

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DENİZLİ VE ÇEVRESİNDEKİ TRAVERTEN ATIKLARININ
BETONDA KATKI MALZEMESİ OLARAK KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSEYİN GÜVEN

DENİZLİ, TEMMUZ - 2015

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



DENİZLİ VE ÇEVRESİNDEKİ TRAVERTEN ATIKLARININ
BETONDA KATKI MALZEMESİ OLARAK KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSEYİN GÜVEN

DENİZLİ, TEMMUZ - 2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Hüseyin GÜVEN tarafından hazırlanan “Denizli ve Çevresindeki Traverten Atıklarının Betonda Katkı Malzemesi Olarak Kullanılması” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 13.07.2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Hasan KAPLAN
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Nihat ÇETİNKAYA
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Osman ÜNAL
Afyon Kocatepe Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu
30.07.2015. tarih ve ...28/19..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez alışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma
Projeleri Fonu tarafından 2015FBE016 nolu proje ile desteklenmiřtir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

HÜSEYİN GÜVEN

İmza


ÖZET

DENİZLİ VE ÇEVRESİNDEKİ TRAVERTEN ATIKLARININ BETONDA KATKI MALZEMESİ OLARAK KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSEYİN GÜVEN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HASAN KAPLAN)

DENİZLİ, TEMMUZ - 2015

Yapılan çalışmada; Denizli'nin önemli ihracat ürünlerinden olan traverten atıklarının tarıma verdiği zararları en aza indirmek, atık yığınlarını azaltmak, traverten fabrikalarının atık maliyetlerini minimize etmek ve bunları yaparken de betonun mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yapmak amaçlanmıştır. Traverten çamurunun çimentoya %5,%10,%15,%20, %25 ve %30 oranlarında ikame edilmesi ile elde edilen numunelerin, değişik yaş gruplarında deneyleri yapılmıştır. Salt çimento ile üretilen örnekler şahit olarak ele alınarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bir sonraki aşamasında traverten çamuru betona mineral katkı olarak katılmıştır. Bu aşamadaki traverten çamuru oranları ağırlık olarak %3 , %6 ve %9 olarak alınmıştır. Çimento katkısı deneylerinde olduğu gibi sonuçlar salt numune ile kıyaslanmıştır.

Deneylerin sonuçları ışığında optimum traverten katkı değerleri bulunarak katkılı beton parke ve bordürler üretilecektir. Bu sayede de tarıma zarar veren bir atık kullanılarak daha ekonomik ve daha dayanıklı parke ve bordürlerin piyasaya kazandırılması planlanmaktadır.

ANAHTAR Kelimeler: Geri dönüşüm, atık, traverten çamuru, basınç dayanımı, aşınma dayanımı

ABSTRACT

**USING THE TRAVERTINE WASTES IN DENİZLİ AND ITS SURROUNDINGS
AS AN ADDITIVE OF CONCRETE**

**MSC THESIS
HÜSEYİN GÜVEN
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF. DR. HASAN KAPLAN)

DENİZLİ, JULY 2015

It is intended to minimize the damage to agriculture of travertine wastes, which are one of the most important export products in Denizli, to reduce the waste piles, to minimize the waste costs of travertine factories and to improve the mechanical properties of concrete in this study. In this experimental study, travertine has been used in concrete instead of 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30% of cement and has been tested in different ages. The travertine doped samples were compared with natural models. In the next step, travertine has used as mineral additive in concrete. In this step, percentages of travertine are 3%, 6% and 9% instead of fine aggregates. Comparison method is the same with the cement experiments in this step.

Through this study, optimum travertine percentages had found and a waste which harms the agriculture had used in concrete as an additive material. And producing concrete pavings and curbs with this optimum percentages is planned.

KEYWORDS: Recycle,waste,travertine mud,compressive strength,wear resistance

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÖNSÖZ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Bağlayıcılar	2
1.2 Traverten.....	5
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
2.1 Farklı Malzemelerin Çimento Yerine Kullanılması Üzerine Yapılan Çalışmalar	10
2.2 Atıklardan Faydalanılarak Takviyeli Beton Üretilmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE METOD	15
3.1 MATERYAL	15
3.1.1 Çimento.....	15
3.1.2 Agrega	16
3.2 METOD.....	17
3.2.1 Çimento İkame Deneyleri.....	17
3.2.1.1 Eğilme Dayanımı Deneyi	18
3.2.1.2 Basınç Dayanımı Tayini.....	19
3.2.2 Beton Deneyleri	20
3.2.2.1 Beton Basınç Dayanımı Tayini	25
3.2.2.2 Yarmada Çekme Dayanımı Tayini	29
3.2.2.3 Aşınma Deneyi	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	40
4.1 Çimento İkame Deneyleri.....	40
4.2 Beton Deneyleri	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44
5.1 Sonuçlar.....	44
5.2 Öneriler	44
6. KAYNAKLAR	46
7. ÖZGEÇMİŞ.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Portland Çimentosu	4
Şekil 1.2: Pamukkale Travertenleri	6
Şekil 1.3: Tivertino(İtalya)'dan Bir Kesit	6
Şekil 1.4: Türkiye “Traverten Sahaları” Dağılım Haritası	7
Şekil 1.5: Traverten Ocağı	7
Şekil 1.6: Traverten Üretimi Yapan Fabrikadaki Traverten Stokları	8
Şekil 1.7: Amerikan Standartlarında Üretilmiş ve İhraç Edilen Travertenler	8
Şekil 1.8: Traverten Fabrikasındaki Kesim atıkları	9
Şekil 3.1: Eğilme Dayanımı Testi	19
Şekil 3.2: Eğilme Dayanımı Testi Ölçüm Düzeneği	19
Şekil 3.3: Malzemelerin Tartılması	21
Şekil 3.4: Traverten-Su Karışımının Hazırlanması	22
Şekil 3.5: Hazırlanan Traverten-Su Karışımının Sisteme Verilmesi	22
Şekil 3.6: Hazırlanan Karışımın Betoniyerden Boşaltılması	23
Şekil 3.7: Karışımın Kalıplara Yerleştirilmesi.....	24
Şekil 3.8: Numunelerin Kür Havuzunda Muhafaza Edilmesi	25
Şekil 3.9: Tatmin Edici Kırılma Biçimleri.....	27
Şekil 3.10: Numunenin prese yerleştirilmesi	28
Şekil 3.11: Basınç Testi Sonrası Numune	28
Şekil 3.12: Yarmada Çekme Testi Kırılma Biçimi	29
Şekil 3.13: Basınç Yükünün Uygulanması	30
Şekil 3.14: Silindirik Numunenin Yarmada Çekme Aparatına Yerleştirilmesi	31
Şekil 3.15: Yükleme Sonrası Silindirik Numune	32
Şekil 3.16: Yükleme Sonrası İkiye Bölünen Numunenin Malzeme Dağılımı..	34
Şekil 3.17: Numunenin aşındırılacak yüzeyinin düzeltilmesi.....	36
Şekil 3.18: Numunenin aşındırılacak olan yüzeyinin kalemle boyanması	36
Şekil 3.19: Aşındırma Test Cihazı	37
Şekil 3.20: Numuneye Aşındırma Tozunun Verilmesi	38
Şekil 3.21: Aşınma Testi Sonrası Numuneler	39
Şekil 4.1: Çimento İkameli Numunelerin Eğilme Dayanım Testi Sonuçları ...	40
Şekil 4.2: Çimento İkameli Numunelerin Basınç Dayanım Testi Sonuçları	40
Şekil 4.3: Traverten Mineral Katkılı Numunelerin Basınç Dayanımı Dağılımı	42
Şekil 4.4: Traverten Mineral Katkılı Numunelerin Yarmada Çekme Dayanımı Dağılımı.....	42
Şekil 4.5: Aşınma Deneyi Sonrası Aşınan Yüzey Oranları.....	43

TABLO LİSTESİ

- Tablo 3.1:** Çimentonun Fiziksel Özellikleri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3.2:** Çimentonun Kimyasal Özellikleri **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3.3:** Travertenin Su Oranının Bulunması **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3.4:** Basınç ve Eğilme Testleri Sonuçları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3.5:** 1m³ Karışım İçin Malzeme Oranları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3.6:** Basınç Dayanımı Testi Sonuçları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3.7:** Yarmada Çekme Dayanımı Testi Sonuçları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3.8:** Aşınma Testi Sonuçları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

ÖNSÖZ

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı'nda Araş. Gör. Hüseyin Güven'in yüksek lisans tezidir. Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkıda bulunan başta Prof. Dr. Hasan KAPLAN' a, Doç. Dr. Nihat ÇETİNKAYA' ya, Araş. Gör. İbrahim Hakkı ÖZİÇ' e, Araş. Gör. Enis BAŞ' a, Jeoloji Mühendisi Kaya TOKER' e, Tekniker Adnan HAFIZOĞLU ve Mevlüt SUNGU' ya ve en çok da İnşaat Mühendisi ve babam Sn. Zühtü GÜVEN' e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

1. GİRİŞ

Yapılarda kullanılan malzemenin birim ağırlığının az, mukavemetinin fazla, işlenebilirliğinin çok olması istenir. Beton; basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir malzemedir. Ekonomik oluşu, kolay işlenebilirliği ve teknik özellikleri dolayısıyla günümüzde ekseriyetle kullanılmaktadır.

Geleneksel beton tipik olarak; yorulma dayanımı, kavitasyon, aşınma dayanımı, çekme dayanımı, kayma dayanımı, tokluk, şekil değiştirme kapasitesi açısından yeterli performans kriterlerini karşılayamamaktadır.

Atık malzemelerin kullanılmasıyla, betonun bu mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yapmak son dönemlerde revaçta olan konulardandır. Bu kapsamda betonda katkı malzemesi olarak kullanılan bazı malzemeler aşağıda verilmiştir.

- Uçucu kül
- Atık beton
- Mermer tozu
- Yüksek fırın cürufu
- Barit
- Ahlat Taşı
- Mısır koçanları
- Tuğla unu
- Flotasyon atıkları
- Granit atıkları
- Kerpiç
- Pomza
- Metakaolin
- Traverten.

Denizli, traverten üretim havzaları arasında dünyada en önemli yerlerden birisidir. Ocaklardan kesilerek blok halinde çıkartılan kütlelerden üretilen traverten

plakalar daha çok zemin ve yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Denizli'nin tekstilden sonraki en önemli ihracatı travertendir. Traverten, atıkların değerlendirilmesi kapsamında daha önceden ele alınmış ve traverten fabrikalarında oluşan kesim atıkları betonda agrega olarak kullanılmıştır.

Traverten, Denizli'yle özdeşleşmiş özel bir kayaç türüdür. Her yıl binlerce ton traverten çıkarılıp bunlardan da tonlarca kaplama vb ürünler üretilmektedir. Fakat üretime alınan traverten bloklarının yarısından fazlası atık olarak ayrılmaktadır. Bu atıklar fabrikalara belli uzaklıklardaki boş alanlara yığın olarak atılmaktadır. Atık yığınlarının olduğu topraklar tarımsal anlamda işlenemez hale gelmektedir. Fabrikalar bu atıkları taşımak, yığmak ve imha etmek için ciddi maliyetler harcamaktadırlar. Traverten atıklarının; beton üretiminde kullanımı ekonomiye önemli katkı sağlayacaktır. Öncelikle malzeme olarak kullanılabilirliği ortaya konulduktan sonra, atıklara yakın ortak alanda kurulacak olan tesisler ile atıklar hızlıca sektöre kaynak olarak dönebilecektir. Bu araştırmanın en önemli yaygın etkisi; beton üretimi için yeni bir malzeme geliştirilecek aynı zamanda atık olarak çevreye zarara veren traverten çamurları ekonomiye kazandırılacaktır. Traverten atıkları ile üretilen beton parke elemanların dayanım bakımından da iyi sonuçlar vermesi halinde; hiçbir maliyeti olmayan traverten atıklarıyla üretilen elemanlar daha uygun fiyat ile kullanıma sokulacaktır. Yeni Büyükşehir olan Denizli sınırları içerisinde her yerleşim alanına; alt yapı hizmetlerinin daha uygun maliyet ile götürülmesine vesile olabilecektir.

Bu proje kapsamında geri dönüştürülmesi amaçlanan traverten çamurlarıyla yeni beton parke ve bordür modelleri geliştirilip seri üretime geçerek piyasaya yeni bir ürün kazandırılacaktır.

1.1 Bağlayıcılar

'Çimento' kelimesi, yontulmuş taş kırıntısı anlamındaki Latince 'caementum' sözcüğünden türemiş olup sonraları bağlayıcı anlamında kullanılmaya başlamıştır. İlk betonarme yapının tarihi 1852 olmakla birlikte, yapıların inşasında bağlayıcı malzemelerin kullanımı çok eskilere dayanır.

Bağlayıcı madde olarak kullanılan ilk madde kireçtir. Bu konuda kesin bulgular olmamakla birlikte kirecin bağlayıcı özelliğinin insanlık tarihinin erken dönemlerinde M.Ö.2000'li yıllarda keşfedildiği söylenebilir. Eski Mısır, Girit, Kıbrıs ve Mezopotamya'nın değişik yörelerinde kirecin bir yapı malzemesi olarak kullanılmasına ait örneklere rastlanılmıştır. Eski Yunanlılar ve Romalılar kireci hidrolik bağlayıcı olarak kullanmışlardır. M.Ö. 70 - 25 yılları arasında yaşamış olan Mimar Vitruvius ciltlik kitabında puzolan ve kireç karışımlarının hidrolik özelliklerinden bahsetmiş, nehir ve deniz kıyısında yapılacak olan yapılarda kullanılabilecek harç için karışım oranı bile vermiştir. Araştırma sonuçları Anadolu'da Çatalhöyük'teki evlerin yapımında kullanılan sıvanın 7000 yıl öncesine tarihlendiğini ortaya koymuştur.

Tarihte; Mısır Piramitleri, Çin Seddi ve değişik zamanda yapılan kalelerde o dönemin medeniyetini simgeleyen birçok bağlayıcı madde kullanılmıştır. Daha sonra yaklaşık 2000 yıl önce, Romalılar söndürülmüş kireci volkanik küllerle sonraları pişirilmiş tuğladan elde edilen tozlarla karıştırarak bugünkü çimentonun özelliklerine benzer bir hidrolik bağlayıcı olarak kullanmaya başlamışlardır. Eski Yunanlılar ise Santorin Adası'ndaki volkanik tüfleri kireçle karıştırarak veya killi kireç taşından elde ettikleri bir tür hidrolik kireçle harç yapmışlardır.

Eski Yunanlılar ve Romalılar kireç ve puzolan karışımlarının hidrolik özelliğinin farkına varmış ve bunları kullanmış olmakla birlikte ne kirecin elde edilişi ne de puzolanik reaksiyonları kimyasal olarak açıklayacak bilgiye sahip olamamışlardır.

Örneğin Pliny (Romalı bilgin Gaius Pilinius) " taşın ateşle yakılmasıyla elde edilen kirecin suyla temas edince neden tekrar yandığının" anlaşılmasız olduğunu yazmıştır. Bağlayıcı malzemelerin kalitesi kullanımı konusunda ancak 18yy.da kayda değer bir gelişme olmuştur.1756 yılında Eddystone Lighthouse'u yeniden inşa etmekle görevlendirilen John Smeaton, kirecin kimyasal özelliklerini ilk anlayan kişi olarak bilinir. Daha sonraki gelişme ise "Roman Cement" (Roma Çimentosu), adı ile bilinen bağlayıcının Joseph Parker tarafından elde edilmesiyle olmuştur.

1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde, Joseph Aspdin isimli bir duvarcı

ustası, hazırladığı ince taneli kil ve kalker karışımını pişirerek ve daha sonra öğütürük bağlayıcı bir ürün elde etmiştir. Bu ürüne su ve kum katıldığında ve zamanla sertleşme olduğunda, ortaya çıkan malzemenin İngiltere'nin Portland adasından elde edilen yapı taşlarını andırdığını gören Joseph Aspdin, elde ettiği bu bağlayıcı için 21.10.1824 tarihinde "Portland Çimentosu" adı altında patent almıştır.(Şekil 1.1) Bu bağlayıcı daha sonraki yıllarda büyük gelişmeler gösterse de "Portland" ismi aynen korunmuştur.



Şekil 1.1: Portland Çimentosu

Aslında Joseph Aspdin tarafından üretilen bağlayıcı, üretim sırasında yeterince yüksek sıcaklıklarda pişirilmediği için bugünkü portland çimentosunun özelliklerine tamamen sahip olamamıştır. Yine de İngiltere Kirkgate İstasyonu'nun yanındaki halen ayakta olan "Wakefield Arms" binasını Joseph Aspdin'in yaptığı bağlayıcı ile yapıldığı belirlenmiştir. Hammaddelerin yüksek sıcaklıklara kadar pişirilip öğütülmesi olayı daha sonra Isaac Johnson isimli bir İngiliz tarafından gerçekleştirilmiştir (1845).

Anadolu'da ise Hitit kentlerinde, özellikle Çorum, Tokat ve Malatya illerindeki antik kentlerde, magneziyen kireç ile karıştırılmış puzolanik aktif doğal malzemelerin harç yapımında kullanıldığı görülmüştür. Bunun dışında Güneydoğu Anadolu'da Asurlulardan kalma tarihi kalıntılarda normal kireç ile bazalitik puzolanik maddenin kullanılmış olması vb. örnekler, Anadolu'da Romalılar ve Yunanlılar' dan önce çimento kullanıldığını göstermektedir.

Teos- İzmir, Efes- İzmir, Afrodisias- Aydın, Kinidas- Muğla antik kentlerinde çimento ve harcın eski Anadolu uygarlıkları ile geniş temas kurulduktan sonra da görülmüştür.

Dünya'da çimento üretim ve satışına 1878 yılında başlanmasına rağmen, Türkiye'nin çimento sektörü ile tanışması ise esas olarak 1912 yılında özel sektör girişimi ile olmuştur. 34 yıl geç başlanması su kireci imalinin yeterli olmaması ve bu yılların Osmanlı İmparatorluğu'nun çöküş dönemlerine rastlamasından kaynaklanmaktadır.

Günümüzde çoğu çimento fabrikaları yüksek enerji tasarruflu ve çevreye duyarlı ileri teknolojilere sahiptir. Üretilen çimentoların kalite, dayanım ve dayanıklılığı ilk zamanlarda üretilenlerden çok yüksektir (Çelenk ve Peker 2004).

1.2 Traverten

Traverten dediğinde çoğu insanın aklına Denizli Pamukkale yöresi gelmektedir. Doğal traverten oluşumlarına en güzel örneklerden biridir. Aslında traverten, basınç altında, bünyesinde erimiş karbon dioksit bulunan yeraltı suları, geçtikleri bölgelerdeki kalsiyum karbonatı (CaCO₃) eriterek taşır. Suyun aniden açığa, basınçsız ortama çıkması ve karbondioksitin uçması ile, suda erimiş bulunan kalsiyum karbonat çok ince katmanlar halinde kayaların üzerine çöker. Bu birikim zamanla yastık gibi yumuşak hatları olan travertenleri oluşturur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Pamukkale Travertenleri

Traverten aynı zamanda mermerle birlikte kullanılan bir yapı malzemesidir. Türkiye'nin Denizli, Bucak-Burdur, Mut-Mersin, Sivas gibi birçok bölgesinde traverten ocakları işletilmektedir. Üretilen malzeme blok, moloz olarak veya fabrikalarda işlenerek ebatlı honlu - cilalı traverten gibi mamüller halinde iç piyasada kullanılmakta veya büyük oranda yurtdışına ihraç edilmektedir (Şekil 1.4).

Traverten sözcüğü, İtalya'da geniş traverten çökellerinin bulunduğu Tivoli'nin, Roma zamanındaki adı olan "Tivertino" dan gelmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Tivertino(İtalya)'dan Bir Kesit

Kaynaktan çıkan 35.6°C sıcaklığında, içinde yüksek miktardaki kalsiyum hidro karbonat bulunan suyun havadaki oksijen ile olan teması sırasında

miktarı 320.000.000\$ dır. Bu miktar 2014 yılı için de 300.000.000\$ dır. Aynı yıl Türkiye'nin traverten ihracat miktarı 2.000.000.000 \$ dır. Şekil 1.7'de de görüldüğü üzere Amerika da dahil olmak üzere bir çok ülkeye traverten ihraç edilmektedir.



Şekil 1.6: Traverten Üretimi Yapan Fabrikadaki Traverten Stokları



Şekil 1.7: Amerikan Standartlarında Üretilmiş ve İhraç Edilen Travertenler

Ocakta ortalama olarak 100 m³ traverten alanı boşaltıldığında 15 m³ traverten çıkarılır. Bu da ocak veriminin %15 olduğunu gösteriyor. Fabrikalarda ise üretim verimi %30'lara kadar düşmektedir. Şekil 1.6'da da görüldüğü üzere moloz şeklinde fabrikalara gelen travertenlerden %70'e kadar atık oluşabilmektedir. Bu atıklar hem fabrikalara extra maliyet oluşturmakta hem de tarımı olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 1.8: Traverten Fabrikasındaki Kesim atıkları

Şekil 1.8 de görüldüğü gibi, atık stokları hem görüntü olarak kirlilik oluşturmakta, hem toprak içerisinde bulunan canlı mikroorganizmaları öldürmekte, hem de fabrikalara ekstra maliyet oluşturmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde, atık malzemelerin beton üretiminde kullanılabilirliği ile ilgili daha önceden yapılan çalışmalar taranmıştır. Betonun özelliklerini atık malzemelerle iyileştirme konusunda yapılan birçok çalışma vardır. Bu çalışmalar iki gruba ayrılarak bu bölümde verilmiştir.

2.1 Farklı Malzemelerin Çimento Yerine Kullanılması Üzerine Yapılan Çalışmalar

Binici ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada çeşitli malzemelerin çimento ile yer değiştirme yüzdelerinin etkisi değişik şekillerde araştırılmıştır. Araştırma sonucunda yüksek fırın cüruf ikameli numunelerin basınç dayanımlarının ciddi miktarda arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca barit ikameli numunelerin, ağır agregalarından dolayı, dayanımı olumsuz etkilediği görülmüştür.

Filiz ve diğ (2010) 'Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması' isimli makalelerinde mermer tozunun çimentoya değişik hacim oranlarında eklenmesi sonucunda ortaya çıkan beton parkeleri incelemiştir. Yapılan deneyler sonucunda mermer tozu katkılı numunelerin şahit betona göre su emme oranlarının düştüğü görülmüştür.

Erdal ve diğ (2011) Ahlat taşının (ignimbrit) ocaklardan çıkarılması ve uygun boyutlara getirilmesi sırasında ortaya çıkan atıklardan elde edilen taş unlarının beton içerisinde kullanılabilirliği araştırmışlardır. Bu amaçla, % 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında Ahlat taş unu çimento yerine ikame edilerek, beton harç çubukları hazırlanmıştır. Karşılaştırma yapmak amacıyla Andezit ve Kalker taş unlarından da aynı oranlarda çimento yerine ikame edilerek harç numunesi hazırlanmıştır. Sonuç olarak % 5 oranında taş unu ilave edilerek hazırlanan bütün betonların, ikame yapılmadan üretilen normal betonlarla benzer basınç ve çekme dayanımlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Şimşek ve diğ (2006) nin yaptığı çalışmada, tuğla ununun çimento harcı içerisinde puzolanik katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çimento, ağırlıkça % 0, % 10, % 20 ve % 30'u oranlarında azaltılarak yerine tuğla unu ikame edilmiştir. Mekanik özellikler için 40 x 40 x 160 mm' lik harç numuneleri hazırlanmıştır. 7, 28, 90 ve 180 günlük harç numunelerinin mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tuğla unu katkısının karışım suyu gereksinimini, priz başlama ve bitiş sürelerini artırdığı belirlenmiştir. Kontrol harcına göre, en iyi eğilme ve basınç dayanımı değerleri % 10 tuğla unu ikameli karışımdan elde edilmiştir.

Yazıcıoğlu ve Demirel (2006) yaptıkları çalışmada; Elazığ yöresi pomzası, hidrasyon reaksiyonu yapabilmesi için çimento inceliğinde öğütülüp, ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranlarında çimento ile yer değiştirilerek yeni karışımlar oluşturulmuştur. Pomza ilavesiyle özellikle erken yaşlarda meydana gelen düşme, betonun erken yaşlardaki dayanımına olumlu yönde etki eden silis dumanının kullanılmasıyla engellenmiştir.

Mesci ve diğ. yaptıkları çalışmada, ilk aşamada çimentoya % 2.5, % 5, % 7.5, % 10, % 12.5 ve % 15 oranlarında flotasyon atıkları ilave edilerek çimentonun basınç dayanımı özellikleri incelenmiştir. İkinci aşamada, karışımlar beton üretiminde kullanılmış ve elde edilen sonuçlar, Türk Standartları ve referans değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bakır endüstrisi flotasyon atıklarının çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Afyon bölgesi mermer atıklarının portland kompoze çimentosu üretiminde katkı maddesi olarak kullanım olanakları Kavas ve Kibici (2001) tarafından araştırılmıştır. Bu amaçla, işletmelerin atık stoklarından alınan örneklerle ilk olarak karakterizasyon testleri ve deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirilerek atıkların çimento sanayisinde kullanılabilirliğinin içerik açısından uygun olduğu gözlenmiştir. Daha sonra, portland kompoze çimentosu klinkerine % 3, % 6 ve % 9 gibi belirli oranlarda mermer atıkları katılarak mermer atık katkılı çimento üretilmiş ve bu çimentoya standart testler ve deneyler yapılarak üretilen çimentonun uygunluğu araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda mermer atık katkısının çimento üretimi esnasında katkı hammaddesi olarak belirli sınırlara kadar kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2.2 Atıklardan Faydalanılarak Takviyeli Beton Üretilmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Çobanoğlu ve diğ (2013) 'nin yaptığı 'Denizli Bölgesi Traverten Atıklarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi' isimli çalışmada traverten atıklarının agrega olarak kullanıldığı betonların, kireçtaşı agregalı betonlara yakın sonuçlar verdiği ve beton agregası olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Binici ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada granit ve mermer atıklarından elde edilen geri dönüşüm agregalarının betonun özelliklerine katkısını araştırmışlardır. Sonuç olarak da agrega olarak en sık kullanılan kireç taşından çok daha iyi basınç dayanımı, boşluk oranı ve eğilme dayanımı elde etmişlerdir.

Yaprak ve diğ (2004) yaptıkları 'Cam ve Çelik Liflerin Bazı Beton Özelliklerine Etkisi' isimli çalışmalarında cam lifin çelik lifle birlikte kullanılması durumunda beton basınç ve yarmada çekme dayanımına olumlu katkı sağladığı görülmüştür.

Binici ve diğ (2005) yaptıkları çalışmada lif takviyeli kerpicingin, yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Üretilen takviyeli numunelerin Türk Standartları' nı sağladığı görülmüştür.

Köken ve diğ (2008)'nin yaptıkları 'Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği' isimli çalışmada atık betonların, beton agregası olarak kullanıldığı numunelerde hemen hemen tüm özelliklerin düştüğü görülmüştür.

Durmuş ve Şimşek (2008) yaptıkları 'Uçucu Küllerin Beton Kilitli Parke Taşı Üretiminde Kullanımının Araştırılması' isimli çalışmada uçucu kül kullanılan numunelerde yaş arttıkça dayanımda artma gözlenmiştir

Akbulut ve Gürer (2006) tarafından yapılan çalışmada Afyon-İscehisar bölgesindeki homojen bir mermer ocağı atıklarından agrega üretilmiş ve bu numuneyi karşılaştırmak için şehir içi asfalt karışımlarda kullanılan bir şahit agrega numunesi alınmıştır. Agregası numuneleri üzerinde standart agrega, Marshall stabilite-akma ve dolaylı çekme deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları mermerden üretilen agregaların mekanik özelliklerinin ve asfalt karışımdaki stabilite ve akma

değerlerinin sınır şartlar içinde kaldığını ve bu malzemelerin orta ve düşük trafik hacimli asfalt kaplamaların binder tabakalarında agrega olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Çelikten (2014) in yaptığı çalışmada çelik fiber içeren yüksek dayanımlı beton özellikleri üzerine metakaolin, öğütülmüş pomza ve metakaolin ile birlikte kullanılan öğütülmüş pomzanın etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel çalışmada, kontrol betonlarından hariç 6 farklı seride bu mineral katkıları kullanılarak 30 farklı karışımda beton üretilmiştir. Birinci seride, çimento yerine ağırlıkça metakaolin, ikinci seride çimento yerine ağırlıkça öğütülmüş pomza ve üçüncü seride çimento yerine ağırlıkça metakaolin ile birlikte öğütülmüş pomza yer değiştirilerek 7 farklı kombinasyonda kullanılmıştır. Diğer seriler ise ilk üç serideki karışımlara çelik fiber eklenerek üretilmiştir. Sonuç olarak, tüm serilerde yüksek dayanımlı beton elde edilebileceği gözlenmiştir.

Akçaözoğlu (2010) 'nun yaptığı çalışmada, atık Polietilen Tereftalat (PET) şişe kırıklarının hafif harç üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Atık PET şişe kırıkları ile yüksek fırın cürufu ve uçucu kül gibi endüstriyel atıkların beton üretiminde kullanılmasının; doğal kaynak kullanımının azaltılması, atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesi, çevre kirliliğinin önlenmesi ve enerji tasarrufu açısından avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

Öz (2007)' ün yaptığı bu çalışmada farklı oranlarda agrega (asidik pomza ve dere kumu), uçucu kül ve kimyasal katkı kullanarak betonun birim hacim ağırlık, dayanım, ısı ve ses yalıtım özelliklerindeki değişiklikler araştırılmıştır. Değişik beton tasarımlarının değerlendirildiğinde agrega oranları % 60 asidik pomza, %40 dere kumu, 400 kg çimento, 200 kg uçucu kül, 96 kg su ve çimentonun %1,5' i kadar kimyasal katkı kullanılarak yapılan betonun yoğunluk (1700 kg/m³), tek eksenli basınç (310 kgf/cm²), ısı iletkenliği (0.48 kcal/m²h°C) ve ses yalıtımı (20,17dB) açısından en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

Literatür özetinde görüldüğü üzere atıkların beton özelliklerine katkısı alanında yapılan çalışmaları iki gruba ayırabiliriz. Bunlardan ilki atıkların mineral katkı olarak kullanılmasıdır. Diğeri ise atıkların beton bileşenleri yerine ikame edilmesi yöntemidir. Yapacak olduğumuz çalışma bu iki grubu da kapsamaktadır.

Traverten amuru betona hem mineral katkı olarak ilave edilerek hem de imento yerine ikame edilerek testlere tabi tutulacaktır.

3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde çalışmada kullanılan malzeme özellikleri, izlenen yol ve çalışmanın aşamaları hakkında bilgi verilmiştir.

3.1 MATERYAL

Deneyel çalışmada çimento olarak Portland çimentosu (CEM II/ B-M (P-L) 42,5N), agrega ise kireç taşı kırmataş agrega kullanılmıştır.

3.1.1 Çimento

Yapılan deneyel çalışmada Portland CEM II/ B-M (P-L) 42,5N kompoze çimentosu kullanılmıştır. TS EN 197-1:2002 standartlarına göre üretilmiştir. Standartlarında tanımlanmış oranda (en çok % 30) mineral katkı maddeleri (tras) ile portland çimentosu klinkerinin belirli miktarda priz düzenleyici (alçıtaşı) ile beraber öğütülmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldıktan bir süre sonra donarak dayanım kazanan üründür. Genel olarak portland çimentonun kullanıldığı tüm uygulamalarda kullanılabilir. Özgül ağırlığı 3,17g/cm³ tür. Hidratasyon ısısı göreceli olarak portland çimentoya göre daha düşüktür. Sülfat ve/veya klorür vb. iyon içeren agresif ortamlarda yapılan beton işlerinde kullanılması uygundur. Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de çimentonun standart fiziksel ve kimyasal özellikleri daha detaylı verilmiştir.

Tablo 3.1: Çimentonun Fiziksel Özellikleri

	Mevcut Çimento	Standart	Birim
Priz Başlangıcı	165	min.60	dakika
Priz Sonu	260		dakika
Özgül Ağırlık	3,13	-	g/cm ³
Hacim Genleşmesi	1,1	maks.10	cm
2 Günlük Dayanım	26,2	min.20	Mpa
28 Günlük Dayanım	59,5	min./maks. 42,5/62,5	Mpa

Tablo 3.2: Çimentonun Kimyasal Özellikleri

	Mevcut Çimento	Standart	Birim
SO ₃	2,65	maks. 4,0	%
MgO	1,15	-	%
Kızdırma Kaybı	3,30	Maks 5,0	%
Çözünmeyen Kalıntı	0,34	Maks. 5,0	%
Cl-	<0,01	maks. 0,1	%
Toplam Alkali Na ₂ O+0,658 K ₂ O	0,65	-	%
Serbest Kireç	0,95	-	%

3.1.2 Agrega

Beton deneylerinde agrega olarak kireçtaşı kırmataş kullanılmıştır. Kimyasal bileşiminde asgari %90 kalsiyum karbonat (CaCO₃) bulunan tortul kayalara kalker ya da kireçtaşı adı verilmektedir.

Doğada bol miktarda bulunan kireçtaşı, karbonatlı tortul kayaç ve fosiller için kullanılan genel bir deyim olup, yapısında prensip olarak kalsiyum karbonat veya kalsiyum karbonat/magnezyum karbonat bileşikleri (CaCO₃/ MgCO₃) kombine halde bulunur. Bunun yanı sıra içinde değişik oranlarda demir, alüminyum, silisyum, kükürt gibi safsızlıklara da rastlanabilir. Dünya’ da çok çeşitli formasyon ve tiplerde kireçtaşı mevcuttur. Bunlar orijin, jeolojik formasyon, mineralojik yapı, kristal yapısı, kimyasal bileşim, renk ve sertlik özelliklerine göre gruplandırılır (örneğin Tebeşir, Marn, Traverten gibi). İçindeki MgCO₃ miktarının % 20-40 arasında olması durumunda ise kireçtaşı, rhombohedral yapıdaki dolomit CaMg(CO₃)₂ adını alır.

3.2 METOD

Atıkların değerlendirilmesi konusunda önem arz eden bu çalışmada deneysel çalışma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümü dört aşamalı olarak planlanmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında; Denizli'de traverten üretimi yapılan tesislerden atık traverten çamuru temin edilmiştir. Bu traverten çamurlarından 3 ayrı parça alınıp etüvde 100°C'de 24 saat boyunca kurutulmuştur. Daha sonra hassas terazide tartılarak ilk haline göre kaybettiği su miktarı bulunup traverten çamurunun su oranı hesaplanmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3: Travertenin Su Oranının Bulunması

Numune No	İlk Ağırlık (gr)	Kurutma Sonrası Ağırlık (gr)	Kaybedilen Ağırlık Oranı
1	200	153,6	23,20%
2	200	154,6	22,70%
3	200	154,8	22,60%
Ortalama	200	154,37	22,80%

3.2.1 Çimento İkame Deneyleri

Deneyin bu aşamasında traverten çamurunun bağlayıcılık özelliği test edilmiştir. Salt çimento deneylerinde sarf malzemesi olarak silis kumu, çimento, su ve traverten çamuru kullanılmıştır. Traverten çamuru, Denizli sınırlarında üretim yapan bir fabrikanın atıklarından alınmıştır. Denizli ve çevresinde kesim yapan fabrikaların çoğu mermer ve traverten çamurlarını aynı yerde depoladıkları için içerisinde mermer çamuru olmamasına özen gösterilmiştir.

Traverten çamurunun çimentoya %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında ikame edilmesi ile numuneler üretilmiştir. Numuneler üretilirken 4x4x16cm boyutlarında çelik kalıplar kullanılmıştır. Traverten çamurunun numuneye homojen olarak dağılabilmesi için de çamur, numuneye suyla birlikte karıştırılarak eklenmiştir. Üretilen traverten çamuru katkılı numunelerde, çamurun içerisinde bulunan su miktarı kadar karışıma konulacak su azaltılmıştır. Kalıp içerisine alınan

numuneler sarsma tablasında sarsılarak 1 gün boyunca kalıpta priz almaları için bekletilmiştir. Daha sonra kür havuzuna alınan numuneler 28 gün boyunca burada dayanımlarına ulaşmaları için tekrar bekletilmiştir. 28. günün sonunda numunelere eğilme ve basınç testleri uygulanmış ve sonuçlar salt çimento ile üretilen örnekler ile karşılaştırılmışlardır.

3.2.1.1 Eğilme Dayanımı Deneyi

Prizma deney cihazına yan yüzeylerden biri üzerine ve uzunluğuna eksenine, mesnet silindirlerinin eksenine dik olacak şekilde mesnet silindirleri üzerine numuneler yerleştirilmiştir. Yük yükleyici silindir vasıtası ile prizmanın karşı yan yüzünden dik olarak uygulandı ve düzgün olarak (50 ± 10) N/s hızında olacak şekilde prizma numune dayanımını kaybedene kadar artırılmıştır.

İki parçaya bölünmüş olan yarım prizmalar basınç dayanım deneyine tabi tutulmak üzere muhafaza edilmiştir.

$$R_f = \frac{1,5 \times F_f \times l}{b^3}$$

Burada;

R_f : Eğilme dayanımı, (Newton/mm²)

b : Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (mm),

F_f : Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet (Newton),

l : Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık (mm)



Şekil 3.1: Eğilme Dayanımı Testi



Şekil 3.2: Eğilme Dayanımı Testi Ölçüm Düzeneği

3.2.1.2 Basınç Dayanımı Tayini

Eğilme deneyi sonucunda iki parçaya bölünmüş olan yarım prizmalar basınç dayanımı deneyi için hazırlanmıştır. Her yarım prizma basınç aparatı kullanılarak yan yüzeylerinden yüklemek suretiyle deneye tâbi tutuldu.

Yarım prizmalar, cihazın plâkaları arasına $\pm 0,5$ mm'den fazla taşmayacak şekilde merkezlenerek ve prizmanın arka yüzü plâkadan veya yardımcı plâkalardan 10 mm taşacak şekilde uzunlamasına yerleştirildi.

Yük (2400 ± 200) N/s hızda olmak üzere düzgün şekilde, prizma dayanımını yitirene kadar artırıldı.

Farklı deney gruplarının basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı sonuçları Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4: Basınç ve Eğilme Testleri Sonuçları

Deney Seti	Ortalama Basınç Gerilmesi (MPa)	Ortalama Eğilme Dayanımı (Mpa)
Şahit Numuneler	31,55	7,0312
%5 Traverten Katkılı	32,6041	7,4062
%10 Traverten Katkılı	40,8333	8,5312
%15 Traverten Katkılı	38,1875	8,5312
%20 Traverten Katkılı	35,125	8,1562
%25 Traverten Katkılı	31,6041	7,4062
%30 Traverten Katkılı	21,8333	6,5624

3.2.2 Beton Deneyleri

Yapılan beton deneyleri için 15x15x15cm boyutlarında kübik, çapı 15cm yüksekliği 30 cm boyutlarında silindirik ve 7x7x7 boyutlarında kübik kalıplar kullanılmıştır. Beton üretiminde malzemeler betoniyer vasıtasıyla karıştırılmış ve küreklerle kalıplara alınmıştır. Daha sonra karışım, kalıpların içerisinde şişlenmiş ve tokmaklanmıştır. Traverten çamuru, karışıma eklenecek suyun içerisinde karıştırılıp eritilerek sisteme dahil edilmiştir. Tek seferde 0,15m³ beton üretilmiştir. Bunun için de 6 adet 15lik kübik, 5 adet silindirik ve 2 adet 7lik kübik kalıp kullanılmıştır. Priz alan numuneler 7 ve 28 günlük testler için kür havuzunda beklemeye alınmıştır. 1m³ karışım elde edebilmek için hazırlanan karışım reçeteleri Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: 1m³ Karışım İçin Malzeme Oranları

MALZEME	ŞAHİT NUMUNE	%3 TRAVERTEN KATKILI	%6 TRAVERTEN KATKILI	%9 TRAVERTEN KATKILI
Su	120kg	120kg	120kg	120kg
Kalın Mıçır (12-25)	840kg	840kg	840kg	840kg
İnce agrega (0-5)	1130kg	1096kg	1062kg	1028kg
Çimento	300kg	300kg	300kg	300kg
Traverten		34kg	68kg	102kg



Şekil 3.3: Malzemelerin Tartılması



Şekil 3.4: Traverten-Su Karışımının Hazırlanması

Traverten çamurunun betonda topaklanmaya neden olmaması ve homojen dağılması için, karışıma verilecek suyun içerisinde traverten çamuru mikser ile Şekil 3.4'teki gibi karıştırılmıştır. Suyun alt tabakalarındaki topaklanma giderilene kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir.



Şekil 3.5: Hazırlanan Traverten-Su Karışımının Sisteme Verilmesi

Betoniyerin kapasitesinin çok fazla olmaması dolayısıyla suyu sistemin her yerine eŒit dağıtmada sorun yaŒanmıŒtır. Bu yüzden traverten çamuru-su karıŒımı, sisteme yavaŒ yavaŒ ve karıŒtırılarak Œekil 3.5'teki gibi verilmiŒtir.



Œekil 3.6: Hazırlanan KarıŒımın Betoniyerden BoŒaltılması



Şekil 3.7: Karışımın Kalıplara Yerleştirilmesi

Betonyerden boşaltılan betonun, santral ortamı olmadığı için katı kıvamlı olduğu görülmüştür. Kalıba alınan beton, su-çimento reaksiyonunun gerçekleşip kıvamın daha işlenebilir olabilmesi için şişlenmiş ve tokmaklanmıştır. Bu işlemler sonucunda beton işlenebilmiş ve karışım daha homojen bir hal almıştır.



Şekil 3.8: Numunelerin Kür Havuzunda Muhafaza Edilmesi

3.2.2.1 Beton Basınç Dayanımı Tayini

Betonun basınç dayanımı, "eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti, eksenel basınç yükü etkisiyle, betonda oluşan maksimum gerilme olarak tanımlanmaktadır. Betonda araştırılan değişik dayanım türleri arasında mühendislik uygulamalarında en çok kullanılanı basınç dayanımıdır. Bunun nedenleri;

- Basınç dayanımının bulunabilmesi için uygulanan deney yöntemleri diğer dayanım türlerinin bulunabilmesi için uygulanan yöntemlerden daha basittir.
- Hemen hemen tüm yapıların tasarımında, betonun basınç dayanımı değeri esas alınmaktadır. Birçok yapıda, betonun önemli miktarda çekme, eğilme, yorulma gibi değişik yüklere maruz kalmayacağı varsayılmakta ve betonun üzerine gelen en önemli yüklerin basınç yükleri oldukları kabul edilerek hesap yapılmaktadır.
- Betonun basınç dayanımı ile çekme ve eğilme dayanımları arasında, yaklaşık da olsa, bir korelasyon bulunmaktadır. Bu nedenle, basınç dayanımı bilindiği takdirde, diğer türdeki dayanımların büyüklükleri hakkında da bir fikir elde edilebilmektedir .
- Basınç dayanımının bilinmesi, betonun diğer (durabilite ile ilgili) özellikleri hakkında kalitatif bilgi sağlamaktadır. Örneğin, basınç dayanımının yüksek olması, betondaki su geçirimsizliğin az olduğunu ve dayanıklılığın yüksek olduğunu işaret etmektedir.

Deney makinesi başlıklarının, numunenin oturacağı yüzeyleri silinerek temizlenmiş ve numunenin başlıklarla temas edecek yüzeylerinde bulunan herhangi gevşek çıkıntı veya tane alınmıştır.

Deney numunesi ve deney makinesinin yükleme başlığı arasında, aralık ayarlama blokları (EN 12390-4) ve ilâve plâkalardan başka yerleştirme parçası kullanılmamıştır.

Küp numuneler, yük uygulama yönü, beton döküm yönüne dik olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.10).

Numuneler, makinenin alt yükleme başlığı üzerine merkezlenerek yerleştirilmiştir. Küp numuneler, belirtilmiş boyutunun veya silindir numuneler, belirtilmiş çapının $\pm \%1$ 'i yaklaşımla merkezlenmiştir.

0,5MPa/s sabit bir yükleme hızı seçilmiştir. Yük, numuneye, darbe tesiri olmaksızın, seçilen hızdan sapma, $\pm \%10$ 'u geçmeyecek şekilde, en büyük yüke ulaşıncaya kadar sabit hızda uygulanmıştır (Şekil 3.11).

Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Burada;

f_c = Basınç dayanımı, MPa (N/mm²),

F Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N,

A Numunenin, basınç yükünün uygulandığı yüzey (en kesit) alanı.



Şekil 3.9: Tatmin Edici Kırılma Biçimleri

Yapılan basınç dayanımı tayini deneyleri sonuçları Tablo 3.6' verilmiştir.

Tablo 3.6: Basınç Dayanımı Testi Sonuçları

DENEY SETİ	YÜZEY ALANI(mm ²)	7 GÜNLÜK		28 GÜNLÜK	
		ORTALAMA KIRILMA YÜKÜ (kN)	ORTALAMA DAYANIM (Mpa)	ORTALAMA KIRILMA YÜKÜ (kN)	ORTALAMA DAYANIM (Mpa)
Şahit Numune	22500	663,28	29,57	788,7	34,4
%3 Traverten Katkılı	22500	620,05	27,54	742,13	32,98
%6 Traverten Katkılı	22500	592,74	26,69	717,94	31,9
%9 Traverten Katkılı	22500	590,06	26,48	762,62	31,9



Şekil 3.10: Numunenin prese yerleştirilmesi

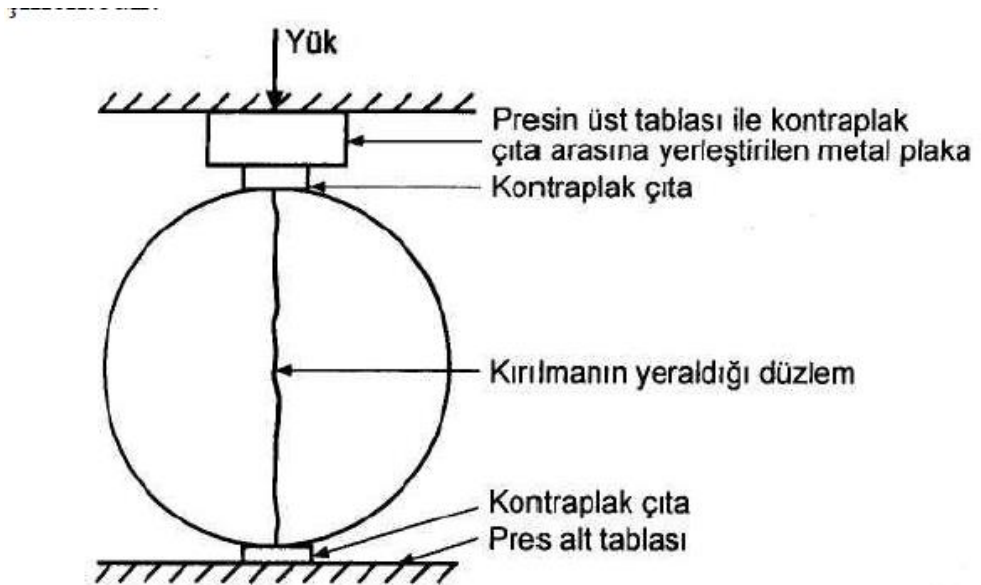


Şekil 3.11: Basınç Testi Sonrası Numune

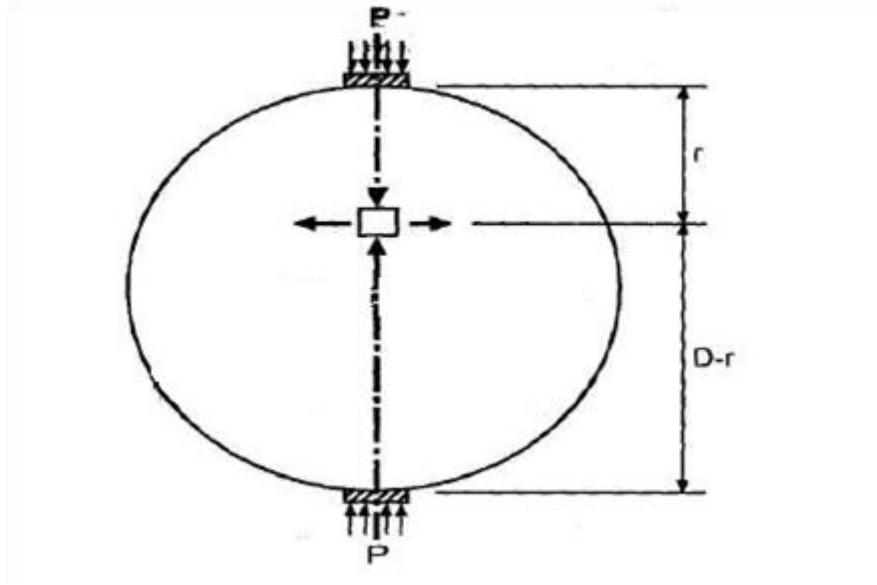
3.2.2.2 Yarmada Çekme Dayanımı Tayini

Dolaylı çekme yükleri altında betonun çekme dayanımının elde edilebilmesini belirleyen deney yöntemi bütün ülke standartlarında yer almaktadır. Bu konudaki Türk standardı TS EN 12390-6 (Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini).

Deneyin uygulanmasında, deney presinin üzerine, numune eksenini presin alt tablasına paralel olacak tarzda yatırılmıştır. Numunenin yan yüzünün alt ve üst kısımlarına 25 mm eninde ve yaklaşık 3 mm kalınlığında çelik çiteler yerleştirilmiştir. Deney presi vasıtasıyla uygulanan basınç yükü numune kırılıncaya kadar devam ettirilmiş ve kırılma yükü (P) ölçülmüştür. Böyle bir yükleme altında, silindir numunenin kırılma tarzı, numunenin ortadan yarılarak iki parçaya ayrılması şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.12). (Şekil 3.13).



Şekil 3.12: Yarmada Çekme Testi Kırılma Biçimi



Şekil 3.13: Basınç Yükünün Uygulanması

$$\text{Çekme Gerilmesi} = \frac{2P}{\pi LD}$$

P =Kırılmaya neden olan basınç yükü

L =Silindir numunenin boyu

D =Silindir numunenin çapı

Basınç yükü uygulanarak, beton numunelerin dolaylı çekme etkisi altındaki dayanımlarının ölçüldüğü bu yöntem, ilk olarak 1953 yılında, Brezilyalı Carnerio ve Barcellas tarafından önerilmiştir. Bu nedenle "Brezilya yöntemi" olarak da anılmaktadır. Dolaylı çekme dayanımı yönteminin uygulanması sonucunda beton numune yarılarak iki parçaya ayrıldığı için, bu yöntem, genellikle "yarma deneyi yöntemi" olarak anılmaktadır.

Betondaki basınç ve çekme dayanımları birbiriyle yakından ilgilidir. Genel olarak betonun çekme dayanımı, basınç dayanımının %9 - %10'u kadar olmakla birlikte betonun kalitesine ve yaşına bağlı olarak, bu oran %7 ile %17 arasında değişebilmektedir.

Yapıların tasarım hesaplarında genellikle kullanılmakta olan dayanım türü, betonun basınç dayanımıdır. Ancak, oldukça gevrek bir malzeme olan betonun çekme kuvvetlerine karşı direnme kabiliyeti çok düşük olduğundan, çekme dayanımının değeri betonun içerisindeki çatlakların oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Betonarme kirişlerde oluşan eğik çekme kuvvetleri çok büyük sorun yaratmaktadır. Betonda büyük çatlakların oluşması kırılmaya neden olmaktadır.



Şekil 3.14: Silindirik Numunenin Yarmada Çekme Aparatına Yerleştirilmesi

Deney numunesi paralel iki düzlem içine konarak eksene göre simetrik iki doğrultmanı çizilmiştir (Şekil 3.14). Bu doğrultmanlar üzerinde uçlara yakın iki yerden ve bir de ortadan olmak üzere 0,1 mm duyarlıkta üç çap ölçümü yapılır. Sonra tam üç çap ölçümünün aritmetik ortalaması alınarak ortalama çap bulunmuştur (D). Deney numunesi uzunluğu ise 0,1 mm duyarlıkla aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur (L).

Deney silindiri pres tablasına yerleştirilirken, çizilmiş bulunan silindir çap çizginin tam düşey olmasına dikkat edilmiştir. Deney yükü deney presinin yükleme hızı kırılıncaya kadar artırılmış ve kırılma anında deney presi ekranında görülen en büyük değer (P) kaydedilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Yükleme Sonrası Silindirik Numune

Yapılan 28 günlük yarmada çekme testleri sonuçları Tablo 3.7’de verilmiştir.

Yapılan dayanım hesabında Çekme Gerilmesi = $2P/\pi LD$ formülü kullanılmıştır. Her numunenin boyutları aynıdır.

L=300mm

D=150mm

Tablo 3.7: Yarmada Çekme Dayanımı Testi Sonuçları

YARMADA ÇEKME DAYANIMI TESTİ SONUÇLARI		
DENEY SETİ	Ortalama Kırılma Yüğü (kN)	28 GÜNLÜK ORTALAMA DAYANIM (Mpa)
Şahit Numune	170,9	2,41
%3 Traverten Katkılı	185,38	2,62
%6 Traverten Katkılı	214,94	3,03
%9 Traverten Katkılı	195,3	2,76



Şekil 3.16: Yükleme Sonrası İkiye Bölünen Numunenin Malzeme Dağılımı

Şekil 3.16’da görüleceği üzere ikiye ayrılan silindirik beton numunenin malzeme dağılımı homojendir. İri agregaların betonun hemen her yerine dağıldığı görülmüştür.

3.2.2.3 Aşınma Deneyi

Bu çalışmada dikey aşınma yöntemi kullanılmıştır. Bu deneyin amacı malzemenin türüne, sürtünen yüzeylerin biçimine, sürtünme koşullarına ve çevrenin kimyasal etkilerine bağlı olarak sürtünen yüzeyden malzeme kaybını öğrenebilmektir.

Aşınma sürtünen yüzeylerde malzeme kaybı olarak tanımlanır. Aşınma miktarı malzemenin türüne, sürtünen yüzeylerin biçimine, sürtünme koşullarına ve çevrenin kimyasal etkilerine bağlıdır. Büyük ekonomik kayıplara neden olduğundan üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Ancak uygulamadaki aşınma miktarını tahmin edecek bir bağıntı hala geliştirilememiştir. Aşınmayı tamamen önlemek olanaksızdır.

Malzeme kaybına neden olan dört tür aşınma vardır.

- a) Adezif aşınma
- b) Abrazif aşınma
- c) Korozyon aşınması
- d) Yüzey yorulması.

Laboratuvar deneyleri ile farklı türde malzemelerin aşınma dirençleri bağlı olarak karşılaştırılabilir ve bir sıralama yapılabilir. Aşınma deneyleri genellikle uygulamada aşınma oluşturan çalışma koşullarına benzetilmeye çalışılır. Aşınma oluşturan hareketler kayma, yuvarlanma veya kaymalı yuvarlanmalı şeklinde olur. Belirli bir kuvvet etkisinde belirli bir süre deneye tutulan parçalarda aşınma miktarı ağırlık veya hacim azalması veya boyut azalması ile ölçülür.

Yapılan deneyler için önce 7x7x7 boyutlarındaki kübik kalıplara beton yerleştirilmiş ve 28 gün kür alması için bekletilmiştir. Kür havuzundan çıkarılan numuneler sularının çekilmesi için bir süre bekletilmiştir. Kuruyan numunelerin aşındırılacak olan yüzeyleri düzgün değilse kesilerek düzeltilmiştir (Şekil 3.17). Düzeltilen yüzeyler kalemle boyanmıştır (Şekil 3.18). Daha sonra deney için hazır olan numune aşındırma test cihazına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.17: Numunenin aşındırılacak yüzeyinin düzeltilmesi

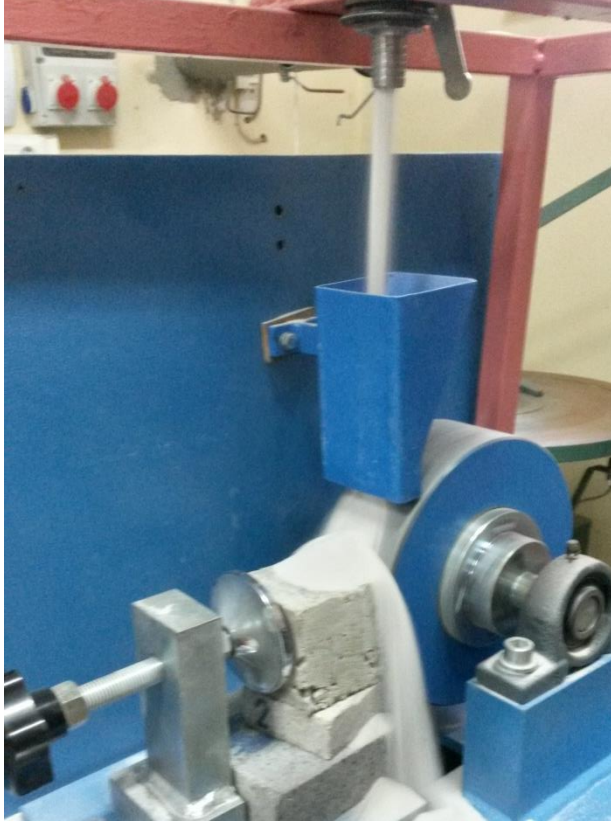


Şekil 3.18: Numunenin aşındırılacak olan yüzeyinin kalemle boyanması

Şekil 3.19:
Aşındırma Test
Cihazı

Aşındırma test cihazına (Şekil 3.19) yerleştirilen numuneye yukarıdan aşındırma tozu (zımpara tozu) verilmiş ve cihaz çalıştırılmıştır (Şekil 3.20). 75 devri tamamladığında cihaz testi sonlandırmıştır. Test sonunda çıkan numunenin aşındırılan yüzeyindeki boyanın aşınma uzunluğu ölçülmüştür (Şekil 3.21). Bu ölçüm yapılırken aşınan yüzeyden kumpasla 3 ölçüm yapılarak ortalaması alınmıştır.





Şekil 3.20: Numuneye Aşındırma Tozunun Verilmesi



Şekil 3.21: Aşınma Testi Sonrası Numuneler

Aşınma testi sonrası numunelerin aşınma değerleri Tablo 3.8’de verilmiştir.

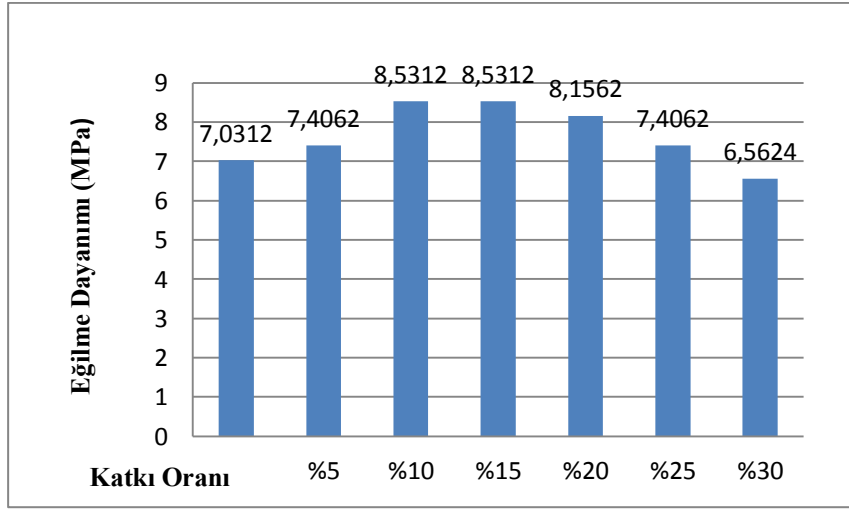
Tablo 3.8: Aşınma Testi Sonuçları

Numune No	Şahit Numune (cm)	%3 Traverten Katkılı (cm)	%6 Traverten Katkılı (cm)	%9 Traverten Katkılı (cm)
1	2,50	2,1	2,36	1,63
2	2,50	2,2	1,73	1,83
3	2,50	2	2,05	1,73
Ortalama	2,50	2,1	2,05	1,73

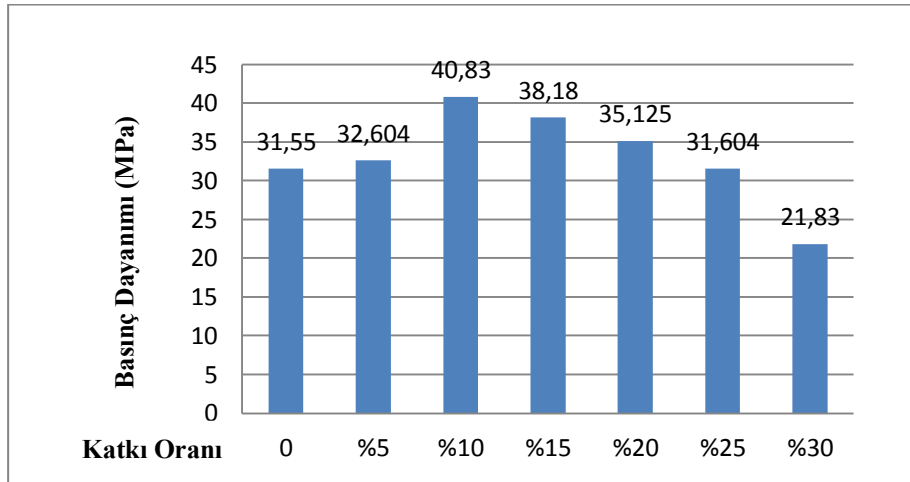
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Çimento İkame Deneyleri

Çimentoya %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında traverten çamuru ikame edilerek üretilen numunelerin basınç ve eğilme dayanımları şahit numune ile kıyaslanmıştır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).



Şekil 4.1: Çimento İkameli Numunelerin Eğilme Dayanım Testi Sonuçları



Şekil 4.2: Çimento İkameli Numunelerin Basınç Dayanım Testi Sonuçları

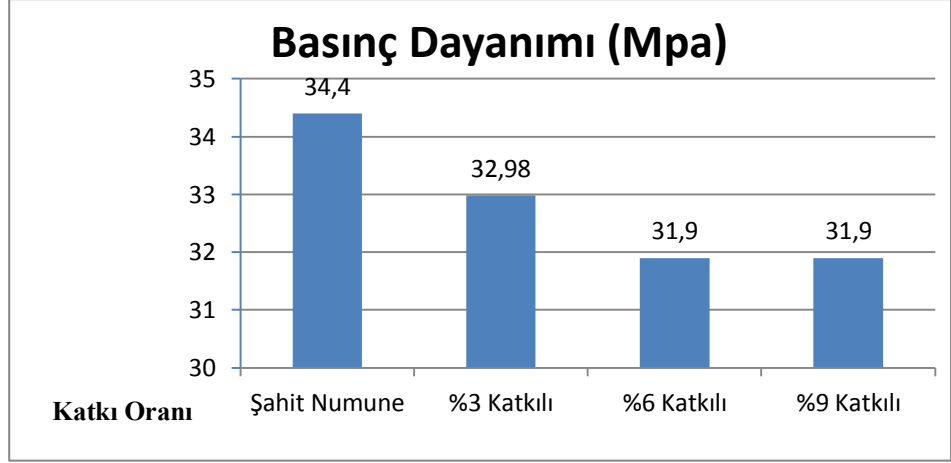
Salt çimento deneylerinin ilk sonuçlarında %5 travertenin çimento yerine betona ikame edilmesiyle üretilen numuneler basınç değerlerinde %5, çekme değerlerinde ise %3,33 artış göstermiştir. %10 traverten çamuru ikameli numuneler, şahit numunelere göre basınç dayanımında %21,3 ,çekme dayanımında %29,4 artış göstermişlerdir. %15 traverten çamuru ikameli numuneler, şahit numuneye göre %21,3 daha fazla basınç, %21 daha fazla çekme dayanımı göstermişlerdir. %20 traverten çamuru ikameli numunelerin, şahit numuneye göre %16 daha yüksek çekme ve % 11,3 daha yüksek basınç dayanımı değerlerine sahip oldukları görülmüştür. %25 traverten çamuru ikameli numuneler, şahit numunelere göre basınç dayanımında %0,17, çekme dayanımında %5,3 artış göstermişlerdir. %30 traverten çamuru ikameli numuneler, şahit numuneye göre basınç dayanımında %30'luk, eğilme dayanımında %6,6'lık düşüşe neden olmuşlardır. Çimento ikame deneyleri sonucunda %10 traverten katkılı numuneler eğilme ve basınç dayanımlarında maksimum artış değerlerini göstermişlerdir.

Traverten çamuru ikameli salt çimento deneylerinde %25'e kadar olan katkı miktarlarında başarılı sonuçlar alınmıştır. %30 katkı oranında değerlerde düşüş görülmüştür.

Atık traverten çamurunun çimentoya ikame edilmesi, bağlayıcı olarak da kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Daha detaylı deneyler yapılarak sonuçların alınması ile katkı oranları belirlenebilecektir. Bu çalışmada %25'e kadar ikame edilen katkılarda olumlu sonuçlar alınacağı görülmüştür.

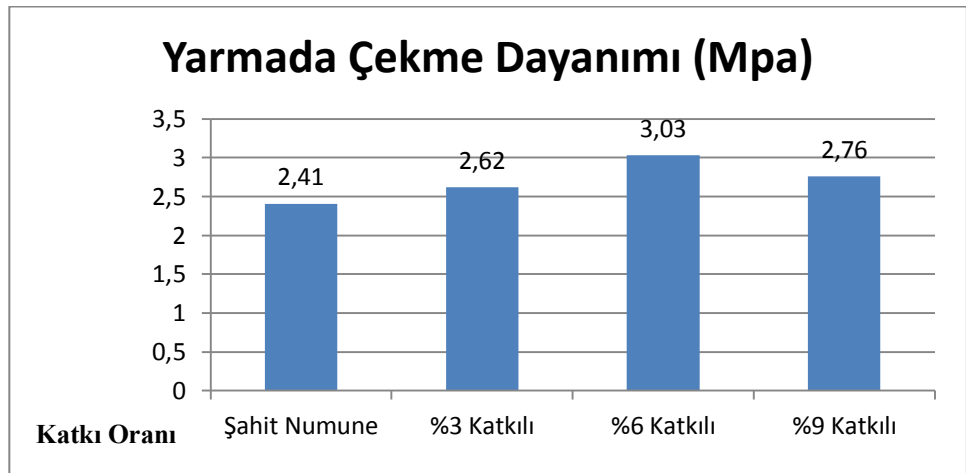
4.2 Beton Deneyleri

Yapılan beton deneylerinde traverten çamurunun, betonda mineral katkı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çerçevede üretilen numunelere basınç dayanımı tayini, yarmada çekme dayanımı tayini ve aşınma deneyleri uygulanmıştır. Deney sonuçları Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te görülmektedir.



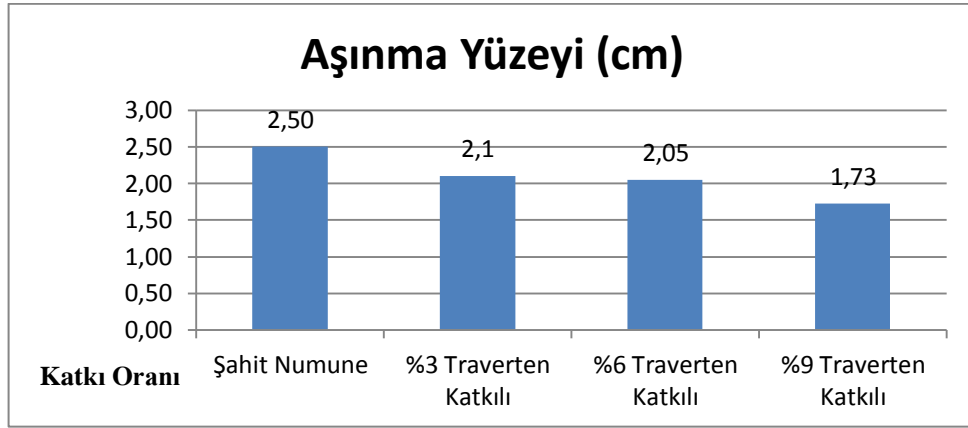
Şekil 4.3: Traverten Mineral Katkılı Numunelerin Basınç Dayanımı Dağılımı

Traverten çamurunun ince kum (0-5) yerine kullanıldığı çalışmada kimyasal katkı kullanılmamıştır. Beton örneklerin işlenebilirlik özelliklerinin yeterli olmadığı görülmüştür. Grafikten de anlaşılacağı üzere basınç dayanımının traverten oranı arttıkça düştüğü görülmüştür. Bunun ana sebebi, karışıma giren traverten çamuruyla birlikte sisteme giren suyun da artmış olmasıdır. Betonda su oranı arttıkça boşluklu yapı oluşur ve bu da beton basınç dayanımına olumsuz yönde tesir eder. Üretilmiş olan beton elde dökme beton olduğu için su oranı düşürülemedi. Su oranı düşürülerek üretilen numunelerde istenen kıvama ulaşılamamıştır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda hiper akışkanlaştırıcı kullanımı hedeflenmektedir. Çimento deneyleri ile de uyumlu sonuçlar alınması beklenmektedir.



Şekil 4.4: Traverten Mineral Katkılı Numunelerin Yarmada Çekme Dayanımı Dağılımı

Travertenin mineral katkı olarak kullanıldığı bu deneylerde travertenin, betonun yarmada çekme dayanımına olumlu etki ettiği görülmüştür. %3 traverten mineral katkılı numune, şahit numuneye göre %8,7 oranında daha yüksek yarmada çekme dayanımı göstermiştir. Bu oran %6 traverten mineral katkılı numune için %25'e çıkmıştır. %9 traverten katkılı numunede artış oranı azalmış fakat yine de şahit numuneden %14,5 daha yüksek yarmada çekme dayanımı göstermiştir.



Şekil 4.5: Aşınma Deneyi Sorası Aşınan Yüzey Oranları

Katkısız olan şahit numunede yüzeyi aşındırdıktan sonra elde ettiğimiz ortalama aşınmış yüzey 2,5cm'dir. Beton parkelerde standartlara göre numunenin aşınma değeri 2,3'ün üzerinde olamaz. Bu sebeple şahit numune, aşınma dayanımı olarak standart dışı bir davranış göstermiştir.

Katkılı numunelerin hepsi 2,3cm değerinin altında davranış göstermiştir. Yani traverten katkısı, standart dışı olan bir reçeteyi standartlar çerçevesine çekmiştir. %9 traverten mineral katkılı numune şahit numuneye göre %30,8 daha iyi bir aşınma davranışı göstermiştir.

Traverten çamurunun mineral katkı olarak kullanılması ile üretilen numunelerde yarmada çekme dayanımlarında artış gözlenmiştir. Esas önemli sonuç ise, aşınma miktarları azalmıştır. Özellikle yol ve kaldırımlarda kullanılan beton parke ve bordür elemanların üretiminde betona mineral katkı olarak traverten çamuru kullanılmasının olumlu sonuçlar doğuracağı görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Traverten çamurunun çimento ve betona katkı olarak kullanılabilirliği ile ilgili yapılan bu çalışma, sonrasında yapılacak olan çalışmalar için başlangıç düzeyindedir ancak elde edilen veriler ümit vericidir.

Yapılan deneysel çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Traverten çamurunun çimento yerine ikame edilmesiyle üretilen numunelerin basınç ve eğilme dayanımlarında artış gözlenmiştir. Traverten çamurunun, %25 'e kadar çimento yerine ikame edilebileceği görülmüştür Bundan sonraki aşamada kurutulup öğütülen traverten çamurunun çimentoya toz halinde ikamesi ile üretilen beton örnekler ile de bu değerlerin kontrol edilmesi önerilmektedir.
2. Traverten çamurunun betona mineral katkı olarak ikame edilmesiyle yapılan deneylerde numunelerin basınç dayanımlarında azalma gözlemlenmiştir. Bu azalmanın, işlenebilirlikteki azalma nedeni ile gerçekleştiği varsayılmaktadır.
3. Traverten çamurunun mineral katkı olarak kullanılması ile üretilen numunelerin çekme dayanımlarında %25'e varan artışlar gözlemlenmiştir.
4. Traverten çamurunun mineral katkı olarak kullanılmasıyla üretilen numunelerin aşınma dayanımlarında artış gözlenmiştir. Bu sonuç sevindiricidir.

5.2 Öneriler

Ülkemizde, inşaat sektörünün en önemli yapı malzemesi beton, yerini korumaktadır. Beton ya da bağlayıcı çimentonun maliyetinin azaltılması, yapım maliyetlerini de azaltacak ve ekonomi sağlayacaktır.

Denizli ve çevresinde üretim yapan fabrikalarda %70'e varan atık ortaya çıkmaktadır. Traverten ocaklarında ve işleme tesislerinde atık doğal taş tepeleri, çamur tepeleri ile karşılaşmaktadır. Bu atıkların geri dönüşümüne yönelik çalışmalar çok kıymetli olacaktır.

Traverten blokların kesilmesi ve işlenmesi esnasında ortaya çıkan ve çökelme havuzlarında flokulant denilen kimyasal yardımıyla çökeltilen traverten çamuru, özellikle tarım alanlarını daraltmaktadır. Bu malzemenin çevreye zararlarının azaltılması önem arz etmektedir.

1. Sonraki aşamada kurutulup öğütülen traverten çamurunun çimentoya toz halinde ikamesi ile üretilecek olan beton örnekler ile de bu değerlerin kontrol edilmesi önerilmektedir.
2. Daha sonra yapılacak üretimlerde akışkanlaştırıcı ilavesi ile daha iyi sonuçlar alınacağı umulmaktadır. Bu serideki deneylerin akışkanlaştırıcı ilavesi ile sürdürülmesi uygun olacaktır.
3. Özellikle aşınmanın çok önemli olduğu beton parke ve bordür imalatında bu malzemenin, yapılan aşınma deneylerine göre kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Bu çalışma ile Denizli'deki mermer ocaklarından bedelsiz temin edilebilecek atık traverten çamurunun beton üretiminde kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Bundan sonraki çalışmalarda detaylı deneylerin yapılması ve farklı elemanların denenmesi uygun olacaktır.

6. KAYNAKLAR

Akbulut, H. and Gürer, C., "Atık mermerlerin asfalt kaplamalarda agrega olarak değerlendirilmesi", *İMO Teknik Dergi*, 261, 3943-3960, (2006).

Akçaözoğlu, S., Atış, C. D. and Akçaözoğlu, K., "An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete", *Waste Management*, 3(2), 285-290, (2010).

Binici, H., Aksogan, O. and Shah, T., "Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material", *Construction and Building Materials*, 19(4) 313-318, (2005).

Binici, H., Gemci, R., Küçükönder, A. and Solak, H. H., "Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit İle Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri", *Electronic Journal of ConstructionTechnologies*, 8(1), 16-25, (2012).

Binici, H., Sevinç, A. H. and Durgun, M. Y., "Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri", *KSÜ Journal of Engineering Sciences*, 13(1), 1-14, (2010).

Binici, H., Shah, T., Aksogan, O. and Kaplan, H., "Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates", *Journal of Materials Processing Technology*, 208(1), 299-308 (2008).

Çatak, U., "Pamukkale Travertenleri Nedir", (15Mart 2009), <http://pamukkaletravertenleri.nedir.com>, (2008).

Çelenk, A., Peker, S., "Çimento Tarihçesi ve Türkiye Çimento Sektörü", Sabancı Holding Çimento Grubu Yayını, (2004).

Çelikten, S., "Çelik Fiber İçeren Dayanımlı Beton Özellikleri Üzerine Metakaolin Ve Öğütülmüş Pomzanın Etkisi", Ph.D Thesis, Niğde Üniversitesi, Niğde, (2014).

Çobanoğlu, İ., Çelik, S.B., Çam, O., Etiz, H. and Kurşun, M., "Denizli Bölgesi Traverten Atıklarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi", *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 20(3), 92-99, (2014).

Dindaroğlu, A. S., "*Doğuş İnşaat A.Ş Deney Talimatları*", (2014).

Durmuş, G. and Şimşek, O., "Uçucu Küllerin Beton Kilitli Parke Taşı Üretiminde Kullanımının Araştırılması", *TÜBAV Bilim Dergisi*, 1(1), 1-6,(2008).

Erdal, M., and Şimşek, O., "Ahlat Taşı (İgnimbrit) Atıklarının Taş unu Olarak Beton içinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması", *Journal of Polytechnic*, 14(3), 173-177, (2011).

Filiz, M., Özel, C., Soykan, O. and Ekiz, Y., "Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması", *Electronic Journal of Construction Technologies*, 6(2), 57-72, (2010).

Kadıoğlu, Y. and Özav, L., "Denizli İlinde Önemli Bir Ekonomik Fonksiyon Özelliği Kazanan Endüstriyel Doğal Taşlar : Mermer ve Traverten", *Marmara Coğrafya Dergisi* , 18 , 253-271, (2008).

Kavas, T. and Kibici, Y., "Afyon Bölgesi Mermer Atıklarının Portland Kompoze Çimentosu Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Kullanım Olanakları", *Mersem 2001 Bildiriler Kitabı*, Afyon, 327-335, (2001).

Köken, A., Köroğlu, M. A. and Yonar, F., "Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği", *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi* ,7 , (2008).

Mesci, B., Ergun, O. N. and Çakıroğlu, M., "Bakır Endüstrisi Atıklarının Beton Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", *2.Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu*, 300-309, (2007).

Onaran, K., "*Malzeme Bilimi*", İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi, (2000).

Şimşek, O. and Çiftci, M.M., "Tuğla Ununun Çimentoda Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliği", *Journal of Polytechnic*, 9(4), 325-329, (2006).

Şimşek, O., and Çiftci, M. M., "Tuğla Ununun Çimentoda Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliği.", *Journal of Polytechnic*, 9(4), 325-329, (2006).

Vlack, L. H. V., "*Malzeme Bilimine Giriş*", (Çev: R. A. Sofuoğlu), İstanbul , (1990).

Yaprak, H., Şimşek, O. and Öneş, Aydın., "Cam ve Çelik Liflerin Bazı Beton Özelliklerine Etkisi", *Journal of Polytechnic*,7(4), 353-358, (2004).

Yazıcıoğlu, S., and Demirel, B., "Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılan Elazığ Yöresi Pomzasının İlerleyen Kür Yaşlarında Betonun Basınç Dayanımına Etkisi", *Science and Eng. J of Fırat Univ.* ,18(4), 367-374, (2006).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüseyin GÜVEN

Doğum Yeri ve Tarihi : Çivril 05/06/1990

Lisans Üniversite :Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Elektronik posta :huseying@pau.edu.tr

İletişim Adresi :Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
B Blok İnşaat Mühendisliği Bölüm Sekreterliği

Yayın Listesi

Öziç,İ.H., Kaplan, H ., Binici, H., Güven, H ve Baş, E. “Binalarda Isı Yalıtımı Üzerine Deneysel Bir Çalışma”, Uluslararası Deprem ve Çevre Sempozyumu, IBEEES2015,Burdur, (2015).

Kaplan, H., Çetinkaya, N., Öziç, İ.H., Güven, H., Baş, E. “Betonarme Yapılarda Dolgu Duvar Etkisi Üzerine Üç Boyutlu Deneysel Çalışma ”, Ulusal Yapı Mekaniği Laboratuvarı 5. Toplantısı, Kayseri, (2015).

Baş, E., Kaplan, H., Çetinkaya, N., Öziç, İ.H., Güven, H. “CFRP Sargılı Kesme Perde Duvarların Yükler Altındaki Davranışının İncelenmesi ”, Ulusal Yapı Mekaniği Laboratuvarı 5. Toplantısı, Kayseri, (2015).

Kaplan, H., Çetinkaya, N., Öziç, İ.H., Baş, E., Güven, H. “Lif Takviyeli Polimerler (FRP) İle Dolgu Duvar Güçlendirilmesi Üzerine Deneysel Çalışma ”, Ulusal Yapı Mekaniği Laboratuvarı 5. Toplantısı, Kayseri, (2015).