

MÜHENDİSLİK-MİMARLIK VE TASARIM BİLİMLERİNDE AKADEMİK ÇALIŞMALAR-2019

# MÜHENDİSLİK-MİMARLIK VE TASARIM BİLİMLERİNDE AKADEMİK ÇALIŞMALAR-2019

**Editörler**

**Doç. Dr. Duygu KAVAK**

**Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY**

**Dr. Ali KILIÇER**

STAMPALIA  
IVPE

ISBN: 978-9940-540-78-4

STAMPALIA  
IVPE

STAMPALIA  
IVPE

# MÜHENDİSLİK-MİMARLIK VE TASARIM BİLİMLERİNDE

AKADEMİK ÇALIŞMALAR-2019

## Editörler

Doç. Dr. Duygu KAVAK

Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY

Dr. Ali KILIÇER

Cetinje 2019



## **Editörler**

Doç. Dr. Duygu KAVAK

Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY

Dr. Ali KILIÇER

**Birinci Baskı** • © Şubat 2019 /Cetinje-Montenegro

**ISBN • 978-9940-540-78-4**

© copyright

**All Rights Reserved / Tüm hakları saklıdır**

**Ivpe**

web: [www.ivpe.me](http://www.ivpe.me)

Tel. +382 41 234 709

e-mail: [office@ivpe.me](mailto:office@ivpe.me)



**Print**

Ivpe

Cetinje, Montenegro

## İÇİNDEKİLER

Önsöz /-III

Hakem Kurulu /-V

### MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

#### **BÖLÜM I**

*HİSTOGRAM TABANLI ŞABLON EŞLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE OPTİK DİSK KONUMUN TESPİTİ / Canan ÇELİK /-1*

#### **BÖLÜM II**

*BIYO-TABAKLAMA MADDESİ –VALEKS EKSTRAKTLARININ ÖZELLİKLERİ / Buket KANER & Selime MENTEŞ ÇOLAK /-13*

#### **BÖLÜM III**

*KERATİNLİ ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ / Selime MENTEŞ ÇOLAK & Gülizar YELDIYAR /-27*

#### **BÖLÜM IV**

*ZEMİNLERDE KAPLAMA OLARAK KULLANILAN ANDEZİTİN KAYMA DİRENCİNE SU İTİCİ KİMYASAL MADDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ / Mustafa Yavuz ÇELİK & Murat SERT & Zeyni ARSOY /-43*

#### **BÖLÜM V**

*YAPI TAŞI OLARAK KULLANILAN ANDEZİTİN SU BUHARI GEÇİRGENLİĞİNİN İNCELENMESİ / Mustafa Yavuz ÇELİK & Zeyni ARSOY & Murat SERT /-57*

#### **BÖLÜM VI**

*ARAÇ YIKAMA TESİSİ ATIKSUYUNDAN RENK GİDERİMİNDE DK MEMBRANIN PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI / Duygu KAVAK /-71*

## **MİMARLIK, PLANLAMA VE TASARIM ÇALIŞMALARI**

### **BÖLÜM VII**

*İSTANBUL ANADOLU YAKASIN'DA YER ALAN ALIŞVERİŞ MERKEZLERİNİN MEKÂNSAL TASARIM-ESTETİK VE KULLANICI MEMNUNİYETİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ / Handan ÖZSİRKINTI KASAP /-81*

### **BÖLÜM VIII**

*BİTLİS GARMRAG SURP NŞAN KİLİSESİ KORUMA SORUNLARI / Dilşat Deniz BİNDAL & İrem KÖSE /-103*

## **HAKEM KURULU**

Prof. Dr. Oğuz Gürsoy, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Türkiye

Pof. Dr. Rıdvan Karapınar, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,  
Türkiye

Prof. Dr. Serdar Salman, Marmara Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Şemsi Yazıcı, Ege Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Duygu Kavak, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Selime Menteş Çolak, Ege Üniversitesi, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Hacer ARSLAN KALAY, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,  
Türkiye

# MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

# ZEMİNLERDE KAPLAMA OLARAK KULLANILAN ANDEZİTİN KAYMA DİRENCİNE SU İTİCİ KİMYASAL MADDE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

*Investigation of Water Repellent Chemical Effect to Slip Resistance of  
Andesite Used as Paving Stone*

**Mustafa Yavuz ÇELİK\* & Murat SERT\*\* & Zeyni ARSOY\*\*\***

## 1. Giriş

Doğal taşlar, bilinen en eski inşaat malzemelerinden birisi olması nedeniyle binlerce yıldır insanlar tarafından kullanılmaktadır. Yapılarda genellikle yüzeyleri düzeltilerek parlatılmış doğal taş ürünleri kullanılmaktadır (mermer, granit, kireçtaşı, traverten, bazalt gibi). Yapıların düşey yüzeylerinde (iç ve dış), taban döşemesinde, merdiven basamaklarında ve dekoratif amaçlı gerçekleştirilen her türlü kaplamalarda kullanılan taşlara da ticari alanda "mermer" denilmektedir. Özel işlemlerle yüzeyi pürüzlü hale getirilmiş ve parlatılmadan kullanılan cephe kaplaması ve döşeme uygulamaları da son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Yol ve kaldırım döşemesi, bordur taşı, duvar, çatı örtüsü, kıyı tahkimatı, dalgakıran ve baraj inşaatı, agrega üretimi gibi geniş bir alanda kullanılan doğal taşlar için de "yapı taşı" terimi kullanılmaktadır (Çelik, 2015).

Yapı taşı olarak kullanılan doğal taşlardan birisi de andezittir. Andezitler, mermer sektöründe cilasız, honlu veya değişik yüzey şekillendirme işlemleri uygulanmış olarak kullanılır. Andezitler belirli ebatlarda kesilerek dekoratif amaçlı olarak yapılarda kaplama ve döşemelerde, merdivenlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Andezitler kışın buzda kaymaz özellik göstermeleri, aşınma ve atmosfer etkilerine dayanıklı oluşları, diğer magmatik kayalara göre (granit, bazalt vs) daha ucuz ve kolay üretilmeleri nedeniyle yaya yolları ve kaldırımlar için ideal bir kaplama malzemesidir. Bunun yanı sıra silinmiş, cilasız yüzey şekilleri ile son yıllarda kullanıcıların, özellikle kent içi düzenlemelerde Belediyelerin tercihi olmaktadır. Andezitler; parlatılmadan parke, bordür, kaplama, blokaj, kaldırım ve inşaat taşı olarak kullanılmaktadır. Andezitler, aynı zamanda eskitmeye uygun taşlardır ve antik görünüm verirler. Ayrıca çekiçlenmiş veya kaba yontulmuş yüzey şekilleri ile tarihi dokuyu hatırlatan yapılarda başarı ile kullanılmaktadır. Andezitlerin kaldırım ve yaya yollarında kaplama ve kaldırım taşı olarak kullanılmasına ait örnekler Şekil 1' de görülmektedir.

---

\* (Doç. Dr.); Afyon Kocatepe Üniversitesi, E-mail:mycelik@aku.edu.tr

\*\* (Öğr. Grv.); Afyon Kocatepe Üniversitesi, E-mail:msert@aku.edu.tr

\*\*\* (Öğr. Grv.); Afyon Kocatepe Üniversitesi, E-mail:zeyniarsoy@aku.edu.tr



Doğal yapı taşlarının yüzeyleri, kullanım yeri ve amaçlarına göre işlenmektedir. Dekoratif amaçlı kullanılan yüzey tipi işlemleri honlama, cilalama, alevle yakma, eskitme, kuşlama, çekiçleme, doldurma ve asitle yıkamadır. Bunlardan bazıları el işçiliği yöntemleriyle yapılırken, bazı taş yüzeyleri de mekanik makinalarda şekillendirilmektedir (Çelik ve Kavuşan, 2001; Çelik, 2003).



Şekil 1. Andezitin kaldırım ve yaya yollarında kaplama ve kaldırım taşı olarak kullanılması. (a: Afyonkarahisar’da bir kaldırım, b: Emirdağ’da bir yaya yolu, c: Afyonkarahisar Anıt Park merdivenleri, d: Afyon Kocatepe Üniversitesi Kampüsü)

Yaya trafiğinin yoğun olduğu alanlarda, zemin kaplaması olarak kullanılan doğal taşlarda, özellikle yağışlı ve ıslak ortamlarda kayma emniyetinin yüksek olması gerekmektedir. Bu nedenle insan trafiğinin yoğun olduğu, kaldırımlar, yaya yolları, metro, otogar ve alışveriş merkezlerinde genellikle yüzeyi pürüzlü kaplama taşları kullanılarak kayma riskini en aza indirmek hedeflenmektedir. Özellikle yağmurlu ve karlı havalarda, dış mekanlarda yaya yolları ve kaldırımlarda, havuz kenarı gibi ıslak alanlarda ve banyo, tuvalet, hamam gibi ıslak olabilen iç mekanlarda yayaların ve kullanıcıların kayma emniyetinin yüksek olması istenen alanlarda, emniyeti attıran doğal taşlar kullanılmalıdır.

Kayma direnci, üzerinde yürünen zemin kaplama malzemesi yüzeyi ile ayakkabı tabanının etkileşimi olarak tanımlanmaktadır. Yaşam, yürüyüş ve gezi alanlarında zemin kaplaması olarak genellikle beton, seramik, doğaltaş gibi farklı suni ve doğal malzemeler kullanılmaktadır. İnsanların kaymasına bağlı olarak düşme sonucu oluşabilecek kazaların önlenmesi ve daha emniyetli bir yürüme yüzeyi için bu malzemelerin kayma potansiyellerinin belirlenmesi gerekmektedir. Günümüzde, bu malzemelerin kayma direncini ölçen çok sayıda yöntem ve cihaz

geliştirilmiştir.

Bu cihaz ve yöntemler, kuru, ıslak ve yağlı ortamlarda zemin kaplaması olarak kullanılan malzemelerin kayma potansiyellerinin belirlenmesinde önemli rol oynayan kayma açısı, kayma direnci sürtünme katsayısı ve yüzey pürüzlülüğü gibi parametrelerin tespitinde kullanılmaktadır (Coşkun, 2015).

Kaplama malzemelerinde kayma direncinin ölçümü için üretilen test cihazları kayma direncini, dinamik ve statik sürtünme katsayısını belirlemek amacıyla tasarlanmışlardır. Buradan yola çıkarak istenen özelliği belirlemek için doğru yöntemi seçmek gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan test cihazları: Yatay sürtünme ölçüm metresi, Yatay dinamometre, James makinesi, Pandül (Sarkaç) cihazı ve Eğik düzlem test cihazıdır (Gürcan, 2006).

Sarkaç testi; sürtünme katsayısı testi, portatif kayma direnç kızıağı, İngiliz sarkacı olarak bilinmektedir. Çalışma prensibi İngiliz standardına uygundur. Bu cihaz, yollardaki kayma direnci değerlendirilmesinde kullanılmasına rağmen, ayakkabı kayma hareketine benzetilerek dizayn edilmiştir. Ölçümde sarkaçtaki temsili ayakkabının hareketine dayanır (4S lastik pençe), kontrollü şartlarda yerleştirilen yüzey malzemesi üzerinde sallanır. Sürtünme katsayı değeri ölçülür (Gürcan, 2006).

Literatürde değişik doğal taşların kayma direncini konu olan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda çoğunlukla Pandül (sarkaç) yöntemi ile eğik düzlem test cihazı kullanılmıştır. Bu çalışmalar genellikle mermer, kireçtaşı, traverten ve granitler üzerine yapılmıştır (Bowman vd., 2002; Karaca vd., 2013; Coşkun ve Sarıışık, 2015). Seramik, lastik ve beton gibi diğer kaplama malzemeleri hakkında çalışmalar da bulunmaktadır (Chang, 1999; Bowman, 2003; Li vd., 2004; Georg, 2011; Yamaguchi ve Hokkirigawa, 2014; Kim, 2018; Terjék ve Dudás, 2018). Zemin kaplama malzemesi olarak kullanılan andezitlerin kayma direnci hakkında bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Gürcan (2006), eğik düzlem test cihazı kullanarak kalsiyum karbonat kökenli, 16 farklı traverten, kireçtaşı ve mermerin üç farklı yüzeydeki (honlanmış, cilalanmış ve eskitilmiş) kayma açılarını hesaplayarak, bu doğal taşların ıslak zeminlerdeki kaplama emniyetini belirlemiştir.

Coşkun (2013), karbonat kökenli bazı doğal taşlarda yüzey işleme tekniklerinin ve pürüzlülüğün kayma direncine etkilerini incelemiştir. 15 farklı traverten, kireçtaşı ve mermerin dört farklı yüzeydeki (honlu, cilalı, patinatolu ve eskitme) örneklerini, Eğik düzlem ve Pandül test cihazı kullanarak belirlenen kayma açıları ve direnç değerlerinin pürüzlülük ve fiziko-mekanik özellikleri ile ilişkisini araştırmıştır.

Yüzeyi pürüzlü olan ve parlatılmadan kullanılan bir zemin kaplama malzemesi olan andezitler, gözenekli bir doğal yapı taşıdır. Bu

özelliğinden dolayı su emme kapasitesi de yüksektir. Özellikle tarihi yapılarda, su emme özelliğini sınırlamak için su itici kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, andezitlerin kayma direncinin ölçümü için yaygın bir kullanım alanı bulunan Pandül (Sarkaç) cihazı kullanılmıştır. Kayma direnci deneylerinde, yüzeyi honlu ve su itici kimyasal madde ile kaplanmış andezit örnekleri kullanılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan andezit örnekleri, İscehisar (Afyonkarahisar) kuzeyinde yer alan Ağın dağında bulunan ocaklardan alınmıştır. Söz konusu ocaklar aktif olup çıkarılan andezitler, kesme-işleme tesislerinde kesilerek kaplama, döşeme malzemesi olarak kullanılmaktadır. Andezitler pembemsi, grimsi, morumsu renklere sahiptir. Çalışmada kullanılan örneklerin alındığı lokasyonu gösteren yer bulduru haritası ve ocak görünümü Şekil 2’de verilmiştir.

Blok şeklinde alınan örnekler, Afyon Meslek Yüksek Okulu Mermer Teknolojisi atölyesinde deneylerde kullanılacak ebatlara kesilerek hazırlanmıştır. Fiziko mekanik deneylerde 50x50x50 mm, kayma direnci deneylerinde ise 200x100x20 mm boyutlarında örnekler kullanılmıştır.

Su itici kimyasal madde olarak Teknosil marka şeffaf, siloksan esaslı, solvent bazlı ticari kimyasal madde kullanılmıştır. Su itici kimyasal madde; numuneler yıkanıp kurutulduktan sonra yüzeyine fırça ile bir kat olarak uygulanmıştır. Numuneler, polimerizasyon işlemini sağlaması için 48 saat bekletildikten sonra deneylerde kullanılmıştır.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan andezit örneklerinin (a) ocağın lokasyon haritası (b) ocağın görünümü, (c) yüzey görünümü.

### 2.2. Yöntem

Pandül deney cihazı ile kayma direnci tayini deneyleri öncesinde

andezit örneklerinin yoğunluk, su emme, gözeneklilik, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı gibi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler, Çizelge 1’de belirtilen TS EN standartlarına göre yapılmıştır. Fiziko-mekanik özellikleri belirlemek amacıyla yapılan deneylerde 6’şar adet andezit örneği kullanılmıştır

Ultrases geçiş hızı ölçümleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Proceq Pundit Lab marka ultrases test cihazı (P-dalgası) ile yapılmıştır (54 kHz). Andezit örneklerinin gözenek boyut dağılımları, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (TUAM) cıvalı porozimetre Micromeritics Auto Pore IV 9500 cihazında belirlenmiştir.

Çizelge 1. Andezit örneklerinin fiziko mekanik testlerinde kullanılan ilgili standartlar.

Testler	İlgili standart
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	TS EN 1936
Ağırlıkça su emme (%)	TS EN 13755
Gözeneklilik (%)	TS EN 1936
Ultrasonik dalga hızı (km/s)	TS EN 14579
Basınç dayanımı (MPa)	TS EN 1926

### 2.2.1. Pandül Deney Cihazı ile Kayma Direnci Tayini Deneyleri

Zeminlerde kaplama olarak kullanılacak doğal taşların, zemin kayganlık özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu test yöntemlerinin en çok kullanılanlarından birisi pandül yöntemidir. Pandül deney cihazıyla kayma direncinin tayini deneyi TS EN 14231 standardına göre, bir yüzeyi honlanmış 200x100x20 mm boyutlarında andezit örnekleri kullanılarak kuru ve ıslak zeminde kayma direnci değeri (SRV), Gabbrielli marka cihazda ölçülmüştür (Şekil 3).

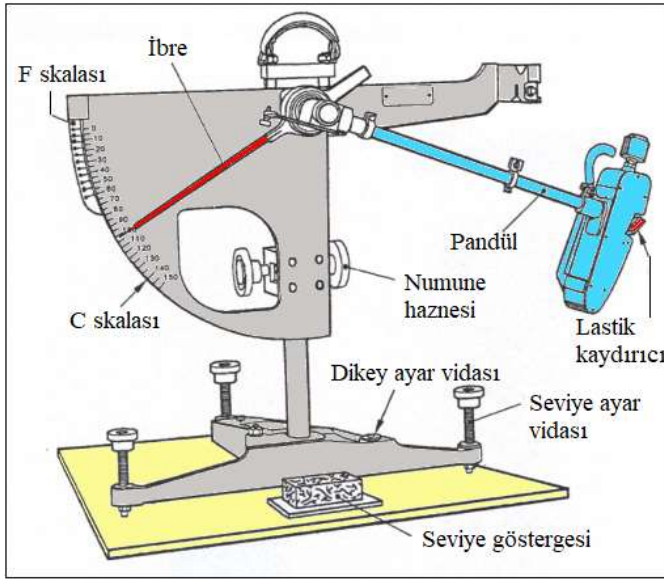


Şekil 3. Deneylerde kullanılan Pandül cihazı (a) ve andezit örnekleri (b).

Sürtünme deney cihazı, bir pandülün (sarkaç) alt kısmına yerleştirilmiş

standart bir lastikten imal edilen yay baskılı bir kaydırıcıyı ihtiva eder. Pandülün salınımıyla kaydırıcı ve deney yüzeyi arasındaki sürtünme kuvveti, ayarlı bir skala kullanılarak hareket uzunluğundaki azalma ile ölçülür.

Kuru şartlarda kayma direnci tayini deneyleri için andezit örnekleri etüvde (70 °C) kurutulur. Deneye başlamadan en az 2 saat önce oda sıcaklığında (20±5 °C) bulundurulur. Pandül deney cihazı sert ve düz bir yüzeye yerleştirilerek destek kolunu düşey olacak şekilde vidalanır. Deney örneği uzun tarafı pandül hattında olacak şekilde sıkıca yerleştirilir. Pandül deney cihazı ibresi başlangıç konumuna getirilir. Cihazın serbest bırakma düğmesine bastırılarak pandül kolunun serbest olarak hareketi sağlanır. Kaydırıcının deney yüzeyine yeniden temas etmesinden önce geri dönüş hareketinde tutulur. Skalada okunan değer kaydedilir. Hazırlanmış mekanizmayla kaydırıcı ve yüzeyin temasını sağlayacak şekilde, kol ve ibre yeniden başlangıç konumuna getirilir. Aralarında üç birimden daha fazla bir farkın olmadığı art arda beş okuma (C skalası üzerinde) alınacak şekilde aynı işlemler tekrar edilir. F skalası kullanılırsa, art arda yapılan beş okuma arasında 0,03'ten daha fazla fark olmamalıdır (Şekil 4). Örnek, 180° döndürüldükten sonra yeniden yerleştirilir ve bütün işlemler kontrol edilerek tekrarlanır (TS EN 14231).

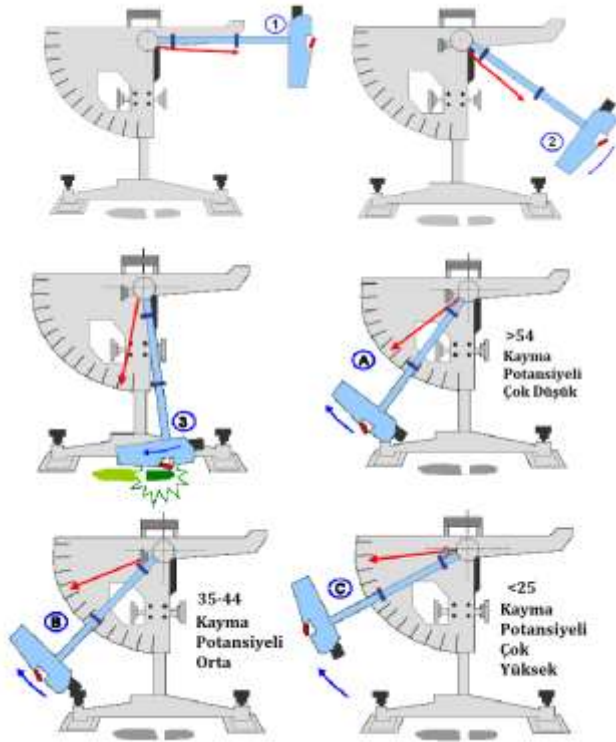


Şekil 4. Kayma direnci tayini deneylerinde kullanılan Pandül deney cihazı aparatları (TS EN 14231).

Islak şartlarda kayma direnci tayini deneyleri için andezit örnekleri deneye başlamadan önce 20±5 °C sıcaklığındaki suda en az 2 saat bekletilir. Pandülün her kaymasından önce deney yüzeyi ve kaydırıcı, 20±5 °C sıcaklıktaki damıtık veya deiyonize su ile devamlı olarak ıslatılır. Daha

sonra deney yüzeyi üzerinde hareket eden deney cihazının başlığı yukarı kaldırılır ve sıfır hata için serbest kayma kontrol edilir. Pandül kolu serbest bırakılarak ölçüm yapılır ve kaydedilir (Şekil 5). Örnek, 180° döndürüldükten sonra yeniden yerleştirilir ve bütün işlemler kontrol edilerek tekrarlanır (TS EN 14231).

Her bir deney örneği için kuru ve ıslak şartlarının her ikisinden ve zıt doğrultularda ölçülmüş beşli grup halindeki okuma değerlerinin ortalaması hesaplanır. Pandül deneylerinde, kayma direnci tayini yapılacak örneklerin yüzeyi üzerinde 6 farklı pozisyonda ve her pozisyonda 5 ölçüm yapılmakta ve elde edilen sonuçların ortalaması alınarak kayma direnci belirlenmektedir. Pandül deney cihazı çalışma prensibi Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Pandül deney cihazı çalışma prensibi ve ölçüm sonuçlarının yorumlanması (İnt. Kay. 1)

### 3. Bulgular ve Tartışmalar

#### 3.1. Fiziko-mekanik Özellikleri

Andezit örneklerinin ilgili standartlara göre yoğunluk, su emme, gözeneklilik, ultrases dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için laboratuvar testleri

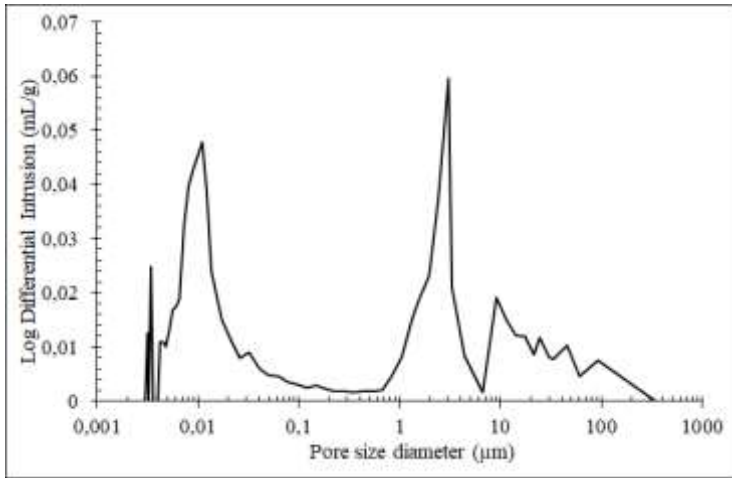
gerçekleştirilmiştir. Deneyleerde elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Andezitin açık gözenekliliği %4,63 iken toplam gözenekliliği %19,25 olarak belirlenmiştir. Andezitin ağırlıkça su emme yüzdesi %2,44’tür. Andezit örneklerinin tek eksenli basınç dayanımı ise 70 MPa olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Andezitlerin fiziko-mekanik özellikleri

	min	max	ort
Yoğunluk (gerçek) (kg/m <sup>3</sup> )	2777,30	2787,20	2781,70
Ağırlıkça su emme (%)	1,97	3,78	2,44
Açık gözenek (%)	3,44	6,04	4,63
Toplam gözenek (%)	18,32	23,49	19,25
Ultras ses dalga hızı (km/s)	3,84	4,31	4,16
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	53,05	96,75	70,00

### 3.2. Gözenek Boyut Dağılımı

Kayma direncinde önemli parametrelerden birisi de gözenekliliktir. Yüksek gözenekliliğe sahip olan kayaların yüzeyi de pürüzlü olabilmektedir. Traverten gibi kayalar iri gözeneklere sahiptir ve bu gözenekler yüzeyde boşluklar olarak yer alırlar. Andezitler ise mikro gözeneklere sahiptir. Andezitin gözenek boyut dağılımı civalı porozimetre yöntemiyle ölçülmüş olup sonuçlar Şekil 6’da verilmiştir. Ölçüm yapılan andezit numunesinin ortalama gözenek çapı 0,0246  $\mu\text{m}$ , toplam gözenek hacmi 0,0572 mL/g olarak hesaplanmıştır. Andezitin, 0,08  $\mu\text{m}$ -300  $\mu\text{m}$  arasında gözenek boyut dağılımına sahip olduğu görülmektedir. Gözeneklerin büyük bir kısmı da 0,01-3  $\mu\text{m}$  aralığında yer almaktadır. Andezitin gözenek boyut dağılımı, çift doruklu (bimodal) olup 0,01-10  $\mu\text{m}$  arasındadır. Birinci doruk 0,01  $\mu\text{m}$  civarında iken ikinci doruk 3  $\mu\text{m}$  civarında yoğunlaşmıştır.



Şekil 6. Andezitin gözenek boyut dağılımı.

### 3.3. Kayma Direnci Özellikleri

Pandül test cihazı, kaydırıcı ve deney yüzeyi arasındaki sürtünmeyi ölçmek ve kayma direncine ait standart bir değer tayin etmek üzere tasarlanmıştır. Sürtünme değerlerini bulmak için farklı test cihazları kullanıldığında ortaya çıkan karışıklığı önlemek için, test sonuçları genellikle Sarkaç Test Değerleri olarak adlandırılır. Birçok ülkede yapılan bu testler, farklı standartlar ile tanımlanmaktadır. 2001'den beri Amerika'da Seramik Karo Enstitüsü tarafından onaylanan İngiliz sarkaç test cihazı, Amerika'da ASTM E303 koduyla bilinmektedir. Bu standart, düz zeminlerde güvenlik için minimum sarkaç değerini (PTV) 36 olarak tanımlamıştır. Avustralya standartları (HB 198: 2014), birçok farklı durum için asgari ıslak Sarkaç test değerlerinin detaylı önerilerini vermektedir. Örneğin dış rampalar 54; dış yürüyüş yolları ve yaya geçitleri 45; alışveriş merkezi gıda mahkemeleri 35; ve dış giriş seviyesinin üstündeki asansör lobileri 25 veya daha az olabilir.

Pandül test cihazında elde edilen kayma direnci değerlerinin (SRV) yorumlanması için Avustralya Standartlarında verilen Çizelge 3 ve 4'deki zemin sınıflandırmaları kullanılmaktadır.

Çizelge 3. Pandül deney cihazıyla elde edilen kayma direnci değerine (SRV) göre yaya ıslak zeminlerin sınıflandırılması (AS/NZS 4663; Bowman vd. 2002)

Pandül Değeri	
4S lastik pençe ile (AS 4663)	Kayma Potansiyeli
> 54	Çok Düşük
45-54	Düşük
35-44	Orta
25-34	Yüksek
< 25	Çok Yüksek

Çizelge 4. Pandül deney cihazıyla elde edilen kayma direnci değerine (SRV) göre ıslak zeminlerin sınıflandırılması (AS/NZS 4586; Bowman vd. 2002)

Sınıflama	Pandül Değeri	
	Slider 96 pençe ile (AS 4586)	Slider 55 pençe ile (AS 4586)
P5	> 54	>44
P4	45-54	40-44
P3	35-44	35-39
P2	25-34	20-34
P1	12- 24	<20
P0	< 12	-



Doğal taş yüzeylerde kayma direnci ıslak zeminlerde su etkisinden dolayı daha düşüktür. Yağmur ve kar gibi doğal olayların yanı sıra yıkama, silme gibi suyun veya kaydırıcı çeşitli maddelerin yüzeyde bulunması durumunda, doğal taşlar yüzey şekillendirme özelliklerine göre farklı kayma potansiyelleri taşımaktadır. Doğal yapısında bulunan mikro gözenekler nedeniyle cilasız olarak kullanılan andezitler, diğer taş yüzeylere göre kayma açısından daha emniyetli olarak bilinmektedir. Yüzeyde biriken suyun etkisini azaltmak amacıyla yüzeye su itici kimyasal madde sürülen andezitlerin kayma potansiyelini hakkında hiçbir veri bulunmaması nedeniyle bu çalışma yapılmıştır.

Honlu ve yüzeyi su itici kimyasal madde ile kaplanmış andezit örneklerin, pandül deney cihazıyla kuru ve ıslak zeminde kayma direnci deneyleri TS EN 14231 standardına uygun olarak yapılmıştır. Andezit örneklerin pandül deney cihazıyla kuru zeminde kayma direncinin deney sonuçları Çizelge 5’de, ıslak zeminde kayma direncinin deney sonuçları ise Çizelge 6’da verilmiştir. Normal ve su itici kimyasal madde sürülmüş andezit örneklerin pandül deney cihazıyla kuru ve ıslak zeminde kayma direnci verileri grafiği de Şekil 7’de verilmiştir.

Çizelge 5. Andezit örneklerin pandül deney cihazıyla kuru zeminde kayma direncinin deney sonuçları

(Kuru - Koruyuculu)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Skaladan Okunan Değer (SRVd°)	45,6	48	49,2	45,6	43,2	46,8
Skaladan Okunan Değer (180° döndürülmüş durumda) (SRVd°)	46,8	45,6	46,8	45,6	45,6	44,4
Ortalama Değer (SRVd°)	45,8					
(Kuru - Normal)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Skaladan Okunan Değer (SRVd°)	48	51,6	56,4	49,2	51,6	50,4
Skaladan Okunan Değer (180° döndürülmüş durumda) (SRVd°)	49,2	48	54	50,4	48	50,4
Ortalama Değer (SRVd°)	50					

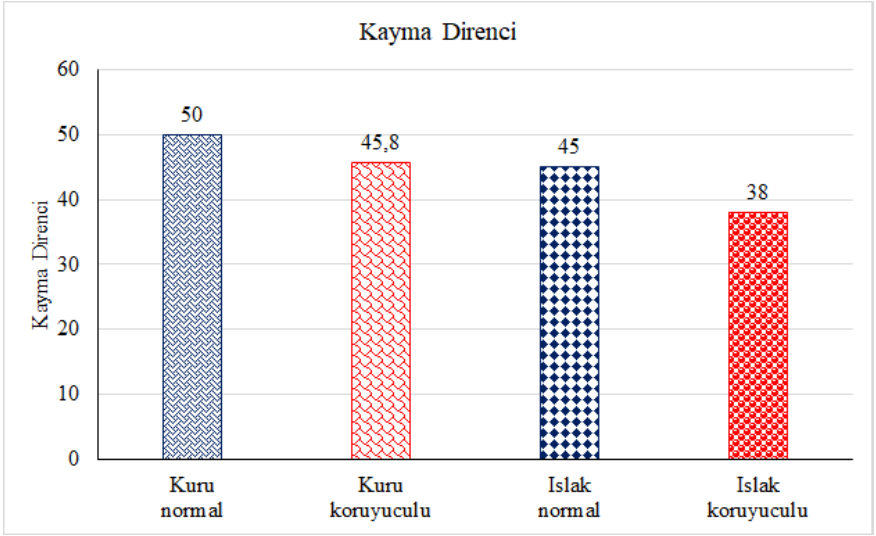
Kuru zeminde kayma direnci değerleri, normal andezitlerde 50, su itici kimyasal madde sürülmüş örneklerde ise 45,8 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler Bowman vd. 2002 tarafından verilen ıslak zemin sınıflandırılmasına göre değerlendirilecek olursa; kuru zeminler için normal andezitler (50) P4 sınıfında düşük kayma direncine sahiptir. Su itici

kimyasal madde sürülen andezitler de 45,8 kayma potansiyeli ile aynı sınıfta değerlendirilmektedir. Su itici kimyasal madde, kuru zeminde andezitin kayma direncinin %9,17 oranında azalmasına yol açmıştır. Bir tür reçine olan su itici kimyasal madde, andezit yüzeyinin plastik bir yapıya kavuşmasına yol açtığı için kayma direncini arttırmıştır.

Islak zeminde ise aynı değerler, normal andezitlerde 45, su itici kimyasal madde sürülmüş örneklerde ise 38 olarak hesaplanmıştır. Su itici kimyasal madde sürülmüş örneklerin kayma direncinin, ıslak zeminlerde %18,42 oranında azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen değerler Bowman vd. 2002 tarafından verilen ıslak zemin sınıflandırılmasına göre değerlendirilecek olursa; ıslak zeminler için normal andezitler 45 kayma direnci ile P4 sınıfında düşük kayma direncine sahiptir. Su itici kimyasal madde sürülen andezitlerde 38 kayma direnci ile bir alt sınıfta orta olarak değerlendirilmektedir. Görüldüğü gibi su itici kimyasal madde su emme özelliğini azaltan bir ajan olmakla birlikte hem kuru hem ıslak ortamda kayma direncinde olumsuz bir etki yapmıştır. Bu nedenle andezitlerin doğal yüzeyler halinde kullanılması durumunda kaydırmazlık özelliği taşıdığı söylenebilir.

Çizelge 6. Andezit örneklerin pandül deney cihazıyla ıslak zeminde kayma direncinin deney sonuçları

(Islak - Koruyuculu)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Skaladan Okunan Değer (SRVd <sup>o</sup> )	31,2	33,6	33,6	32,4	33,6	32,4
Skaladan Okunan Değer (180° döndürülmüş durumda) (SRVd <sup>o</sup> )	38,4	37,2	37,2	37,2	38,4	39,6
Ortalama Değer (SRVd <sup>o</sup> )	38					
(Islak - Normal)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Skaladan Okunan Değer (SRVd <sup>o</sup> )	44,4	45,6	45,6	44,4	45,6	43,2
Skaladan Okunan Değer (180° döndürülmüş durumda) (SRVd <sup>o</sup> )	43,2	45,6	44,4	46,8	45,6	44,4
Ortalama Değer (SRVd <sup>o</sup> )	45					



Şekil 7. Normal ve su itici kimyasal madde sürülmüş andezit örneklerin pandül deney cihazıyla kuru ve ıslak zeminde kayma direnci verileri

#### 4. Sonuçlar

Yüksek gözeneklilik değerine sahip olan andezitler, yaya trafiğinin yoğun olduğu alanlarda kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yayaların emniyeti açısından özellikle ıslak zeminlerde kayma direncinin yüksek olması istenmektedir. Bu amaçla kuru ve ıslak şartlarda andezitlerin pandül deney cihazıyla kayma direnci deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler, andezitlerin en çok kullanılan yüzey biçimi olan honlu örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda andezitlerin su emme özelliğini azaltmak amacıyla su itici kimyasal madde sürülen örneklerin kayma direnci verileri de ölçülmüştür.

Normal andezitlerin hem kuru hem de ıslak zeminlerde düşük kayma direncine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu özelliği nedeniyle andezitler güvenli bir şekilde kuru ve ıslak zeminlerde kullanılabilir özelliktedir. Ancak yüzeyi kimyasal maddeler ile kaplandığı zaman aynı andezitlerin kayma direncinin kuru zeminlerde %9,17, ıslak zeminlerde de %18,42 oranında azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle andezitlerin doğal haliyle kullanılması önerilmektedir.

#### Kaynaklar

AS 4586. (2013). Slip resistance classification of new pedestrian surface materials, Appendix A-Wet Pendulum Test, Australian Standard

AS/NZS 4663. (2004). Slip resistance measurement of existing pedestrian surfaces. Australian/New Zealand Standard

ASTM E303-93 (2018), Standard test method for measuring surface

- frictional properties using the British Pendulum Tester, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018
- Bowman, R. Quick, G. Devenish, D. Strautins, C. (2002). Practical aspects of slip resistance of stone. *Discovering Stone*, 1(2), 16-28.
- Bowman, R. (2003). Slip resistance ignorance: a recipe for costly falls? *Tile today: the Australasian tile magazine*, 40, 26-29
- Chang, W-R. (1999). The effect of surface roughness on the measurement of slip resistance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 299-313
- Coşkun, G. (2013). *Karbonat kökenli bazı doğal taşlarda yüzey işleme tekniklerinin ve pürüzlülüğün kayma direncine etkileri*. Yayınlanmamış Doktora Tezi., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 293,2013.
- Coşkun, G. Sarıışık, A. (2015). Traverten plakaların pandül yöntemi ile kayma potansiyellerinin değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 36, 2:74-84
- Coşkun, G. (2015). Doğal taşların kayma potansiyellerin belirlenmesinde kullanılan test cihazları. Türkiye 5. Uluslararası Maden Makinaları Sempozyumu ve Sergisi, 1-2 Ekim 2015 Eskişehir
- Çelik, M.Y Kavuşan, G. (2001). Doğal taş ve mermerlere uygulanan yüzey şekillendirme teknikleri. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 77-86.
- Çelik, M.Y. (2003). Dekoratif doğal yapı taşlarının kullanım alanları ve çeşitleri. *Madencilik Dergisi*, 42(1), 3-15.
- Çelik, M.Y. (2015). Mermer Jeolojisi Ders Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yayınlanmamış.
- Georg, H. (2011). Skid resistance and durability of coated and uncoated concrete floors in dairy cattle buildings. CIGR 7th International Symposium – Québec City, Canada – September 18-21
- Gürcan, S. (2006). *Doğal yapı malzemelerinde kaymazlık testi ve kayma direncinin belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Afyonkarahisar.
- Karaca, Z. Gürcan, S. Gokce, M.V. Sivrikaya, O. (2013) Assessment of the results of the pendulum friction tester (EN 14231) for natural building stones used as floor-coverings, *Construction And Building Materials*, 47:1182-1187.
- Kim, In-Ju. (2018). Investigation of floor surface finishes for optimal slip resistance performance. *Safety and Health at Work*, 9, 17-24.
- Li, K.W. Chang, W.R. Leamon, T.B. Chen, C.J. (2004). Floor slipperiness

measurement: friction coefficient, roughness of floors, and subjective perception under spillage conditions. *Saf Sci*, 42,547–65.

Terjék, A. Dudás, A. (2018). Ceramic floor slipperiness classification–A new approach for assessing slip resistance of ceramic tiles. *Construction and Building Materials*, 164, 809–819.

TS EN 14231. (2004). Pandül deney cihazıyla kayma direncinin tayini.

TS EN 13755. (2014). Doğal taşlar-deney yöntemleri-atmosfer basıncında su emme tayini, TSE, Ankara.

TS EN 1936. (2010). Doğal taşlar-deney yöntemleri-gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini, TSE, Ankara.

TS EN 14579. (2006). Doğal taşlar-deney yöntemleri-ses hızı ilerlemesinin tayini, TSE, Ankara.

TS EN 1926. (2013). Doğal taşlar-deney yöntemleri-tek eksenli basınç dayanımı tayini, TSE, Ankara.

Yamaguchi, T. Hokkirigawa, K. (2014). Development of a high slip-resistant footwear outsole using a hybrid rubber surface pattern. *Industrial Health*, 52, 414–423

İnt. Kay. 1. <http://www.floorslip.co.uk/floor-pendulum-test-to-bs-7976-2-and-bs-13036-4.html> (20.01.2019)