

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PİRİT, KORUNT VE SU TUTUCU POLİMERİN BETON
PARKELERİN YÜZEY AŞINMA DİRENCİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI

CİHAN AKYÜZ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. İLKER USTABAŞ

II. DANIŞMAN

PROF. DR. ŞAKİR ERDOĞDU

TEZ JÜRİLERİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ ŞİRİN KURBETCİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ ZELİHA TONYALI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ALİ GÜRBÜZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PİRİT, KORUNT VE SU TUTUCU POLİMERİN BETON PARKELERİN
YÜZEY AŞINMA DİRENCİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Doç. Dr. İlker USTABAŞ danışmanlığında Cihan AKYÜZ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 26/03/2019 tarihinde İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU
Üye	: Doç. Dr. İlker USTABAŞ
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Şirin KURBETCI
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Zeliha TONYALI
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ

İmzası




Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

Pirit, korunt ve su tutucu polimerin beton parkelerin yüzey aşınma direncine etkisinin araştırıldığı bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans Tezi" olarak hazırlandı.

Beton yüzeylerde zamanla karşılaşılan en büyük problemlerden biri olan aşınma sorunlarına katkı sağlayacak olan bu projeyi yapma olanağı sağlayan, yüksek lisans öğrenimim boyunca, tez aşamasının her anında önerileri, numune temini ve paylaşımlarıyla yardımını ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Doç. Dr. İlker USTABAŞ ve Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU' ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Laboratuar çalışmalarında her zaman yanımda olan yardımlarını esirgemeyen RTEÜ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknisyeni Recai SALCI'ya tüm kalbimle teşekkür ederim.

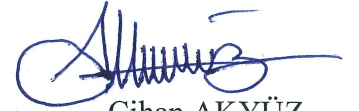
Hayatımın her aşamasında yanımda olan, verdiğim kararlarda desteklerini her zaman arkamda hissettiğim maddi ve manevi yanımda olan canım ailem; eşim Şeyda, annem Gülsen, babam Orhan AKYÜZ' e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Cihan AKYÜZ

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Pirit, Korunt ve Su Tutucu Polimerin Beton Parkelerin Yüzey Aşınma Direncine Etkisinin Araştırılması” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.

26/03/2019



Cihan AKYÜZ

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

PIRİT, KORUNT VE SU TUTUCU POLİMERİN BETON PARKELERİN YÜZEY AŞINMA DİRENCİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Cihan AKYÜZ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. İlker USTABAŞ

Bu çalışmada TS 2824 EN 1338 standardına uygun parkeler üretildi. Parkeler, alt tabaka ve üst tabaka olarak iki seferde döküldü. Beton parkelerin alt tabakaları tek tip betondan üretildi. Beton parkelerin üst tabakalarına da ise agreganın kütleline göre 0,10-0,20-0,30-0,40 oranlarında pirit, parke yüzey alanına göre 5 kg/m² oranında korunt esaslı yüzey sertleştirici ve karışımın içerdiği su miktarının 0,05-0,10 oranlarında yüksek miktarda su emme özelliğine sahip polimer katılarak parkeler üretildiler. Bir grup parke de üst tabakasında ince agrega kullanılarak katkısız olarak hazırlandılar.

Çalışma kapsamında TS 2824 EN 1338 standardında belirtilen dikey aşınma, yarmada çekme dayanımı, su emme, donma çözülme direnci, pandül ayakla sürtünme ve schimtd test çekiciyle yüzey sertliği ölçümleri yapıldı.

Çalışma sonucunda pirit, korunt ve su tutucu polimer kullanımıyla beton parkelerin yüzey aşınma direncinde iyileşmeler sağlandı.

2019, 60 sayfa

Anahtar Kelimeler: Pirit, Korunt, Beton Kaplama Blokları, Yüksek Su Tutucu Polimer.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PYRITE, CORUNDUM AND WATER RETENTION POLYMER ON THE SURFACE ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE PAVING BLOCKS

Cihan AKYÜZ

**Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker USTABAŞ**

In this study, concrete paving blocks were produced according to TS 2824 EN 1338. Concrete paving blocks were poured in two layers as sub and surface layer. The sub layer of the concrete paving blocks were produced from one type concrete. In the surface layers of concrete paving blocks, pyrite in the ratio of 0.10-0.20-0.30-0.40 according to the mass of aggregate, according to the surface area of concrete paving blocks, 5 kg/m² corundum based surface hardner and amount of water contained in the mixture of 0,05-0,10 percent water content of the polymer was added by adding water absorbing. A group of concrete paving blocks in the surface layer were prepared by using fine aggregate.

In the scope of the study, vertical abrasion, pendulum foot friction and surface hardness were measured with schmitd test hammer in accordance with TS 2824 EN 1338 standard.

Based on result of the study, it has been observed that the surface abrasion resistance of the concrete paving blocks were improved by using pyrite, corundum and water retention polymers.

2019, 60 page

Keywords: Pyrite, Corundum, Concrete Block Pavements, High Water Retention Polymer.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Beton Parkelerin Kısa Tarihçesi	2
1.3. Beton Parkelerin Avantajları.....	3
1.4. Beton Parkelerin Üretimi	3
1.5. Beton Parke Çeşitleri ve Dizilim Şekilleri.....	7
1.6. Beton Parkelerin Estetik Özellikleri	10
1.7. Pirit.....	12
1.8. Korunt	13
1.9. Yüksek Su tutucu Polimer.....	14
1.10. Literatür Özeti	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	25
2.1. Çalışmada Kullanılan Agregaların Özellikleri.....	28
2.2. Parkelerde Kullanılan Beton Dizaynı	31
2.3. Gerçekleştirilen Deneyler	33
2.3.1. Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma/Çözölmeye Karşı Direncin Tayini .	33
2.3.2. Toplam Su Emmenin Tayini	35
2.3.3. Dayanımın Ölçölmesi (Yarmada Çekme Dayanımı)	36
2.3.4. Aşınma Direncinin Ölçölmesi.....	38
2.3.5. Cilâlanmamış Kayma Direnci Değerinin (USRV) Tayini İçin Metot	39
2.3.6. Parkelerin Yüzey Sertliklerinin Shcimitd Test Çekiciyle Ölçölmesi.....	40
3. BULGULAR.....	42
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	46

5. ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	60



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Beton parkelerin üretim şeması.....	4
Şekil 2.	Parke üretim tesisinde agrega haznelerinin görüntüsü.....	5
Şekil 3.	Parke üretim tesisinden karıştırıcıların görüntüsü.....	5
Şekil 4.	Alt ve üst tabaka malzeme siloları	6
Şekil 5.	Beton parke karıştırıcıdan kalıba döküm ve çıkış kısmının görüntüsü	6
Şekil 6.	Toplama robotu görüntüsü	7
Şekil 7.	Beton parke çeşitleri.....	8
Şekil 8.	Renkli kilitli parke uygulaması	9
Şekil 9.	Çeşitli beton parke döşeme desenleri	10
Şekil 10.	Beton parke kaplama örneği.....	11
Şekil 11.	Sidney Opera Binası çevresi beton parke kaplamaları	11
Şekil 12.	Pirit madeni	12
Şekil 13.	Yüksek su tutucu polimer ve su karışımı	15
Şekil 14.	Laboratuvarda üretilen parke görüntüsü	25
Şekil 15.	Kullanılan agrega çeşitleri ve çeneli kırıcı	26
Şekil 16.	Parkelerin üretiminde kullanılan kalıp görüntüsü	26
Şekil 17.	Karıştırıcı ve kalıplara yerleştirilen numuneler.....	27
Şekil 18.	Kür havuzunda bekletilen numuneler	27
Şekil 19.	Parkelerin alt tabakasında kullanılan agreganın granülometri eğrisi	29
Şekil 20.	Parken üst tabaka betonunda kullanılan agreganın granülometri eğrisi.....	30
Şekil 21.	Beş yüzü yalıtım malzemesiyle kaplanmış parke görüntüsü	33
Şekil 22.	Havada donma çözünme iklimlendirme kabini.....	34
Şekil 23.	Süre sıcaklık çevrimleri.....	35
Şekil 24.	Yarmada çekme dayanım deney düzeneği	36
Şekil 25.	Basınç dayanım deney düzeneği	37
Şekil 26.	Dikey aşındırma cihazı.....	38
Şekil 27.	Dikey aşınma deneyinden sonra parkede ölçülen mesafe görüntüsü	39
Şekil 28.	Sarkaçlı sürtünme deney donanımı	40
Şekil 29.	Shcimitd test çekiciyle parkelerde yüzey sertliği ölçümü.....	40
Şekil 30.	Parkelerde ölçülen dikey aşınma uzunlukları.....	46
Şekil 31.	Parkelerde ölçülen yarmada çekme dayanımları.....	47

Şekil 32. Parkelerde ölçülen basınç dayanımları.....	49
Şekil 33. Donma çözünmeye maruz parkelerdeki birim alandaki kütle kaybı değerler	50
Şekil 34. Parkelerin cilalanmamış kayma direnci değerleri	51
Şekil 35. Parkelerde ölçülen Schmitd test çekici değerleri	52
Şekil 36. Parkelerde ölçülen su emme değerleri	52



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Parkelerin alt tabakasında kullanılan agreganın elekten geçen yüzdeleri ve TS802'deki Dmax=16 mm için yüzde geçen değerleri.....	28
Tablo 2. Parkelerin üst tabakasında kullanılan agreganın elekten geçen yüzdeleri ve TS802'deki Dmax=8 mm için yüzde geçen değerleri	29
Tablo 3. Piritli agrega ve korunt esaslı yüzey sertleştiricisinin eleklerden geçen (%) değerleri.....	30
Tablo 4. Parkenin alt ve üst tabaka betonlarında kullanılan agregaların ve piritli agreganın özgül ağırlık ve su emme değerleri	31
Tablo 5. 1 m ³ için parke betonlarında kullanılan malzeme miktarları (kg).....	31
Tablo 6. Piritli agreganın kimyasal bileşimi ve oranları (%)	32
Tablo 7. Parke kalınlığına göre k düzeltme katsayısı	37
Tablo 8. Beton parkelerde ölçülen dikey aşınma uzunlukları	42
Tablo 9. Parkelerin kırılma yükü, yarmada çekme dayanımları ve birim boy kırılma.	43
Tablo 10. Donma çözünme ile parkelerde oluşan kütle kaybı ve birim alan kütle kaybı değerleri.....	44
Tablo 11. Parkelerde pandül ayakla ölçülen sürtünme değerleri.....	45
Tablo 12. Shcimitd test çekici ile ölçülen yüzey sertliği değerleri, basınç dayanımı ve su emme değerleri.....	45

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
°	Derece
%	Yüzde
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre Kare
cm ³	Santimetre Küp
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
F	Birim Boy Kırılma Yüğü (N/mm)
kg	Kilogram
g	Gram
kN	Kilo Newton
MPa	Mega Pascal
A	Parkenin Yüzey Alanı (m ²)
P	Kırılma Yüğü (N)
T	Dayanım
L	Birim Alandaki Kütle Kaybı (kg/mm ²)
l	Beton Bloğun Üst Ve Altında Yapılan İki Ölçmenin Ortalaması Olarak Kırılma Kesitinin Uzunluğu (mm)
M	Parkedeki Kütle Kaybı (kg)
M ¹	Suya Doygun Kütle
M ²	Etüv Kuru Kütle
t	Beton Bloğun, Biri Ortada, Diğer İki Uçlarda Yapılan Üç Ölçmenin Ortalaması Olarak Kırılma Düzlemindeki Kalınlığı (mm)
S	Kırılma Alanı (mm ²)
W _a	Parkenin Su Emmesi
EN	Avrupa Standardı
TS	Türk Standardı
BS	İngiliz Standardı
NaCl	Sodyum Klorür

Na_2O	Sodyum Oksit
MgO	Magnezyum Oksit
FeS_2	Demir Sülfür
Fe_2O_3	Demir Üç Oksit
SiO_2	Silisyum Dioksit
TiO_2	Titanyum Dioksit
α	Alfa
Al_2O_3	Alüminyum Oksit
$\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$	Kalsiyum Hidrojen Sülfat
H_2SO_4	Hidrojen Sülfat (Sülfürik Asit)
Cr_2O_3	Krom Oksit
HCl	Hidroklorik Asit
Al	Alüminyum
O_2	Oksijen
Cr	Krom
M.Ö.	Milattan Önce
R	Yüksek Erken Dayanım
vd.	Ve Diğerleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Beton kaplama blokları (beton parkeler) inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan yapı malzemeleridir. Prefabrike olarak imal edilebilmeleri, kür şartları, özel olarak ayarlanabilen ortamlarda muhafaza edilmeleri, imalatının yapılacağı yerde priz alma, istenilen mukavemete ulaşma gibi zaman kayıplarının olmaması sayesinde sağlanan hızlı imalat kolaylığından dolayı, park, bahçe, saha ve yol inşaatı gibi yerlerde beton parkeler tercih edilmektedir. Beton parkelerin imalatı sırasında titreşimli özel beton kalıpları kullanıldığından dolayı düşük su/çimento oranına sahip betonlar kullanılabilir. Bu durum istenilen mukavemette parkenin en az çimento dozajı kullanılarak üretilmesini sağlamaktadır (Gencel vd., 2012).

Beton parkeler üretilirken şekline göre özel kalıplarda genellikle alt ve üst tabaka olmak üzere iki tabaka olarak dökülürler. Bu tabakalardan alt tabaka taşıyıcıdır. Alt tabaka betonu üst tabakadan ve parke yüzeyinden gelen yükleri güvenle zemine aktaracak şekilde tasarlanır. Alt tabakanın gerilme ve donma çözünme etkilerine karşı gösterdiği direnç parkenin kalıcılığı bakımından önemlidir. Üst tabaka ise mekanik etkilere maruz kalması ve görünen yüzey olması nedeniyle aşınma, tozuma ve estetik açıdan önemlidir (Jamshidi vd., 2019).

Beton parkeler yüzeye uygulanmadan önce altına yatak kumu diye tabir edilen sıkıştırılmış kum tabakası serilir. Bu tabakanın üzerine birbiri ile etkileşim halinde arasında derz boşlukları olan beton parkeler nizami bir biçimde yerleştirilir. Birbiri ile etkileşim halinde olan bu parkelerin uzun süre hizmet etmesi, çatlamaması, parçalanmaması, estetik görünümünü bozmadan kendini korumaları için üretim, malzeme içeriği ve uygulama şekillerine de dikkat edilmesi gerekir.

Aşınma direnci beton parkelerin dayanıklılığını etkileyen çok önemli bir özelliktir. Beton parkelerin imalatında parkenin yüzey tabakasının aşınma direncinin yüksek olması istenmektedir (Popek vd., 2016). Beton genel olarak çimento, su, iri ve ince agregaların birleşerek sertleşmesinden oluşan bir yapı malzemesidir. Çimento ve su

karışımının oluşturduğu çimento hamuru agregalar arasındaki boşlukları doldurarak agregaların birbirine bağlanmasını sağlar. Bu bakımdan beton parke üretiminde kullanılacak malzemeler özenle seçilmelidir. Beton parkelerin üretim çeşitlerinin prefabrik olması, hızlı uygulanması, estetik, dayanıklı olması, istenilen ebat, renk ve şekillerde üretilmesi ile her zaman cazip olmuştur. Alternatifi diyebileceğimiz asfalt ve beton kaplamalara rağmen çoğu yerde bu sayılan özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, beton parkelerin yüzey aşınma direncinin artırılması hedeflenmiştir. Beton parkeler, sadece yüzey tabakasında yapılacak iyileşme sayesinde aşınma direncinin artırılması durumunda daha uzun süre hizmet sunacaklardır. Bu amaçla bu çalışmada beton parkelerin üst tabakasında öğütülmüş pirit, korunt ve su tutucu polimer kullanılmıştır. Pirit, korunt ve su tutucu polimer ile üretilen parkelerin aşınma, su emme, yarmada çekme dayanımı, basınç dayanımı ve yüzey sertlikleri katkı içermeyen parkelerle kıyaslanmıştır.

1.2. Beton Parkelerin Kısa Tarihçesi

Yollarda parke taşların kullanım tarihine bakıldığında ilk örneklerine Roma İmparatorluğu döneminde rastlanır. Temiz, dayanıklı aynı zamanda da tekerlek dönüşüne elverişli yol ihtiyacını karşılayan bu yollarda ilk olarak büyük ebatlarda taşlar kullanılmaktaydı. İlerleyen zamanlarda düzgün yüzeyli taşlar elde etmek için belirli bir işçilik sonucu ortaya çıkan daha düzgün yüzeyli taşlar ile yapılan bu parke yollar Türkiye’de adına “Arnavut Taşı” denilen taşlar ile tarihi gelişimini devam ettirmiştir. Belediyeciliğin gelişmesi, daha estetik ve daha düzgün yüzeylerin istenmesi, taleplerin artışı ile işçilik olarak fazla zaman alan ve maliyetleri artan bu taşların yerini daha ekonomik, estetik, uygulanışı hızlı, dayanıklı, hizmet ömrü uzun olan prefabrike beton parkeler almıştır (Akbulut, 2006).

Parke yollar ile tarihte ilk olarak Roma İmparatorluğu döneminde karşılaşılmaktadır. Bu dönemde büyük taşlar kullanılarak yapılan yollar İkinci Dünya Savaşından sonra Hollanda’da tuğla kaldırım taşlarına yerini bırakırken, kömür sıkıntısı nedeniyle tuğla yerine de beton parkeler kullanılmaya başlanmıştır. Rotterdam’ın yolları

ile başlayan beton parke akımı gördüğü yoğun talep ile Almanya ve Batı Avrupa’da hızla yaygınlaşmıştır. Ghafoori vd. 1998’de yapmış olduğu araştırmada Avrupa’da yıllık 100.000.000 m² beton parke kullanıldığını belirtmektedir (Aslantaş, 2004).

1.3. Beton Parkelerin Avantajları

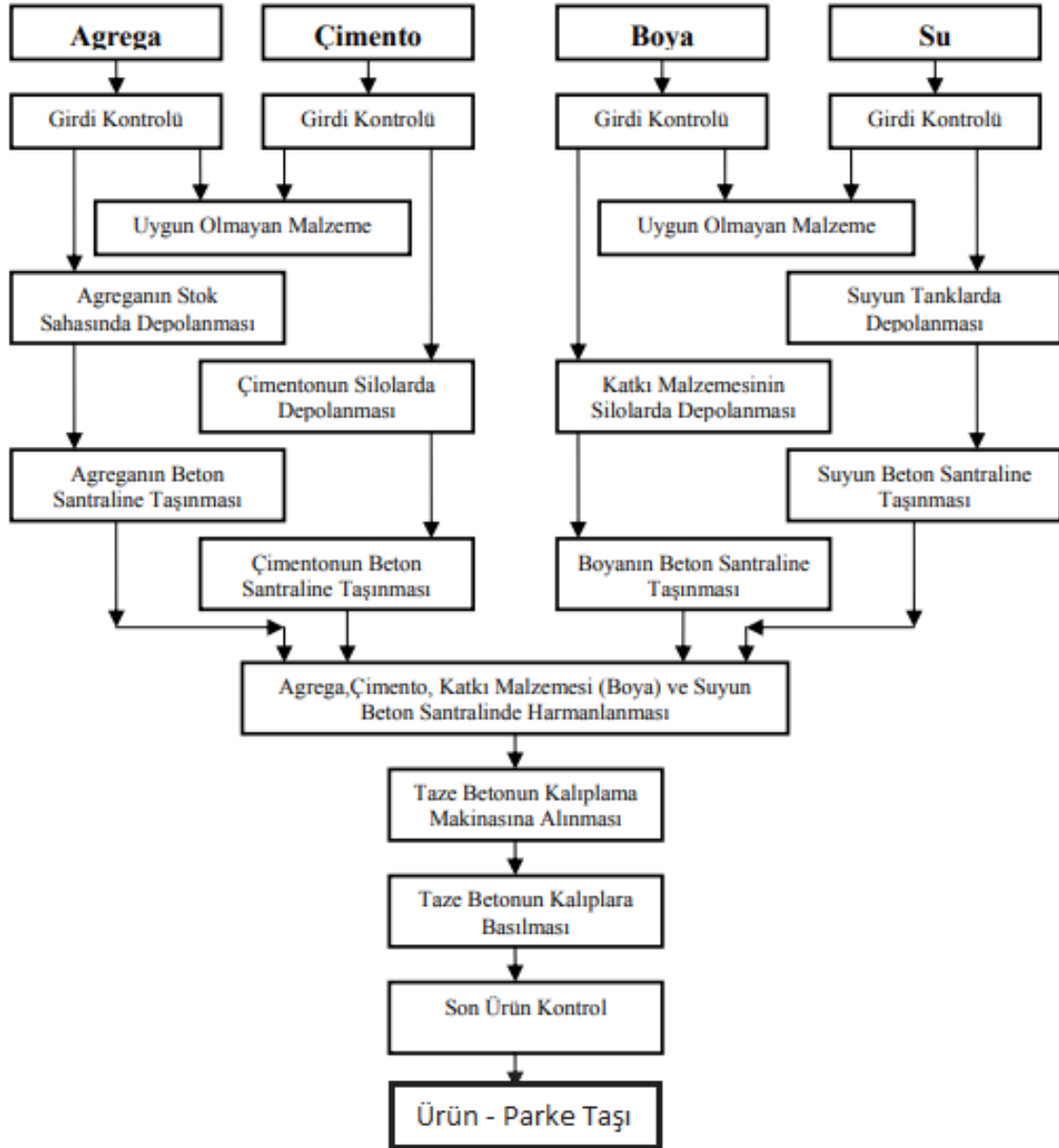
Fabrikalarda üretilen beton parkelerin avantajları şu şekilde sıralayabiliriz;

- 1- Üretimde yerli malzemeler kullanıldığı için dışa bağımlılık yoktur.
- 2- İstenilen ebatlarda, renklerde hızlı ve fazla kapasite ile üretilebilirler.
- 3- İstenilen mekanik özelliklere göre agrega ve bağlayıcı malzeme seçme imkânı vardır.
- 4- Don ve aşınmaya karşı dayanımını uygun malzemeler ile istenildiğinde arttırılabilir.
- 5- Prefabrike oldukları için uygulaması hızlı ve uygulama ardından hemen hizmete açılabilir.
- 6- Uzun süre (20-25 yıl gibi) bakım onarım gerektirmezler.
- 7- Altyapı uygulamaları yönünden, sökülüp altyapı işçiliğinden sonra tekrar kullanılabilirler. (Akbulut, 2006)

1.4. Beton Parkelerin Üretimi

Beton parke üretiminde laboratuvarında dizaynı yapılan betonlarla, beton parke fabrikalarında büyük ölçeklerde makineler ile üretimi mümkündür. Fabrika sahasında önceden çeşitlerine göre agregalar, çimento, su, boya vs. depolanır. Parke imalatı sırasında belirlenen malzeme oranlarına göre bunkerlerden (haznelerden) karıştırıcılara alınan malzemeler homojen biçimde alt ve üst tabaka olacak şekilde karıştırılır ve silolara gider. Daha sonra taşıyıcı bantların üzerindeki kalıplara dökülen beton sıkıştırma makinesinde istenilen oranda tam sıkışma sağlanana kadar basınç ve titreşim yardımı ile sıkıştırılır. Fabrika ortamları genelde açık hava olduğundan doğal çevre şartlarında kurumaya bırakılan ve kür işlemine tabi tutulan beton parkeler paletler halinde stoklanarak satışa hazır hale gelirler (Gencel vd., 2012; NBC Beton, 2018).

Fabrikalarda üretilen beton parkelerin üretim öncesi seçiminden depolanmasına ve sonuna kadar geçen süreç aşağıda Şekil 1’de gösterilmiştir.

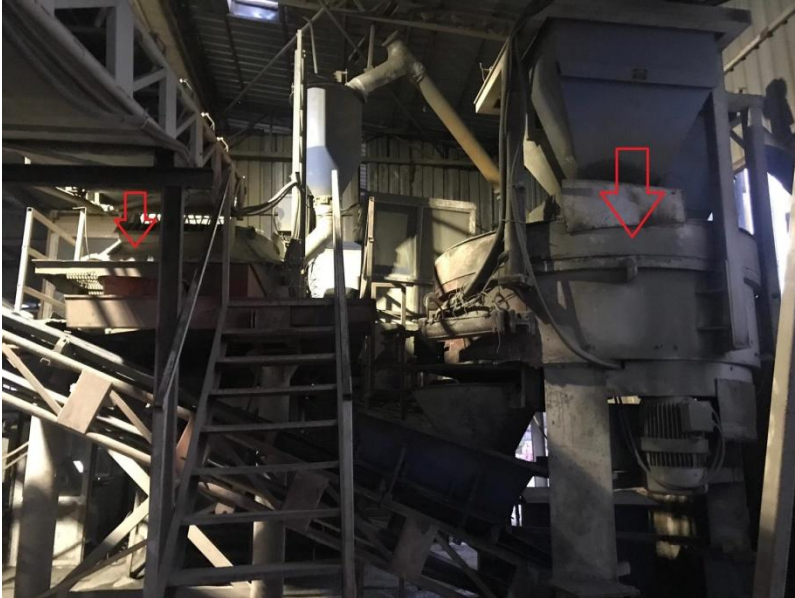


Şekil 1. Beton parkelerin üretim şeması (Çevretek, 2013).



Şekil 2. Parke üretim tesisinde agrega haznelerinin görüntüsü

Şekil 2’de bir parke imalat fabrikası içerisindeki agrega hazneleri görülmektedir. Depolama sahasından imalat için haznelere çeşidine göre doldurulan agregalar taşıyıcı bantlar yardımıyla karıştırıcılara taşınırlar. Agregaların taşınması sırasında siloda depolanan çimento da helezonlar sayesinde karıştırıcıya aktarılır.



Şekil 3. Parke üretim tesisinden karıştırıcıların görüntüsü

Şekil 3’ te parke fabrikasındaki karıştırıcılar görülmektedir. Şekil 3’te gösterilen sağdaki üst tabaka karıştırıcısı, soldaki ise alt tabakanın karıştırıcısıdır. Bantlardan gelen agregalar, silodan gelen çimento ve su bu karıştırıcılar yardımıyla karıştırılarak alt ve üst tabaka betonları ayrı ayrı üretilirler.



Şekil 4. Alt ve üst tabaka malzeme siloları

Karıştırıcıda hazırlanan alt tabaka ve üst tabaka betonları kalıplara basılmak üzere Şekil 4’ te görülen silolara gönderilir. Şekil 4’te sağda üst tabaka, solda alt tabaka malzeme silolarıdır.



Şekil 5. Beton parke karıştırıcısından kalıba döküm ve çıkış kısmının görüntüsü

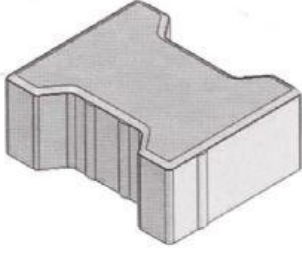
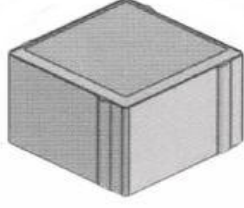
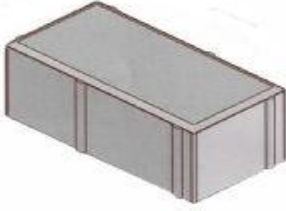
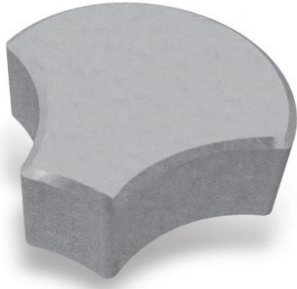
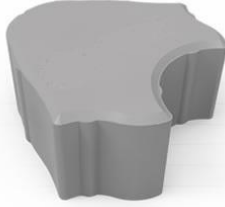
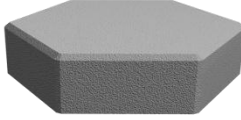
Şekil 5’te silolardaki malzemelerin metal kalıplara basıldığı ve bantlara aktarıldığı çıkış bölümü görülmektedir. Metal kalıplara basılan beton parkeler bir gün metal kalıpta bekletilip sonrasında ise bantlar üzerinden toplama robotuyla alınıp Şekil 6’da görüldüğü gibi tahta paletlere istiflenir ve fabrika sahasında kür görmek üzere depolanırlar.



Şekil 6. Toplama robotu görüntüsü

1.5. Beton Parke Çeşitleri ve Dizilim Şekilleri

Beton parkeler uygulanacağı yere göre istenilen çeşit, boyut ve renklerde tercih edilebilir. Genellikle yürüyüş yolları, parklar gibi ağır yüklerin gelmediği zeminlerde 60 mm, fazla yük etkisi altında oldukları durumlarda 80 mm veya 100 mm kalınlığında parkeler tercih edilmektedir. Fabrikalarda üretilen parkeler genellikle Şekil 7’ de gösterildiği gibi değişik çeşit ve boyutta üretilip, kilitli parke, küp parke, mantar parke, karo parke, deniz dalgası parke, petek parke gibi isimlerle adlandırılırlar (NBC Beton,2018).

	
Kilitli Parke	Küp Parke
	
Prizma Parke	Mantar parke
	
Karo Parke	Deniz Dalgası Parke
	
Ertaş Parke	Petek Parke

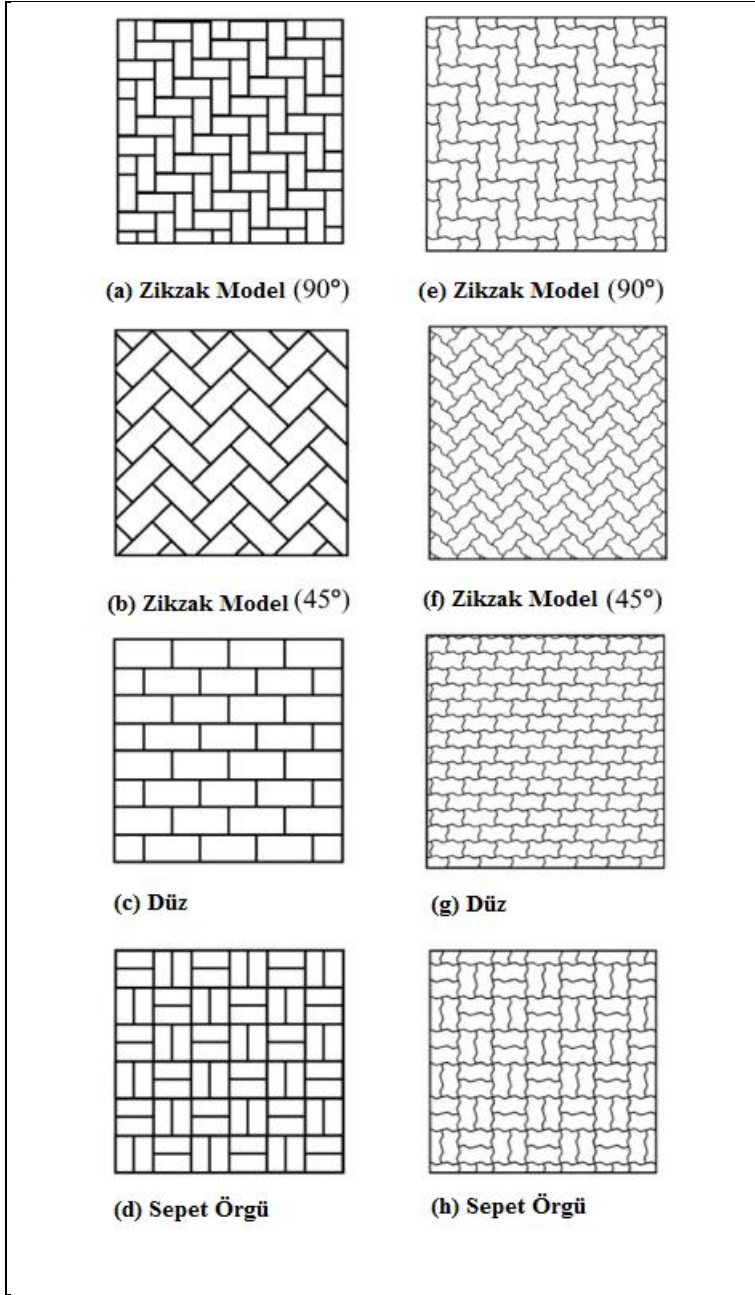
Şekil 7. Beton parke çeşitleri (URL-2, 2018)

Şekil 8’de ise renkli kilitli taşların desenli bir şekilde uygulanmış hali görülmektedir. Kum üzerine döşenen ve derz araları da kum ile doldurulan beton parkelerin bir bütün olarak davranılması istenir. Gelen yükler birinden diğerine aktarılması ve bütünlüğe zarar vermeden alt tabakalara aktarılması istenir. Beton parkelerin şekli ve dizilimi yük etkisi altındaki performanslarını etkilemektedir (Aslantaş, 2004).



Şekil 8. Renkli kilitli parke uygulaması (URL-1, 2019)

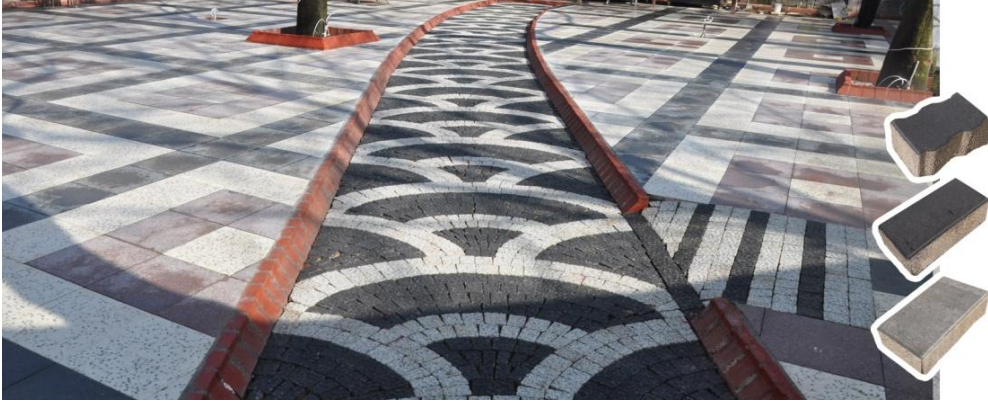
Şekil 9’da görüldüğü gibi parkeler birçok desen ve şekilde döşenebilmektedir (Jamshidi vd., 2019).



Şekil 9. Çeşitli beton parke döşeme desenleri (Jamshidi vd., 2019).

1.6. Beton Parkelerin Estetik Özellikleri

Beton parkeler üretilirken bir kalıptan çıkmaları nedeniyle taş parkelere göre daha düzgün ve aynı boyuttadırlar. Bu durum beton parkelerin sahada uygulanmasını ve parkelerin birbiriyle uyumunu kolaylaştırmaktadır. Ayrıca istenilen renk ve desende üretilebilecekleri için de bu beton parkeler kullanıldığı yerlere ayrı bir görünüş ve estetik katmaktadır.



Şekil 10. Beton parke kaplama örneği (URL-3, 2018).

Şekil 10’da beton parke kaplaması yapılan saha görülmektedir. Şekil 10’da değişik renk ve şekildeki parkeler insanlara farklı bir görünüş sunmuştur.



Şekil 11. Sidney Opera Binası çevresi beton parke kaplamaları (URL-4, 2018).

Şekil 11’de Sidney’de opera binasının çevresinde kullanılan beton parkeleri görülmektedir. Opera binası mimari tarzı bakımından dünyada önemli mimari yapılardan biridir ve etrafında beton parkeler döşelidir. Jamshidi vd., (2016) yapmış oldukları araştırmalarda Avustralya’nın Sidney sahilinde yollara döşenen beton parke taşlarının şehrin sokaklarına kattığı estetik havanın yanında mülk fiyatlarında da ciddi oranda artışlara sebep olduğunu söylemektedir (Jamshidi vd., 2016; URL-4, 2018).

1.7. Pirit

Pirit (FeS_2) demir ve kükürtün tabiatta bulunan bir bileşimidir. Yüzde olarak, %46,6 Fe, %53,4 S içerir ve paramanyetik özellik gösterir. Çakmaktaşı gibi kıvılcım çıkarttığı için Eski Yunancada “ateş” anlamına gelen “pirus” kelimesinden dolayı adına “pirit” denilmiştir. Hidrotermal, magmatik ve sedimanter yataklarda bulunur. Kübik sistemde kristallenir. Rengi açık pirinç sarısı, grimsi kahverengi, koyu kahverengidir. Çizgi rengi siyahtır. Kenarlara paralel kombinasyon çizgileri karakteristiktir. Yoğunluğu $4,9 - 5,2 \text{ g/cm}^3$ ve sertliği 6 – 6,5’ dur (Mohs sertlik cetveline göre). Kolaylıkla ayrışarak limonit ve sülfürik asite (H_2SO_4) dönüşür ve daha çok sülfürik asit üretiminde kullanılır. Elektriği zayıf iletir, üfleçte manyetik damlalar oluşturur, nitrik asitte çözünür, HCl’de çözünmezler (URL-5, 2018; URL-6, 2018).



Şekil 12. Pirit madeni (URL-5, 2018).

Şekil 12’de mineral hali görülen pirit Türkiye’de Artvin Murgul, Kastamonu Küre, Denizli Tavas, Elazığ Ergani, Giresun Espiye Tirebolu, Trabzon Sürmene Yomra, Ordu Fatsa ve Siirt Şirvan Madenköy’de yatakları vardır. Dünyada İspanya, Norveç, Almanya, İsveç, ABD, İtalya ve Japonya’da işletilir önemli yataklar vardır (URL-5, 2018).

1.8. Korunt

Refrakter bir malzeme olan koruntun tarihinin, refrakter malzemelere duyulan ihtiyacın ateşin bulunuşu ile ortaya çıktığını ve bir anlamda tarihinin uygarlık tarihi kadar eski olduğunu söyleyenebilir. Etimolojik olarak ‘kurunt’ Hintçe’de yerel bir taşı ifade etmektedir. İdeal bileşiminde % 52.9 Al ile % 47.1 O₂ ve eser miktarda Fe⁺³, Ti, ve Cr içermektedir. Trigonal sistemde kristalleşmesine rağmen, genellikle hekzagonal şekilli düzgün yüzeyli kristaller halinde bulunmaktadır. Çoğunlukla gri, bazen pembe, bronz, kırmızı ve yeşil renklerde kıymetli taş olarak da bulunmaktadır. Yoğunluğu 3.9-4.1 g/cm³ arasında değişmektedir. Sertliği ise 9 (Moh’s sertlik cetveline göre) olup, elmadan sonra en sert mineral olarak bilinmektedir. Ergime noktası 1950⁰C olup, Ca(HSO₄)₂ dışındaki asitlerden etkilenmez. Korunt’un tipik kimyasal bileşimi; %86,55 Al₂O₃, %7,56 SiO₂, %2,88 TiO₂, %0,45 Fe₂O₃, %0,14 Na₂O, %0,98 MgO, %1,12 Cr₂O₃, %0,32 CaO olup, ortalama tane boyutu 42-4.5 µm arasında değişmektedir (URL-6, 2018).

Korunt farklı kullanım alanlarına göre boyut sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Parlatici ve yuvarlaklaştırıcı bir aşındırıcılığa sahip olan korunt, metal cilalama, orta sertlikteki metallerin yuvarlaklaştırılması ve dolgu veya aşındırma tozu olarak kullanım alanı bulmaktadır. Bunların yanında çoğunlukla kaygan olmayan zemin kaplamaları ve beton sertleştirici olmak üzere yaygın olarak kullanılmaktadır. Korunt, içerik olarak zımpara taşının yapısında %95 oranında bulunmaktadır. Korunt olarak adlandırılan α- alümina, elmadan sonra en sert yapıda olan bileşiklerden biridir. Bazı safsızlıklar ihtiva eden şekli “zımpara taşı” olarak bilinmektedir. Doğada serbest oksit halinde çok az olarak bulunur. En fazla gipsit (alüminyum trihidroksit), böhmit (alüminyum oksit hidroksit) ve diaspor (alüminyum oksit hidroksit) şeklinde bulunur ki bunlara genel olarak boksit adı verilmektedir (Çoban, 2011).

Dünyadaki en büyük korunt üreticileri Zimbabve, Güney Afrika, Hindistan ve Eski Sovyetler Birliği olarak bilinmektedir. Koruntun üretim ve tüketim bakımından dünya genelinde önemini kaybetmesine bağlı olarak günümüzde ABD’de korunt üretimi yapılmamaktadır. Yine ABD’de zımpara taşı üretimi sadece Oregon Emery Co. tarafından gerçekleştirilmekte, tüketicinin çoğu Türkiye ve Yunanistan’dan

gerçekleştirilen ithalatla karşılanmaktadır. Türkiye dünyadaki en büyük zımpara rezervlerini elinde bulundurmaktadır. Türkiye'nin ardından ABD ve Yunanistan gelmektedir (URL-8, 2018).

1.9. Yüksek Su tutucu Polimer

Polimerler, uygun şartlarda farklı birimlerle birleşerek, büyük moleküllerin oluşmasına yatkın basit moleküllerin reaksiyonu ile oluşan moleküllerdir (Bal,1998).

Yapay polimerler hakkındaki ilk çalışmalar 1839 yılında doğal kauçuğun vulkanizasyonunun Gooyer, Mc Intosh ve Hancock tarafından yapılması ve aynı yıllarda Sitirenin Simon tarafından üretilmesi ile başlamıştır. 1863 yılında sellüloit, 1907 yılında formal-dehit (bakalit), 1910 selüloz asetat ve 1920'lerde çeşitlilik hızlanarak günümüze kadar artmış ve artmaktadır. Büyük molekülü hidrokarbonlar polimerlerin temelini oluşturmaktadır. Temel yapılarında karbon ve hidrojen atomları bulunmaktadır. Polimer, çok anlamına gelen 'poli' ve birim molekül anlamına gelen 'mer' kelimelerinden oluşur. Polimerler hemen hemen hayatımızın her yerinde vazgeçilmezi haline gelmiştir. İnşaat sektöründe ise yaygın bir şekilde kullanılan polimerlerin betonda kullanımı eskilere dayanır. Doğal formlarda kullanım olarak İsa'dan öncelere kadar dayanır (M.Ö.2500-2100). Çin Seddi'nin yapımında ise kireç bağlayıcı malzeme olarak (M.Ö.221) kullanılan doğal polimerler 1909 yıllarında yapay polimerlere yerini bırakarak beton teknolojisinde yerini almaya başlamıştır. Polimerler günümüzde artık çok çeşitli olduğu için ortaya çıkarılacak ürüne hangi özelliği katmak istiyorsak o özellikteki yapay polimerleri seçip kullanmak mümkündür (Tonyalı, 2001).

Polimer zincirleri doğrusal olabildiği gibi zincirli yapıda da olabilir, bu durumda ana zincirden yan dallar ayrılır. Bu dallar da başka ana zincirlere bağlanırsa oluşan bu polimerlere çapraz bağlı polimerler denir. Çapraz bağlı polimerler hiçbir solventte çözünmezler ancak sıvıları emerek şişerler ve bir jel oluştururlar (Pişkin, 2010). Deneylerde kullanılan su tutucu polimer de Şekil 13'te görüldüğü gibi su ile temasından sonra suyu emerek, hacimce genişleyerek jel kıvamına gelip şişmiştir.



Şekil 13. Yüksek su tutucu polimer ve su karışımı

1995 yılından itibaren aktif olarak kullanılan PAM (Poliakrilamid) üzerinde yapılan araştırmalarda PAM' ın cilt ve göz kaşınmasından başka önemli bir olumsuz etkisinin olmamasına rağmen kullanılırken solumamak için filtreli maskelerin kullanılması gerektiği önerilmektedir. Su tutucu özelliklerinden ve suda aşırı şişmelerinden dolayı depolanmalarına dikkat edilmelidir ayrıca çok kaygan özellik gösterirler (Efe, 2010).

1.10. Literatür Özeti

Mikrodalga kür ve hava sürükleyici uygulanmış betonun donma- çözünme direnci üzerine yapılan bir çalışmada, mikrodalga kür yöntemiyle kürlenmiş beton, normal kür yöntemiyle kürlenmiş betona kıyasla erken basınç dayanımında daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. Ancak 14 günlük basınç dayanımı normal kürde daha fazladır. Mikrodalga kür beton numunelerde hava içeriğini, gözenek ebadını ve gözenek çapını aynı anda arttırabilir. Yüksek su/çimento oranına sahip betonda donma- çözünme dayanıklılığında ve basınç dayanımında bir azalma görülmüştür (Pheeraphan ve Leung, 1997).

Bazı polimerlerin harçlarda kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir diğer çalışmada altı farklı polimer kullanılmıştır ve çimento ağırlığına bağlı olarak %2, %5, %10, %15 oranlarında arttırılmıştır. Su/ çimento oranı sabit 0.40 ve çimento dozajı PÇ 42.5 300 kg/m³ olarak numuneler üretilmiştir. 28 günlük basınç dayanımlarında polimer oranının artışıyla azalma tespit edildi. Optimum karışım miktarı %2'lik karışım olarak belirlenmekle birlikte yapılan çalışmada ilk 3 günlük basınç dayanımlarında polimer katkılı numunelerin katkısız numunelerin 28 günlük basınç dayanımına göre yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. Yarmada çekme dayanımında da optimum miktar olarak %2'lik karışım belirlenmiştir. En fazla yarmada çekme dayanımını Sika- Latex denilen polimer katkılı beton 2.83 MPa olarak vermiştir. Deney sonuçları basınç dayanımı ile büyük ölçüde paralellik göstermiştir. Aşınma deneylerinde polimer katkılı betonların aşınma dayanımları, katkısız numuneden fazla olarak görülmüştür. İdeal karışım oranı % 2 olarak tespit edilmiş ve katkı miktarı arttıkça aşınma dayanımında azalma görülmüştür. Donma çözülme deneyleri 10 ve 20 periyot şeklinde yapılmış olup bu deneyler de kendi arasında paralellik göstermiştir. %2'lik karışımın kütle kayıpları kontrol numunesine göre çok düşük olarak tespit edilmiştir. Ancak polimer miktarındaki artış ile kütle kayıpları artmakta olduğu da tespit edilmiştir (Bal, 1998).

Betonun gözenek yapısı ve donma-çözünme dayanımı arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada soğuk bölgelerde betonun donma çözünme dayanımına göre tasarım yapılmasının, hizmet ömrü ve bakımı açısından çok önemli olduğu üzerine durulmuştur. Özellikle beton parkeler ve yollar sürekli yük ve aşınma etkisinde olduğu için donma- çözünme dayanımı tasarım için önemli bir detaydır. Beton gözeneklerinin hacmi, yarıçapı, dağılımı ile donma-çözünme arasında yakın bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Cai ve Liu, 1998).

Yüksek mukavemetli betonlarda yük ve donma-çözünme etkisiyle oluşan hasar üzerine yapılan bir çalışmada, beton sınıfı C40, C50, C60, C80 olan betonlardaki deneyler sonucunda beton kalitesi arttıkça donma- çözülme hasarlarının azaldığı görülmüştür. (Sun vd., 1999)

Soğuk bölgelerdeki betonların yüzeylerinde meydana gelen bozulmaların çoğu donma çözünmeye bağlı kopmaların meydana gelmesi ile oluşur. Beton yüzeyinden

kopan bu parçaların zamanla artması ile beton donatılarının su ile teması sonucu da donatı korozyonu kaçınılmaz olur. Bir hücrede su muhtevası kritik nem içeriğini geçtiğinde hasar meydana gelir. Art arda gerçekleşen donma-çözünme döngüleri ile birlikte hücrede artan tahribatlar sonucu makroskopik don hasarları meydana gelir. Büyük oranda nem mekaniği problemi olan don direnci, mikroyapı düzeyinde ısı ve nem taşınımının ortak etkisinin farkına varıldığında çözüm üzerine konuşulabilir (Şahin, 2003).

Su tutucu polimerler ile yapılan spektrum analizi ve termal analiz deneylerinde su tutucu polimer olan PAM'ın (poliakrilamid) agrega ve çimento arasındaki geçiş bölgesinin fiziksel yapısını değiştirdiği görüldü. PAM / çimento oranının % 8 oranında olduğunda agrega-çimento ara yüzündeki zayıf bağlantı büyük oranda ortadan kalktı. Mikro çatlak ve açıklıklar giderildi. PAM'ın $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kristalinin miktarını, boyutunu ve özel dağılımını değiştirerek agrega-çimento arayüzündeki yapışma kuvvetini arttırdığı deneylerde tespit edildi. Yine yapılan deneylerde PAM ilavesinin belirli oranlarda betonun fiziksel özelliklerini değiştirdiği görülmüştür. Eğilme dayanımını, arayüz bağlanma dayanımını, basınç dayanımını, yorulma ömrünü etkili bir şekilde iyileştirdiği belirlenmiştir (Sun vd., 2008).

Beton yüzeylerde meydana gelen aşınma, başka bir cismin yüzeye olan mekanik temasından dolayı veya donma çözünmeye bağlı olarak gerçekleşebilmektedir. Bu bazen bir anda olmakla birlikte genellikle zamanla, yavaş yavaş gerçekleşir. Sonuç olarak beton yüzeyde meydana gelen bozulmalar, yüzeyin amacına uygun hizmet etmesini engelleyici niteliktedir. Bozuk yüzeyler üzerinde yapılan işin çeşidine göre güvenlik açısından önemli riskler oluşturmakla beraber, bakım maliyet artışı, üzerinde kullanılan araca verdiği deformasyon ve sürekli onarım süreci gerektirmesi ile de iş aksaklıklarına sebep olmaktadır. Betonun içerisinde bulunan iri agrega ve ince agrega yüzeyin aşınma direncine doğrudan etki edeceğinden dolayı agrega seçimi önemli oranda aşınma direncini etkileyecektir (Karpuz ve Akpınar, 2009).

Kalker ve bazalt ince agregasını hacimce % 57 kaba, %43 ince agrega kullanarak 0.40 su/ çimento oranı, 4 kg akışkanlaştırıcı, 400 kg/ m^3 CEMI 42.5 R çimento kullanarak yapılan kaplama betonlarının deneylerinde 28 günlük ortalama basınç

dayanımlarını sırasıyla kalker katkılıda 64,6 MPa, kalker+ bazalt katkılıda 64,2 MPa, bazalt katkılı kaplama betonunda ise 63,6 MPa olarak tespit etmişlerdir (Karpuz ve Akpınar, 2009).

Aşınma direnci yüksek olan malzemelerin beton yollarda ve beton parkelerin imalatında kullanılması tozmayı, parçalanmayı daha çok önleyeceği gibi hizmet süresini de arttıracaktır. Bu malzemelerin imalatıta kullanılacak boyutlara getirilmesi için konkasör tesislerinde işlenirken aşınma dirençleri yüksek olduğundan dolayı, mekanik aksamalarda daha fazla aşınma ve yıpranmaya sebep olacaklardır. Bu da doğrudan maliyete etki etmektedir. Beton yüzeylerde aşınma ve tozumaya daha çok üst tabaka maruz kaldığı için ve bu tabakada da ince agrega ve çimento hamuru daha fazla bulunduğundan beton parke ve yolların üst tabakasında aşınma direnci yüksek malzemelerin ince agrega şeklinde kullanımı ve iki tabaka halinde imal edilmesi maliyet noktasında katkı sağlayacaktır. Ayrıca aşınmaya üst tabakanın maruz kalmasından dolayı araştırma yapılan malzeme ile ilgili deneylerin de bu yüzey üzerinde yapılması yeterli olacaktır (Karpuz ve Akpınar, 2009).

Polimer katkılı betonların mekanik ve durabilite özellikleri üzerine yapılan çalışmalarda, geleneksel beton ile aynı karışıma %5 oranında polimer ilavesi yaparak beton numuneler üretmişlerdir. Çalışmada polimer (non- iyonik karboksile edilmiş stiren butadien kopolimer lateks) ilave edilerek taze betonda işlenebilirlik artmıştır. Basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve (E) elastisite modülü katkısız beton numunelere göre düşmüştür. Polimer katkılı betonların donma-çözünme ve ıslanma- kuruma etkisine karşı direnci ise 25 çevrim sonucunda katkısız betona göre daha yüksek elde edilmiştir (Bideci, 2011).

Beton parke taşları günümüzde park, bahçe, sokaklarda kullanılabildiği gibi aşırı yüklerin etkisi altında olan depolama alanları, havaalanları, fabrikalarda da kullanılabilmektedir. Bu gelen yüklere, maruz kaldıkları aşınmalara, iklim koşullarına karşı üretilen beton parkeler için min. sağlamaları gereken basınç dayanımları, yarmada çekme dayanımları, aşınma dirençleri, donma- çözülme değerleri standartlar ile belirlenmiştir. BS 6717 (British Standard) standardına göre min. 49 MPa basınç dayanımını elde etmek için 380 kg/ m³ çimento dozajı ile malzeme üretimine ihtiyaç

duyulduğunu belirtmektedir. Ghafoori ve Mathis ise ASTM şartnamesindeki donma çözülme değerlerini karşılamak için 395 kg/ m^3 çimento dozajı önermiştir. Soutsos vd., 2011 yılında beton parke taşları için geri dönüşümlü agregaya kullanarak yapmış oldukları deneylerde duvardan geri dönüştürülmüş agregaya kısaca RMA, betondan geri dönüştürülmüş agregaya RCA demişlerdir. Deneylerde 380 kg/ m^3 dozajında CEM-I 42.5 çimento kullanılmıştır. Su çimento oranı 0.40' tan az olacak şekilde numuneler üretilmiştir. Deneylerde ince ve kaba agregaya yerine yüzde olarak ne kadar RMA ve RCA ile değişim yapıldığında şartnamedeki minimum değerler olan 49 MPa basınç dayanımı ve 3,6 MPa yarmada çekme dayanımı ve %6 maksimum su emme değerlerinin sağlandığının tespiti yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda; betondan geri dönüştürülmüş agregada (RCA) kaba agregaya değişim oranları, basınç ve yarmada çekme dayanımı için %60, su emme standardı için %55, ince agregaya değişim oranları basınç ve yarmada çekme dayanımı için %60, su emme standardı için %25 e kadar sağlanmıştır. Duvardan geri dönüştürülmüş agregada ise (RMA), kaba agregaya değişim oranları, basınç ve yarmada çekme dayanımı için %60, su emme standardı için %55, ince agregaya değişim oranları basınç ve yarmada çekme dayanımı için %40, su emme standardı için %20' ye kadar sağlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda ayrıca geri dönüştürülmüş malzemenin yüksek su emme özelliği görülmüştür (Soutsos vd., 2011).

Atık mermer katkılı beton parkeler ile yapılan deneylerde mermer katkısı %0, %10, %20, %30, 40 oranlarında arttırılmıştır. CEM-II 42.5 N çimento 400 kg/ m^3 dozajında, su/ çimento oranı 0.40- 0.55 arasında (mermer atık oranı arttıkça su isteği karışımında artmıştır), agregaya/ çimento oranı 4.5 olacak şekilde numuneler hazırlanmıştır. 28 gün kürde bekletilmiş numunelerin deney sonuçlarında, atık mermer oranı arttıkça basınç dayanımı azalmıştır. En fazla 52 MPa, en az 42 MPa seviyelerinde değerler alınmıştır. Yarmada çekme dayanımları da atık mermer oranı arttıkça azalmaktadır. En fazla %10'luk karışımında 5.2 MPa değeri alınmıştır. Su emme değeri, mermer atık oranı arttıkça azalmaktadır. En fazla %10'luk karışımında %5 değerleri görülmüştür. Aşınma kayıp değerleri de $X \text{ cm}^3/ 50 \text{ cm}^2$ olarak ölçülmüş ve mermer atık katkısı oranı arttıkça aşınma miktarı azalmıştır (Gencel vd., 2012).

Uygunoğlu vd., 2012 'de uçucu kül katkılı beton parkelerde yaptıkları deneylerde, %0, %10, %20 , %30 , %40 oranlarında uçucu kül arttırılmıştır. Yapılan deneylerde

ince agregası olarak kırma taş, mermer atığı ve beton atığı olmak üzere 3 çeşit ince agregası, kaba agregası olarak tek çeşit kireç taşı kullanılmış ve 3 seri şeklinde numuneler üretilmiştir. Yapılan serilerde, 0.45 su/ çimento oranı, 300 kg/ m³ CEM-I 42.5 R çimento dozajı, hacimce %40 kaba ve % 60 ince agregası kullanılarak numuneler üretilmiştir. Deney sonuçları genel olarak şu şekildedir:

*Deney yapılan üç seride en iyi sonuçları %10 uçucu kül katkılı ve kırma taş ince agregası katılan numuneler de basınç dayanımı 32,1 MPa olarak alınmıştır. Uçucu kül oranı %10'dan sonra arttıkça her seride basınç dayanımında azalma görülmüştür (Uygunoğlu vd., 2012).

*Yarmada çekme dayanımı deneylerinde ise TS 2824 EN 1338 standardına göre 28 günlük çekme dayanımı minimum 3,6 MPa olması gerekirken bu şartı, %40 uçucu kül katkılı numunelerin hepsi sınır değerin altında kalarak sağlayamamıştır. Uçucu kül oranı arttıkça yarmada çekme dayanımı bütün serilerde azalma göstermiştir. En iyi sonucu kırma taş ve mermer atığı ince agregalı %10 uçucu kül katkılı numunelerde 4,7-4,6 MPa değer aralığında olmuştur (Uygunoğlu vd., 2012).

* Su emme değerleri uçucu kül oranı arttıkça her seride artmıştır. Kırma taş katkılıda en fazla %9 iken beton atık katkılıda % 17 değerleri görülmüştür (Uygunoğlu vd., 2012).

*Dikey aşınma cihazı ile yapılan deneylerde en iyi sonuç diğer deneylerin aksine beton atık ince agregası ve % 10 uçucu kül katkılı numunelerde 18- 19 mm değerlerinde görülmüştür. En fazla aşınma ise %40 uçucu kül katkılı numunelerde kırma taş ve mermer atık agregalı numunelerde 33-34 mm olarak görülmüştür (Uygunoğlu vd., 2012).

* Donma- Çözünme deneylerinde uçucu kül oranı arttıkça dayanıklılığın azaldığı görülmüştür. Kırma taş ve mermer katkılı numunelerin %40 uçucu kül katkılı olanları hariç tüm numuneler donma çözünme deney şartlarında yeterlilik göstermiştir (Uygunoğlu vd., 2012).

Beton tasarımında ince agregaya alternatif olabilmesi ve yeni bir karışımın elde edilebilmesi için ince agreganın bir kısmı piritle karıştırılarak betonlar üretilip, piritli betonlar üzerine araştırmalar yapılmıştır. Katkısız referans beton numunelerinde basınç dayanımı 41,03 MPa iken, piritli beton numunelerinde basınç dayanımını 56,44 MPa tespit edilmiş ve piritin betonda kullanılmasının uygun olduğu yapılan çalışmalar sonucunda belirtilmiştir. Ayrıca sadece sülfürik asit üretiminde kullanılan piritin betonda kullanılması ile oluşan çevresel atık maliyetinin düşürülmesi ve taş ocağı sektörüne de katkı sağlaması, pirit madenine ayrı bir ekonomik değer katacağını belirtmişlerdir (Salguero vd., 2014).

Beton parkeler dizilmeden önce uygulanacak alana yatak kumu serilir. Bu yatak kumu ülkeden ülkeye farklılıklar gösterse de Avrupa ülkelerinde genellikle min. 50 mm sıkıştırılmış yatak kumu üzerine beton parkeler dizilir. Bu parkeler arasındaki derzlerin de mutlaka derz kumu ile sonradan doldurulması istenir. Çünkü derzler arasında dolan kum parkelerin birbirleri arasında etkileşimini arttırarak birine gelen yükü temas ettiği yüzeyler ile diğer parkelere dağıtarak yükün dağılımını ve parkenin daha uzun süre bozulmadan kullanımını sağlar. Bu derz boşlukları ideal olarak 2-4 mm arasında olmalıdır ama bazı durumlarda estetik açıdan istenirse 8 mm 'ye kadar olabilir (Hidayah vd., 2014).

Artan gelir seviyeleri ve dünyanın gelişimine bağlı olarak sokaklarda, parklarda, kaldırımlarda insanların daha temiz, düzenli, estetik ve kullanılabilir zeminlere ihtiyaç duymasına bağlı olarak yerel yönetimler tarafından da beton parke kullanımı aşırı seviyelerde artmıştır. Yollardaki yoğun araç ve yaya trafiği ile beraber de aşınma problemleri sürekli olarak karşımıza çıkmaktadır. Şüphesiz talep artışı, beton parke üretimi ve inşaat sektörünün de hızla gelişiminin bir sonucu olarak beton üretimini de arttırmaktadır. Beton üretimindeki artış ile betonda ince agrega olarak kullanılan nehir kumunun zamanla tedariki zorlaşmakta ve maliyeti de artmaktadır. Bu sebeplerden ötürü alternatif malzeme kaynakları bulmalı ve bu bulduğumuz kaynakların düşük maliyetin yanı sıra dayanıma, aşınma direncine, donma çözünmeye karşı etkileri de göz ardı edilmemelidir (Chandrappa vd., 2016).

Lin vd., 2016 yılında yaptıkları araştırmada beton parkelerin genel sıkıntıları, yatay kayma, faylanma, parke kırılması, aşınma olduğu belirtilmiştir. Yine bu çalışmalar kapsamında 48 beton parke kullanarak yapılan başka bir araştırmada ise yaşanan bu sorunların %52 oranda yatay kayma problemi olduğunu göstermektedir. Buradan hareketle beton parkelerin yatay kenetlenmesinin önemi ve dolayısıyla tasarım şekilleri de çok önemlidir. Tasarım yapılırken uygulamada ve kullanımdaki faydasını göz önünde bulundurarak kenetlenme oranını yüksek parkeler dizayn edilmelidir (Lin vd., 2016).

Piyasada üretilen beton parkeler her ne kadar basınç dayanımları yüksek olsa da gelen ağır trafik yükleri ile parkelerde çatlak ve kırılmalar meydana gelmektedir. Bu sorunları minimize etmek ve ortadan kaldırmak için ayrıca beton parkelerde dayanıklılık ve eğilme dayanımını da iyileştirmek gerekir. Bu iyileştirmeleri yapmak için de mevcut geleneksel beton karışımlarına yeni malzemeler ilave etmek veya mevcut kullanılan malzemeleri daha iyi sonuçlar verecek alternatifleri ile değiştirilmelidir (Murugan vd., 2016).

Mineral toz katkılı betonların aşınma dayanımı üzerine yapılan bir çalışmada, 3 çeşit olmak üzere kuvars, bazalt ve kuvars- feldispat tozu kullanılmıştır. Çimento olarak CEM-I 42.5 R ve karışımlardaki toz katkıları kütlece %10, %20, %30 olacak şekilde çimentonun yerine kullanılarak hazırlandı. Yapılan deneylerde, aşınma direncinin azalan numunelerde yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı azaldığı tespit edilmiştir. Ancak aşınma direnci azaldığında porozite ve emicilik değerleri artmıştır. Düşük mukavemet değerine sahip, emiciliği fazla, fazla gözenek yapısında olan betonların aşınma dirençleri zayıftır (Popek vd., 2016).

Agrega büyüklüğü ve miktarı, karışım oranı, beton mukavemeti betonun dayanımına etki eden faktörler arasındadır. Ayrıca sert malzemeler veya liflerin eklenmesi de betonun aşınma direncini etkileyebilir. Günümüzde inşaat mühendisliği alanında minerolojik, puzolanik, nanoteknolojik katkıların kullanımı artık daha popüler hale gelmiştir. Yüzeydeki gözenekleri dolduran mineral tozların kullanımı aşınma direncini arttırabilmektedir (Popek vd., 2016).

Uçucu kül katkılı kaldırım betonlarında aşınma ve kayma dirençleri üzerine yapılan bir araştırmada uçucu kül çimento kütlesine %0, %10, %20, %40 oranlarda değiştirilecek numuneler üretilmiş ve deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde uçucu kül numunelerinde su/çimento oranı 0.33 olarak alınmış, çimento olarak da CEM-1 42.5 çimento %0 karışımında 334 kg/ m³ (uçucu kül oranına göre değişmiştir.) dozajında kullanılmıştır. Deneyler sonucunda aşınma direnci azaldıkça pandül test cihazı kayma değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Örnek verecek olursak, %20 uçucu kül katkılı kuru numunede ortalama aşınma alanı 40 mm² iken pandül test cihazı kayma katsayısı 67, ortalama aşınma alanı 55 mm² iken pandül test cihazı kayma katsayısı 58 olduğu görülmektedir (Yoshitake vd., 2016).

Yapılarda kullanılan taşların aşınma dirençlerinin belirlenmesinde dikey aşınma testinin referans olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada, dikey aşınma deneyi, böhme yatay aşınma deneyi ve porozite arasında bir bağıntı kurulmak istenmiş ve deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda bu test yöntemleri arasında referans olabilecek denklemler üretilirken, beton yollarda ve kaplama malzemesi olarak doğal taşların kullanımı durumunda aşınma dirençlerinin tayininin önemi üzerinde ayrıca durulmuştur. Bir malzemenin porozite değeri arttıkça, böhme ve dikey aşınma cihazı ile yapılan deneyler göstermiştir ki malzemenin aşınma direnci azalmıştır. Schmidt test çekici değerleri arttıkça da aşınma dirençleri artmıştır. Malzemenin dayanımı arttıkça da aşınma direnci artmıştır. Bu deneyler de gösteriyor ki malzemenin kalitesi arttıkça aşınma direnci de artar (Çobanoğlu ve Çelik, 2017).

Betonda liç, don etkisi ve yüzey aşınmaları üzerine yapılan bir çalışmada, betonun su ile temas halinde olan yüzeyinin donma çözülme etkisi ile kademeli olarak parçalandığı, yüzeyinde dökülmelerin meydana geldiği görülmüştür. Hatta bu parçalanmaların donma çözülme maruz kalma süresinin artması ve zamanla beton donatılarına kadar ilerleyebilir ve donatı korozyonuna sebebiyet verebilir. Beton yüzeyi mekanik yüklere ve aşınmaya da maruz kalıyorsa bu bozulmaların artışına ve hızlanmasına sebep olur (Rosenqvist vd., 2017).

Fırın cürufu içeren beton blokların fiziko-mekanik ve dayanıklılık özellikleri üzerine yapılan çalışmada CEM-I 42.5 N sınıfı çimento kontrol numunesinde 600 kg/m³

dozajında uygulanmış, diğer numunelerde kütlece %10, %20, %40, %60 oranında fırın cürufu ile değiştirilmiş ve bir seride de kontrol numunesine ilave %20 olarak fırın cürufu kullanılmıştır. Su/ çimento oranı değişkenlik gösterip kontrol numunesinde 0.193 iken çimento ile %60 fırın cürufu değişimli numunede 0.60 değerlerine kadar çıkmıştır. Agregaya yerine 625 kg/ m³ ezilmiş dolomit ve 1125 kg/ m³ dozajında kum kullanılmıştır. 28 günlük basınç dayanımı deneyleri sonucunda kontrol numunesinin basınç dayanımı 62,3 MPa iken, %60 fırın cürufu değişimli numunede 46,2 MPa değerine kadar düşmüştür ancak çimento kütlece %20 ilave edilmiş numunede basınç dayanımı 65,9 MPa seviyelerine çıkmıştır. Yarmada çekme dayanımında da aynı durum söz konusudur. Kontrol numunesinde 4,71 MPa değeri görülürken, %60 değişimliye kadar 3,63 MPa değerlerine düşmüştür fakat %20 ilaveli numunede 5,11 MPa seviyesine çıkmıştır. Deneyler sonucunda görülmüştür ki; Fırın cürufu miktarı çimento kütlece oranla artarak değiştirildiğinde mekanik özelliklerde durum kötüye giderken %20 ilave edildiğinde mekanik özellikleri iyileştirici sonuç alınmıştır (Sadek vd., 2017).

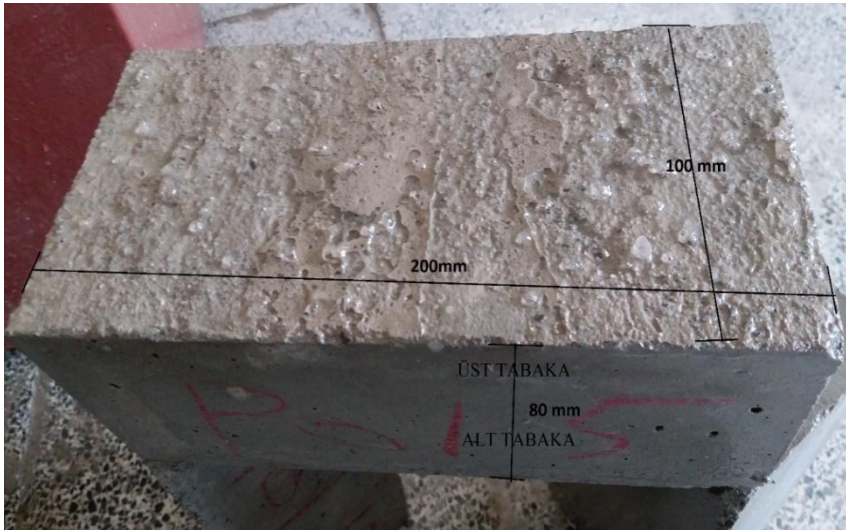
Nüfus artışı ve hızlı kentleşme, binalar, yollar, kentsel kamu alanları vb. pek çok sektörde kitlesel altyapı geliştirilmesine yol açmıştır. Ancak, insan konforuna ve kaldırım bloklarının çevresel sürdürülebilirliğine az önem verilmiştir (Udawattha vd., 2017).

Doğal taşların sürtünme katsayılarını (COF) belirleyerek yüzey özelliklerinin kayma güvenlik risk analizi üzerine yapılan çalışmada; 15 farklı doğal taşın yüzeyleri cilalı, eskitilmiş, honlu, patinatolu olarak kuru ve ıslak şartlarda eğik düzlem yöntemi ve pandül test cihazı ile sürtünme katsayıları belirlenmiştir. Yapılan çalışma ve pandül test deneyleri sonucunda, ıslak ortamlarda doğal taşların COF değerleri azalacağı için özellikle de cilalı yüzeylerde kayma riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kuru ortamlarda bütün doğal taşların COF değerleri yüksek çıktığı için kullanımlarında bir sakınca yoktur. Islak ortamlarda doğal taş kullanımı zorunlu ise yüzeylerin eskitme yöntemi uygulanarak kullanımı daha güvenli olacaktır (Coşkun ve Sarıışık, 2017).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada TS 2824 EN 1338 standardına uygun parkeler üretildi. Parkelerin alt tabakası ve üst tabakasında farklı granülometriye sahip agregalar kullanıldı. Parkelerin üst tabakasında kullanılan agrega alt tabakada kullanılan agregadan daha incedir. Bu çalışmada üretilen beton kaplama bloklarının (parkelerinin) üst tabakasında (yüzey tabakası) kullanılan agregaya piritli agrega, korunt içeriğine sahip yüzey sertleştirici ve yüksek miktarda su emme özelliğine sahip polimer katılarak üretildi. Parkeler üst tabakasında kullanılan agrega cinsi ve farklı malzemelere göre katkısız, piritli, koruntlu ve polimerli olmak üzere isimlendirildi. Bu çalışmadaki katkısız parke olarak bahsedilen parkeler üst tabakasında sadece agrega kullanılan parkelerdir. Piritli parkeler ise üst tabakasında katkısız parkelerdeki agrega ile pirit içeriğine sahip agreganın belli oranlarda karışımdan oluşturulan agrega ile üretilmiş parkelerdir. Koruntlu parkeler, piyasada korunt esaslı yüzey sertleştirici adı altında satılan ürünün kullanım kılavuzunda belirtilen miktarlarda parkelerin üst tabakasına tatbik edilmesiyle üretilen parkelerdir. Polimerli parkeler üst tabakasında yüksek su emme özelliğine sahip polimer kullanılarak üretilen parkelerdir.

Piritli, koruntlu polimerli ve katkısız parkelerin yüzey aşınma direnci, su emme değeri, yarmada çekme dayanımı ve yüzey sertliği TS 2824 EN 1338 standardında belirtilen deney yöntemlerine göre ölçüldü.



Şekil 14. Laboratuvarda üretilen parke görüntüsü

Şekil 14’te laboratuvarda üretilen parkelerden bir tanesi görülmektedir. Şekil 14’te görülen parkenin ve diğer üretilen parkelerin boyutları 200x100x80 mm ebadındadır. Şekil 14’te parkenin üstünde alt tabaka ve üst tabaka olarak yazılmış kısımların betonları farklı tip agregayla tasarlanmıştır. Parkeler üretilirken ilk önce alt tabaka betonları dökülüp kalıbına yerleştirilmiş sonrasında ise alt tabaka betonu priz almadan üst tabaka betonu dökülmüştür. Şekil 15’te görülen tepsilerde tane büyüklüklerine göre istiflenen agregalar parke betonu karışım hesaplarında belirlenen oranlarda parke betonunda kullanılmışlardır.



Şekil 15. Kullanılan agrega çeşitleri ve çeneli kırıcı

Üretilen bütün parkeler Şekil 16’da görülen numune kalıbıyla titreşimli masalar kullanılarak kalıplanmışlardır.



Şekil 16. Parkelerin üretiminde kullanılan kalıp görüntüsü

Şekil 16’da görülen ve parkelerin üretiminde kullanılan kalıplar sekiz gözlüdür ve alt kısımları numunelerin zarar görmeden, kolayca çıkarılabilmesi için kilitlenip açılabilir. Bu çalışma için kalıplar plywood malzemesinden imal edilmiştir.

Şekil 17’de beton karıştırıcı ve kalıplara yerleştirilmiş beton parkeler görülmektedir. Elek analizleri, özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapıldıktan sonra parke betonu tasarımı alt tabaka ve üst tabaka için ayrı ayrı yapıldı. Şekil 17’de görülen pan tipi karıştırıcıda parke betonları karıştırıldıktan sonra kalıplara yerleştirilmiştir.



Şekil 17. Karıştırıcı ve kalıplara yerleştirilen numuneler

Şekil 18’de görüldüğü gibi beton parkeler 28 gün boyunca kür havuzunda kirece doygun suda bekletildiler.



Şekil 18. Kür havuzunda bekletilen numuneler

2.1. Çalışmada Kullanılan Agregaların Özellikleri

Parkelerin alt ve üst tabaka betonlarında iki farklı granülometriye ve mineralojik özelliğe sahip agregalar kullanılmıştır. Tablo 1’de elekten geçen yüzdeleri görülen agrega parkelerin alt tabaka betonlarında, Tablo 2’de elekten geçen yüzdeleri görülen agrega ise parkelerin üst tabaka betonlarında kullanılmıştır. Tablo 1 ve Tablo 2’deki agrega ile üretilen parkelerden çalışmada katkısız parkeler olarak bahsedilmektedir. Piritli parkeler, parkelerin sadece üst tabaka betonlarında Tablo 2’de elekten geçen yüzdesi görülen agrega ile bu agrega kütlelerinde %10, %20, %30 ve %40 oranlarında azalma yapıp azalan kütle yerine piritli agrega ikame edilerek üretilmiştir. Piyasada korunt esaslı yüzey sertleştirici olarak satılan bir üründe kullanım kılavuzunda belirtilen miktar ve uygulama tarifine göre parkelerin üst tabakasına tatbik edilerek koruntlu parkeler üretilmiştir. Polimerli parkelerde ise parke üst tabakasına yüksek su emme özelliğine sahip toz haline getirilmiş polimerin kullanılmasıyla üretildiler. Böylelikle üst tabakası farklı olarak üretilmiş katkısız, piritli, koruntlu ve polimerli olmak üzere dört farklı grup parkeler elde edilmiştir.

Tablo 1. Parkelerin alt tabakasında kullanılan agreganın elekten geçen yüzdeleri ve TS802’deki Dmax=16 mm için yüzde geçen değerleri

Elek Gözü	Karışım Elekten	A16	B16	C16
Açıklığı (mm)	Geçen (%)			
16,00	100,0	100	100	100
8,00	72,3	60	76	88
4,00	50,1	36	56	74
2,00	34,3	21	42	62
1,00	23,4	12	32	49
0,50	16,9	7	20	34
0,25	11,6	3	8	18
Kap	0	0	0	0

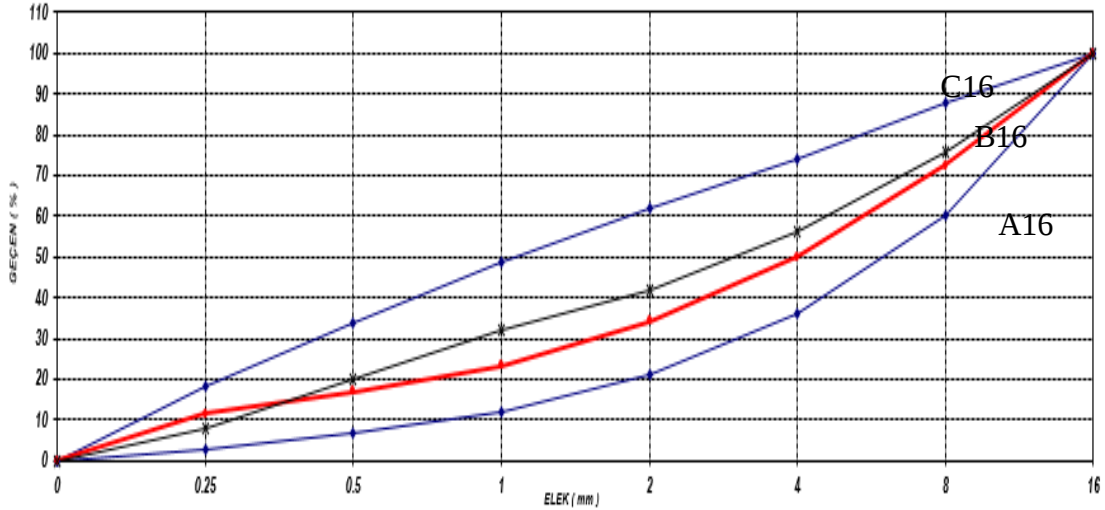
Tablo 1’de görüldüğü gibi parkelerin alt tabaka betonunda kullanılan agreganın maksimum tane çapı 16 mm’ dir.

Tablo 2. Parkelerin üst tabakasında kullanılan agreganın elekten geçen yüzdeleri ve TS802'deki Dmax=8 mm için yüzde geçen değerleri

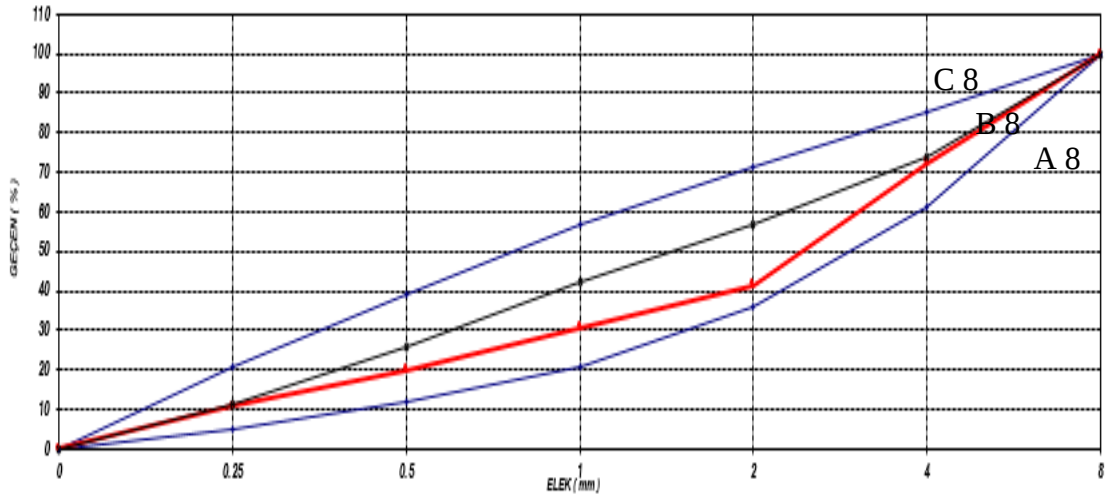
Elek Gözü Açıklığı (mm)	Karışım Elekten Geçen (%)	A8	B8	C8
8,00	100,0	100	100	100
4,00	72,3	61	74	85
2,00	41,5	36	57	71
1,00	30,5	21	42	57
0,50	20,1	12	26	39
0,25	10,6	5	11	21
Kap	0	0	0	0

Tablo 2’de görüldüğü gibi parkelerin üst tabaka betonunda kullanılan agreganın maksimum tane çapı 8 mm’dir.

Parkelerin alt tabakasında kullanılan agreganın granülometri eğrisi Şekil 19’da A16 ve B16 eğrileri arasında görülmektedir. Yatay eksen elek göz açıklığını (mm), dikey eksen ise elekten geçen malzeme yüzdesini göstermektedir.



Şekil 19. Parkelerin alt tabakasında kullanılan agreganın granülometri eğrisi



Şekil 20. Parkenin üst tabaka betonunda kullanılan agreganın granülometri eğrisi

Şekil 20’de A8 ile B8 arasında görülen granülometri eğrisi parkelerin üst tabaka betonunda kullanılan agregaya aittir. Şekil 20’de granülometri eğrisi görülen agrega katkısız betonların üst tabaka betonunda kullanılmıştır. Pirit, korunt ve polimerli parkeler ise Şekil 20’deki granülometriye sahip agrega ile piritli agrega, koruntlu yüzey sertleştirici ve yüksek su emme özelliğine sahip polimer karıştırılarak üretilmişlerdir. Piritli agrega ve korunt esaslı yüzey sertleştiricisinin eleklerden % geçen değerleri Tablo 3’teki gibidir.

Tablo 3. Piritli agrega ve korunt esaslı yüzey sertleştiricisinin eleklerden geçen (%) değerleri

Elek Gözü Açıklığı (mm)	Piritli Agreganın Elekten Geçen (%)	Korunt Esaslı Yüzey Sertleştirici Elekten Geçen (%)
8,00	100	100
4,00	84,13	100
2,00	58,44	97,52
1,00	31,18	71,64
0,5	19,38	38,51
0,25	7,66	33,13
Kap	0	0

Tablo 4’te çalışmada kullanılan agregaların özgül ağırlıkları ve su emme değerleri görülmektedir. Tablo 4’teki alt tabaka ve üst tabaka agregası dört farklı inceliğe sahip agregaların karıştırılmasından elde edildiler. Piritli agregası ise Tablo 4’teki İri 1 ve İnce 1 olarak gösterilen iki agreganın karışımından oluşmaktadır.

Tablo 4. Parkenin alt ve üst tabaka betonlarında kullanılan agregaların ve piritli agreganın özgül ağırlık ve su emme değerleri

Alt Tabaka Agregası	İri 1	İri 2	İnce 1	İnce 2
Özgül Ağırlık (g/cm³)	2,72	2,71	2,47	2,41
Su Emme (%)	1,27	0,89	3,74	7,06
Üst Tabaka Agregası	İri 1	İri 2	İnce 1	İnce 2
Özgül Ağırlık (g/cm³)	2,99	2,59	2,55	2,46
Su Emme (%)	4,2	2,72	4,63	2,94
Piritli Agregası	İri 1	-	İnce 1	-
Özgül Ağırlık (g/cm³)	2,79	-	2,51	-
Su Emme (%)	2,3	-	3,43	-

2.2. Parkelerde Kullanılan Beton Dizaynı

Tablo 5’te karışıma giren malzeme miktarlarına göre parkelerin betonları üretildiler. Parkelerde CEM I 42,5 R sınıfı çimento kullanıldı.

Tablo 5. 1 m³ için parke betonlarında kullanılan malzeme miktarları (kg)

	Çimento	Su	İri Agregası	İnce Agregası
Alt Tabaka	250	159	1497	405
Üst Tabaka	470	235	947	591

Piritli parkelerde katkısız parkelerin üst tabaka (yüzey betonu) betonunda kullanılan agregası miktarı %10, %20, %30 ve %40 oranında azaltıldı. Azalan kütle yerine piritli agregası ilave edilerek dört farklı grup piritli parkeler üretildiler. Koruntlu parkeler, parkelerin üst tabakasında 5 kg/ m² miktarda olacak şekilde korunt esaslı yüzey sertleştirici katılarak üretildiler. Polimerli parkeler ise parkelerin üst tabakasına su

kütlesinin %5 ve %10 oranlarında polimer katılarak üretildiler. Piritli agreganın Tablo 6'da kimyasal bileşimi ve oranları görülmektedir.

Tablo 6. Piritli agreganın kimyasal bileşimi ve oranları (%) (Yavaş, 2018).

Piritli Agreganın Kimyasal Bileşimi	Oranlar (%)
Al ₂ O ₃	3,11
BaO	0,024
CaO	0,385
Cr ₂ O ₃	0,23
Fe ₂ O ₃	12,87
K ₂ O	0,84
MgO	0,46
MnO	0,016
Na ₂ O	0,049
P ₂ O ₅	0,018
SO ₃	17,28
SiO ₂	56,9
TiO ₂	0,074
V ₂ O ₅	0,005
ZnO	0,02
ZrO ₂	0,02
Kızdırma kaybı	6,72
Toplam	99,021

2.3. Gerçekleştirilen Deneyler

2.3.1. Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma/Çözölmeye Karşı Direncin Tayini

28 gün kür uygulanan parkeler Şekil 21'deki gibi yan yüzeyleri kaplandıktan sonra yüzeyine %3 NaCl konsantrasyonuna sahip su döküldükten sonra Şekil 22'de görölen havada donma çözünme iklimlendirme kabinine donma çözünme döngüsüne maruz bırakılmıştır. 28 gün boyunca donma çözünme döngüsüne tabi tutulan parkelerde metre kareden kaybolan kütle kaybı ölçölmüştür. Böylelikle parkelerin buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma/çözölmeye karşı direnci tayin edilmiştir.



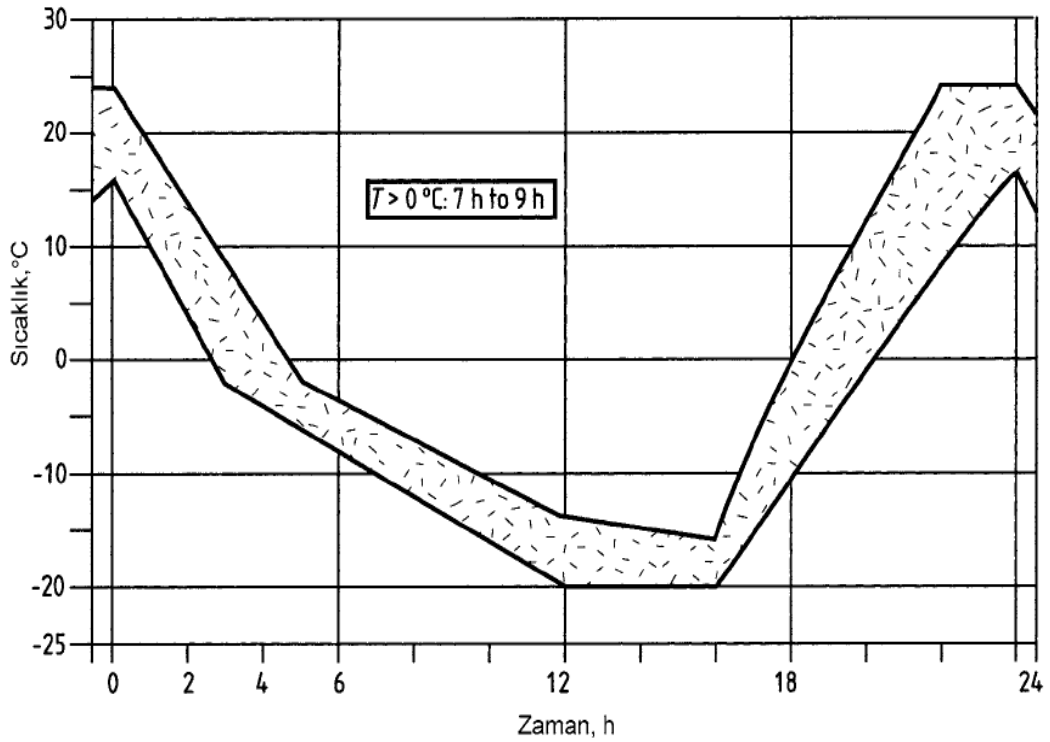
Şekil 21. Beş yüzü yalıtım malzemesiyle kaplanmış parke görüntüsü

Şekil 21'deki parkelere yüzeyden 5 ± 2 mm yükseklikte içilebilir su kullanılarak hazırlanan %3'lük NaCl çözeltisi konulmuştur. Yüzeye eklenen çözelti ile birlikte beton parke numuneleri TS 2824 EN1338 standardında belirtilen şekilde izole edilerek havada donma çözölmeye iklimlendirme kabininde çevrime bırakılmıştır.



Şekil 22. Havada donma çözülme iklimlendirme kabini

Şekil 22'deki iklimlendirme kabini Şekil 23'deki süre ve sıcaklıklara göre ayarlanıp 24 saatlik zaman diliminde sıcaklık $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmektedir. Bu çevrim 28 gün boyunca cihazla otomatik olarak yapılmıştır.



Şekil 23. Süre sıcaklık çevrimleri (TS 2824 EN 1338, 2005)

Çevrim sonucunda malzeme yüzeyi su ile yıkanıp parkeden kopan kayıp malzeme kütlesi ölçülmüştür. Parkelerden kayıp malzeme kütlesi Bağntı (1)'de görüldüğü gibi parkenin yüzey alanına bölünüp birim alandaki kütle kaybından parkenin donma çözünmeye karşı direnci tayin edilmiştir.

$$L=M/A \dots\dots\dots (1)$$

Bağntı (1)'deki L birim alandaki kütle kaybını (kg/mm^2), M parkedeki kütle kaybını (kg), A ise parkenin yüzey alanını (m^2) göstermektedir.

2.3.2.Toplam Su Emmenin Tayini

Parkeler, $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki ortamda bekletildikten sonra, sabit kütleye ulaşınca kadar suya batırıldılar. Sudan çıkarılıp doymun haldeki parke kütlesi tartıldı. Parkelerin sabit kütleye kadar kurumaları beklenip tekrar tartıldılar. Parkelerin Bağntı (2)'ye göre toplam su emmeleri belirlendi. Bu değer parkelerdeki kütlece kayıp, numunenin kuru kütleline oranla yüzdesini ifade etmektedir.

$$W_a = \frac{M1-M2}{M1} \dots\dots\dots(2)$$

Bağıntı (2)'deki W_a parkenin su emmesini, $M1$ suya doygun kütleyi, $M2$ etüv kurusu kütleyi göstermektedir.

2.3.3. Dayanımın Ölçülmesi (Yarmada Çekme Dayanımı)



Şekil 24. Yarmada çekme dayanım deney düzeneği

Şekil 24'de parkelere uygulanan yarmada çekme dayanım ölçüm düzeneği görülmektedir. Şekil 24'te parkeye uygulanan yarmada çekme deneyinden TS 2824 EN 1338'de dayanım ölçümü diye bahsedilmektedir. Parkelerin dayanım ölçümünde yüzey pürüzlülükleri düzeltilen parkeler, $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki suya (24 ± 3) saat süre ile daldırılıp çıkarıldıktan sonra bir bezle kurutuldular deneye tâbi tutuldular. Deney uygulanan beton bloğun kırılma düzlemi/düzlemlerinin alanı bağıntı (3)'e göre hesaplandı.

$$S = lt \dots\dots\dots(3)$$

Bağıntı (3)'te; S Kırılma alanı (mm^2), l beton bloğun, üst ve altında yapılan iki ölçmenin ortalaması olarak kırılma kesitinin uzunluğu (mm), t beton bloğun, biri ortada, diğer ikisi uçlarda yapılan üç ölçmenin ortalaması olarak kırılma düzlemindeki kalınlığını (mm) göstermektedir.

Parkelerin dayanımı (T), Bağıntı (4)'e göre hesaplandı

$$T = 0,637kP /S(4)$$

Bağıntı (4)'te, T Dayanımı (MPa) P Kırılma yükü (N), k, k =1,3-30 (0,18- $t/1000$)² (140 mm < t ≤ 180 mm ise)bağıntısından hesaplanan veya Tablo 7'den alınan parke taşı kalınlığı için düzeltme katsayısını göstermektedir. Beton blok kalınlığı; t > 180 mm ise k=1,3 alınır veya t ≤ 140 mm ise k, Tablo 7'den alınır.

Tablo 7. Parke kalınlığına göre k düzeltme katsayısı

t(mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
k	0,71	0,79	0,87	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25

Parkelerin birim uzunluk başına kırılma yükü uygulanan yarmada çekme deneyinde bulunan yükün (P) kuvvet uygulanan uzunluğa (L) bölünmesiyle Bağıntı (5)'e göre hesaplanmıştır.

$$F = P /L(5)$$



Şekil 25. Basınç dayanım deney düzeneği

Şekil 25’ te parkelere uygulanan basınç dayanımı deneyi görülmektedir. TS 2824 EN 1338 standardında böyle bir basınç dayanımı ölçümü mevcut değildir. Parkelerin betonlarının basınç dayanımı hakkında fikir edinmek için bu çalışmada böyle bir basınç dayanımı ölçümünün yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada yarmada çekme deneyi uygulanıp iki parçaya bölünen parkelere basınç testi Şekil 25’teki gibi uygulanmıştır. Parkenin basınç dayanımı (D) (beton presinden ölçülen kuvvetin (F) 100x100 mmxmm’lik alana bölünmesiyle Bağntı (6)’ya göre hesaplanmıştır.

$$D = \frac{F}{100 \times 100} \dots\dots\dots (6)$$

2.3.4. Aşınma Direncinin Ölçülmesi

Parkelerin aşınmaya karşı direncinde Şekil 26’da görülen dikey aşındırma cihazı kullanıldı. Parke tebeşirle boyandıktan sonra dikey aşındırma cihazına yerleştirilip aşındırma diskine temas edecek şekilde yaklaştırıldı. Aşınma tozu kontrol vanası açıldı ve aynı anda aşındırma diskini (60 ± 3) saniyede 75 dönüş yapacak şekilde cihaz çalıştırıldı. Diskin 75 dönüş yapmasından sonra, aşındırma tozu akışı ve disk otomatik olarak cihaz tarafından durduruldu.



Şekil 26. Dikey aşındırma cihazı



Şekil 27. Dikey aşınma deneyinden sonra parkede ölçülen mesafe görüntüsü

Şekil 27’de görüldüğü gibi dikey aşındırma cihazına konulan her seriye ait 3 beton parkede oluşan aşınma izinin yüksekliği ölçülerek ortalaması alınmıştır. Bu aşınma uzunluğuna göre TS 2824 EN 1338 standardında belirtildiği üzere aşınmaya karşı direnç sınıfı belirlenir.

2.3.5. Cilâlanmamış Kayma Direnci Değerinin (USRV) Tayini İçin Metot

Parkelerin cilâlanmamış kayma direnci değeri (USRV), Şekil 28’deki sarkaçlı sürtünme deney donanımı kullanılarak, numunenin üst yüzeyinde kayma özelliklerinin değerlendirilmesi yoluyla tayin edildi. Şekil 28’deki sarkaçlı sürtünme cihazına deney numunesi yerleştirildikten sonra sarkaç serbest bırakıldı. Pandülün lastik ucu parkeye çarpmasıyla cihaz skalasında beliren sayı tespit edildi. Aynı işlem beş kez tekrarlanıp hesaplanan ortalama değerden parkenin cilalanmamış kayma direnci değeri hesaplandı.



Şekil 28. Sarkaçlı sürtünme deney donanımı

2.3.6. Parkelerin Yüzey Sertliklerinin Shcimitd Test Çekiciyle Ölçülmesi

Parkelerin yüzey sertlikleri Shcimitd test çekiciyle Şekil 29’da görüldüğü gibi beton yüzeyine konulan parkede düşey doğrultuda vuruş yapılarak ölçüldü.



Şekil 29. Shcimitd test çekiciyle parkelerde yüzey sertliği ölçümü

Her parke üzerinde Shcimitd test çekiciyle on ölçüm yapıp ortalaması alındı. Bu ölçüm TS 2824 EN 1338 standardında yoktur. Araştırmaya beton parkelerin dayanıklılığı ve kalitesini karşılaştırma noktasında katkı sağlayacağı için bu çalışmada uygulanmıştır.



3. BULGULAR

Tablo 8’de parkelerde ölçülen dikey aşınma uzunlukları görülmektedir. Tablo 8’deki ölçümler her parke grubundan altışar parke üzerinde yapılan 12 ölçümün ortalama değerleridir.

Tablo 8. Beton parkelerde ölçülen dikey aşınma uzunlukları

Numune İsmi	Dikey Aşınma Uzunluğu (mm)
Referans	29,7
%10 Piritli	30,75
%20 Piritli	29,83
%30 Piritli	24,667
%40 Piritli	21,83
Koruntlu	25,67
%5 Polimerli	20,83
%10 Polimerli	25,08

Tablo 9’da dayanım ölçümlerinde tespit edilen kırma yükü, eğilme dayanımı ve birim uzunluk başına düşen kırılma yükü değerleri görülmektedir.

Tablo 9. Parkelerin kırılma yükü, yarmada çekme dayanımları ve birim boy kırılma

Numune İsmi	Kırılma Yükü (kN)			Yarmada Çekme				Birim Boy Kırılma Yükü (F)			
				Dayanımı (T) (MPa)				(N/mm)			
	1	2	3	1	2	3	Ort	1	2	3	Ort
Referans	32,8	34,9	34,1	4,1	4,4	4,3	4,2	328	349	341	339,33
%10 Piritli	29,8	33,1	32,2	3,7	4,1	4,0	4,0	298	331	322	317,00
%20 Piritli	35,9	28,7	32,8	4,5	3,6	4,1	4,1	359	287	328	324,67
%30 Piritli	39,7	37,8	38,4	5,0	4,7	4,8	4,8	397	378	384	386,33
%40 Piritli	35,7	32,8	34,6	4,5	4,1	4,3	4,3	357	328	346	343,67
Koruntlu	38,7	43,1	40,8	4,8	5,4	5,1	5,1	387	431	408	408,67
%5 Polimer	40,8	37,2	39,6	5,1	4,7	5,0	4,9	408	372	396	392,00
%10 Polimer	30,5	34,4	32,8	3,8	4,3	4,1	4,1	305	344	328	325,67

Tablo 9'daki yarmada çekme dayanımları Bağntı (4), birim boy kırılma yükü Bağntı (5) ile hesaplandılar. TS 2824 EN 1338 standardına göre parke ortalama dayanımı (T) 3,6 MPa'dan, tek dayanım deney sonuçlarından hiçbirisi 2,9 MPa'dan ve numune kırılma yüklerinden hiçbirisi 250 N/mm'den daha küçük olmamalıdır. Tablo 9'daki değerler standardın belirttiği şartları sağlamaktadır.

Tablo 10'da donma çözünme deneyi uygulanan parkelerde birim alanda meydana gelen kütle kaybı değerleri görülmektedir. Tablo 10'daki birim alandaki kütle kaybı düşük olan parkenin donma çözünme etkisine karşı direnci yüksek olmaktadır.

Tablo 10. Donma çözünme ile parkelerde oluşan kütle kaybı ve birim alan kütle kaybı değerleri

Numune İsmi	Kütle Kaybı (M, g)	Birim Alandaki Kütle Kaybı (L, kg/m ²)
Referans	14,70	0,74
%10 Piritli	12,65	0,63
%20 Piritli	12,00	0,60
%30 Piritli	11,10	0,56
%40 Piritli	9,60	0,48
Koruntlu	10,70	0,54
%5 Polimer	12,70	0,64
%10 Polimer	8,65	0,43

Tablo 10'daki birim alandaki kütle kaybı (L) Bağntı (1) ile hesaplandı. Bu çalışmada deneye tabi tutulan parkelerin numune yüzey alanları $200 \times 100 = 20000 \text{ mm}^2$ 'dir. Bu değer TS 2824 EN 1338 standardında belirtilen parkenin yüzey alanının 25000 mm^2 'den ($A < 25000 \text{ mm}^2$) küçük olma şartını sağlamaktadır. TS 2824 EN 1338 standardı buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma çözünmeye dirençli blokları Sınıf 3, sınıf gösterimi D ile ifade etmektedir. Sınıf 3, D tipi parkelerde ortalama birim alandaki kütle kaybının $1,0 \text{ kg/m}^2$ 'den az ve her bir tek değer ise $1,5 \text{ kg/m}^2$ 'den küçük olması gerekmektedir. Tablo 10'daki değerler üç parke numunesi üzerinden ölçülen birim alandaki kütle kaybının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 11'de parkelerin üst yüzeyinde pandül ayakta ölçülen sürtünme değerleri görülmektedir. Tablo 11'deki sürtünme değerleri her grup için üç parke üzerinde altı ölçümün ortalama değerlerdir.

Tablo 11. Parkelerde pandül ayakla ölçülen sürtünme değerleri

Numune İsmi	Pandül Ayakta Ölçülen Sürtünme Değerleri
Referans	0,451
%10 Piritli	0,601
%20 Piritli	0,561
%30 Piritli	0,561
%40 Piritli	0,536
Koruntlu	0,665
%5 Polimer	0,646
%10 Polimer	0,606

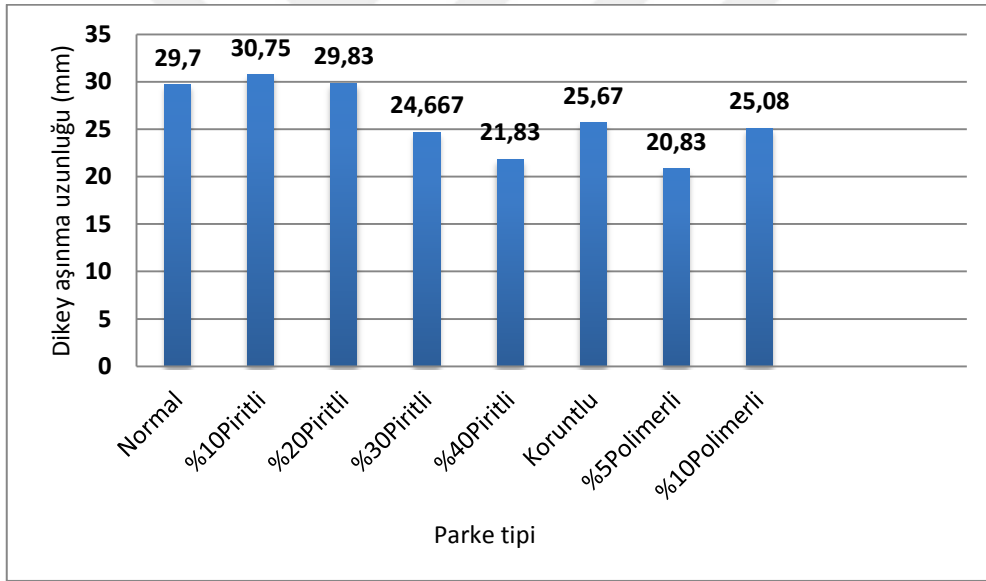
Tablo 12’te Shcimitd test çekiciyle ölçülen yüzey sertliği değerleri basınç dayanımı ve su emme değerleri görülmektedir. Tablo 12’deki değerler üç numune üzerinde otuz test çekici okumasının ortalamasıdır. Basınç dayanımı 100x100x80 mm ölçülerine sahip bloğun 100x100 mm yüzeyine kuvvet uygulanarak gerçekleştirildi. Su emme değerleri ise üç numuneden hesaplanan ortalama değerdir.

Tablo 12. Shcimitd test çekici ile ölçülen yüzey sertliği değerleri, basınç dayanımı ve su emme değerleri

Numune İsmi	Ortalama Test Çekici Okumaları	Basınç Dayanımı (MPa)	Su Emme (%)
Referans	22,4	28,5	1,72
%10 Piritli	20,2	29,6	1,58
%20 Piritli	23,6	31,3	1,49
%30 Piritli	24,1	31,2	1,43
%40 Piritli	21,6	32,2	1,41
Koruntlu	20,4	28,5	2,34
%5 Polimer	16,7	26,9	2,45
%10 Polimer	15,7	22,2	2,45

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

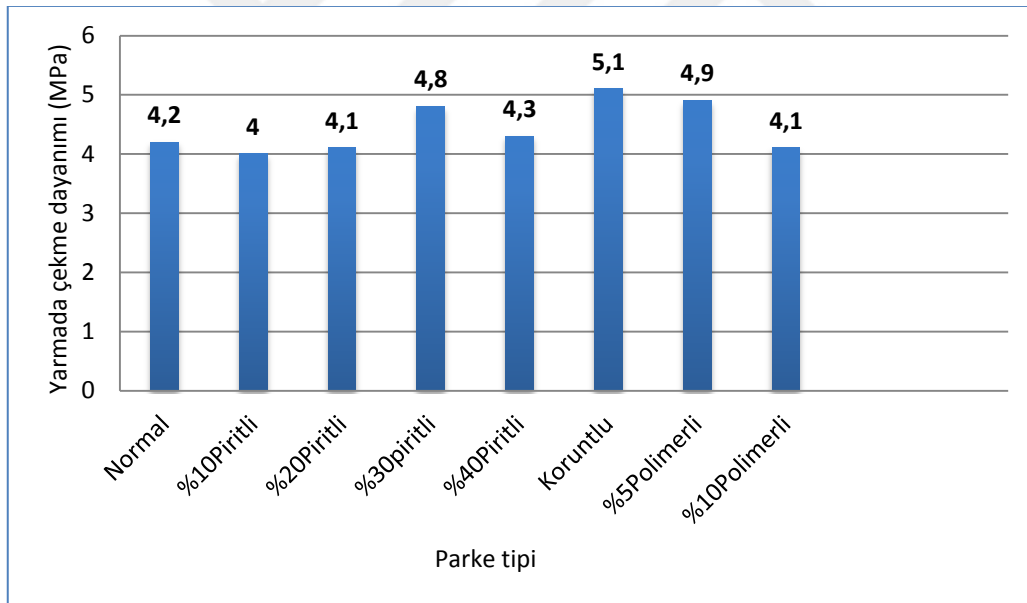
Bu çalışmada piritli agrega, korunt esaslı yüzey sertleştiricisi ve yüksek su emme kapasitesine sahip polimerin başta parkelerin yüzey aşınma özellikleri olmak üzere parkelerin mekanik ve fiziksel özelliklerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Korunt esaslı yüzey sertleştiriciler beton sektöründe betonların yüzey aşınma direncini artırmak için kullanılan bir üründür. Pirit genellikle bakır madenlerinde yan ürün olarak açığa çıkan ve yaygın kullanım alanı bulamayan atık bir üründür. Yüksek miktarda su tutucu polimer beton sektöründe doğrudan beton veya parkede kullanımına pek rastlanmayan bir üründür. Bu çalışmada sadece parkelerin yüzey tabakasında uygulanacak işlem sayesinde parkelerin aşınma dayanımlarındaki iyileştirme sağlanması durumunda parkelerin servis gördüğü ortamda daha uzun süreli kullanılabilir olacaktır.



Şekil 30. Parkelerde ölçülen dikey aşınma uzunlukları

Şekil 30’da parkelerde ölçülen dikey aşınma uzunlukları görülmektedir. Şekil 30’daki parke tiplerinde en fazla dikey aşınma uzunluğuna %10 piritli parkelerde rastlanmıştır. Şekil 30’da %10 piritli ve %20 piritli parkenin dikey aşınma uzunluğu ile referans parkelerin dikey aşınma uzunlukları birbirine oldukça yakın değerlerdir. Bu durum %20’den fazla piritli agrega ilavesinin parke yüzey aşınma direncini artırdığını göstermektedir. Şekil 30’da parkenin üst tabakasına katılan piritli agreganın oranı arttıkça dikey aşınma uzunluğu azalmıştır. Piritli agregalar parkenin yüzey aşınma direncini artırmaktadır. Şekil 30’da en az dikey aşınma uzunluğu %5 su tutucu polimerli

ve %40 pirit agrega katkılı parkelerde görülmüştür. Korunt esaslı yüzey sertleştiricisi piyasa betonlarında kullanılan ve yüzey sertleştirme özellikleri bilinen bir malzemedir. %40 oranında bu çalışmadaki özellikte pirit içeren ince agreganın parkenin üst tabakasında kullanılması korunt esaslı yüzey sertleştiriciden daha fazla parkenin aşınma direncini artırmıştır. %5 polimerli parkede tespit edilen bu düşük aşınma uzunluğu dikkate değerdir. Uygunoğlu (2012) kırma agrega, geri dönüşüm beton agregası ve mermer atığı agregalı betonlarla ürettiği parkelerde dikey aşınma uzunluklarını 23 ile 30 mm uzunluğunda ölçtü. Uygunoğlu'nun kırma taş agregasıyla yarmada çekme dayanımı 5 MPa, basınç dayanımı 29 MPa dayanıma sahip parkelerde 23 mm civarında dikey aşınma uzunluğu tespit etti. Uygunoğlu'nun (2012) ve Özalp'ın (2016) çalışmasındaki değerlerle bu çalışmadaki normal agregalı referans parkelerde ölçülen dikey aşınma uzunlukları ve dayanımlar literatüre uygun değerlerdir. Bu çalışmada pirit, su tutucu polimer ve korunt parkelerin aşınma dayanımını artırmıştır.

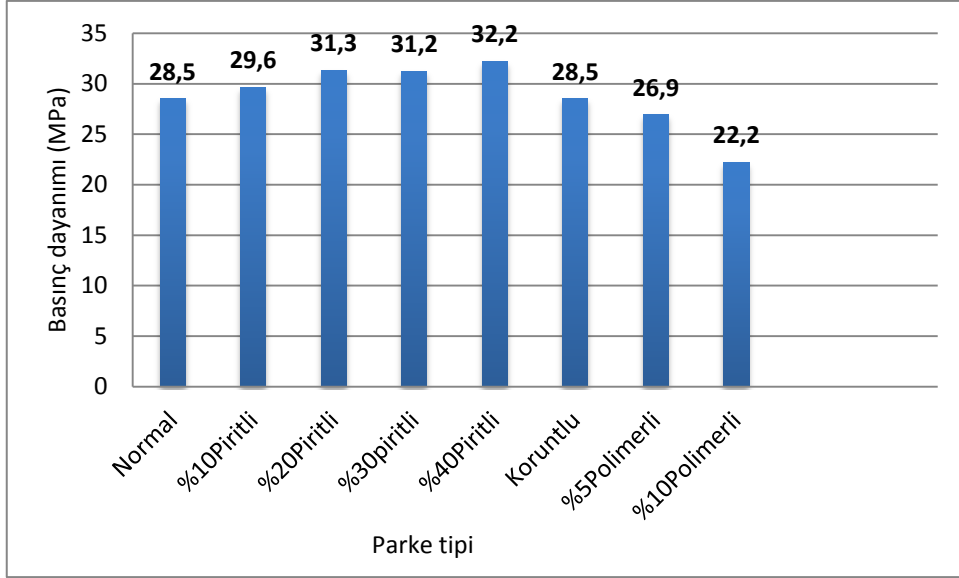


Şekil 31. Parkelerde ölçülen yarmada çekme dayanımları

Şekil 31’de parkelerde ölçülen yarmada çekme dayanımları görülmektedir. Şekil 31’de yarmada çekme dayanımları 4 ile 5,1 MPa arasında değerlere sahiptirler. Şekil 31’deki %30 piritli, %40 piritli, koruntlu ve %5 polimerli parkelerde ölçülen yarmada çekme dayanımı referans parkelerden belirgin olarak fazladır. Parkenin sadece yüzey tabakasında yapılacak iyileştirme parkenin yarmada çekme dayanımında artış sağlamaktadır. Gencel vd. (2012) ‘de mermer atığını beton parkelerde %0, %10, %20,

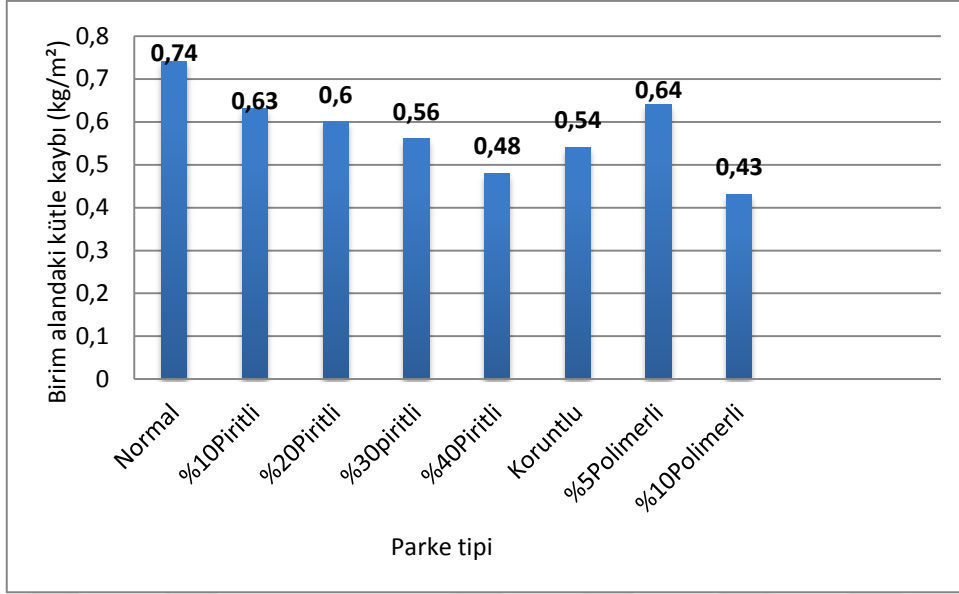
%30, %40 oranlarında kullanmıştır. Çalışmasındaki parkeler CEM-II 42,5 N sınıfı 400 kg/ m³ dozajında çimentodur. Gencel vd. (2012) en fazla %10'luk atık mermer katkılı karışımda 5,2 MPa yarmada çekme dayanımına ulaşmıştır. Bu çalışmada ise %30 pirit katkılı numunelerde en yüksek değer olarak 4,8 MPa, korunt katkılı numunelerde ise 5,1 MPa değerindedir. Bu çalışmada alt ve üst tabaka birlikte deneye tabi tutulduğu ve dozaj iki tabakada da farklı olduğu için değerlerin pirit katkılı numunelerde düşük olması muhtemel olmakla birlikte değerlerin yakınlığı çalışmanın literatüre uyumlu olduğunu göstermektedir.

Uygunoğlu' nun (2012) uçucu kül katkılı beton parkelerde yapılan deneylerinde, %0, %10, %20 , %30 , %40 oranlarında uçucu kül arttırılmıştır. Numuneler, 0.45 su/ çimento oranı, 300 kg/ m³ CEM-I 42.5 R çimento dozajı, hacimce %40 kaba ve % 60 ince agrega kullanılarak üretilmiştir. Yapılan yarmada çekme dayanımı deneylerinde ise TS 2824 EN 1338 standardına göre 28 günlük çekme dayanımı minimum uçucu kül oranı arttıkça yarmada çekme dayanımı bütün serilerde azalma göstermiştir. En iyi sonucu kırma taş ve mermer atığı ince agregalı %10 uçucu kül katkılı numunelerde 4.7-4.6 MPa değer aralığında olmuştur. Bu çalışmada kullanılan malzemeler Uygunoğlu (2012) ve Gencel (2012)'nin kullandığı malzemelere göre parke özelliklerinde daha fazla oranda iyileşmeye yol açmıştır.



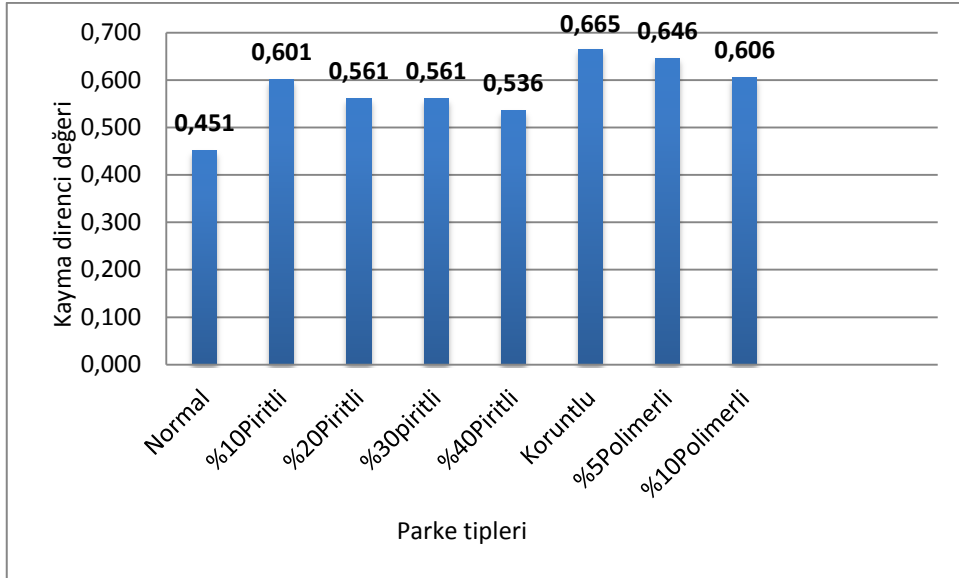
Şekil 32. Parkelerde ölçülen basınç dayanımları

Şekil 32’de parkelerde ölçülen basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 32’de piritli agrega oranı %10’dan %40’a çıktığında parkenin basınç dayanımında referans parkelere göre %13 seviyesinde bir artış görülmüştür. Şekil 32’de %5 ve %10 polimerli parkelerin basınç dayanımında belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Karpuz (2009) kalker ve bazalt ince agregası kullanarak kaplama betonu üzerinde yaptığı çalışmalarda karışım genelinde 400 kg/m^3 dozajında çimento kullanmış ve numunelerin 28 günlük ortalama basınç dayanımlarını 63 MPa olarak tespit etmiştir. Bir başka çalışmada Gencel (2012) tarafından yine karışım genelinde 400 kg/m^3 dozajında çimento kullanılmış ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları en az 42 MPa en fazla 52 MPa olarak tespit edilmiştir. Sadek (2017) %10 ile %60 oranında fırın cürufu ilave ettiği beton karışımlarında 600 kg/m^3 dozajında çimento kullanmış ve 46 MPa ile 62 MPa arasında 28 günlük basınç dayanımı için değerler tespit etmiştir. Literatürde yapılan benzer çalışmalara bakıldığında genel olarak alt ve üst tabaka olarak değil de üzerinde çalışılan malzeme tabakasında deneyler yapılmış olduğundan beton basınç dayanımları bu çalışmaya göre daha yüksek ölçülmüştür. Bu çalışmada beton parke bloklarının üretimi TS 2824 EN 1338 standardına göre alt ve üst tabakanın karışım içeriği ayrı ayrı tasarlanmış ve parke fabrikalarındaki üretime benzer şekilde parkeler üretilmiştir.



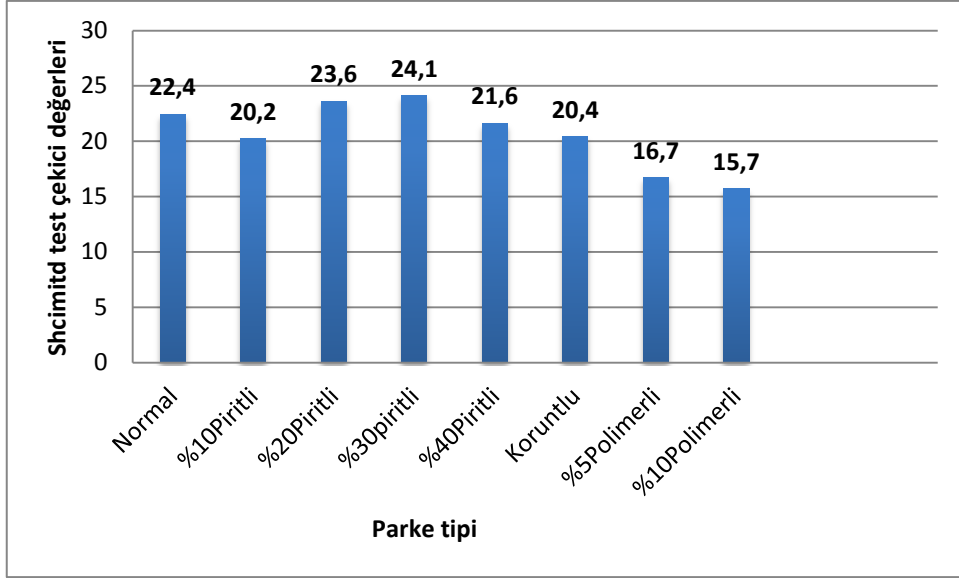
Şekil 33. Donma çözünmeye maruz parkelerdeki birim alandaki kütle kaybı değerleri

Şekil 33’de donma çözünmeye maruz bırakılan parkelerde birim alanda meydana gelen kütle kayıpları görülmektedir. Şekil 33’te donma çözünmeye maruz parkelerde en az birim alanda kütle kaybı %10 polimerli parkelerde görülmüştür. Bunu %40 piritli parkeler takip etmiştir. Sun vd. (1999) yüksek mukavemetli betonlarda yük ve donma çözünme etkisi üzerine yaptıkları çalışmalarda beton kalitesi arttıkça donma çözünmeye karşı direncin arttığını tespit etmiştir. Bu çalışmada %40 piritli numunelerde en yüksek basınç dayanımı ve donma çözünme direnci tespit edilmiştir. Literatürde de basınç dayanımı ve donma çözünme direnci arasında bu şekilde ilişkiler tespit edilmiştir ancak bu çalışmada kullanılan %10 polimerli numunelerde standardın da altında basınç dayanımı elde edilirken donma çözünme direnci en yüksek çıkmıştır. Bu durum, su tutucu polimerlerin donma çözünmeye maruz kalan ve yüksek mukavemet gerektirmeyen zeminlerde ekonomik bir çözüm olarak kullanılabileceğini göstermektedir.



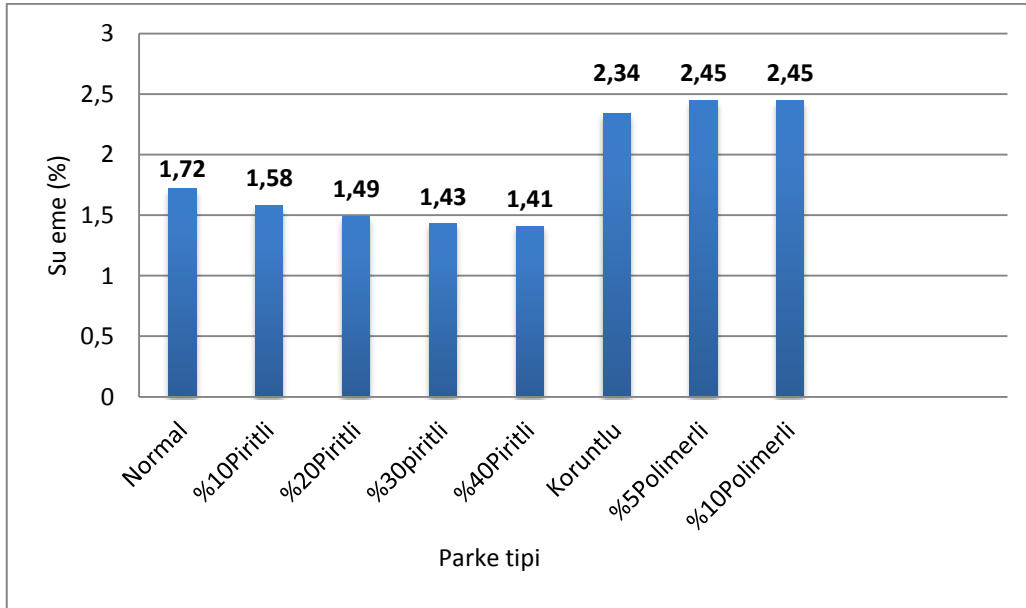
Şekil 34. Parkelerin cilalanmamış kayma direnci değerleri

Şekil 34'te parkelerin cilalanmamış kayma direnci değerleri (USRV) görülmektedir. Sarkaçlı sürtünme deney düzeneği kullanılarak tespit edilen değerler ile numunelerin yüzeyleri arasındaki ilişkiye bakacak olursak yüzey pürüzlülüğü fazla olan numunelerde kayma direnci değeri artmıştır. Polimer katkılı numunelerde aşınma direnci azaldığında pandül test cihazı kayma değerlerinde de azalma görülmüştür. Ancak pirit agregalı numuneler arasında, aşınma direnci arttıkça kayma direnci değerinin azaldığı görülmektedir. Yoshitake vd. (2016) uçucu kül katkılı kaldırım bloklarında aşınma ve kayma dirençleri üzerine yaptıkları araştırmalarda aşınma direnci azaldıkça pandül test cihazı kayma değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışma ve literatürdeki çalışmalara kıyaslandığında aşınma direnci ve kayma direnci arasında kısmen uyum görülmektedir. Bunun nedeninin numunelerin yüzeylerinin el malası kullanılarak düzeltilmesinden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 35. Parkelerde ölçülen Schmitt test çekici değerleri

Şekil 35'te parkelerde ölçülen schmitt test çekici değerleri görülmektedir. Şekil 35'te en yüksek değer 24,1 ile %30 pirit ince agregalı numuneye aittir. Çobanoğlu ve Çelik (2017) yapılarda kullanılan taşların aşınma dirençlerinin belirlenmesinde, dikey aşınma testinin referans olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada schmitt test çekici değerlerinin arttıkça aşınma direncinin arttığını tespit etmiştir. Bu tespiti bu çalışmadaki piritli parkelerde rastlanmıştır. Parke yüzeyinde su tutucu polimer kullanımı parkenin yüzey sertliğini azaltmıştır.



Şekil 36. Parkelerde ölçülen su emme değerleri

Şekil 36'da parkelerde ölçülen su emme değerleri görülmektedir. Şekil 36'da referans parkelerin, pirit agregalı parkelerin su emme değerlerinin birbirine yakın, betonun yapısından dolayı kaynaklanabilecek farkların olduğu görülmektedir. Şekil 36'da korunt ve polimerli numunelerin su emme değerleri normal ve pirit ince agrega katkılı numunelere göre ortalama %60-65 oranında fazla olduğu görülmektedir. Gencel'in (2012) atık mermer katkılı beton parkelerle yaptığı deneylerde su emme değerleri karışımın atık mermer oranları arttıkça azalmaktadır. En fazla su emme %10 atık mermer katkılı numunelerde rastlanan su emme değeri % 5 seviyesindedir. TS 2824 EN 1338 standardındaki kabul edilebilir su emme miktarı en fazla %6 değerindedir. Bu çalışmada en yüksek su emme değeri %10 polimer katkılı beton parke numunelerinde %2,45 değeri olarak görülmüştür. Pirit agregalı numunelerde ise karışım oranı arttıkça su emme oranı azalmıştır ve en düşük %40 pirit katkılı numunede %1,41 olarak görülmüştür.

Bu çalışmada aşağıda belirtilen sonuçlar tespit edilmiştir.

1. Bu çalışmada pirit agregası, korunt esaslı yüzey sertleştirici ve yüksek su tutucu polimer beton parkelerin yüzey aşınma direnci noktasında referans parkelere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.
2. Yüzey aşınma direnci yüksek olan parkelerin yarmada çekme dayanımları da yüksek olduğu tespit edilmiştir.
3. Yarmada en yüksek çekme dayanımı korunt esaslı yüzey sertleştirici katkılı beton parkelerde sonrasında ise %30 pirit ince agrega katkılı ve %5 su tutucu polimer katkılı beton parkelerde görülmüştür.
4. Su emme oranı yüksek olan korunt ve su tutucu polimerli parkelerin donma çözünme deneyinden sonraki birim alandaki kütle kaybı referans parkelere göre az olduğu görülmüştür.
5. Korunt esaslı yüzey sertleştirici katkılı ve %5 polimer katkılı beton parkelerin cilalanmamış kayma direnci değerinin (USRV), katkısız ve pirit ince agrega katkılı beton parkelere göre daha fazla olduğu görülmüştür.
6. En yüksek Schmitd test çekici değeri pirit ince agrega katkılı beton parke numunelerinde görülmüştür. Su tutucu polimer katkılı betonlarda Schmitd test çekici değerleri diğer beton parke numunelerine göre düşük görülmüştür.
7. Su emme miktarı yüksek olan su tutucu polimerli parkelerin boşluk yapısının fazla olması, donma-çözülme deneyinden sonra birim alandaki kütle kaybının en az su tutucu polimer içerikli parkelerde olmasının nedenlerinden biri olduğunu göstermiştir.

5. ÖNERİLER

Pirit agregası özellikle bakır madenlerinde genellikle atık ürün olarak açığa çıkmaktadır. Piritli agreganın betonda kullanılması beton yüzey özelliklerinde iyileşme sağlamaktadır. Sülfat betona zararlı bir bileşiktir. Piritte demir sülfür olması risk olarak görülmektedir. Ancak bu çalışmada beton yüzeylerin dayanım ve aşınma özelliklerine katkısı açıkça görülmüştür. Beton yüzeylerin biyolojik etkenlere karşı etkisi üzerine de pirit agregasıyla çalışılabilir.

Yüksek miktarda su emmici polimer beklentilerin aksine beton parke yüzeyi özelliklerini iyileştirici yönde etki etmiştir. Yüksek miktarda su tutucu polimerin su kütlesinin %1 ile %10 oranları arasında değişen değerlerde beton parkeye katılması için yeni deneysel çalışmaların yapılması tarafımızdan önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, A., 2006.** Kilitli Beton Parke Taşı İle Yapılan Yol Kaplamaları. İnşaat Mühendisleri Odası, Adana Şubesi Dergisi, Sayı No: 31, 4-9.
- Aslantaş, O., 2004.** Beton Parke Taşlarının Aşınma Direnci Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 93 s., 4-11.
- Bal, H., 1998.** Bazı Polimerlerin Harçlarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 88 s., 4.
- Bideci, A., 2011.** Polimer Kaplı Pomza Agregalarla Elde Edilen Betonların Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye, 104 s., 6.
- Cai, H., Liu, X., 1998.** Freeze-thaw durability of concrete: Ice formation process in proses. Cement and Concrete Research, 28 (9), 1281-1287.
- Chandrappa, A.K., Biligiri, K.P., 2016.** Pervious concrete as a sustainable pavement material-research findings and future prospects: A state-of-the-art review. Construction and Building Materials, 111, 262-274.
- Coşkun, G., Saruışık, G., 2017.** Doğal Taşların Sürtünme Katsayılarını (COF) Belirleyerek Yüzey Özelliklerinin Kayma Güvenlik Risk Analizi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 38 (2), 219-233.
- Çoban, H.Ş., 2011.** Korunt Esaslı Dökülebilir Refrakterlerin Bağlayıcı Matriks Sisteminin Optimizasyonu ve Kırılma Tokluğunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, Türkiye, 76 s., 14-16.
- Çevretek, T., 2013.** Beton Parke Taşı Üretim Tesisi Proje Tanıtım Dosyası. Perşembe Belediye Başkanlığı, Ordu, 83s.
- Çobanoğlu, İ., Çelik, S.B., 2017.** Assessments on the usability of wide wheel (Capon) test as reference abrasion test method for building stones. Construction and Building Materials, 151, 319-330.
- Efe, B., 2010.** Çim Alanlarda Bazı Su tutucu Polimerlerin Kullanılma Olanakları. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 60 s., 13.
- Gencel, O., Ozel, C., Koksall, F., Erdogmus, E., Martinez, G., Brostow, W., 2012.** Properties of concrete paving blocks made with waste marble. Journal of Cleaner Production, 21, 62-70.

- Ghafoori, N., Mathis, R., 1998.** Prediction of freezing and thawing durability of concrete paving blocks. *Journal of Materials in Civil Engineering*; 10 (1), 45-51.
- Hidayah, N., Nor, H., Azman, M., 2014.** Effect of jointing sand sizes and width on horizontal displacement of concrete block pavement. *Jurnal Teknologi Sciences and Engineering*, 71(3), 83-86.
- Jamshidi, A., Kurumisawa K., Nawa, T., Igarashi, T., 2016.** Performance of pavements incorporating waste glass: The current state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 211-236.
- Jamshidi, A., Kurumisawa, K., White, G., Nishizawa T., Igarashi, T., Nawa, T., Mao, J., 2019.** State-of-the-art of interlocking concrete block pavement technology in Japan as a post-modern pavement. *Construction and Building Materials*, 200, 713-755.
- Karpuz, O., Akpınar, M.V., 2009.** İnce Agrega Türünün Kaplama Betonunun Aşınma Direncine Etkisi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (2), 1-8.
- Kumar, R., 2017.** Influence of recycled coarse aggregate derived from construction and demolition waste (CDW) on abrasion resistance of pavement concrete. *Construction and Building Materials*, 142, 248-255.
- Lin, W., Ryu, S., Hao, H., Cho, Y., 2016.** Development of a horizontal shifting mechanistic-empirical prediction model for concrete block pavement. *Construction and Building Materials*, 118, 245-255.
- Murugan, R.B., Natarajan, C., Chen, S., 2016.** Material development for a sustainable precast concrete block pavement. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 3 (5), 483-491.
- NBC Beton, 2018.** NBC Beton Parke İnşaat Taah. Nak. Ltd. Şti., Trabzon
- Özalp, F., Yılmaz, H. D., Kara, M., Kaya Ö., Sahin, A., 2016.** Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. *Construction and Building Materials*, 110, 17-23.
- Pheeraphan, T., Leung, C.K.Y., 1997.** Freeze-thaw durability of microwave cured air-entrained concrete. *Cement and Concrete Research*, 27 (3), 427-435
- Pişkin, A., 2010.** Polimer Beton Üretiminde Cam Tozu Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 73 s., 7-14.
- Popek, M., Sadowski, L., Szymanowski, J., 2016.** Abrasion resistance of concrete containing selected mineral powders. *Procedia Engineering*, 153, 617-622.

- Rosenqvist, M., Pham, L., Terzic, A., Fridh, K., Hassanzadeh, M., 2017.** Effects of interactions between leaching, frost action and abrasion on the surface deterioration of concrete. *Construction and Building Materials*, 149, 849-860.
- Sadek, D.M., El-Attar, M.M., Ali, M.A., 2017.** Physico-mechanical and durability characteristics of concrete paving blocks incorporating cement kiln dust. *Construction and Building Materials*, 157, 300-312.
- Salguero, F., Grande, J.A., Valente, T., Garrido, R., Torre, M.L., Fortes, J.C., Sanchez, A., 2014.** Recycling of manganese gangue materials from waste-dumps in the Iberian pyrite belt-application as filler for concrete production. *Construction and Building Materials*, 54, 363-368.
- Soutsos, M.N., Tang, K., Millard, S.G., 2011.** Use of recycled demolition aggregate in precast products, phase II: Concrete paving blocks. *Construction and Building Materials*, 25, 3133-3143.
- Sun, W., Zhang, Y.M., Yan, H.D., Mu, R., 1999.** Damage and damage resistance of high strength concrete under the action of load and freeze-thaw cycles. *Cement and Concrete Research*, 29, 1519-1523.
- Sun, Z., XU, Q., 2008.** Micromechanical analysis of polyacrylamide-modified concrete for improving strengths. *Materials Science and Engineering A*, 490, 181-192.
- Şahin, R., 2003.** Normal Portland Çimentolu Betonların Don Direncinin Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu ve Hasar Analizi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 183 s., 9.
- Tonyalı, T., 2001.** Polimer Modifiye Betonların İç Yapısı ve Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 137 s., 18.
- TS 2824 EN 1338, 2005.** Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları- Gerekli Şartlar ve Deney Metodları. TSE., Ankara, 58 s.
- Udawattha, C., Galabada, H., Halwatura, R., 2017.** Mud concrete paving block for pedestrian pavements. *Case Studies in Construction Materials*, 7, 249-262.
- URL-1, 2019.** <https://geyikgrup.com> (21.01.2019).
- URL-2, 2018,** <http://nbcbetonparke.com.tr/php1/hizmet-16-parke-cesitlerimiz.html> (14 Eylül 2018)
- URL-3, 2018,** www.bas-tas.com.tr (20 Eylül 2018)
- URL-4, 2018,** <https://www.google.com/maps> (20 Eylül 2018)
- URL-5, 2018,** <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/pirit> (18 Ekim 2018)

URL-6, 2018, <http://www.jeogenc.net/bizmutinit-pirit-ve-tetradimit-ozellikleri.html> (18 Ekim 2018)

URL-7, 2018, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/korunt> (25 Ekim 2018)

URL-8, 2018, <https://madencilikrehberi.wordpress.com/2012/02/korund1.doc> (25 Ekim 2018)

Uygunoğlu, T., Topçu, İ.B., Gencil, O., Brostow, W., 2012. The effect of fly ash content and types of aggregates on the properties of pre-fabricated concrete interlocking blocks (PCIBs). *Construction and Building Materials*, 30, 180-187.

Yavaşı, H., 2018. Öğütülmüş Pirit, Krom ve Magnetit İlaveli Harçların Mekanik ve Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 49 s., 18.

Yoshitake, I., Ueno, S., Ushio, Y., Arano, H., Fukumoto, S., 2016. Abrasion and skid resistance of recyclable fly ash concrete pavement made with limestone aggregate. *Construction and Building Materials*, 112, 440-446.

ÖZGEÇMİŞ

Cihan AKYÜZ, 28.06.1992 tarihinde Trabzon’da doğdu. İlk ve ortaöğretimini 2006 yılında Trabzon ilinde Dumlupınar İlköğretim Okulunda, lise öğretimini 2010 yılında Trabzon ilinde Yomra Anadolu Lisesinde tamamladı. 2011 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde başladığı lisans eğitimini 3.45 derecesi ile Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne yatay geçiş yaparak, 2015 yılında 2.87 derece ile tamamlamıştır. Aynı zamanda 2012 yılında ikinci üniversite olarak başladığı, Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümünü de 2018 yılında 2.58 derece ile tamamlamıştır. 2015 yılından itibaren Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimine halen devam etmektedir. 2015 yılından itibaren çalıştığı inşaat malzemeleri üzerine olan Akyüz Ticaret aile şirketinin yanında 2018 yılında kurduğu Akyüz Yapı Market Tic. ve Ltd. Şti. ile Müteahhitlik, Mühendislik ve Danışmanlık hizmetleri vermeye devam etmektedir. Orta seviyede İngilizce bilen Cihan AKYÜZ, evlidir.