



Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi ile Kayma Emniyetinin Analizi

Gültekin ÇOŞKUN¹ ve Gencay SARIİŞİK²

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Meslek Yüksekokulu, Sivas, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, GSF-Endüstri Ürünleri Tasarımı, Afyonkarahisar, Türkiye

Received: 28.11.2015; Accepted: 31.12.2015

Özet. Çalışma, çıplak ayakla yürünen yüzeylerde kullanılan Sivas yöresi travertenlerin, kayma açısının yüksek olması istenilen alanlarda, yayaların emniyetini artırıcı uygun yüzey işlemlerin belirlenmesi için yapılan bir araştırmadır. Yüzeyleri işlenmiş travertenlerin, zemin kaplama malzemesi olarak kullanılmasında önemli bir parametre olan kayma açısı, DIN 51097 “Çıplak ayakla Gezilen Islak Bölgelerin Kaymayı Önleme Özelliğinin Belirlenmesi” standardı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonra, DIN EN ISO 4287 standardı esas alınarak, bu yüzeyleri işlenmiş kireçtaşlarının yüzey pürüzlülük parametreleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada travertenlerin, farklı boyutlarda ve farklı yüzey işleme tekniklerinde, eğik düzlem yöntemiyle kayma açıları hesaplanmıştır. Travertenlerin kayma açısı değerlerini etkileyen parametrelerin, yüzey işleme teknikleri, yüzey pürüzlülüğü ve plaka boyutları olduğu tespit edilmiştir. Travertenlerin belirlenen kayma açısına bağlı olarak DIN 51097 standardı dikkate alınmış, emniyetli kullanım yerlerine göre sınıflandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Traverten, Eğik Düzlem Testi, Kayma Açısı, Yüzey İşlemleri, Yüzey Pürüzlülüğü

Gliding Safety Analysis by Inclined Plane Test method of Sivas Region Travertines

Abstract. This study determines the appropriate enhanced safety, surface-processing methods for local Sivas travertines used on barefoot wandered surfaces on which the slip angle is expected to be wide. Slip angle, which is an important parameter for the use of surface-processed travertines as surface-covering material, was analyzed by applying the standard DIN 51097, “Determination of characteristics of barefoot wandered wet places that prevent slipping.” Then, surface roughness parameters of this surface treated travertines have been determined according to DIN EN ISO 4287 standard. This study uses the inclined plane method to calculate, according to different sizes and surface-processing techniques, the slip angles of travertines. The parameters affecting the slip angle values of travertines were determined to be surface-processing techniques, surface roughness and plaque sizes. Travertines were taken into consideration depending on DIN 51097 Standard and were categorized in accordance with safe field of use.

Keywords: Travertine, Ramp Slip Test, Slip Angle, Surface-Processing, Surface Roughness

1. GİRİŞ

Doğal yapı taşları zemin kaplama malzemesi olarak günümüzde yaygın kullanım alanına sahiptir. Doğal taşların zemin kaplama malzemesi olarak kullanımında, dikkat edilecek özelliklerinden en önemlilerinden biri de kayma direncidir (Grönqvist 1995; Rowland vd, 1996; Kim 1996; Chang 1999; Manning vd, 1998, 2001). Kayma vakaları, deneyi yapan kişi, deney ortamı, kirleticiler (su, yağ, donma, toz) gibi çevresel faktörler, yetersiz zaman, sıcaklık ve

*Corresponding author. Email: coskungc@gmail.com

Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

aydınlatma, ayakkabı ve yürünülen zeminin özellikleri dahil bir ya da birden fazla sebepten kaynaklanır (Kim 2001). Tüm bu unsurlar, sürtünme kuvvetinin (ya da yüzey kayma direncinin) kaymayı önlemeye yeterli olup olmadığına karar vermek için birleştirilebilir.

Doğal taş plakalarında kayganlık, yüzey ve yüzeyle etkileşen nesnenin çekme ya da sürtünmesinden oluşan etki olarak tanımlanabilir. Adams'a göre (1997) yayaların yürürken, kayma kazalarının artmasıyla kaymayı önleme çalışmalarının önemi belirgin olarak artırmıştır. Doğal taş plakaların kayma emniyetinin belirlenmesi için yüzeyleri işlenmiş doğal taş plakalarının kayma açısının laboratuvar ortamında test edilmesi gerekli hale gelmektedir. Literatürde kayma direncinin belirlenmesinde birçok farklı test cihazı kullanılmaktadır (Grönqvist vd, 1999; Leclercq 1999; Sarıışık 2009).

Bu araştırmada inşaat sektöründe ve mimaride, özellikle ıslak ve kuru ortamlarda kullanılan sedimanter kökenli 3 farklı Sivas yöresi traverten örnekleri seçilmiştir. Dört farklı yüzeyde (cılı, honlu, eskitme, patinato) ve üç farklı plaka boyutundaki traverten örnekleri üzerinde, kayma açıları DIN 51097 "Çıplak ayakla gezilen ıslak bölgelerin kaymayı önleme özelliğinin belirlenmesi" standardına göre çalışan eğik düzlem test cihazı ile yüzey pürüzlülükleri ise DIN EN ISO 4287 standardına göre çalışan Mitutoyo SJ – 400 test cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1 Materyal

Kayma sonucu oluşan kazaları, en aza indirmek amacıyla, kaplama malzemesi olarak ıslak ve kuru ortamlarda kullanılan traverten örneklerinin yüzey işlemlerine göre kayma potansiyellerinin belirlenmesi gerekmektedir. Deneyleerde kullanılan Sivas yöresi traverten örneklerinin ticari ismi, kodu, plaka boyutu ve yüzey işleme özellikleri Çizelge 1'de verilmektedir.

Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

Cilalama

Cilalama işlemi temelde kontrollü bir aşındırma işlemidir. Cilalama işleminde, silim-cila hattında bulunan makineler kullanılır. Traverten silim hattında, aşındırıcılar ile traverten yüzeyinde kesim esnasında oluşan çizikler veya parçacıkların uzaklaştırılması ile yüzeyin pürüzsüz bir hale getirilme işlemi yapılmaktadır (Engin 2007).

Honlama

Honlama işlemi, yüzeyde tane boyutu küçük olan (30–320 grit) abrasif kullanılarak yapılır. Honlama işlemi için istenilen matlık talebine göre 220, 320 abrasifle silim yapılır (Şekil 1) ve ardından 1 kafa honlama keçesi ile abrasif izleri silinir. Honlama işlemi sonucunda düz, cilalıya göre pürüzlü ve daha mat bir yüzey elde edilir. Yüzey cilasız olduğu için kaymayı önleyici ve daha emniyetli bir yürüyüş imkânı elde edilmektedir.

Eskitme

Doğal taşlarda eskitilmiş yüzey, doğal taş yüzeylerinin aşındırıcılar ile uzun sürede işlenme sonucu elde edilmektedir. Doğal taşlar, su ve aşındırıcı parçacıklarla beraber eskitme teknesinin içine konulur. Makinenin değişik mekanik hareketleri sonucunda aşındırıcılı sulu karışımla birlikte ve hareketli ortamda karışarak aşınır. Doğal taş parçaları titreşim, salınım, çalkalama hareketleri yapan teknenin içinde değişik formlarda aşındırıcı, kimyasal veya metal malzemelerle birlikte işleme tabi tutulur. Eskitme işleminde, kenar ve köşelerde daha fazla aşınma oluşmaktadır (Engin, 2007).

Patinato

Çeşitli kalınlıkta çelik telden oluşan fırçalar taşın yüzeyine dairesel hareketlerle otomatik silim hattında olduğu gibi sırayla sürtülür. Bu esnada yüzeydeki yumuşak bölgelerden bir miktar talaş malzeme kaldırılır. Sonuçta taşın yüzey ve kenarlarında pürüzlü ve engebeli bir yüzey oluşarak taş eskimiş bir görüntüye kavuşturulmuş olur. Bu tip yüzeye sahip olan taşlara "patinato" adı verilmektedir. Kullanılan aşındırıcıya da bağlı olarak oldukça düşük düzeyde pürüzlülük, düzgün olmayan ama gözle görülebilir bir parlaklık ve özellikle büyük plakalarda fark edilen belirgin yüzey ayrıntıları göze çarpan özelliklerdendir (Kulaksız, 2007).

Eğik Düzlem Test Cihazı

Eğik düzlem test cihazı laboratuvar ölçekli bir cihaz olup, yüzeylerin kaymazlık özelliklerini DIN 51130, DIN 51097 ve ISO 10545-17 standartlarına uygun olarak tasarlanan ve kaygan yüzeylerin dinamik sürtünme katsayılarının tayininde kullanılan bir cihazdır (Şekil 2).

Eğik düzlem test cihazında elde edilen kayma açısının tanjantı, çıplak ayak ile kaplama malzemesi yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısını verir (Bowman 1997; Miller BC, 1999).






Şekil 2. Eğik düzlem test cihazı (GABRIELLI)

Test cihazı, 600 mm genişliğinde ve 2000 mm uzunluğuna sahip, eğimi uzunlamasına 0° ile 45° arasında ayarlanabilen, düz ve eğilmeyen bir döşemeden oluşmaktadır. Eğik düzlem cihazında test edici yarım adımlar atarak ileriye ve geriye doğru, suyun aktığı yönde, yatay düzlemde başlayarak eğimi yaklaşık $1^\circ/s$ değerinde artacak şekilde kireçtaşı plakanın üzerinde hareket ettirilmiştir. Test edicinin, güvenli yürüyüş sınırına ulaştığı kayma açısı, kritik bölgede en az 10 defa tekrarlanan yukarı ve aşağı gidiş ile tespit edilmektedir. Islak ve kuru zeminlerde çıplak ayak ile yürünen zemin döşemelerinde kullanılan traverten örneklerinin, kaymayı önleyici özelliklerinin saptanması ve değerlendirilmesi amacıyla, DIN 51097 standardı kullanılmıştır. DIN 51097 standardına göre, kayma açıları dikkate alınarak; A, B ve C şeklinde isimlendirme yapılarak, her bir kodun açısal aralıkları ve karşılık gelen kullanım alanları Çizelge 1’de verilmektedir.

Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

Çizelge 1. Çıplak ayakla gezilen ıslak bölgelerin kaymayı önleme özelliğinin belirlenme testi sonuçlarının sınıflandırılması (DIN 51097, 1992)

Konum ve Sınıflandırma	Kayma Açısı (°)	cof	Kayma Riski	
	A	12 ° - 17 °	0,21-0,32	Orta ve Yüksek
	B	18 ° - 23 °	0,32-0,42	Orta ve Düşük
	C	> 23 °	> 0.42	Düşük

Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Çalışmada cilalı, honlu, eskitilmiş ve patinato yüzey işlemleri traverten örneklerinin yüzey pürüzlülük parametreleri Ra, Rmax, Rz, Rq ve Rt (μm) değerleri DIN EN ISO 4287 standardına göre çalışan Mitutoyo SJ – 400 yüzey pürüzlülük cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Yüzey pürüzlülük test cihazı (Mitutoyo SJ – 400)

Bu çalışmada, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde 12,5 mm'lik tarama boyu kullanılmıştır.

Kireçtaşı örneklerinde, öncelikle yüzey üzerinde düşey olarak 12,5 mm mesafeli 36 ölçüm hattı belirlenmiştir. Her bir kireçtaşı örneği için, 2 adet aynı tür örnek üzerinde 36 tane yüzey pürüzlülük Ra, Rmax, Rz, Rq ve Rt parametreleri ölçülmüş ve toplamda 72 adet değer aritmetik ortalaması alınarak, yüzeyi tek bir metotla işlenmiş kireçtaşı örneklerinin pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük deneylerinden elde edilen parametrelerden sadece Rz (μm) parametresine göre bir sınıflama bulunmakta olup, elde edilen Rz (μm) parametresine göre yapılacak olan kayma potansiyeli sınıflamasında Çizelge 2’de verilen sınıflama sistemi dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. Islak ortamlarda yüzey pürüzlülük test sonuçlarının yorumlanması (Bowman, 2003; Carpenter vd, 2006)

Yüzey Pürüzlülüğü Rz (μm)	Kayma Potansiyeli
≤ 10	Yüksek
10-20	Orta
20 – 30	Düşük
>30	Çok düşük

* Su - ıslak, düşük aktivite yaya alanları için geçerli pürüzlülük değerleri

3. DENEYLER ve VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sivas Yöresi Traverten Örneklerinin Çıplak Ayak ile Kayma Açısı Analizleri

Deneylede kullanılan cilalı, honlu, eskitme ve patinato yüzey işlemleri traverten plakaların zemin kaplamalarında çoğunlukla tercih edilen P1, P2 ve P3 plaka boyutlarındaki kayma açısı değerlerinin istatistiksel olarak analizleri yapılmıştır. Travertenlerde 25 tane kayma açısı değeri ile iki faktörlü varyans (ANOVA) analizi (3 traverten x 3 plaka boyutu x 4 yüzey işleme) uygulanmıştır.

Traverten örneklerinin yüzey işlemlerine göre kuru ve ıslak ortamda elde edilen kayma açısı ile standart sapma değerleri Çizelge 3’de verilirken, kayma açısı verilerinin toplu sonuçları ise Şekil 4’de gösterilmektedir.

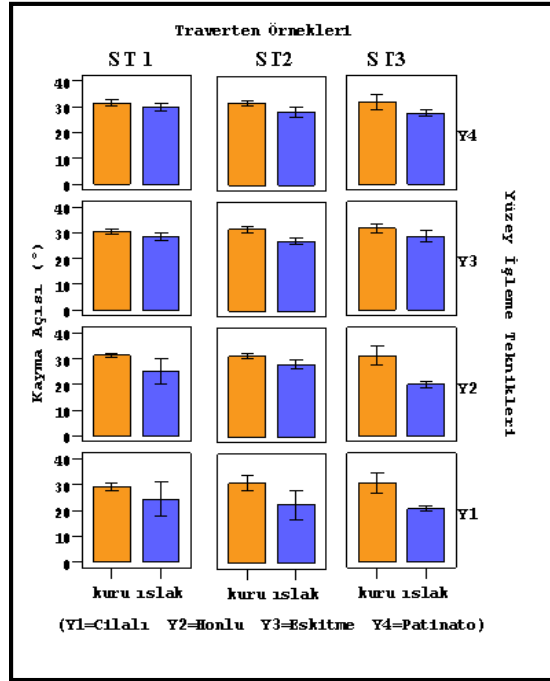
Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

Çizelge 3. Sivas yöresi Traverten örneklerinin çıplak ayak ile kuru-ıslak ortamda yüzey işlemlerine göre elde edilen kayma açısı ve standart sapma değerleri

Ortam ve Yüzey İşlemleri		Kuru Ortam				Islak Ortam			
		Ortalama Değer (°)	SSP	Max. Değer (°)	Min. Değer (°)	Ortalama Değer (°)	SSP	Max. Değer (°)	Min. Değer (°)
ST1	Y 1	31.10°	1.41	33.4°	22.9°	22.68°	2.82	27.3°	19.6°
	Y 2	31.48°	0.57	32.9°	29.8°	28.24°	0.92	31.2°	26.3°
	Y 3	31.77°	0.61	32.9°	30.0°	27.22°	0.64	28.5°	26.1°
	Y 4	31.91°	0.48	32.9°	30.7°	28.23°	0.96	30.3°	26.2°
ST2	Y 1	29.05°	0.69	31.1°	28.0°	24.43°	3.35	28.0°	18.7°
	Y 2	31.30°	0.47	32.2°	30.0°	25.23°	2.39	28.6°	21.0°
	Y 3	30.56°	0.45	31.6°	29.1°	28.47°	0.73	31.0°	27.1°
	Y 4	31.35°	0.62	32.4°	28.9°	29.76°	0.78	31.1°	28.0°
ST3	Y 1	30.76°	1.94	33.8°	25.4°	20.76°	0.51	21.8°	19.4°
	Y 2	31.20°	1.88	35.2°	28.1°	20.07°	0.64	22.1°	19.0°
	Y 3	31.67°	0.79	33.1°	29.7°	28.63°	1.07	30.9°	26.4°
	Y 4	31.83°	1.40	34.3°	29.6°	27.60°	0.59	28.6°	25.9°

Y1:Cilalı Y2: Honlu Y3:Eskitme Y4: Patinato SSP: Standart Sapma

Kuru ortamda cilalı yüzeyde, tüm örnekler cilalı yüzeyde birbirlerine yakın kayma açısı değerleri vermektedir. ST2 örneği 29.05° kayma açısı ve 0.69 standart sapması ile en düşük, ST3 örneği 30.76° ve 1.94 standart sapma ile en yüksek kayma açısı değeri almaktadır. Cilalı yüzeyde çıplak ayakla kuru ortamda yüksek kayma açısının çıkmasında ayak tabanının yüzeyde yürüme esnasında vakum özelliği gösterdiği ve ayak tabanının yüzeye yapışması sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Honlu yüzeyde tüm örneklerde birbirine çok yakın kayma açısı değerleri aldığı görülmektedir. ST3 örneği 31.20° kayma açısı ve 1.88 standart sapması ile en düşük değeri alırken, ST1 örneği 31.48° kayma açısı ve 0.57 standart sapması ile en yüksek kayma açısı değeri almaktadır. Eskitme örneğinde ise yine aynı şekilde birbirine yakın kayma açısı değeri alırken, ST2 örneği 30.56° kayma açısı ve 0.45 standart sapma ile en düşük değeri alırken, ST1 örneği 31.77° kayma açısı ve 0.61 standart sapma ile en yüksek kayma açısı değeri almıştır. Patinato yüzeyde, tüm örnekler birbirlerine yakın kayma açısı değerleri vermektedir. ST2 örneği 31.35° kayma açısı ve 0.62 standart sapması ile en düşük değeri alırken, ST1 örneği 31.91° kayma açısı ve 0.48 standart sapması ile en yüksek değeri almıştır.



Şekil 4. Sivas yöresi Traverten örneklerinin kuru ve ıslak ortamda yüzey işlemlerine göre ikili karşılaştırmaları

Islak ortamda ise, tüm yüzeylerde elde edilen kayma açısı değerlerinin kuru ortama göre düştüğü görülmektedir. Cıllalı yüzeyde ST3 örneği 20.76° kayma açısı ve 0.51 standart sapma ile en düşük, ST2 örneği 24.43° kayma açısı ve 3.35 standart sapma ile en yüksek kayma açısı değerini almıştır. Honlu yüzeyde ise yine ST3 örneği 20.07° kayma açısı ve 0.64 standart sapma ile en düşük, ST1 örneği 28.24° kayma açısı ve 0.92 standart sapma ile en yüksek kayma açısı değerini almıştır. Eskitme yüzeyde ST1 örneği 27.22° kayma açısı ve 0.64 standart sapma ile en düşük, ST3 örneği 28.63° kayma açısı ve 1.07 standart sapma ile en yüksek kayma açısı değerini almıştır. Patinato yüzeyde ise ST3 örneği 27.06° kayma açısı ve 0.59 standart sapma ile en düşük, ST2 örneği 29.76° kayma açısı ve 0.78 standart sapma ile en yüksek kayma açısı değerini almıştır.

Traverten örneklerinde yüzey işlemlerine göre kuru ortamda 29.05° - 31.86° arasında, ıslak ortamda ise 20.07° - 29.76° arasında kayma açısı değerleri almaktadır. Traverten örneklerinin çıplak ayakla gezilen zeminlerde yüzey işlemlerine göre elde edilen kayma açısı verilerinin kayma potansiyellerine göre sıralaması yapıldığında kuru ortamda cıllalı<eskitme<honlu<patinato, ıslak ortamda ise cıllalı<honlu<eskitme<patinato sıralaması elde edilmektedir. Kuru ve ıslak ortama patinato yüzey işlemlili traverten örneklerinin kullanılmasının daha emniyetli olacağı düşünülmektedir.

Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

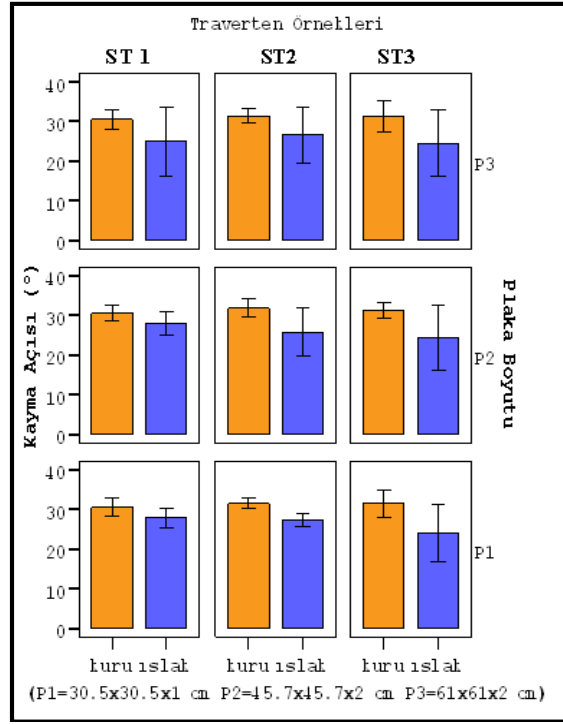
Traverten örneklerinin plaka boyutlarına göre hesaplanan kayma açısı verileri ile yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre kuru ortamda plaka boyutları üzerinde elde edilen kayma açıları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ve birbirine yakın kayma açısı değerleri verdiği görülmektedir. Islak ortamda ise, sadece P3 plaka boyutu ile P1 ve P2 plaka boyutları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Traverten örneklerinin plaka boyutlarına göre kuru ve ıslak ortamda elde edilen kayma açısı ve standart sapma değerleri Çizelge 4’de verilirken, kayma açısı verilerin toplu sonuçları ise Şekil 5’de gösterilmektedir.

Çizelge 4. Sivas yöresi Traverten örneklerinin çıplak ayak ile kuru-ıslak ortamda plaka boyutlarına göre elde edilen kayma açısı ve standart sapma değerleri.

Ortam ve Plaka Boyutu		Kuru Ortam				Islak Ortam			
		Ortalama Değer (°)	SSP	Max. Değer (°)	Min. Değer (°)	Ortalama Değer (°)	SSP	Max. Değer (°)	Min. Değer (°)
ST 1	P 1	30.57°	1.13	32.20°	28.10°	27.90°	1.22	31.00°	25.60°
	P 2	30.59°	0.91	32.00°	28.00°	28.02°	1.50	31.10°	25.20°
	P 3	30.53°	1.20	32.40°	28.00°	24.99°	4.30	31.10°	18.70°
ST 2	P 1	31.42°	0.65	32.90°	29.90°	27.36°	0.85	29.40°	25.70°
	P 2	31.86°	1.10	33.40°	22.90°	25.83°	2.98	30.10°	19.80°
	P 3	31.42°	0.84	32.90°	29.00°	26.58°	3.56	31.20°	19.60°
ST 3	P 1	31.53°	1.72	34.30°	28.10°	23.96°	3.55	28.60°	19.10°
	P 2	31.27°	0.95	33.40°	29.60°	24.28°	4.06	30.30°	19.20°
	P 3	31.30°	2.01	35.20°	25.40°	24.55°	4.17	30.90°	19.00°

P1 :(30,5x30,5x1 cm) P2 : (45.7x45.7x2 cm) P3: (61x61x2 cm) SSP: Standart Sapma

Kuru ortamda, traverten örnekleri tüm plaka boyutlarında birbirine yakın kayma açısı değeri vermektedir. P1 plaka boyutunda ST1 örneği 30.57° kayma açısı ve 1.13 standart sapma ile en düşük, ST3 örneği 31.53° kayma açısı ve 1.72 standart sapma ile en yüksek kayma açısı değeri almaktadır. P2 plaka boyutunda, ST1 örneği 30.59° kayma açısı ve 0.91 standart sapması ile en düşük, ST2 örneği 31.86° kayma açısı ve 1.10 standart sapma ile yüksek kayma açısı değerini almaktadır.



Şekil 5. Sivas yöresi Traverten örneklerinin kuru ve ıslak ortamda plaka boyutlarına göre ikili karşılaştırmaları

P3 plaka boyutlu ST1örneği 30.53° kayma açısı ve 1.20 standart sapması ile en düşük, ST2 örneği 31.42° kayma açısı ve 0.84 standart sapma ile yüksek kayma açısı değerini almaktadır

Islak ortamda ise, tüm plaka boyutlarında elde edilen kayma açısı değerlerinin kuru ortamda elde edilen kayma açısına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ortamın ıslak olmasının düşük kayma açısı elde edilmesinde etkisinin olduğu görülmektedir. P1 plaka boyutunda ST3 örneği 23.96° kayma açısı ve 3.55 standart sapması ile en düşük değeri alırken, ST1 örneği 27.90° kayma açısı ve 1.22 standart sapması ile en yüksek değeri almaktadır. P2 plaka boyutunda ise ST3 örneği 24.28° kayma açısı ve 4.06 standart sapması ile en düşük değeri alırken, ST1 örneği 28.02° kayma açısı ve 1.50 standart sapması ile en yüksek değeri almaktadır. P3 plaka boyutunda ise ST1 ve ST3 örneği birbirine çok yakın değerler alırken, ST3 örneği 24.55° kayma açısı ve 4.17 standart sapması ile en düşük değeri alırken, ST2 örneği 26.58° kayma açısı ve 3.56 standart sapması ile en yüksek kayma açısı değerini aldığı görülmektedir.

Traverten örneklerinde plaka boyutlarına göre kuru ortamda 30.53° - 31.86° arasında, ıslak ortamda ise 23.96° - 28.02° arasında kayma açısı değerleri almaktadır. Yüzey işlemlerinde olduğu gibi plaka boyutlarına göre kuru ve ıslak ortamda yapılan deneylerde de elde edilen

Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

kayma açısı değerlerinin birbirlerine yakın değerler olduğu görülmektedir. Traverten örneklerinin çıplak ayakla gezilen zeminlerde plaka boyutlarına göre elde edilen kayma açısı verilerinin kayma potansiyellerine göre sıralaması yapıldığında kuru ortamda $P3 < P1 < P2$, ıslak ortamda ise $P2 < P1 < P3$ sıralaması elde edilmektedir. Kuru ortamda P2 plaka boyutlu örneklerde kayma açısının yüksek çıkmasında ortamın kuru olmasının yanı sıra test personelin yürüyüş şeklinin de burada etkili olduğu düşünülmektedir. Islak ortamda ise P3 plaka boyutunda en yüksek kayma açısı değeri elde edilmektedir.

Sivas Yöresi Travertenlerin Örneklerinin Yüzey Pürüzlülük Analizi

Traverten örneklerinde dört farklı yüzey üzerinde ölçülen yüzey pürüzlülük parametresi Rz (μm) değerlerine göre yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre tüm yüzeyler üzerinde elde edilen Rz (μm) değerleri arasında anlamlı düzeyde farklılıklar olduğu görülmektedir. Traverten örneklerinin, yüzey işlemlerine göre elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük parametresi Rz (μm) değeri ile standart sapması Çizelge 5’de verilirken, yüzey pürüzlülük parametresi Rz (μm) değerinin toplu sonuçları ise Şekil 6’da gösterilmektedir.

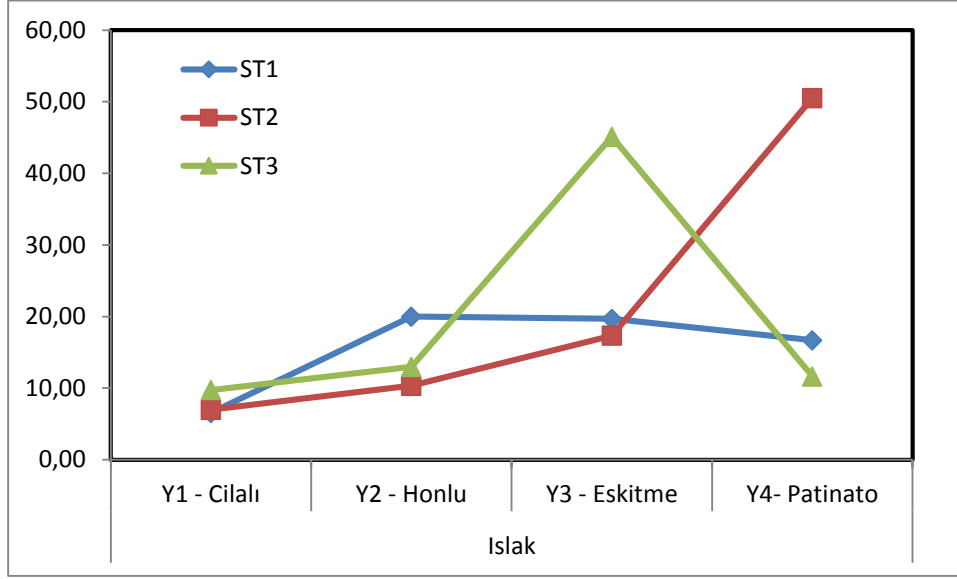
Traverten örneklerinde, yüzey işleme tekniklerine bağlı olarak yüzey pürüzlülük parametresi Rz (μm) değerlerinin yüksek olduğu görülürken, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde porozitenin fazla olmasından dolayı yüzeyin tamamını karakterize edemeyeceği de tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülük Rz (μm) değerleri göz önüne alınarak kayma potansiyellerine göre küçükten büyüğe doğru olmak üzere Y2 (honlu) $<$ Y1(cilalı) $<$ Y3(eskitme) $<$ Y4(patinato) sıralaması elde edilmektedir.

Çizelge 5. Sivas yöresi Traverten örneklerinin yüzey işlemlerine göre yüzey pürüzlülük Rz ve standart sapma değerleri

Traverten Örnekleri	Yüzey Pürüzlülüğü (Rz μm)				
	Ortalama Değer (μm)	SSP	Max. Değer (μm)	Min. Değer (μm)	
ST1	Y 1	6.54	3.22	16.40	2.6
	Y 2	19.99	16.01	80.0	6.3
	Y 3	19.69	14.91	65.90	6.2
	Y 4	16.70	8.04	47.7	6.4
ST2	Y 1	6.98	2.75	18.3	4.2
	Y 2	10.34	3.35	20.0	4.5
	Y 3	17.33	8.27	42.8	2.09

ÇOŞKUN ve SARIİŞİK

	Y 4	50.52	18.36	89.9	25.2
ST3	Y 1	9.75	11.42	56.20	3.0
	Y 2	12.98	3.76	26.10	8.5
	Y 3	45.10	15.13	76.80	19.6
	Y 4	11.64	3.52	18.70	5.9



Şekil 6. Sivas yöresi Traverten örneklerinin yüzey işlemlerine göre yüzey pürüzlülüğü Rz (μm) değerleri

Buna göre traverten örneklerinde yüzey pürüzlülüğü arttıkça kayma direnci artarken kayma potansiyeli düşmektedir. Traverten örneklerinde de yüzey işlemlerinin, yüzey pürüzlülüğünü etkilediği tespit edilmiştir.

Sivas Yöresi Traverten Öneklerinin DIN 51097 ve DIN EN ISO 4287 Standartlarına Göre Sınıflamasının Yapılması

Traverten örneklerinin, kuru ve ıslak ortamda DIN 51097 standardına göre çalışan Eğik Düzlem test cihazı ile kayma açıları, DIN EN ISO 4287 standardına göre çalışan Mitutoyo SJ – 400 cihazı ile de ıslak ortamda yüzey pürüzlülük parametresi Rz (μm) ölçülmüştür. Elde edilen kayma açısı ve yüzey pürüzlülük değerlerinin ilgili standartlarda verilen sınıflama sistemine göre sınıflaması yapılarak Çizelge 6’da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Sivas yöresi Traverten örneklerinin kayma açısı ve yüzey pürüzlülüğü Rz (μm) değerleri ve

Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

güvenlik sınıflamaları

Traverten Örnekleri Yüzey İşlemleri		ST1		ST2		ST3	
		Kayma Açısı (°)	Sınıflama	Kayma Açısı (°)	Sınıflama	Kayma Açısı (°)	Sınıflama
Kuru	Y1	31,10°	C	29,05°	C	31,37°	C
	Y2	31,48°	C	31,30°	C	30,80°	C
	Y3	31,77°	C	30,56°	C	29,04°	C
	Y4	31,91°	C	31,35°	C	30,99°	C
	P 1	30,57°	C	31,42°	C	31,53°	C
	P 2	30,59°	C	31,86°	C	31,27°	C
	P 3	30,53°	C	31,42°	C	31,30°	C
Islak	Y1	22,68°	B	24,43°	C	27,86°	C
	Y2	28,24°	C	25,23°	C	28,18°	C
	Y3	27,22°	C	28,47°	C	28,72°	C
	Y4	28,23°	C	29,76°	C	27,71°	C
	P 1	27,90°	C	27,36°	C	23,96°	C
	P 2	28,02°	C	25,83°	C	24,28°	C
	P 3	24,99°	C	26,58°	C	24,55°	C
Yüzey Pürüzlülüğü		Rz (µm)	Sınıflama	Rz (µm)	Sınıflama	Rz (µm)	Sınıflama
Islak	Y1	6,54	Y	6,98	Y	9,75	Y
	Y2	19,99	O	10,34	O	12,98	O
	Y3	19,69	O	17,33	O	45,1	Ç D
	Y4	16,7	O	50,52	Ç D	11,64	O

Çizelge 6 incelendiğinde genel olarak traverten örneklerinin kuru ve ıslak ortamda tüm yüzeylerde düşük kayma potansiyeline sahip oldukları görülmektedir. Yüzey pürüzlülük Rz (µm) parametresi dikkate alındığında ise cilalı yüzeyde kayma potansiyelinin yüksek olduğu görülürken diğer yüzeylerde ise genel olarak orta düzeyde bir kayma potansiyeli olduğu görülmektedir.

Islak ortamda elde edilen, yüzey pürüzlülük Rz (µm) değerleri göz önüne alınarak kayma potansiyellerine göre sıralaması yapıldığında Y2 (honlu) < Y1 (cilalı) < Y3 (eskitme) <

Y4 (patinato) sıralaması elde edilmektedir. Buna göre patinato yüzeyde de en yüksek Rz (μm) değerinin çıkması kayma potansiyelini düşürdüğü ve bu yüzey işleminin kullanılmasının doğru bir seçim olduğunu da desteklemektedir. Islak ortamda elde edilen kayma açısı ve yüzey pürüzlülüğü Rz (μm) değerlerinin aralarındaki uyumlulukları ise Çizelge 7’de gösterilmiştir. Genel olarak elde edilen kayma potansiyeli sınıflamalarına bakıldığında traverten örneklerinin kayma açısı ile yüzey pürüzlülüğü arasında bir uyumluluk söz konusu olmadığı görülmektedir. Bunda da traverten örnekleri üzerinde bulunan porozitelerin büyük ölçüde etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 7. Sivas yöresi Traverten örneklerinin Islak ortamda kayma potansiyeli uyumluluk tespiti

Ortam ve Yüzey İşlemleri		Ka Θ (°) Kayma Potansiyeli	Rz (μm) Kayma Potansiyeli	Uyumluluk	
ISLAK	ST1	Y 1	O-D	Y	Hayır
		Y 2	D	O	Hayır
		Y 3	D	O	Hayır
		Y 4	D	O	Hayır
	ST2	Y 1	D	Y	Hayır
		Y 2	D	O	Hayır
		Y 3	D	O	Hayır
		Y 4	D	ÇD	Evet
	ST3	Y 1	D	Y	Hayır
		Y 2	D	O	Hayır
		Y 3	D	ÇD	Evet
		Y 4	D	O	Hayır

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma sonucunda, kuru ve ıslak ortamlarda zemin kaplama malzemesi olarak kullanılan Sivas yöresi Traverten örneklerinin DIN 51097 ve DIN EN ISO 4287 standartları esas alınarak dört farklı yüzeyde ve 3 farklı plaka boyutlarında kayma potansiyelleri belirlenerek kayma açısı ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki uyumluluk araştırılmıştır. Aynı zamanda Sivas yöresi Travertenlerinin emniyetli kullanım alanlarına göre güvenlik sınıflandırılması yapılmıştır.

Sivas Yöresi Travertenlerin Eğik Düzlem Test Yöntemi

DIN 51097 standardına göre, kuru ortamda elde edilen kayma açısı değerlerinin ıslak ortama göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Traverten örneklerinin çıplak ayakla gezilen zeminlerde yüzey işlemlerine göre elde edilen kayma açısı verilerinin kayma potansiyellerine göre sıralaması yapıldığında kuru ortamda $Y1(\text{cılalı}) < Y3(\text{eskitme}) < Y2(\text{honlu}) < Y4(\text{patinato})$ sıralaması, ıslak ortamda ise $Y1(\text{cılalı}) < Y2(\text{honlu}) < Y3(\text{eskitme}) < Y4(\text{patinato})$ sıralaması elde edilmiştir. Plaka boyutlarına göre elde edilen kayma açısı verilerinin kayma potansiyellerine göre sıralaması yapıldığında ise kuru ortamda $P3 < P1 < P2$, ıslak ortamda ise $P2 < P1 < P3$ sıralaması elde edilmektedir. Buna göre ıslak ve kuru ortamda patinato yüzey işlemi görmüş traverten örneklerinin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Adams, N., 1997; “Slips and Falls-Some Arguments About Measuring Coefficients of Friction (COF)”, Ergonomics.
2. Bowman, R., 1997; “Slip Resistance Standards Provide No Unconditional Guarantees”, CSIRO Building, Construction and Engineering, Issue 12.
3. Bowman, R., 2003; “Slip Resistance Ignorance: A Recipe for Costly Falls”, www.infotile.com/tiletoday/issues/pdf/40article.pdf.
4. Carpenter, J., Lazarus, D., Perkins, C., 2006. Safer surfaces to walk on reducing the risk of slipping. Construction Industry Research and Information Association (CI RIA) C652.
5. Chang, W.R., 1998, The Effects of Surface Roughness on Dynamic Friction Between Neolite and Quarry Tile. Safety Science, 29, 89-105.
6. Chang, W.R., 1999; “The effect of surface roughness on the measurement of slip resistance”, International Journal of Industrial Ergonomics, 24, 299–313.
7. Deutsche Standards (1992) DIN EN 51097: Testing of floor coverings; determination of the anti-slip properties; wetloaded barefoot areas; walking method-ramp test. Deutsche Standards, Cologne, Germany, pp. 1–7.
8. Deutsche Standards (1997) DIN EN ISO 4287: Geometrical product specifications (GPS) – surface texture: profile method – terms, definitions and surface texture parameters. Deutsche Standards, Cologne, Germany, pp. 1–7.
9. Engin, İ.C., 2007; “Doğal Taş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri”, Dekoratif Taş İşlemeciliği, Ürün çeşitlendirme Yöntem ve Makineleri, Ankara, 8, 594-595.
10. Gabbrielli Catalog, 2009., Ramp Slipperiness Meter
11. Grönqvist, R., 1995; “Mechanisms of friction and assessment of slip resistance of new and used footwear sales on contaminated metals”, Ergonomics, 38, 224–41.
12. Grönqvist, R., Hirvonen, M., Tohv, A., 1999; “Evaluation of three portable floor slipperiness testers”, International Journal of Industrial Ergonomics 25, 85–95.

13. Kim, I.J., 1996; "Microscopic investigation to analyze the slip resistance of shoes", Proceedings of the Fourth Pan Pacific Conference on Occupational Ergonomics, November. Taiwan, ROC, 68–73.
14. Kim, I.J., 2001; "Microscopic observations of the progressive wear on shoe surfaces that affect the slip resistance characteristics", International Journal of Industrial Ergonomics, 28, 17-29.
15. Kulaksız S., 2007; "Doğal Taş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri", Ankara.
16. Leclercq, S., 1999; "The prevention of slipping accidents: a review and discussion of work related to the methodology of measuring slip resistance", Safety Science, 31, 95–125.
17. Manning, D.P., Jones, C., 2001; "The effect of roughness, floor polish, water, oil and ice on underfoot friction: current safety footwear solings are less slip resistant than microcellular polyurethane", Applied Ergonomics, 32, 185–196.
18. Manning, D.P., Jones, C., Rowland, F.J., Roff, M., 1998; "The surface roughness of a rubber soling material determines the coefficient of friction on water-lubricated surfaces", Journal of Safety Research, 29, 275–283.
19. Miller, Barrett C., 1999; "Slip Resistance Standards: Sorting It All Out", Safety & Health, 62-66.
20. Rowland, F.J., Jones C., Manning D.P., 1996; "Surface roughness of footwear soling materials: Relevance to slip resistance", Journal of Testing and Evaluation, 24 (6), 368–376.
21. Sariisik A (2009) Safety analysis of slipping barefoot on marble covered wet areas. Safety Science 47(10): 417–1428.
22. Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y. I., Sarıışık, A., 1996; "Mermer Teknolojisi", Isparta.