile nakilden sonra kullanıldığı kısmın ağırlık merkezi arasındaki metre cinsinden yatay mesafedir.

Ödeme :

$F = 1,25 \times K \times (0,0014 M + 0,02) - 0,00425 \times K$ TL/m³ formülü ile hesaplanarak yapılır.

Not :

(1) Poz 07.005/K daki Not (1) ve (2) gibidir.

(2) Bu formüldeki :

(M), Taşıma yolu üzerinden ölçülen km. cinsinden yatay mesafelere göre yukarıdaki esaslar dahilinde hesap edilen, ortalama taşıma mesafelerinin ortalamasıdır.

(F), 1 m³ malzemenin TL. olarak taşıma birim fiyatıdır.

Bu iş için :

K = Poz 07.005/K daki gibidir.

07.006/K KAZIDAN BAŞKA İNŞAAT MALZEMELERİNİN TAŞINMASI
(10 000 m. den Fazla) :

Poz 07.005/K daki esaslar dahilinde nihaî ortalama taşıma uzaklığının 10 000 m. den fazla olması halinde malzemenin taşınması.

Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Poz 07.005/K daki gibidir.

Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar :

Poz 07.005/K daki gibidir.

Ölçü :

Taşınan malzemenin miktarı hacim olarak metreküp cinsinden veya ağırlık olarak ton cinsinden, bunlara ait taşıma mesafesi ise, taşınan malzemenin taşınmadan evvel yerindeki ağırlık merkezi ile kullanıldığı veya ihzar ettirildiği yerdeki ağırlık merkezi arasındaki kilometre cinsinden yatay mesafe olarak alınacaktır.

Taşıma mesafesi idare tarafından tayin edilen, nakliyyede engel çıkarmayacak durumda bulunan, vasıtaların çalışabileceği en kısa yol olacaktır. Herhangi bir sebeple müteahhit taşımayı bu yoldan başka daha uzun bir yol takip ederek yapsa dahi hesaba, esas olarak tayin edilen yol alınacaktır. Eğer daha kısa bir yol takip ederek taşıma yapmışsa bu takdirde hesaba, takip edilen kısa yol alınacaktır.

Taşınan malzemenin miktarı hacim olarak m³ cinsinden V1, V2, V3,, Vn, ağırlık olarak ton cinsinden G1, G2, G3,, Gn ve malzemenin taşınmadan evvel bulunduğu ve kullanıldığı veya ihzar ettirildiği yerlerdeki ağırlık merkezleri arasındaki mesafe olarak alınan kilometre cinsinden ortalama mesafeler, 10 000 m. den fazla olmak üzere M1, M2, M3,, Mn ise, ortalama taşıma mesafelerinin ortalaması;

I — Hacim esasına göre taşınan malzemeler için;

$$M = \frac{V1 \times M1 + V2 \times M2 + V3 \times M3 + \dots + Vn \times Mn}{V1 + V2 + V3 + \dots + Vn}$$

II — Ağırlık esasına göre taşınan malzemeler için;

$$M = \frac{G1 \times M1 + G2 \times M2 + G3 \times M3 + + Gn \times Mn}{G1 + G2 + G3 + + Gn}$$

formülü ile bulunacaktır.

Ödeme :

Birim Fiyat Tariflerinde ve «Taşımaya, İnşaat ve İmalâtın Bünyesine Giren Malzeme Miktarlarına Esas Tablo (TABLO : 1)» da ölçü birimi m³ cinsinden gösterilen (su hariç) malzemelerin beher m³ ünün taşınması;

F = A x Y x 1,25 x K x (0,0007 M + 0,01) TL/m³ formülü ile hesaplanarak yapılır.

Birim Fiyat Tariflerinde ve «Taşımaya, İnşaat ve İmalâtın Bünyesine Giren Malzeme Miktarlarına Esas Tablo (TABLO : 1)» da ölçü birimi ton cinsinden gösterilen (su dahil) malzemelerin beher tonunun taşınması;

F = A x 1,25 x K x (0,0007 M + 0,01) TL/ton formülü ile hesaplanarak yapılır.

Not :

(1) Poz 07.005/K daki Not (1) ve (2) gibidir.

(2) Bu formüllerde :

(M), Taşıma yolu üzerinden ölçülen km. cinsinden yatay mesafelere göre yukarıdaki esaslar dahilinde hesap edilen, ortalama taşıma mesafelerinin ortalamasıdır.

(F), 1 m³ veya 1 ton malzemenin TL. olarak taşıma birim fiyatıdır. Kazı taşının (İmalâta girsin veya girmesin) taşınmasında da bu birim fiyat uygulanır.

Bu iş için :

K = Poz 07.005/K daki gibidir.

A = Poz 07.005/K daki gibidir.

Y = Poz 07.005/K daki gibidir.

2013 DENİZYOLU VE DEMİRYOLU İLE TAŞIMA YAPILMASI :

Y.F.Ş.nin 16. kısmındaki esaslar ve şartlar dahilinde malzemenin deniz-yolu ile taşınması.

Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Malzemenin taşınması için lüzumlu her türlü işçilik, malzeme, makine, alât ve edevat masrafları ile müteahhit kârı ve genel masraflar.

Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar :

Yükleme, boşaltma, ambarlama, istif ve figüre.

Ölçü :

Mesafe ve miktarlar Ulaştırma Bakanlığınca veya ona bağlı Denizcilik Bankası T.A.O., Devlet Demir Yolları gibi İdarelerce uygulanan resmi tarifelerdeki gibi olacaktır.

POZ.NO : 15.1405 Makineli kazılar
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m3
 ANALİZİN TANIMI : MAKİNA İLE TUVENAN KUM-ÇAKIL TEMİN EDİLİP, EL İLE SERME,SULAMA VE SIKIŞTIRMA YAPILMASI

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.031	SU	m3	0,1000	2,96	0,30	0,37
1	08.00812	Kum-Çakıl Hazırlanması (Malz.Temini)	m3	1,0000	0,99	0,99	1,24
						1,29	1,61
2	01.501	Düz işçi (Serme)	Sa	0,6000	2,39	1,43	1,79
2	01.501	Düz işçi (Sulama,Sıkıştırma)	Sa	1,0000	2,39	2,39	2,99
						3,82	4,78
				YTL / m3		5,11	6,39

(08.0081-1.00)(01.501-0.600)(04.031-0.100)(01.501-1.000)

Tuvenan kum çakılın temel tabanına dökülmesi,el ile serilmesi,tesviye edilerek ve 14,018 Pozunun tanımındaki şartlara uygun olarak sulanması ve sıkıştırılması için hertürlü işçilik,malzeme ve kayırları ,işyerinde yükleme,yatay ve düşey taşıma,boşaltma,yüklenici karı ve genel giderler dahil 1m3 fiyatı (2004)

Ö L Ç Ü : Tuvenan kum-çakılın döküldüğü yer projesi üzerinden ölçülür ve hacmi bulunur.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 12,06

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	1,61	4,78		
YÜZDELER (%) :	25,17	74,83		

POZ.NO : 15.141 Makineli kazılar
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m3
 ANALİZİN TANIMI : MAKİNA İLE KARIŞTIRMA (Kırmataş , Kum , Çakıl v.b. Malzeme)

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.109	MAZOT	Kg	0,0821	2,02	0,17	0,21
1	04.109	MAZOT (M.yağı,benzin,üstübü,k.lığı)	Kg	0,0164	2,02	0,03	0,04
						0,20	0,25
3	01.404	OPERATÖR MAKİNİST	Sa	0,0173	4,08	0,07	0,09
3	01.408	YAĞCI	Sa	0,0120	2,64	0,03	0,04
						0,10	0,13
4	03.5081	GREYDER (0.000171 x A)	KA	0,0120	11,25	0,14	0,17
						0,14	0,17
				YTL / m3		0,44	0,55

(03.508 - 0.012)

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 9,06

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	0,25		0,13	0,17
YÜZDELER (%) :	45,61		23,44	30,95

TARİH : 01.01.2009

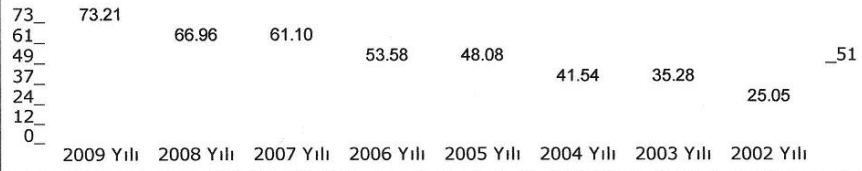
SIRA NO	POZ NO	İMALATIN ÇEŞİDİ	OLÇU BİRİMİ	BİRİM FİYAT TL
127	15.018/6C	Makine ile patlayıcı madde kullanmadan her derinlikte çok sert kaya kazılması (ayrışmamış granit ve benzeri, bazalt, profir, kuvars, 0,400 m3 den büyük aynı cins blok taşlar ve benzeri zeminler)	m3	31,20
128	15.018/6C*	Makine ile patlayıcı madde kullanmadan her derinlikte çok sert kaya kazılması (ayrışmamış granit ve benzeri, bazalt, profir, kuvars, 0,400 m3 den büyük aynı cins blok taşlar ve benzeri zeminler)	m3	41,24
KUM ÇAKIL SERİLMESİ, SIKIŞTIRILMASI, DRENAJ İŞLERİ VE CURUF DOLGU				
129	15.050*	Her cins (titreşimli darbeli) motorlu kompaktör ile sıkıştırma yapılması	Sa	23,54
130	15.140*	Makina ile kırmataş, kum çakıl ve benzeri malzemenin serilmesi (malzeme hariç)	m3	0,75
131	15.140/1	El ile kırmataş, kum, çakıl ve benzeri malzemenin serilmesi (malzeme hariç)	m3	2,48
132	15.140/2	Temel tabanına el ile tuvenan kum çakıl serilmesi ve sıkıştırılması	m3	17,33
133	15.140/3	Hafif agrega (elenmiş kömür cürufu) ile dolgu yapılması	m3	3,36
134	15.140/4	Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, makine ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması	m3	3,88
135	15.140/5	Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması	m3	8,71
136	15.140/6	Ocak taşından drenaj yapılması	m3	33,23
137	15.140/7	Kum ile drenaj yapılması	m3	16,18
138	15.140/8	Çakıl ile drenaj yapılması	m3	16,18
DEMİRSİZ VE BETONARME BETONLAR:				
139	16.001	Basınç dayanımı C 6/8 (150 dozlu) olan demirsiz beton	m3	95,18
140	16.001*(x)	Basınç dayanımı C 6/8 (150 dozlu) olan demirsiz beton	m3	95,88
141	16.001/MK	Basınç dayanımı C 6/8 (150 dozlu) olan demirsiz beton	m3	75,76
142	16.002	Basınç dayanımı C 8/10 (200 dozlu) olan demirsiz beton	m3	101,34
143	16.002*(x)	Basınç dayanımı C 8/10 (200 dozlu) olan demirsiz beton	m3	102,04
144	16.002/MK	Basınç dayanımı C 8/10 (200 dozlu) olan demirsiz beton	m3	82,38
145	16.002/1	200 dozlu hafif agrega betonu	m3	73,44
146	16.002/1*(x)	200 dozlu hafif agrega betonu	m3	74,14
147	16.003	Basınç dayanımı C 12/15 (250 dozlu) olan demirsiz beton	m3	107,50
148	16.003*(x)	Basınç dayanımı C 12/15 (250 dozlu) olan demirsiz beton	m3	108,20
149	16.003/MK	Basınç dayanımı C 12/15 (250 dozlu) olan demirsiz beton	m3	88,98

(x)NOT:YILDIZ(*) İŞARETLİ POZLARDA;01.01.2002 TARİHİNDEN ÖNCE İHALE EDİLEN VEYA İHALESİ İÇİN İLAN EDİLEN VEYA DAVET MEKTUBU GÖNDERİLEN İŞLERDE UYGULANACAKTIR.

Kurumların Birim Fiyat, Analiz ve Yapım Şartları**Kurum** Karayolları Genel Müdürlüğü (TCK)**Poz Bilgileri****Poz No** 16.002/K-1**Tanımı** Her dozda demirsiz beton (Beton santrali ile)**Birimi** m³**Birim Fiyatları**

Yıllar	Birim Fiyatı	Montaj Bedeli
2009	73.21	0.00
2008	66.96	0.00
2007	61.10	0.00
2006	53.58	0.00

Yıllar	Birim Fiyatı	Montaj Bedeli
2005	48.08	0.00
2004	41.54	0.00
2003	35.28	0.00
2002	25.05	0.00

Yıllara Göre Fiyat Grafiği

Rayiç No	Tanımı	Birimi	Miktar
	Çimento ayrıca ödenecektir		
08.003/K-1	Elenmiş kum temini (yıkama hariç)	m³	0.500000
08.003/K-2	Elenmiş çakıl temini (yıkama hariç)	m³	0.750000
04.031	Su-beton sulama suyu-	m³	0.505000
04.109	Mazot (motorin)	kg	2.067500
04.112	Elektrik enerjisi	kWh	7.000000
01.015	Betoncu ustası	Saat	0.740000
01.401	Şöför	Saat	0.480000
01.404	Operatör makinist	Saat	0.480000
01.405	Makinist yardımcısı	Saat	0.150000
01.406	Operatör yardımcısı	Saat	0.480000
01.409	Formen	Saat	0.250000
01.501	Düz işçi	Saat	3.750000
01.502	Erbab işçi	Saat	0.240000
03.027	Vibrator (21/2 HP güç 9-16 yd3/saat) -0,000274x0,15-	Adet	0.000041
03.070	Ot.bet.snt.1000 lt.kap.50 m3/s taş. -0,000171x0,02-	Adet	0.000004

E-Posta

16.002/K-1 Pozunun bilgilerini E-Posta adresime

Gönder

İncelenen Kurum TCK

Poz No	Tanımı	Birimi
16.002/K-1	Her dozda demirsiz beton (Beton santrali ile)	m³
16.002/K-1/A	Granülometrik kum ve çakılla yapılan demirsiz beton (beton santrali ile)	m³
16.002/K-1/B	Granülometrik kum ve çakılla püskürtme bet. haz. (beton santrali ile)	m³
16.023/K	Her dozda demirli beton	m³
16.023/K-1	Her dozda demirli beton (Beton santral ile)	m³
16.068/K	Köprülerde 60 cm iç çapında yerinde dökme kazık yapılması (10-16 m)	m
16.068/K-1	60 cm iç çapında yerinde dökme kazık yapılması (0-16 m)	m

POZ.NO : 16.0581 Beton işleri
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m3
 ANALİZİN TANIMI : SATIN ALINAN VE BETON POMPASIYLA BASILAN HAZIR BETON
 BS.20 BETONU

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.031	SU (Beton Sulama Suyu)	m3	0,4000	2,96	1,18	1,48
1	04.0431	HAZIR BETON HARCİ BS.20	m3	1,0000	63,25	63,25	79,06
1	04.109	MAZOT	Kg	0,0107	2,02	0,02	0,03
1	04.109	MAZOT (M.yağı,benzin,üstübü,k.lığı)	Kg	0,0021	2,02	0,00	0,01
						64,46	80,57
2	01.501	DÜZ İŞÇİ	Sa	0,3000	2,39	0,72	0,90
						0,72	0,90
3	01.015	BETON USTASI	Sa	0,1500	3,49	0,52	0,65
3	01.405	MAKİNİST YARDIMCISI	Sa	0,0500	2,86	0,14	0,18
						0,67	0,83
4	03.5271	VİBRATÖR (0.000273 x A)	KA	0,0500	0,24	0,01	0,02
						0,01	0,02
					YTL / m3	65,86	82,32

(04.0431-1.0000)(04.031-0.4000)(01.015-0.1500)(01.501-0.3000)(03.527-0.0500)
 Yapım şartları ve tanımlar 16.057 Pozundaki gibidir.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 10,10

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	80,57	0,90	0,83	0,02
YÜZDELER (%) :	97,88	1,09	1,01	0,02

POZ.NO : 16.059 Beton işleri
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m3
 ANALİZİN TANIMI : SATIN ALINAN VE BETON POMPASIYLA BASILAN HAZIR BETON
 BS.25 (B.300) BETONU.

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.031	SU (Beton Sulama Suyu)	m3	0,4000	2,96	1,18	1,48
1	04.044	HAZIR BETON HARCİ BS.25	m3	1,0000	69,00	69,00	86,25
1	04.109	MAZOT	Kg	0,0107	2,02	0,02	0,03
1	04.109	MAZOT (M.yağı,benzin,üstübü,k.lığı)	Kg	0,0021	2,02	0,00	0,01
						70,21	87,76
2	01.501	DÜZ İŞÇİ	Sa	0,3000	2,39	0,72	0,90
						0,72	0,90
3	01.015	BETON USTASI	Sa	0,1500	3,49	0,52	0,65
3	01.405	MAKİNİST YARDIMCISI	Sa	0,0500	2,86	0,14	0,18
						0,67	0,83
4	03.5271	VİBRATÖR (0.000273 x A)	KA	0,0500	0,24	0,01	0,02
						0,01	0,02
					YTL / m3	71,61	89,51

(04.044 - 1.0000) (04.031 - 0.4000) (01.015 - 0.1500) (01.501 - 0.3000) (03.527 - 0.0500)
 Yapım şartları ve tanımlar 16.057 Pozundaki gibidir.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 14,90

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	87,76	0,90	0,83	0,02
YÜZDELER (%) :	98,05	1,00	0,93	0,02

TARİH :01.01.2009

SIRA NO	POZ NO	İMALATIN ÇEŞİDİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	BİRİM FİYAT TL
C 25/30 BETONLARI (BS 25) (B 300)				
174	16.045/1	Basınç dayanımı C 25/30 (BS 25-B300) olan betonarme betonu (granülometrik kum ve çakıl ile)	m3	144,45
175	16.045/1*(x)	Basınç dayanımı C 25/30 (BS 25-B300) olan betonarme betonu (granülometrik kum ve çakıl ile)	m3	147,75
176	16.045/1/MK	Basınç dayanımı C 25/30 (BS 25-B300) olan betonarme betonu (granülometrik kum ve çakıl ile)	m3	119,25
177	16.046/1	Basınç dayanımı C 25/30 (BS 25-B300) olan betonarme betonu (granülometrik kum ve kırma taş ile ile)	m3	137,93
178	16.046/1*(x)	Basınç dayanımı C 25/30 (BS 25-B300) olan betonarme betonu (granülometrik kum ve kırma taş ile ile)	m3	142,68
179	16.046/1/MK	Basınç dayanımı C 25/30 (BS 25-B300) olan betonarme betonu (granülometrik kum ve kırma taş ile ile)	m3	128,73
180	16.057/1A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 16/20 (BS 16) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	101,35
181	16.058/1A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 20/25 (BS 20) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	105,16
182	16.059/A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 25/30 (BS 25 B 300) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	112,41
183	16.059/1A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 30/37 (BS 30) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	120,85
184	16.059/2A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 35/45 (BS 35) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	125,41
185	16.059/3A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 40/50 (BS 40) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	133,23
186	16.059/4A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 45/55 (BS 45) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	138,41
187	16.059/5A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 50/60 (BS 50) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m3	142,29
188	16.059/6	Her sınıf beton harcının pompa ile basılması	m3	3,40
189	16.059/6*(x)	Her sınıf beton harcının pompa ile basılması	m3	4,40
FORE KAZIK İŞLERİ				
190	16.060/1	Ø 45 cm çapında fore kazık yapılması 0-16 m arası (16 m dahil)	m	94,50
191	16.060/1*(x)	Ø 45 cm çapında fore kazık yapılması 0-16 m arası (16 m dahil)	m	104,70
192	16.060/1/MK	Ø 45 cm çapında fore kazık yapılması 0-16 m arası (16 m dahil)	m	92,66
193	16.060/2	Ø 45 cm çapında fore kazık yapılması 16-24 m arası (16 m hariç- 24 m dahil)	m	104,80

(x)NOT:YILDIZ(*) İŞARETLİ POZLARDA;01.01.2002 TARİHİNDEN ÖNCE İHALE EDİLEN VEYA İHALESİ İÇİN İLAN EDİLEN VEYA DAVET MEKTUBU GÖNDERİLEN İŞLERDE UYGULANACAKTIR.

POZ.NO : 18.46908 Tuğla,Büz,Kiremit,Briket
 ÖLÇÜ BİRİMİ : M2
 ANALİZİN TANIMI :kalınlığında EPDM esaslı JEOMEMBRAN,İLE, SU YALITIMI YAPILMASI
 (Bir yüzü 300 gr/m2 Polyester keçe kaplı her renkte malzeme ile)

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.112	ELEKTRİK ENERJİSİ	KW	0,2000	0,16	0,03	0,04
1	04.63022	JEOMEMBRAN (%15 Kayıpları ile)	m2	1,1500	11,39	13,10	16,37
						13,13	16,41
2	01.501	D.İŞÇİ (İşyeri yük.,taş.,boşaltma)	Sa	0,1000	2,39	0,24	0,30
						0,24	0,30
3	01.010	YALITIM USTASI	Sa	0,2500	3,49	0,87	1,09
3	01.210	YALITIM USTA YARDIMCISI	Sa	0,2500	2,46	0,62	0,77
						1,49	1,86
				YTL / M2		14,86	18,57

(04.630/B2-1.15)(04.112-0,20)(01.010-0,25)(01.210-0,25)(01.501-0,10) 2006

ÖLÇÜ : Kaplama yapılan yüzeyler m2 olarak hesaplanır.

Yapım şartları ve tanımlar : 18.46904-5-6 daki gibidir.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % yeni poz

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	16,41	0,30	1,86	
YÜZDELER (%) :	88,38	1,61	10,01	

POZ.NO : 18.470 Tuğla,Büz,Kiremit,Briket
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m2
 ANALİZİN TANIMI : GEOTEKSTİL KEÇE SERİLMESİ

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.60124	GEOTEKSTİL KEÇE (Kayıpları ile)	m2	1,1000	0,82	0,90	1,13
						0,90	1,13
3	01.210	YALITIM USTA ARDIMCISI	SA	0,1000	2,46	0,25	0,31
						0,25	0,31
				YTL / m2		1,15	1,44

İdarece onanmış proje ve detayına uygun olarak temelde ve terasta izalasyonu korumak amacıyla geotekstil keçenin birbirine 10 cm. bindirme yapılacak şekilde serilmesi, inşaat yerindeki yükleme yatay ve düşey taşıma boşaltma her türlü malzeme ve kayıpları, işçilik araç ve gereç giderleri yüklenici karı ve genel giderler dahil 1 m2 fiyatı.

ÖLÇÜ : Yalıtım yapılan yüzey m2 olarak hesaplanır.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 6,30

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	1,13		0,31	
YÜZDELER (%) :	78,57		21,43	

POZ.NO : 21.013 Kalıp, İskele, Ahşap İnşaat
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m2
 ANALİZİN TANIMI : RENDELİ DÜZ YÜZEYLİ BETON, BETONARME KALIBI

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.152	ÇAM KERESTE	m3	0,0140	421,20	5,90	7,37
1	04.270	ÇİVİ VE TEL	Kg	0,1000	0,98	0,10	0,12
						5,99	7,49
2	01.501	DÜZ İŞÇİ	Sa	0,7500	2,39	1,79	2,24
						1,79	2,24
3	01.017	DÜLGER USTASI	Sa	0,7500	3,49	2,62	3,27
3	01.209	MARANGOZ YARD.(Rendeci)	Sa	0,5000	2,46	1,23	1,54
						3,85	4,81
					YTL / m2	11,63	14,54

(04.152 - 0.0140) (04.270 - 0.1000) (01.017 - 0.7500) (01.209 - 0.5000) (01.501 - 0.7500)

Beton ve betonarme kalıp yapımı işleri için idarece gerekli görüldüğünde onaylanmış projelerine göre ağaçtan rendelenmiş kalıp yapılması, sökülmesi, rendelenmesi, bu işler için gerekli kereste, çivi, tel v.b. Malzeme ve kayıpları ile yüklenici karı ve genel giderler dahil 1 m2 fiyatı .

Ö L Ç Ü : Kalıp gören yüzler projesinden ve yerinde ölçülerek hesaplanır boşluk hacmi çıkarılmayan imalat deliklerinin çevre kalıpları

ölçüye dahil edilmez . Deliğin kalıp tarafındaki yüzünden delik boşluğu çıkarılmaz.

N O T : Kalıptan çıkan malzeme yükleniciye aittir.

Kereste miktarı : tahta 0,025/3 = 0,008, Kadron 0,020/5 = 0,004, Rendeleme kayıpları 0,002 den Toplam = 0,014 m3.dür.Buadaki 3 ve 5 kullanım sayıdır.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 9,43

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	7,49	2,24	4,81	
YÜZDELER (%) :	51,52	15,41	33,07	

POZ.NO : 21.014 Kalıp, İskele, Ahşap İnşaat
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m2
 ANALİZİN TANIMI : DÜZ YÜZEYLİ, RENDELİ VE LAMBA ZIVANALI BETON VE BETONARME KALIBI

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.152	KERESTE	m3	0,0180	421,20	7,58	9,48
1	04.270	ÇİVİ VE TEL	Kg	0,2000	0,98	0,20	0,25
2	01.501	D.İŞÇİ (Yapılması,sökülmesi)	Sa	1,0000	2,39	2,39	2,99
2	01.501	D.İŞÇİ (İşyeri yük.,taş.,boş.)	Sa	0,2500	2,39	0,60	0,75
3	01.017	DÜLGER USTASI	Sa	1,5000	3,49	5,24	6,54
					YTL / m2	16,00	20,00

(04.152 - 0.0180) (04.270 - 0.2000) (01.017 - 1.5000) (01.501 - 1.2500)

Beton ve betonarme yapım işleri için idarece gerekli görüldüğünde onaylanmış projelerine göre ağaçtan rendelenmiş lamba zıvanalı kalıp yapılması, sökülmesi,rendelenmesi, bu işler için gerekli kereste,tel,çivi v.b. Malzeme ve kayıpları ile işçilik,yüklenici karı ve genel giderler dahil 1 m2 fiyatı.

Ö L Ç Ü : Kalıp gören yüzler projesinden veya yerinden ölçülerek Hesaplanır. Boşluk hacmi çıkarılmayan imalat deliklerinin çevre kalıpları ölçüye dahil edilmez.

N O T : Bu birim fiyat idarenin yazılı izni ile uygulanır. Kalıptan çıkan malzeme yükleniciye aittir.

Kereste miktarı : Tahta 0.030/3 = 0.010, Kadron 0.020/5 = 0,004 rende ve zıvanadan kayıp 0.010x0,40 = 0.004 den toplam = 0.018 m3.dür.Buadaki 3 ve 5 kullanım sayıdır.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 9,71

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	9,72	3,73	6,54	
YÜZDELER (%) :	48,61	18,67	32,72	

TARİH : 01.01.2009

SIRA NO	POZ NO	İMALATIN ÇEŞİDİ	OLÇU BİRİMİ	BİRİM FİYAT TL
934	19.103/4C	Betona ani priz yaptırıcı katkı maddesi ilavesi (Yaş sistem alkali içermeyen sıvı priz hızlandırıcı) (harç bünyesindeki her 100 kg çimentonun %0,7 oranı için)	0,700 Kg	3,04
ÇELİK TELLER İLE BETON TAKVİYESİ YAPILMASI:				
935	19.104/A	Tutkalı, düz pürüzsüz yüzeyli çelik tel ile beton takviyesi yapılması	Kg	3,16
936	19.104/B	Tutkalı, bütün uzunluğunca, deforme olmuş (düz çentikli, boyunca kıvrımlı, dalgalı) çelik tel ile beton takviyesi yapılması	Kg	5,10
937	19.104/C1	Tutkalı, bir ucu veya iki ucu kıvrımlı 0,90 mm çapında 6 cm boyunda çelik tel ile beton takviyesi yapılması	Kg	3,60
938	19.104/C2	Tutkalı, bir ucu veya iki ucu kıvrımlı 0,75 mm çapında 6 cm boyunda çelik tel ile beton takviyesi yapılması	Kg	4,48
939	19.104/C3	Tutkalı, bir ucu veya iki ucu kıvrımlı 0,75 mm çapında 3 cm boyunda çelik tel ile beton takviyesi yapılması	Kg	4,54
940	19.104/C4	Tutkalı, bir ucu veya iki ucu kıvrımlı 0,55 mm çapında 3 cm boyunda çelik tel ile beton takviyesi yapılması	Kg	6,04
KALIP VE İSKELELER:				
941	21.001	Anşaptan yapılan seri kalıp (plaklar, palplanş, kazık, tahkimat blokları, babalar, bordürler, saha betonları, her türlü lentolar, merdiven basamakları ve benzeri işler için)	m2	6,63
942	21.011	Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı (sıva, taş ve benzeri kaplama malzemesi ile kaplanacak beton ve betonarme yüzeylerde)	m2	16,08
943	21.012	Sökülmeyen düz veya eğri yüzeyli beton ve betonarme kalıbı.	m2	36,21
944	21.013	Rendeli düz yüzeyli beton, betonarme kalıbı (alçı perdah, boya ve boya benzeri kaplama malzemeleri dışında başkaca malzeme ile kaplama yapılmayacak beton ve betonarme yüzeylerde)	m2	19,64
945	21.014	Düz yüzeyli, rendeli ve lamba zıvanalı beton ve betonarme kalıbı (alçı perdah, boya ve boya benzeri kaplama malzemeleri dışında başkaca malzeme ile kaplama yapılmayacak beton ve betonarme yüzeylerde)	m2	26,98
946	21.015	Rendeli kereste ile yapılan lamba zıvanalı düz yüzeyli çıplak beton, betonarme kalıbı (hiç bir kaplama malzemesi ve boya yapılmayacak beton ve betonarme yüzeylerde)	m2	43,89
947	21.016	Kalıp yüzeyi tahtalarının birleştirilmesinde plastik madde kullanılan düz yüzeyli çıplak beton, betonarme kalıbı (hiç bir kaplama malzemesi ve boya yapılmayacak beton ve betonarme yüzeylerde)	m2	37,01

POZ.NO : 21.057 Kalıp, İskele, Ahşap İnşaat
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m3
 ANALİZİN TANIMI : EN YÜKSEK NOKTASI (Yüksekliği) 4.01 - 6.00 m YE KADAR OLAN YAPI SİNAİ İMALATA
 (köprüler hariç) ALT AHŞAP KALIP İSKELESİ

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.152	KERESTE (1.00/5 x 0,022)	m3	0,0044	421,20	1,85	2,32
1	04.255	LAMA D.(7,5 / 10 x 0,022)	Kg	0,0194	0,58	0,01	0,01
1	04.270	ÇİVİ (2,50 / 0,022)	Kg	0,0550	0,98	0,05	0,07
1	04.2751	BLON (15 / 10 x 0,022)	Kg	0,0330	1,18	0,04	0,05
						1,96	2,45
2	01.501	DÜZ İŞÇİ (7 x 0,022)	Sa	0,1540	2,39	0,37	0,46
						0,37	0,46
3	01.017	DÜLGER (15 x 0,022)	Sa	0,3300	3,49	1,15	1,44
3	01.018	DEMİRCİ USTASI	Sa	0,0064	3,49	0,02	0,03
3	01.503	ÇİRAK	Sa	0,0064	2,00	0,01	0,02
						1,19	1,48
				YTL / m3		3,51	4,39

(08.010 - 0.0160) (04.152 - 0.0044) (04.270 - 0.0550) (04.2751 - 0.0330)(01.017 - 0.3300) (01.501 - 0.1540)
 Yapım şartları ve tanımlar 21.054 pozundaki gibidir.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 9,48

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	2,45	0,46	1,48	
YÜZDELER (%) :	55,73	10,48	33,79	

POZ.NO : 21.059 Kalıp, İskele, Ahşap İnşaat
 ÖLÇÜ BİRİMİ : m3
 ANALİZİN TANIMI : EN YÜKSEK NOKTASI (Yüksekliği) 6.01-8.00 M.YE KADAR OLAN YAPI SİNAİ İMALATA
 (köprüler hariç) ALT AHŞAP KALIP İSKELESİ

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.152	KERESTE (1.00 / 5 x 0,025)	m3	0,0050	421,20	2,11	2,63
1	04.255	LAMA D.(7,5 / 10 x 0,025)	Kg	0,0230	0,58	0,01	0,02
1	04.270	ÇİVİ (2,25 x 0,025)	Kg	0,0560	0,98	0,05	0,07
1	04.2751	BLON (15 / 10 x 0,025)	Kg	0,0380	1,18	0,04	0,06
						2,22	2,77
2	01.501	DÜZ İŞÇİ (9 x 0,025)	Sa	0,2250	2,39	0,54	0,67
						0,54	0,67
3	01.017	DÜLGER (18 x 0,025)	Sa	0,4500	3,49	1,57	1,96
3	01.018	DEMİRCİ USTASI	Sa	0,0076	3,49	0,03	0,03
3	01.503	ÇİRAK	Sa	0,0076	2,00	0,02	0,02
						1,61	2,02
				YTL / m3		4,37	5,46

(08.010 - 0.0190) (04.152 - 0.0050) (04.270 - 0.0560) (04.2751 - 0.0380)(01.017 - 0.4500) (01.501 - 0.2250)
 Yapım şartları ve tanımlar 21.054 pozundaki gibidir.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % 9,44

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	2,77	0,67	2,02	
YÜZDELER (%) :	50,79	12,31	36,90	

2006 YILI İNŞAAT BİRİM FİYAT ANALİZİ

23.014

POZ.NO : 23.014 Demir İnşaat İşleri
 ÖLÇÜ BİRİMİ : Ton
 ANALİZİN TANIMI : ÇAPI 8-12 mm lik İNCE BETON ÇELİK ÇUBUĞUNUN (nervürlü)
 PROJESİNE GÖRE BÜKÜLMESİ VE YERİNE KONULMASI.

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.2531	NER.B.ÇELİK ÇUBUĞU (Bağ.teli ile)	Ton	1,1000	530,00	583,00	728,75
						583,00	728,75
2	01.501	DÜZ İŞÇİ (Yapılması)	Sa	25,0000	2,39	59,75	74,69
2	01.501	D.İŞÇİ (İşyeri yük.,taş.boşaltma)	Sa	15,0000	2,39	35,85	44,81
						95,60	119,50
3	01.019	SOĞUK DEMİR USTASI	Sa	30,0000	3,49	104,70	130,88
3	01.219	SOĞUK DEMİR USTA YARD.	Sa	45,0000	2,46	110,70	138,38
						215,40	269,25
					YTL / Ton	894,00	1.117,50

(04.253 - 1100.0000) (01.019 - 30.0000) (01.219 - 45.0000) (01.501 - 40.0000)

Beton çelik çubuğunun (Nervürlü) bükülüp,detay projesine göre (23.001) pozdaki şartlar dahilinde yerine konması 1 ton fiyatı.

BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % -5,01

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	728,75	119,50	269,25	
YÜZDELER (%) :	65,21	10,69	24,09	

2006 YILI İNŞAAT BİRİM FİYAT ANALİZİ

23.015

POZ.NO : 23.015 Demir İnşaat İşleri
 ÖLÇÜ BİRİMİ : Ton
 ANALİZİN TANIMI : ÇAPI 14-26 mm lik KALIN BETON ÇELİK ÇUBUĞUNUN (Nervürlü)
 PROJESİNE GÖRE BÜKÜLMESİ VE YERİNE KONULMASI

TİP	KOD NO	TANIM	BRM	MİKTAR	RAYİÇ	KARSIZ	KARLI
1	04.2541	NER.B.ÇELİK ÇUBUĞU (Bağ.teli ile)	Ton	1,1000	530,00	583,00	728,75
						583,00	728,75
2	01.501	DÜZ İŞÇİ (Yapılması)	Sa	20,0000	2,39	47,80	59,75
2	01.501	D.İŞÇİ (İşyeri yük.,taş.boşaltma)	Sa	15,0000	2,39	35,85	44,81
						83,65	104,56
3	01.019	SOĞUK DEMİR USTASI	Sa	25,0000	3,49	87,25	109,06
3	01.219	SOĞUK DEMİR USTA YARD.	Sa	35,0000	2,46	86,10	107,63
						173,35	216,69
					YTL / Ton	840,00	1.050,00

(04.254 - 1100.0000) (01.019 - 25.0000) (01.219 - 35.0000) (01.501 - 35.0000)

Beton çelik çubuğunun (Nervürlü) bükülüp,detay projesine göre (23.001) pozdaki şartlar dahilinde yerine konmasının 1 ton fiyatı.

Ö L Ç Ü : 23.001 Pozdaki gibidir.

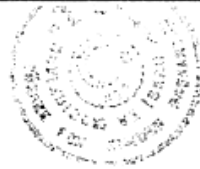
BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE FİYAT ARTIŞ YÜZDESİ = % -5,85

	MALZEME	DÜZ İŞÇİ	USTA İŞÇİ	MAKİNA
TUTARLAR :	728,75	104,56	216,69	
YÜZDELER (%) :	69,40	9,96	20,64	

İnşaat Birim Fiyat Analizleri 3 - 804

TARİH :01.01.2009

SIRA NO	POZ NO	İMALATIN ÇEŞİDİ	ÖLÇÜ BİRİMİ	BİRİM FİYAT TL
1055	22.075	I.sınıf çam kerestesinden kuşaklı çakma kepenk yapılması ve yerine konulması	m2	69,81
1056	22.076	I.sınıf çam kerestesinden tablalı kepenk yapılması ve yerine konulması	m2	90,98
1057	22.077	I.sınıf çam kerestesinden sabit nefeslik (panjur) yapılması ve yerine konulması	m2	116,38
1058	22.078	I.sınıf çam kerestesinden sabit paletli kapı ve pencere panjuru yapılması ve yerine konulması	m2	147,33
1059	22.079	I.sınıf çam kerestesinden hareketli paletli kapı ve pencere panjuru yapılması ve yerine konulması	m2	136,83
1060	22.080	Tip ahşap gömme dolap yapılması ve yerine monte edilmesi (2,50x1,80)=4,50m2	m2	129,08
1061	22.081	Tip ahşap mutfak tezgah altı dolabı yapılması ve yerine monte edilmesi. (1,68x0,85)=1,43m2	m2	228,31
1062	22.082	Tip ahşap mutfak tezgah üstü dolabı yapılması ve yerine monte edilmesi (3,04x0,80)=2,46m2	m2	179,93
BETON ÇELİK ÇUBUKLARININ İŞLENMESİ-MANŞONLA EKLENMESİ:				
1063	23.001	Ø 6 mm beton çelik çubukların bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	1.528,69
1064	23.001/1	Ø 8 - Ø 12 mm beton çelik çubuklarının bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	1.515,31
1065	23.002	Ø 14 - Ø 50 mm beton çelik çubuklarının bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	1.359,38
1066	23.003	Ø 26 mm düz beton çelik çubuğunun manşonla eklenmesi	Ad	24,84
1067	23.003/1	Ø 26 mm düz beton çelik çubuğunun kaynakla eklenmesi	Ad	15,04
1068	23.004	Ø 28 mm düz beton çelik çubuğunun manşonla eklenmesi	Ad	28,78
1069	23.005	Ø 30 mm düz beton çelik çubuğunun manşonla eklenmesi	Ad	32,76
1070	23.006	Ø 32 mm düz beton çelik çubuğunun manşonla eklenmesi	Ad	35,35
1071	23.007	Ø 36 mm düz beton çelik çubuğunun manşonla eklenmesi	Ad	43,13
1072	23.008	Ø 40 mm düz beton çelik çubuğunun manşonla eklenmesi	Ad	50,73
1073	23.009	Ø 50 mm düz beton çelik çubuğunun manşonla eklenmesi.	Ad	64,16
1074	23.010	Nervürlü çelik hasırın yerine konulması 1,500-3,000 kg/m2 (3,000 kg/m2 dahil)	Ton	1.583,13
1075	23.011	Nervürlü çelik hasırın yerine konulması 3,001-10,000 kg/m2 (10,000 kg/m2 dahil)	Ton	1.545,31
1076	23.014	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması.	Ton	1.478,75
1077	23.015	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü lik beton çelik çubuğunun bükülmesi, yerine konulması.	Ton	1.384,06



Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Üst yapı malzemelerinin, % 20 den fazla yumuşak kaya klâsında malzeme ihtiva eden teras ocaklarından çıkartılmasında her türlü güçlük ve verim düşüklüğünü karşılamak için lüzumlu her türlü işçilik, malzeme, makine, alât ve edevat masrafları ile müteahhit kârı ve genel masraflar.

Ölçü :

Ödemeye esas üst yapı malzemelerinin, figürede ölçülen metreküp cinsinden hacmidir.

Ödeme :

Birim Fiyat Cetvelinde, Poz 15.024/1 deki "Üst Yapı Malzemelerinin Temininde Malzeme Çıkarma Müşkülâtı Zammı" m³ birim fiyatı üzerinden yapılır.

Not :

Bu fiyat 1. keşif özetinde yer aldığı takdirde üst yapı malzemelerinin; % 20 den fazla yumuşak kaya klâsında malzeme ihtiva eden teras ocaklarından çıkartılmasında kullanılır.

1. keşif özetinde yer almadığı takdirde ise; proje veya malzeme ocakları itinelerinde gösterilen ocaklar dışında, İdarenin yazılı izni ile, yeni ihdas edilen ve % 20 den fazla yumuşak kaya klâsında malzeme ihtiva eden teras ocaklarında uygulanır.

6000 OCAK TAŞINDAN KONKASÖRLE KIRILMIŞ MALZEME İLE ALTTEMEL YAPILMASI :

Y.F.Ş. nin 66. kısmındaki esaslar dahilinde ocak taşından konkasörle kırılmış malzeme ile alttemel yapılması.

Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Taşın ocaklardan çıkartılarak konkasöre verilecek boyutta kırılması, vasitalara yüklenmesi, ocak - konkasör arasında nihai ortalama 150 m. mesafeye kadar taşınması, boşaltılması, konkasöre verilmesi, Y.F.Ş. nin 66. kısmında belirtilen veya İdarece istenilen granülometriyi elde edecek şekilde konkasörle kırılması, konkasör altının boşaltılması, kırılmış malzemenin vasitalara yüklenmesi, boşaltılması, figüre edilmesi suretiyle malzemenin hazırlanması, İdarece istenilecek kalınlıkta serilmesi, suyun temini, yüklenmesi, boşaltılması, alttemel malzemesinin şartnamede belirtilen miktarda sulanması ve optimum su muhtevası olacak şekilde aktarılması, İdarece istenilecek nitelikteki vibrasyonlu veya lastik tekerlekli silindirin işbaşında temini, sıkıştırmanın yapılması suretiyle alttemel tabakası teşkili, aşağıda "Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar" başlığı altında sayılanlar dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için lüzumlu her türlü işçilik, malzeme, makine, alât ve edevat masrafları ile müteahhit kârı ve genel masraflar.

Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar :

Kırılmış malzemenin konkasörden işbaşına kadar taşınması, suyun taşınması.

Ölçü :

Serilmiş ve sıkıştırılmış alttemel malzemesinin serilmeden önce kabarma ve çökme dikkate alınmadan figüre ebadı üzerinden hesap edilen metreküp cinsinden hacmidir.

Ödeme :

Birim Fiyat Cetvelinde, Poz 6000 deki "Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış Malzeme ile Alttemel Yapılması" m³ birim fiyatı üzerinden yapılır.

Not :

- (1) Figüre İdarece istenilecek yer, şekil ve boyutta olacak ve figüre makinesi ile yapılacaktır.
- (2) Müteahhit figüreyi muhafaza edecek, çöküntü ve bozuklukları giderecektir.
- (3) İdarenin yazılı izni ile, ocak - konkasör arasındaki mesafenin nihai ortalama 150 m. den fazla ve 10 000 m. den küçük bir (M) mesafesi olması halinde, bu "M" metre mesafeye taşıma bedeli :

Ocak ve kazı taşının konkasöre kadar taşınmasında, m³ veya ton cinsinden ölçüldüğüne göre;

$$F = 1,25 \times A \times Y \times 0,00017 \times K \times \sqrt{M} - 0,00469 \times K \quad \text{TL/m}^3 \text{ formülü ile veya}$$

$$F = 1,25 \times A \times 0,00017 \times K \times \sqrt{M} - 0,00260 \times K \quad \text{TL/Ton formülü ile,}$$

Elenmemiş çakıllı malzeme ile elenmiş çakılın konkasöre kadar taşınmasında, m³ veya ton cinsinden ölçüldüğüne göre;

$$F = 1,25 \times A \times Y \times 0,00017 \times K \times \sqrt{M} - 0,00416 \times K \quad \text{TL/m}^3 \text{ formülü ile veya}$$

$$F = 1,25 \times A \times 0,00017 \times K \times \sqrt{M} - 0,00260 \times K \quad \text{TL/Ton formülü ile,}$$

hesaplanarak ödenir.

Bu formüllerdeki ($\sqrt{M}$), (K), (A) ve (Y), Poz 07.005/K daki gibidir.

- (4) İdarenin yazılı izni ile, ocak - konkasör arasındaki mesafenin 10 000 m. den fazla olması halinde, bu (M) kilometre mesafeye taşıma bedeli : Ocak ve kazı taşının konkasöre kadar taşınmasında m³ veya ton cinsinden ölçüldüğüne göre;

$$F = 1,25 \times A \times Y \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00469 \times K \quad \text{TL/m}^3 \text{ formülü ile veya}$$

$$F = 1,25 \times A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00260 \times K \quad \text{TL/Ton formülü ile,}$$

Elenmemiş çakıllı malzeme ile elenmiş çakılın konkasöre kadar taşınmasında, m³ veya ton cinsinden ölçüldüğüne göre;

$$F = 1,25 \times A \times Y \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00416 \times K \quad \text{TL/m}^3 \text{ formülü ile veya}$$

$$F = 1,25 \times A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00260 \times K \quad \text{TL/Ton formülü ile,}$$

hesaplanarak ödenir.

Bu formüllerdeki (M), (K), (A) ve (Y), Poz 07.006/K daki gibidir.

6010 ELENMİŞ ÇAKILLI MALZEME İLE ALTTEMEL YAPILMASI :

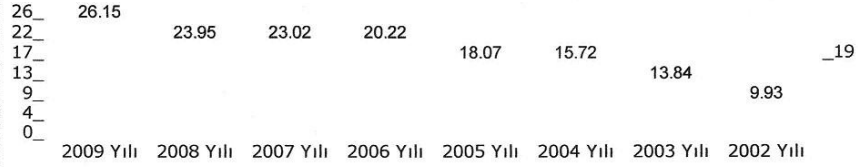
Y.F.Ş. nin 66. kısmındaki esaslar dahilinde elenmiş çakıllı malzeme ile alttemel yapılması.

Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Malzemenin ocaklardan veya derelerden çıkartılması, depolanması veya taşıtlara yüklenmesi, boşaltılması, Y.F.Ş. nin 66. kısmındaki granülometriyi eide edecek şekilde elenmesi, vasıtalarla yüklenmesi, işyerinde boşaltılması, figüre edilmesi suretiyle malzemenin hazırlanması, idarece istenilecek kalınlıkta serilmesi, suyun temini, yüklenmesi, boşaltılması, alttemel malzemesinin şartnamede belirtilen miktarda sulanması ve optimum su muhtevası olacak şekilde aktarılması, idarece istenilecek nitelikteki vibrasyonlu veya lastik tekerlekli silindirin işbaşında temini,

Kurumların Birim Fiyat, Analiz ve Yapım Şartları**Kurum** Karayolları Genel Müdürlüğü (TCK)**Poz Bilgileri****Poz No** 6000**Tanımı** Ocak taşından konkasörle kınılmış malzeme ile alttemel yapılması**Birimi** m³**Birim Fiyatları**

Yıllar	Birim Fiyatı	Montaj Bedeli	Yıllar	Birim Fiyatı	Montaj Bedeli
2009	26.15	0.00	2005	18.07	0.00
2008	23.95	0.00	2004	15.72	0.00
2007	23.02	0.00	2003	13.84	0.00
2006	20.22	0.00	2002	9.93	0.00

Yıllara Göre Fiyat Grafiği

Y.F.Ş.nin 66. kısmındaki esaslar dahilinde ocak taşından konkasörle kırılmış malzeme ile alttemel yapılması.

Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :

Taşın ocaklardan çıkartılarak konkasöre verilecek boyutta kırılması, vasıtalarla yüklenmesi, ocak - konkasör arasında nihaî ortalama 150 m. mesafeye kadar taşınması, boşaltılması, konkasöre verilmesi, Y.F.Ş.nin 66. kısmında belirtilen veya İdarece istenilen granülometriyi elde edecek şekilde konkasörle kırılması. konkasör altının boşaltılması, kırılmış malzemenin vasıtalarla yüklenmesi, boşaltılması, figüre edilmesi suretiyle malzemenin hazırlanması, İdarece istenilecek kalınlıkta serilmesi, suyun temini, yüklenmesi, boşaltılması, alttemel malzemesinin şartnamede belirtilen miktarda sulanması ve optimum su muhtevası olacak şekilde aktarılması, İdarece istenilecek nitelikteki vibrasyonlu veya lastik tekerlekli silindirin işbaşında temini, sıkıştırmanın yapılması suretiyle alttemel tabakası teşkili, aşağıda "Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar" başlığı altında sayılanlar dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için lüzumlu her türlü işçilik, malzeme, makine, alât ve edevat masrafları ile müteahhit kân ve genel masraflar

Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar :

Kırılmış malzemenin konkasörden işbaşına kadar taşınması, suyun taşınması.

Ölçü :

Serilmiş ve sıkıştırılmış alttemel malzemesinin serilmenden önce kabarma ve çökme dikkate alınmadan figüre ebadı üzerinden hesap edilen metreküp cinsinden hacmidir.

Ödeme :

Birim Fiyat Cetvelinde. Poz 6000 deki "Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış Malzeme ile Alttemel Yapılması" m3 birim fiyatı üzerinden yapılır.

Not:

(1) Figüre İdarece istenilecek yer, şekil ve boyutta olacak ve figüre makinesi ile yapılacaktır.

(2) Müteahhit figüreyi muhafaza edecek, çöküntü ve bozuklukları giderecektir.

(3) İdarenin yazılı izni ile, ocak - konkasör arasındaki mesafenin nihaî ortalama 150 m. den fazla ve 10 000 m. den küçük bir (M) mesafesi olması halinde, bu "M" metre mesafeye taşıma bedeli:

Ocak ve kazı taşının konkasöre kadar taşınmasında, m3 veya ton cinsinden Ölçüldüğüne göre;

$F = 1,25 \times A \times Y \times 0,00017 \times K \times v \times M - 0,00469 \times K \text{ TL/m3 formülü ile veya}$

$F = 1,25 \times A \times 0,00017 \times K \times v \times M - 0,00260 \times K \text{ TL/Ton formülü ile,}$

Elenmemiş çakıllı malzeme ile elenmiş çakılın konkasöre kadar taşınmasında, m3 veya ton cinsinden ölçüldüğüne göre;

$F = 1,25 \times A \times Y \times 0,00017 \times K \times v \times M - 0,00416 \times K \text{ TL/m3 formülü ile veya}$

$F = 1,25 \times A \times 0,00017 \times K \times v \times M - 0,00260 \times K \text{ TL/Ton formülü ile, hesaplanarak ödenir.}$

Bu formüllerdeki (v M), (K), (A) ve (Y). Poz 07.005/K daki gibidir.

(4) İdarenin yazılı izni ile, ocak - konkasör arasındaki mesafenin 10 000 m. den fazla olması

halinde, bu (M) kilometre mesafeye taşıma bedeli: Ocak ve kazı taşının konkasöre kadar

taşınmasında m3 veya ton cinsinden Ölçüldüğüne göre;

$F = 1,25 \times A \times Y \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00469 \times K \text{ TL/m3 formülü ile veya}$

$F = 1,25 \times A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00260 \times K \text{ TL/Ton formülü ile,}$

Elenmemiş çakıllı malzeme ile elenmiş çakılın konkasöre kadar taşınmasında, m3 veya ton cinsinden ölçüldüğüne göre;

$F = 1,25 \times A \times Y \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00416 \times K \text{ TL/m3 formülü ile veya}$

$F = 1,25 \times A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) - 0,00260 \times K \text{ TL/Ton formülü ile, hesaplanarak ödenir.}$

Bu formüllerdeki (M), (K), (A) ve (Y). Poz 07.006/K daki gibidir.

Analizi

Rayıç No	Tanımı	Birimi	Miktar
15.102/3-K	Ocak taşından konkasörle kırılmış alttemel malzemesi temini	m ³	1.000000
15.140	Makine ile serme (kırmataş, kum, çakıl ve benzeri malzeme)	m ³	1.000000
15.047	Arazöz ile sulama	Ton	0.100000
15.052/4	Titreşimli silindirle sıkıştırma (9-11 ton 11 ton dahil statik ağırlık ve 18-22 ton dinamik kuvvette titreşimli silindir+ paletli traktör takriben 66	Saat	0.005000

					Keşif Bedeli	:	
					İhale Tenzilatı	:	
					İhale Bedeli	:	
					İhale Tarihi	:	
					Sözleşme Tarihi	:	
					İşe Başlama Tarihi	:	
					İşin Sözleşme Süresi	:	

YENİ FİYAT TUTANAĞI

İŞİN ADI	:	-
POZ NUMARASI	:	18.470/A
İMALATIN ADI	:	40x40 MM LİK GEOTEKSTİL DONATILI İSTİPAD DUVARI YAPILMASI İÇİN, GEOTEKSTİL DONATI MALZEMESİNİN TEMİNİ, NAKLİ VE SERİLMESİ

SIRA NO	POZ NO		BİRİM FİYAT		MİKTARI		TUTARI	
	ESKİSİ	YENİSİ	ESKİSİ	YENİSİ	ESKİSİ	YENİSİ	ESKİSİ	YENİSİ
		18.470/A						

GEREKÇESİ : Sözleşme eki birim fiyat listeleri ve diğer kurumlara ait birim fiyat listelerinde bulunmadığından bu fiyat analizi yapılmıştır.

2008 yılı birim fiyatları ile.....	3,24-YTL
------------------------------------	----------

POZ NO	İMALATIN ADI	BİRİMİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI	YAPIM ŞARTLARI :
A) MALZEME						
FATURADAN	: 40x40 lık Örgülü Geotekstil Donatı (%10 Zaiyatlı miktar ile)	m2	1,10	2,50	2,75	Teknik Şartnameindeki esaslar dahilinde projesine ve idarenin vereceği talimatlara uygun olarak geotekstil donatılı istinad duvarında kullanılacak olan 40 kn/mt polipropilen örgülü geotekstil malzemesinin temini ve istinad duvarının yapılması için gerekli olan her türlü işçilik iş yerindeki yatay ve düşey taşıma için lüzumlu olan alet ve edavat, müteahhitlik kan ve genel giderler dahil 1.m2 geotekstil temini ve serilmesine ait
					Malzeme toplam	2,75
B) İŞÇİLİK						
01.010	: Yalıtımcı Ustası (Serme karşılığı)	Saat	0,10	4,85	0,49	2009 yılı birim fiyatı : 3,24-YTL
					İşçilik toplam	0,49
C) CMAL						
* MALZEME	: 1 M2 GEOTEKSTİL DONATILI MALZEMENİN BEDELİ				2,75	İstinad duvarının arkasındaki dolgu malzemesi yüzeyine örgülü geotekstil malzemesi ile yapılan donatının projedeki metrekare cinsinden miktarıdır.
* İŞÇİLİK	: 1 M2 GEOTEKSTİL DONATILI MALZEMENİN HER TÜRLÜ İŞÇİLİK BEDELİ				0,49	
					Malzeme ve İşçilik toplam	3,24
					GENEL TOPLAM (YTL)	3,24

Sözleşme ve eklerinde bulunmayıp yapılması lüzumlu görülen yukarıda adı yazılı işin belirtilen şartlar ve tespit edilen fiyatlarla yapılması hususunda müteahhit ile anlaşma yapılarak Bayındırlık İşleri Genel Şartnamesinin 20.maddesi gereğince düzenlenen bu tutanak Onaya sunulmuştur.

Keşif Bedeli :
İhale Tenzilatı :
İhale Bedeli :
İhale Tarihi :
Sözleşme Tarihi :
İşe Başlama Tarihi :
İşin Sözleşme Süresi :

YENİ FİYAT TUTANAĞI

İŞİN ADI :
POZ NUMARASI : YFZ.01
İMALATIN ADI : GEÖSENTETİK DONATILI İSTİNAD DUVARI YAPILMASI İÇİN 19x19x39 CM EBATLARINDA İSTİNAD BLOK ELEMANININ TEMİNİ VE DUVARIN YAPILMASI

BİRİMİ: M2

SIRA NO	POZ NO	BİRİM FİYAT	MİKTARI	TUTARI
	ESKİSİ	YENİSİ	ESKİSİ	YENİSİ
		YFZ.01		

GEREKÇESİ : Sözleşme eki birim fiyat listeleri ve diğer kurumlara ait birim fiyat listelerinde bulunmadığından bu fiyat analizi yapılmıştır.

2008 yılı birim fiyatları ile.....

66,15-YTL

POZ NO	İMALATIN ADI	BİRİMİ	MİKTARI	B.FİYATI	TUTARI	YAPIM ŞARTLARI :
						Teknik Şartnamesindeki esaslar dahilinde projesine ve idarenin vereceği talimatlar uygun olarak geotekstil donatılı istinad duvarında kullanılacak olan 19x19x39 cm ebatlarında istinad beton bloklarının temini ve istinad duvarının yapılması için gerekli olan her türlü işçilik i yerindeki yatay ve düşey taşımalar için gerekli olan alet ve edavat, müteahhitlik karı ve genel giderler dahil 1.m2 lik istinad duvarına ait
						2009 yılı birim fiyatı : 66,15-YTL
						ÖLÇÜ:
						Geotekstil donatılı ve istinad beton elemanlarla inşaa edilmiş duvar mahallinde ve düşey düzlemde ölçümü ilde edilecek m2 cinsinden miktardır.
						NOT: İstinad Beton Blok elemanlarının üretim tesisinden iş yerine nakli, boşaltılması ve istifi bu fiyata dahildir.