

# LİF KATKILI BETONLARIN AŞINMA DİRENCİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

## THE EFFECTS OF THE CONCRETE MIXED FIBROUS MATERIAL ON THE WEARING STRENGTH

Ömer CAN<sup>a\*</sup>, Gökhan DURMUŞ<sup>a</sup>, Serkan SUBAŞI<sup>b</sup>, Kürşat YILDIZ<sup>a</sup>, Metin ARSLAN<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Yapı Eğitimi Bölümü, Ankara, Türkiye,

<sup>b</sup>Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Konuralp, Düzce, Türkiye,

<sup>a\*</sup>omercan@gazi.edu.tr, <sup>a</sup>gdurmus@gazi.edu.tr, <sup>b</sup>subasi.serkan@hotmail.com, <sup>a</sup>kursaty@gazi.edu.tr, <sup>a</sup>marслан@gazi.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada aşınmaya maruz kalan beton yol kaplamalarında kullanılan betonlara çelik ve polipropilen lif katılarak normal betonlara göre aşınma dirençlerinin tespiti hedeflenmiştir. Çalışmada 100\*200\*20 cm ebatlarında hazırlanmış kalıplara dökülmek üzere referans, çelik ve polipropilen lifli olmak üzere üç tip beton hazırlanmıştır. Beton bloklar üzerinden alınan 10\*20 cm boyutlarında karot numuneleri üzerinde ASTM C 944-99'a göre aşınma dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Sonuçta olarak, en fazla aşınma direncini sırayla çelik lifli, polipropilen lifli ve lif katısız referans betonda olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Çelik lif, Polipropilen lif, Aşınma Dayanımı

### Abstract

In this study, the main goal is to determine the abrasion wearing strength of the concrete, which is used in concrete road covering exposed to wearing, by mixing steel fiber and polypropylene fiber comparing to the normal concretes. Three types of samples were prepared with steel fiber mixed polypropylene and reference, with for the formwork dimensions of 100\*200\*20 cm. The wearing strength tests were carried out according to the ASTM C-944-99 on the samples taken from the concrete blocks with dimensions of 10\*20cm. In the end, maximum abrasion wearing strength was observed in the steel fiber and polypropylene fiber and reference concretes.

**Keywords:** Steel fiber, Polypropylene fiber, Abrasion wearing strength

### 1. Giriş

İlk çağlardan beri kırılabilir yapı malzemelerinin takviyesinde liflerin kullanılması pratiğinde göz önüne alınarak betonda da saman, polipropilen lif, yonga lif, plastik-cam bazlı lif ve çelik lifler kullanılmaya başlanmıştır. Geleneksel beton tipik olarak; yorulma dayanımı, kavitasyon ve aşınma dayanımı, çekme dayanımı, deformasyon kapasitesi, kayma dayanımı, çatlama sonrası yük taşıma dayanımı ve tokluk açısından zayıf performans gösterir. Betonun bu özelliklerinin belirgin olarak gerektiği yerlerde beton içerisine değişik malzemelerden üretilmiş ve teknik özellikleri yüksek liflerin katılması sonucu betonun yukarıdaki zayıf özellikleri iyileştirilerek beton gibi malzemelere olan ilginin artmasına neden olmuştur [1-9]. Bu tür malzemelerin kullanım alanları günümüzde oldukça yaygınlaşmış ve kompozitlerin özelliklerini geliştirmek adına önemli adımlar atılmıştır [10-11]. Çelik lifler betonun çekme dayanımı önemli ölçüde artırmaktadır. Çekme dayanımının

yanı sıra diğer özelliklerinde bir düzelmeye söz konusu olmaktadır [12].

Polipropilen lifler, korozyondan etkilenmeyen, tuz ve alkalilere dayanıklı malzemelerdir. Betondaki iç gerilmeleri azaltarak mikro çatlakları engellemekte ve gerilmeleri çelik hasırda % 72'ye kadar düşürmektedir [13]. Ayrıca polipropilen, cam ve çelik lifli betonların dayanıklılıkları araştırılmıştır. Deneyler ASTM C 666 standardından havada hızlı donma-çözülme koşulları dikkate alınarak yapılmıştır. Donma deneyi uygulanmış numuneler üzerinde ağırlık kaybı, ultrases geçiş hızı ve dayanıklılık faktörü değerleri belirlenmiştir. Sonuçta, betonda kullanılan lif tipine göre değerler arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir [14].

Doğal mineral katılardan uçucu külün, çelik ve polipropilen lif katkı betonları üzerindeki etkisi incelenmiş, sonuçta lif eklenmesi beton için daha iyi performans sağladığı, karışımdaki uçucu kül işlenebilirliği ayarladığı ve liflerin sebep olduğu güç kayıplarının görüldüğü belirtilmiştir [15]. Ayrıca çok yüksek silis içeriğine ve genellikle camsı, düzgün yüzeyli küresel tanecikler içeren silis dumanı, polipropilen lif katkılı taze beton karışımı özellikleri, boy değişimi, hızlı klorid geçirimsizliği, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve sertleşmiş betonun aderansı ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Silis dumanı miktarı % 5 ve % 10, hacimsel lif oranları ise % 0.10, % 0.30, ve % 0.50 olarak belirlenmiştir. Sonuçta % 0.30 lif oranlı % 0.5 silis dumanı içeren karışım işlenebilirlik açısından tamir uygulamaları, aderans, dayanım, boy değişimi ve geçirimsizlik açısından en uygun karışım tasarımı olduğunu belirtmiştir [16].

Kendiliğinden yerleşen beton üzerine yapılmış bir çalışmada beton içerisine çelik lif ve polipropilen lif kullanımının beton işlenebilirliğine ve basınç dayanımına etkisi incelenmiştir. Beton karışım içerisine çelik lif, polipropilen lif ve çelik+polipropilen lif katılarak üç çeşit katkı karışımları elde edilmiştir. Karışımda süper akışkanlaştırıcının yanında uçucu kül ve taş unu da kullanılmıştır. Sonuçta çelik lif ve polipropilen lifin V-hunisi akma süresini artırdığı, yayılma çapında azalmaya neden olduğu diğer bir ifadeyle beton işlenebilirliğini azalttığı görülmüştür. Basınç dayanımlarının ise polipropilen katkı betonda % 20, çelik lif katkı betonda % 32, çelik+polipropilen katkı betonda ise %56 oranında arttığı belirlenmiştir [17].

Pomza agregası kullanılarak üretilen çelik lif katkı betonunun mekanik özellikleri incelenmiştir. Çelik fiber oranının betonun mekanik özellikleri üzerinde ki etkisini belirlemek için doğal agrega nın yerine % 25, % 50, % 75 ve % 100 pomza oranları kullanılmış ve doğal agreganın hacimce %0,5, %1, ve %1,5 oranının da çelik fiber

kullanılmıştır. Sonuçta pomza agrega oranının artırılması betonun mekanik özelliklerini ve birim ağırlığını düşürmüştür. Çelik lif oranının artırılmasıyla betonun birim ağırlık, basınç dayanımı, çekme dayanımı ve eğilme dayanımı sırasıyla % 8.5, % 21.1, % 61.2, % 120.2 kadar artışlar gözlemlenmiştir [18].

Beton içerisine katılan liflerin boyutu, lif miktarı ve uçucu kül miktarı üzerine mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuçta, küçük boyutlu lif eklenmesinin basınç dayanımı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu, fakat gerilme dayanımına çok az etkisi olduğu görülmüştür [19]

Bu çalışmada aşınmaya maruz kalan beton yol kaplamalarında kullanılabilecek çelik ve polipropilen lifli betonların aşınma dayanımlarının araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

### 2.1. Malzeme

Araştırmada hazır beton tesisinden temin edilen C30 katı kıvamlı hazır beton kullanılmıştır. Referans beton, çelik lifli beton ve polipropilen lifli beton yapımında TS 802 [20], standartlarında belirtilen kurallara uygun olarak 1x2 m boyutunda 20 cm kalınlığında kalıba yerleştirilmiştir. Çelik lifli katkı betonlu oluşturmak için TS 10514 “Çelik Telleri Betona Karıştırma ve Kontrol Kuralları” [21] ve TS 10513 “Beton Takviyesinde Kullanılan Çelik Teller” [22], standardında belirtilen özelliklere uygun 60 uzunluk/çap oranına sahip çelik teller kullanılmıştır. Elastisite modülü 3500 N/mm<sup>2</sup>, çekme mukavemeti 400 N/mm<sup>2</sup> olan polipropilen lifleri beton içerisine 900 gr/m<sup>3</sup> dozajında kullanılmıştır. 1 m<sup>3</sup> beton karışımında kullanılan malzemelere ait özellikler Çizelge 1’de ve kullanılan betona ait özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. 1 m<sup>3</sup> karışımda kullanılan malzemelere ait özellikler

Malzeme	Tip	Özgül Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> )	Ağırlık (Kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Agrega Oranı (%)
	0-4	2.68	920	0.354	48.7
	4-16	2.71	400	0.148	21.2
	16-22	2.74	570	0.208	30.2
Çimento	PÇ 42.5	3.09	340	0.144	Teorik Birim Ağırlık
M. Katkı	U. Kül	2.15	50	0.023	
Su	Kuyu	1	170	0.170	

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan betonun özellikleri

Beton sınıfı	C30
D <sub>max</sub>	22 mm
S/Ç oranı	0.5
Hava içeriği	1.4
Çökme	14.9

### 2.2. Yöntem

Hazırlanan beton blokları üzerinde ve bu bloklardan alınan 10 cm çapında 20 cm yüksekliğinde karot örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Beton bloklardan 7. ve 28. günlerde her bir deney için karot örnekler alınmıştır.

Üretimi yapılan beton blokları üzerinde; schmidt çekici ile yüzey sertliği tayini, basınç ve aşınma direnci deneyleri gerçekleştirilmiştir.

#### 2.2.1. Schmidt çekici ile yüzey sertliği tayini

Beton bloklar üzerinde 7. ve 28. günlerde düşey pozisyonda Schmidt yüzey sertliği okumaları yapılmıştır. Bütün betonlarda her bir zaman aralığı için ve beton türüne göre 50 adet yüzey sertliği okuması gerçekleştirilmiştir. (ASTM C805-97) [23].

#### 2.2.2. Basınç dayanımı tayini

Beton bloklar üzerinden 7 ve 28 günlerde iki bölgede 3'er adet olmak üzere her beton bloktan 6 adet ve toplamda 54 adet karot numune alınmıştır. Basınç dayanımı deneyi, karot numuneler üzerinde TS EN 12390-3 “Sertleşmiş beton numunelerinde basınç dayanımı tayini” standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [24]. Deneyde, 3000 kN yüklem kapasiteli, dijital kumanda ünitesi ve yüklem hızı ayarlanabilen tek eksenli beton basınç test cihazı kullanılmıştır. (Şekil 1a.)



Şekil 1. Deformasyon kontrollü beton basınç dayanımı deneyi

#### 2.2.3. Aşınma tayini

Aşınma dayanımı 28. gündeki beton bloklardan alınan karot numuneler üzerinde ASTM C 944-99 “Standard test method for abrasion resistance of concrete or mortar surfaces by the rotating-cutter method” standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [27].

Numuneler 197 N'luk kuvvet oluşacak şekilde ağırlık altında 200 devir/dakika hızında dönen aşındırıcılara 6.32 sn dakika boyunca maruz bırakılmıştır (Şekil 2). Deney sonunda numunelerdeki kütlece ağırlık kayıpları ölçülerek sonuçlar “% ağırlık kaybı” olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Aşınma dayanımı deney cihazı ve aşındırma aparatı

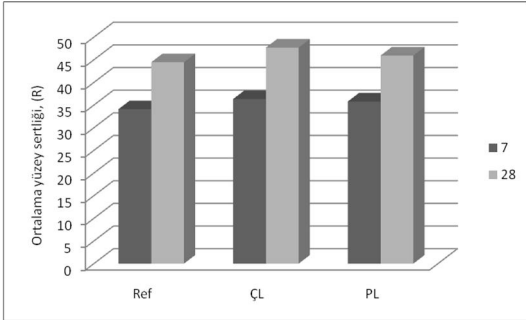
### 3. Deneysel Bulgular ve Tartışma

İstatistiki olarak yapılan değerlendirmede zaman faktörünün iki seviyede (7. ve 28. gün),  $\alpha < 0,5$  anlamlılık düzeyinde olarak gerçekleştirilen tekrarlı varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi kullanılmıştır.

#### 3.1. Schmidt Çekici ile Yüzey Sertliği

Yüzey sertliği deneyi sonuçlarının ortalama değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Yüzey sertliği değerlerinde yapılan beton türleri arasındaki gözlenen farkların deneyin yapıldığı zamana bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Ayrıca gerçekleştirilen Duncan testi sonuçlarına göre Schmidt yüzey sertliği değerleri bakımından;

- 7 ve 28. günlerde referans, çelik ve polipropilen lifli beton ölçümlerin birbirinden farklı olduğu,
- 28. günlerde en yüksek yüzey sertliği sırasıyla ÇL, PL ve Ref olduğu görülmüştür.

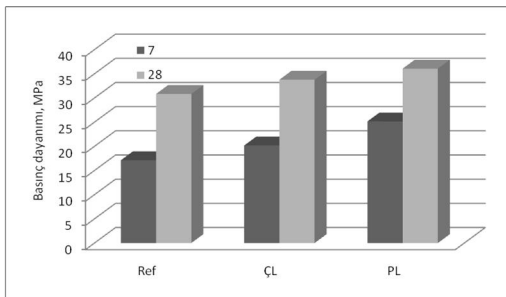


Şekil 1. Ortalama schmidt çekici ile yüzey sertliği değerleri

#### 3.2. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı deneyi sonuçlarının ortalama değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Ref., ÇL ve PL katkılı betonların basınç dayanım değerlerinin istatistik olarak fark olduğu görülmüştür. Zaman faktörü seviyeleri arasındaki farkları belirlemek için çoklu karşılaştırma tekniklerinden Duncan testi sonuçlarına göre,

7 ve 28. günlerde referans, çelik ve polipropilen lifli beton ölçümlerin birbirinden farklı olduğu, en yüksek dayanımın sırasıyla ÇL, PL ve Ref olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Basınç dayanımına ait ortalama verilerin grafiği

Tekrarlanan ölçümlü varyans analizine göre beton türünde zaman faktörünün istatistik olarak farklı ( $\alpha < 0,05$ ) olduğu bulunmuş ve arasındaki farkları belirlemek için çoklu

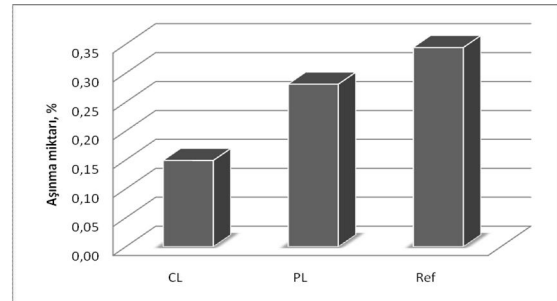
karşılaştırma tekniklerinden Duncan uygulanmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre, 28 günde Ref ve PL arasında fark olmadığı ÇL'in ise bunlardan farklı olduğu görülmüştür.

#### 3.3. Aşınma Dayanım

Aşınma dayanımı değerlerine ait açıklayıcı istatistikî bilgiler Çizelge 3'de verilmiştir. Analize tabi tutulan verilerin dağılımını gösteren çizgi grafik Şekil 2'de görülmektedir.

Çizelge 3. Aşınma dayanımına ait istatistikî açıklamalar

Beton Türü	N	Aşınma	
		Ort.	Std. Hata
Ref	6	0,344	0,044
ÇL	6	0,149	0,011
PL	6	0,281	0,030



Şekil 3. Ortalama aşınma dayanımı verilerine ait çizgi grafiği

Şekil 3'te görüldüğü gibi aşınma dayanımına göre en aşınmayı sırasıyla Ref, PL ve ÇL olarak gerçekleştirmektedir. Aşınma dayanımı deney sonuçlarına göre istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur ( $\alpha < 0,05$ ) (Çizelge 4).

Çizelge 4. Aşınma dayanımı varyans sonuçları

	Ort. Kareleri	Serbest. Der.	Kareler Ort	F	p
Beton	0,119	2	0,060	10,2	0,00
Hata	0,088	15	0,006		

Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi kullanılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Ortalamalar arasındaki farklılıklar

Beton türü	Farklı olan grup.	
	1	2
CL		0,149
PL	0,281	
Ref	0,344	

Gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre aşınma dayanımı değerleri bakımından;

- En büyük değere % 0,34 ile Ref betonunun sahip olduğu,
- En küçük değere ise % 0,15 ile ÇL betonunun sahip olduğu,
- Ref ve PL istatistiksel olarak ( $\alpha < 0,05$ ) farklı olmadığı, ÇL betonunun ise bunlardan farklı olduğu bulunmuştur.

#### 4. Sonuçlar

Esnek yol üst yapılarına alternatif olarak düşünülen rijit üst yapılarda kullanılacak olan beton türü bu bağlamda çok büyük önem arz etmektedir. Rijit yol üst yapılarında kullanılabilirliği adına yapılmış üç farklı (referans beton, çelik ve polipropilen lif katkılı) beton türü üzerinde gerçekleştirilen dayanım ve dayanıklılığa yönelik deneyler yapılmıştır. Buna göre;

- Beton türleri üzerinde gerçekleştirilen schimidt çekici ile yüksek yüzey sertliği sırasıyla ÇL, PL ve Ref olduğu görülmüştür.
- Beton türleri üzerindeki gerçekleştirilen basınç dayanımına göre, referans, çelik ve polipropilen lifli katkılı betonların farklı olduğu, en yüksek dayanımın sırasıyla ÇL, PL ve Ref olduğu görülmüştür.
- Beton türleri üzerindeki gerçekleştirilen aşınma dayanımına göre, istatistiki olarak PL ve Ref birbirinden farksız, ancak ÇL bunlardan farklı ve en iyi aşınma dayanımını veren beton türü olarak gerçekleşmiştir.

#### Kaynaklar

- [1] Do, M.T., Chaal O. and Aitcin P.C., Fatigue Behavior of High-Performance Concrete, ASCE JM. 1, 96–111, 1993.
- [2] Gao L., and Hsu C.T.T., Fatigue of Concrete under Uniaxial Compression Cyclic Loading, ACI Mater J, Sept.–Oct.. 575–581, 1998.
- [3] Hordijk D.A., Wolsink G.M. and Vries J., Fracture and Fatigue Behaviour of High Strength Limestone Concrete as Compared to Gravel Concrete, HERON. 40(2):125–146, 1995.
- [4] Hsu T.C., Fatigue of Plain Concrete, ACI Journal 78, 292–305, 1981.
- [5] Otter D.E. and Naaman A.E., Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete under Cyclic Loading, ACI Material Journal. July-Aug. 254–261, 1988.
- [6] Ramakrishnan V., Meyer C., Naaman A., Zhao G. and Fang L., Cyclic Behavior, Fatigue Strength, Endurance Limit and Models for Fatigue Behavior of FRC, High performance fiber reinforced cement composites. London: E & FN Spon, 1996.
- [7] Su E.C.M. and Hsu T.T.C., Biaxial Compression Fatigue and Discontinuity of Concrete, ACI Material Journal, May–June. 178–188. (1988).
- [8] Cachim, P.B., Figueiras, J.A. and Pereira, P.A.A., Fatigue Behavior of Fiber-Reinforced Concrete in Compression, Cement and Concrete Composites. 24, 211–217, 2002.
- [9] Singh, S.P. and Kaushik, S.K, Fatigue Strength of Steel Fibre Reinforced Concrete in Flexure, Cement and Concrete Composites, 25, 2003.
- [10] Ezeldin A.S. and Shiah T.W, Analytical Immediate and Long-Term Deflections of Fiber-Reinforced Concrete Beams, Journal of Structural Engineering, 121, 1995.
- [11] Aydın, A. B. ve Sancak, E., Yapı Sektörü - Çevre İlişkisi Bağlamında Çimento ve Beton Üretiminin Çevresel Etkilerinin İrdelenmesi (The Evaluation of Cement and Concrete Production within the Context of Building Sector - Environment Relationship), 4th International Advanced Technologies Symposium, Selcuk University, Technical Education Faculty, Konya, 1057-1062, 2005.
- [12] Ekinci, C.E., Bordo Kitap: Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, Üniversite Kitabevi. 1206s. Elazığ. (2005),
- [13] Türker, T., Betonarmede Oluşan İç Gerilimlere Karşı Gerçek Önlem. İnşaat ve Malzeme, 150, 24-25, 2000.
- [14] Yerlikaya, M, Çelik Tel Donatılı Yol Betonları, www.beksa.com.tr/dramixdocs.tr/çelik\_tel.pdf
- [15] Topçu, İ., B., Canbaz, M., Effect of different fibres on the mechanical properties of concrete containing fly ash, Construction and Building Materials, 21, 7, 1486-1491, 2007.
- [16] Houssam A. Toutanji, Properties of polypropylene fiber reinforced silica fume expansive-cement concrete, Construction and Building Materials, 13, 171-177, 1999.
- [17] Subaşı, S., Özgan, E., Uzunoğlu, M., Çullu, M., Tekin, İ., Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Çelik ve Polipropilen Lif Kullanımının Akışkanlık Parametreleri Ve Basınç Dayanımına Etkisi, Uluslararası Hazır Beton Kongresi Bildirileri, 331-344, 19-21 Haziran, İstanbul, 2008.
- [18] Düzgün, O., A., Gül, R., Aydın, A., C., (2005), "Effect of steel fibers on the mechanical properties of natural lightweight aggregate concrete" Materials Letters, 59, 3357–3363,
- [19] Qian, C., X., Stroeven, P., Development of hybrid polypropylene-steel fibre-reinforced concrete, Cement and Concrete Research, 30, 63–69, 2000.
- [20] TS 802, Beton Karışım Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985.
- [21] TS 10514, Çelik Telleri Betona Karıştırma ve Kontrol Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
- [22] TS 10513, Beton Takviyesinde Kullanılan Çelik Teller, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
- [23] ASTM C805-97, Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete, American Society For Testing And Materials, USA, 1997.
- [24] TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [25] TS EN 12390-5, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [26] TS 3502, Betonda Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1981.
- [27] ASTM C944-99, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method, American Society For Testing And Materials, USA, 1999.