



**TOKAT YÖRESİNE AİT ATIK MERMERLERİN BETON PARKE TAŞINDA
İNCE AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

EZGİ ÇEVİREN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Melih Naci AĞAOĞLU

MAYIS 2021

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKATGAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOKAT YÖRESİNE AİT ATIK MERMERLERİN BETON PARKE TAŞINDA
İNCE AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

EZGİ ÇEVİREN

TOKAT
Mayıs - 2021

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından 2020/10 No' lu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdđiđi yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



EZGİ ÇEVİREN

Mayıs 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOKAT YÖRESİNE AİT ATIK MERMERLERİN BETON PARKE TAŞINDA İNCE AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

EZGİ ÇEVİREN

TOKATGAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ MELİH NACİ AĞAOĞLU

Birçok gelişmiş ülkede olduğu gibi ülkemizde de geri dönüşüm önemli bir faktördür. Fabrikalarda meydana gelen atık malzemelerin geri dönüştürülmesi, ekonomiye katkı sağladığı gibi çevre kirliliğinin önlenmesinde de olumlu rol üstlenmektedir. Mermerler, sanatsal alanlar ve eşya yapımı dışında inşaat sektöründe de büyük bir yer edinmektedir. Binaların iç ve dış cephe kaplamalarında, mutfak, banyo, merdiven döşemelerinde ve beton agregası olarak beton üretiminde ve çeşitli yapı elemanlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada da Tokat ili mermer işleme tesislerinde ortaya çıkan atık mermerlerin beton parke taşlarında ince agrega olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu kapsamda geleneksel beton parke taşlarında kullanılan agregaya ile atık mermer agregalarına gereken deneyler yapılmıştır. Bu iki agregaya grubu ile önce doğal agregalar kullanılarak kontrol karışımları hazırlanmıştır. Daha sonra ince agregaya olarak %25, %50, %75 ve %100 oranlarında atık mermer ikame edilerek beton parke taşları üretilmiştir. Hem kontrol grubu için hem de atık mermer katkılı karışım grupları için gerekli deneyler yapıp elde edilen sonuçlar boyut ve görünüş, mukavemet, su emme oranı, aşınma direnci ve donma/çözülme direnci bakımından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; mermer atıklarının beton parke taşlarında %50 oranına kadar kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

2021, 78 SAYFA

ANAHTAR KELİMELELER: Atık, Mermer, Beton Parke Taşı, Geri Dönüşüm, İnce Agregaya

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF WASTE MARBLES IN THE TOKAT REGION AS FINE AGGREGATE IN CONCRETE PAVING BLOCKS

EZGİ ÇEVİREN

**TOKATGAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

SUPERVISOR:ASST. PROF. DR. MELİH NACİ AĞAOĞLU

As in many developed countries, recycling is an important factor in our country. Recycling of waste materials occurring in factories contributes to the economy and plays a positive role in preventing environmental pollution. Marbles have a large place in artistic fields and article making as well as in the construction industry. It is used in the interior and exterior cladding of buildings, kitchen, bathroom, stair floors and in the production of concrete as a concrete aggregate and in various building elements. In this study, the usability of the waste marbles from marble processing plants in Tokat province as fine aggregates in concrete paving blocks has been examined. In this context, the required experiments were conducted on aggregates used in traditional concrete paving blocks and waste marble aggregates. With these two aggregate groups, control mixtures were prepared using natural aggregates firstly. Later, 25%, 50%, 75% and 100% of the waste marble was replaced as fine aggregate and concrete paving blocks were produced. Both for the control group and the mixture groups with waste marbles, the results obtained were examined in terms of size and appearance, strenght, water absorption rate, abrasion resistance and freeze/thaw resistance. According to the results, it has been determined that these wastes can be used in concrete paving blocks up to 50%.

2021, 78 PAGE

KEYWORDS: Waste, Marble, Concrete Paving Blocks, Recycling, Fine Aggregate

ÖNSÖZ

Lisans eğitimimde olduğu gibi Yüksek Lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca da değerli tecrübelerini, bilgilerini ve yardımlarını esirgmeden ihtiyaç duyduğum her durumda bana zaman ayıran ve bu süreçte beni yönlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Melih Naci AĞAOĞLU' na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2020/10 No' lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi' ne teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince değerli fikirlerini ve yardımlarını esirgemeyen İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR' a, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin BAŞDEMİR' e, Sayın Arş. Gör. Erdiñç Halis ALAKARA' ya ve tüm İnşaat Mühendisliği Bölümü' ne, gerek üretim gerek deney aşamasında büyük bir ilgi ile bana yardımcı olan Erbaa Beton Sanayi ve Ticaret A.Ş. yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiren ve yüksek lisans çalışmalarım boyunca beni yalnız bırakmayan anne ve babam İnci-Ahmet ÇEVİREN' e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ezgi ÇEVİREN

Mayıs 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Agregalar	12
2.1.1 Doğal agregalar	12
2.1.2. Yapay agregalar	12
2.1.3. Beton parke taşları yönünden agregalar.....	13
2.1.4. Beton parke taşı tasarımında kullanılan agregaların özellikleri.....	15
2.2. Mermer	18
2.2.1. Mermerin tanımı ve oluşumu.....	18
2.2.2. Mermerin özellikleri	19
2.2.3. Mermerin kullanım alanları	20
2.2.4. Mermerin Dünya’ da ve Türkiye’ deki durumu.....	21
2.2.5. Mermer atıkları	24
2.3. Kilitli Beton Parke Taşları	27
2.3.1. Kilitli beton parke taşlarının avantaj ve dezavantajları	31
2.3.2. Kilitli beton parke taşlarının özellikleri	33
2.3.3. Kilitli beton parke taşlarının üretimi.....	34
2.3.4. Kilitli beton parke taşlarına uygulanan deneyler	36
3. MATERYAL VE YÖNTEM	40
3.1. Materyal	40
3.1.1. Agregalar.....	40
3.1.2. Çimento.....	44
3.1.3. Su	44

3.1.4. Katkı Malzemesi	44
3.2. Yöntem	45
3.2.1. Agrega deneyleri.....	45
3.2.2. Beton parke numunesi üretimi	47
3.2.3. Beton parke numunelerinin deney metotları ve gerekli şartlar	53
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	62
4.1. Mermer Agregası Elek Analizi Deney Sonuçları	63
4.2. Mermer Agregası Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini Deney Sonuçları.....	64
4.3. Boyut ve Görünüş Deney Sonuçları	64
4.4. Aşınmaya Karşı Direnç Tayini Deney Sonuçları	64
4.5. Yarmada Çekme Dayanımı Deney Sonuçları	65
4.6. Su Emme Oranı Tayini Deney Sonuçları	67
4.7. Donma-Çözünmeye Karşı Direnç Deney Sonuçları	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
6. KAYNAKLAR	71
7. ÖZGEÇMİŞ	79

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

Al_2O_3	Alüminyum Oksit
$CaCO_3$	Kalsiyum Karbonat
$CaMg(CO_3)_2$	Dolomit
CO_2	Karbondioksit
NaOH	Sodyum Hidroksit
NaCl	Sodyum Klorür

Kısaltmalar

Açıklama

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CBR	The California Bearing Ratio (Kaliforniya Taşıma Oranı)
CEN	Comité Européen Des Normes (Avrupa Standartları Komitesi)
cm	Santimetre
D	Agrega Tane Çapı
dk	Dakika
DA	Doğal Agregat
gr	Gram
kg	Kilogram
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü

kg/m ²	Kilogram/Metrekare
kg/m ³	Kilogram/Metreküp
Kw	Kilowatt
lt	Litre
m	Metre
m ²	Metrekare
mm	Milimetre
mm ²	Milimetrekare
mm ³	Milimetreküp
max	Maksimum
MA	Mermer Agregası
min	Minimum
MPa	Megapaskal
N	Newton
N/mm	Newton/milimetre
sn	Saniye
TS	Türk Standartları
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TOGÜ	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
W/C	Su/Çimento

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dünya doğal taş üretiminin 1976-2016 yılları arasındaki değişimi .	22
Şekil 2.2. Türkiye mermer rezervi haritası	23
Şekil 2.3. Fabrika atığı parça mermerler.....	26
Şekil 2.4. Fabrika atığı toz mermer.....	27
Şekil 2.5. Beton parke taşı modelleri.....	28
Şekil 2.6. TOGÜ' de kilitli beton parke taşı ile yapılmış bir kaldırım örneği ..	30
Şekil 2.7. Beton parke makinesi	34
Şekil 2.8. Beton parke taşlarının üretim şeması.....	36
Şekil 3.1. Atık mermer sahasından alınmış malzemeler.....	41
Şekil 3.2. Laboratuvar tipi küçük konkasör için parçalanmış mermer parçaları	42
Şekil 3.3. Laboratuvar tipi konkasör.....	42
Şekil 3.4. Atık mermer ince agregasının elde edilişi	43
Şekil 3.5. Elek analizi deney düzeneği ve deneyin yapılışı	45
Şekil 3.6. Kilitli beton parke taşı şekli ve ebatları	46
Şekil 3.7. YONTAR KPM-25-ÇB beton parke makinesi.....	49
Şekil 3.8. Beton parke taşı üretim süreci	50
Şekil 3.9. Beton parke taşı numune gruplarının istiflenmesi.....	51
Şekil 3.10. Kilitli beton parke taşı numunesinin en, boy ve pah ölçümü	52
Şekil 3.11. Kilitli beton parke taşı numunesinin kalınlık ölçümü	53
Şekil 3.12. Jeotest Aşındırma Cihazı (Dikey).....	54
Şekil 3.13. Pembe renkli Alüminyum Oksit (Al_2O_3) aşındırma tozu.....	55
Şekil 3.14. Yarmada çekme deneyi yapılışı.....	56
Şekil 3.15. Yarmada çekme deneyi sonucu kırılmış numune.....	56
Şekil 3.16. Su emme oranı tayini deneyine tabi beton parke numunesi	60
Şekil 4.1. Karışım Agregasının Gradasyonu	62
Şekil 4.2. Yarmada çekme dayanımı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi..	65
Şekil 4.3. Yarmada çekme dayanımı kırılma yüklerinin grafiksel gösterimi ...	66
Şekil 4.4. Su emme oranı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	67
Şekil 4.5. Donma-çözünmeye karşı direnç deney sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	68

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. İri agregaların granülometri sınır değerleri	14
Çizelge 2.2. İnce agregaların (kırmataş tozu) granülometri sınır değerleri	14
Çizelge 2.3. Dünya’ da mermer üreticiliğinde en büyük ülkeler.....	22
Çizelge 2.4. Türkiye’ deki mermer rezervinin bölgelere göre dağılışı oranları.	23
Çizelge 2.5. Standart kilitli beton parke taşlarının boyut ve ağırlıkları.....	28
Çizelge 2.6. TS 2824 EN 1338 beton parke taşına ait dayanım özellikleri	29
Çizelge 2.7. k düzeltme katsayısı.....	38
Çizelge 2.8. Beton parke taşlarının çevre etkilerine göre sınıflandırılması.....	38
Çizelge 2.9. Prefabrik beton parke numunelerine yapılacak deneyler ve uygunluk kriterleri	39
Çizelge 3.1. Beton parke taşları dizayn kombinasyonları	40
Çizelge 3.2. CEM I 42,5 R çimentosunun fiziksel ve kimyasal özellikleri	44
Çizelge 3.3. 1 (D-D) grubu numunelerin reçetesi.....	47
Çizelge 3.4. 2 (D-75D25M) grubu numunelerin reçetesi	47
Çizelge 3.5. 3 (D-50D50M) grubu numunelerin reçetesi	47
Çizelge 3.6. 4 (D-25D75M) grubu numunelerin reçetesi	48
Çizelge 3.7. 5 (D-M) grubu numunelerin reçetesi	48
Çizelge 4.1. Mermer ince agregası elek analizi sonucu.....	62
Çizelge 4.2. Mermer ince agregası için özgül ağırlık ve su emme oranı deney sonuçları	63
Çizelge 4.3. Numune gruplarının boyut ölçüm sonuçları	63
Çizelge 4.4. Aşınma direnci tayini deney sonuçları	64
Çizelge 4.5. Yarmada çekme dayanımı deney sonuçları	64
Çizelge 4.6. Su emme oranı deney sonuçları.....	66
Çizelge 4.7. Donma-çözünmeye karşı direnç deney sonuçları.....	68

1. GİRİŞ

Dünyada sürekli ilerleyen endüstri ile birlikte bazı sorunlar da ortaya çıkmıştır. Atık malzemeler nerede olursa olsun çevreyi etkileyen bir sorundur. Dünyanın atık malzeme sorunu, bu malzemelerin ya tamamen yok edilmesiyle ya da çeşitli şekillerde değerlendirilmesiyle çözülebilmektedir. Böylece atık malzeme tanımı ortaya çıkmıştır. Uygulama, imalat ve kullanım esnasında ortaya çıkıp; insan, çevre, doğa sistemine ve ülke ekonomilerine çeşitli zararlar verebilecek türden tüm madde ve malzemelere atık denir (Okubay ve Yardım, 2016).

Atık malzemelerin depolanması veya taşınması da ekstra maliyet gerektirdiğinden genellikle içeriği ne olursa olsun direkt yok edilmeye çalışılmaktadır ancak bu malzemelerin kaynak olarak değerlendirilmesi çoğu zaman daha avantajlı olabilmektedir (Aydın, 2013).

Endüstriyel katı atıklar; doğa, bitki ve hayvanların yanı sıra insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Son yıllarda sadece ülkemizde değil tüm dünyada hızla artan bu katı atıkların taşınması, saklanması veya yok edilmesinin işletmeleri ekonomik açıdan etkilemesi sonucunda alternatif olarak değerlendirme araştırmaları ve çalışmaları hız kazanmıştır (Yıldız, 2013).

Fabrikalarda ve taş ocaklarında yapılan üretimler boyunca çokça atık malzeme çıkmaktadır. Doğal kaynakların sınırlılığı dolayısıyla da yeni kaynak arayışları meydana geldiğinden bu tür atık malzemelerin birçok alanda kullanılabilirliği sorgulanmaya başlanmıştır. Özellikle inşaat alanında beton harcı yapımında da alternatif agregalar olarak endüstriyel atıklara yer verilmek istenmektedir. Tokat ilinde bulunan mermer fabrikalarında da fazlaca atık malzeme çıkmaktadır ve bu malzemelerin geri dönüştürülüp değerlendirilmesi hem çevre hem de kaynak bakımından fayda sağlayacaktır.

Doğa kirliliğine sebebiyet veren endüstriyel atıkların beton üretiminde kullanılarak değerlendirilmeye çalışılmasının gün geçtikçe artması, gerek fabrika kaynaklı çevre kirliliğinin en aza indirilmesi gerek de geri dönüşüm dolayısıyla kaynaklarımızın hızlı

tüketilmesine engel olma bakımından ülkemize ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır (Canpolat, 2018).

Günümüzde diğer ülkelerin yanı sıra ülkemiz de inşaat alanında, temeli doğal kaynaklara dayanan sürekli bir gelişim içerisinde. Devam eden bu gelişmelere, mevcut doğal kaynakların yeterli gelmesi beklenemez. Çünkü, dünya genelinde bu doğal kaynaklar azalırken fabrika üretimleri hızla ilerlediğinden meydana gelen atık maddeler de her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilir gelişmeler birçok sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de önem kazanmıştır. Bu sürdürülebilirlik yaklaşımı da mevcut malzemelere eşdeğer yeterlilikte yeni alternatifler bulmak, atıkların değerlendirilmesi ya da farklı malzemelerin geliştirilmesi ve ortaya konulması ile mümkün olmaktadır. Bu tür çalışmalar, Türkiye’de son yıllarda yapılan birçok bilimsel araştırmaların ve çalışmaların gündemini oluşturmaktadır (Yıldız, 2013). Çağdaş mimarlığın da gündemini oluşturan sürdürülebilir kalkınmanın altyapısında, mevcut doğal kaynaklarla enerjinin korunması ve atık madde miktarını minimuma indirme çalışmaları bulunmaktadır (Aydın İpekçi ve ark., 2017).

İnşaat alanında en çok kullanılan malzemelerden biri agregadır. Ülkemizde çeşitli bölgelerde dağınık ve fazla sayıda agrega üretimi yapan işletmeler bulunmaktadır. Başlı başına kendi sektörü olan agregalar, yaklaşık olarak yıllık 290 milyon ton üretimi ve sağladığı doğrudan istihdam ile gün geçtikçe önemini arttıran bir madencilik kolunu oluşturmaktadır. Ülkemizde büyük öneme sahip olan agrega sektörü büyük rekabet ortamında bulunmaktadır; bu yüzden gelecek açısından enerji tasarrufunun, kaynakların korunmasının ve sürdürülebilirliğinin göz önünde bulundurulması agrega sektörü için önemlidir (Çelikkol ve ark., 2007).

Beton üretiminde %70 ila %75 oranlarında kullanılan agregalar, yeni kaynak arayışı ihtiyacını doğurmuştur. Yapılan çalışmaların başında da yapım ve yıkım esnasında ortaya çıkan atık malzemelerin geri dönüştürülmesi fikri bulunmaktadır (Gümüşsoy, 2019).

Beton üretiminde, agregalar iri ve ince agrega olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. 4-8 mm ile 8-31,5 mm tane çaplı kırma taş veya çakıllar iri, 0-4 mm tane çapına sahip

kum veya kırma taş tozları da ince agrega olarak adlandırılır (Kibici ve Ünal, 2001). Beton üretimine %70-75 oranlarda dahil olan bu agregalar, yeni kaynak arayışlarına sebep olduğundan işlenebilirliği yüksek ve performans özelliği olarak standart agrega malzemesine eşdeğer malzeme bulma yoluna gidilmektedir.

Üretiminin büyük oranlarda taş ocaklarında yapılması, agregaların üretimi sırasında olumsuz çevresel etkilere yol açmaktadır. Halbuki atık malzeme olarak fabrikalarda hazır bulunan mermerlerin agrega olarak değerlendirilmesi mümkün olabilir. Ancak bu konuda yeterli uygulama olmadığından tonlarca atık mermer değerlendirilememekte ve çevre kirliliğine yol açmaktadır (Ceylan ve Mança, 2013).

Ülkemizde Afyon, Balıkesir, Bilecik, Eskişehir ve Tokat illeri mermer rezervi bakımından zengin sayılan şehirlerdendir. Bu nedenle mermerlerin üretimi ve işlenmesi sırasında küçük, büyük veya toz halde birçok mermer atığı meydana gelmektedir. Bu atıklar, tehlikeli atık olarak sayılmadığından değerlendirilmeleri sonucunda inşaat sektörü için uygun bir hammadde seçeneği olabilmektedir.

Mermer fabrikalarında ortaya çıkan atıklar parça ve toz halindedir. Parça halindeki atıklar depolanmakta ve ihtiyaç durumunda satılmaktadır. Ancak görülmüştür ki, sürekli ve düzenli bir şekilde değerlendirme olanakları yeterli olmadığından çoğu atık depolanmaya devam edilmektedir. Toz halde ortaya çıkan atıklar ise, üretim esnasında kullanılan suyla beraber havuzlarda depolanır ve daha sonra hem suyun hem de mermer tozlarının arındırılarak geri kazanılması söz konusu olmaktadır. Bu şekilde iki farklı tasarruf ve geri dönüşüm sağlanarak kaynak tasarrufu yapılması mümkün olmaktadır (Ceylan, 2000).

Ülkemizde yeterli değerlendirilme imkanı bulamamış mermer atıklarının kullanımının artmasıyla ileri zamanlarda hem ülkemiz kaynaklarının hem de doğal çevremizin korunması açısından gelişim gösterileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Tokat ilinde bulunan fabrikalarda ortaya çıkan mermer atıklarının beton parke taşlarında ince agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deney sonuçları ile standart koşullarda üretimi yapılan numunelerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde, yapılacak çalışmaya benzer beton parke taşları ve atık mermerlerin değerlendirilmesi ile ilgili tez ve makale çalışmalarına yer verilmiştir.

Aslantaş (2004) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, beyaz portland çimentosu ile hazırladığı 10 farklı karışım ile oluşturduğu parke taşlarının performanslarını belirleyip, parke taşı üretimi yapan firmanın da 2 karışımını test etmiştir. Numunelerine 7, 14 ve 28. günlerinde su emme oranı, basınç dayanımı, aşınma direnci, yarma dayanımı ve yoğunluk testlerini yapmıştır. Çalışmasının sonucunda, karışımın çimento miktarının, belli bir çimento miktarı için optimum su hacminin ve üretimde kullanılan aletlerin kullanılma şeklinin parke taşlarının mekanik özelliklerini etkilediğini gözlemlemiştir.

Aydın (2013) yapmış olduğu çalışmasında, mermer tozu atıklarının ince agregalar olarak betonda kullanılabilirliğini araştırmıştır. Mermer tozunun taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkisini belirlemiştir. 2 gruba ayırdığı deney çalışmasında mermer tozu ile $D < 4$ mm (kum) ve $D < 1$ mm olan ince agregaları ağırlıkça %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90 ve %100 oranlarında yer değiştirmiştir. Karışımlarda çimento 320 kg/m^3 , W/C 0.60 alınarak toplamda 20 adet karışım elde etmiştir. Mermer tozunu kum ($D < 4$ mm) ile %50 oranına kadar kullanarak yer değiştirdiğinde betonun işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık özelliklerinde iyileşme görüldüğünü tespit etmiştir. Aynı özelliklerdeki olumlu değişimi, mermer tozunu $D < 1$ mm ince agregalar ile %90 oranına kadar kullanarak da elde etmiş ve mermer tozunun betonda ince agregalar olarak kullanılabilirliği sonucuna ulaşmıştır.

Şahbaz (2010) yaptığı çalışmasında, beton ve kilitli parke taşı üretiminde kullanılan dolomitik kireçtaşı agregası yerine andezit ve bazalt kullanmıştır. Andezit, bazalt ve dolomitik kireçtaşına önce agregalar deneylerinden özgül ağırlık, aşınma dayanımı, su emme oranı tayini ve alkali silika reaktivitesi değerliliği deneylerini yapmıştır ve beton bloklardan üçer adet, parke bloklarından ise sekizer adet numune almıştır. Dolomitik kireçtaşlarıyla yaptığı beton parke bloklarının 3, 7 ve 28 günlük ortalama dayanımlarını sırasıyla 2,75 MPa, 3,67 MPa ve 4,39 MPa bulmuştur.

Bazalt ile yaptıklarında ortalama yarmada çekme dayanımlarını yine 3, 7 ve 28 günlük sonuçlarda 2,94 MPa, 3,68 MPa ve 4,48 MPa bulmuştur. Andezit ile yapılan numunelerde ise bu sonuçların sırasıyla 2,39 MPa, 2,96 MPa ve 3,62 MPa olduğunu gözlemlemiştir.

Yıldız (2013) yapmış olduğu doktora tez çalışmasında, Elazığ ferrokrom cürufunun hem beton parke taşlarının yapımında yapay agrega olarak, hem de tuğla ve kiremit yapımında katkı malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bu şekilde üretilen numunelere ilgili deneyleri yaptığında, beton parke taşlarında cüruf agregaları kullanıldığında standart beton parke taşı ile eşit ya da daha iyi basınç dayanımı elde edildiğini görmüştür.

Tekmen (2006) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, kireçtaşından üretilen kilitli beton parke bloklarının; farklı agrega boyutları, agrega ve su-çimento karışımları ile numuneler oluşturarak mekanik özelliklerini belirlemiştir. 0-5, 5-10 ve 10-20 mm boyutlarındaki agregaların kimyasal ve mikroskobik analizlerini yaparak 3, 7, 28, 90 ve 180 günlük kür sürelerinde numunelere de tek eksenli basınç ve çekme dayanımı, Schmidt sertliği, aşınma indeksi ve ultra ses özelliklerinden P dalgasının malzemedan geçiş hızını belirleme testlerini uygulamıştır. Yaptığı deneyler sonucunda kilitli beton parke bloklarında optimum su-çimento oranını (0,32), çimento dozajını (300), agrega boyutları ve miktarını belirleyerek en uygun karışım reçetesini elde etmiştir.

Yahlizade (2007) yaptığı çalışmada, atık cam içeren parke taşlarının yangın dayanımını, aşınma direncini ve donma-çözölmeye karşı direncini incelemiştir. Oluşturduğu parke taşlarında içerdiği kumla ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında cam tozunu yer değiştirmiştir. 50 kez tekrar edilen donma-çözölmeye deneyi sonucunda normal parke taşıyla atık cam içeren parke taşlarını karşılaştırdığında atık cam tozlarının zararlı bir etki etmediğini gözlemlemiştir. Aşınma dayanımı testi sonucunda ise %20 oranlı atık cam tozu olan numunelerde direncin yaklaşık %15 arttığını tespit etmiştir ve 600 °C' de atık cam tozu ile oluşturulmuş numunelerde gözle görölen bir çatlama da rastlamamıştır.

Güven (2015) yapmış olduğu çalışmasında, Denizli ve çevresinde bulunan traverten atıklarını betonda katkı malzemesi olarak kullanmıştır. Çimentoya %5, %10, %15, %20,

%25 ve %30 oranlarında traverten çamuru ikame etmiş ve elde ettiği numuneler ile salt çimento ile oluşturulan numunelere yaptığı deney sonuçlarını kıyaslamıştır. Daha sonra da traverten çamurunu ağırlıkça %3, %6 ve %9 oranlarında mineral katkı olarak betona ilave edip sonuçları salt numune sonuçları ile karşılaştırmıştır. Deney sonuçlarına göre en uygun traverten oranını elde edip katkılı beton parke ve bordürlerin üretilmesiyle tarıma zararlı olan bu atığın değerlendirilmesini hedeflemiştir.

Akyüz (2019) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, alt ve üst tabaka olarak ayrı döküm yaptığı beton parke taşlarında alt tabakada tek tip beton kullanırken, üst tabakada pirit, korunt ve su tutucu polimer de kullanmıştır. Kullandığı pirit agrega kütlelerine bağlı olarak farklı oranlardadır (0,10-0,20-0,30-0,40). Kullandığı korunt esaslı yüzey sertleştirici parke taşlarının yüzey alanına bağlı olarak 5 kg/m² oranındadır. Karışımın su miktarına bağlı olarak da farklı oranlarda (0,05 ve 0,10) su emme özelliği yüksek polimer ekleyerek numuneler oluşturmuş ve ayrı olarak karışımın üst tabakasında ince agrega kullanılan katkısız bir numune grubu da oluşturmuştur. Elde ettiği parke taşlarına dikey aşınma, yarmada çekme dayanımı, su emme oranı, donma-çözölmeye karşı direnç, pandül ayakla sürtünme deneylerini ve Schmidt test çekiciyle yüzey sertliği ölçümü yaparak çalışmasının sonucunda kullanmış olduğu malzemelerin beton parkelerin yüzey aşınma direncine olumlu katkıları olduğunu gözlemlemiştir.

Memişoğulları (2019) yapmış olduğu çalışmada, prefabrik beton yapı malzemelerini beton parke yapımında geri dönüşüm agregası olarak kullanmak üzere atık beton parke ve bordür elemanlarını önce kırıcılarla ayrı ayrı parçalamıştır. Daha sonra da elde ettiği agregayı, beton parke karışımına kırmataş agrega ile farklı oranlarda (%20, %40, %60, %80 ve %100) ikame etmiştir. Her bir oran için gerekli olan boyut analizi, donma-çözölmeye karşı direnç (buz çözücü tuz etkisiyle), su emme oranı, dayanımın ölçülmesi ve aşınma direnci deneylerini yaparak elde ettiği sonuçlar karşısında kullandığı geri dönüşüm agregalarının %40 oranında geri dönüştürülebilir olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca daha iri doğal agrega bulunduran diğer prefabrik beton elemanlarının da geri dönüştürülebilir olduğunu belirtmiştir.

Üçok (2019) yaptığı çalışmasında, tüm numunelerin alt tabakasında aynı betonu kullanıp yüzey tabakasında farklı oranlarda (%10, %20, %30 ve %40) kromit ve

manyetit bulunduran ince agrega ile kuvars esaslı yüzey sertleştirici ve standart agrega kullanarak beton parkeler üretmiştir. Ürettiği numunelere gerekli deneyleri yaptığında; kromit, manyetit ve kuvars içeren ince agregayı yüzey kaplamasında kullanarak ürettiği numunelerin aşınma direncinin arttığını tespit etmiştir. Bu numunelerden en yüksek yüzey aşınma direncine sahip olanlar %40 manyetit ve kuvars içeren numuneler olduğunu, yüksek su emme miktarına sahip olan numunelerin donma-çözülme direnci deneyinde en az kütle kaybı olduğunu ve numunelerde kullanılan malzemeler dolayısıyla basınç dayanımında bariz değişimlerin olmadığını ancak yarmada çekme dayanımlarının etkilendiğini belirtmiştir.

Canpolat (2018) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, Kayseri çinko-kurşun üretim tesisinde meydana gelen atıkları beton parke taşında agrega olarak kullanarak elde edilen numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Bir kontrol grubu ve 2 tane de yeni malzeme ile oluşturduğu numune grubuyla toplam 3 grup beton parke taşı numunesi elde etmiştir. Kimyasal katkı ile Kayseri çinko-kurşun üretim tesisi atığının değişken olarak kullanıldığı numunelere gereken deneyler yapılarak kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Canpolat, deneyler sonucunda numunelerin birim hacim ağırlığının azaldığını, su emme ve boşluk oranının arttığını, yarmada çekme dayanımlarının düştüğünü, aşınma direncinin azaldığını ve donma-çözülme direncinin azaldığını ve 28 günlük sonuçlara nazaran 90 günlük sonuçların daha iyi olduğunu gözlemlemiştir.

Kibici ve Ünal (2001) yapmış oldukları çalışmada, havuz çökeltisi (mermer tozu) şeklindeki mermer atıklarının beton üretiminde ince malzeme olarak kullandıklarında beton basınç dayanımındaki değişimi araştırmışlardır. İnce malzeme olan kuma ek olarak hacimce %10, %15 ve %20 oranlarında mermer tozu kullanarak ürettikleri beton numunelere basınç, ultra ses hızı ve su emme oranı tayini deneylerini yapmıştır. Sonuçları standart beton numune değerleri ile karşılaştırmış ve karışımına belirli oranlarda mermer tozu eklenen betonun özelliklerinde olumlu etkiler olabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Ceylan ve Mança (2013) yapmış oldukları çalışmalarında, mermer üretimi sonucunda ortaya çıkan iri parçalı atık mermerleri beton agregası olarak kullanmıştır. Çalışmaları

sırasında hem geleneksel beton agregası olan kırmataşa hem de atık mermer agregasına gerekli agrega deneylerini yaparak kontrol grubu agregası ile ve mermer atığı ile TS 802 standardına uygun olarak beton üretimi yapmışlardır. Elde ettikleri numunelere basınç dayanımı, Schmidt yüzey sertliği ve ultrasonik ses geçirgenliği deneylerini yaparak sonuçların birbirine çok yakın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çınar (2019) yaptığı doktora tez çalışmasında, atık mermer tozu ile uçucu kül ikame ederek oluşturduğu taze ve sertleşmiş çimento bazlı enjeksiyon harcının özelliklerini araştırmıştır. Çimento esaslı enjeksiyon harçlarını 4 grup karışımla hazırlamıştır. İlk grupta çimentoya ağırlıkça farklı oranlarda (%5, %10, %15, %20 ve %25) atık mermer tozu eklemiştir. 2. grupta çimentoya ağırlıkça %25 oranında uçucu kül ve farklı oranlarda (%10, %15, %20, %25 ve %30) mermer tozu eklemiştir. 3. ve 4. grup karışımlarına ise ilk 2 grubun oranlarını değiştirmeden karışım oranına ağırlıkça %20 oranında kil eklemiştir ve her grup için su/bağlayıcı oranını 0.75, 1, 1.25, 1.5 olarak seçmiştir ve toplamda hazırladığı 48 farklı enjeksiyon harçlarına her biri taze iken işlenebilirlik ve reoloji testleri yapmıştır. Özelliklerini belirlediği 3. ve 4. gruptaki karışımlar ile numuneler hazırlayarak farklı günlerde (3, 7 ve 28) basınç deneyleri yapmıştır. Her grup için su/bağlayıcı oranını dikkate alarak kontrol numuneleri hazırlamıştır ve bu kontrol numunelerinde 1. ve 2. seriye yalnızca su ve çimento eklemiş, 3. ve 4. seriye çimento, su ve kil ekleyip, katkı malzemesi eklememiştir. Deneylerden elde ettiği sonuçları kontrol numuneleri ile ve literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırdığında, uçucu kül ve atık mermer tozu kullanılmasıyla hazırlanan çimento esaslı enjeksiyon harçlarının zayıf zemin iyileştirmelerinde kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Kava (2013) yapmış olduğu çalışmasında, mermer katkılı 2 tipte portland çimento üretmiştir. Beraber ve ayrı öğütme yöntemleriyle klinker ağırlığına göre farklı oranlarda (%0-30) mermer katkısı kullanarak 2 ayrı Blaine incelik değeri hedeflemiştir. Elde ettiği katkılı çimentolarla hazırladığı harç numunelerinin bazı özelliklerini kendi aralarında ve Portland çimentosu kontrol harcıyla kıyaslamıştır.

Çalışmalarının sonucunda, ayrı öğütülen hammaddelerin tüm durumlarda beraber öğütülen yöntemden daha yüksek basınç dayanımı değerine ulaştığını gözlemlemiştir.

Yamanel (2015) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, Kayseri yöresine ait atık mermer tozu katkılı harçların dayanım ve dayanıklılık özelliklerini araştırmıştır. Çimento yerine ağırlıkça farklı oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) mermer tozu ikame ederek elde ettiği harç numunelerine çeşitli deneyler yaptığında, %5 oranında mermer tozu ile çimentonun yer değiştirilmesiyle oluşturulan harcın dayanım ve dayanıklılık özellikleri bakımından Portland çimentosuyla oluşturulan harçlara eşit özellikte olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Enbaya (2019) yaptığı çalışmasında, endüstriyel atıklardan olan uçucu kül ile mermer tozu kullanarak üretilen kendiliğinden yerleşen betonların çeşitli özelliklerini araştırmıştır. Farklı oranlarda mermer tozu ve uçucu kül ekleyerek 12 karışım grubu elde etmiştir. Hazırladığı karışımların çeşitli mekanik ve fiziksel özelliklerini inceleyerek, kendiliğinden yerleşen betonlarda çimento yerine kullanılacak bu ince malzemelerin optimum oranlarını tespit etmeyi ve tazelik-sertleşme özelliklerine etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Su/çimento oranını, karıştırma derecesini ve süper akışkanlaştırıcı katkı değerlerini sabit tutmuştur. Yaptığı deneyler sonucunda taze betonda iyi bir yayılma çapı ve fiziksel değerler elde etmiştir. Sertleşmiş beton deneylerinde ise yüksek basınç ve yüksek yarmada çekme değerlerine ulaşmıştır.

Ceylan (2000) yapmış olduğu çalışmasında, mermer fabrikalarında meydana gelen üretim atıklarından olan mermer tozunun endüstriyel hammadde olarak derz dolgu malzemesinde kullanılabilirlik durumunu araştırırken 4 özelliği (tane boyut dağılımı, kimyasal bileşim, beyazlık ve rutubet oranı) incelemiştir. Analizleri sonucunda fabrikalardan elde edilmiş atık mermer tozunun tane boyut dağılımı, beyazlık ve rutubet oranı açısından derz dolgu malzemesi üretiminde direkt kullanılmayacağını gözlemlemiştir. Derz dolgu malzemesi üretiminde kullanılabilmesi için mermer tozu atıklarının önce temizlenip, kurutulup öğütülmesi gerektiğini belirtmiştir.

İyiliksever (2014) yaptığı çalışmasında, atık mermer karışımını reaktif pudra betonunda kullanmıştır. Atık mermer karışımını önce kuvars pudrası yerine sonra da çimento ile farklı oranlarda (%5, %10, %15, %20, %25 ve %30) ikame ederek kullanmıştır. Numunelere basınç ve eğilme dayanımı, kırılma tokluğu, Schmidt test çekici ve ultra ses geçiş hızı deneylerini yaparak elde ettiği sonuçlara göre kuvars pudrası yerine atık

mermer karışımı kullanmasının mekanik özellikler açısından pek etki etmediğini gözlemlemiştir. Ek olarak, çimento ile farklı oranlarda yer değiştirilen atık mermer karışımının ekonomik olduğu ancak reaktif pudra betonunun mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Dağlı (2014) yapmış olduğu tez çalışmasında, atık mermer tozunu %25, %50, %75 ve %100 oranlarında, derz dolgu malzemesi yapımında kullanılan kalsit maddesi yerine kullanarak yeni numuneler hazırlamıştır. Deney numunelerini hazırlarken atık mermer tozu maddesi arttıkça karışımın renginin koyulaştığını, görüntünün matlaştığını ve karışımda topaklanmalar olduğunu gözlemlemiştir. Elde ettiği numunelere su emme oranı tayini, büzülme, yüzey sertliği, aşınma direnci, eğilme ve basınç dayanımı, donma-çözülme sonrası eğilme ve basınç dayanımı değerlerini tespit etmek üzere deneyler yapmıştır. Deney sonuçlarından elde ettiği verileri sınır değerler ile kıyasladığında atık mermer tozlarının derz dolgu maddesinde kullanılabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Gümüşsoy (2019) yapmış olduğu tez çalışmasında, beton atıklarından elde edilmiş agregaların harç üretiminde geri dönüşüm agregası olarak kullanılabilirliğini araştırırken; ince tanelere sahip, silisli doğal bir kum olan standart CEN kumu yerine farklı oranlarda (%25, %50, %75 ve %100) geri dönüşüm betonları agregası kullanıp yeni numuneler elde etmiştir. Elde edilen numunelere çeşitli deneyler yaptığında, geri dönüşüm beton agregası oranı arttıkça numunelerde basınç ve eğilme dayanımları azalırken kılcallık katsayı değerleri, su emme kapasiteleri, rötre ve aşınma dayanıklılığının da arttığını gözlemlemiştir.

Şahin (2018) yaptığı çalışmasında, harç üretiminde geri dönüştürülen agrega kullanımını araştırırken doğal agrega ile farklı oranlarda (%25, %50 ve %100) ikame edilen geri dönüşüm agregası ve çimento ile farklı oranlarda (%20 ve %40) ikame edilen uçucu kül kullanarak yeni harç karışımları elde etmiştir. Ürettiği bu harçlara basınç ve eğilme dayanımı, kuruma büzülmesi, aşınma dayanımı, su emme oranı tayini ve kılcal su emme deneyleri yaparak performans özelliklerini incelemiştir. Deney sonuçlarına göre; geri dönüşüm agregalarının kullanım oranı arttıkça harçlarda basınç ve eğilme dayanım değerlerinde azalma olurken harçlarda kılcallık katsayılarında, su

emmelerinde ve kuruma bzlmelerinde artış olduğunu gözlemlemiştir. Uçucu kül kullanıldığında da bu artış oranlarının daha az olduğunu gözlemlemiştir. Aşınma dayanımlarının ise geri dönüşüm agregası kullanım oranının artmasıyla iyileştiğini belirtmiştir.

Yakşe (2016) yapmış olduğu çalışmasında, Bilecik ilinde ortaya çıkan mermer atıklarının yol temel malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırırken Los Angeles, hava etkilerine ve donmaya karşı dayanıklılık, yassılık indeksi, organik madde tespiti (NaOH ile), su emme, metilen mavisi, Atterberg kıvam limitleri, kuru ve yaş CBR deneylerini yapmıştır. Deney sonuçlarını Karayolları Teknik şartnamesi ile karşılaştırdığında, kullandığı mermer atıklarının şartnamede belirtilen alt temel ve temel malzemesinin fiziksel özelliklerini taşıdığını ve uygun CBR eğrilerine sahip olduğunu grmştir.

Gürer (2005) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, Afyon ve çevresindeki mermer ocaklarında ortaya çıkan atık mermer parçalarının bitümlü yol kaplamalarının binder tabakasında agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Atık mermer ve andezit ocağı atıkları ile üretilmiş agregalar ve 2 ayrı şahit agrega numunelerine ilgili agrega ve sıcak karışım deneylerini yaparak sonuçları karşılaştırdığında atık mermerlerden üretilen agregaların hafif ve orta trafik hacmine sahip asfalt kaplamalarda binder tabakasında kullanılabilereği sonucuna ulaşmıştır. Atık mermerleri bu şekilde değerlendirerek evre ve ekonomi açısından önemli fayda sağlanacağını da belirtmiştir.

Alakara (2020) yaptığı tez çalışmasında, Tokat ilinde bulunan mermer işletmelerinde meydana gelen atık mermerleri, kentsel dönüşüm atıklarını ve doğal kalker agregalarını belirli oranlarda karıştırarak bitümlü sıcak karışımların binder tabakasında kullanılabilirliğini araştırmıştır. Oluşturmuş olduğu 6 agrega grubuna farklı oranlarda (%3.5, %4, %4.5, %5, %5.5, %6 ve %6.5) bitüm ekleyerek Marshall numuneleri elde etmiştir ve her karışım gruplarının optimum bitüm oranını belirleyerek sonuçları katkısız numune sonuçları ile karşılaştırdığında kullanmış olduğu bu atık malzemelerin bitümlü sıcak karışımlarda binder tabakasında kullanılabilereğini ne srmştir.

Böylece bölgede ortaya çıkan atık malzemelerin büyük oranda geri dönüştürülerek ekonomi ve evre açısından fayda sağlanacağı sonucuna varmıştır.

2.1. Agreg

İnşaat sektörünün en çok kullanılan ana malzemelerinden biri olan agrega; kum, çakıl ve kırmataş ile veya bu malzemelerin karışımından elde edilen mineral kökenli taneli malzemelerdir. Betonun yaklaşık %70-75 oranındaki kısmını oluşturan agregalar, beton üretiminde önemli bir yere sahiptir (Şahin, 2018).

Boyutlarına göre iri (kaba, çakıl ve kırmataş) ve ince agrega (kırmataş tozu, kum) olarak ayrılan agregalardan $D \geq 4$ mm olanlarına iri, $D < 4$ mm olanlarına ise ince agrega denilmektedir. Betonun oluşturan bileşenlerden en yaygın kullanıma sahip olmasının sebebi, agregaların yapısal özelliklerini betona olduğu gibi aktarabiliyor olmalarıdır (Anonim, 2020).

Agreganın beton üretiminde kullanılabilmesi için yabancı maddeler içermemesi, çimento ile zararlı reaksiyonlara girmemesi, yeterli basınç ve aşınma dayanımına sahip olması gibi çeşitli özelliklere sahip olması gerekir. Agregaları ayrıca elde edilmiş şekillerine göre de doğal ve yapay agrega olarak ikiye ayrılmaktadır (Memişoğulları, 2019).

2.1.1 Doğal agregalar

Doğal kayaların kırılmamış haliyle ya da tamamen fiziksel yollarla kırılmasıyla akarsu yatağı, teras, deniz, buzul, göl, ova, çöl agregaları ve eski dere yataklarındaki ocaklardan elde edilen agregalara doğal agrega denmektedir. Kullanım açısından en yaygın olanları dere yataklarından elde edilen agregalardır (Şahbaz, 2010).

2.1.2 Yapay agregalar

Fiziksel ve kimyasal işlemlere tabi tutulduktan sonra betonda kullanılabilir duruma getirilen, imalat ürünü olup bir nevi yeni malzeme sayılan agregalardır (Şahbaz, 2010).

Yüksek fırın cürufu, klinker gibi sanayi ürünü olan ürünler yapay agregaya örnek olarak verilebilir. Yapısal (kimyasal) ve şekilsel (fiziksel) farklılıklar gösteren bu agregalar belirli özel amaçlar doğrultusunda tercih edildiğinden kullanım alanları

sınırlıdır. Örneğin betonda ısı, ses geçirgenliği gibi özelliklerin geliştirilmesi istendiğinde farklı yapay agregalar seçilebilir (Anonim, 2020).

2.1.3. Beton parke taşları yönünden agregalar

Beton parke taşları; imalatı prefabrik şekilde yapılan, çeşitli yerlerde (park, bahçe, kaldırım, saha ve yol gibi) zemin kaplaması olarak kullanılabilirliğinden dolayı inşaat sektöründe geniş bir yer kaplayan yapı malzemeleridir (Anonim, 2020).

Beton parke taşlarında, yapım aşamasında kullanılan kalıpların bu malzemeye özel titreşimli özellikte olmasından dolayı düşük su/çimento oranına sahip olması nedeniyle istenen mukavemet değerini minimum çimento dozajı kullanarak elde etmek mümkündür. İmalat süresinin kısalığı ile de avantaj sağlayan beton parke taşları farklı renk ve boyutta üretilmektedir (Anonim, 2020).

Üretim esnasında yaygın olarak alt tabaka ve üst tabakası ayrı ayrı dökülen beton parke taşlarında alt tabaka taşıyıcı tabaka olup, yüzeyden gelecek yükleri zemine iletecek şekilde tasarlanırken, üst tabaka mekanik etki ile karşı karşıya kaldığından aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır ve görünen tabaka olduğundan estetik açıdan da önem arz etmektedir (Anonim, 2020).

Parkenin fiziksel anlamda kalıcılığı ve aşınma direnci üst tabaka ile ilgilidir ancak gerilme, mukavemet, donma-çözölmeye karşı gösterdiği direnç alt tabaka ile ilgilidir. Bu nedenle beton parke taşlarının imalatı sırasında kullanılacak malzemelerden biri olan agregalar özellik açısından önemlidir (Anonim, 2020).

Beton parke taşlarında kullanılacak agregaların, şartnamesindeki ilgili özellikleri karşılması gerekmektedir. Beton parke taşında agregalar; iri agrega ve ince agrega olmak üzere iki grupta incelenir.

İri agrega

Çizelge 2.1' de belirtildiği şekilde No.4 elekten geçemeyen, elek üzerinde kalan agregalar iri ya da kaba agrega olarak adlandırılır. İri agregalar; dayanıklı, sert ve tane şekli bakımından mümkün olduğunca küp ya da küreye yakın olmalıdır. Agrega

tanelerinde, maksimum boyut ile minimum boyut oranı 3' ten büyük olması durumunda tane şekli kusurlu sayılmaktadır ve karışımda şartnamenin gerektirdiği orandan fazla kusurlu tane bulundurulamaz (Standart Agregalı Beton Parke Taşları Teknik Şartnamesi, 2005).

Çizelge 2.1. İri agregaların granülometri sınır değerleri (Standart Agregalı Beton Parke Taşları Teknik Şartnamesi, 2005)

Elekten Geçen Malzeme (%)					
Elek Göz Açıklığı (mm)	Mıdır No 1	Mıdır No 2	Mıdır No 3	Balast	Tuvenan Çakıl veya Karışık Mıdır
40	100	100	100	100	100
31.5	100	100	100	0-20	95-100
16	95-100	20-60	0-20	0-10	50-70
8	25-55	0-5	0-5	0-3	20-34
4	0-10	-	-	-	0-10
2	0-4	-	-	-	-

İnce agrega

Çizelge 2.2' de belirtildiği şekilde No.4 ile No.200 elekleri arasında kalan agregalar ince agrega olarak adlandırılır. İnce agregalar; toz, kil topakları ve organik madde gibi zararlı diğer malzemelerden eleme, yıkama yöntemleri ile ayrıştırılmalıdır. İnce agregalar, iri agregaların aralarında oluşturmuş olduğu boşlukları doldurarak karışımda yoğunluğu sağlamaktadır. Üretimde kullanılacak ince agregaların; geometrik, fiziksel ve kimyasal değerleri şartnamede belirtildiği standartlarda olmalıdır (Standart Agregalı Beton Parke Taşları Teknik Şartnamesi, 2005).

Çizelge 2.2. İnce agregaların (kırmataş tozu) granülometri sınır değerleri (Standart Agregalı Beton Parke Taşları Teknik Şartnamesi, 2005)

TS 706 Elek Serisi (mm)	
Kare Göz Açıklığı (mm)	Elekten Geçen Malzeme (%)
8	100
4	90-100
2	55-75
1	35-60
0.5	20-40
0.25	15-30

0.125	5-15
0.063	0-7

2.1.4. Beton parke taşı tasarımında kullanılan agregaların özellikleri

Gradasyon

Agrega karışımları içerisindeki çeşitli dane boyutlarına sahip malzemelerin dağılımı ile ağırlıkları oranlarının belirlenmesine gradasyon denir. Agreganın granülometrisi (dane boyutu dağılımı) beton karışımı için ihtiyaç duyulan çimento miktarını hesaplamak için de önemlidir (Alakara, 2020).

Agregaların gradasyonu elek analizi ile belirlenir. Sürekli, boşluklu-sürekli (açık), tek boyutlu (üniform) ve kesikli gradasyon gibi çeşitli gradasyon tipleri bulunmaktadır.

Sürekli gradasyon tipi, en küçük agrega daneleri (ince) ile belli büyüklükteki iri (kaba) danelere kadar agrega içeren ve yüksek stabiliteli, en az boşluklu (yoğun) olan gradasyondur. İyi derecelenmiş gradasyon olarak da adlandırılabilen sürekli gradasyon, granülometri eğrisi grafiğinde sürekli bir eğri çizer ve boşlukların en iyi şekilde doldurulduğu gradasyon tipidir. Çünkü kaba agregalardan ince agregalara doğru çeşitli boyutlarda ve uygun miktarlarda malzeme bulundurduğundan boşluklar mümkün olduğunca doldurulmaktadır (Alakara, 2020).

Boşluklu-sürekli gradasyon (açık gradasyon) tipi, ince malzemesi olmayıp boşluk oranı yüksek olan gradasyondur. İri taneli agregaların arasını dolduracak yeterli ince malzemeler olmadığından yüksek oranda hava boşluğu içeren açık gradasyonlu bu agregalar drenaj ve filtre gibi amaçlarla kullanılabilir (Alakara, 2020).

Tek boyutlu (üniform) gradasyon tipi, tanelerin büyük bir kısmının dar bir boyut aralığında olduğu ve hatta çoğunun hemen hemen aynı boyutta olduğu gradasyon tipidir. Granülometri eğrisi dik şekillidir (Alakara, 2020).

Kesikli gradasyon tipi, yüksek boşluk oranına sahip olan bir gradasyon tipidir çünkü bazı tane boyutlarını içermemektedir (Alakara, 2020).

Tane şekli ve biçimi

Agrega tanelerinde istenen şekil mümkün olabildiğince kübiktir. Tanelerin en büyük boyutunun en küçük boyuta oranı 3' ten büyük olan, yassı ya da uzun olan agregataneleri ideal tane olmayıp şekilce kusurlu kabul edilmektedir. Ayrıca agregatanelerinin dokusundaki parlaklık ve camsılık da agregat ile çimento arasındaki aderansı etkileyeceğinden önemli bir husustur (Anonim, 2020).

Porozite

Agrega danelerinin yüzeyinde doğal olarak bir miktar boşluk bulunur. Danelerdeki boşluk oranı agregaya yapılan su emme deneyi ile belirlenir. Agregaların gözenekli yapısından kaynaklanan, su emme yeteneğine sahip boşluk oranına porozite denir. Porozite, mukavemetle yakın ilişkilidir. Agregadaki boşluk oranının düşük olması yani porozitesinin küçük olması agreganın basınç mukavemetini artırmaktadır (Anonim, 2020).

Agreganın kullanılacağı malzemenin kullanım süresi dahilinde sergilediği performans ve durabilite (dayanıklılık veya kalıcılık) yönünden de porozite önemli bir kavram olmaktadır. Agregatanelerindeki gözeneklerin farklı boyutta olması ya da danelerin jeolojik yapısı, elde edilecek beton malzemenin mekanik dayanıklılığını önemli derecede etkilemektedir (Anonim, 2020).

Tanelerin yüzey yapısı

Hazırlanacak beton karışımının ihtiyaç duyduğu su miktarının belirlenmesinin ve çimento-agregat arasındaki mekanik aderansın kuvvetinin belirlenmesinde agregatanelerinin yüzey yapısı rol oynamaktadır. Dane yüzeyinin pürüzlülüğü fazla olduğunda aderans artmaktadır. Yüzeyindeki girinti-çıkıntılarının oluşturduğu pürüzlülük sayesinde oluşturulan çimento hamuru boşluklara kenetlenerek ayrışmayı zorlaştırmaktadır. Yüzey yapısı pürüzsüz ve kaygan olan agregatanelerinin kullanıldığı karışımlarda ise su ihtiyacı azalırken aderans da az olacağından düşük mukavemet elde edilmektedir (Anonim, 2020).

Agrega yüzey yapısını dane yüzeyinin camsılığına, düzgün ya da pürüzlü oluşuna, kristalliliğine ve boşluk miktarına bağlı olarak sınıflandırmak mümkündür (Anonim, 2020).

Tane dayanımı

Beton parke taşı yapımında kullanılacak agregaların dayanıklı olması gerekmektedir çünkü zemin kaplama malzemesi olarak kullanıldığından belirli insan veya trafik yükleri etki ettiğinde ayrıışmaması ve direncini koruması gerekir (Anonim, 2020).

Agreganın sağlamlığının yanı sıra danelerin değişen hava etkisi altında gradasyonunun bozulmaması ve donma-çözölmeye karşı da dirençli olması gerekmektedir (Anonim, 2020).

Beton parke taşları servis ömrü boyunca karşılaştığı çeşitli dış etkilere (değişen hava etkisi veya trafik yükü gibi) karşı dayanıklı olmalıdır. Bu durum ise malzemeyi oluşturan agrega danelerinin dayanım ve durabilitesine bağlıdır. Aksi halde beton parke taşlarının gösterdiği performans zamanla daha hızlı azalacağından malzemenin servis ömrü kısalmaktadır.

Aşınmaya karşı direnç

Beton parke taşının aşınma direnci, içerisindeki agrega danelerinin aşınma direnci ile doğrudan ilgilidir. Agregada danelerinin sertliği/yumuşaklığı, boşluklu yapısı, yüzey pürüzlülüğü, camsı yapısı ve özgül ağırlığı agreganın aşınma mukavemetini belirlemede rol oynayan etkenlerdendir (Anonim, 2020).

Beton yapımında çimento ve suya kıyasla hacimce betonun büyük kısmını kullanılan agrega oluşturduğundan, beton kalitesini belirleyen en büyük etken içerisindeki agregadır. Dolayısıyla agreganın aşınma direnci fazla ise karışımında kullanıldığı beton parke taşının aşınmaya karşı direnci de yüksek olacaktır. Örneğin camsı bir yapıya sahip agregaların aşınma dayanımı düşük olduğundan, yol ve zemin kaplama malzemesi olarak kullanılan beton parke taşlarında kullanılması yerine aşınma direnci yüksek bir agrega türü tercih edilmelidir.

2.2. Mermer

2.2.1. Mermerin tanımı ve oluşumu

Jeolojik olarak kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), doğadan gelen belirli miktardaki ısı ve basınç etkisiyle başkalaşarak kristal bir yeni form kazanmasıyla oluşan doğal taşlara mermer denir (Sarıtaş, 2006).

Mermer ifadesi, yapısında %95 oranında kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeren kireç taşının çeşitli metamorfizma sonucunda kristalleşen taş sınıfını kapsamaktadır. Hem renk itibariyle hem de şekil ve desen bakımından güzel bir görüntüye sahip olması ile birlikte cilalanmaya, işlenmeye ve farklı boyutlarda blok verilmeye uygun bir yapısı olması gibi nispeten sahip olduğu avantajlarla inşaat sektöründe kullanılabilen her türlü taş malzeme mermer olarak adlandırılmaktadır (Arıkan, 1962).

Gerek dayanıklılığı ile gerekse de görünüm itibariyle estetik oluşundan dolayı giderek artan kullanım şekillerine örnek olarak inşaat sektöründe agrega malzemesi, kaplama ve döşeme malzemesi yerine kullanımı, sanat alanında süsleme ve süs eşyası olarak kullanımı, porselen ve cam sanayisinde kullanımı, optik alanında kullanımı, heykeltçilik ve mezar taşı alanında kullanımı verilebilir. Yüksek oranda kalsiyum içeren mermerler saf halde renksiz veya beyaz renkte olup mekanik ya da kimyasal olaylar sonucu rengi değişebilmekte olduğu gibi kırılma sonucu oluşan boşluklara kalsit birikmesi ile de damarlı görünüm kazanabilmektedir. Bilimsel anlamının yanı sıra ticari anlamda ise istenilen boyutta bloklar halinde kesilebilen ve parlatılabilen kaplama malzemesi standartlarında, orta sertlikteki taş malzemeye mermer denir ifadesi kullanılabilir (Ertaş ve ark., 2011).

Kalker olarak bilinen kireçtaşının başkalaşmasıyla oluşan sert bir kayaç türü olan mermer, kristalize kalker olarak da adlandırılabilir. Geçirdiği bu başkalaşım yüksek sıcaklık ve güçlü bir basınçla meydana gelmiştir. Mermerin özü diyebileceğimiz kalkerler ise kalsitlerden oluşmaktadır. Kalsitler, kalsiyum içeren taşların değişmesiyle ve karstik arazilerdeki travertenlerle ortaya çıkarak yüksek sıcaklık ve şiddetli basınç etkisiyle boşluklarını kaybetmesi sonucunda mermere sertlik kazandırmaktadır (Özmen, 2003).

Kaynak sularında bulunan CO₂' in ayrılmasıyla oluşan çökelti, suyun sıcaklığına bağlı olarak farklı türlerde mermer blokları oluşturmaktadır. Örneğin su sıcak ise oluşan taş kitlesine traverten, ılık veya soğuk sular ile oluşan taş kitlesine oniks mermeri denilmektedir. Sıcak su vasıtasıyla oluşan travertenler beyaz, sarı ve kahverenginde olup, güçlü bir kimyasal reaksiyon sonucu oluştuklarından büyük boyutlu blok elde etmek mümkündür. Soğuk veya ılık su vasıtasıyla oluşan oniks mermerleri ise beyaz, sarı, kahverengi, yeşil ve kırmızı gibi tonlarda olup çok yavaş şekilde meydana geldiğinden yarı saydam özelliktedir. Ayrıca dünyada az bulunduğu için kıymetli bir taştır (Arıkan, 1962).

Mermer gibi doğal taşlar, inşaat sektöründe doğadan çıkarılıp işlenerek geçmişten günümüze ticari biçimde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.2.2. Mermerin özellikleri

Mermerlerde bulunması istenen başlıca özellikler; rengi, yapısı, yüzey dokusu, parlak oluşu, cilalanabilirliği, sertliği ve bloklar haline getirilebilirliğidir. Mermer saf halde iken beyaz renkli olduğu gibi gri, siyah, bej, krem ve karışık renkli ya da damarlı çizgili de olabilmektedir. Mermerin yüzey dokusu, içerdiği kristalin tipi ve gözenek yapısı ile ölçülmektedir. Nispeten büyük bir bölümü kalsitten oluştuğu için, kalsitlerin yerleşimi de çoğunlukla düzensiz olduğundan dolayı mermerlerin parlatılabilir oluşu ve cilaya karşı duyarlılığı dokusuna bağlıdır. Eğer mermeri oluşturan kalsit kristalleri çok küçük ise parlatma işlemi yeterince başarılı olmamaktadır fakat kristaller çok büyük olduğunda da işleme ve kullanım esnasında dayanımı düşmektedir (Özmen, 2003).

Bileşimlerinde bulunan mineraller mermerin dayanıklılığını belirlemede etkin rol oynamaktadır. Örneğin saf kalsit mermerler çabuk aşınacağından, içeriğinde yeterli miktarda kuvars ve silikat minerallerini barındıran mermerlere göre daha dayanıksızdır. Bir başka özellik olarak mermerlerin sert veya yumuşak oluşu ise maliyet ve dayanım açısından önem arz etmektedir çünkü mermerin sertlik derecesi arttıkça ocaktan çıkarılıp kesilerek, şekil verilmesi veya parlatılması gibi işlemler zorlaşacağından işçilikle birlikte maliyeti de artacaktır. Sertlik derecesi düşük olan mermerlerin ise aşınma direnci azalacağından çabuk deforme olma sorunu bulunmaktadır. Kullanılacağı yere bağlı olarak, donma-çözülme etkisinden dolayı diğer tüm özellikleri gibi

mermerlerin gözenek yapısı da göz önünde bulundurulmalıdır. Gözeneklerin fazla olması mermerin su almasına sebebiyet vereceğinden donma-çözülme sonucu istenmedik bir çatlama olayı görülebilmektedir (Özmen, 2003).

2.2.3. Mermerin kullanım alanları

Dayanıklı olması sebebiyle başta inşaat sektöründe kullanılmasıyla birlikte, estetik açıdan güzelliğinden dolayı da heykeltçilik, dekorasyon, süs eşyaları yapımında ve mezarlıklar gibi çeşitli alanlarda mermer malzemesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak mermerlerin ocaklardan çıkarılması ve blok halinde çıkarılan mermerlerin işlenmesi gibi olaylar gerek maliyet açısından gerekse de iş gücü açısından daha kolay bir hal almıştır. Böylelikle mermer kullanımı geçmişten günümüze artmıştır. Geçmişten beri Anadolu’ da çıkartılabilen ve yaygın olarak kullanılan mermer, Anadolu’ da yaşamış olan eski medeniyetlerin de önemli eserler elde etmelerini sağlamıştır (Ertaş ve ark., 2011).

Mermerleri inşaat sektöründe iç ve dış cephe kaplama malzemesi olarak, zemin döşeme ve kaplama malzemesi olarak, mutfak tezgahlarında, lavabo üretiminde, merdiven basamaklarında kullanmak mümkündür. Ayrıca heykel ve süsleme sektöründe de güzel sanat malzemesi şeklinde kullanılabildiği gibi masa ve sehpa üretimi gibi mobilyacılıkta da kullanımı yaygındır (Özmen, 2003).

Tüm bu kullanım alanlarına ek olarak, kimyasal yapısında kalsiyum karbonat bulunduran mermerler yem ve gübre fabrikalarında, kimya alanında, mozaik ve suni mermer yapımında da kullanılabilmektedir. Ayrıca mermerlerin karayolunda da kullanımına uygun birtakım alanları bulunmaktadır (Sarıtaş, 2006).

Gerek yapısı gerekse de dayanıklı oluşu sebebi ile mermer malzemesi, sanatsal alanda kullanılabilecek en uygun malzemelerdendir ve geçmişten günümüze çeşitli sanat eserlerinde kullanılmıştır. Özellikle son yıllarda hijyen konusunun daha da önemli bir hale gelmesiyle birlikte hastanelerde, havaalanlarında ya da ticaret ve üretim işletmeleri gibi yerlerde de kullanımı hızla artmıştır (Sarıtaş, 2006).

2.2.4. Mermerin Dünya’ da ve Türkiye’ deki durumu

Dünya’ da mermerin durumu

İnsanlığın başlangıcından beri var olan mermerlerin yaygın bir kullanım alanı bulunmaktadır. Mermerler, geçmişten bugüne çeşitli amaçlarla hayatımızda büyük bir alanda kullanılmak üzere var olmuştur. Neredeyse her ülkede mermer üretilmektedir. Mermer rezervi bulunmayan ülkeler ise ham mermer ithal ederek kendi tesislerinde işlemektedir (Alakara, 2020).

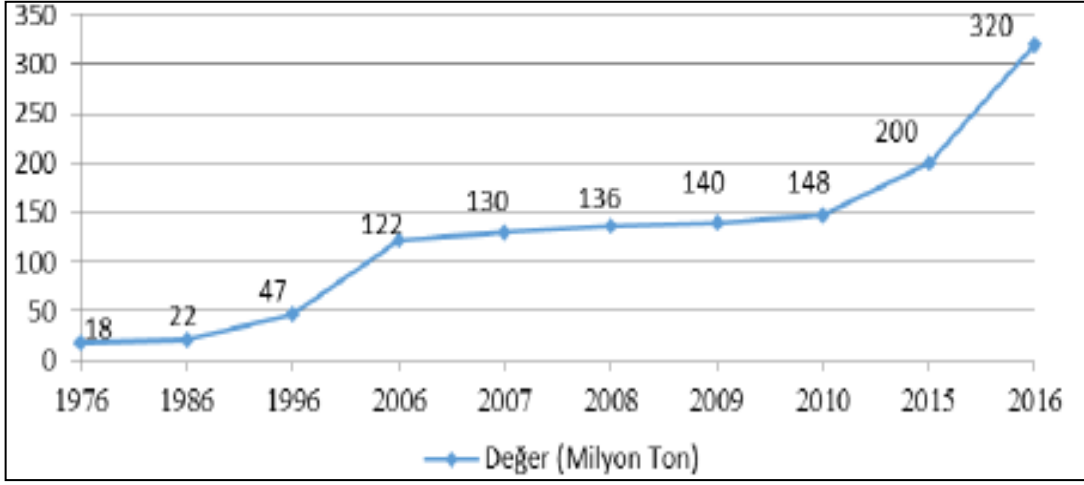
Dünya’ da mermer üretimi ve tüketimi 1970’ li yıllardan sonra gelişen teknoloji ile beraber taşımacılığın da ilerlemesi ile artmış olup, günümüzde de giderek artmaktadır. Tüketimdeki artışa bağlı olarak ülkelerin refah seviyesinin ve milli gelirlerinin de orantılı olarak arttığını söyleyebiliriz (Okubay, 2016).

Günümüzde belirli ülkelerle sınırlı olmayan mermer endüstrisi uluslararası bir boyuttadır.

Mermerlere alternatif olabilecek birçok malzeme üretilmesine ve mermer fiyatlarında artış görülmesine rağmen dünyada mermer tüketimindeki artış da korunmuştur (Ceylan, 2000).

Doğal taş malzemelerin tasarımcılar tarafından sıklıkla tercih edilmesi nedeniyle dünyada doğal taş tüketicileri de artmıştır. Dünya genelindeki doğal taş rezervlerine bakıldığında ülkemizin de içinde bulunduğu Alp-Himalaya kuşağında yer alan İtalya, İspanya, İran, Portekiz, Pakistan, Türkiye ve Yunanistan gibi ülkelerin yüksek karbonatlı kayaç (mermer, kireçtaşı, traverten, oniks) rezervine sahip olduğu görülmektedir. Çin başta olmak üzere Asya kıtasında Hindistan ve İran da güçlü üretim potansiyeline sahipken, Avrupa kıtasında ise Türkiye, İtalya, Portekiz ve İspanya doğal taş üretimi ve ticareti bakımından önemli ülkelere sahiptir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2020).

Birçok bilimsel araştırma yapılmasına karşın dünyadaki mermer rezervinin dağılımına dair net verilere ulaşmak kolay değildir. Ancak, üretim açısından bir değerlendirme yapıldığında Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi mermerin de dahil olduğu doğal taş üretiminin giderek arttığı görülmektedir (Okubay, 2016).



Şekil 2.1. Dünya doğal taş üretiminin 1976-2016 yılları arasındaki değişimi (Okubay, 2016)

Çizelge 2.3' te görüldüğü gibi, mermerin rezerv miktarı ve çeşitliliği ile dünyadaki mermer piyasasında ülkemiz de önemli bir konumdadır.

Çizelge 2.3. Dünya' da mermer üreticiliğinde en büyük ülkeler (Alakara, 2020)

Ülkeler	Üretim Miktarı (Ton)
Çin	11.000.000
İtalya	8.700.000
Hindistan	4.500.000
İspanya	4.500.000
Türkiye	2.000.000
Kore	2.000.000
Brezilya	2.000.000

Türkiye' de mermerin durumu

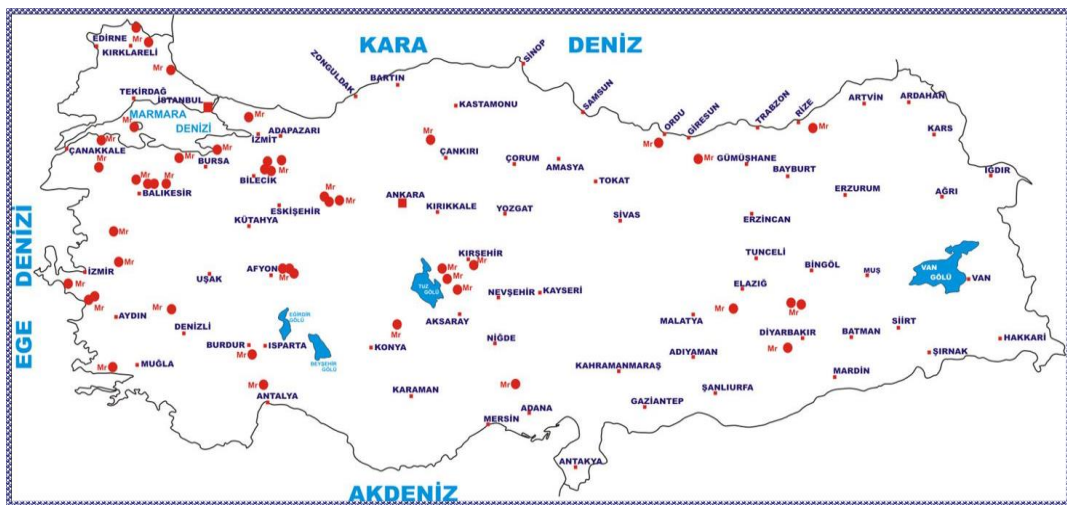
Dünyanın en zengin mermer rezervine sahip olan Alp kuşağında bulunan ülkemizin mermer rezervi, 5,1 milyar metreküp ve 13,9 milyar ton ile 15 milyar metreküp olduğu tahmin edilen toplam dünya mermer rezervinin %33' üne karşılık gelmektedir. Türkiye' nin dünyadaki mermer piyasasında önem arz eden bir konumda bulunma sebepleri şöyle

sayılabilir; mermer yataklarının zenginliğinden kaynaklanan hammadde ve çeşit bolluğu, sektördeki deneyim ve dinamiklik, teknolojik gelişmeler, deniz ulaşımı ile nakliyede kolaylık ve mermer renklerindeki çeşitlilik. Türkiye’ de mermer rezervi Anadolu ve Trakya’ da geniş bir alana yayılmaktadır. Çizelge 2.4’ te Türkiye’ nin mermer rezervinin bölgelere göre dağılımı gösterilmiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2020).

Çizelge 2.4. Türkiye’ deki mermer rezervinin bölgelere göre dağılım oranları

Bölge	Rezerv Miktarı (%)
Ege Bölgesi	32
Marmara Bölgesi	26
İç Anadolu Bölgesi	11
Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri	31

Türkiye’ de mermer ve doğal taş sektöründe hemen hemen 1.500 ocak, fabrika boyutunda faaliyetini yürüten 2.000 tesis, orta ve küçük ölçekte ise 9.000 atölye bulunmaktadır. Bu alanda yaklaşık olarak 300.000 kişi istihdam edilmiştir. Şekil 2.2’ de de görüldüğü gibi ülkemizde mermer yatağı bulunan iller; Afyon, Denizli, Muğla, Balıkesir, Bilecik, Tokat, Kayseri, Sivas, Çorum, Bayburt, Kütahya, Niğde, Erzincan, Eskişehir, Bitlis, Kastamonu, Artvin, Bursa, Manisa, İstanbul, Kırşehir, Konya, Çankırı, Çanakkale, Elazığ ve Diyarbakır’ dır. Bu illerden en fazla üretim yapanlar; Afyon, Denizli, Balıkesir, Muğla ve Denizli olup, toplam üretimleri tüm üretimin %65’ ini kapsamaktadır (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2020).



Şekil 2.2. Türkiye mermer rezervi haritası (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Türkiye’ de 80’ den fazla yapıda, 120’ den fazla renk ve desende mermer çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan; Süpren, Akşehir Siyah, Bilecik Bej, Elazığ Vişne, Manyas Beyaz, Ege Bordo, Kaplan Postu, Gemlik Diyabaz, Denizli Traverten, Afyon Şeker ve Milas Leylak mermerleri uluslararası piyasada en çok tanınan çeşitlerdir. Türk mermeri gerek renk çeşitliliğiyle gerekse de kalitesiyle dünyada Disneyland, Vatikan-Saint Pierre Kilisesi, ABD-Beyaz Saray, Alman Parlamentosu, Fransa Parlamentosu ve ABD Temsilciler Meclisi gibi pek çok ülkenin dünyaca tanınmış mekanlarında kullanılmıştır. Mermer sektörü; ihracat potansiyeli, iç piyasa tüketimi, doğal taş makinesi üretimi ve ihracatıyla ülkemiz ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda gelişen teknoloji ve nitelikli işgücü sayesinde mermer üretimi artış göstermektedir. Mermer üretimi kapsamında dünya genelinde lider 10 büyük üreticiden biri de Türkiye olmuştur (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2020).

2.2.5. Mermer atıkları

Hızla gelişen ülkelerde refah seviyesi ve zenginleşme artarken, bu hızlı gelişmeye bağlı olarak çeşitli olumsuz durumlar da meydana gelmektedir. Endüstriyel alandaki hızlı gelişmenin sebep olduğu başlıca sorun, işlem gören hammadde sonucunda ortaya çıkan atık malzemelerdir. Özellikle son dönemde daha da önem kazanan atık malzemelerin değerlendirilmesi konusunda birçok çalışma yapılmasına karşın çevre kirliliği ve atık malzemenin depolanması gibi problemler devam etmektedir. Çevreye yaydığı olumsuz etkinin yanı sıra atık malzemelerin değerlendirilememesi ülke ekonomisini de olumsuz etkilemektedir. Geri dönüşüm uygulamaları dahilinde, ortaya çıkan işlevsiz atık malzemeler tekrar endüstriyel kullanıma kazandırıldığında hem çevresel anlamda olumsuz durumlar azaltılmış olacak hem de ekonomik bir kazanım söz konusu olacaktır.

Dünyada birçok ülkede gerek bilim insanları gerek politikacılar olsun atık malzemeleri ekonomiye geri kazandırma ve geri dönüşüm amacıyla çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Geri dönüşümün yanında yeni ürün elde etme kapsamında da atık malzemeleri katkı maddesi olarak kullanmaktadırlar. Ekonomik döngüye yeniden dahil olan atıklar, hem sınırlı miktarda olan mevcut kaynak kullanımını azaltıp hem de doğaya verilen zararı minimuma indirerek sürdürülebilir politikaya katkı sağlamaktadır. Böylece atık

malzemelerin depolanmasından kaynaklanan çevre sorunları da azaltılmış olmaktadır (Okubay, 2016).

Türkiye’ de hızla gelişen inşaat sektörü sebebiyle mermer malzemesine olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu talebe cevap verebilmek için de mermer ocakları ve işleme tesislerinin sayısı da arttığından bu tesislerin yoğun olarak bulunduğu bölgelerdeki atık mermer sahaları da artmaktadır (Okubay, 2016). Mermerlerin ocaklardan blok halinde çıkarılması sonucunda ve işleme sürecinde farklı boyutta parçalar halinde ya da toz halde atıklar ortaya çıkmaktadır. Mermer ocaklarında patlatma, kamalama gibi yöntemlerle parça atıklar meydana gelir. Mermer işleme fabrikalarında ise parça atıkların yanında toz atıklar da ortaya çıkabilmektedir. Parça haldeki atıklar çoğunlukla fabrika alanında stoklanıp talep olması durumunda satılmakta iken toz atıklar üretimde kullanılan su ile beraber havuzlarda toplanmaktadır (Ceylan, 2000). Şekil 2.3’ te atık parça mermerler, Şekil 2.4’ te ise atık toz mermerler görülmektedir.

Mermer ocaklarında blok çıkarılırken oluşabilecek makine arızaları sebebiyle istenmeyen çatlaklar meydana gelebilmekte ve işleme gönderime uygun blok üretilmemektedir. Bu durum çeşitli boyutlarda atık mermer parçalarının oluşmasına yol açmaktadır. Yapıdaki süreksizliklerden kaynaklanarak blok vermeyen iri mermerlerin piyasa değeri bulunmadığından çoğunlukla değerlendirilemeyip bırakıldığı gözlemlenmektedir. Mermer ocaklarında atık malzeme oluşmasının bir diğer sebebi ise sayalama işlemidir. Makine ile taşın yontulmasına sayalama denilmektedir. İstenilen ebatlarda mermer elde etmek için iri ve orantısız kütle mermerler yontulmakta ve bu durumda ortaya çıkan ve kullanılamayacak şekildeki malzeme pasa olarak adlandırılmaktadır (Okubay, 2016).

Rüzgarlı günlerde ve sıcak havalarda daha belirgin olmakla beraber, mermer çıkarım ve işleme tesislerinde fazlaca toz kirliliği oluşmaktadır. Çevrede bulunan ağaçlara ve bitki örtüsüne zarar veren bu atık maddeler, çevreye uyumlu bir şekilde yönetilemeyip geri kazandırılmadığı takdirde büyük bir kısmı atık olarak kalarak çevre sorununa yol açmaktadır. Bu tür atıklar tehlikeli atık grubunda olmadığı için doğada bırakılması yerine geri kazanılması çevre kirliliğini azaltacaktır. Türkiye’ de yeterli şekilde değerlendirilemeyen atık mermer malzemeler, Batı Avrupa ve Amerika Birleşik

Devletleri' nde ülkemizden daha fazla oranda değerlendirilmektedir. Mermer atıkları inşaat sektöründe birçok farklı alanda kullanılabilir. Asfalt karışımlarında ve betonda agrega olarak, baraj ve yol zeminlerde dolgu malzemesi olarak, antik ve karo taş yapımı alanlarında kullanılabilir gibi kiremit üretiminde ve çimento sanayisinde hammadde olarak da belirli oranlarda mermer çamurları kullanılabilir. Özellikle, ağır trafik yüklerine maruz kalmayan şehir içi yollar ve köy yolları gibi yollarda da atık mermerler kullanılabilir (Alakara, 2020).



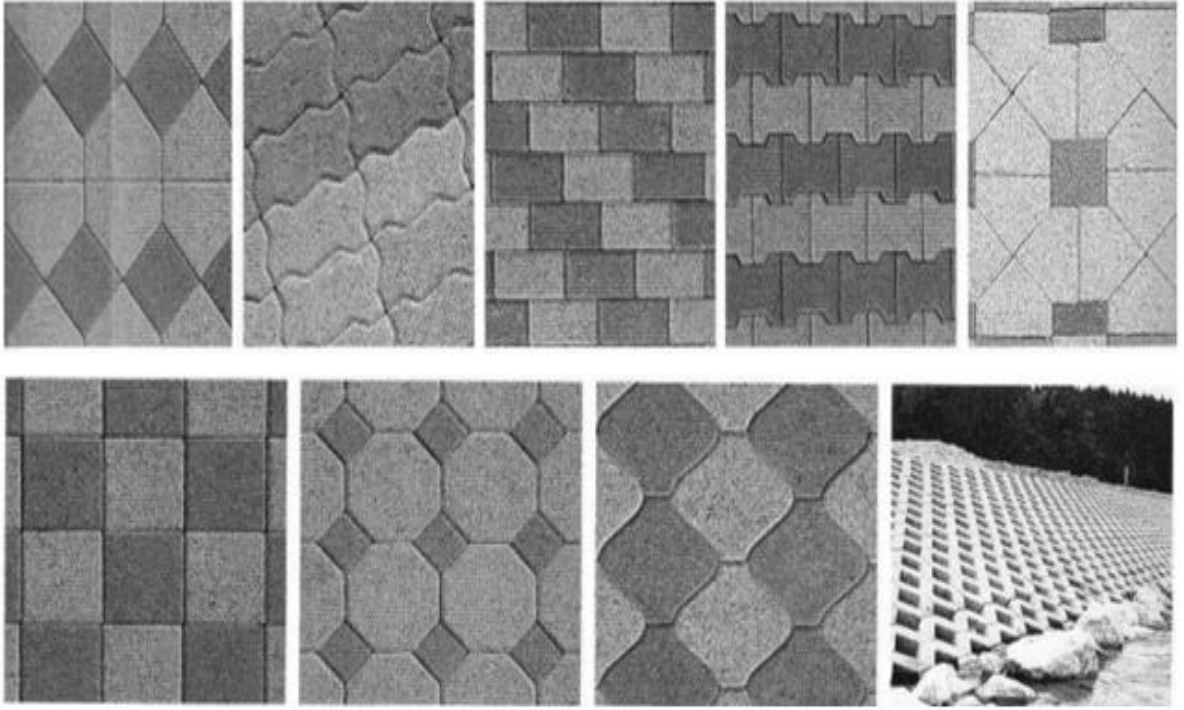
Şekil 2.3. Fabrika atığı parça mermerler



Şekil 2.4. Fabrika atığı toz mermer

2.3. Kilitli Beton Parke Taşları

Belirli oranlarda çimento, agrega, su ve gerekirse katkı maddelerinin karışımıyla beton parke makinelerinde üretimi yapılan yapı elemanlarına beton parke taşı denir. Şekil 2.5' te modelleri görülen ve Çizelge 2.5' te boyut ve ağırlıkları belirtilen beton parke taşları; çeşitli şekillerde, renklerde ve boyutlarda prefabrik olarak üretilmekte ve kaplama malzemesi olarak giderek yaygınlaşan bir şekilde kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına örnek olarak; taşıt trafik yükünün fazla olmadığı kent içi yollar, yaya yolları, site içi bağlantı yolları vb. verilebilir. Beton parke taşları; kilitli parke taşları, baklava parke taşları, küp parke taşları, yelpaze parke taşları, damla taşı, beşgen parke taşları, S tipi tırtıl parke taşları, çim dekor parke taşları, kupa parke taşı, kare parke taşları, çimtaş, yuvarlak çimtaş, süper dekor parke taşları, delta parke taşları ve yapraktaş olarak farklı tiplerde üretilebilmektedir (Yıldız, 2013).



Şekil 2.5. Beton parke taşı modelleri (Prof. Dr. M. Halim PERÇİN, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Konstrüksiyonu 1 Ders Notları)

Beton ve asfalt yollara alternatif olabilen parke taşları ile kaplı yol döşemeleri, uygun alt zemine araları kumla doldurulan ve yan yana dizilen tekli parke taşlarından oluşmaktadır. Beton parke taşlarını diğer döşemelerden ayıran bazı özellikleri vardır. Bunlar; parke taşlarının mekanik davranışı, üretim ve yerleştirme teknikleri, yapısal tasarımı ile yapısal davranışlarıdır (Aslantaş, 2004).

Çizelge 2.5. Standart kilitli beton parke taşlarının boyut ve ağırlıkları (Yıldız, 2013)

Boyut(cm)			M ² ' deki adet	Ağırlık (kg)	
Genişlik	Uzunluk	Yükseklik		1 adedin ağırlığı	1 m ² ' nin ağırlığı
16,3	19,8	10	36	5,80	210
16,3	19,8	8	36	4,80	173
16,3	19,8	6	36	3,80	135

Avrupa ve Amerika ülkelerinde sıklıkla kullanılan kilitli beton parke taşları, ülkemizde de tercih edilmiş bir zemin döşeme ve kaplama elemanıdır. Asfalt ve beton kaplamalarının kullanıldığı yerlerde kullanılabilen ideal bir malzeme olmasının sebepleri; çeşitli iklim koşullarında özel donanımlara ve ağır araçlara gerek olmadan döşenebilmesi, işçiliğinde uzmanlık gerektirmeyişi, bakım ve onarımının kolay ve ucuz oluşu, su ve dondan etkilenmeyişi, sürtünmeli yüzeyinden dolayı karda ve buzlu havalarda kaymaması, nakliyesinin kolay oluşu, yağmur suyunu toprağa ulaştırarak ekolojiye katkıda bulunması, beton parke bloklarının tekrar kullanılabilirliği, asfalt ve beton yola oranla daha ekonomik oluşu şeklinde sayılabilir (Tekmen, 2006).

Türkiye’ de bulunan çok sayıda özel ve resmi kuruluş beton parke blok tesislerinin kurulmasına yoğunlaşmıştır. Özellikle kaldırımlarda ve şehir içi yollarda avantajlı kullanımı sebebiyle beton parke tesislerine belediyeler gerekli önemi vermektedir. Günümüzde apartman ve site gibi yapılarda çevre düzenlenmesinde de kullanılan kilitli beton parke blokları giderek yaygınlaşmıştır. Ayrıca beton parke bloklarının üretiminde gerekli olan malzemelerin ülkemizde bolca bulunuyor olması ile artan üretim, ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır (Tekmen, 2006).

Günümüzde gerek hızlı, yerli ve ekonomik imalatı ile gerekse de onarımının kolaylığı ile şehir içinde sokak, yaya kaldırımı, meydan, açık otopark ve parklarda sıklıkla beton parke taşları kullanılmaktadır. Kullanım yer ve amaçlarına göre aşınma, çekme, çarpma ve eğilme gibi birtakım zorlanmalarla karşı karşıya kalırlar. Bu gibi zorlanmalar betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etki ettiğinden dolayı betonun mukavemeti yeterli düzeyde olmalıdır. Çoğu ülkede beton parke taşları için dayanım, aşınma ve dayanıklılık gibi özellikler konusunda oluşturulmuş standartlar bulunmaktadır. Ayrıca TS 2824 EN 1338’ de basınç dayanım değeri belirtilmemişken yarmada çekme dayanımı belirtilmiştir. Üretimi yapılan parke taşlarının yaya yolu veya ağır trafik yükünün etki ettiği yollar gibi uygulanacağı alan özelliklerine göre çeşitli yüklere maruz kalacağı göz önünde bulundurularak dayanım gerekliliklerine trafik yükünün de dahil edilmesinin daha yararlı olacağı görülmektedir. Çizelge 2.6’ da TS 2824 EN 1338 standardına ait çeşitli gereklilikler gösterilmiştir (Topçu, 2019).

Çizelge 2.6. TS 2824 EN 1338 beton parke taşına ait dayanım özellikleri

Gereklilikler	TS 2824 EN 1338
---------------	-----------------

Basınç Dayanımı (MPa)	-
Çekme Dayanımı (MPa)	Ortalama $\geq 3,6$ MPa Tek sonuç $> 2,9$ MPa Min. kırılma yükü 250 N/mm
Su Emme (%)	A sınıfı için yok B sınıfı (2.sınıf) için ≤ 6
Aşınma Dayanımı	F sınıfı (1.sınıf) için yok H sınıfı (3.sınıf) için ≤ 20 cm ³ /50 cm ² I sınıfı (4.sınıf) için ≤ 18 cm ³ /50 cm ²

TS 2824 EN 1338' e göre beton parke taşlarının görünüşünün uygun sayılabilmesi için gözle yapılacak değerlendirmede yüzey boşlukları, çatlaklar, çukurluk ve pürüzler bulunmamalıdır. Ayrıca donmaya karşı direnç konusunda ise belirtilen duruma göre, her numune için kütle kaybı %3 ile sınırlandırılmıştır (Açıkgöz, 2008). Şekil 2.6' da TOGÜ (Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi) kampüsünde bulunan yaya kaldırımında uygulanmış beton parke taşları görülmektedir.



Şekil 2.6. TOGÜ’ de kilitli beton parke taşı ile yapılmış bir kaldırım örneği

2.3.1. Kilitli beton parke taşlarının avantaj ve dezavantajları

Türkiye’ deki yapılaşmaya bakılarak inşaat sektöründe hızla gelişen çimento ve hazır beton sanayisi sayesinde ve ülkemizin çeşitli bölgelerindeki hava şartlarının yılın her mevsimi beton dökümüne elverişli olmayışı sebebiyle, parke taşı tesislerinde üretilen beton parke taşlarını yağışsız her mevsimde kullanılacağı zemine döşemek mümkündür. Fabrikasyon olarak imal edilen kilitli beton parke taşlarının tercih edilmesinde etkili olan avantajlarını aşağıdaki gibi örnekleme mümkündür.

- Fabrikalarda parke makinesi aracılığıyla kapalı alanda üretilmesinden dolayı yüksek aşınma direncine sahip agregalar ile kalitesi iyileştirilmiş beton

kullanmak ve dolayısıyla da yüksek mekanik dirençli bir kaplama elde etmek mümkündür.

- Prefabrik olarak üretimi yapıldığından kilitli parke taşlarının imalatının her aşamasında sürekli kalite kontrolü yapılabilmektedir.
- Kullanılan özel kalıplar sayesinde boyut olarak hassas ölçülerde ve istenen görünüşte kısa sürede üretilebilmektedir.
- Üretim hızının yanı sıra üretim kapasitesi de büyüktür.
- Kaplamanın ardından yolun trafiğe hemen açılabilmesi mümkündür.
- Kaplamayı uygularken imalat, olumsuz hava durumundan etkilenmemektedir.
- Kilitli beton parke taşlarının yan yana dizilmesinde etkili olan girinti ve çıkıntılar araçların fren yapmasında ve hızlanması gibi durumlarda oluşan yatay kayma gerilmelerini kolayca aktarabilmektedir.
- Taşıtlardan dökülebilecek yağ ve yakıt malzemesi gibi kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır.
- Telefon, su, elektrik ve kanalizasyon gibi alt yapı çalışmalarının yapım esnasında malzeme kaybı olmaksızın kolaylıkla yapılabilmesi ve bozulan yüzeylerin kolaylıkla onarılabilmesi mümkündür.
- Kilitli beton parke kaplamaların yapılmasından itibaren uzun yıllarca bakıma ihtiyaç duyulmadığı bilinmektedir.
- Birçok renk ve geometrik şekilde üretilebilmesi nedeniyle çeşitli mekanların farklı modellerle kaplanabilmesi açısından çevreye görsel uyum sağlamaktadır.
- Yerli malzeme kullanılabilirliği ile ekonomik olarak üretilmektedir.
- En az beton kaplama kadar mukavemete sahiptir.
- Kür şartları konusunda avantajlıdır.
- Beton parke taşları kademeli olarak inşaata uygun bir yapı elemanıdır.
- Hızlı, ekonomik üretim ve uygulaması ile birlikte kolay ve seyrek ihtiyaç duyulan bakım-onarıma sahiptir (Öztaş ve Ağar, 2005).

Bu avantajlarla beraber, kilitli beton parke taşları ile yapılan kaplamalarda kalifiye elemanlara ihtiyaç duyulması ve şehirlerarası yollarda pratik ve ekonomik olmayışı gibi nedenler bu kaplama türünün olumsuz yanlarını oluşturmaktadır (Öztaş ve Ağar, 2005).

Kilitli beton parke taşları hava etkisi ile direkt bir temas halinde olduğundan, olumsuz hava şartlarına ve diğer dış etmenlere maruz kalması sonucunda bozulmalara uğrayabilmektedir. Beton parke taşlarına olumsuz etki eden bazı dış etkiler şu şekilde örneklenebilir:

- Yazın etkiyen sıcak hava ile kışın etkiyen soğuk hava ve bu mevsimin getirdiği yağış, rüzgar, don gibi olayların bulunduğu meteorolojik faktörler,
- Zamanla renk değişimine sebep olacak kadar maruz kalınan hava kirliliği (Yıldız, 2013).

2.3.2. Kilitli beton parke taşlarının özellikleri

Kilitli beton parke taşı yapımında kullanılacak betonda aranan özellikler; taze halde iken işlenebilirlik, sertleşmiş halde ise yüksek dayanım ve dayanıklılıktır. Bu özelliklerden betonun işlenebilme özelliği ve basınç dayanımı kısa zamanda belirlenebilmektedir (Yıldız, 2013).

Dayanıklılık konusunda en önemli etmen boşluk olmamasıdır. Betondaki boşluklar ve çatlak çapı, beton yüzeyine etki eden iklim ile bağlantılıdır. Kilitli beton parke taşında, betona etki eden dış ortam fiziksel ve kimyasal olarak etkimektedir. Fiziksel faktörleri atmosfer şartlarında ıslanma ve kuruma, donma ve çözülme, aşınma, kum fırtınası ve taşıtların etkileri olarak sıralamak mümkündür. Kimyasal faktörler ise iç ve dış etkenler şeklinde belirlenebilir. Bu iç etkenler, betonu oluşturan malzemelerin kimyasal yapısındaki bileşiklerin limit değerlerinin dışında kalması ile meydana gelmektedir. Dış etkenlerse beton çevresinde olan dış ortamı temsil eder. Bu dış ortam buz çözücü tuz, zemin suyu, hava kirliliği ve endüstriyel katı atıklardan kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, betonun kullanıldığı yere göre sahip olması gereken birtakım mekanik özellikleri de vardır (Yıldız, 2013).

Kilitli beton parke bloklarının basınç gerilmesi ile birlikte çekme mukavemetine, çarpma ve aşınma dayanımına da sahip olması istenmektedir. Bu gibi mekanik özelliklerin yanında beton parke taşlarının boyut ve görünüşü de belirli standartlarda olmalıdır (Yıldız, 2013).

Dış mekanlarda yıllarca bozulma olmaksızın kullanılabilen çeşitli renk ve modeldeki beton parke blokları, düşük üretim maliyetinden dolayı ekonomik oluşunun yanı sıra sağlığa ve çevreye zararlı olup işe yaramayan atık malzemelerin aksine sökülerek tekrar kullanım imkanı ile doğaya yararlıdır. Zemin döşemelerinde kullanılan kilitli beton parke taşlarının su emme oranı %5-6' dan daha düşük olduğundan asfalt gibi diğer kaplama malzemelerine göre daha uzun ömürlüdür. Uzun yıllar boyunca hava şartlarına ve maruz kaldığı yüklere dayanan beton parke bloklarının gerek sağlamlığı gerek kullanım ömrü oldukça avantajlı bir durumdadır. Bu tür zemin kaplama malzemelerinin ömrünü etkileyen bir diğer faktör de aşınma direncidir (Canpolat, 2018).

Kilitli beton parke taşlarının düşük su/çimento oranına sahip betondan elde edilmesi ile birlikte üretimi sırasında titreşime ve baskıya tabi tutulması dayanımını maksimum değerlere çıkarabilmektedir. Titreşim ve sıkıştırma sayesinde betondaki mevcut hava boşluklarının en aza indirilmesiyle su emme oranı azalmaktadır. Su emme oranının azalması ise donmaya karşı dirençli olmasına sebebiyet vermektedir. Yüksek donma direncine sahip prefabrik beton parke taşlarının servis ömrü, asfalt veya yerinde dökülen beton gibi alternatif kaplama malzemelerine oranla daha uzundur (Canpolat, 2018).

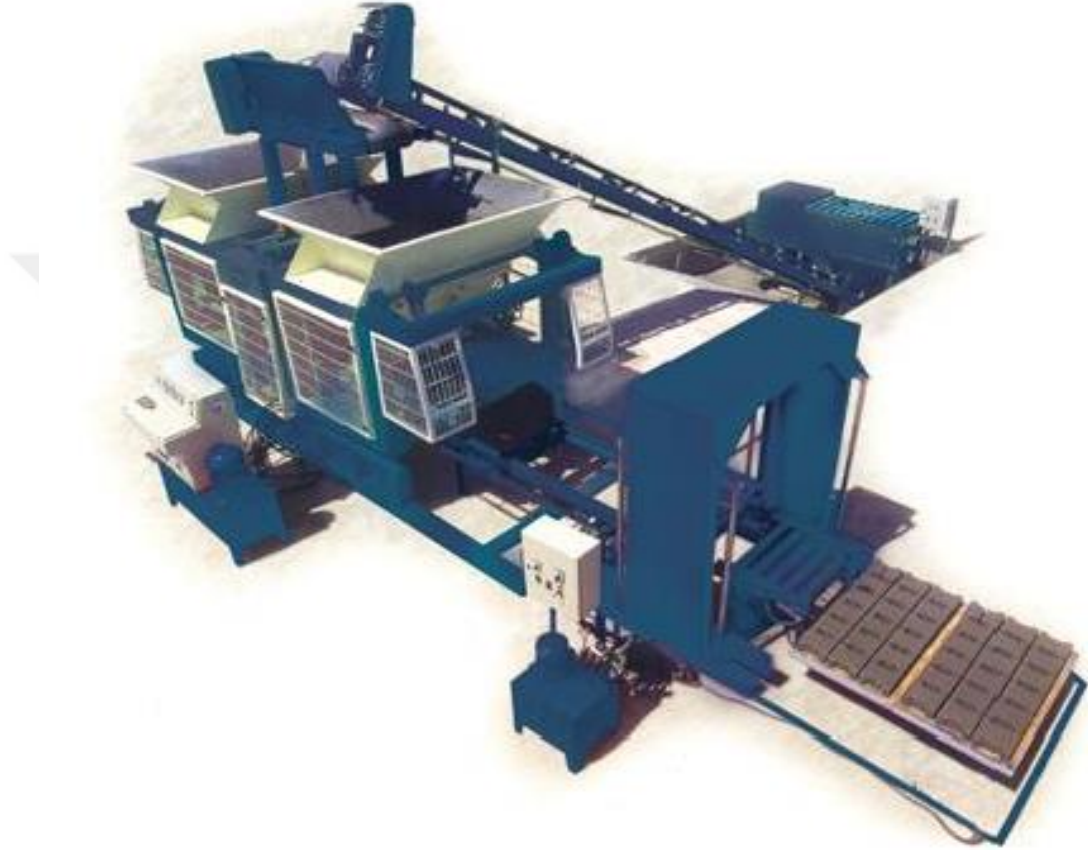
TS 2824 EN 1338' e göre beton parke taşlarının sahip olması gereken şartlar şu şekildedir:

- En düşük 2,9 MPa olmakla beraber, ortalama 3,6 MPa yarmada çekme dayanımı
- Tek numunede en fazla %7 olmakla beraber, ortalama %5 su emme oranı
- Tüm numuneler için en fazla %3 kütle kaybı olacak şekilde dona karşı dayanıklılık
- Gözle yapılacak değerlendirmeye göre çatlak, yüzey boşluğu, çukur veya pürüz gibi kusurların olmaması (Yıldız, 2013).

Bahsedilen fiziksel ve mekanik özellikleri sağladığı takdirde birçok konuda avantajlı sayılan kilitli beton parke taşlarının kullanım alanları giderek genişlemekte ve kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

2.3.3. Kilitli beton parke taşlarının üretimi

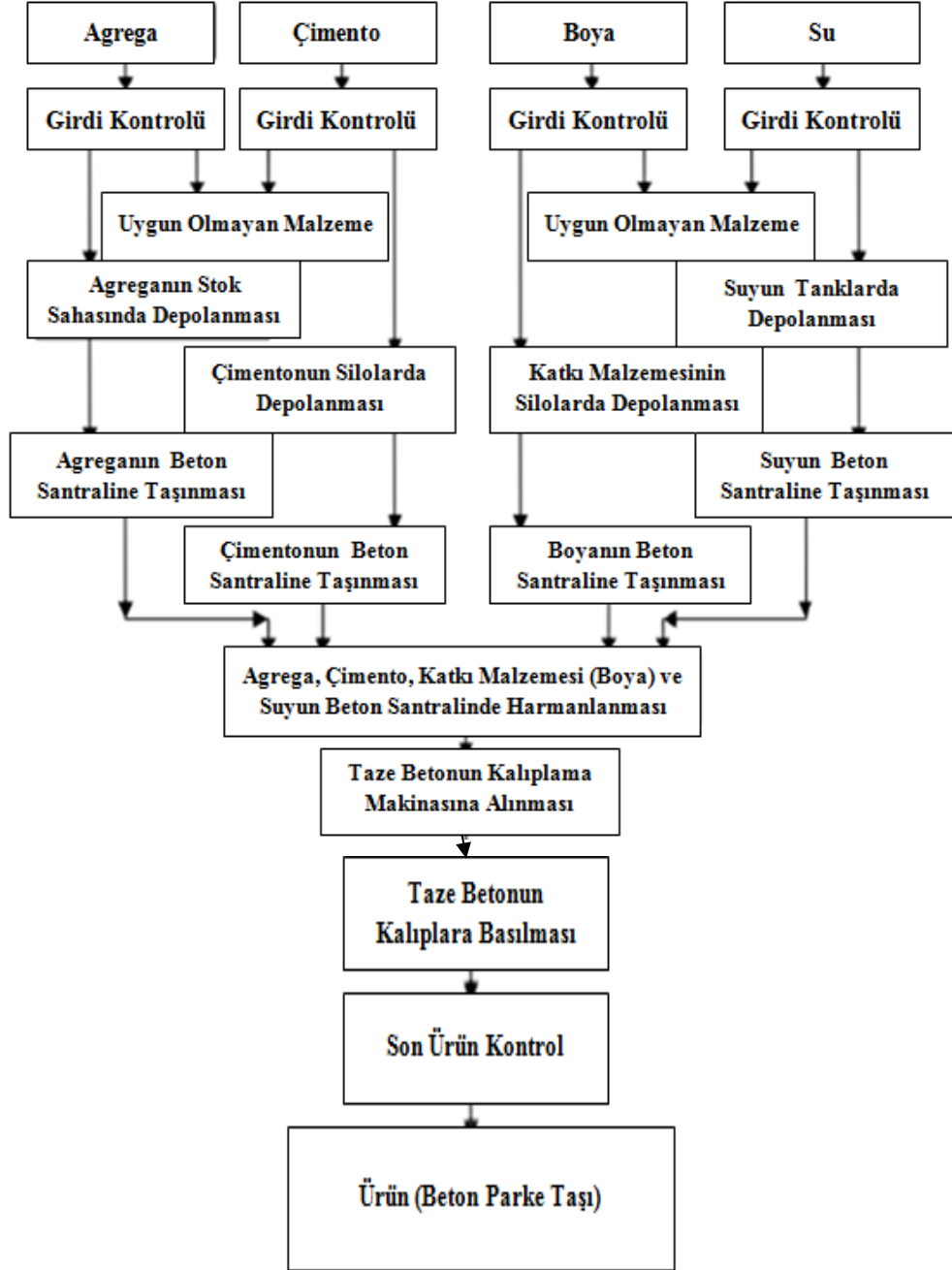
Yüksek dayanım hedeflenerek üretilen beton parke taşları; bilgisayarlarla desteklenen beton santrallerinde dayanımı yüksek betonun, Şekil 2.7' de gösterildiği gibi bir parke makinesinde yüksek vibrasyon etkisiyle istenilen şekildeki metal kalıplarda preslenmesiyle imal edilmektedir.



Şekil 2.7. Beton parke makinesi (Üçok, 2019)

Beton parke taşları üretilirken, laboratuvarlarda dizaynı yapılan betonlar ile beton parke fabrikalarında büyük ölçekli makineler kullanılmaktadır. Bu beton parke fabrikalarında üretim öncesi farklı çeşitler için agrega, çimento, su, boya ve katkı maddesi gibi malzemeler depolanmaktadır. İmalat esnasında belirlenen oranlara göre haznedeki karıştırıcıya aktarılan malzemeler, homojen olacak şekilde alt-üst tabaka olarak karıştırılarak silolara gitmektedir. Taşıyıcı bantların üzerinde bulunan kalıplara dökülen beton, istenilen miktarda sıkışma sağlayacak biçimde basınç ve titreşim etkisi ile preslenmektedir. Beton parke fabrikaları genel olarak kapalı mekan olmadığı için üretilen beton parke taşları, doğada kurumaya bırakılır ve kür işlemine tabi tutularak

paletler şeklinde stok yapılarak satışa hazır duruma getirilmektedir (Akyüz, 2019). Şekil 2.8’ de beton parke taşlarının üretim şeması verilmiştir.



Şekil 2.8. Beton parke taşlarının üretim şeması (Çevretek, 2013)

2.3.4. Kilitli beton parke taşlarına uygulanan deneyler

Prefabrik olarak imal edilen beton parke taşlarına uygulanan deneyler aşağıdaki gibidir.

- Boyut ve görünüş
- Yarmada çekme deneyi ile mukavemet tayini
- Su emme tayini
- Aşınmaya karşı direnç dayanımı
- Buz çözücü tuz etkisi ile donma çözülmeye karşı direnç tayini

Çizelge 2.8' de beton parke taşlarının sınıflandırılması gösterilmiştir. Farklı sınıf parke taşları için kriterler değişiklik göstermektedir.

Fiziksel uygunluğu kapsayan boyut ve görünüş deneyinde Çizelge 2.9' da belirtilen kriterler sağlanmalıdır.

Yarmada çekme deneyi ile mukavemet tayini yapılırken KGM' nin Karayolu Teknik Şartnamesi' ne ait Kısım 316.01.06.01' de belirtilen kriterler referans alınmaktadır. Bu kriterler; deney numuneleri 8 ya da daha az bloktan oluşmalıdır. Ayrıca, her bir blok ile elde edilen T dayanımının 3,6 MPa' dan ve kırılma yükünün de 250 N/mm' den küçük olmaması durumunda numuneler uygundur denilmektedir. Bu koşulların sağlanamaması durumunda numune takımı 16 bloktan oluşacak şekilde artırılır. Elde edilen dayanım değerinin en fazla bir blokta 3,6 MPa' dan düşük fakat 2,9 MPa' dan büyük olması ile her bir blokta elde edilen kırılma yükünün 250 N/mm' den küçük olmaması durumunda numune takımı uygundur denilmektedir.

Yarmada çekme dayanımı deneyi numuneler $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki suda, 24 ± 3 saat bekletilip çıkarıldıktan sonra bez ile kurulandıktan sonra yapılmalıdır. Deneye tabi tutulan numunenin T dayanımı şu eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$T = 0.637 \times k \times P/S$$

Bu eşitlikte; T: Dayanım (MPa)

P: Kırılma yükü (N)

k: parke taşı kalınlığı için düzeltme katsayısı Çizelge 2.7' de verilmiştir.

S: Kırılma alanı (mm²)

Birim alan başına kırılma yükü şu eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$F = P/L$$

L: Beton bloğun üst ve altında yapılan iki ölçümün ortalaması olarak kırılma kesitinin uzunluğu (mm)

Çizelge 2.7. 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

Beton blok kalınlığı $140 \text{ mm} < t \leq 180 \text{ mm}$ olduğunda; $k = 1,3 - 30 (0,18 - t/1000)^2$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Beton blok kalınlığı $t > 180 \text{ mm}$ olduğunda ise $k = 1,3$ alınmaktadır.

$$S = L \times t$$

Bu eşitlikte; S: Kırılma alanı (mm²)

L: Beton bloğun üst ve altında yapılan iki ölçümün ortalaması olarak kırılma kesitinin uzunluğu (mm)

t: Beton bloğun biri ortada, diğer ikisi uçlarda yapılan üç ölçümün ortalaması olarak kırılma düzlemindeki kalınlığı (mm) (KGM Karayolu Teknik Şartnamesi Kısım 316.01.04, 2013)

Çizelge 2.8. Beton parke taşlarının çevre etkilerine göre sınıflandırılması (KGM Karayolu Teknik Şartnamesi Kısım 316.01.04, 2013)

1.sınıf	a	Kar-buz mücadelesi yapılmayan ve bu nedenle tuz etkilerine maruz kalmayan bölgelerde kullanılacaktır.
	b	Sık donma-çözünme tekrarı olmayan bölgelerde kullanılacaktır.
	c	Deniz suyunun aşındırıcı mekanik etkilerine maruz kalmayan ılıman iklim bölgeleri ve sahillerde kullanılacaktır.
2.sınıf	a	Kar-buz mücadelesi yapılmayan ve bu nedenle tuz etkilerine maruz kalmayan bölgelerde kullanılacaktır.
	b	Sık donma-çözünme tekrarı olan iklim bölgelerinde kullanılacaktır.
3.sınıf	a	Sert karasal iklimi olan bölgelerde kullanılacaktır.
	b	Trafik ve/veya iklim ya da deniz nedeniyle sık tekrarlanan ıslanma-

	kuruma etkileri olan bölgelerde kullanılacaktır.
c	Çok sık donma-çözünme tekrarı olan bölgelerde kullanılacaktır.
d	Kar-buz mücadelesi nedeniyle tuz etkilerine maruz bölgelerde kullanılacaktır.

Çizelge 2.9. Prefabrik beton parke numunelerine yapılacak deneyler ve uygunluk kriterleri (KGM Karayolu Teknik Şartnamesi Kısım 316.01.06, 2013)

Deney	Uygunluk kriteri
Fiziksel Görünüş	Parke taşlarının yüzeyinde çatlak, kırık, çukur, döküntü, pullanma veya soyulma bulunmamalı ve yüzleri düzgün ve köşeleri muntazam olmalı, simetri ve biçim bozuklukları bulunmamalıdır.
Malzeme Özellikleri	Üretimlerde kullanılacak agrega, çimento, su, kimyasal katkıları ve boya katkıları Kısım 316.01.02’ de belirtilen kriterlere uygun olacaktır.
Boyutlar Yönünden Uygunluk	Kısım 316.01.03’e uygun olmalıdır.
Su Emme Oranı	1.Sınıf parkelerde performans ölçümü gerekmez. 2.Sınıf parkelerde kütlece ortalama olarak %6’ dan fazla olmayacaktır.
Aşınma Dayanımı	1.Sınıf parkelerde performans ölçümü gerekmez. 2. ve 3.Sınıf parkelerde Geniş Diskli Aşınma deney metodu kullanılarak ölçülen değer 23 mm’ den fazla olmayacaktır, alternatif olarak Böhme deney metodu kullanılarak ölçülen deney sonuçlarından hiçbirisi 20.000 mm ³ /5.000 mm ² ’ den fazla olmayacaktır.
Mukavemet	Mukavemet tayini; TS 2824 EN 1338 standardına göre Yarmada-çekme deneyi yapılarak belirlenecek olup, Kısım 316.01.06.01’ de belirtilen kriterlere uygun olacaktır.

Donma ve Çözülme Dayanımı	1.Sınıf parkelerde performans ölçümü gerekmez. 3.Sınıf parkelerde donma çözülme deneyinden sonra metrekaredeki kilogram kütle kaybı ortalama olarak %1,0' dan büyük olmamalıdır. Tek numune sonuçlarından hiçbirisi %1,5' ten büyük olmamalıdır.
----------------------------------	---

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Tokat iline ait atık mermer agregasının beton parke taşlarında ince agrega olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Deneyler kapsamında, Beton Parke Taşları Teknik Şartnamesi' nde belirtilen gradasyon limitlerine uygun olarak hazırlanmış agrega karışımları kullanılmıştır. Numunelere uygulanan deneyler Erbaa Beton Sanayi ve Ticaret A.Ş.' de yapılmıştır.

3.1.1. Agregası

Deneyler kapsamında hazırlanan numunelerde şahit (kontrol) numune agregası olarak, Tokat ilinde bulunan bir taş ocağından temin edilen kalker kökenli agrega kullanılmıştır. Atık agrega olarak ise, Tokat ili mermer işleme tesislerinde ortaya çıkan mermer atığı ince agrega olarak kullanılmıştır. Kaba agrega olan şahit agrega ve ince agrega olan atık mermer agregaları farklı oranlarda karıştırılmıştır. Her bir gruba farklı kodlar verilmiştir. Doğal agrega (D) ve mermer agregası (M) harfi ile ifade edilmiştir. Çizelge 3.1' de beton parke taşları için kullanılan agrega karışım yüzdeleri ve kodları gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Beton parke taşları dizayn kombinasyonları

Grup adı	Doğal Agregası (Kaba Agregası) %	Doğal Agregası (İnce Agregası) %	Mermer Agregası (İnce Agregası) %
1 (D-D)	100	100	0
2 (D-75D25M)	100	75	25
3 (D-50D50M)	100	50	50

4 (D-25D75M)	100	25	75
5 (D-M)	100	0	100

- 1 No' lu (D-D) grup: kaba ve ince agregaların tamamı doğal agregadan oluşmaktadır.
- 2 No' lu (D-75D25M) grup: kaba agreganın tamamı doğal agregadan, ince agreganın ise %75' i doğal agregadan, %25' i mermer agregasından oluşmaktadır.
- 3 No' lu (D-50D50M) grup: kaba agreganın tamamı doğal agregadan, ince agreganın ise %50' si doğal agregadan, %50' si mermer agregasından oluşmaktadır.
- 4 No' lu (D-25D75M) grup: kaba agreganın tamamı doğal agregadan, ince agreganın ise %25' i doğal agregadan, %75' i mermer agregasından oluşmaktadır.
- 5 No' lu (D-M) grup: kaba agreganın tamamı doğal agregadan, ince agreganın ise tamamı mermer agregasından oluşmaktadır.

Atık mermer

Mermer atığı malzemesi, Tokat ili mermer işletmelerinin çevresinde depolanan atık mermer parçalarından elde edilmiştir. Fabrikada işlenen mermerler Tokat ilinden çıkarılmaktadır. Şekil 3.1' de mermer kütlelerinin kesilmesinden sonra ortaya çıkan ve fabrika sahasına atılmış mermer parçalarından alınan malzeme örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Atık mermer sahasından alınmış malzemeler

Atık mermer sahasından alınmış mermer parçaları Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ulaştırma laboratuvarında bulunan laboratuvar tipi konkasör ile kırılarak doğal agrega boyutuna getirilmiştir. Mermer parçaları konkasörde kırılmadan önce Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi çekiç yardımı ile daha küçük parçalar haline getirilmiştir. Şekil 3.3’ te ise laboratuvar tipi konkasör gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Laboratuvar tipi küçük konkasör için parçalanmış mermer parçaları



Şekil 3.3. Laboratuvar tipi konkasör

Laboratuvar tipi konkasörde kırılmayacak kadar büyük atık mermer parçaları ise Şekil 3.4' te görüldüğü üzere Tokat ilinde bulunan bir işletmede kırıcı vasıtasıyla 0-4 mm ince agrega boyutuna getirilmiştir.



Şekil 3.4. Atık mermer ince agregasının elde edilişi

3.1.2. Çimento

Deneyler kapsamında bu çalışmada, TS EN 197-1' e uygun olarak Akçansa Çimento Fabrikası' nda üretilen CEM I 42,5 R çimentosu kullanılmıştır. CEM I 42,5 R çimentosu; dayanım sınıfı 42,5 olan (28 günde ulaştığı basınç dayanımı, MPa) , R tipi yani yüksek erken dayanımlı (2 günde standarttaki dayanıma ulaşan) portland çimentosudur. Portland çimentosu; gri renkte ve toz halde olan, kalker ve kilden oluşan bir malzemedir. Çizelge 3.2' de CEM I 42,5 R çimentosunun fiziksel ve kimyasal özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. CEM I 42,5 R çimentosunun fiziksel ve kimyasal özellikleri (Anonim, 2020)

Priz Başlama Süresi	≥ 60 dakika
Genleşme	≤ 10 mm
2 Günlük Dayanım	$\geq 20,0$ MPa

28 Günlük Dayanım	$\geq 42,5 \text{ N/mm}^2$ ve $\leq 62,5 \text{ N/mm}^2$
Özgül Yüzey (Blaine)	3500 – 3700 cm^2/g
Yoğunluk	3,10 - 3,15 gr/cm^3
Sülfat Miktarı (SO_3)	$\leq \% 4,0$
Klorür Muhtevası (Cl^-)	$\leq \% 0,1$
Kızdırma Kaybı	$\leq \% 5,0$
Çözünmeyen Kalıntı	$\leq \% 5,0$

3.1.3. Su

Kilitli beton parke blokları üretilirken şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.4. Katkı Malzemesi

Deneyler kapsamında üretimi yapılan kilitli beton parke bloklarında katkı malzemesi kullanılmamıştır.

3.2. Yöntem

Bu bölümde; deneyler kapsamında kullanılan malzemelerin özelliklerini belirlemek için uygulanan deneyler, beton parke numunelerinin üretimi ve kullanılan cihazlar hakkında bilgi verilmiştir.

3.2.1. Agrega deneyleri

Elek analizi deneyi

Kırıcı vasıtasıyla elde edilen malzeme, TS EN 933-1 esas alınarak agrega tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için elenmiştir. Böylece 0-4 mm dane boyutuna sahip ince agrega belirlenmiştir. Eleme işlemi yapılırken TS 706 elek serisi kullanılmıştır. Şekil 3.5' te gösterildiği gibi, elek analizi deneyini yapmak için elekler aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla 0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8 No' lu olacak şekilde dizilmiştir.



Şekil 3.5. Elek analizi deney düzeneği ve deneyin yapılışı

Özgül ağırlık ve su emme oranı tayini deneyi

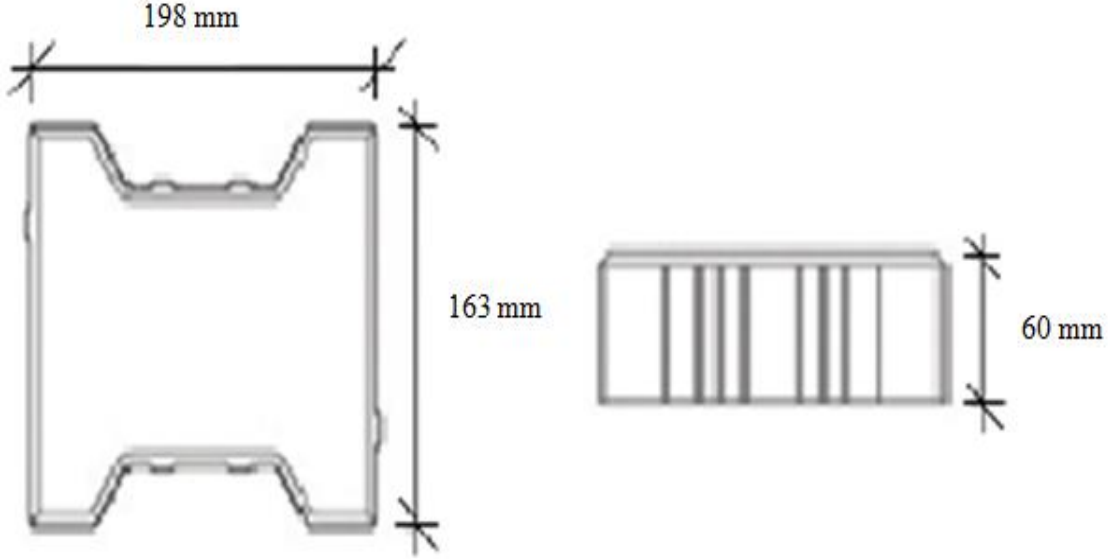
Atık mermer agregasının özgül ağırlığı ve su emme oranı TS EN 1097-6 esas alınarak belirlenmiştir. 0-4 mm tane büyüklüğündeki ince agreganın özgül ağırlığını ve su emme oranını tespit etmek amacıyla piknometre metodu kullanılmıştır. Özgül ağırlık kütle/hacim oranı ile hesaplanmıştır. Kütle tayin edilirken, deney numunesi doygün yüzeyi kurutulmuş halde ve etüvde kurutulmuş halde tartılmıştır. Hacim tayin edilirken ise belli bir hacimde su dolu kabin içerisine numune konulduktan sonra yer değiştiren su kütlesi baz alınmıştır.

Tane şekli ve yassılık indeksi deneyi

Atık mermer malzemesi, bu çalışmada ince agrega (0-4 mm tane boyutuna sahip) olarak kullanıldığı için tane şekli ve yassılık indeksi deneyi uygulanmamıştır. Çünkü, TS EN 933-3' e göre bu deney metodu, tane büyüklüğü 4 mm' den küçük ya da 80 mm' den büyük olan agregalara uygulanmamaktadır (Memişoğulları, 2019).

3.2.2. Beton parke numunesi üretimi

Kilitli beton parke taşı numunesinin şekli ve ebatları Şekil 3.6’ da gösterilmiştir (Memişoğulları, 2019).



Şekil 3.6. Kilitli beton parke taşı şekli ve ebatları

Beton parke taşları üretilirken, üretilecek beton parke taşını tanımlayan reçeteye göre malzemeler parke makinesine aktarılmaktadır. Beton parke taşlarının hazırlanmasında kullanılan bu reçetenin, her üretim tesisinde aynı olma zorunluluğu yoktur. Malzeme karışımındaki farklılık kullanılan çimento, katkı maddesi, su (hava sıcaklığına göre farklı oranlarda olabilir) ve agrega özelliklerinin farklı oluşundan kaynaklanmaktadır. Depolanmış halde bulunan çimento, agrega, su ve varsa katkı maddesi tartıldıktan sonra mikser kazanına aktarılarak harmanlanmaktadır. Oluşan karışım basınçla sıkıştırılarak parke kalıplarına konulmaktadır.

Beton parke taşı numuneleri Tokat ilinde bulunan Erbaa Beton Sanayi ve Ticaret A.Ş. Üretim Tesisi’nde standartlara uygun olarak 6 cm kalınlığında üretilmiştir. Bu tesiste parke üretilirken kullanılan karışım oranları yüzdesel olarak aşağıda verilmiştir.

- %54,4 İnce agrega
- %25,6 Kaba agrega

- %12 Çimento
- %8 Su

Bu çalışma için seri üretim yerine beton parke makinesinde elle döküm yapılacağından 36 adetten oluşan tek paletlik üretim yapılmıştır. Üretim için oluşturulan harç; 100 kg agrega, 15 kg çimento, 10 kg Erbaa şebeke suyu kullanılarak elde edilmiştir. Üretimde katkı maddesi kullanılmamıştır. Agregalar karışımlarında doğal kaba agrega oranı sabit %100 olup, doğal ince agrega ağırlıkça %25, %50, %75 ve %100 oranlarında azaltılarak yerine atık Tokat mermeri ikame edilmiştir. 1 No' lu D-D isimli olan şahit numune grubu için hazırlanan beton harcının karışım oranları Çizelge 3.3' te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. 1 (D-D) grubu numunelerin reçetesi

Kaba Agregalar (Doğal Agregalar)	İnce Agregalar		Çimento (kg)	Su (kg)
	Doğal	Mermer		
32	68	0	15	10

2 No' lu D-75D25M isimli olan numune grubu için hazırlanan beton harcının karışım oranları Çizelge 3.4' te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. 2 (D-75D25M) grubu numunelerin reçetesi

Kaba Agregalar (Doğal Agregalar)	İnce Agregalar		Çimento (kg)	Su (kg)
	Doğal	Mermer		
32	51	17	15	10

3 No' lu D-5D5M isimli olan numune grubu için hazırlanan beton harcının karışım oranları Çizelge 3.5' te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. 3 (D-50D50M) grubu numunelerin reçetesi

Kaba Agregalar (Doğal Agregalar)	İnce Agregalar		Çimento (kg)	Su (kg)
	Doğal	Mermer		
32	34	34	15	10

4 No' lu D-25D75M isimli olan numune grubu için hazırlanan beton harcının karışım oranları Çizelge 3.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. 4 (D-25D75M) grubu numunelerin reçetesi

Kaba Agregası (Doğal Agregası)	İnce Agregası		Çimento (kg)	Su (kg)
	Doğal	Mermer		
32	17	51	15	10

5 No' lu D-M isimli olan numune grubu için hazırlanan beton harcının karışım oranları Çizelge 3.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. 5 (D-M) grubu numunelerin reçetesi

Kaba Agregası (Doğal Agregası)	İnce Agregası		Çimento (kg)	Su (kg)
	Doğal	Mermer		
32	0	68	15	10

MA ve DA kullanılarak elde edilen kilitli beton parke taşlarının üretimi Şekil 3.7' de gösterilen YONTAR KPM-25-ÇB isimli beton parke makinesinde yapılmıştır. YONTAR KPM-25-ÇB, hidrolik baskı ve mekanik vibrasyon usulüne göre çalışan, kilitli veya kilitsiz parke taşları, çim taşları, beton bordürler, yağmur oluğu taşları, briket ve asmolon gibi prefabrik beton elemanların üretilmesine yarayan bir makinedir. Manuel şekilde yönetilen makine iki harç bunkerine ve istifleme robotuna sahiptir. Makineden çıkan ürün paletlerini üst üste istifleyerek forklifte aktarılmasını sağlayan istifleme robotu manuel ve otomatik olarak çalışmaya uygun şekilde imal edilmiştir. Harcı, karıştırıcıdan bunkerlere ileten bantlı konveyör bir redüktörlü motora sahip döndürme düzeneği ile her iki bunkere de harç aktarılabilmektedir. Beton karıştırıcı, kova kızaklı yükleyici ve bantlı konveyör aynı pano ile kontrol edilmektedir. Altta ve üstte ikişer adet olmak üzere toplam 4 vibratöre sahip makinenin her bir beton bunkerinin hacmi 1200 lt' dir. Min/max ürün yüksekliği 50 mm/300 mm ve palet ebatları 950 mm x 1150 mm' dir. Çevrim süresi 45/50 sn olan bu makinenin toplam elektrik motor gücü 25 Kw ve kullanılabilir kalıp alanı 860 mm x 1050 mm' dir. Ortalama olarak 150 bar hidrolik basınç ile presleme yapmaktadır.



Şekil 3.7. YONTAR KPM-25-ÇB beton parke makinesi

Numunelerin üretim sürecinde ilk olarak, farklı oranlardaki beton harçları sırasıyla makineye yerleştirilmiştir. Daha sonra kalıptan çıkan paletler gruplandırılarak, 24 saat süren priz alma süresi sonucunda tüm numuneler dayanımını sağlamak amacıyla 28 gün $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında su bulunan kür havuzunda bekletilmiştir. Şekil 3.8' de numunelerin üretim süreci gösterilmiştir. Şekil 3.9' da ise numunelerin üst üste dizilmesi gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.8. Beton parke taşı üretim süreci



(a)



(b)

Şekil 3.9. Beton parke taşı numune gruplarının istiflenmesi

3.2.3. Beton parke numunelerinin deney metotları ve gerekli şartlar

TS 2824 EN 1338 Standardında ve KGM Teknik Şartnamesi Kısım 316.01.06' da belirtilen beton parke bloklarının uygunluğu ile ilgili gereken şartlar ile deney metotları esas alınmıştır. Bu çalışmada DA ve MA içeren numunelerin standarda ait şartları sağlayıp sağlamadığı test edilmek üzere numune gruplarına boyut ve görünüş, yarmada çekme dayanımı deneyi, aşınmaya karşı direnç tayini, su emme oranı tayini ve buz çözücü tuz etkisiyle donma-çözünme direnci deneyleri uygulanmıştır.

Beton blok boyutlarının ölçülmesi - Boyut ve görünüş

Numunelere gözle yapılan muayene sonucunda üst yüzeyinde kırık, çatlak, pullanma, döküntü, soyulma veya çukurlaşma olmadığı görülmüştür. Düzgün yüzeyli ve köşeleri muntazam olup, simetri ve biçim bozuklukları bulunmamaktadır. Beton parke taşlarına renk verilmemiştir. I profil kilitli parke bloğu halinde üretilip, yüzeyine desen verilmemiştir. Şekil 3.10' da numuneye yapılan en, boy ve pah ölçümü, Şekil 3.11' de ise numuneye ait kalınlık ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Kilitli beton parke taşı numunesinin en, boy ve pah ölçümü



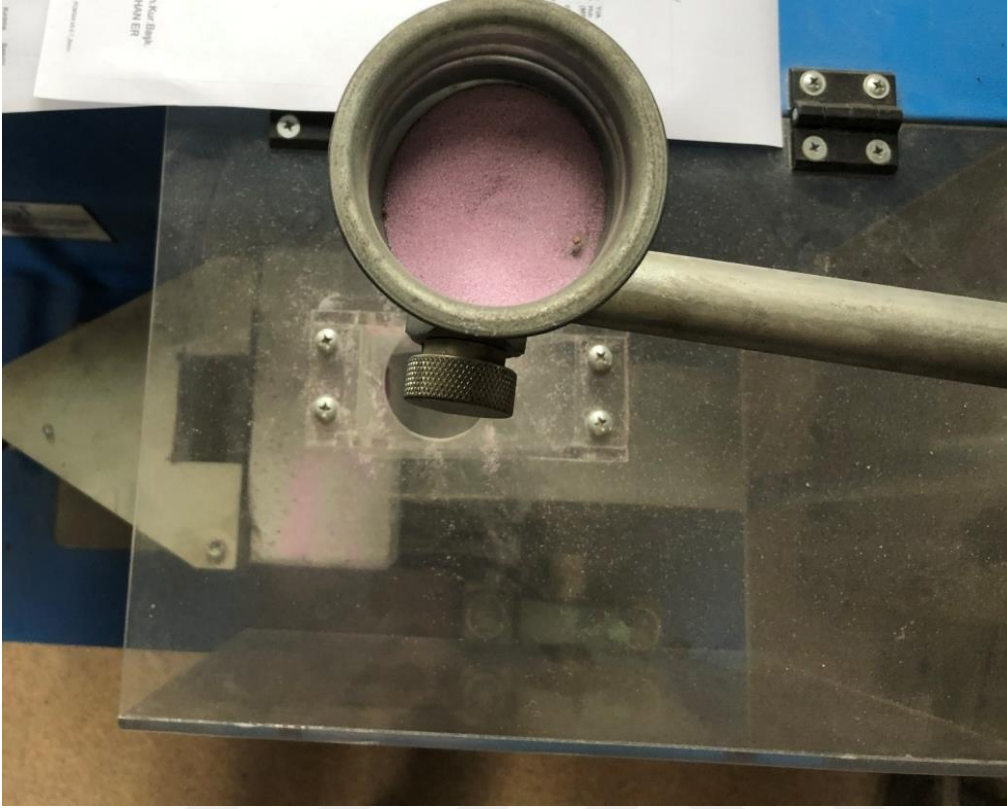
Şekil 3.11. Kilitli beton parke taşı numunesinin kalınlık ölçümü

Aşınmaya karşı direncin tayini

Deneyde Jeotest Aşındırma Cihazı (Dikey) ve pembe Alüminyum Oksit (Al_2O_3) aşındırma tozu kullanılmıştır. 85 kg ağırlığında olan bu cihaz, doğal taş ve beton elemanların aşınma direncini test etmek amacıyla tasarlanmıştır. Aşınma diski 70 mm kalınlıkta olup devir sayısı dakikada 75 devirdir. Dijital sayıcıya sahip olan cihaz, set edilen dönüş sayısı tamamlandığında otomatik olarak durmaktadır. Şekil 3.12' de Jeotest Aşındırma Cihazı (Dikey) ve Şekil 3.13' te ise pembe Alüminyum Oksit (Al_2O_3) aşındırma tozu gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Jeotest Aşındırma Cihazı (Dikey)



Şekil 3.13. Pembe renkli Alüminyum Oksit (Al_2O_3) aşındırma tozu

Sürtünme ile aşınma kaybını ölçmek için aşındırma tozu olarak Alüminyum Oksit kullanılır. Geniş aşındırma diski 60 ± 3 saniyede 75 dönüş yapacak şekilde çalıştırılır. Aşındırma tozunun akma debisi deney boyunca gözlemlenir. Diskin 75 dönüş yapmasının ardından aşındırma tozunun akışı ve diskin dönüşü durdurulur. Kumпасın ölçme uçları oyuk içine doğru yerleştirilerek ölçüm yapılır.

Yarmada çekme dayanımı

Yarmada çekme dayanımı deneyine tabi tutulacak numuneler 24 saat boyunca 20 ± 5 °C sıcaklıktaki suda bekletilmiş olup sudan çıktığında temiz bir bez yardımı ile yüzeyleri kurularak deneye hazır hale getirilmiştir. Kilitli beton parke numunelerinin ilk olarak, kenarlarına paralel ve simetrik olacak şekilde en uzun yarıma kesiti boyunca deney düzeneğine alt-üst yükleme başlıklarına değmesi sağlanmıştır. Daha sonra, yerleştirme parçaları ile yükleme başlığı eksenini numunelerin yarıma kesitiyle aynı çizgi üzerinde olacak şekilde deney makinesine konulmuştur. Kırılma yükü (P), yükleme hızı $0,05 \pm 0,01$ N olacak şekilde kesintisiz ve düzgün bir biçimde artırılarak numunelere

uygulanmıştır. Kırılmanın meydana geldiği yük, kırılma yükü olarak kaydedilmiştir. Şekil 3.14’ te yarmada çekme deney cihazı ile deneyin yapılışı, Şekil 3.15’ te ise deney sonucunda kırılmış numune gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Yarmada çekme deneyi yapılışı



Şekil 3.15. Yarmada çekme deneyi sonucu kırılmış numune

Parke kalınlıkları 60 mm' de sabit olduğundan k düzeltme katsayısı 0,87 alınmıştır.

Her bir numune grubu için 3 adet deney yapılmıştır. Şahit numune olan 1 numaralı (D-D) numune grubu için T dayanım değeri önceki bölümde anlatıldığı şekilde hesaplanmış ve aşağıda gösterilmiştir.

1. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (536,99 \times 198) / (198 \times 60)$
=4,96 MPa

2. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (494,77 \times 198) / (198 \times 60)$
=4,57 MPa

3. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (500,19 \times 198) / (198 \times 60)$
=4,62 MPa

2 numaralı (D-75D25M) numune grubu için T dayanım değeri $T = 0,637 \times k \times P/S$ formülü ile şu şekilde hesaplanır;

1. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (452,55 \times 198) / (198 \times 60)$
=4,18 MPa

2. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (430,89 \times 198) / (198 \times 60)$
=3,98 MPa

3. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (460,13 \times 198) / (198 \times 60)$
=4,25 MPa

3 numaralı (D-50D50M) numune grubu için T dayanım değeri $T = 0,637 \times k \times P/S$ formülü ile şu şekilde hesaplanır;

1. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (381,09 \times 198) / (198 \times 60)$
=3,52 MPa

2. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (389,76 \times 198) / (198 \times 60)$
=3,60 MPa

3. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (426,56 \times 198) / (198 \times 60)$
=3,94 MPa

4 numaralı (D-25D75M) numune grubu için T dayanım değeri $T = 0,637 \times k \times P/S$ formülü ile şu şekilde hesaplanır;

1. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (333,46 \times 198) / (198 \times 60)$
 $= 3,08 \text{ MPa}$

2. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (298,81 \times 198) / (198 \times 60)$
 $= 2,76 \text{ MPa}$

3. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (231,69 \times 198) / (198 \times 60)$
 $= 2,14 \text{ MPa}$

5 numaralı (D-M) numune grubu için T dayanım değeri $T = 0,637 \times k \times P/S$ formülü ile şu şekilde hesaplanır;

1. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (240,35 \times 198) / (198 \times 60)$
 $= 2,22 \text{ MPa}$

2. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (198,13 \times 198) / (198 \times 60)$
 $= 1,83 \text{ MPa}$

3. Numune: $T = 0,637 \times 0,87 \times (212,20 \times 198) / (198 \times 60)$
 $= 1,96 \text{ MPa}$

Su emme oranı tayini

Şekil 3.16' da gösterildiği gibi deneye tabi tutulan numuneler, üzerindeki gevşek malzemelerden temizlendikten sonra 20°C sıcaklıktaki suya batırılmıştır ve sabit kütleye (M1) ulaşıncaya kadar 72 saat boyunca su dolu havuzda bekletilmiştir. 72. saatten sonra 24 saat ara ile oda sıcaklığındaki numuneye yapılan 2 tartım arası kütle farkı %0,1' den küçük olduğunda sabit doygun kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Tartım öncesinde numune temiz bir bez ile kurulanmıştır. Tartılan numune 105°C sıcaklıkta sabit kuru kütleye (M2) ulaşıncaya kadar 72 saat kurutulmuş ve 24 saat aralıklarla yapılan 2 tartım arası kütle farkı %0,1' den küçük olunca sabit kütleye ulaştığı kabul edilmiştir.

Deney sonucunda numunelerin su emme oranı (Wa), aşağıdaki bağıntı ile kütlece % cinsinden bulunmuştur.

$$W_a = 100 \times (M_1 - M_2) / M_2$$

Şahit numunelerden deneye tabi tutulan 3 numunenin de yaş ve kuru ağırlığı sabit olduğundan tek sonuç elde edilmiştir.

Şahit numune olan 1 numaralı (D-D) numune grubu için Wa su emme değeri ile şu şekilde hesaplanır;

$$\begin{aligned} Wa &= 100x (4,09-3,92)/3,92 \\ &=%4,34 \end{aligned}$$

2 numaralı (D-75D25M) numune grubu için Wa su emme değeri ile şu şekilde hesaplanır;

$$\begin{aligned} 1. \text{ Numune } Wa &= 100x (4,0755-3,90)/3,90 \\ &=%4,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Numune } Wa &= 100x (4,0526-3,87)/3,87 \\ &=%4,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Numune } Wa &= 100x (4,0638-3,89)/3,89 \\ &=%4,47 \end{aligned}$$

3 numaralı (D-50D50M) numune grubu için Wa su emme değeri ile şu şekilde hesaplanır;

$$\begin{aligned} 1. \text{ Numune } Wa &= 100x (4,0149-3,83)/3,83 \\ &=%4,83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Numune } Wa &= 100x (3,9917-3,81)/3,81 \\ &=%4,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Numune } Wa &= 100x (4,0313-3,85)/3,85 \\ &=%4,71 \end{aligned}$$

4 numaralı (D-25D75M) numune grubu için Wa su emme değeri ile şu şekilde hesaplanır;

$$\begin{aligned} 1. \text{ Numune } Wa &= 100x (3,9836-3,79)/3,79 \\ &=%5,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Numune } Wa &= 100x (3,9877-3,80)/3,80 \\ &=%4,94 \end{aligned}$$

3. Numune $W_a = 100x (3,9577-3,77)/3,77$
= $\%4,98$

5 numaralı (D-M) numune grubu için W_a su emme değeri ile şu şekilde hesaplanır;

1. Numune $W_a = 100x (3,9356-3,74)/3,74$
= $\%5,23$

2. Numune $W_a = 100x (3,9224-3,73)/3,73$
= $\%5,16$

3. Numune $W_a = 100x (3,9055-3,71)/3,71$
= $\%5,27$



Şekil 3.16. Su emme oranı tayini deneyine tabi beton parke numunesi

Buz çözücü tuz etkisi ile donma-çözünme direnci tayini

Deneye tabi tutulan numune 91 mm boyutunda küp biçimde olacak şekilde elmas kesici ile kesilmiştir. Numuneler 28 gün süreyle, kütle olarak %97 su ve %3 NaCl içeren çözelti ile kaplanarak, 20°C sıcaklıkta, %65 bağıl neme sahip ve buharlaşmanın 200 gr/m² olduğu iklim kabininde 7 gün bakıma tabi tutulmuştur.

Deneyin uygulanacağı yüzey dışında numunenin tüm yüzeyleri plastik tabaka ile kaplanmıştır. Deneye tabi tutulan numune yüzeyine 20°C sıcaklıkta, 5 mm derinlikte 72 saat süreliğine su doldurularak yüzey ve plastik tabaka arasındaki yalıtım uygunluğu test edilmiştir.

Deney numunelerinin üzerindeki su 5 mm derinlikteki %3 NaCl çözeltisi ile değiştirilerek 30 dk sonra numune, donma kabinine yerleştirilmiştir. 28 gün donma-çözünme çevrimine maruz kalan numunelerin deney sonucunda yüzeyde oluşan pullanma ile kalkan malzemesi, su püskürtme yöntemiyle kap içerisine doğru yıkanıp fırçalanarak kap içinde toplanmıştır. Toplanan malzeme süzgeç kağıdına dökülerek NaCl çözeltisinden arındırılmak üzere 1 lt suyla yıkanarak 24 saat süreyle 105°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kuruyan malzemenin kütlesi ölçülerek kütle kaybı belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Tokat ilinde bulunan mermer ocaklarından atık olarak elde edilip depolanan parça mermerler konkasör yardımı ile kırılarak 0-4 mm tane boyutuna getirilerek kilitli beton parke taşı numunelerinin üretiminde kullanılmıştır. Çizelge 3.1' de belirtilen karışım oranlarına (D-D, D-75D25M, D-50D50M, D-25D75M, D-M) sahip 5 farklı harç hazırlanarak toplamda 180 adet kilitli beton parke numunesi üretilmiştir. Her bir grup için üretilen tek palettteki 36 numunenin 15 adedi deneylerde kullanılacağından 180 adet numuneden 75 tanesi deneylere tabi tutulmuştur.

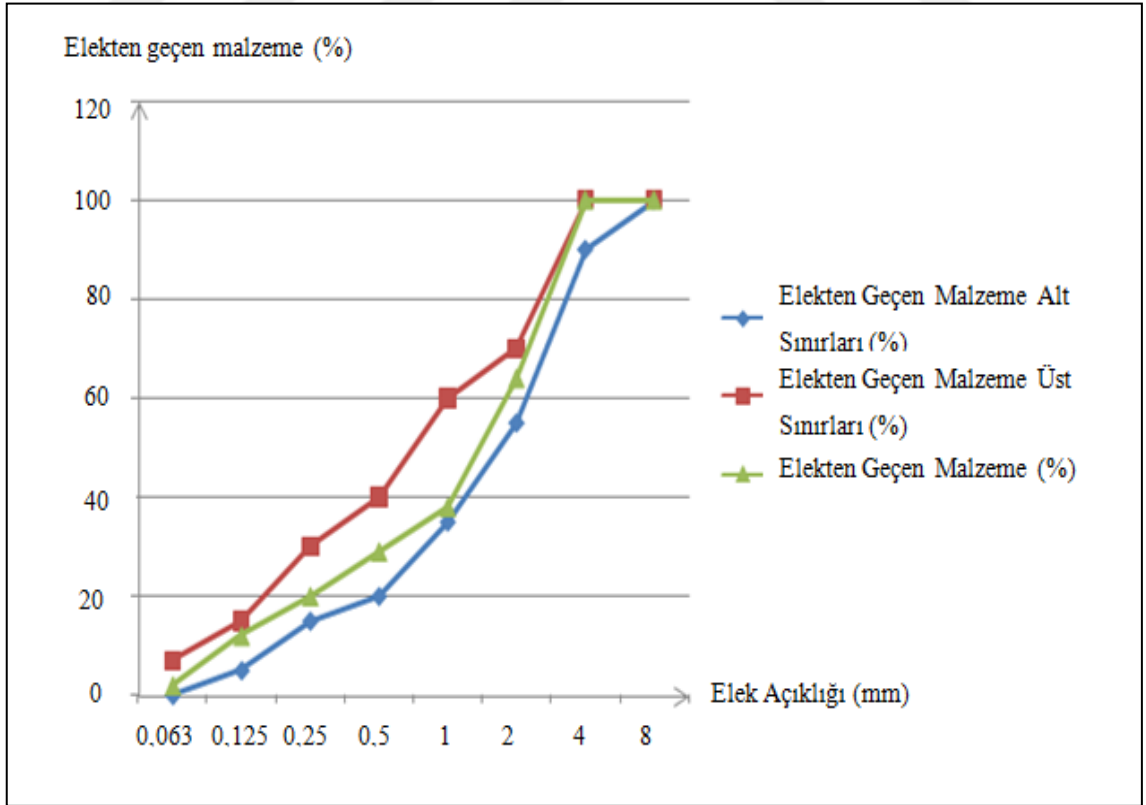
Beton blokların boyut ve görünüş deneyi, buz çözücü tuz etkisi ile donma-çözünme direnci deneyi, aşınma direnci deneyi, su emme oranı tayini ve yarmada çekme dayanımı ile mukavemet deneyi için her gruptan üçer numune olmak üzere toplam on beşer numune deneye tabi tutulmuştur.

4.1. Mermer Agregası Elek Analizi Deney Sonuçları

Çizelge 4.1’ de gösterilmiş olan elek analizi sonuçları ve beton parke taşı teknik şartnamesinin uygun gördüğü aralık değerlerine göre atık mermer malzemesi, beton parke taşı üretimine uygun olduğundan numune üretiminde ince agrega olarak kullanılmıştır. Şekil 4.1’ de ise karışım agregasının gradasyonu grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Mermer ince agregası elek analizi sonucu

Kare Göz Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen Malzeme (%)	Elekten Geçen Malzeme Sınırları (%)
8	100	100
4	100	90-100
2	64	55-75
1	38	35-60
0,5	29	20-40
0,25	20	15-30
0,125	12	5-15
0,063	2	0-7



Şekil 4.1. Karışım Agregasının Gradasyonu

4.2. Mermer Agregası Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini Deney Sonuçları

İnce agregası için elde edilen özgül ağırlık ve su emme deney sonuçları Çizelge 4.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Mermer ince agregası için özgül ağırlık ve su emme oranı deney sonuçları

	Mermer Atığı (0-4 mm)	Doğal Agregası (0-4 mm)	Limit Değerler
Ort. Özgül Ağırlık (gr/cm³)	2.63 gr/cm ³	2.68 gr/cm ³	2.50gr/cm ³ -2.70 gr/cm ³
Ort. Su Emme (%)	%1.30	%0.66	%0.2 - %2

4.3. Boyut ve Görünüş Deney Sonuçları

Hazırlanan tüm karışımlar ile elde edilen numuneler üzerinde yapılmış gözle muayene sonucu kilitli beton parke bloklarının yüzeyinde kırık, çatlak, pullanma, döküntü, soyulma veya çukurlaşma olmadığı ve düzgün yüzeyli, köşeleri muntazam olup, simetri ve biçim bozuklukları bulunmadığı gözlemlenmiştir. Çizelge 4.3' te verilen, numuneler üzerinde yapılan blok boyutu ölçüm sonuçlarından anlaşılacağı üzere tüm karışım gruplarındaki atık mermer ince agregası varlığının kilitli beton parke taşlarının boyutlarında herhangi bir soruna yol açmadığı ve standartta belirtilen ölçülerin dışına çıkmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Numune gruplarının boyut ölçüm sonuçları

Numune İsmi ve Numarası	Pah (mm)	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)
1 (D-D)	5	198	163	60
2 (D-75D25M)	5	198	163	60
3 (D-50D50M)	5	198	163	60
4 (D-25D75M)	5	198	163	60
5 (D-M)	5	198	163	60

4.4. Aşınmaya Karşı Direnç Tayini Deney Sonuçları

Çizelge 4.4' te gösterilen aşınmaya karşı direnç tayini deney sonuçlarına göre, deneye tabi tutulan tüm numuneleri standartta belirtilen sınır değeri aşmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Aşınma direnci tayini deney sonuçları

Numune No	1 (D-D)	2 (D-75D25M)	3 (D-50D50M)	4 (D-25D75M)	5 (D-M)
1	21	21	21	22	23
2	21	21	22	22	22
3	21	21	21	22	22
Ort.	21 mm	21 mm	21.33 mm	22 mm	22.33 mm
Şartname Limiti	≤ 23 mm				

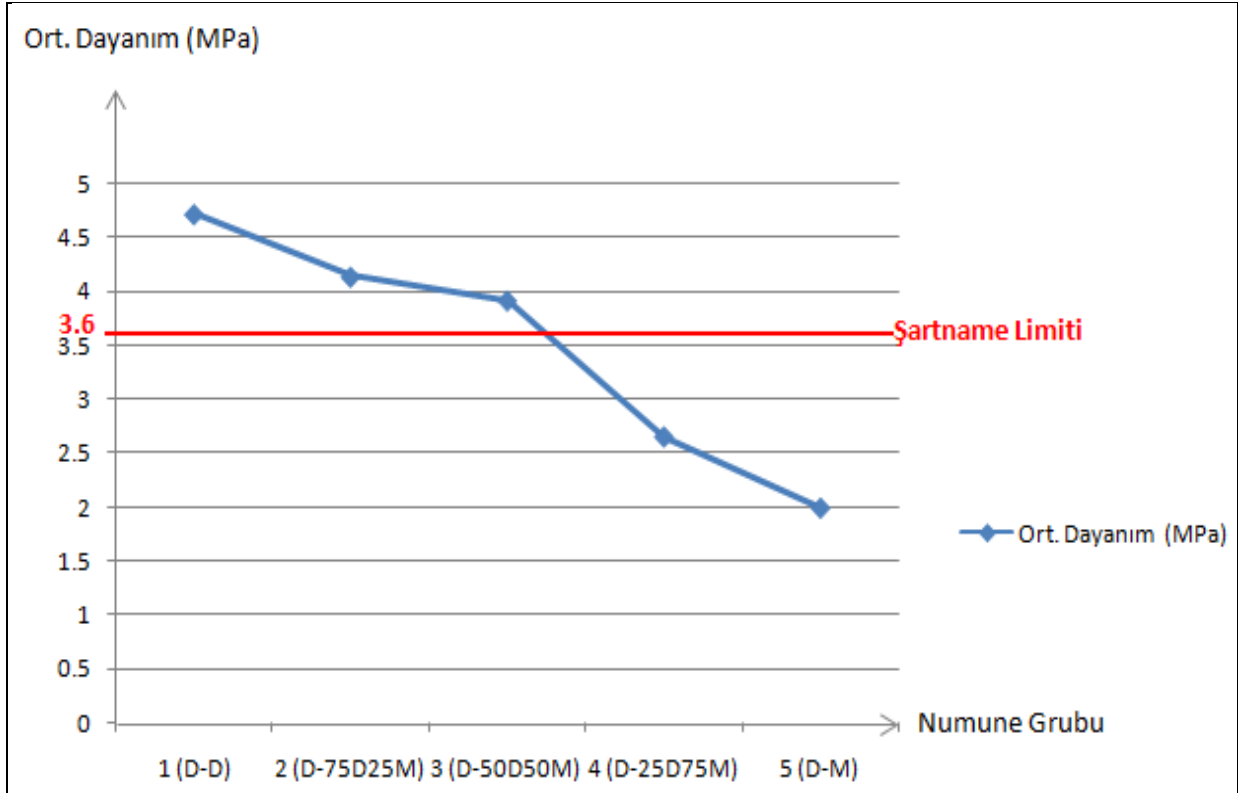
4.5. Yarmada Çekme Dayanımı Deney Sonuçları

Çizelge 4.5' te belirtilmiş sonuçlara göre; şahit numune olup %0 MA içeren 1 no' lu grup, %25 MA içeren 2 no' lu grup ve %50 MA içeren 3 no' lu gruba ait numunelerin yarmada çekme deneyi sonucunda standartta belirtilen yeterli dayanımı sağladığı, %75 MA içeren 4 no' lu grup ile %100 MA içeren 5 no' lu gruba ait numunelerin ise yeterli dayanımı sağlayamadığı tespit edilmiştir. Şekil 4.2' de ortalama dayanım değeri, Şekil 4.3' te ise ortalama kırılma yükleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

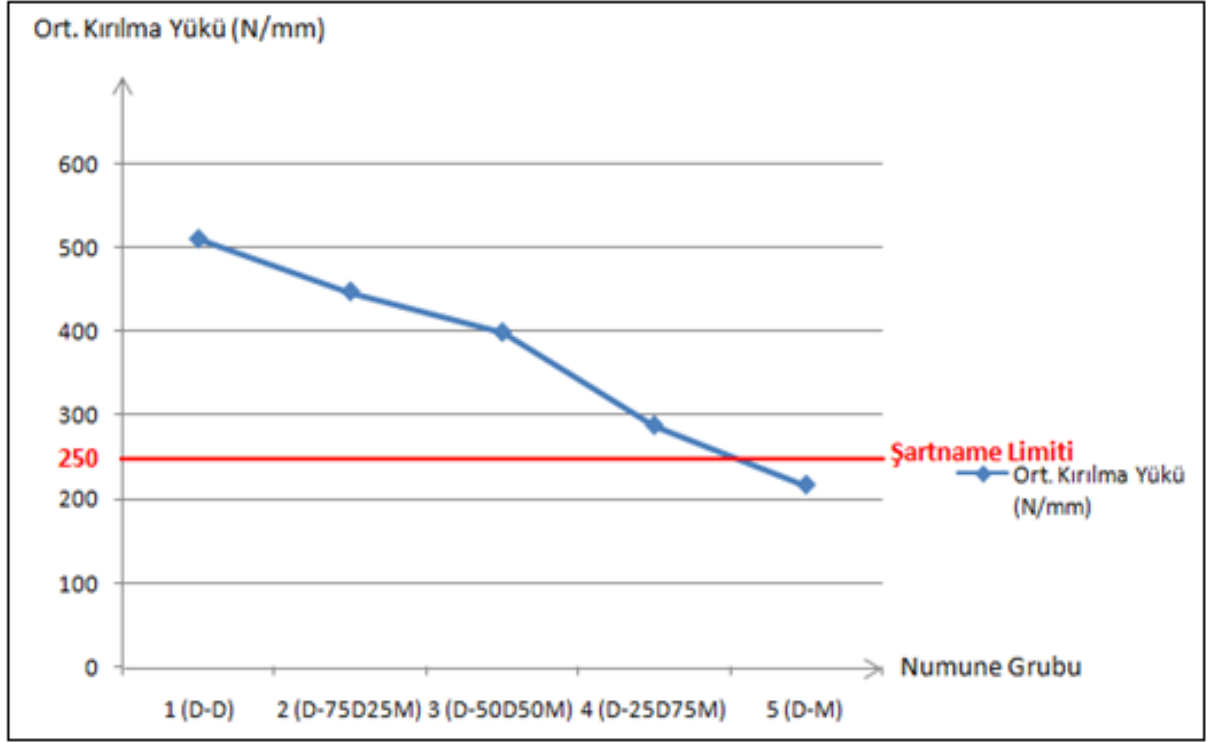
Çizelge 4.5. Yarmada çekme dayanımı deney sonuçları

Numune No	1 (D-D)		2 (D-75D25M)		3 (D-50D50M)		4 (D-25D75M)		5 (D-M)	
	Dayanım (MPa)	Kırılma Yüğü (Min. 250 N/mm)	Dayanım (MPa)	Kırılma Yüğü (Min. 250 N/mm)	Dayanım (MPa)	Kırılma Yüğü (Min. 250 N/mm)	Dayanım (MPa)	Kırılma Yüğü (Min. 250 N/mm)	Dayanım (MPa)	Kırılma Yüğü (Min. 250 N/mm)
1	4,96	536,99	4,18	452,55	3,52	381,09	3,08	333,46	2,22	240,35
2	4,57	494,77	3,98	430,89	3,60	389,76	2,76	298,81	1,83	198,13
3	4,62	500,19	4,25	460,13	3,94	426,56	2,14	231,69	1,96	212,20

Ort.										
(Ort. Dayanım \geq 3,6MPa)	4,72 MPa	510,65 N/mm	4,14 MPa	447,86 N/mm	3,92 MPa	399,14 N/mm	2,66 MPa	287,99 N/mm	2,00 MPa	216,89 N/mm
Min.										
(Min. Dayanım $>$ 2,9MPa)	4,57 MPa	494,77 N/mm	3,98 MPa	430,89 N/mm	3,52 MPa	381,09 N/mm	2,14 MPa	231,69 N/mm	1,83 MPa	198,13 N/mm



Şekil 4.2. Yarmada çekme dayanımı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi



Şekil 4.3. Yarmada çekme dayanımı kırılma yüklerinin grafiksel gösterimi

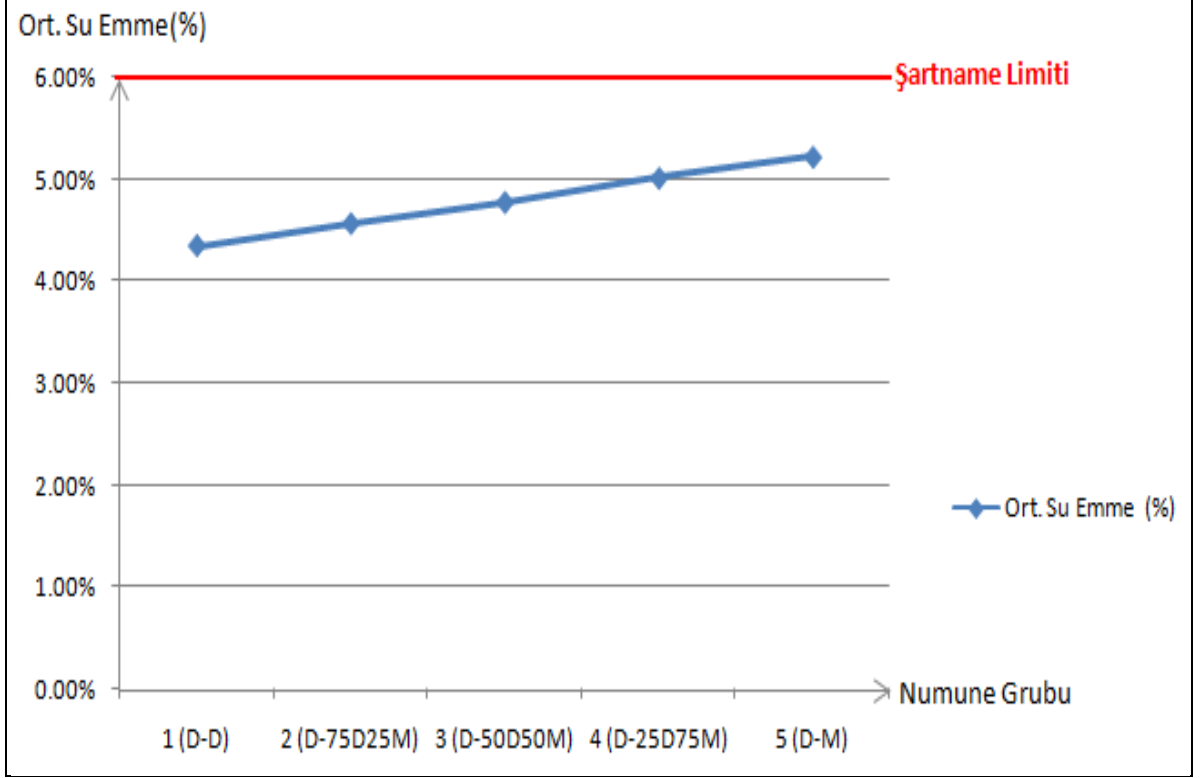
4.6. Su Emme Oranı Tayini Deney Sonuçları

Çizelge 4.6’ da verilen, numuneler üzerinde yapılan su emme oranı tayini deney sonuçlarına göre; hiçbir numune grubunun KGM Karayolu Teknik Şartnamesi Kısım 316.01.06’ da belirtilen sınır değeri aşmadığı görülmektedir. Şahit numuneye göre kıyas yapıldığında, numunelerde mermer ince agregası oranı arttıkça su emme değerinin de arttığı ve şartname limitine yaklaşıldığı görülmüştür. Ancak sınır değer aşılmadığından, deneye tabi tutulan tüm beton parke taşı numune gruplarının kullanılabilir olduğu görülmüştür. Şekil 4.4’ te ise ortalama su emme yüzdesi grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Su emme oranı deney sonuçları

Numune No	1 (D-D)	2 (D-75D25M)	3 (D-50D50M)	4 (D-25D75M)	5 (D-M)
1	%4,34	%4,50	%4,83	%5,11	%5,23
2	%4,34	%4,72	%4,77	%4,94	%5,16
3	%4,34	%4,47	%4,71	%4,98	%5,27
Ort.	%4,34	%4,56	%4,77	%5,01	%5,22

Şartname Limiti	Max su emme miktarı %6 olmalıdır.
------------------------	--



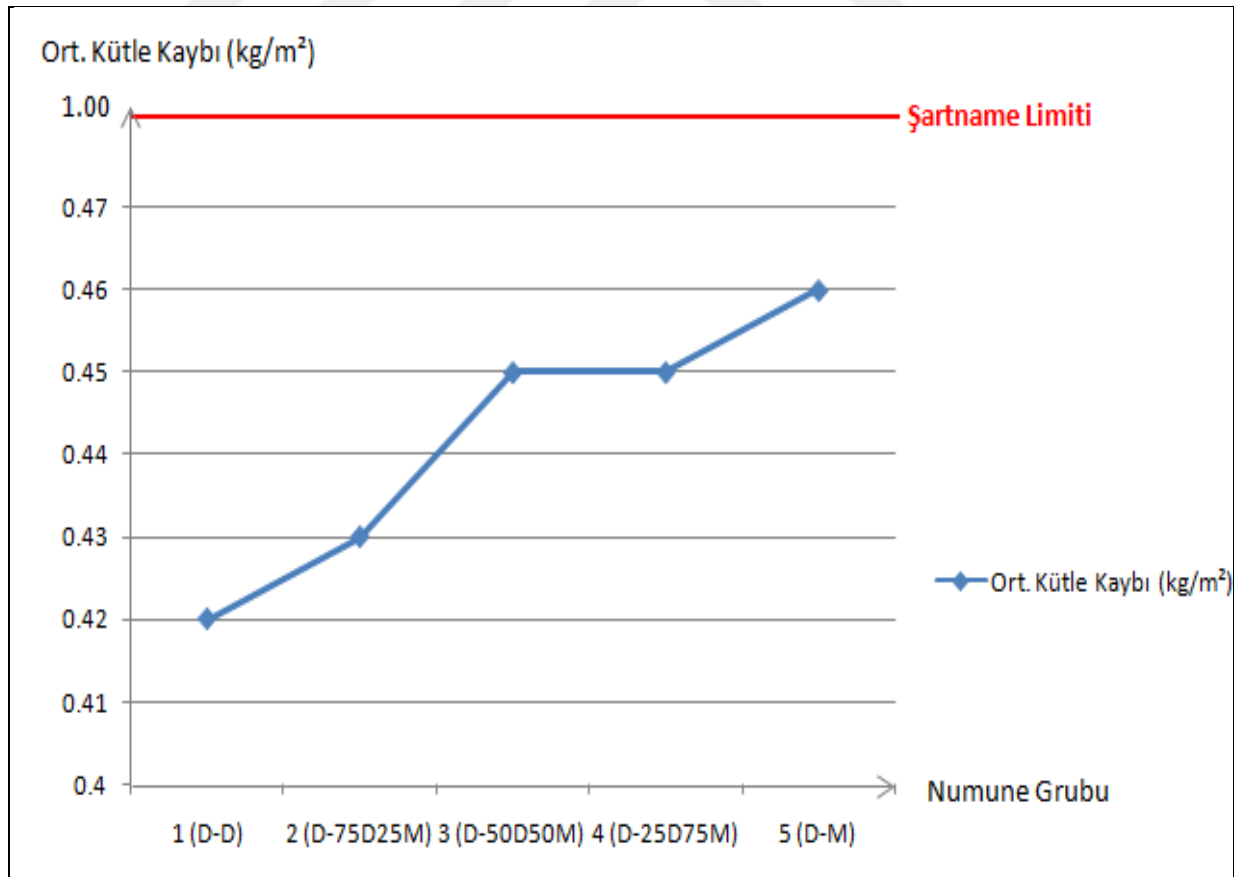
Şekil 4.4. Su emme oranı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi

4.7. Donma-Çözünmeye Karşı Direnç Deney Sonuçları

Çizelge 4.7' de verilen, numuneler üzerinde yapılan donma-çözünmeye karşı direnç deney sonuçlarına göre; hiçbir numune grubunun KGM Karayolu Teknik Şartnamesi Kısım 316.01.06' da belirtilen sınır değeri aşmadığı görülmektedir. Şahit numuneye göre kıyas yapıldığında, numunelerde mermer ince agregası oranı arttıkça donma-çözünme deneyi sonundaki kütle kaybının da arttığı görülmüştür. Ancak sınır değer aşılmadığından, deneye tabi tutulan tüm beton parke taşı numune gruplarının kullanılabilir olduğu görülmüştür. Şekil 4.5' te ise ortalama kütle kaybı grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Donma-çözünmeye karşı direnç deney sonuçları

Numune No	1 (D-D)	2 (D-75D25M)	3 (D-50D50M)	4 (D-25D75M)	5 (D-M)
1	0.42	0.43	0.45	0.44	0.45
2	0.42	0.43	0.44	0.46	0.47
3	0.43	0.43	0.45	0.45	0.47
Ort.	0.42 kg/m ²	0.43 kg/m ²	0.45 kg/m ²	0.45 kg/m ²	0.46 kg/m ²
Şartname Limiti	Ort. kütle kaybı $\leq 1 \text{ kg/m}^2$ ve Tek numune sonuçlarından hiçbirisi 1.5 kg/m^2 ' den büyük olmamalıdır.				



Şekil 4.5. Donma-çözünmeye karşı direnç deney sonuçlarının grafiksel gösterimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusu, teknolojik gelişmeler ve çevre kirliliğindeki artış hızlandıkça hammadde kaynaklarındaki azalış da bir o kadar hızlanmaktadır. Hem doğanın geleceğini hem de insan sağlığını olumsuz etkileyen çevre kirliliğinin önemli bir nedeni atık malzemelerdir. Atık malzemelerin giderek artıp doğal kaynakların ise bu denli azalması, dünyada geri dönüşümün önemini gözler önüne sermiştir. Bu durum kaynakların tekrar kullanımını yaygınlaştıracak çalışmalara neden olmuştur. Dünyanın yaşanılabilir bir yer olması doğanın korunmasına ve tahribatın azalmasına bağlıdır. Çevreye verilen zararı minimuma indirmek için hızla tükenen hammaddelere destek olarak; bu kaynakların işlenmesinde ortaya çıkan atık malzemelerin değerlendirilmesi düşünülmelidir.

Yapılan bu tez çalışması kapsamında; Tokat iline ait mermer atıkları ince agrega boyutuna getirilmiş ve kaplama malzemesi olan parke taşlarının üretiminde hali hazırda kullanılan kalker kökenli doğal agrega ile birlikte farklı oranlarda karıştırılarak kilitli beton parke taşında kullanılabilirliği incelenmiştir.

Laboratuvar deneyleri sonucunda şahit numune grubu ve 4 farklı beton parke deney grubu için aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir.

- Boyutların ölçülmesi ve görünüş deneylerinde, şahit numuneler ile mermer agregası içeren numuneler aynı sonuçları vermiştir. Hiçbir numune standartta belirtilen özelliklerin dışına çıkmamıştır. Atık mermerlerin ince agrega olarak kullanılması, parke bloklarının kalıbın şeklini almasında herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır ve blokların ebatlarını değiştirmemiştir.
- Aşınmaya karşı direnç deneylerinde, beton blok kısmı ile 4 mm kalınlıktaki kumlu yüzey tabakası bütün olacak şekilde üretilen şahit numuneler ile mermer agregası içeren numuneler benzer sonuçlar vermiştir. Şahit numunenin ortalama aşınma miktarı 21 mm iken, aynı değer mermer agregalı numunelerden 2 numaralı D-75D25M isimli numune grubundan elde edilmiştir. 3 numaralı D-50D50M isimli numune grubunun ortalama aşınma miktarı 21,33 mm, 4 numaralı D-25D75M isimli numune grubunun ortalama aşınma miktarı 22 mm

olup, 5 numaralı D-M isimli numune grubunun ortalama aşınma miktarı da 22,33 mm olarak birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

- Yarmada çekme deney sonuçlarına göre görülmüştür ki, beton parke taşlarının ince agregasına doğal agrega %50 orana kadar azaltılarak aynı oranda atık mermer eklendiğinde elde edilen mukavemet değeri standartta belirtilen değerlere uygundur. Ancak %75 oranda atık mermer ince agregası ikame edilen numuneler ve ince agreganın tümü mermer atığı olan numunelerin dayanımı yetersiz olmaktadır. Mermer agregası içermeyen şahit numunelerde olduğu gibi %25 ve %50 oranında mermer ince agregası içeren beton parke taşları yarmada çekme deneylerinde başarılı olmuştur.
- Su emme oranı tayini deney sonuçlarına göre, şahit numunelerde olduğu gibi farklı oranlarda mermer ince agregası ikame edilen her bir numune grubu şartnamede maksimum değer olarak belirtilen %6 su emme oranını aşmamıştır. Mermer agregasının, beton parke taşının su emme oranını artırdığı gözlemlense de elde edilen sonuçlar kontrol şartını sağladığından, yeni numuneler de uygun numune sınıfına dahil edilmektedir.
- Buz çözücü tuz etkisi ile donma-çözünme deneyi yapıldığında görülmüştür ki; elde edilen sonuçlar ve kontrol numunesinin sonuçları birbirine yakın değerlerdir. Hem tek numunelerin kütle kaybı şartı (max 1,5 kg/m²) hem de ortalama kütle kaybı şartı (max 1kg/m²) sağlandığından numuneler uygun kabul edilmiştir.

Sonuç olarak; oluşturulan 4 farklı beton parke taşı numune grubu ile şahit numune grubuna uygulanan tüm deneyler bir bütün olarak göz önüne alındığında, yarmada çekme deneyinden elde edilen sonuçlardan dolayı numunelerde Tokat yöresine ait mermer ince agregasının kullanım oranı sınırının %50 olarak belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Tokat mermerinin, beton parke taşı üretiminde kullanılmasıyla betonun su tutma miktarını artırdığı kanısına varılmıştır. W/C oranı değiştirilerek optimum su/çimento

oranının elde edilmesi ile yarmada çekme dayanım özelliklerinde iyileşme olabileceği düşünülmektedir.

Deneyler kapsamında betonun elle üretilmesi, bölgeye özel agregaya kullanılması ve beton üretiminde katkı malzemesi kullanılmamış olması dayanımdaki düşmenin nedenlerinden olabileceği kanısına varılmıştır.

İleride yapılacak çalışmalarda, W/C oranının değiştirilmesi, beton santralinden alınacak betonun katkı maddesi ilave edilerek kullanılması ve farklı özellikli agregaya seçilmesi ile kilitli beton parke taşının üretilmesi önerilmektedir.

Şahit numune ve ince agregaya olarak mermer atığı kullanılarak üretilen beton parke taşlarının maliyet açısından da karşılaştırılması literatüre katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Açıkgöz, Y., 2008. Uçucu Küllerin Beton Kilitli Parke Taşı Üretiminde Kullanımının Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Adıgüzel, M. ve Şengüler, M., 2019. Türkiye Mermer Sektörünün ve Rekabet Gücünün İncelenmesi. Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54 (3), 1530-1546.
- Akbulut, A., 2006. Kilitli Beton Parke Taşı İle Yapılan Yol Kaplamaları. İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi Dergisi, 31, 4-9.
- Akın, E., 2011. Mermer İşletme Projesi Hazırlanması ve Projenin Adımları. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim dalı, Isparta.
- Akyüz, C., 2019. Pirit Korunt ve Su Tutucu Polimerin Beton Parkelerin Yüzey Aşınma Direncine Etkisinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Rize.
- Alakara, E. H., 2020. Tokat İli Mermer İşletmelerinde Ortaya Çıkan Atık Mermerlerin ve Kentsel Dönüşüm Beton Atıklarının Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanımının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Alişer, B., 2013. Mermer Tozu ve Cam Elyaf Katkılı Çimento Harçlarının Sülfat Dayanıklılığının Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ.
- Alyamaç, K. E. ve Çetişli, F., 2010. Atık Mermer Tozunun Beton İçerisinde Kum İle Yer Değiştirilerek Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, 18-20 Ekim 2010, 488-496, Mersin.
- Anonim, <https://insapedia.com/beton-parke-tasi-nedir-cesitleri-ve-dosenmesi/> (23.12.2020)
- Anonim, <http://www.bursacimento.com.tr/wp-content/uploads/2014/08/cem1-425r.pdf> (23.12.2020)
- Anonim, https://personel.omu.edu.tr/docs/ders_dokumanlari/7169_4827_2205.pdf (23.12.2020)
- Anonim, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/mermer> - (23.12.2020)
- Anonim, <https://malzemebilimi.net/mermer-nedir-nerelerde-kullanilir.html> (23.12.2020)
- Anonim, <https://www.gninsaat.com.tr/agrega-yuzey-sekli-bicimi> - (23.12.2020)
- Anonim, <https://insapedia.com/beton-parke-tasi-nedir-cesitleri-ve-dosenmesi/> - (23.12.2020)
- Anonim, http://www.yapisanatlari.com/agrega_1_30.htm - (23.12.2020)
- Anonim, 2017. <https://hurok.com/mermer-nasil-olusur/> - (23.12.2020)
- Anonim, <http://yontarkalipmakina.com.tr/urunler/kpm-25-cb> - (27.12.2020)
- Arıkan, M., 1962. Türkiye’ de Mermercilik. Bilimsel Madencilik Dergisi, 2 (7), 463-468.
- Aslantaş, O., 2004. A Study On Abrasion Resistance Of Concrete Paving Blocks. (The Degree Of Master Of Science), Middle East Technical University. Natural And Applied Sciences/Civil Engineering, Ankara.
- Aydın, A. B., 2013. İnce Agregasında Farklı Oranlarda Mermer Tozu Kullanılmış Betonların Dayanım ve Dayanıklılık Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi), T.C.

- Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- Aydın İpekçi, C., Coşkun, N. ve Tıkansak Karadayı, T., 2017. İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi. TÜBAV Bilim Dergisi, 10 (2), 43-50.
- Canpolat, H., 2018. Kayseri Çinko-Kurşun Üretim Tesisi Atıklarının Beton Parke Taşlarında Kullanılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Ceylan, H., 2000. Mermer Fabrikalarındaki Mermer Toz Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Ceylan, H.ve Mança, S., 2013. Mermer Parça Atıklarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi, 3 (2), 21-25.
- Çağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B. ve Kurşun, İ., 1999. Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş 'İston'. 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu'99, İstanbul.
- Çelik, M. Y. ve Tur, Ş., 2009. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer Atıkları Depolama Sahasının Özellikleri. AKÜ Fen Bilimleri Dergisi, 1, 41-49.
- Çelikkol, M., Erkan, M., Koruç, Ş. ve Öztürk, Ö., 2011. Agregas Sektörüne Genel Bir Bakış. Agregas Üreticileri Birliği, Kırmataş Sempozyumu.
- Çetin, T., 2003. Türkiye' de Mermer Potansiyeli Üretimi ve İhracatı. Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23 (3), 243-256.
- Çevretek, T., 2013. Beton Parke Taşı Üretim Tesisi Proje Tanıtım Dosyası. Perşembe Belediye Başkanlığı, Ordu.
- Çınar, M., 2019. An Investigation Of Fresh And Hardened Properties Of Cementitious Grout Made With Combined Use Of Waste Marble Powder And Fly Ash. (Ph.D. Thesis), Hasan Kalyoncu University. Natural And Applied Sciences/Civil Engineering, Gaziantep.
- Çilenkoğlu, T., 2020. Doğal Taş ve Mermer Üretiminin Çevresel Etkileri ve Atık Yönetiminin İncelenmesi: Bilecik İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Çimen, O., 2015. Püskürtme Beton Uygulamasında Geri Seken Malzemenin Parke Taşı Olarak Kullanılmasının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta.
- Dağlı, Ç., 2014. Mermer Toz Atıklarının Derz Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Dicle Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Diyarbakır.
- Doğal taşlar sektör raporu. 2020. Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Maden Metal ve Orman Ürünleri Dairesi.
- Dumangöz, M., 2014. Mermer Tozu ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Reolojik ve Kalıcılık Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik.

- Enbaya, M. M., 2019. Atık Mermer Tozu Kullanılarak Üretilen Kendiliğinden Yerleşen Betonların (KYB) Bazı Özelliklerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Kastamonu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu.
- Erdem, R. T. ve Öztürk, A. U., 2012. Mermer Tozu Katkısının Çimento Harcı Donma-Çözünme Özellikleri Üzerine Etkisi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1(2), 85-91.
- Ertaş, F. C., Döven, M. S. ve Özyer, K., 2011. Tokat İli Mermer Endüstrisi Sektör Araştırması ve Rekabetçilik Analizi. 2011 Yılı Doğrudan Faaliyet Desteği Programı, Tokat.
- Geniş, M., 1995. Ankara, Nallıhan, Osmaniye Mermer Yatağının Yıllık 1000 m³' lük Üretim Kapasitesine Göre Projelendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Gülan, L., 2015. Atık Mermer Tozu ve Cam Elyaf Katkısının Betondaki Karbonatlaşmaya Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ.
- Gümüşsoy, M., 2019. Geri Dönüştürülmüş Agregaların Harç Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Bartın Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Gürer, C., 2005. Atık Mermer Parçalarının Bitümlü Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Afyon.
- Güven, H., 2015. Denizli ve Çevresindeki Traverten Atıklarının Betonda Katkı Malzemesi Olarak Kullanılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Pamukkale Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Işıkdag, B., 2009. Atık Asfalt Kırıklarının Beton Yollarda Agregaya Yerine Kullanılmasının Araştırılması. (Doktora Tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- İyiliksever, R., 2014. Atık Mermer Bulamacının Reaktif Pudra Betonunun Mekanik Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- Karayolu Teknik Şartnamesi (Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler), 2013. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kava, İ. T., 2013. Comparison Of The Strength Developments Of Intergrated And Separately Ground Marble-Incorporated Cement Mortars. (The Degree Of Master Of Science), Middle East Technical University. Natural And Applied Sciences/Cement Engineering, Ankara.
- Kavas, T., 2003. Atık Mermer ve Alüminyum Hidroksit Kullanarak Refrakter Çimento Üretimi. (Doktora Tezi), Osmangazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Kaya, T. ve Karakurt, C., 2016. Uygulamadaki Beton Parke Taşlarının Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4, 469-474.
- Koç Keskinçılınç, M., 2019. Alkali Aktive Edilmiş Harç Üretiminde Krom Cürufu ve Atık Mermer Tozunun Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Fırat

- Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Teknolojileri Anabilim Dalı, Elazığ.
- Koçyiğit, Ş., 2016. Pomza Agregası Atık Mermer Tozu ve Kitre Katkılı Çimento Esaslı Kompozit Malzemenin Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi. (Doktora Tezi), T.C. Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ.
- Köktürk, U., 2002. Endüstriyel Hammaddeler. Dokuz Eylül Üniversitesi. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Yayını, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Kun, N., 2000. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi. İzmir Mermerciler Odası, İzmir.
- Memişoğulları, M., 2019. Prefabrik Beton Yapı Malzemelerinin Geri Dönüşüm Agregası Olarak Beton Parke Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Konya Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Muratoğlu, İ., 2010. Atık Mermer Tozu Katkılı Killi Zeminlerin Konsolidasyon ve Permeabilite Özelliklerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Afyon.
- Okubay, M., 2016. Bitümlü Sıcak Karışımlarda Agregada Olarak Mermer Atığı Kullanımının Araştırılması. (Doktora Tezi), T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Okubay, M., Kök, B. V., Yardım, M. S. ve Yılmaz, M., 2018. Agregada Olarak Mermer Atığı Kullanımının Bitümlü Sıcak Karışımların Nem Hasarı Üzerindeki Etkisi. BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20 (2), 495-507.
- Okubay, M. ve Yardım, M. S., 2016. Mermer Atıklarının Bitümlü Sıcak Karışımların Stabilite Özelliklerine Etkisi. Engineering Sciences (NWSAENS), 11 (3), 73-82.
- Özmen, M., 2003. Kasım 2000-Şubat 2001 Ekonomik Krizleri ve Göller Bölgesi Mermercilik Sektörüne Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü/İktisat Anabilim dalı, Isparta.
- Öztaş, G. ve Açar, E., 2005. Kilitli Beton Parke Kaplamalar. Şantiye İnşaat Makine ve Mimarlık Dergisi, 18, 98-102.
- Öztürk, Ö., Çelikkol, M. ve Erkan, M., 2007. Türkiye Agregada Sektör Raporu. Hazır Beton Dergisi, Kasım-Aralık 07, 52-56.
- Perçin, M. H., Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Konstrüksiyonu 1 Ders Notları Bölüm 2, 1-23.
- Polat, Y., 2000. Türkiye’ de Uygulanan Mermer Üretim Yöntemleri ve Bilecik-Gölpazarı Mermer Ocakları Kapasite Artırımı. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Sağlam, G., 2012. Çimento Üretiminde Atık Mermer Tozu ve Atık Alçının Kullanılabilirliği. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Sarıtaş, A., 2006. Burdur İli Mermer Sektörünün Kurumsal ve Ekonomik Yapısı. (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü/İşletme Anabilim Dalı, Antalya.
- Semiz, M., 2006. Beton Kilit Taşlarının Fiziksel Özellikleri ve Alternatif Üretim Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Standart Agregalı Beton Parke Taşları Teknik Şartnamesi, 2005.

- Şahbaz, A., 2010. Değişik Doğal Taş Agregaların Beton Blokların ve Kilitli Parke Taşının Fiziko-Mekanik Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon.
- Şahin, M., 2018. Geri Dönüştürülmüş Agregaların Harç Üretiminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Şatırcı, F. Y., 1999. Türkiye Mermer Sektörünün Sorunları ve Çözüm Önerileri. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Dumlupınar Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü/İşletme (Yönetim Organizasyon) Anabilim Dalı, Kütahya.
- Şengül, Ö., Taşdemir, C., Kuruç, Ş. ve Sönmez, R., 2003. Agregaların Betonun Donma-Çözülme Dayanıklılığına Etkisi. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık 2003, İstanbul.
- T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 1995. Mermer ve Granit Sanayi Sektör Araştırması. Sanayi ve Geliştirme Müdürlüğü, Ankara.
- T.C. Ticaret Bakanlığı, 2018. Doğal Taşlar Sektör Raporu. İhracat Genel Müdürlüğü Maden Metal ve Orman Ürünleri Dairesi, Ankara.
- T.C. Ticaret Bakanlığı, 2020. Doğal Taşlar Sektör Raporu. İhracat Genel Müdürlüğü Maden Metal ve Orman Ürünleri Dairesi, Ankara
- Tekmen, T., 2006. Kireçtaşlarından Üretilen Kilitli Beton Parke Bloklarının Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Topçu, Ö. B., 2019. Geçirimli Beton Tasarımı ve Zemin Kaplama Bloklarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- TS EN 197-1, 2012. Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 932-5, 2012. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 5: Genel Cihazlar ve Kalibrasyon. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-1, 2012. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini - Eleme Yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-3, 2012. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 3: Tane Şekli Tayini - Yassılık Endeksi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2, 2020. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-3, 1999. Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-6, 2013. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 6: Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 1247, 1984. Beton Yapım Döküm ve Bakım Kuralları (Normal Hava Koşullarında). Türk Standartları Enstitüsü, 5-19, Ankara.
- TS 706 EN 12620, 2003. Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2824 EN 1338, 2006. Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Tuğrul, E., 2015. Agregaların Aşınma Dayanımlarının Farklı Şartlar Altında İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Tutuş, M., 2007. Çukurova Yöresinde Bulunan Bazı Mermerlere Ait Fiziko-Mekanik Özelliklerin İstatistiksel Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Ulu, M. İ., 2008. Dünya Doğal Taş Ticaretinde Türkiye' nin Konumu. İMMİB, 1. Baskı, İstanbul.
- Uyanık, T., 2001. Doğal Taşlar Dış Pazar Araştırması. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi Yayını (İGEME), Ankara.
- Üçok, M., 2019. Kromit Manyetit ve Kuvars İnce Agregasının Beton Parkelerin Yüze Aşınma Direncine Etkisinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Rize.
- Ün, H., 2005. Değişik Tip Çimentolarla Hazırlanan Harçların Eğilme Sonrası Basınç Dayanımı İle Doğrudan Basınç Dayanımlarının Karşılaştırılması. Deü Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7 (1), 97-109.
- Ünal, O., Kibici, Y., 2001. Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. Türkiye III. Mermer Sempozyumu (MERSEM'2001) Bildiriler Kitabı, 3-5 Mayıs 2001, A.K.U Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü, Afyon.
- Ünsal, A. ve Şen, H., 2008. Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneyleri. T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Malzeme Laboratuvarı Şubesi Müdürlüğü.
- Vardar, M., 1990. Mermerlerin Uygarlık Tarihindeki Yeri. Türkiye' de Mermer ve Yapı. MTA Rapor No:9973, Ankara.
- Yahlizade, E. S., 2007. Atık Cam İçeren Parke Taşlarının Yangın, Donma-Çözülme ve Aşınma Dayanımlarının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Harran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Yakşe, G., 2016. Atık Mermer Parçaların Yol Temel Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik.
- Yamanel, K., 2015. Kayseri Yöresi Atık Mermer Tozu Katkılı Harçların Özelliklerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Yıldız, İ., 2013. Elazığ Ferrokrom Cürufunun Beton Parke Taşı ve Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Yıldız, Ö., 1995. Afyon Yöresi Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.