

PÜSKÜRTÜLEN İNCE KAPLAMALAR VE YAPIŞMALARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Thin spray-on liners and factors affecting their adhesive bond

H. ÖZTÜRK (*)

ÖZET

Bu çalışmada göreceli olarak yeni kabul edilebilecek bir tahkimat türü olan PİK'lerin (püskürtülen ince kaplama) kullanımı, yapısı ve tahkimat işlevlerine dair bilgiler verilmiştir. Ek olarak, çevre koşullarının PİK yapışmasına etkisini değerlendirmek için yapışma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Alt katman üzerindeki yağ, su ve toz ile farklı alt katmanların tane boyutu ve pürüzlülüğü değerlendirilmiştir. Tüm testler Tekflex adındaki PİK kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak, uygun koşullar altında yaklaşık 1.8 MPa yapışma dayanımı elde edilmiştir. Kaya yüzeyinin tozla kirli olduğu veya kayanın çekme dayanımının düşük olduğu durumlarda 1 ila 1.5 MPa'a varan yapışma dayanımına çıkmak güç olabilir. Mekanik kenetlenmeden ziyade, kayacın tane boyutu matrisi ile kaplama arasındaki kimyasal reaksiyonun yüksek yapışma dayanımı elde etmekte daha etkili olduğu gözlenmiştir. Yüksek çekme dayanımlı ve iri tane boyutlu kayaçlar daha yüksek bağlanma dayanımı verme eğilimindedirler. Alt katman yüzey pürüzlülüğünün yapışma dayanımını artırdığı görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: püskürtülen ince kaplama, PİK, TSL, adhezyon, yapışma deneyi, yapışma dayanımı, çevresel faktörler, substrat, alt katman, Tekflex

ABSTRACT

In this study, some information is given on the TSL's (thin spray on liner) use, structure, and support functions. In addition, adhesive strength tests are conducted to assess the effect of environmental conditions on TSL adhesion. The presence of oil, water and dust on a substrate and the roughness and grain size properties of different substrates are evaluated. All the tests are performed using Tekflex liner material. Adhesive strengths of about 1.8 MPa can be achieved with Tekflex under optimal conditions. Where the rock surface is contaminated with dust or the rock is weak in tension, it may be difficult to reach adhesion strengths of 1 to 1.5 MPa. It is observed that rather than the mechanical interlocking, chemical reaction between the rock grain matrix and the liner material is more important to get higher adhesive strength. Rocks with higher tensile strength and larger grain size tend to give higher adhesive strength. Substrate roughness does not seem to increase adhesive strength.

Keywords: Thin spray-on liner, TSL, adhesion test, adhesive strength, environmental conditions, substrate, Tekflex

(*) Yrd. Doç. Dr. ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü ozhasan@metu.edu.tr

1. GİRİŞ

Kaya içerisinde oluşturulan yeraltı açıklıkları genelde “tutma” ya yönelik tahkimat olarak adlandıracağız; çelik hasır, püskürtme beton (shotcrete), ikisinin birleşimi ya da “engellemeye” yönelik tahkimat olarak bilinen kaya saplamaları ile yapılır.

1990 yılından bu yana, saplama ve çelik hasır işlemleri sırasında emniyeti artırma ve bu işleme maruz kalmayı azaltma amaçlı olarak izolasyon endüstrisinden esinlenilerek icad edilen PİK (püskürtülen ince kaplama) türü tahkimat, madencilikte maliyetleri azaltma potansiyeli ve önemli operasyonel faydalar nedeniyle sektörün odağı haline gelmiştir. Kuzey Amerika, Avustralya ve Güney Afrikadaki madenler PİK'lere daha fazla ilgi göstermektedirler. Çizelge 1'de (Esterhuizen ve Bosman, 2009) püskürtme beton ile PİK arasındaki maliyet farkı görülebilir.

Çizelge 1. PİK ve püskürtme beton maliyet karşılaştırılması

	4 mm PİK	8 MM PİK	25 MM püskürtme beton**	50 mm püskürtme beton**
Toplam Maliyet (R*/m ²)	140	205	190	230

Yukarıdaki maliyet, taşıma maliyetini içermez

* : Güney Afrika Randı

** : Lifsiz

Her yıl yeni PİK'ler üretilmekte ya da var olanlar daha iyi verim alma amaçlı değişime uğramaktadırlar. Bazı madenlerde çelik hasırın veya püskürtme betonun hatta saplamaların yerini alması bile planlanmaktadır (Tannant, 2001). PİK'ler, maden kazılarının tahkimatı için kaya yüzeyine püskürtme olarak uygulanan, hızlı kür alan, göreceli olarak ince (2-5 mm) kaplamalardır (Şekil 1).

Güncel PİK'lerin çoğunluğu, açıklık yüzeyine püskürtme öncesi arazide karıştırılan, iki bileşenli, poliüre/poliüretan veya çimento bazlı lateks ürünlerdir. Halihazırda var olan PİK listesi Çizelge 2'de görülebilir.



Şekil 1. PİK'in arazide uygulanması (www.meyco.basf.com)

Yüzeğe püskürtülerek uygulanan püskürtme beton ve polimer kaplamalar gibi tahkimatların çok düşük kaya yerdeğiştirmelerinde bile tahkimat direnci gösterme özellikleri vardır ve de kaya düşmelerini daha meydana gelmeden önleyebilirler. Özellikle donatılı püskürtme beton, polimer kaplamalara oranla çok yüksek derecede tahkimat direnci gösterir. Ama kaya yerdeğiştirmesinin çok fazla olduğu durumlarda, daha esnek olan PİK'ler püskürtme betona oranla daha üstün tahkimat özelliği gösterirler. PİK'ler diğer bir tahkimat türünde olmayan bir özellik; gevşek kaya parçalarını yakınındaki sağlam kayaya bağlama, “tutturma” özelliğine sahiptirler. Tutturulan gevşek kayanın ağırlığı, PİK'in kayaya yapışma dayanımı ve PİK'in çekme dayanımı ya da makaslama dayanımına bağlıdır (Tannant, 2001).

PİK'lerin kullanıldığı durumlarda, kaya yüzeyi ile kaplama arasında yakın bir temas vardır, bu da tahkimat kapasitesi bakımından, kaplama ve kaya arasındaki yapışma dayanımını önemli hale getirir. Yeterli yapışma dayanımının olduğu yerlerde, kaplamalar yerçekimine maruz kalan gevşek kaya kütlelerinin yarattığı yükleri taşıma veya bu yükleri yine kaplamayla temas halinde olan ama duraylı kaya kütleleri üzerine aktarma potansiyeline sahiptirler. Kaplamaların kayaya yapışma yeteneği, aksi durumda açıklık içine serbest düşmeye maruz kalacak ayrık kaya bloklarının gevşemesini veya akmasını önlemeye yardımcı olur. ((Tannant, 2001); (Stacey, 2001), (Öztürk ve Tannant, 2010)).

Çizelge 2 Piyasadaki PİK'ler ve detayları

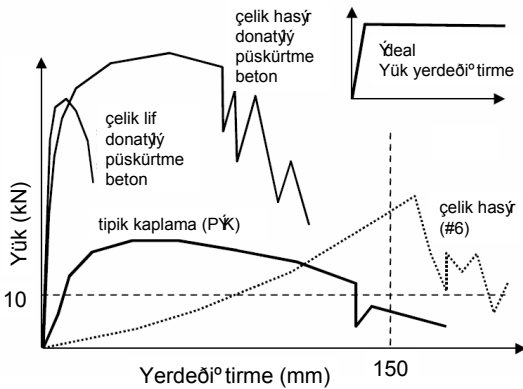
Ürün	Üretici	Kimyası	Reaktivite	Malzeme türü	Hızlı/ yavaş	Esnek/ Rijit
Ardumin TM 020	Ardex	Hidrolik çimento	Reaktif	Sıvı/toz	Hızlı	Esnek
Castonite	Rohm Haas	Alçıtaşı polimer	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Rijit
Everbond II	Mead Mining	Polimer/çimento	Reaktif değil	bölünmüş	Yavaş	Esnek
Evermine	Mead Mining	Çimento/akrilik	Reaktif değil	bölünmüş	Yavaş	Esnek
GSM CS1251	Master Builders	Polyüretan-polyüre/ akrilik	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Rijit
Lanko 228	CHRYSO	Çimento/akrilik	Reaktif değil	bölünmüş	Yavaş	Esnek
Masterseal 840 R	Master Builders	Metaakrilen	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Esnek
Masterseal 845	Master Builders	Çimento latex	Reaktif değil	Sıvı/toz	Hızlı	Esnek
Mineguard	Mineguard Canada	Poliüretan	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Esnek
Rockguard	Technological Mining & Marketing	Çimentolu polimer	Reaktif değil	Sıvı/toz	Yavaş	Esnek
RockGuard	Engineered Coatings	Poliüre/poliüretan	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Esnek
Rock-Hold	Mondi/ICTUS	Metaakrilen	Reaktif	Sıvı/toz	Yavaş	Esnek
Rockweb	Spray-on Plastics	Poliüre	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Esnek
SPI- Polyurea	Speciality Products Inc.	Poliüre	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Esnek
Tekflex White	Minova International Inc.	Polimer/çimento	Reaktif değil	Sıvı/toz	Daha hızlı	Esnek
Tekflex Black	Minova International Inc.	Polimer/çimento	Reaktif değil	Sıvı/toz	Daha hızlı	Esnek
Tekflex T	Minova International Inc.	Polimer/çimento	Reaktif değil	Sıvı/toz	Daha hızlı	Esnek
Tekflex	Minova International Inc.	Polimer/çimento	Reaktif değil	Sıvı/toz	Yavaş	Esnek
Tunnelguard	SA Mining & Eng.	Çimentolu polimer	Reaktif değil	Sıvı/toz	Yavaş	Rijit
Tunnel Flex	SA Mining & Eng.	Çimento latex	Reaktif değil	Sıvı/toz	Yavaş	Esnek
3M Mining Liner	3M	Poliüretan	Reaktif	Sıvı/sıvı	Hızlı	Esnek

PİK'ler, püskürtme betona benzer şekilde kayaçla kaplama yüzeyi arasında güçlü yapışma bağı ve yüksek çekme dayanımına bağlı olarak tahkimat ve güçlendirici bileşiminden oluşan bir sisteme sahiptirler. Bu tahkimat ve güçlendirme sistemi milimetre düzeylerinde tahkimat direnci sağladığından her iki püskürtme beton ve PİK fonksiyonel benzer özelliklere sahiptirler. Kırılgan özellikli geleneksel saplama ve püskürtme betondan farklı olarak PİK'lerin yüksek derecedeki plastisite özelliği onların yükleri daha fazla kaplama alanına dağıtmasına neden olur. PİK'ler çelik hasırla birlikte kullanıldığında donatılı püskürtme betonun dayanımına yakın veya onu geçen yüksek yük taşıma kapasitesi gösterirler.

Genellikle, ani olarak makaslama veya çekmeden yenilen püskürtme betondan farklı olarak, poliüretan ve poliüre PİKler kayayla beraber deforme olur ve hatta kaya yenildiğinde, yer değiştirip 'gevşek' hale geldiğinde bile tahkimat özelliği gösterirler.

PİK'lerin tahkimat fonksiyonunun bir diğer özelliği de, deforme oldukları halde askı köprü gibi yük taşıyabilmeleridir (Tannant vd. 1999).

Farklı alan tahkimatlarının şematik yük-yerdeğiştirme karşılaştırılması Şekil 2'de görülebilir (Tannant, 2001). PİK'lerin çelik hasırla püskürtme beton arasında bir verim göstermesi beklenmektedir.



Şekil 2. Farklı alan tahkimatlarının şematik yük-yerdeğiştirme karşılaştırılması (Tannant, 2001)

PİK'lerin etkili olarak iş görebilmesi için kayalar arasında çatlaklar boyunca yeterli kaplama alanına ulaşmasının önemi göz önüne alındığında, geniş kaya çatlaklarının bulunduğu ortamlarda kaplama kullanımı tavsiye edilmez.

Her ne kadar PİK'lerin yük taşıma kapasitesi çelik hasırlardan daha fazla olsa da, hasırları etkilemeyen bir çok etken kaplamaları etkiler. Örneğin, kayalara zayıf yapışma, sabit olmayan kaplama kalınlığı ve yetersiz alan kaplaması kaplamanın verimliliğini azaltır.

Sürekli olmayan veya ince bölgeleri olan bir kaplama, kaplamanın tahkimat etkinliğinin erken yenilmesine yol açabilecek zayıflık alanları taşır. Püskürtme betonda olduğu gibi, PİK'in etkinliği iyi bir kalite kontrol, kaplamanın hazırlanma kurallarına ve kaya yüzeyine püskürtülürken kullanılacak ekipman için gösterilecek dikkate bağlıdır.

Espley vd. (1999) arazi çalışmalarıyla önerdikleri PİK'lerin tahkimat ve donatı uygulamalarına yönelik geçici başvuru rehberi Şekil 3' te sunulmuştur.

Çizelge 3. PİKler için geçici tahkimat uygulama rehberi (Espley vd. 1999)

Yeraltı açıklığı	RMR ₇₆	PİK kalınlığı (mm)	Saplama düzeni ¹ (Boy x aralık)
Galeri (Duvar)	45-65	2-3	1.8m x 1.5 m ²
	>65		1.8m x 1.5 m ³
Galeri (Tavan)	45-65	3-4	1.8m x 1.1 m ⁴
	>65		1.8m x 1.3 m ⁴
Üretim panosu yolu (Duvar)	45-65	2-3	1.8m x 1.5 m ⁵
	>65		Saplamasız veya seyrek saplama ⁵
Üretim panosu yolu (Tavan)	45-65	3-4	1.8 m veya 2.4 m x 1.1 m ⁴
	>65		

Not:

- 1: Mekanik saplama
- 2: Her iki ilerleme vardiyası sonrası saplama
- 3: Süresiz iki yıllık denetimler ile gecikmeli
- 4: PİK öncesi ya da hemen sonrası saplama
- 5: Saplama ertelenebilir

Halen, PİK'lerin yeraltı madenlerinde bir tahkimat ve donatı aracı olarak kullanılması, ilk aşamalarında ve kullanımı sınırlıdır.

PİK'lerin henüz yüksek gerilme ve sıkıştırma koşulları için uygunluğu kanıtlanmamıştır ve bu nedenle PİK'lerin bu şartlar için uygunluğu kontrollü arazi çalışmalarıyla destekleninceye kadar, PİK'ler hasır veya püskürtme betonla birlikte kullanılan kaya saplamaları tahkimat sistemi olarak kullanılmalıdır. Benzer şekilde,

PİK'ler daha fazla tecrübe edilinceye kadar, rehabilitasyon tahkimatı gerektiren alanlar için kullanılmamalıdır.

Espley ve Boudreau 1999, ideal bir PİK tahkimatını aşağıdaki gibi tanımlamaktadırlar (Çizelge 4)

Çizelge 4. İdeal PİK özellikleri (Espley ve Boudreau, 1999)

Özellik	Önerilen Aralık
Yanmazlık	Alev yayılma oranı <200 (en fazla)
Yüksek çekme dayanımı	>5 MPa
Yüksek yapışma dayanımı	>1 MPa (kaya alt tabakalarda)
Tokluk (sertlik)	Shore sertliği 80
Elastisite	%100-%150 uzama
Yüksek makaslama dayanımı	>1 MPa
Hızlı kürlenme zamanı	< 1 saat
Suya dirençli	Nemli/ıslak yüzeye püskürtülebilmeli
Isıya hassas değil	0°C – 40°C
Hızlı uygulama oranı	>1m ² /dakika
Uzun karışım kullanma ömrü	> 2 saat
Çevre dostu	Sadece hafif çözücüler
Düşük maliyet	< 15 \$/m ²
Basit uygulama	En az yüzey hazırlama

Beton onarımı, beton üzeri astar ve kaplamalarıyla ilgili yapışma dayanımı üzerine çalışan araştırmacılar, yapışmaya etki eden önemli çevresel faktörleri belirlemişlerdir. (Bungey ve Madandoust 1992; Austin vd 1995; Fowkes vd 2008; Öztürk ve Tannant, 2004)

- Yüzey pürüzlülüğü: PİK'ler genellikle patlama yapılarak açılan ve genellikle çok pürüzlü olan, açıklıkların yüzeyine uygulanır.
- Yüzey nemi: Bir çok açıklık yüzeyinde, serbest yüzey suyu ve akan su bulunur. Bu yüzey suyu, taze patlatma sonrası, gevşek kaya parçacıklarının düşmesi için uygulanan basınçlı suyla yıkama durumlarında daha da fazla olur. Bu nedenle, açıklık yüzeyi kurudan ıslağa geçişlik gösterir.

- Kaya dayanımı: Dayanım, özellikle çekme dayanımı, bir PİK'in kaya yüzeyine ne kadar iyi bağlanabileceğini etkiler. Zayıf, kırılğan kayalar genellikle, sistemdeki zayıf halka olmalarından dolayı, yetersiz yapışmaya sebep olurlar.
- Bozunma: Kayayı oluşturan mineraller neme ve akan suya maruz kaldıklarından aşınırlar ve bu aşınma muhtemel düşük yapışma dayanımı değerleri verir.
- Kirlenmiş yüzeyler: Kaya yüzeyleri, toz taneleri, tuz ve nem deki veya akan sudaki mineraller dolayısıyla kirlenebilir. Özellikle sülfidlerin ve tuzun yüksek konsantrasyonda olduğu durumlarda kirliliğin daha fazla olduğuna inanılmaktadır. Bu durumların, PİK'in kayaya olan yapışmasını önemli ölçüde düşürdüğüne inanılmaktadır.

Bu çalışmada, alt tabaka üzerindeki toz, yağ ve de alt tabaka tane boyutunun ve alt tabaka yüzey pürüzlülüğünün PİK'in yapışma dayanımına etkisi incelenmiştir. Kullanılan PİK kaplaması Minova tarafından sağlanan Tekflex (www.minova.com.au) ürünüdür. Bu yazıda bu ürünün reklamı yapılmamaktadır.

2. DENEY YÖNTEMİ

Deney yöntemi, 33 mm çapında, tutkalla PİK'e yapıştırılan ayaklı civatanın çekilmesine dayanır (Öztürk ve Tannant, 2010). Deney yapılacak PİK alanı ağaç matkabı ucuyla yalıtılır. Uygulanan kaplama kalınlıkları 1.5 ile 4 mm arasında değişmektedir. Deney, sonuçları yorumlanırken, Öztürk ve Tannant, 2010'un tavsiye ettiği gibi 4 mm kaplama kalınlığına göre normalize edilmiştir.

2.1 Alt Tabaka Hazırlanması

Deney için farklı alt tabakalar kullanılmıştır; bunlar beton, kireçtaşı, granit ve kumtaşıdır. Alt tabaka yüzeyleri ya çekme çatlağı ya da testere yardımıyla oluşturulmuştur. Taze çatlak yüzeyleri oluşturmak için, alt tabaka malzemesi karotları değiştirilmiştir. Brezilya deneyi düzeninde çekme yenilmesine tabii bırakılmıştır. Ayrılan karot yüzeyleri çelik fırça ile temizlenmiştir. Testerelemiş yüzey oluşturmak için soğutucu su destekli dairesel elmas testere kullanılmıştır. Alt tabakaların çekme dayanımını ölçmek amacıyla, standart Brezilya deneyleri de yapılmıştır.

Deney örneği yüzeylerinin pürüzlülükleri, pürüzlülük profili çıkarıcı ile ölçülmüş (Şekil 3) ve alt tabakaların tane ve kristal boyutu da ölçülmüştür.



Şekil 3. Pürüzlülük profili ölçer.

Alt tabaka yüzeyinin eni ve boyu boyunca alınan kesitler kağıda aktarılıp EPK (Eklem pürüzlülük katsayısı) (Barton ve Choubey 1977) (Şekil 4) yardımıyla, pürüzlülük dereceleri belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, deney örneklerinin dijital fotoğrafları da çekilmiştir.

Bazı deneyler için, deney örneği yüzeyleri kaya tozu veya hidrolik yağ ile kirletilmiştir. Alt tabaka detayları Çizelge 5'de görülebilir.

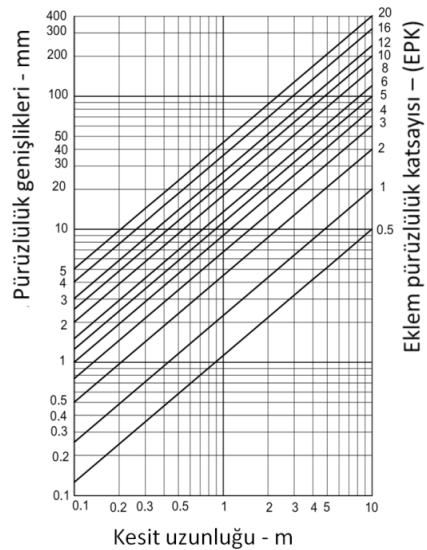
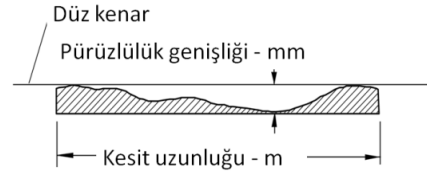
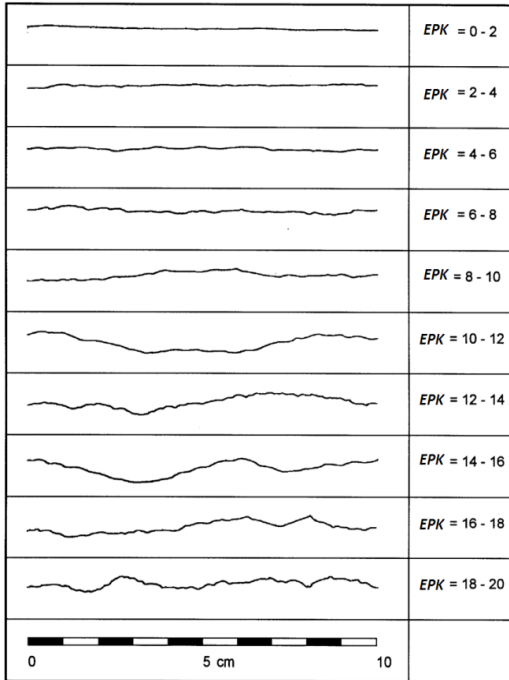
2.2 Kaplamanın Hazırlanması ve Uygulanması

Tekflex (www.minova.com.au) kaplaması, laboratuvarında kuru toz ve sıvı polimer bileşeni

Çizelge 5 Alt tabaka çekme dayanımı, yüzey pürüzlülüğü ve ortalama tane boyutu.

Deney Örneği	Deney Sayısı	Brezilya Çekme Dayanımı* (MPa)	Ortalama Tane Boyutu (mm)	Yüzey Durumu	EPK
Cüruf beton	9	1.6 (0.4)	2	doğal	1
Parke beton	15	3.7 (0.62)	3	testereleli yada doğal	1
Berea kumtaşı	9	1.5 (0.6)	0.2	bölünmüş	20
Kumtaşı	4	11.4 (3.9)	0.6	bölünmüş	20
Granit	9	10.4 (2.8)	1.8	bölünmüş	20
Kireçtaşı	5	2.7 (0.6)	0.2	bölünmüş	20

*Ortalama (standart sapma)



Şekil 4. Pürüzlülük kesitleri ve karşılık gelen EPK değerleri (Barton ve Choubey, 1977)

ile karıştırıcıda hazırlanıp alt tabaka yüzeyine spatulayla uygulanmıştır. Karışım üretici firmanın önerilerine göre hazırlanmıştır. Bütün deney örneklerinin 1 haftalık laboratuvar şartlarında kürlenmesinden sonra deneylere geçilmiştir.

2.3 Temiz Kuru Alt Tabaka Yüzeylerdeki Yapışma Dayanımı

Çizelge 6'da görüleceği üzere, yüksek çekme dayanımlı ve iri tane boyutlu kayalar daha yüksek yapışma dayanımı verme eğilimindedirler.

Çizelge 6 Farklı alt tabaka ortalama yapışma dayanımı değerleri ve standart sapmaları

Deney Örneği	Deney Sayısı	Yapışma Dayanımı (MPa)*
Bölünmüş granit	4	1.3 (0.3)
Testerelenmiş granit	3	1.4 (0.1)
Bölünmüş kireçtaşı	3	1.4 (0.3)
Bölünmüş Berea kumtaşı	4	0.7 (0.1)
Temiz parke beton	4	1.8 (0.2)
Cüruf beton	2	0.8 (0.0)

*Ortalama (Standart Sapma)

Bir deneyde ölçülen en yüksek yapışma dayanımı değeri 4 MPa'ı geçmiştir. Yüzeylerde çelik fırçayla temizlenemeyen Brezilya deneyinin yan ürünü olan bazı küçük kamaların hala temizlenememiş olması kimi granit ve kumtaşı yapışma dayanımı değerlerindeki düşüklüğü açıklamaktadır.

Pürüzlü (bölünmüş) ve düz (testerelenmiş) granit deney örnekleri 1.3 MPa ve 1.4 MPa yapışma dayanımına sahiptirler. Bu nedenle pürüzlülüğün

Çizelge 7. Yüzey kirliliğinin yapışma dayanımına etkisi

Deney Örneği	Kirlilik Miktarı	Deney Sayısı	Yapışma Dayanımı* (MPa)
Tozlu parke beton	0.005 g/cm ²	4	0.2 (0.1)
Tozlu parke beton	0.0025 g/cm ²	4	0.9 (0.1)
Tozlu parke beton	0.001 g/cm ²	4	1.5 (0.1)
Yağlı parke beton	0.03 to 0.1 cc/cm ²	8	0
Yağlı parke beton	0.008 cc/cm ²	4	0 - 0.7
Tozlu cüruf beton	0.005 g/cm ²	4	0.5 (0.1)
Yağlı cüruf beton	0.1 cc/cm ²	3	1.0 (0.3)

*Ortalama(Standart Sapma)

yapışma dayanımını etkilediği söylenemez. Çekme dayanımı granit oranla düşük olan Berea kumtaşının kendi içinde yenilmesinden dolayı yapışma dayanımı da düşük çıkmıştır. Bu da göstermektedir ki, yüksek yapışma dayanımı elde edebilmek için kayacın kendisinin çekme dayanımı yüksek olmalıdır. Literatürdeki yapışma deney sonuçlarının da 2 MPa ve daha düşük değerli olması nedeniyle, yapışma deneyi sırasında alt tabakanın kendi içinde yenilmemesi ve geçerli yapışma dayanımı sonucu verebilmesi için, yaklaşık bir tahmin olarak, kaya en az 2 MPa çekme dayanımına sahip olmalıdır.

Cüruf beton 0.8 MPa yapışma dayanımıyla en düşük dayanımı vermiştir; öte yandan daha az gözenekli alt katmanlar daha yüksek yapışma dayanımı değerlerine sahiptir. Çok gözenekli cürüflü deney örneğinde Tekflex kaplaması kısmi olarak gözeneklere girmiş ve yüzey alanında ve mekanik kilitlemede bir yükselme olmuştur. Fakat düşük gözenekli deney örneklerinin daha yüksek yapışma dayanımı vermesi, yapışma dayanımında, mekanik kilitlemeden ziyade, kaya tane matrisiyle kaplama arasındaki kimyasal reaksiyonun daha önemli olduğunu göstermektedir.

2.4 Kirli Alt Katmanlardaki Yapışma Dayanımı

Kirlilik deneylerinde cüruf ve parke betonları alt tabaka olarak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kirlitici malzemeler kaya tozları ve hidrolik yağdır. Çizelge 7'de görüleceği üzere, cüruf betonu gibi çok gözenekli alt tabakalarda toz, yağ oranla yapışma dayanımını daha kötü etkileyen bir faktördür. Bunun olası bir açıklaması, yağ gözeneklere girerken, toz yüzeyde kalmakta ve yapışmayı düşürmede daha etkili olmaktadır.

Daha az gözenekli olan parke beton deneylerinde, yağın etkisi daha belirgin şekilde yapışma dayanımını azaltmıştır. Beklenileceği üzere yapışma dayanımındaki azalma kullanılan toz miktarı ile doğru orantılıdır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada göreceli olarak yeni kabul edilebilecek bir tahkimat türü olan PİK'lerin kullanımı, yapısı ve tahkimat işlevlerine dair bilgiler verilmiştir.

Alt tabaka özelliklerinin (çekme dayanımı, pürüzlülük ve tane boyutu) ve yüzey kirleticilerinin yapışma dayanımına etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, oda sıcaklık ve nem koşullarında Tekflex kaplaması ile parke betonu arasındaki yapışma dayanımı 1.8 MPa olarak bulunmuştur. Yüzeyin yağ veya tozla kirli olduğu durumlarda 1 veya 1.5 MPa'a ulaşan yapışma dayanımı elde etmek zorlaşmaktadır.

Granit, kireçtaşı gibi iri tane boyutlu yüzeyler kaplama ile alt tabaka arasındaki yapışma dayanımını arttırmaktadır. Pürüzlülüğün yapışma dayanımını etkilediği söylenemez. Alt tabaka çekme dayanımının 2 MPa'ı aşması iyi bir yapışma dayanımı elde edebilmek için şarttır.

Cüruf ve parke betonu deneyleri karşılaştırıldığında, yapışma dayanımında mekanik kilitlemeden ziyade alt tabaka tane boyutu matrisi ile kaplama arasındaki kimyasal reaksiyonun daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar daha fazla deneylerle desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

Austin, S., vd, 1995; Tensile bond testing of concrete repairs. *Materials and Structures*, 1995, 28: 249-259.

Barton N. ve Choubey V., 1977; The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics*: 10: 1-54.

Bungey, J. H. ve Madandoust, R. 1992; Factors influencing pull-off tests on concrete. *Magazine of Concrete Research*, 44, No. 158: 21-30.

Espley-Boudreau S.J. 1999; Thin Spray-on Membrane Support and Implementation in the Hardrock Mining Industry. M.Sc. thesis, Laurentian University, Sudbury, Ontario, 311p.

Espley S.J. Tannant D.D. Baiden G. & Kaiser P.K. 1999; Design criteria for thin spray-on membrane support for underground hardrock mining. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Annual General Meeting, Calgary, published on CD-ROM, 7p

Esterhuizen, A.P. ve Bosman, J.D. 2009; Practical experience with the use of thin sprayed liners at Two Rivers Platinum Mine. 43rd U.S. Rock Mechanics Symposium & 4th U.S.

- Canada Rock Mechanics Symposium, June 28 - July 1, 2009 , Asheville, North Carolina.

Fowkes, N., vd, 2008; Crack repair using an elastic filler. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 56, 2749– 2758

Öztürk, H. ve Tannant, D., 2010; Thin spray-on liner adhesive strength test method and effect of liner thickness on adhesion. *Int. J of Rock Mech and Min Sci*; 47, 5: 808-815

Öztürk, H.,ve Tannant, D.D., 2004; Influence of rock properties and environmental conditions on adhesive bond to a thin liner. In: Potvin, Y., Stacey, T.R., Hadjigeorgiou, J. (Eds.), *Surface Support in Mining*. Australian Centre for Geomechanics, pp. 135–139.

Stacey, T.R., 2001; Review of membrane support mechanisms, loading mechanisms, desired membrane performance and appropriate test methods, *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* 101 (7) pp. 343–351.

Tannant, D.D. 2001; Thin spray-on liners for underground rock support - testing and design issues. *Int. Seminar and Field Trials on Surface Support Liners: Membrane, Shotcrete and Mesh*, Perth, Australia: 1-18.