



## YOL İNŞAATINDA KULLANILAN GEOTEKSTİLLERİN ÇEKME DAYANIMLARININ DOKU FARKLILIĞI YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Gökhan İMANÇLI\*<sup>1</sup> Mehmet Rifat KAHYAOĞLU<sup>1</sup> Burak ŞENGÖZ<sup>1</sup>  
Ali TOPAL<sup>1</sup> Ümit Halis ERDOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, 35160, Buca, İzmir, Türkiye, [gokhan.imancli@deu.edu.tr](mailto:gokhan.imancli@deu.edu.tr)

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi Kampüsü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye, [umit.erdogan@deu.edu.tr](mailto:umit.erdogan@deu.edu.tr)

### ÖZET

Günümüzde karayollarındaki trafik hacmindeki ve taşıt dingil yüklerindeki artışlar ile birlikte, yol tasarımlarında yapılan yanlışlıklar ve imalat hataları, yol üstyapılarında yorulma ve düşük çatlaklarına ve özellikle tekerlek izi oluşumları gibi kalıcı deformasyonlara sebep olmaktadır. Kaplamalarda görülen bozulmaları en aza indirmek amacıyla geotekstiller; stabilizasyon veya güçlendirme fonksiyonlarından yararlanılarak kullanılmaktadır. Geotekstiller bu fonksiyonları sayesinde, yol üstyapısının dayanımını artırarak kaplamanın davranışını belirgin bir şekilde etkilemektedir. Kullanılacak geotekstilin çekme dayanımı ne kadar yüksek olursa, yol kaplamalarının kalıcı deformasyonlara karşı direnci de o kadar fazla olmaktadır.

Bu çalışmada, yol üstyapısı özelliklerini iyileştirme amacıyla kullanılan dokumalı ve dokumasız geotekstillerin mühendislik özellikleri verildikten sonra farklı tip (dokumasız iğne ile birleştirilmiş, dokumasız sürekli filament, dokumalı yassı film şeritli) ve yoğunluklardaki (200 gr/m<sup>2</sup>, 300 gr/m<sup>2</sup>, 400 gr/m<sup>2</sup>, 450 gr/m<sup>2</sup>) geotekstil örnekleri üzerinde ASTM 4595-86'e göre "Geniş En Çekme Dayanımı" ve ASTM 6241-98'e göre "Statik Delinme Dayanımı" deneyleri uygulanarak mukavemet özellikleri karşılaştırılıp yol inşaatında kullanılabilirlikleri değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Geotekstil, Çekme dayanımı, Statik delinme dayanımı, Doku.

## 1. GİRİŞ

Geotekstillerin kullanıldığı birçok mühendislik uygulamasında zeminin, dayanım açısından iyileştiği kanıtlanmıştır [1,2,3]. Günümüzde geotekstillerin zemini güçlendirme amaçlı kullanımının etkili sonuçlar ortaya çıkardığı daha açık görülmektedir. Basınç dayanımı bilinen zemine çekme dayanımı yüksek geotekstil uygulaması ile daha güçlü bir kompozit malzeme oluşturmaktadır. Günümüze kadar yapılan çalışmalar, geotekstil kullanımı ile yol kaplamasının güçlendiğini ve tekerlek izlerinin azalarak, yolun servis ömrünün uzadığını göstermiştir [4,5,6]. Kullanılacak geotekstilin çekme dayanımı ne kadar yüksek olursa, yol kaplamasının dayanımı, dolayısıyla kalıcı deformasyonlara karşı direnç de o kadar büyük olacaktır. Bu nedenle, gerek kaplamalı gerekse kaplamasız yol inşaatlarında geotekstil uygulaması için karar verilirken, kullanılacak olan geotekstilin çekme dayanımının bilinmesi gerekmektedir.

Geotekstillerin deneysel olarak belirlenen çekme dayanımları üzerinde üretim tekniğinin ve imalat sırasında kullanılan hammaddesinin büyük bir önemi vardır. Bu nedenle, yapılan çalışmada aynı hammadde ile farklı üretim tekniklerinde üretilmiş geotekstil numuneler üzerinde ASTM D4595'e göre geniş en çekme deneyleri yapılmıştır. Hammaddeden kaynaklanacak farklılığı engelleyerek, yalnızca üretim yönteminin geotekstillerin çekme dayanımlarına olan etkisini ortaya çıkarmak amacıyla hammaddesi %100 Polipropilen olan dokumalı ve dokumasız geotekstillere deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca çalışmada, literatürde mevcut olan statik delinme deneyi ile çekme Dayanımı arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla, aynı numuneler ile ASTM D6241'e göre statik delinme deneyleri de uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar için 5 ayrı yoğunlukta sürekli filamentlerden oluşmuş dokumasız (continuous filament non-woven), 4 ayrı yoğunlukta iğneleme ile birleştirilmiş dokumasız (needle punched non-woven) ve yassı şerit filmlerden oluşmuş 3 ayrı yoğunlukta (slit film yarns woven) geotekstil numuneler kullanılmıştır.

## 2. GEOTEKSTİLLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ VE İŞLEVLERİ

Geotekstillere; temel, zemin, kaya ve toprak malzemesinde kullanılan geçirgen tekstil ürünü olup sentetik yapılı, polimer bazlı ürünlerin bütünü veya sistemi olarak tanımlanmaktadır [7]. Esnek, ince, geçirgen, belirli deformasyonlar altında çekme dayanımı sayesinde güçlendirici rol üstlenen geotekstillere inşaat mühendisliği ile ilgili alanlarda zeminin performansını arttırmak amacıyla kullanılan malzemelerdir.

Geotekstilin üretildiği hammadde özelliklerinin ve üretim tekniğinin bilinmesi inşaat mühendisliği uygulamalarında kullanılacak uygun geotekstil seçimi açısından önemlidir. Geotekstillerin hammaddesi, farklı kimyasal katkı maddeleri kullanılarak elde edilen polimerlerdir. Geotekstil üretiminde en çok kullanılan, biyolojik ve kimyasal bozunmalara karşı yüksek dayanıma sahip polimerler ve yaklaşık kullanım oranları aşağıda verilmektedir [8].

- Polipropilen ( $\approx$  %65)
- Polyester ( $\approx$  %32)
- Poliamid (nylon) ( $\approx$  %2)
- Polietilen ( $\approx$  %1)

Özellikle geotekstilin güçlendirme amaçlı kullanımında son derece önemli olan gevşeme ve sünme özellikleri, malzemenin yapımında kullanılan polimerin özelliklerine bağlı olduğundan, polimer özellikleri ayrıntılı olarak incelenmelidir. Bahsi geçen polimerler içinde en yaygın olarak kullanılan ve daha ekonomik olan polipropilenlerdir. Bu malzemenin düşük yoğunluğa sahip olması, en hafif plastiklerin üretimini dahi olanaklı kılmaktadır. Yukarıda isimleri verilen başlıca polimer türlerinin genel özellikleri Tablo 1 de özetlenmiştir.

**Tablo1.** Farklı polimerlerin bazı temel özellikleri [9]

ÖZELLİK	PA 6	PA 6.6	PETP	PP	LDPE	HDPE
Birim kütle (kg/m <sup>3</sup> )	1140	1140	1380	900–910	920–930	940–960
Kristallik (%)	60	60	30–40	60–70	40–55	60–80
Cam-lastik dönüşüm sıcaklığı (°C)	30–60	30–60	75	-15	-100	-100
Ergime sıcaklığı (°C)	215–220	250	250–260	160–165	110–120	125–135
İzin verilebilir max. süreç sıcaklığı (°C)	190	200	200	130	90	100
İzin verilebilir min. süreç sıcaklığı (°C)	-60	-60	-60	-40	-40	-40
Su absorpsiyonu 20°C'de % 65 bağ. nem (%)	4	4	0.4	0	0	0
Su absorpsiyonu 20°C'de su içinde(%)	10	10	1	0.01	0.01	0.01
Elastisite modülü kuru (N/mm <sup>2</sup> )x10 <sup>3</sup>	(3–4)	(3–4)	(12–18)	(2–5)	Değişken	Değişken
Çekme dayanımı kuru (N/mm <sup>2</sup> )	700–900	700–900	800–1200	400–600	80–250	350–600
Çekme dayanımı ıslak (N/mm <sup>2</sup> )	600–800	600–800	800–1200	400–600	80–250	350–600
Kopma uzaması kuru (%)	18–25	15–28	8–15	10–40	20–80	10–45
Kopma uzaması ıslak (%)	20–30	18–30	8–15	10–40	20–80	10–45
Çekme dayanımı-çekme dayanımının 20°C'deki değerinin yüzdesi olarak						
T=50°C	90	90	95	90	60	60
T=100°C	80	80	85	55	40	-
T=150°C	60	60	70	30	-	-
T=200°C	55	55	-	-	-	-

**PA 6** : Poliamid 6      **PA 6.6** : Poliamid 6.6      **LDPE** : Düşük yoğunluklu polietilen

**PETP**: Polyester      **PP** : Polipropilen      **HDPE** : Yüksek yoğunluklu polietilen

Yukarıda da belirtildiği gibi geotekstil seçiminde önemli olan bir diğer özelliğe üretim tekniğidir. Klasik geotekstiller üretim tekniklerine göre en genel haliyle aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Örgülü (Dokumalı) geotekstilller:

- Tek filament örgülüler (monofilament yarns)
- Çok filament örgülüler (multifilament yarns)
- Şerit veya film örgülüler (slit film yarns and fibrillated yarns)

2. Örgüsüz (Dokumasız) geotekstilller:

- İğneleme yolu ile birleştirilmiş (needle punched)
- Isı yolu ile birleştirilmiş (heat bonded, continuous filament)
- Kimyasal bağlama yolu ile birleştirilmiş (chemical bonded)

Geotekstillerin inşaat mühendisliğinde kullanım alanları ve işlevleri genel olarak; güçlendirme, koruma, ayırma, drenaj, filtrasyon, yalıtım şeklinde özetlenebilir. Geotekstilller, uygulama yerlerine göre bir veya birkaç fonksiyonu aynı anda üstlenebilirler. Geotekstillerin çeşitli kullanım alanları ve işlevleri Tablo 2' de vermiştir.

**Tablo 2.** Geotekstillerin Çeşitli Uygulama Alanlarındaki İşlevleri [10]

* ANA İŞLEV	İŞLEVLER					
+ İkincil İşlev	Ayrma	Filtrasyon	Drenaj	Güçlendirme	Koruma	Yalıtım
UYGULAMA ALANI						
Kaplamasız Yollar	*	+	+	*		
Kaplamalı Yol ve Pistler	*	+	+	*		
Yeni Asfalt Kaplama Altı				*		*
Dolgu Altı Drenaj Şiltesi	*	+	+	+		
Kapilerite Şiltesi	*	+				
Demiryolları	*	*	+	+		
Erozyon Kontrolü	+	*	+	+		
Sahil Koruma	*	*	+	+		
İstinat Duvarları	+	+	+	*		
Köprü Ayakları	+	*	+			
Drenaj Sistemleri	+	*	+			
Esnek Kalıp		*	+	*		
Kazıkla Taşınan Dolgu	+			*		
Geomembran Altı			*	+	*	

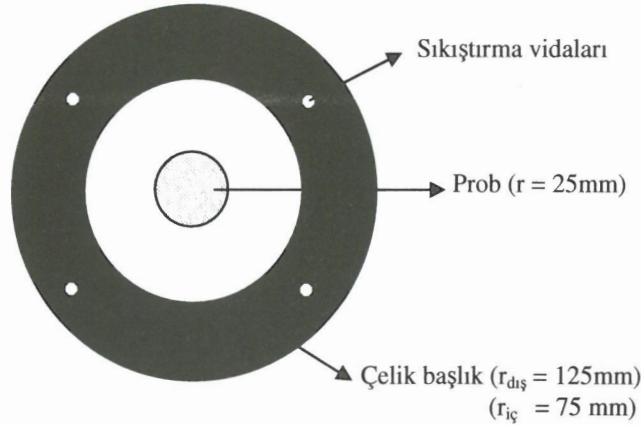
### 3. GEOTEKSTİLLERİN DAYANIM ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Geotekstilller, zeminin direncini ve göçmeden önceki deformasyon kapasitesini arttırarak genel olarak bir güçlendirme sağlamaktadır. Geotekstillerin çekme dayanımları, üzerine gelen yük nedeniyle oluşacak deformasyon sonucunda harekete geçer. Sağladıkları bu ilave çekme dayanımı sayesinde yol kaplamalarında görülen kalıcı deformasyonları (tekerlek izi oluşumu) en aza indirmek amacıyla kullanılabilirler. Üstyapıdan gelen yük, geotekstil üzerinde dağılarak etkisini kaybetmektedir. Kullanılacak geotekstillin çekme dayanımı ne kadar yüksek olursa, yol kaplamalarının dayanımları üzerindeki etkisi de o kadar büyük olacaktır. Oluşan yüksek çekme gerilmelerine karşın uzamalar oldukça düşük mertebelindedir. Geotekstillerin çekme dayanım özellikleri geniş en çekme deneyi ve/veya statik delinme deneyi yardımı ile belirlenebilmektedir [7,11].

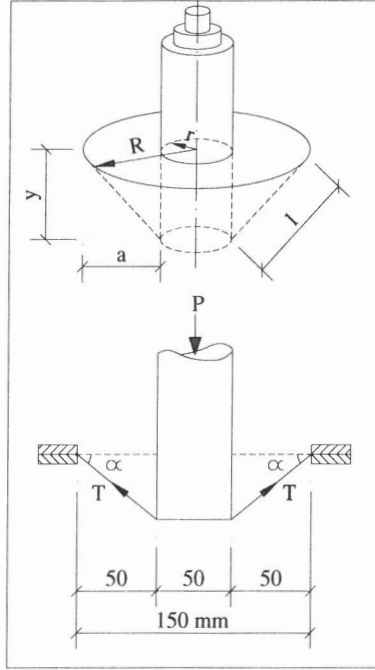
ASTM D4595-86'e göre çekme deneyi, geotekstillerin geniş en de numunenin çekme özelliklerini belirlemek amacıyla dokumalı, dokumasız, tabakalı ve örgülü kumaşlar üzerinde uygulanmaktadır. Bu yöntemle, geotekstillin birim şekil değiştirmesi, çekme dayanımı ile farklı iki doğrultudaki ilk modülü (initial

modulus), ikinci modülü (secant modulus) ile birlikte kırılma dayanımı belirlenmektedir. Bu deneyin diğer çekme deneylerinden farkı, numunenin eninin boyundan büyük olmasıdır. Deneyde, 100 mm aralıklı çeneler arasına yerleştirilmiş 200 mm eninde numuneler kullanılmaktadır. Ancak standartta da belirtildiği üzere bu deney, çekme dayanımı 100 kN/m den daha fazla olan dokumalı geotekstillere için uygun olmayabilir. Bunun nedeni, belirtilen çekme çenelerinin kapasitelerinin aşılması ve geotekstilin çekme etkisi ile yırtılmadan çeneler arasından sıyrılmasıdır. Eğer deneyler esnasında böyle bir durumla karşılaşırsa, deney numunesinin eni 200 mm yerine 100 mm olarak kullanılmalıdır [7]. Geotekstil uygulamasında kullanılacak bazı kumaşlar, uygulanan kuvvet altında büzülme (necking down) eğilimindedirler. Geniş en çekme deneyi ile bu eğilim en aza indirilerek arazideki geotekstil davranışına yakın bir etki elde edilir [7].

ASTM D6241-98'e göre, geotekstillerin statik delinme deneyi geotekstil ve geosentetiklerin delinme mukavemetlerinin belirlenmesi amacıyla uygulanmaktadır [11]. Bu deney yönteminde, uygulanan kuvvetin çok yönlü (multi directional) olması için probun yeterince büyük olması gerekmektedir. Bu nedenle deneyler, standartta belirtildiği gibi 50 mm çapında prob kullanılarak ve deney hızı 50 mm/dakika olacak şekilde uygulanmaktadır. Şekil 1 ve Şekil 2' de gösterildiği gibi geotekstil numune 250 mm dış ve 150 mm iç çaplı çelik iki çember başlık arasına yerleştirilmekte, başlıklar arasına yerleştirilen numune vidalar yardımı ile sabitlenmektedir. Deney numuneleri başlıklardan en az 10 mm dışarıda kalacak şekilde yerleştirilmelidir. Yükleme esnasında prob, numuneyi tam merkezleyecek şekilde yerleştirilmeli, düşey ekseninde ve belirtilen hızda hareket etmektedir [11]. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta da numunenin deney esnasında sıyrılmaması ve vidalama yerlerinden yırtılmamasıdır.



Şekil 1. Statik delinme deneyi başlık düzeneği şematik gösterimi



**Şekil 2.** Statik delinme deneyinde geotekstilin aksenal simetrik gerilme-şekil değiştirme durumu geometrik gösterimi [11, 13].

Yapılan çalışmalar statik delinme deneyi ile çekme dayanıma arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. [12, 13].

Cazzufi ve Venesia (1986), dokumasız geotekstillere için kırılma noktasındaki CBR delinme ve çekme gerilmesi değerleri arasındaki ilişkiyi; [12]

$$T_f = \frac{P_f}{2 \pi r} \quad (1)$$

olarak vermiştir. Burada;

$T_f$  = çekme dayanımı, (kN/m)

$P_f$  = göçme anında CBR delinme kuvveti, (kN)

$r$  = CBR deneyinde kullanılan probun yarıçapıdır, (m)

Bergado ve diğerleri (2001), statik delinme kuvvetiyle birlikte düşey deformasyonu göz önüne alan ve çekme gerilmesiyle ilişki kuran bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem aslında Cazzufi ve Venesia tarafından önerilen bağıntıya, düşey deformasyonun prob yarıçapına olan oranının ilave edilmiş halidir [13].

$$T_f = \frac{P_f}{2 \pi r \sin \alpha} \quad (2)$$

$$\sin \alpha = \frac{y}{\sqrt{y^2 + 50^2}} \quad (3)$$

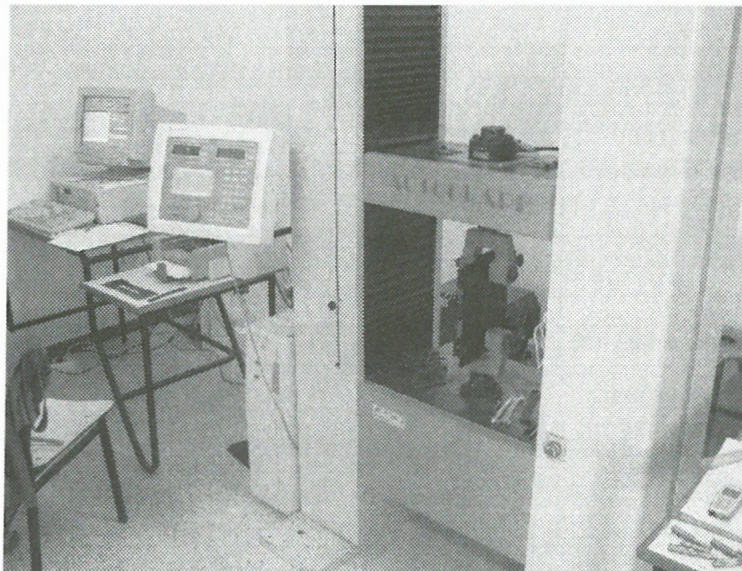
#### 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, geotekstilin üretildiği hammadde özellikleri ve üretim tekniğinin çekme dayanım değerleri üzerindeki etkisinden dolayı, deneysel çalışmalarda aynı hammaddeden (%100 Polipropilen) üretilmiş ancak farklı tip ve yoğunluktaki tekstil numuneler kullanılmış ve çekme dayanımları karşılaştırılmış, böylelikle üretim tekniğinin etkisi ortaya çıkarılmıştır.

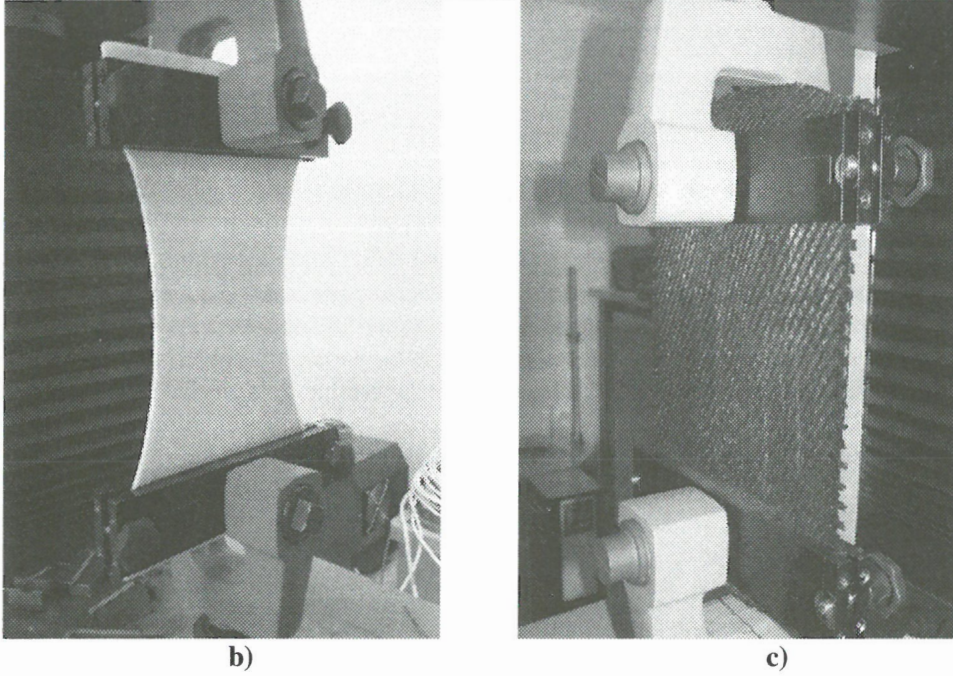
Üretim tekniği (yassı film şeritlerden oluşmuş dokumalı-woven slit film yarns; sürekli filamentlerden oluşmuş-dokumasız non-woven continuous filament ve iğneleme ile birleştirilmiş-dokumasız non-woven needle punched) ve yoğunlukları (200 gr/m<sup>2</sup>, 300gr/m<sup>2</sup>, 400 gr/m<sup>2</sup>, 450 gr/m<sup>2</sup>) farklı geotekstillerin gerilme deformasyon özelliklerini belirlemek amacıyla çekme deneyleri yapılmıştır. Çekme deneyleri; dokumalı geotekstillerde atkı ve çözgü, dokumasız geotekstillere ise makine yönü (iğneleme yönü) ve çapraz yönde olmak üzere iki yönde uygulanmıştır. Uygulamaya ilişkin deney fotoğrafları Şekil 3 (a,b,c)'de verilmektedir.

Her bir geotekstil türü için her iki yönde 5'er adet çekme deneyi yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, dokumalı geotekstillerin çekme dayanımları, hesaplanan ortalama çekme dayanımı değerlerine göre  $\pm$  % 2 aralığında değişirken, dokumasız geotekstillerde bu değişimin çok daha dar bir aralıkta ( $\pm$  % 0.9) gerçekleştiği görülmüştür. Kabul edilebilir değişim aralığı ASTM D4595-86'e göre %5 olarak verilmiştir. Bu nedenle, deney sonuçlarındaki küçük sapmaların ortalamadan anlamlı ölçüde uzaklaşmadığı kabul edilerek ortalama çekme dayanım sonuçları karakteristik çekme dayanım değerleri olarak Tablo 3'de verilmiştir.

Sürekli filamentlerden oluşmuş ve iğneleme ile birleştirilmiş geotekstil malzemeleri üzerinde makine yönü ve çapraz yönün çekme dayanım farkını; yassı film şeritlerden oluşmuş geotekstil malzemelerde ise atkı yönü ve çözgü yönü çekme dayanım farkını ortaya çıkarmak amacıyla Tablo 3'e bağlı değerler, Şekil 4-6'te verilmektedir.



a)

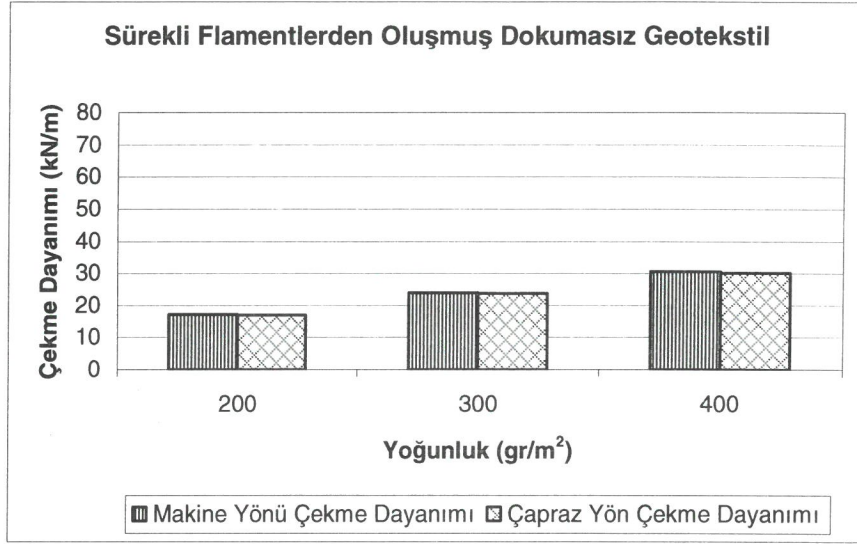


Şekil 3. ASTM D4595-86'e göre uygulanan çekme deneyi fotoğrafları  
a) Bilgisayar kontrollü yük-deplasman ölçer çekme deneyi düzeneği  
b) Dokumasız geotekstil çekme deneyi uygulaması  
c) Dokumalı geotekstil çekme deneyi uygulaması

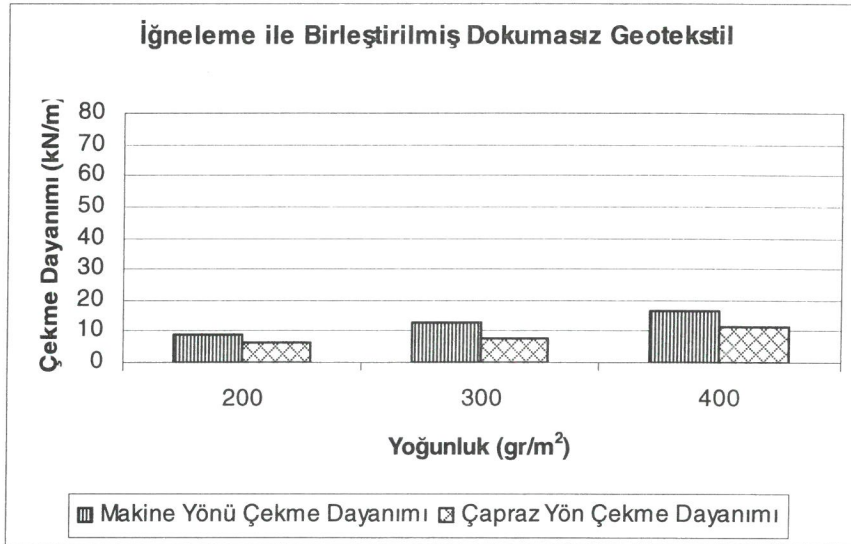
Tablo 3. Farklı üretim tekniği ve gramajlarda üretilmiş geotekstillere uygulanan geniş en çekme deneyi sonuçları.

<b>Dokumasız / Sürekli Flamentlerden Oluşmuş</b>			
Yoğunluk (gr/m <sup>2</sup> )	Makine Yönü Çekme Dayanımı (kN/m)	Çapraz Yön Çekme Dayanımı (kN/m)	Ortalama Çekme Dayanımı (kN/m)
200	17.16	17.06	17.11
300	23.84	23.66	23.75
325	25.49	25.31	25.40
385	29.55	29.25	29.40
400	30.53	30.25	30.39
<b>Dokumasız / İğneleme ile Birleştirilmiş</b>			
Yoğunluk (gr/m <sup>2</sup> )	Makine Yönü Çekme Dayanımı (kN/m)	Çapraz Yön Çekme Dayanımı (kN/m)	Ortalama Çekme Dayanımı (kN/m)
200	8.85	6.25	7.55
300	12.52	7.98	10.25
400	16.92	11.62	14.27
450	19.12	13.52	16.32
<b>Dokumalı / Yassı Film Şeritlerden Oluşmuş</b>			
Yoğunluk (gr/m <sup>2</sup> )	Atkı Yönü Çekme Dayanımı (kN/m)	Çözgü Yönü Çekme Dayanımı (kN/m)	Ortalama Çekme Dayanımı (kN/m)
200	28.04	31.08	29.56
300	37.72	44.00	40.86
400	65.35	74.90	70.12

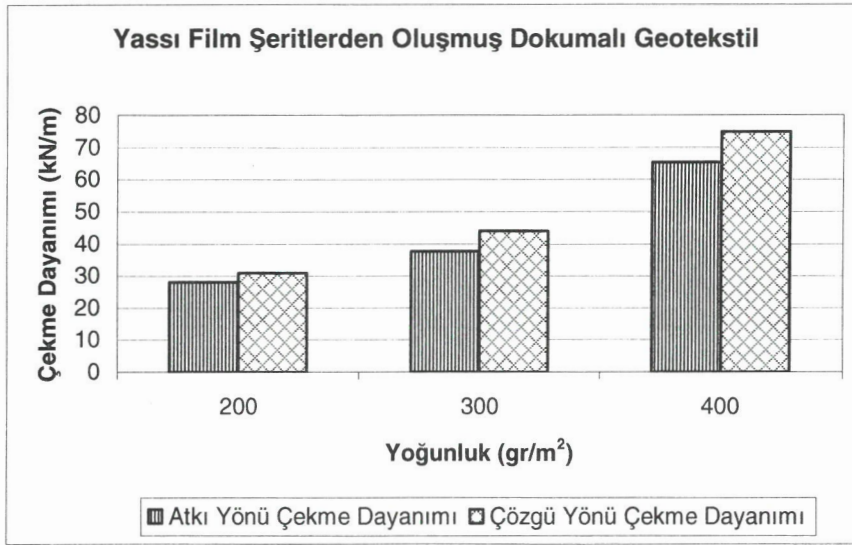




Şekil 4. Farklı gramajlarda üretilmiş, sürekli filamentlerden oluşmuş dokumasız geotekstiller üzerinde uygulanan farklı yöndeki geniş en çekme deneyi sonuçları.



Şekil 5. Farklı gramajlarda üretilmiş, iğneleme ile birleştirilmiş dokumasız geotekstiller üzerinde uygulanan farklı yöndeki geniş en çekme deneyi sonuçları.



**Şekil 6.**Farklı gramajlarda üretilmiş, yassı film şeritlerden oluşmuş dokumalı geotekstiller üzerinde uygulanan farklı yöndeki geniş en çekme deneyi sonuçları.

Sürekli filamentlerden oluşmuş dokumasız geotekstillerin makine ve çapraz yöndeki çekme dayanımları birbirine çok yakın iken, iğneleme ile birleştirilmiş dokumasız geotekstillerin makine yönündeki çekme dayanımları çapraz yöndeki dayanımından fazla olduğu söylenebilir. Yassı film şeritlerden oluşmuş dokumalı geotekstillerin ise çözgü yönündeki çekme dayanımları atkı yönündeki dayanımlarından fazladır. Aynı yoğunluktaki geotekstiller karşılaştırılır ise dokumalı geotekstillerin çekme dayanımlarının dokumasız geotekstillerin dayanımlarından oldukça fazla olduğu görülmektedir.

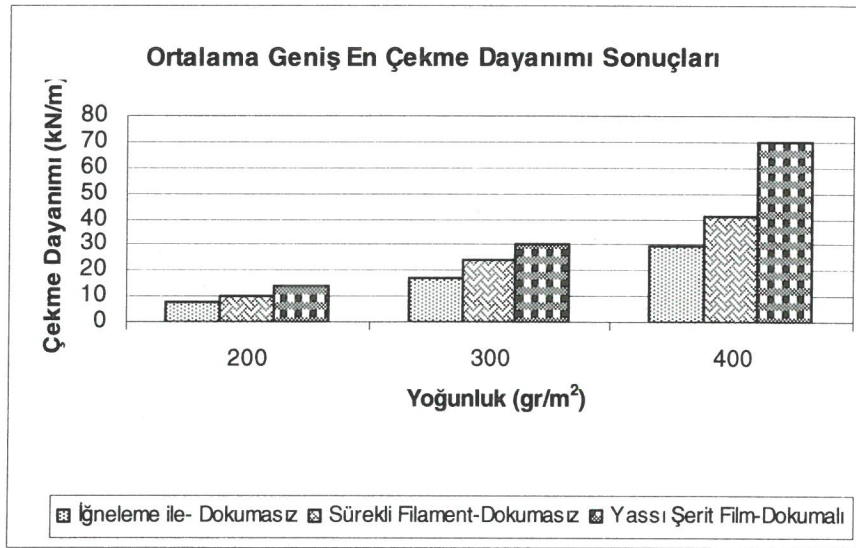
Çekme deneylerine ilave olarak aynı tip numuneler üzerinde ASTM D 6241-98 statik delinme deneyleri de uygulanmış ve deneyler sonucunda elde edilen karakteristik CBR dayanım değerleri ile mevcut bağıntılar kullanılarak çekme dayanımı değerleri belirlenmiştir. Statik delinme deneyleri, her bir geotekstil türünden alınan 3 er adet numune üzerinde uygulanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, dokumalı ve dokumasız geotekstillerin CBR değerlerinin, hesaplanan ortalama CBR değerlerine göre  $\pm$  % 0.15 aralığında değiştiği belirlenmiş, ortalama CBR değerleri, karakteristik CBR değerleri olarak dikkate alınmıştır. Hesaplamalarda dikkate alınan CBR değerleri ve ilgili bağıntılar yardımı ile hesaplanan çekme dayanımı değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Statik delinme deneyi sonuçları ile çekme dayanımı değerleri arasında ilişki kuran yöntemlere dayanarak elde edilen çekme dayanımı sonuçları.

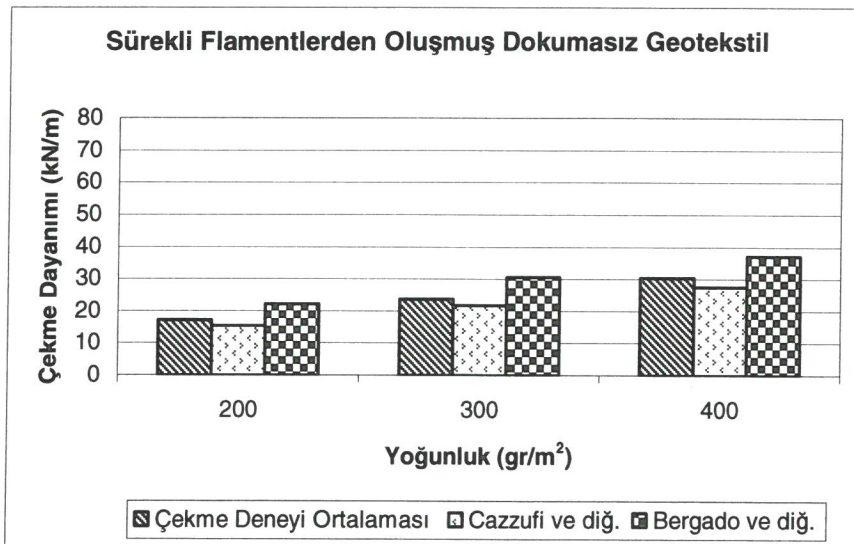
<b>Dokumasız / Sürekli Filamentlerden Oluşmuş</b>				
Yoğunluk (gr/m <sup>2</sup> )	CBR (kN)	Maksimum Deplasman(mm)	Çekme Dayanımı (kN/m)	
			Cazzufi ve diğ.	Bergado ve
200	2.42	48.5	15.38	22.04
300	3.41	50.0	21.71	30.70
325	3.65	51.0	23.21	32.51
385	4.15	54.0	26.39	35.96
400	4.32	55.0	27.50	37.16
<b>Dokumasız / İğneleme ile Birleştirilmiş</b>				
Yoğunluk (gr/m <sup>2</sup> )	CBR (kN)	Maksimum Deplasman(mm)	Çekme Dayanımı (kN/m)	
			Cazzufi ve diğ.	Bergado ve
200	1.12	59.0	7.10	9.30
300	1.58	69.0	10.07	12.44
400	2.33	79.0	14.83	17.55

Yoğunluk (gr/m <sup>2</sup> )	CBR (kN)	Maksimum Deplasman(mm)	Çekme Dayanımı (kN/m)	
Dokumalı / Yassı Film Şeritlerden Oluşmuş				
			Cazzufi ve diğ.	Bergado ve
450	2.55	83.0	16.22	18.86
200	3.35	54.0	21.31	29.03
300	5.21	62.0	33.15	42.61
400	9.44	74.0	60.09	72.39

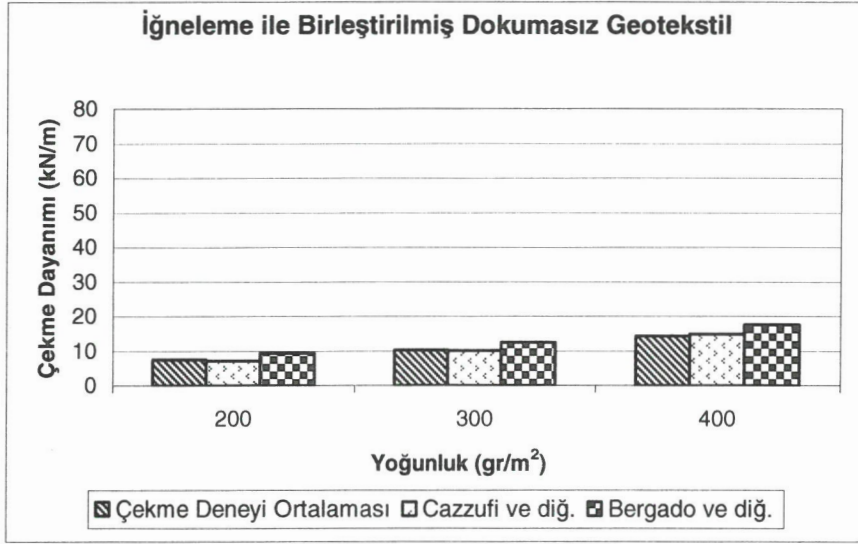
Üretim yöntemleri farklı ve 200 gr/m<sup>2</sup>, 300 gr/m<sup>2</sup>, 400 gr/m<sup>2</sup> birim kütleli geotekstil numunelerinin geniş en çekme dayanımları, statik delinme dayanım değerlerinden bağıntılar kullanılarak elde edilen çekme dayanımı değerleri ve çekme deneyi ortalama değerleri sırasıyla Şekil 7, Şekil 8–10’da verilmektedir.



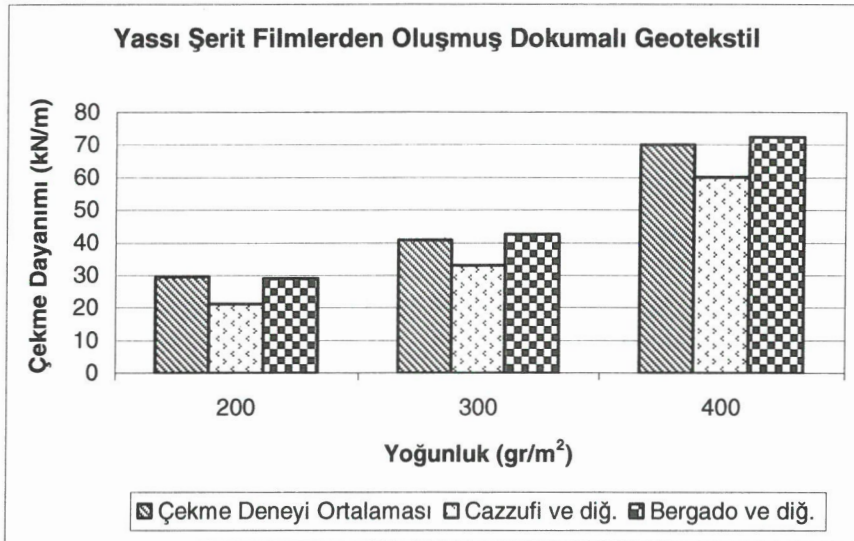
Şekil 7. Farklı üretim tekniği ve gramajlarda üretilmiş geotekstillerin ortalama geniş en çekme dayanımı sonuçları.



Şekil 8. Sürekli filamentlerden oluşmuş dokumasız geotekstil statik delinme dayanımı değerlerinden bağıntılar kullanılarak elde edilen çekme dayanımı değerleri ve çekme deneyi ortalama değerleri sonuçları.



**Şekil 9.** İğneleme ile birleştirilmiş dokumasız geotekstil statik delinme dayanımı değerlerinden bağıntılar kullanılarak elde edilen çekme dayanımı değerleri ve çekme deneyi ortalama değerleri sonuçları



**Şekil 10.** Yassı şerit filmlerden oluşmuş dokumalı geotekstil statik delinme dayanımı değerlerinden bağıntılar kullanılarak elde edilen çekme dayanımı değerleri ve çekme deneyi ortalama değerleri sonuçları

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hammaddeden kaynaklanacak farklılığı engelleyerek yalnızca üretim yönteminin geotekstillerin çekme dayanımlarına olan etkisini görebilmek amacıyla hammaddesi %100 polipropilen olan dokumalı ve dokumasız geotekstillere üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca çalışmada literatürde mevcut olan statik delinme deneyi ile çekme dayanımı arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla benzer numuneler ile statik delinme deneyleri uygulanmıştır. Çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Dokumalı geotekstillere de atkı ve çözgü, dokumasız geotekstillere de ise makine yönü (iğneleme yönü) ve çapraz yönde olmak üzere iki yönde uygulanan çekme deneyi sonuç grafikleri incelendiğinde;

- Birim ağırlık arttıkça geotekstil malzemelerin çekme dayanımlarının arttığı,
- Aynı birim ağırlığa sahip geotekstil malzemeleri için yassı film şeritlerinden oluşmuş dokumalı geotekstil malzemelerinin en yüksek çekme dayanımını verdiği,
- Dokumalı olarak üretilen geotekstil malzemelerin çekme dayanımlarının, dokumasız olarak üretilen malzemelere göre daha yüksek olduğu ve bu farkın birim ağırlık arttıkça yaklaşık iki kat mertebesine çıktığı,
- Sürekli filamentlerden oluşmuş dokumasız geotekstillerin, makine ve çapraz yönlerindeki çekme dayanımlarının birbirine çok yakın olduğu,
- İğneleme ile birleştirilmiş dokumasız geotekstillerin, makina yönü çekme dayanımının çapraz yön çekme dayanımına göre yüksek olduğu ve bu farkın birim ağırlık arttıkça arttığı,
- Yassı film şeritlerden oluşmuş dokumalı geotekstillerin, çözgü yönündeki çekme dayanımının atkı yönündekine göre daha yüksek olduğu ve bu farkın birim ağırlık arttıkça arttığı görülmüştür.

Geotekstillere ait statik delinme deney sonuçlarından Cazzufi ve diğ. ve Bergado ve diğ.'e göre çekme dayanımları hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; dokumasız geotekstillerde, Cazzufi ve diğ. bağıntısı kullanıldığında elde edilen çekme dayanımları, geniş en çekme deneyi ortalama dayanımlarına yaklaşık değerlerde iken, dokumalı geotekstillere için Bergado ve diğ.'nin önerdiği bağıntı daha yakın sonuçlar vermektedir.

Gerek kaplamalı gerekse kaplamasız yol inşaatlarında geotekstil uygulaması için karar verilirken, kullanılacak olan geotekstilin çekme dayanımı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Kullanılacak geotekstilin çekme dayanımı ne kadar yüksek olursa, yol kaplamasının dayanımı, dolayısıyla kalıcı deformasyonlara karşı gösterdiği direnç de o kadar büyük olacaktır. Bu nedenle; istenilen çekme dayanımını sağlayabilecek yoğunlukta, yassı film şeritlerden oluşmuş dokumalı geotekstillerin çözgü yönünde serilerek yol inşaatlarında kullanılması uygun olacaktır.

Çekme dayanımları ve kaplama tabakalarında kullanılabilirlikleri araştırılacak farklı tiplerdeki geotekstillerin ayrıca birim maliyetleri de incelenip ekonomik değerlendirmeler yapılması ve kullanılacak geotekstilin bu araştırmalardan sonra belirlenmesi, proje uygulamasında önemli ekonomik kazançlar sağlayabilecektir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Long, P.V., Bergado, D.T., Balasubramaniam, A.S., "Interaction Between Soil and Geotextile Reinforcements", **Proceedings of the First ASCE Conference of Geo Institute** (Geo Logan'97), Utah, USA, 372-393 (1997).
- [2] McGown, A., Andrawes, K.Z., Wilson-Fahmy, R.F., Brady, K.C., "Strength Testing of Geotechnical Fabrics", **Supplementary Report 703**, Transport and Road Research Laboratory, UK. (1981).
- [3] Maneecharoen, J., "Factors Affecting the Laboratory Testing of Geotextiles", **M. Eng. Thesis GE-96-13**, School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. (1997).
- [4] Douglas, R.A., "Stiffness Of Geosynthetics-Built Unpaved Road Structures: Experimental Programme, Analysis and Results", **Proceedings of the Geosynthetics'93**, Vancouver, Canada, 65-79 (1993).
- [5] Tsai, W.S., Savage, B.M., Holtz, R.D., Christopher, B.R., Allen, T.M., "Evaluation Of Geotextiles As Separators In A Full-Scale Road Test", **Proceedings of the Geosynthetics'93**, Vancouver, Canada, 35-48 (1993).
- [6] Hausmann, M.R. "Engineering Principles of Ground Modification International ed.", **McGraw-Hill**, Singapore, 512 (1990).
- [7] ASTM D4595-86, "Standard Test Method For Tensile Properties Of Geotextiles By The Wide-Width Strip Method", **Annual Book of ASTM Standards**, Section 4, Vol.

- [8] Koerner, R.M. “Design with Geosynthetics 2<sup>nd</sup> edition,” **Prentice Hall**, 18 (1990).
- [9] Santvoort, G.P.T.M. “Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering revised ed.”, **A.A. Balkema**, Rotterdam, 93 (1994).
- [10] Aksoy, I.M., “Modern Yol İnşaatında Geotekstil Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniv. Fen Bilm. Ens.** İstanbul, Türkiye. (1993).
- [11] ASTM D6241-98, “Standard Test Method for Static Puncture Strength of Geotextiles and Geotextile Related Products Using a 50-mm Probe”, **Annual Book of ASTM Standards**, Section 4, Vol. 04.09, 1613–1618 (1999).
- [12] Cazzuffi, D., Venesia, S., “The Mechanical Properties of Geotextiles: Italian Standard and Interlaboratory Test Comparison”, **Proceedings of the Third International Conference on Geotextiles**, Vienna, Vol. 3, 695–700 (1986).
- [13] Bergado, D.T., Youwai, S., Hai, C.N., Voottipruex, P., “Interaction of Non-Woven Needle Punched Geotextiles Under Axisymmetric Loading Conditions”, **Geotextiles and Geomembranes**, 19, 299-328 (2001).

## THE DETERMINATION OF TENSILE STRENGTH OF DIFFERENT TEXTURED GEOTEXTILES USED IN ROAD CONSTRUCTION

Gökhan İMANÇLI\*<sup>1</sup> Mehmet Rifat KAHYAOĞLU<sup>1</sup> Burak ŞENGÖZ<sup>1</sup>  
Ali TOPAL<sup>1</sup> Ümit Halis ERDOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül University Faculty of Engineering, Civil Engineering Dept. Tinaztepe Campus, 35160, Buca, Izmir, Turkey, [gokhan.imancli@deu.edu.tr](mailto:gokhan.imancli@deu.edu.tr)

<sup>2</sup>Dokuz Eylül University Faculty of Engineering, Textile Engineering Dept. Ege Campus, 35100, Bornova, Izmir, Turkey, [umit.erdogan@deu.edu.tr](mailto:umit.erdogan@deu.edu.tr)

### ABSTRACT

The raise in the level of traffic and axle loads along with the construction errors and climatic conditions in the last decade has caused failures in pavements such as fatigue and low temperature cracking as well as permanent deformation. In order to minimize the above mentioned failures, geotextiles have been successfully employed by using their stabilization and reinforcement functions. Owing to these functions, geotextiles increase the strength of the pavement. In general, the higher tensile strength value the geotextiles have, the more resistive the pavement to permanent deformation.

This study aims to determine the properties of different types (continuous filament non-woven, needle punched non-woven, slit film yarns woven) of geotextiles that have different densities (200gr/m<sup>2</sup>, 300gr/m<sup>2</sup>, 400gr/m<sup>2</sup>, 450gr/m<sup>2</sup>) by conducting the "Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method" and the "Standard Test Method for Static Puncture Strength of Geotextiles and Geotextile Related Products Using a 50-mm Probe". In this way the utilization of geotextiles in road construction can be evaluated.

**Keywords:** Geotextile, Tensile strength, Static puncture strength, Texture.