

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebubekir MEHMETOĞULLARI

**YAPI MALZEMELERİ FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE FARKLI DOLGU MALZEMELERİ VE TANE
DAĞILIMININ ETKİSİ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA,2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

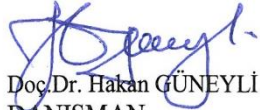
**YAPI MALZEMELERİ FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
FARKLI DOLGU MALZEMELERİ VE TANE DAĞILIMININ ETKİSİ**

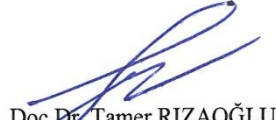
Ebubekir MEHMETOĞULLARI

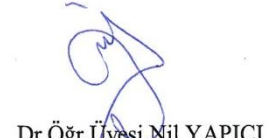
YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 20/08/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.


Doç.Dr. Hakan GÜNEYLİ
DANIŞMAN


Doç.Dr. Tamer RIZAOĞLU
ÜYE


Dr.Öğr.Üyesi Nil YAPICI
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof.Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPI MALZEMELERİ FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE FARKLI DOLGU MALZEMELERİ VE TANE DAĞILIMININ ETKİSİ

Ebubekir MEHMETOĞULLARI

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ
Yıl 2019, Sayfa: 49
Jüri : Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Dr. Öğr. Üyesi Nil YAPICI
: Doç. Dr. Tamer RIZAOĞLU

Bu tez çalışmasında yapı malzemelerinde kullanılan dolgu malzemelerinin tane boyutlarındaki değişimin yapı malzemeleri fiziksel özelliklerine etkisi TS EN 998-1 standardına göre incelenmiştir. Tane dağılımı farklılıklarına göre yapı malzemeleri karışımlarında kullanılan mikronize silis ve kalsit dolgu malzemelerinin fiziksel özelliklerinin yapı malzemeleri üzerindeki fiziko-mekanik parametrelerin değişimine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak kalsit ve silisli dolgu malzemeleri için elde edilen sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi, basınç-eğilme mukavemeti ve ısı iletkenlik değerlerinin tane boyutu ile doğru orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: yapı malzemeleri, harç, tane boyutu, kalsit, silis,

ABSTRACT

MSc THESIS

THE EFFECT OF DIFFERENT FILLING MATERIALS AND GRAIN DISTRIBUTION ON PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS

Ebubekir MEHMETOĞULLARI

**CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ
Yıl 2019, Sayfa: 49
Jury : Assoc. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Asst. Prof. Dr. Nil YAPICI
: Assoc. Prof. Dr. Tamer RIZAOĞLU

In this thesis, the effect of the changes in the grain sizes of the filling materials used in the construction materials on the physical properties of the construction materials was investigated according to TS EN 998-1 standard. The effect of the physical properties of micronized silica and calcite fillers used in the mixture of building materials according to the grain distribution differences on the change of physico-mechanical parameters on the building materials were evaluated. As a result, it was observed that dry bulk density, compressive-flexural strength and thermal conductivity values of the hardened mortar obtained for calcite and siliceous filling materials were directly proportional to the grain size.

Key Words: Building materials, Mortar, Grain size, Calcite, Silica,

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu çalışmada yapı malzemelerinde kullanılan ve yapı malzemeleri formüllerinde en yüksek orana sahip olan dolgu malzemesi tane dağılımının yapı malzemelerinin fiziko mekanik özelliklerine etki incelenmiştir. Yapılan çalışmalar ışığında kullanılan dolgu malzemesinin fiziksel dayanımının artırılması için, ideal tane boyutuna sahip dolgu malzemeleri kullanılarak yapı malzemelerinin kalitesinin artırılması ve minimum girdi ile maksimum dayanımın elde edilmesi amaçlanmıştır. Farklı tane boyutlarına getirilen ve tane dağılımlarına göre farklı formüller ile yapı malzemeleri karışımlarında kullanılan mikronize silis ve kalsit dolgu malzemeleri farklı fiziksel özelliklerinin yapı malzemeleri üzerindeki fizikomekanik parametrelerin değişimine etkisi değerlendirilmiştir.

Ülkemizde ve dünyada çok fazla araştırılmayan bu konu yapı malzemelerinde yaklaşık %75-90 oranında kullanılan dolgu malzemesinin türünün ve tane dağılımının formülasyon girdileri ve 28 günlük fiziko-mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılarak malzeme kalitesinin artırılması ve standardize edilmesi için gerekli araştırmalar yapılmıştır. Deney sonuçlarında elde edilen veriler ile tane boyu dağılımına göre elde edilen en yüksek dayanım değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında kalsit dolgu malzemesi ile sabit girdilerle yapılan deneylerde tane boyutu değiştirilerek maksimum dayanım – 4mm tane dağılımına sahip K5 nolu deneyde 23.35 N/mm² olarak belirlenmiştir. Silis ile yapılan deneylerde ise maksimum dayanım;4mm tane boyu dağılımına sahip S5 nolu deneyde 13,9 N/mm² olarak belirlenmiştir. Dolgu malzemeleri kendi içerisinde ve birbirleri ile kıyaslanarak elde edilen fiziksel test sonuçları ayrı ayrı belirtilmiştir. Bu veriler ışığında kalsit ve silis için tane boyutu büyüdükçe sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi, eğilme ve basınç dayanımı ve ısı iletkenlik değerlerinde doğru orantılı olarak artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra özel tane boyutuna sahip dolgu malzemelerinde bağlayıcılık özelliğinin

önemli düzeyde düştüğü ve bu durumun fiziksel dayanım değlerlerinde büyük bir düşüşe sebep olduğı belirlenmiştir. Özel tane boyutuna getirilen kalsit ve silis dolgu malzemelerinin içerisinde tek tip tane boyutuna sahip olması ve içerisinde taş unu bulundurmaması amaçlanmıştır. Bu durumun bağlayıcılığı ve mukavemet yapısını olumsuz etkilediğı belirlenmiştir. Özel tane boyutu ile yapılan çalışmalarda en düşük eğilme ve basınç dayanımı test sonuçları belirlenmiş, ürün üzerindeki olumsuz etkileri belirlenen veriler ile ortaya konulmuştur.

Bu tez çalışmasında yapı malzemelerinde kullanılan dolgu malzemelerinin ve tane boyutu değışiminin yapı malzemelerinin fiziksel özelliklerine etkisi TS EN 998-1 standardına göre incelenmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, yapıcı ve yönlendirici düşünceleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Doç.Dr Hakan GÜNEYLİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam da yardımlarını esirgemeyen bilgi ve birikimlerinden yararlandığım Dr. Öğr. Üyesi Nil YAPICI'ya teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü yardımını eksik etmeyen ve tecrübelerinden her fırsatta yaralandığım Ar. Gör. Süleyman KARAHAN'a teşekkür ederim.

Birçok tecrübe edindiğim iş hayatımda beni destekleyen ve kendimi geliştirmem için yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen çok saygı değer Mustafa İNKAYA ve Yonca İNKAYA'ya teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan, maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, sevgili annem Serpil MEHMETOĞULLARI'na; sevgili babam Mustafa MEHMETOĞULLARI'na ve kardeşim Gamze ŞAHİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE METOD.....	9
3.1. Materyal.....	9
3.2. Metot	9
3.2.1. Elek Analizi	10
3.2.2. Karışımın Hazırlanması.....	12
3.2.3. Sertleşmiş Harcın Boşluklu Birim hacim Kütlesi Tayini	12
3.2.4. Basın ve Eğilme Dayanımı Tayini	13
3.2.5 Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Muhafazası.....	14
3.2.6 Eğilme Dayanımı Tayini	14
3.2.7 Basınç Dayanımı Tayini	15
3.2.8 Isıl Özelliklerin tayini.....	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	19
4.1. Elek Analizi Sonuçları.....	19
4.2. Harç Karışımı	24
4.3. Taze Harcın Kalıplara Dökülmesi ve Muhafazası.....	24
4.4 Setleşmiş Harcın Boşluklu Birim Hacim Kütlesi Deney Sonuçları	25
4.5. Basınç ve Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları	30
4.6 Setleşmiş Harcın Isıl Özelliklerinin Tayini.....	37

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
6. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ.....	49



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Dolgu malzemesi tane büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan elek göz açıklıkları.....	11
Çizelge 3.2. Basınç ve eğilme dayanımı deney cihazı yük hatası aralığı	15
Çizelge 3.3. Sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi testi sonuçlarına göre ısı iletkenlik değeri	18
Çizelge 4.1. Kalsit için hazırlanan özel tane boyutları	21
Çizelge 4.2. Silis için hazırlanan özel tane boyutları	21
Çizelge 4.3. Kalsit için yapılan elek analizi deney sonuçları.....	22
Çizelge 4.4. Silis için yapılan elek analizi deney sonuçları	23
Çizelge 4.5. Tüm deneylerde kullanılan harç sabit karışım formülü.....	24
Çizelge 4.6. Kalsit tane boyutu değişimine göre harcın boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları.....	27
Çizelge 4.7. Silis tane boyutu değişimine göre boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları.....	28
Çizelge 4.8. Kalsit tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı sonuçları	32
Çizelge 4.9. Silis tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı sonuçları	35
Çizelge 4.10. Kalsit tane boyutu değişimine göre ısı iletkenlik deney sonuçları.....	38
Çizelge 4.11. Silis tane boyutu değişimine göre ısı iletkenlik deney sonuçları.....	39



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Mikronize kalsit ve silis.....	2
Şekil 3.1.	Kâgir birimlerinin ısı özelliklerinin tayini	17
Şekil 4.1.	Elek takımı.....	19
Şekil 4.2.	Boyutlandırılmış bazı kalsit ve silis örnekleri.....	20
Şekil 4.3.	Kalsit tane boyutu dağılım grafiği.....	22
Şekil 4.4.	Silis tane boyutu dağılım grafiği	23
Şekil 4.5.	Harçların kür süreleri boyunca bekletilmesi	25
Şekil 4.6.	Etüvde kurutulan sertleşmiş harç numuneleri	26
Şekil 4.7.	K kodlu deneyler sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları grafiği	27
Şekil 4.8.	C kodlu deneyler sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları grafiği	28
Şekil 4.9.	S kodlu deneyler sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi sonuçları grafiği	29
Şekil 4.10.	R kodlu deneyler sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi sonuçları grafiği	29
Şekil 4.11.	Kalsit ve silis tane boyutuna göre boşluklu birim hacim kütlesi değişimi kıyaslama grafiği.....	30
Şekil 4.12.	Eğilme dayanımı testi	30
Şekil 4.13.	Basınç dayanımı testi.....	31
Şekil 4.14.	K kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı değişim grafiği	33
Şekil 4.15.	C kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı değişim grafiği	34
Şekil 4.16.	S kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme mukavemeti değişim grafiği	35

Şekil 4.17. R kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme mukavemeti değişim grafiği	36
Şekil 4.18. Kalsit ve silis tane boyutu değişimine göre dayanım sonuçları kıyaslama grafiği.....	37
Şekil 4.19. K kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değişim grafiği	38
Şekil 4.20. C kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değişim grafiği	39
Şekil 4.21. S kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değişim grafiği	40
Şekil 4.22. R kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değişim grafiği	40
Şekil 4.23. Silis ve kalsit tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değişim kıyaslama grafiği.....	41

1. GİRİŞ

Yapı malzemeleri; inşaat ve bina yapımında kullanılan yardımcı malzemeler olarak tanımlanabilir. İnşaat sektöründe son dönemlerde kullanılan ve en güncel teknoloji ile üretilen yapı malzemeleri, geleneksel yapıştırıcıların ve yaygın olarak kullanılan güçlendirme tamir malzemelerinin yerini almış durumdadır. Yapı malzemeleri Yönetmeliği'ne göre; Yapı malzemeleri, “Bina ve diğer inşaat işlerini içermek üzere tüm yapı işlerinde kalıcı olarak kullanılmak amacıyla üretilen bütün malzemeleri” ifade etmektedir.

“Dolgu malzemesi” yapıya yardımcı ürünlerin çimento ile birlikte yaklaşık olarak %90-99’ unu oluşturur. Dolgu malzemeleri, bağlayıcı özelliği olan ya da olmayan ince agrega sınıfındaki malzemeler olarak tanımlanabilir. Kırıcılar ve elekler kullanılarak istenilen boyutlara getirilen dolgu malzemeleri; başka bir ifadeyle kırma kum içerisinde 75µm elekten geçen taş tozunun bulunması kaçınılmazdır. (Ramyar vd., 1995). Bu boyuttaki malzeme taş unu olarak da adlandırılmaktadır.

Dolgu malzemesi çimento ile birlikte yapı harçlarının temelini oluşturmaktadır. Genellikle yaygın uygulamada 1 mm ortalama tane boyutunda kullanılan dolgu malzemeleri, tane dağılım özelliklerine göre nihai ürün performansını doğrudan etkilemektedir. Yapı harçları üretiminde en çok kullanılan silis ve kalsit gibi dolgu malzemeleri mikronize boyutlara getirilerek ürün içerisine eklenmektedir. (Şekil 1.)



Şekil 1.1.Mikronize kalsit ve silis

Farklı dolgu malzemeleri ve farklı tane dağılımları(gradasyon) çeşitli fiziksel ve mekanik sonuçlar doğurmakta ve bu farklılıklar formülasyon girdilerini etkilemektedir. TS EN 998-1 standardına göre belirlenen fiziksel belirleyici parametreler basınç dayanımı, eğilme dayanımı, boşluklu birim hacim kütle ve ısı iletkenlik katsayısıdır. Dolgu malzemesinin türü, kırılma, elenme şekilleri ve tane dağılımı (gradasyon) değişimleri ortaya çıkacak 28 günlük ürün performansına etki eden en önemli etkindir.

Betonda kullanılan ince agregada içerisinde belirli oranlara kadar mikronize boyutundaki malzemenin beton özelliklerine olumlu etkisinin olduğu bilinmektedir (Özgan,2008). Taş unu olarak da adlandırılan mikronize boyutundaki bu bileşen, bağlayıcı özellik göstererek dayanım ve yalıtım açısından olumlu katkı sağlamaktadır (Özgan,2008). Yapı harçlarında genelde uniform(tek biçimli) ince agregada kullanılmaktadır. Agregada tanelerinin, büyüklüklerine göre belirli boy gruplarında sınıflandırılarak, her boy grubunda ne kadar miktarda agregada bulunduğunu ifade eden tane dağılımı oranına “gradasyon” denilmektedir. Elek seti kullanılarak yapılmaktadır. Bu tanım, “granülometri” olarak da adlandırılmaktadır. İdeal karışım oranlarının bulunması, en uygun dolgu malzemesi ve tane dağılımı ile yapı malzemelerini desteklemek, ürün reçeteleri için en ideal durumu ifade etmektedir. Farklı dayanım, kuruma süresi ve renk özelliklerine sahip çimentolar yapı malzemesi bileşen oranlarını doğrudan etkilemektedir. Mikronize kalsit ve

silis dolgu malzemeleri özel elekler yardımı ile belirli tane boyutlarına getirilerek yapı harçları formülasyonlarında yer almışlardır.

Yukarıda belirtilen yapı malzemesi bileşenleri belirli oranlarda eklenerek bir toz karışım elde edilir. Bu girdi oranları; hedef ürünün belirli bir standarda sahip olabileceği nihai malzeme, deney sonuçlarını yakalayabilecek şekilde belirlenmelidir. Bu kapsamda, istenen standart özellikler, kullanılan doğal ve yapay malzemeler ve bunların ideal oranlarda kullanılması kapsamlı çalışma sürecini içermektedir. Yapı malzemesi ürün uygunluk araştırmaları, ülkemizde yapı malzemelerini denetleyen ve üretimlerinin belirli standartlar kapsamında tüketici için istenilen performans değerlerini yakalayacak şekilde yapılmasını hedefleyen Türk Standartları Enstitüsü esasına göre yapılmaktadır. Tane boyutlarına göre sıralı formülasyonları hazırlanan yapı harçları “TS EN 998-1 Kâgir harcı-Özellikler-Bölüm 1: Kaba ve ince sıva harcı” standardı esas alınarak deneylere ve testlere tabi tutulmuştur. Bu standart duvarlar, tavanlar, kolonlar ve bölme duvarları üzerine uygulanan kaba (dış) sıva ve ince (iç) sıvada kullanım için, kaba/ince sıva harçlarına uygulanır.

Bu standarda göre çalışmaya konu olan yapı malzemesi “Genel amaçlı kaba/ince sıva harcı olarak tanımlanmıştır.” TS EN 998-1 standartına göre tanımlanan yapı harçları alt standart olan “TS EN 1015-11 Kâgir harcı-Deney metotları-Bölüm 1: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımı tayini” normlarında deneylere ve testlere tabi tutulmuştur. Bu standart, kalıba dökülerek hazırlanmış sertleşmiş harç numunelerinin basınç ve eğilme dayanımının tayini metodunu kapsar.

Yapılan çalışmalarda elek analizi dışında silis ve kalsit için tane dağılımı farklarının ve tek tip tane boyutundan oluşan dolgu malzemesinin bağlayıcılığa ve fiziksel parametrelere etkisinin belirlenmesi için hem silis hemde kalsit için gradasyonda belirtilen elek aralıklarında eleme yapılarak tep tip tane boyutları elde edilmiştir. Kalsit kırma eleme prosesinde toz makinesinde mikronize boyuta getirildikten sonra direk eleme yolu ile üretilmektedir. Silis ise ıslak eleme

metoduyla özel elek aralıkları şeklinde üretilmekte ve içerisindeki taş unu mümkün olduğu kadar uzaklaştırılmaktadır. Bu nedenle her iki dolgu malzemesi için hem belirli boyutlarda elek altı ürünler, hemde belirli aralıklarda özel boyutta ürünler oluşturularak kalsit ve silisin tane boyutu değişiminin fiziksel özelliklere etkisi araştırılırken aynı zamanda, dolgu malzemelerinin harç içerisinde davranışları ve dayanım sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada yapı malzemelerinde ana bileşen olan dolgu malzemelerinin türü ve tane boy dağılımının uzun-kısa dönem fizikomekanik özellikler üzerindeki etkileri ortaya konmuştur. Bu amaç ile kalsit ve silis dolgu malzemesi olarak kullanılarak tane dağılımı değişimlerinin fiziksel parametrelerdeki değişimlere etkileri araştırılmıştır. Tane boyutuna göre ürün performans değişimlerinin belirlenmesinde mikronize boyutta az miktarda çalışma yapılmış olup agreganın dayanım özelliklerine etkilerinin ortaya konması ve bu alanda çalışan ve ülkemize hizmet veren kuruluşların mümkün olan en az girdi ile en yüksek performansı yakalayarak dolgu malzemesinden en yüksek faydayı sağlaması amaçlanmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Erdoğan (1995), tane dağılımının tuğla kalitesi üzerindeki etkisi belirlemiştir. Refrakter tuğlaların kalitesine etki eden pek çok parametre vardır. Bunlardan bazıları, kullanılan cevherlerin tane boyutu, fiziksel, kimyasal ve minerolojik v.s. özellikleridir. Bu tez çalışmasında, kullanılan cevherlerin tane boyutunun tuğla kalitesine etkileri incelemiştir. Perileks 83 ve P15 tuğlalarından alınan parlak kesitlerde, tane boyutu üzerinde incelemeler yapmıştır. P15 tuğla kalitesinin artırılması amacıyla yeni tuğla reçeteleri hazırlanmıştır. En uygun tane dağılımı tesbit etmiş ve N90 tuğlası üretmiştir. N90 tuğlasının ortalama değerleri; bulk yoğunluğu 3.02 gr/cm³, görünür porozitesi %15,92, refrakterlik için çok önemli olan soğukta basınç mukavemet değeri 505 kg/cm² ve yük altında refrakterlik değeri> 1600 °C'dir. Bu değerlere göre N90 tuğlası P15 tuğlasından daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

Ramyar ve diğ. (1995), taş tozunun beton üzerine olan etkisini incelemiştir. Taş tozu altı değişik oranlarda kırma taş ince agregaya yerine betonda kullanmıştır. Toz içeren ve kontrol karışımlarında, su miktarı aynı tutulduğunda, betonun çökme değeri toz içeriğine paralel olarak azaldığını gözlenlemiştir. %10 kadar karışımda toz bulunduğunda eğilme ve basınç dayanımlarının arttığını belirlemiştir.

Demirdağ (2005), volkanik cüruf agregalarının yapı sektöründe kullanımı incelemiştir. Volkanik cüruf agregaların hafif beton agregası olarak değerlendirilebilirliği üzerine bir dizi çalışma yapmıştır. Ocaktan getirilen numuneler, kırmızı siyah renkte olup kırıldıktan sonra 0-4 mm boyutundaki ince agregaya (kırmızı cüruf) ve 4-8 mm boyutunda iri agregaya (siyah cüruf) olarak sınıflandırmıştır. Bu agregalarla belirli su oranlarında ve farklı çimento oranlarında karışımlar elde edilerek küp numuneler hazırlamıştır. Dökümü yapılan küp numuneler üzerinde dayanım, birim ağırlık, su emme v.b. deneyleri yaparak standartlara uygun bir şekilde volkanik cürufların hafif beton üretiminde kullanılabilirliği araştırmıştır.

Erdoğan (2007), asidik pomzadan üretilen yapı malzemelerinin mühendislik özellikleri incelemiştir. Asidik, bazik kökenli pomzaların yapı sektöründe hafif beton ve bims blok agregası olarak kullanabilirliği tespit etmiştir. Asidik ve bazik pomzaların gözenekli doğal yapısı ve hazır betona uygunluk deneysel çalışmalarından elde edilen sonuçlar neticesinde, 8 Mayıs 2000 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yürürlüğe konan “Binalarda Isı Yönetmeliği” ve 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren revize edilerek yürürlüğe giren “TS 825 Isı Yalıtım Standardı”, nda yer alan ısısal konforun sağlanma, prensip ve uygulama kriterlerine çok uygun olduğu, ısısal konforun arandığı her yerde rahatlıkla kullanılabileceği gözlemlemiştir. Bu sonuçla ısı ve ses konforu aranan tüm yapı sektöründe pomzaların kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Asidik pomza kullanılarak yapılan hafif betonlar binalarda taşıyıcı elemanlara ve zemine daha az ölü yük uygulayacağından depreme karşı daha dayanıklı olacağını belirtmiştir. Pomzadan üretilen bimsblokların binalarda taşıyıcı elemanlara ve zemine daha az yük uygulayacağından bu bloklardan yapılan binaların depreme karşı daha dayanıklı olacağı hesaplamıştır. Ayrıca pomzadan üretilen bimsblokların kullanılması ile yapılan binalarda ısı ve ses izolasyonu olarak diğer tuğla ve briketlere nazaran daha iyi bir yalıtım sağladığından ısıtma ve soğutma giderleri büyük oranlarda azalatağını öne sürmüştür.

Özgan (2008), taş unu miktarının beton basınç dayanımına etkisi bulanık mantıkla incelemiştir. Kırma taş agregası içerisinde bulunan taş unu'nun beton basınç dayanımına etkisini belirlemiştir. Kırma taştan elde edilen 200 dozlu beton içerisine, ince agregadan ağırlıkça %0, %5, %10 ve %15 oranlarında azaltılmak suretiyle yerine taş unu ilave etmiş ve basınç dayanımları araştırmıştır. Sonuç olarak taş ununun kırma taş agregası ile üretilen betonların basınç dayanımını olumlu yönde etkilediği ancak bu etkinin belirli bir orandan sonra azaldığı gözlemlemiştir.

ŞAHİN (2011), mikronize malzeme tane boyutunun çimento esaslı kompozit yapıya etkisi incelemiştir. Mikronize boyut olarak nitelendirilebilen

agrega malzemeler, günümüzde özellikle kompozit yapıdaki harç ürünlerinin elde edilmesindeki kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve ülke ekonomisine önemli katma değerler sağlayacak endüstriyel malzemelerin konumuna geldiğini belirtmiştir. Bu çalışmada kullanılan 7 farklı pomza agregası farklı boyutlarda mikronize hale getirerek, özellikle çok özel boyutlarda kompozit yapılı sıva üretiminde mukavemet açısından uygun bir performans gösterdiğini gözlemlemiştir.

Gökçer (2013), mermer tozu ve cam elyaf katkılı çimento harçlarının aşınma, yüksek sıcaklık ve donma-çözünme davranışlarını incelemiştir. Ağırlıkça 0.25,0.50,0.75 ve 1 kg/m³ oranlarında cam elyaf ile filler malzeme yerine hacimce %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında mermer tozu ilave edilerek harç numuneler hazırlamıştır. Elde edilen numuneler üzerinde testler yapmıştır. Yapılan deneyler sonunda mermer tozunun artışı ile lif takviyeli harç numunelerinin ultra ses geçiş hızı, basınç ve eğilmede çekme dayanımı değerlerinde artış, porozite ve kılcal su emme değerlerinde ise azalmalar olduğu saptamıştır.

Oleiwı (2017), hafif geopolimer harçların deneysel olarak incelenmesi ve karışım optimizasyonu incelemiştir. Deneysel değerlendirme ve analitik optimizasyon tekniği ile hafif geopolimer harç (HGH) için optimum karışım oranlarını elde etmek için kapsamlı bir yöntem önermektedir. Çalışmanın ilk aşamasında, bağlayıcı içeriğinin, kürlleme sıcaklığının ve kürlleme süresinin HGH'nin basınç dayanımına etkisi araştırmıştır. Geopolimer bağlayıcı için kullanılan ana malzemeler, öğütölmüş yüksek fırın cürufu (YFC) ve uçucu küldür (UK). HGH'nin ana bileşenleri hafif pomza agregası ve alkali ile aktive edilmiş UK veya YFC bağlayıcısıdır. Bahsedilen parametrelerin etkinliği, HGH'lerin basınç dayanımlarının değişimi açısından incelemiştir. Tam faktöriyel deneysel bir programı HGH'lerin basınç dayanımı gelişimini gözlemlemek için uygulamıştır. Bu nedenle, 336 veri örneği elde etmiştir. Test sonuçları bağlayıcı içeriğinin artışı ile HGH basınç dayanımının arttığını göstermektedir.

Yüçetürk (2010), yapay mermerde kullanılan kuvars ve kalsit minerallerinin fiziko-meknik özellikleri incelemiştir. Hammadde olarak kullanılan kuvars ve kalsit minerallerinin yapay mermer teknik özelliklerini ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda, Kuvars mineralinden elde edilecek olan yapı malzemelerinde kalsit mineralinden elde edilecek yapı malzemelerine göre fiziko-mekanik özellikleri açısından daha iyi malzemeler üretilebileceği sonucuna varmıştır.



3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Bu çalışmada agrega olarak mikronize karaisalı bölgesinde özel bir işletmeden alınan karaisalı formasyonuna ait karaisalı kireçtaşı ve Tarsus eski ankara yolu üzerinde bulunan Silis Maden firmasından alınan silis kumu kullanılmıştır. Kalsit; kalsiyum karbonat mineralinin patlatma ile elde edilen kayaların kırma eleme işlemi sonucu üretimiyle elde edilir. Silis kumu kuvarşça zengin magmatik, metamorfik kayaların ayrışması sonucu oluşan, tane boyutları 2.00-0.05 mm arasında değişen kuvars (SiO_2) tanecikleridir. Maden ocaklarında kırma ve eleme prosesi geçirmiş olan agregalar özel eleklerden geçirilerek, farklı tane boyutlarında sınıflandırılarak deney çalışmaları için hazır hale getirilmiştir.

3.2 Metot

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada kalsit ve silis agregalarının yapı malzemelerinde kullanımına ilişkin deney sonuçları ve tane dağılımı değişimlerinin fiziksel parametrelere etkisi incelenmiştir. Konu ile ilgili olarak, dünyada uygulanan farklı standartlar yürürlüktedir. Ancak kavram karmaşası yaratmamak amacı ile bu araştırmada yöntem olarak, Türkiye’ de uygulanan ve uluslararası geçerliliğe sahip olan Türk Standartları (TS)’ na bağlı kalınmıştır. Bu bağlamda, ülkemizde son dönemde yürürlükte olan TS EN 998-1 Kâgir harcı- özellikler-Bölüm 1: Kaba ve İnce Sıva Harcı standardında ön görülen fiziksel deneylerinden;

- TS EN 1015-1 Kâgir harçları- deney metotları Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımının tayini (elek analizi metoduyla)
- TS EN 1015-10 Kâgir harçları- deney metotları Bölüm 10: Sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesinin tayini

- TS EN 1015-11 Kâgir harçları- deney metotları Bölüm 11: Basınç ve eğilme dayanımının tayini,
- TS EN 1745 Kâgir ve kâgir mamulleri- Tasarım ısı değerlerinin tayini metotları, deneyleri yapılmıştır.

Üretilen harç örneklerinde farklı dolgu malzemelerinde sadece tane boyutu geometrisi değişken olarak belirlenirken diğer bileşenler (su/çimento oranı) sabit tutulmuştur. Sonuç olarak tane boyutu geometrisinin, üretilen harç numunelerinin sertleşmiş durumdaki fiziko-mekanik özellikleri üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Bu tez çalışması; fiziksel deneyler TS EN 998-1 standardına göre Çukurova Üniversitesi jeoloji mühendisliği bölümü kaya mekaniği laboratuvarında yapılmıştır.

3.2.1. Elek Analizi

Bu deney yöntemi temel olarak kullanılması tasarlanan veya kullanılacak olan dolgu malzemesi tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi amacı ile yapılmaktadır. Deney sonuçları dolgu malzemesi içerisindeki tane dağılımının belirlenmesi ve dolgu malzemesi karışımlarının kontrolü için gerekli verilerin elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Tane dağılımlarının üretilen yapı malzemesi üzerinde büyük etkisi vardır. Granülometri yapı malzemelerinin yoğunluk, basınç mukavemeti, eğilme mukavemeti gibi önemli fiziksel parametrelerini büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle yapı malzemelerinde kullanılacak dolgu malzemelerinin granülometrik bileşimleri mutlaka belirlenmeli, sağlanılabilecek maksimum fayda sağlanmalıdır.

TS EN 1015-1 standardı elek analizi kuru karışimli veya sertleşmemiş taze harç karışımlarında tane büyüklüğü dağılımını tayin etmek üzere belirlenmiş iki metodu kapsar. Taze harcı yaş eleme metodu, yoğun agrega ihtiva eden harçlarda, kuru karışımı eleme metodu ise hafif agrega ihtiva eden harçlarda tatbiki uygundur.

En altta toplama kabı (pan) bulunmak üzere, göz açıklığı alttan yukarı doğru artar şekilde eleklerin birbiri üzerine yerleştirilmesiyle elek takımı oluşturulur. Numunenin en üstteki elek üzerine boşaltılmasının ardından elek takımı, her elek üzerindeki malzeme kütlesinden değişim olmayıncaya kadar sarsılır.

Çizelge 3.1. Dolgu malzemesi tane büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan elek göz açıklıkları

Göz Açıklığı (mm)
8,00
4,00
2,00
1,00
0,500
0,250
0,125
0,063

Deney için yığından veya üretim bandından numune homojen şekilde alınmalıdır. Numune tavalar içerisine ince bir tabaka halinde serilir ve $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüv içerisinde kurutulur. Genleştirilmiş polistren veya pul halinde vermulit benzeri organik bileşen ihtiva eden numuneler $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde kurutulur. Kurutma işlemine, iki saat ara ile yapılan tartımda, numune kütlesinde 0,2 gr'dan fazla sapma meydana gelmeyinceye kadar devam edilir.

Etüv kuru numune, dizilmiş elek takımı üzerine dökülerek elenir, eleme işlemine, herhangi elek üzerinde kalan numune kısmında, elle bir dakika süreyle yapılan eleme esnasında üzerinde kaldığı elekten, toplam malzeme kütlesine oranla %0,2'den daha az geçme meydana gelinceye kadar devam edilir. Malzemelerin eleklerden geçmesi için zorlama yapılmaz. Elek analizi yapılan dolgu malzemeleri deneylerde kullanılmak üzere kuru eleme metodu ile özel tane boyutu aralıkları elde edilmek amacıyla elenmiş ve farklı tip tane boyutuna getirilerek sınıflandırma yapılmıştır.

Yapılan bu deneyler sonucunda standart olarak iki farklı tip dolgu malzemesi için gradasyon değerleri belirlenmiş ve farklı tane boyutuna sahip olan dolgu malzemelerinin sabit girdiler ile hazırlanmış deney numuneleri üzerinden fiziksel testleri yapılmıştır.

3.2.2. Karışımın Hazırlanması

Hazırlanan kuru karışımlara uygun su miktarı da eklenerek herbiri düşük devirli bir karıştırıcı yardımı ile 5 dakika karıştırılıp 5 dakika dinlendirilmiştir. Dinlenen harç tekrar 30 saniye daha karıştırılarak homojen ve iyi bir karışım elde edildiğinden emin olunduktan sonra 16x4x4 cm boyutlarında özel metal kalıplara dökülmüştür.

3.2.3. Sertleşmiş Harcın Boşluklu Birim hacim Kütlesi Tayini

TS EN 1015-10 standartına göre, sertleşmiş harçların boşluklu kuru birim hacim kütlesinin tayini için deney yapılmıştır. Deney metodu, hafif harçlar, genel amaçlı harçlar ve ince tabaka harçlarından meydana getirilen düzgün şekilli numunelere uygulanmaya elverişlidir.

Verilen numunenin boşluklu birim hacim kütlesi, etüv kurusu durumdaki numune kütlesinin, aynı numunenin doygun durumda, su içerisine batırıldığında işgal ettiği hacme bölünmesiyle belirlenir. Karıştırma süresi, bileşenlerin tümünün karıştırıcıya konulduğu andan itibaren ölçülmelidir.

Taze harç harmanı, mala veya tesviye bıçağı kullanılarak herhangi yalancı priz vb'nin önlemesi amacıyla deney öncesi elle 5 s ile 10 s arasında süreyle, önceden yapılmış standart karıştırma işlemine ilâve karıştırma etkisi oluşturmaksızın hafif şekilde karıştırılmalıdır. Harcın karıştırılmasında standart metottan farklı işlem yapılmışsa bu durum kayda geçirilmelidir.

Deney numunesi takımı, biçimi, hazırlanması ve muhafazası, EN 1015-11'e göre yapılmış ve kalıplara dökülerek hazırlanmış üç adet numuneden oluşur.

Numune, $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ayarlı etüvde sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulur. Genleştirilmiş polisitren agrega gibi organik bileşen ihtiva eden numuneler ise, $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta kurutulur. Kurutma işlemi esnasında iki saat arayla ard arda yapılan tartımlarla belirlenen numune kütlelerinin birbirinden, kuru numune kütlesinin %0,2'sinden fazla fark göstermemesi, numunenin sabit kütleye ulaştığını gösterir. Numune kütlesi en yakın 0,001 hanesine yuvarlatılarak kg olarak kaydedilir.

Numune, görünür kütlerde daha fazla artış gözlenmeyinceye (tamamen doymun hale gelinceye) kadar $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki su içerisinde daldırılır. Bu durum, su içerisinde 15 dakika arayla ardarda yapılan tartım sonuçlarının birbirinden, kütlece %0,2'den daha fazla fark göstermemesi olarak kabul edilir. Yüzeydeki fazla su, nemli bezle alındıktan sonra numune tartılır ve kütlesi en yakın 0,001hanesine yuvarlatılarak kaydedilir.

Her harç numunesinin boşluklu kuru birim hacim kütlesi, belirlenen kuru kütlenin numune hacmine bölünmesiyle bulunur. Her harç numunede bulunan tek değerler, en yakın 10 kg/m^3 'e yuvarlatır ve bu değerlerin aritmetik ortalamaları hesaplanır.

3.2.4. Basınç ve Eğilme Dayanımı Tayini

TS EN 1015-11 standardı, kalıba dökülerek hazırlanmış, sertleşmiş harç numunelerin basınç ve eğilme dayanımının tayini metodunu kapsar. Harç eğilme dayanımı, kalıba dökülerek hazırlanmış, sertleşmiş harç prizma numunelerin üç noktadan, kırılıncaya kadar yüklemeye tâbi tutulmasıyla belirlenir. Harç basınç dayanımı, eğilme deneyi sonucunda ortaya çıkan iki prizma parçası üzerinde tayin edilir.

Taze harç numunelerinin standart şartlarda kür süresini doldurması için kullanılan özel ekipmanlar vardır. Kalıp bölme plâkaları, en az 8 mm kalınlıkta ve numunenin taşınması esnasında numuneyi bozulma ve hasardan korumaya yetecek rijitliğe

sahip olmalıdır. Birleştirilmiş kalıp çerçevesi, rijit alt levha üzerine, birleşim yerleri gres yağıyla kapatıldığı zaman su geçirimsiz hale gelebilecek şekilde ayarlanmak suretiyle sabitleme vidası kullanılarak bağlanır veya kalıp parçalarının birbirine dik şekilde birlikte bulunması mengene kullanılarak sağlanır ve alt levha üzerine bağlanmadan sıkıca oturtulur.

Boyutlar: Her bölmenin, dâhili derinlik ve genişliği 40 mm x 0,1 mm ve her bölmenin uzunluğu 160 mm x 0,4 mm olmalıdır.

3.2.5 Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Muhafazası

Deney numuneleri, 160 mm x 40 mm x 40 mm ebatlarında prizma şekilli olmalıdır. Üç numune hazırlanmalıdır. Basınç dayanımı deneyinde, prizmaların ortadan ikiye bölünmesiyle oluşan altı adet yarım prizma numune kullanılır. Kalıplar standartta verilen ölçülere göre özel olarak hazırlanmıştır. Kalıplara dökülen taze harç numuneleri TS EN 1015-11 standardına göre iki tabaka halinde kalıplara doldurulmuştur. Her tabaka standart şok cihazı ile 60 düşüş yapılarak yerleştirilmiştir ve laboratuvar koşullarında priz alması için bırakılmıştır.

Kalıba dökme işlemi sonrası 2 gün içinde sertleşen harç numuneleri kalıplardan çıkarılarak 28 günlük kür süresini doldurması için laboratuvar şartlarında muhafa edilmiştir.

3.2.6 Eğilme Dayanımı Tayini

Deney makinası, Çizelge 1'de verilen şartları sağlamalıdır. Deney makinası, altta 100,0 mm $\pm$ 0,5 mm aralıklı yerleştirilmiş, 45 mm – 50 mm arasında uzunluğa ve 10 mm $\pm$ 0,5 mm çapa sahip iki mesnet silindiri ve üstte, mesnet silindirleri arasına merkezi olarak yerleştirilmiş aynı uzunluk ve çapta olmak üzere üçüncü bir yükleme silindirine sahip olmalıdır. Deney numuneleri üç nokta yükleme metodu ile teste tabi tutulur. Yenilmenin gerçekleştiği yük Newton olarak kaydedilir.

Çizelge 3.2. Basınç ve eğilme dayanımı deney cihazı yük hatası aralığı

Anma yüküne oranla izin verilen en büyük tekrarlanabilirlik %	Anma yüküne oranla izin verilen en büyük ortalama yük hatası %	En büyük yükleme sınırına oranla izin verilen sıfırlama hatası %
2,0	$\pm 2,0$	$\pm 0,4$

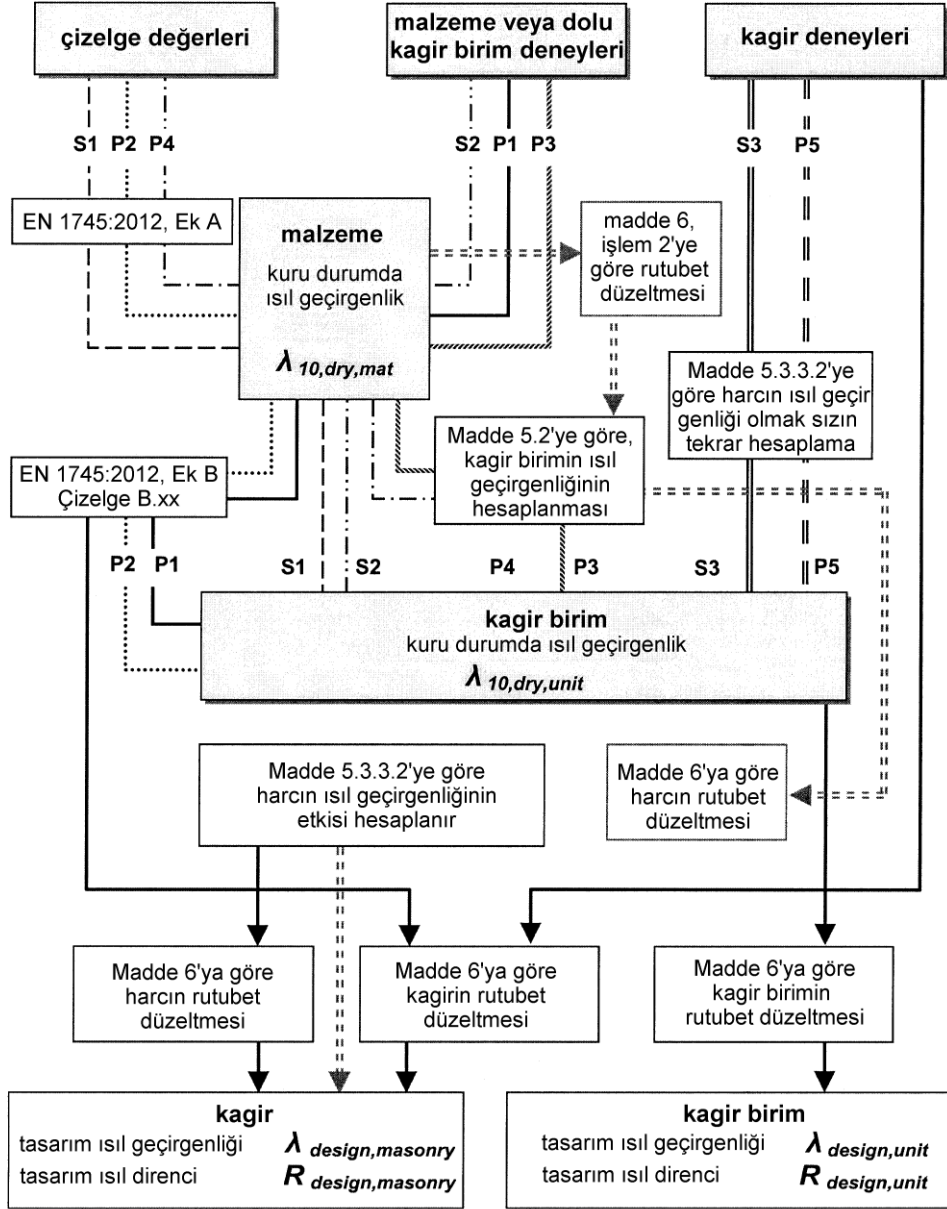
Numuneler, aksi belirtilmedikçe normal olarak dökümden itibaren 28 gün muhafaza edildikleri ortamdan alındıktan hemen sonra deneye tabi tutulur. Mesnet ve harç numune yüzeyleri, temiz bir bezle, yapışmış gevşek malzemenin uzaklaştırılması için silinir. Numuneler, yüzeylerinden birisi (kalıbın çelik levha kısmına temas eden yüzeylerden birisi) mesnete temas edecek şekilde yerleştirilir. Numuneye, yükte ani sıçrama olmaksızın, 30 saniye ile 90 saniye süre içerisinde kırılma meydana gelecek şekilde, 10 N/s ile 50 N/s arasında yükleme hızı sağlanarak, kırılıncaya kadar sabit hızda yük uygulanır. Uygulanan en yüksek yük Newton olarak kaydedilir. Basınç dayanımı da belirlenecekse, deney sonucunda ortaya çıkan kırılmış prizma parçaları tekrar muhafaza edilerek deney anına kadar saklanır.

3.2.7 Basınç Dayanımı Tayini

Eğilme dayanımı deneyinden sonra elde edilen iki parça prizma numunesi arka arkaya basınç dayanımı testine tabi tutulur. Metal kalıp ile temas eden yüzeyler pres yüzeyine temas edecek şekilde yerleştirilir. Numune, yükte ani sıçrama olmaksızın, 30 saniye ile 90 saniye süre içerisinde kırılma meydana gelecek şekilde, 50 N/s ile 500 N/s arasında yükleme hızı sağlanarak, kırılıncaya kadar sabit hızda düzgün olarak artan yük uygulanır. Basınç dayanımı, numunenin taşıyabildiği en fazla yükün, numunenin yük uygulanan kesit alanına bölünmesi ile hesaplanır.

3.2.8 Isıl Özelliklerin tayini

TS EN 1745 standardı göre sertleşmiş harç numunelerinin ısı iletkenlik özellikleri verilmiştir. Bu standart, kâgir ve kâgirde kullanılan mamullerin kuru ve tasarım ısı iletkenlik ve ısı direnç tayini için kuralları verir. Bu standardda, kuru ısı değerlerin nasıl tayin edileceği tarif edilmiştir. Bu standart aynı zamanda kuru değerden tasarım değerinin elde edilmesi için uygulanacak düzeltme yöntemleri de tarif edilmiştir. Kuru değer, kâgir malzeme, kâgir birim veya kâgir harcın karakteristik değeridir. Bu standardda, kuru ısı iletkenlik değerleri esas alınarak tasarım ısı değerlerinin belirlenme yöntemleri de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kâgir birimlerinin ısı özelliklerinin tayini

Çizelge 3.3. Sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi testi sonuçlarına göre ısı iletkenlik değerleri

Malzemenin yoğunluğu	Isıl İletkenlik [W/m.K]		Su buharı difüzyon katsayısı	Özgül ısı kapasitesi
[kg/m ³]	P = % 50 ^a	P = % 90	μ	[J/kg.K]
200	0,074	0,081	5/20	1 000
300	0,086	0,094	5/20	1 000
400	0,10	0,11	5/20	1 000
500	0,12	0,13	5/20	1 000
600	0,14	0,15	5/20	1 000
700	0,16	0,17	5/20	1 000
800	0,18	0,20	5/20	1 000
900	0,21	0,23	5/20	1 000
1 000	0,25	0,27	5/20	1 000
1 200	0,33	0,36	5/20	1 000
1 400	0,45	0,49	5/20	1 000
1 600	0,61	0,66	15/35	1 000
1 800	0,82	0,89	15/35	1 000
2 000	1,11	1,21	15/35	1 000

TS EN 1015-10 standardına göre elde edilen sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi TS EN 1745 standartına göre belirlenen aşağıdaki Çizelge 3'e göre karşılaştırılarak ürünün ısı iletkenlik katsayısı belirlenir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

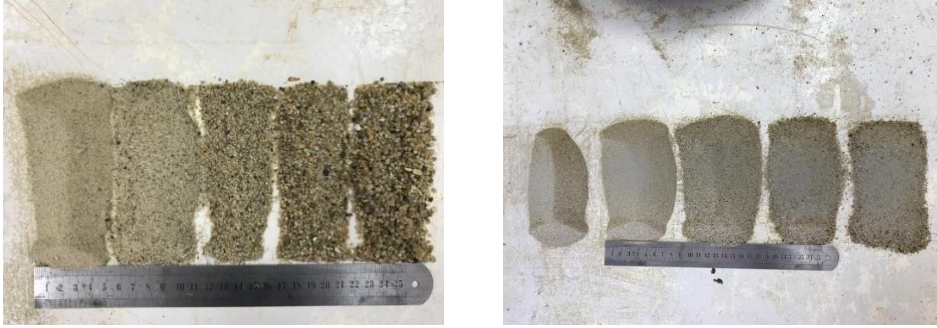
4.1. Elek Analizi Sonuçları

Elek analizi deneyleri TS EN 1015-1 standardına uygun olarak yapılmıştır. İşletmeden alınan kalsit ve silis dolgu malzemeleri için ayrıntılı elek analizleri yapılmıştır. (Şekil 3)



Şekil 4.1. Elek takımı

Bunun dışında dolgu malzemesi tane boyutu değişiminin fiziksel parametrelere etkisinin belirlenmesi için özel aralıklarda eleme işlemi yapılarak bu dolgu malzemeleri karışımlarda kullanılmak üzere sınıflandırılmıştır. Bu sınıflama kalsit ve silis için ayrı ayrı olarak yapılmış ortak tane boyutuna sahip ürünlerin karşılaştırılması için kullanılmıştır.



Şekil 4.2. Boyutlandırılmış bazı kalsit ve silis örnekleri

İşletmeden alınan kalsit ve silis dolgu malzemeleri için ayrıntılı elek analizi sonuçları Çizelge 6 ve Çizelge 7’de verilmiştir. Belirlenen ve deneylerde kullanılan elek aralıkları kalsit için Çizelge 4’deki gibidir. Deneylerde kalsit ve silis iki farklı tip tane boyutu kullanılmış ve farklı deney noları ile birbirinden ayrılmıştır. (Şekil 4) “K ve S” kodlu deney numuneleri ocaktan alınan kalsit ve silis numunesinin sadece belirli göz açıklığına sahip eleklerden elenerek elek altı malzemenin direk olarak deneylerde kullanılması ile oluşturulmuştur. Bu eleme yöntemi ile elde edilen dolgu malzemesi içerisinde inceden iriye doğru karışık şekilde tüm tane boyutlarını, eleme işlemi yapılan eleğin göz açıklığı boyutuna ulaşıncaya kadar barındırır.

“K ve S” kodlu deney numuneleri mikronize kalsit ve silis dolgu malzemesi için belirli bir elek altı malzemenin hiç bir işlem yapılmadan deneylerde kullanılması sonucu elde edilen karışımlara verilen isimdir.

“C ve R” kodlu deney numunelerinde ise en yakın boyuttaki göz açıklığına sahip elekler arasında eleme işlemi yapılarak sadece tek tip tane boyutuna sahip dolgu malzemeleri elde edilmek istenmiştir. Örneğin, 425-1000 mikron olarak belirtilen tane boyutu 1000 mikron göz açıklığına sahip elekten elenen malzemenin elek altı ve 425 mikrondan elen malzemenin elek üstü alınarak tek tip tane boyutuna sahip yapay bir agrega oluşturulmuştur.

Bu farklı tip eleme metodu ile kalsit ve silis dolgu malzemesinin kendi

içerisindeki tane dağılımı değişimi ve tek tip tane boyutundaki değişiminin fiziksel parametrelere etkisi incelenmiştir.

Kalsit için eleme çalışmaları yapılmış farklı boyutlardaki dolgu malzemesi ayrı ayrı sınıflandırılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4.1. Kalsit için hazırlanan özel tane boyutları

Deney No	K1	K2	K3	K4	K5
Tane Boyutu	250µm	425 µm	1000µm	2000 µm	4000 µm
Deney No	C1	C2	C3	C4	C5
Tane Boyutu	125-250 µm	250-425 µm	425-1000 µm	1000-2000 µm	2000-4000 µm

Silis için ise kırma eleme sonrası elde edilen ve dolgu malzemesi olarak kullanılan elek aralıkları ise Çizelge 5’deki gibidir.

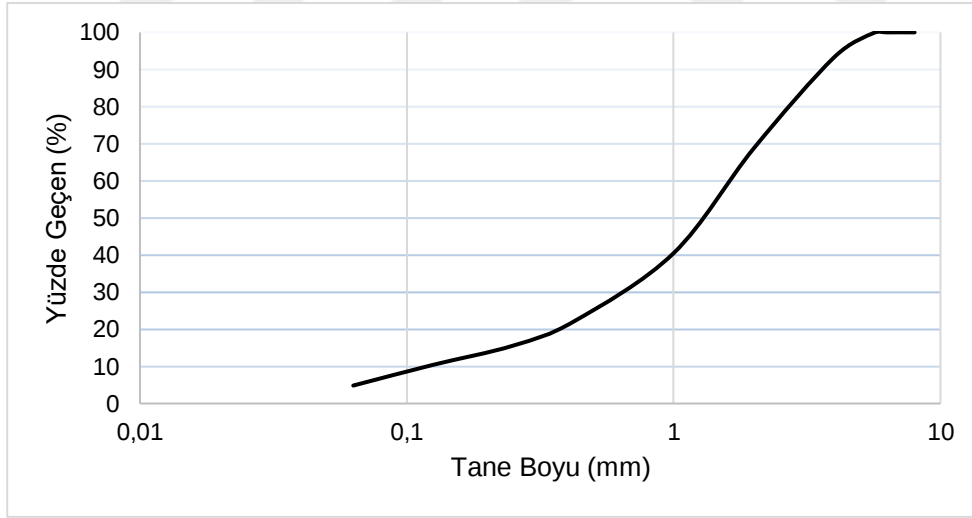
Çizelge 4.2. Silis için hazırlanan özel tane boyutları

Deney No	S1	S2	S3	S4	S5
Tane Boyutu	250 µm	425 µm	1000µm	2000 µm	4000 µm
Deney No	R1	R2	R3	R4	R5
Tane Boyutu	125-250 µm	250-425 µm	425-1000 µm	1000-2000 µm	2000-4000 µm

Yapılan elek analizi sonucunda mikronize kalsit ve silis agregası için ocaktan alınan numunelerin genel elek analizi sonuçları Çizelge 7 ve Çizelge 8’de belirtilmiştir. Ortaya çıkan tane dağılımı eğrileri ayrıntılı şekilde incelenmiştir (Şekil 5-6).

Çizelge 4.3. Kalsit için yapılan elek analizi deney sonuçları

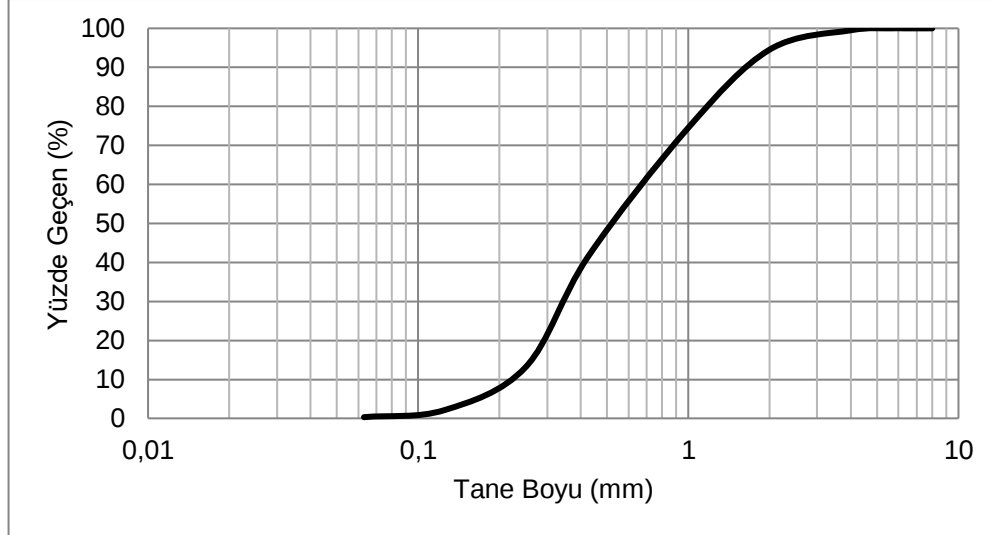
Elek Boyutu (mm)	Küm. Kalan (gr)	% Kalan	% Geçen
8	0	0	100
6,3	0	0	100
5,6	1,77	0,20	99,8
4	59,78	6,67	93,33
2	285,18	31,18	68,82
1	533,38	59,49	40,51
0,425	697,58	77,80	22,2
0,250	756,78	84,41	15,59
0,125	803,41	89,61	10,39
0,063	853,25	95,16	4,84
İnce malzeme içeriği %			4,84



Şekil 4.3. Kalsit tane boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.4. Silis için yapılan elek analizi deney sonuçları

Elek Boyutu (mm)	Küm. Kalan (gr)	% Kalan	% Geçen
8	0	0,00	100,00
6,3	0	0,00	100,00
5,6	0	0,00	100,00
4	5,3	0,48	99,52
2	59,95	5,45	94,55
1	280,26	25,48	74,52
0,425	644,51	58,59	41,41
0,250	955,4	86,85	13,15
0,125	1076,77	97,89	2,11
0,063	1096,7	99,70	0,3
İnce malzeme içeriği %			0,3



Şekil 4.4. Silis tane boyutu dağılım grafiği

4.2. Harç Karışımı

Her bir karışım deney sonuçlarının birbiri ile kıyaslanabilmesi için standartlara uygun şekilde hazırlanmıştır. Bütün deneylerde Çizelge 8’de belirtilen sabit formül üzerinden karışımlar hazırlanmıştır.

Çizelge 4.5. Tüm deneylerde kullanılan harç sabit karışım formülü

Ürün Adı [%]	Miktar (gr)	Açıklama	Miktar %
Dolgu malzemesi	1600	Tane boyutlarına göre sınıflanan herbir dolgu malzemesi için farklı deney karışımı hazırlanmıştır.	80
Cem I 42,5 çimento	400	Her deney için aynı tip çimento kullanılmıştır.	20
Su içeriği	360	Her deney için su miktarı sabittir.	18

4.3. Taze Harcın Kalıplara Dökülmesi ve Muhafazası

Çizelge 8’de belirtilen formüle göre ve TSE standartlarına uygun şekilde her bir harç karışımı hazırlandı. Dinlenen harç prizmanın kalıptan rahatça çıkması için daha önce yağlanan kalıplara iki tabaka halinde döküldü. Şok cihazı kullanılarak her bir tabakaya 60 düşüş uygulandı. Harcın yerleştirme işlemi bittikten sonra kalıplar tesviyelenerek laboratuvar koşullarında priz alması için muhafaza edildi. 48 saat sonra prizini alan ve sertleşen harç numuneleri kalıptan çıkarılarak 28 günlük kür süresini tamamlaması için standart şartlarda kalan süre kadar daha muhafaza edildi. (Şekil 7)



şekil 4.5. Harçların kür süreleri boyunca bekletilmesi

4.4 Setleşmiş Harcın Boşluklu Birim Hacim Kütlesi Deney Sonuçları

Standart şartlarda 28 gün boyunca bekletilen sertleşmiş harç numuneleri kür süresi sonunda 65 °C'lık etüvde kurumaya bırakılmıştır. (şekil 8)

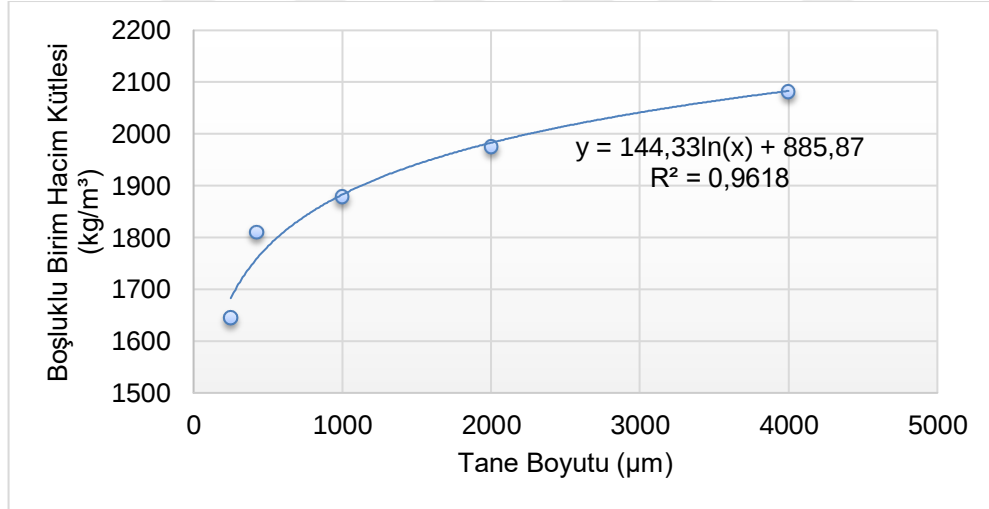


şekil 4.6. Etüvde kurutuan sertleşmiş harç numuneleri

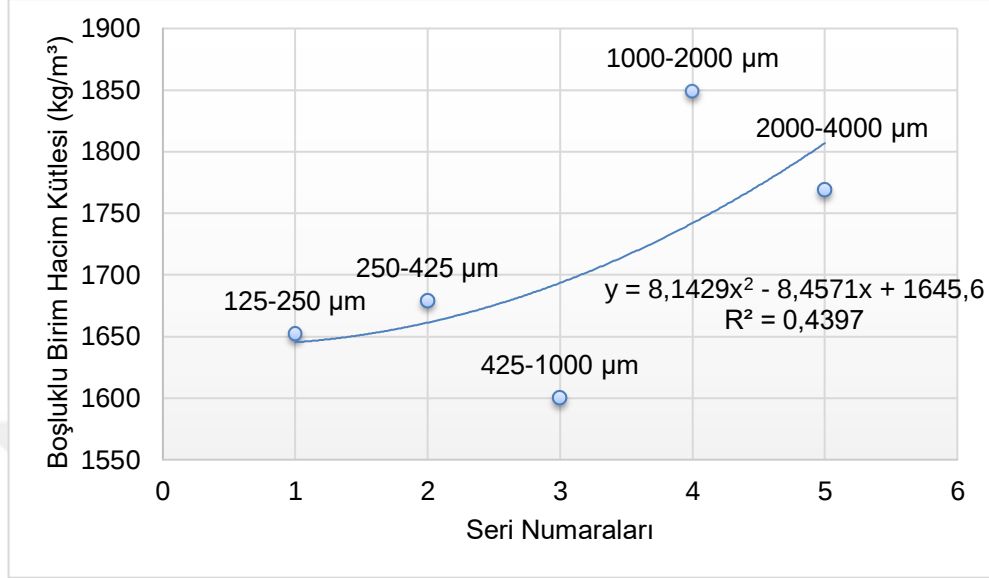
Ard arda tartımlar sonucu kütleinde herhangi bir değışim gelmeyince kadar yaklaşık 26 saat etüvde bekletilmiştir. Her harç numunesinin boşluklu birim hacim kütlei, belirlenen kuru kütleinin numune hacmine bölünmesi ile bulunmuştur. Çıkan sonuçlar ve tane boyutu değışiminin harcın boşluklu birim hacim kütlei üzerindeki etkileri incelenmiştir. (şekil 9-10-11-12-13)

Çizelge 4.6. Kalsit tane boyutu değişimine göre harcın boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları

Deney No	Tane Boyutu (µm)	Boşluklu Birim Hacim Kütlesi (Kg/m³)
K1	250	1645
K2	425	1811
K3	1000	1879
K4	2000	1975
K5	4000	2081
C1	125-250	1652
C2	250-425	1679
C3	425-1000	1600
C4	1000-2000	1849
C5	2000-4000	1769



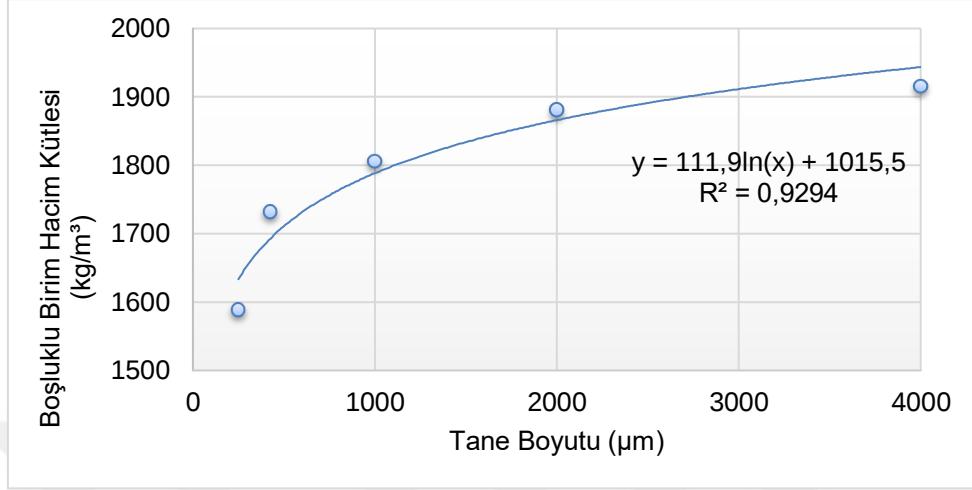
Şekil 4.7. K kodlu deneyler dertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları grafiği



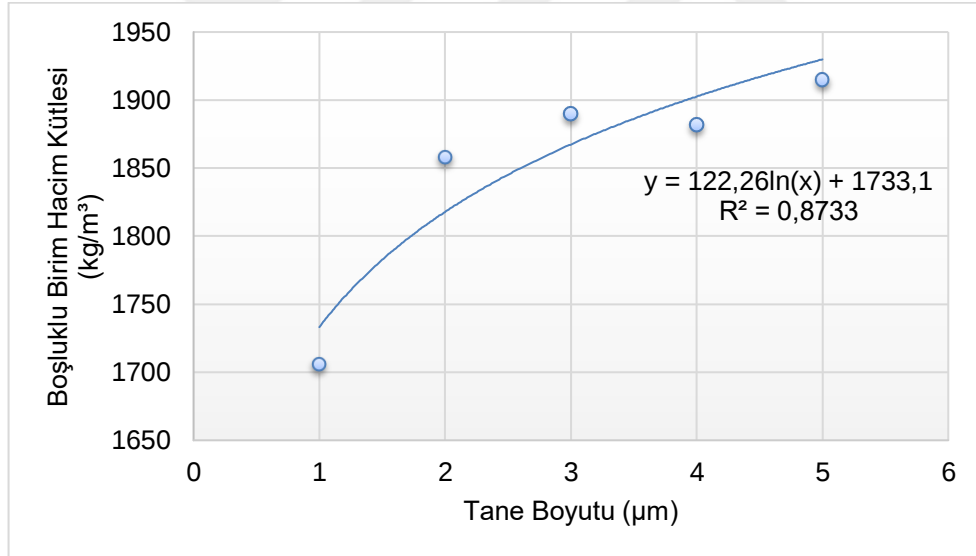
Şekil 4.8. C kodlu deneyler sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları grafiği

Çizelge 4.7. Silis tane boyutu değişimine göre boşluklu birim hacim kütlesi deney sonuçları

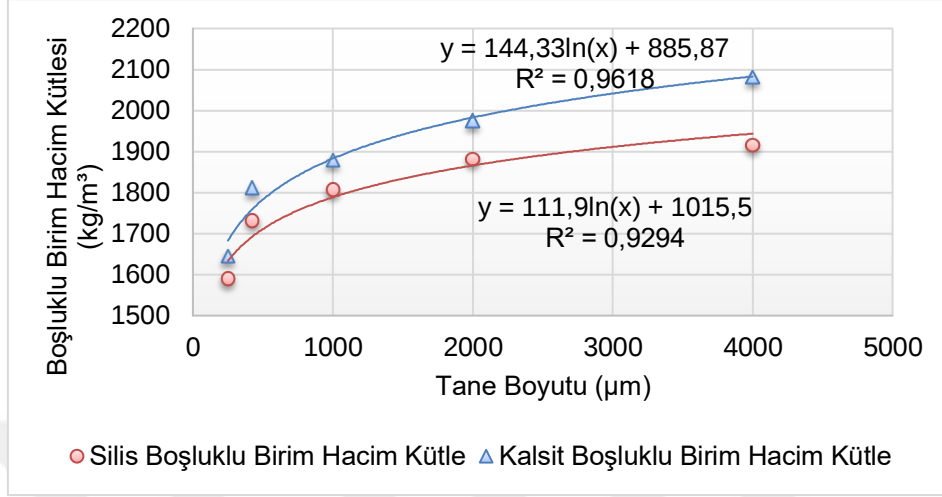
Deney No	Tane Boyutu (µm)	Boşluklu Birim Hacim Kütlesi (Kg/m³)
S1	250	1589
S2	425	1732
S3	1000	1806
S4	2000	1881
S5	4000	1916
R1	125-250	1706
R2	250-425	1858
R3	425-1000	1890
R4	1000-2000	1882
R5	2000-4000	1915



Şekil 4.9. S kodlu deneyler sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi sonuçları grafiği



Şekil 4.10. R kodlu deneyler sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi sonuçları grafiği



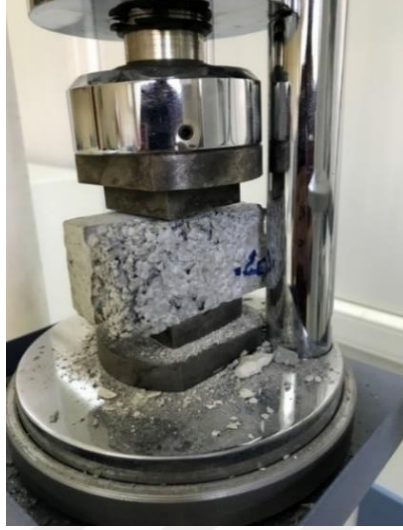
Şekil 4.11. Kalsit ve silis tane boyutuna göre boşluklu birim hacim kütlesi değişimi kıyaslama grafiği

4.5. Basınç ve Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları

Hazırlanan karışımlar 28 günlük kür süresini tamamladıktan sonra TS EN 1015-11'e göre eğilme ve basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. (Şekil 14-15)



Şekil 4.12. Eğilme dayanımı testi



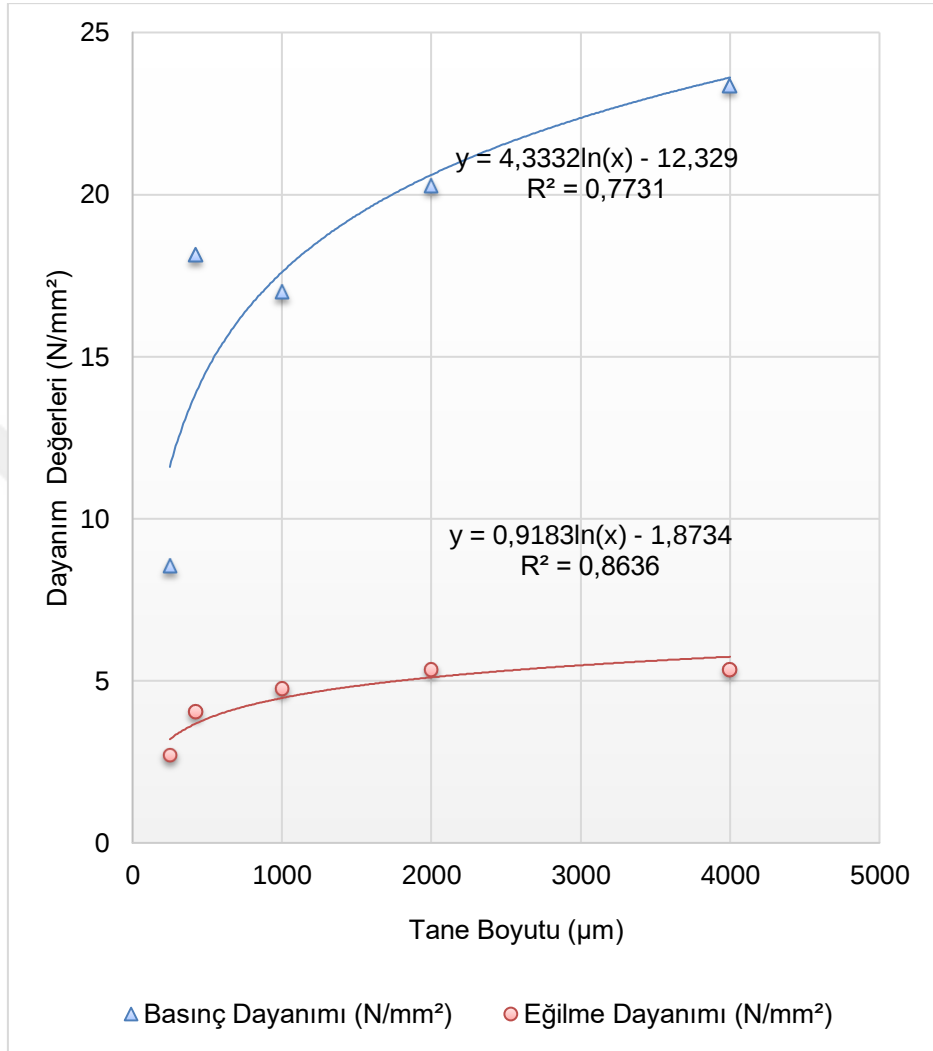
Şekil 4.13. Basınç dayanımı testi

TS EN 1015-11 standartına göre yapılan kalsit için eğilme ve basınç dayanımı deney sonuçları Çizelge 11’ de silis için eğilme ve basınç dayanımı sonuçları Çizelge 12’ de verilmiştir.

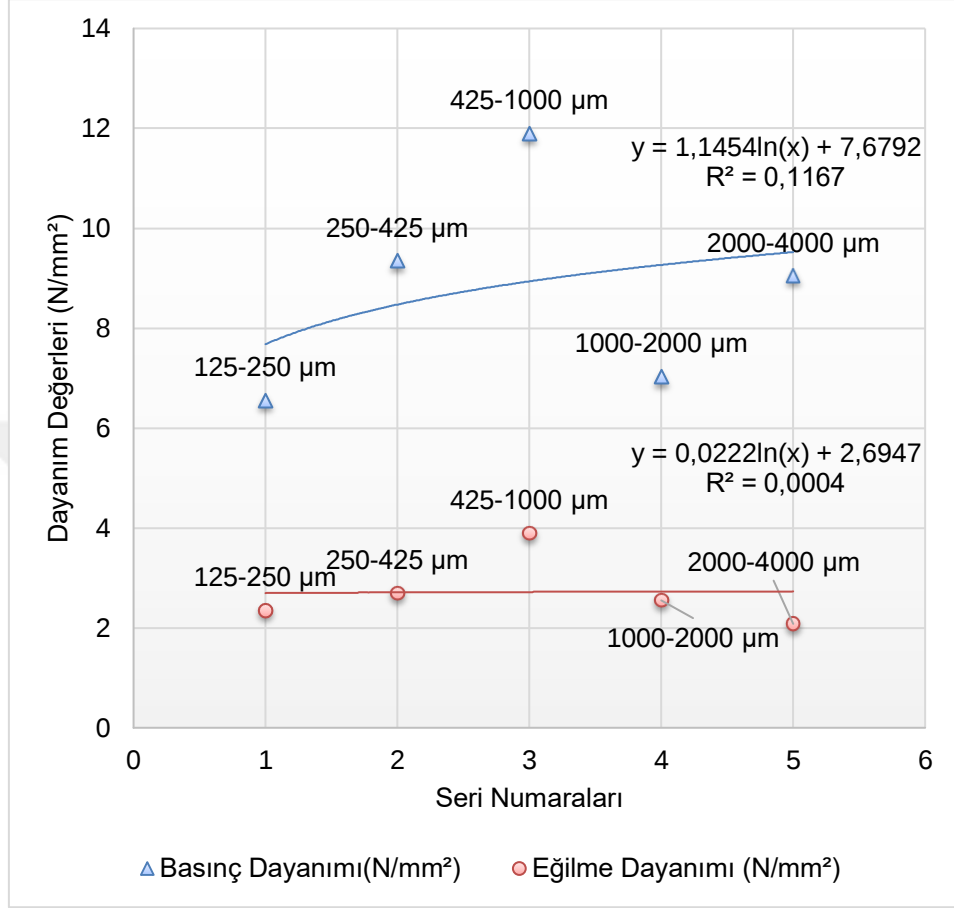
Basınç ve eğilme dayanımı deneyinden elde edilen sonuçlar ile tane boyutu oranları arasındaki ilişkilerin değerlendirmeleri grafik olarak Şekil 16,17,18 ve 19’da verilmiştir. İki dolgu malzemesinde tane boyutu değişimine göre mukavemet değerlerinin değişimi kıyaslanmıştır. (Şekil 20)

Çizelge 4.8. Kalsit tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı sonuçları

Deney No	Tane Boyutu (μm)	Eğilme Dayanımı (N/mm^2)	Basınç Dayanımı (N/mm^2)
K1	250	2,70	8,55
K2	425	4,05	18,14
K3	1000	4,75	17,00
K4	2000	5,35	20,27
K5	4000	5,35	23,35
C1	125-250	2,35	6,55
C2	250-425	2,7	9,35
C3	425-1000	3,9	11,9
C4	1000-2000	2,55	7,03
C5	2000-4000	2,08	9,05



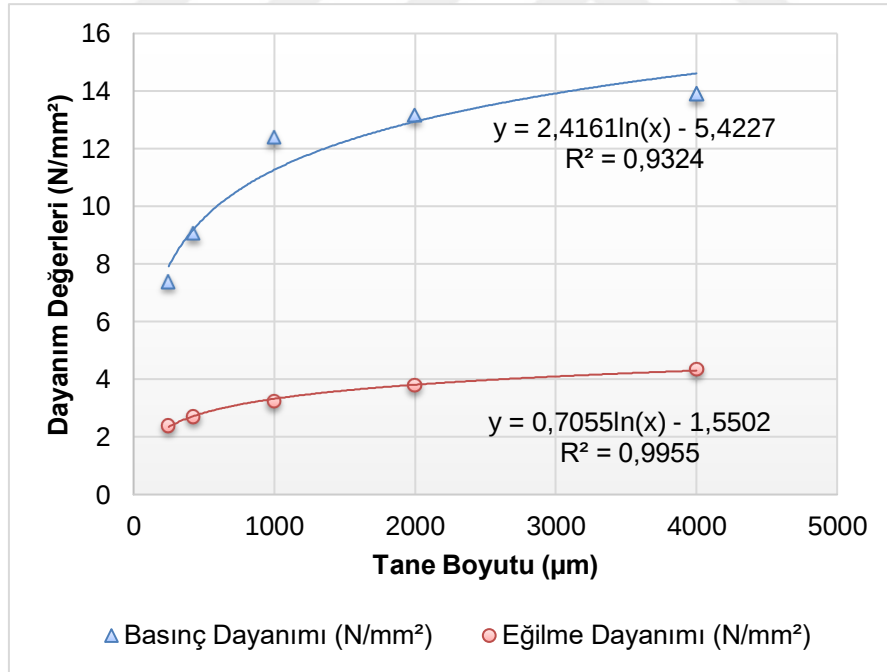
Şekil 4.14. K kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı değişim grafiği



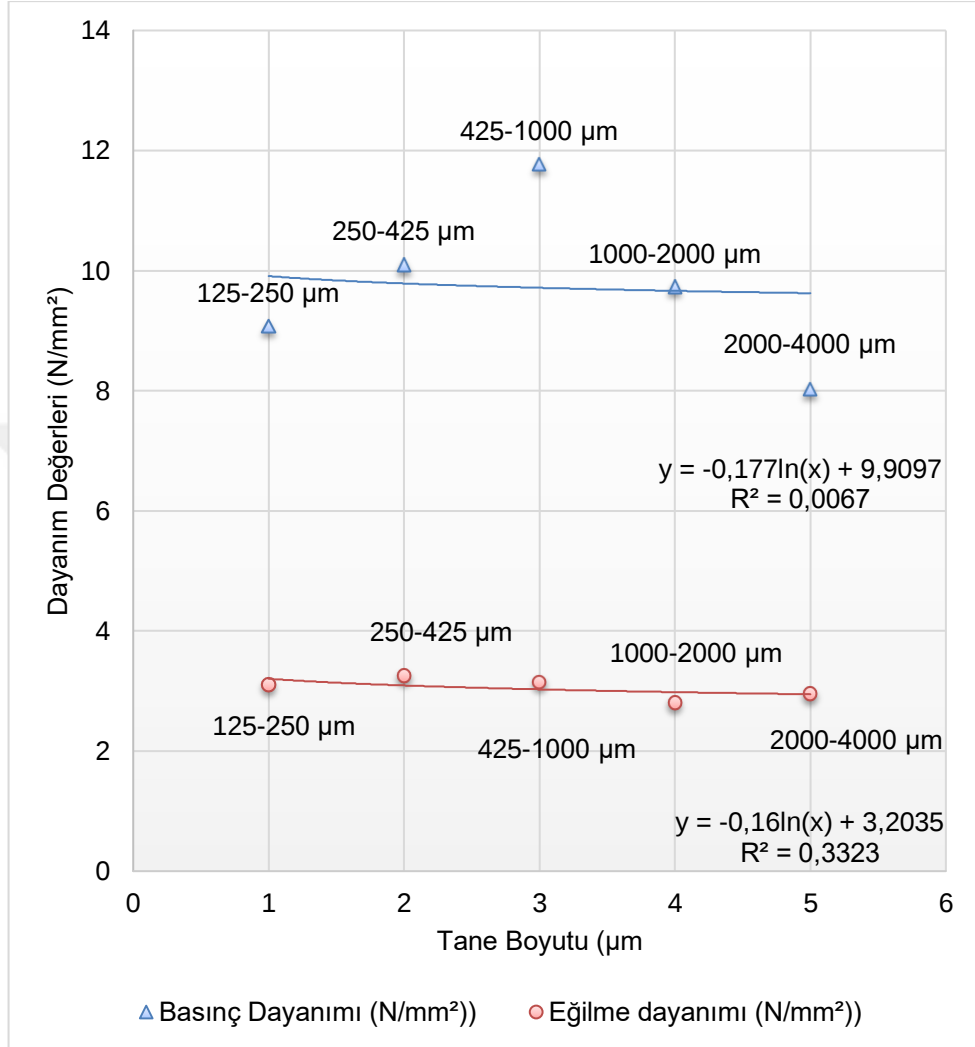
Şekil 4.15. C kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı değişim grafiği

Çizelge 4.9. Silis tane boyutuna göre basınç ve eğilme dayanımı sonuçları

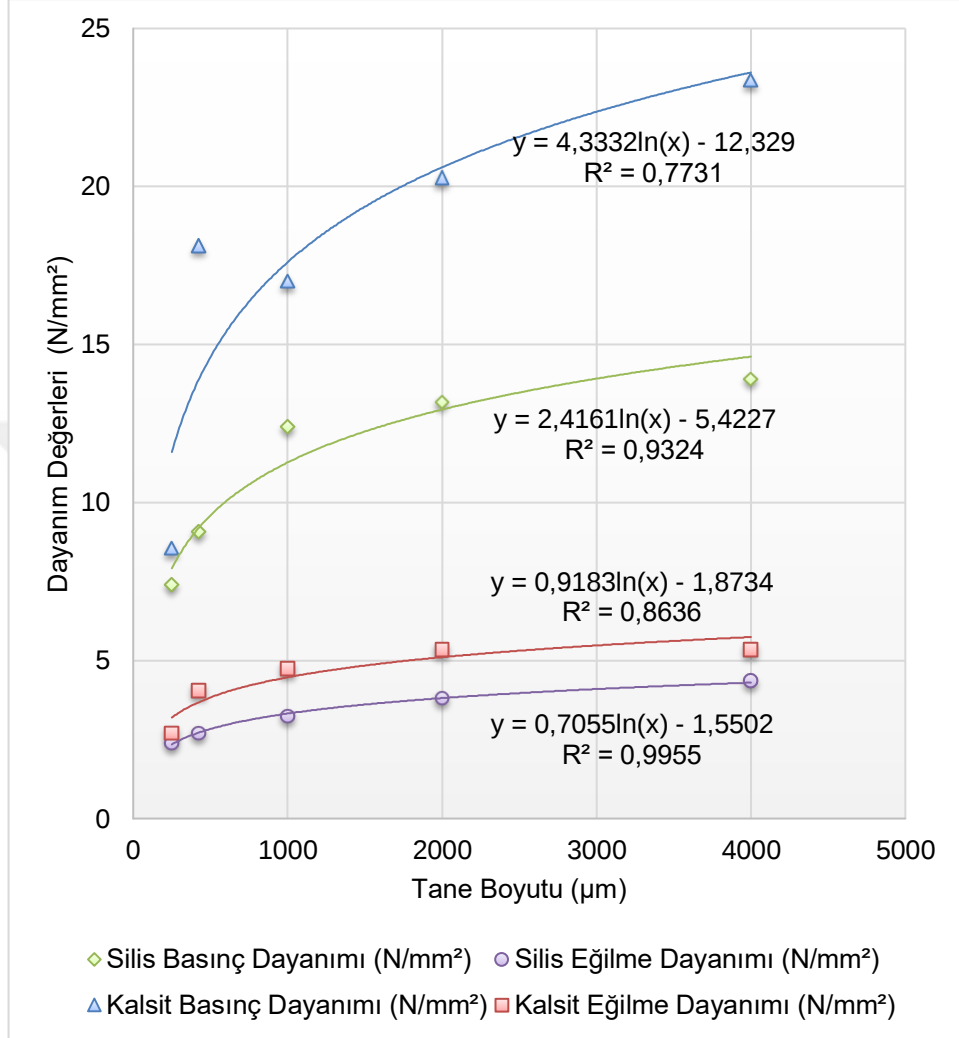
Deney No	Tane Boyutu (μm)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
S1	250	2,4	7,4
S2	425	2,70	9,07
S3	1000	3,25	12,4
S4	2000	3,8	13,17
S5	4000	4,35	13,9
R1	125-250	3,1	9,07
R2	250-425	3,27	10,1
R3	425-1000	3,15	11,77
R4	1000-2000	2,8	9,73
R5	2000-4000	2,95	8,03



Şekil 4.16. S kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme mukavemeti değişim grafiği



Şekil 4.17. R kodlu deneyler tane boyutuna göre basınç ve eğilme mukavemeti değişim grafiği



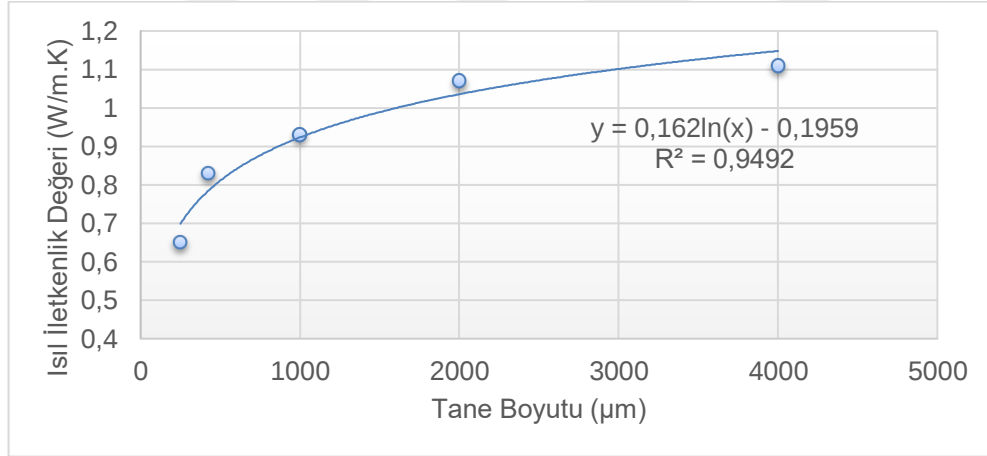
Şekil 4.18. Kalsit ve silis tane boyutu değişimine göre dayanım sonuçları kıyaslama grafiği

4.6 Sertleşmiş Harcın Isıl Özelliklerinin Tayini Sonuçları

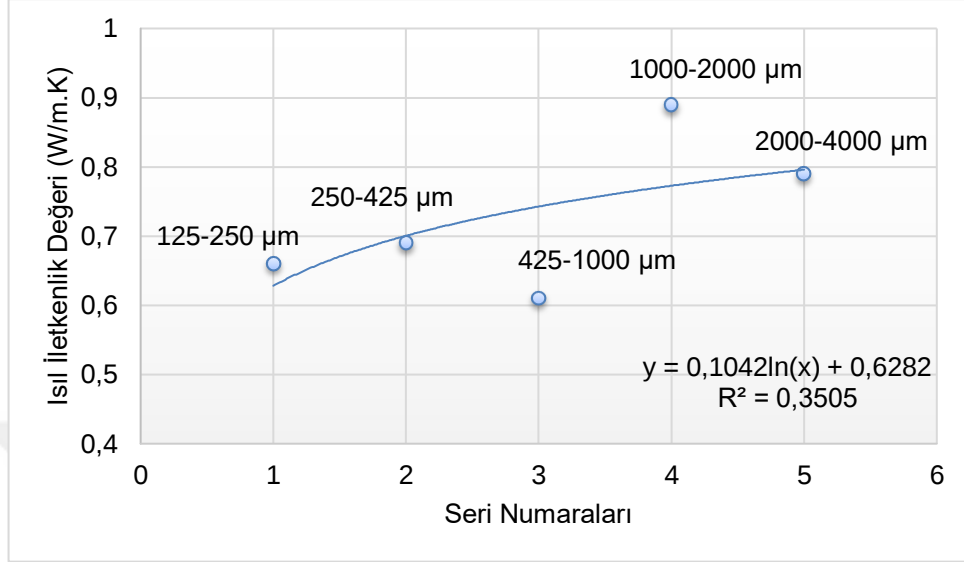
Sertleşmiş harcın ısı iletkenliklerinin tayini için TS EN 1745 standardı referans alınmıştır. Sertleşmiş harcın ısı iletkenlik değerleri için elde edilen sonuçlar Çizelge 13’de belirtilmiştir ve tane boyutuna göre ısı özelliklerinin değişimi belirlenmiştir. (Şekil 21-22-23-24-25)

Çizelge 4.10. Kalsit tane boyutu değişimine göre ısı iletkenlik deney sonuçları

Deney No	Tane Boyutu (μm)	Isıl İletkenlik Değeri (W/m.K)
K1	250	0,65
K2	425	0,83
K3	1000	0,93
K4	2000	1,07
K5	4000	1,11
C1	125-425	0,66
C2	250-425	0,69
C3	425-1000	0,61
C4	1000-2000	0,89
C5	2000-4000	0,79



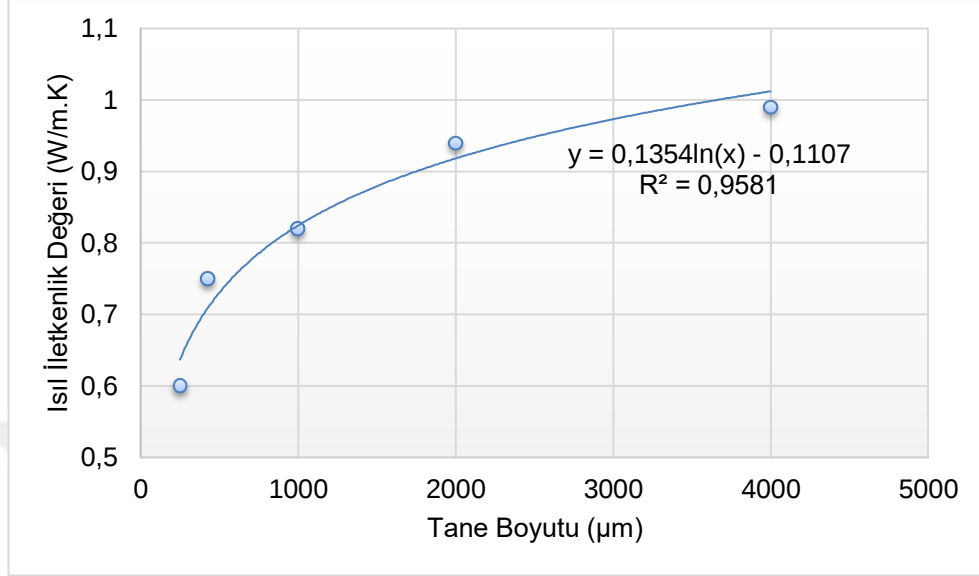
Şekil 4.19. K kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değişim grafiği



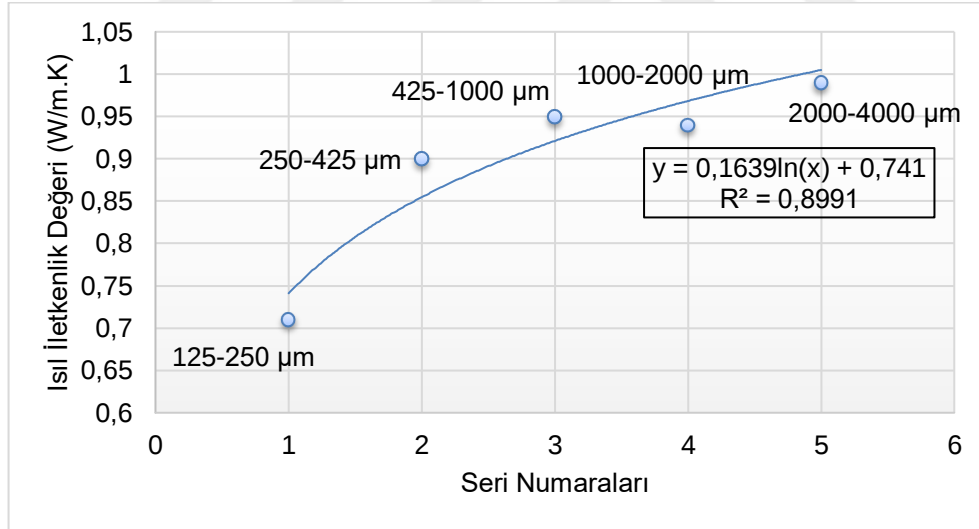
Şekil 4.20. C kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değışim grafiği

Çizelge 4.11. Silis tane boyutu değışimine göre ısı iletkenlik deney sonuçları

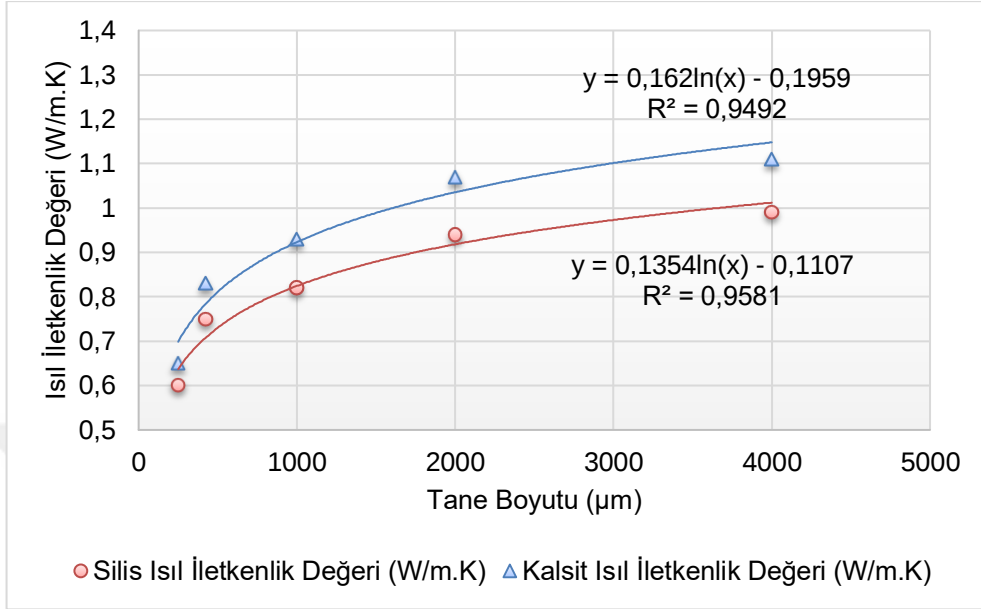
Deney No	Tane Boyutu (µm)	Isıl İletkenlik Değeri (W/m.K)
S1	250 µm	0,60
S2	425 µm	0,75
S3	1000 µm	0,82
S4	2000 µm	0,94
S5	4000 µm	0,99
R1	125-425 µm	0,71
R2	250-425 µm	0,9
R3	425-1000 µm	0,95
R4	1000-2000 µm	0,94
R5	2000-4000 µm	0,99



Şekil 4.21. S kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değışim grafiğı



Şekil 4.22. R kodlu deneyler tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değışim grafiğı



Şekil 4.23. Silis ve kalsit tane boyutuna göre ısı iletkenlik değeri değışim kıyaslama grafiğı



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma kapsamında, kalsit ve silis agregası kullanılmıştır. Ülkemizde son dönemde yürürlükte olan TS EN 998-1 ana standartına göre tüm çalışma yürütülmüştür.

Çalışmada kullanılan dolgu malzemesi için TS EN 1015-1 standardına elek analizi deney sonuçları detaylı şekilde yapılmış ürün içerisindeki taş ununun iri agrega ile birlikte kullanılması sonucu dayanıma olan etkisinin değiştiği gözlenmiştir.

TS EN 1015-10 standardına göre yapılan sertleşmiş harcın boşluklu birim hacim kütlesi deneyi sonuçlarına göre tane boyutu büyüdükçe belirgin şekilde boşluklu birim hacim kütleninde arttığı gözlenmiştir. K ve S kodlu deneylerde kullanılan normal granülometriye sahip dolgu malzemelerinin boşluklu birim hacim kütlesi sonuçlarının tane boyutu büyüklüğü ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Bu iki değer arasındaki regresyon ilişkisi incelendiğinde güvenlik sayıları kalsit K kodlu deneyler için “ $R^2 = 0,9618$ ” (Şekil 9), silis S kodlu deneyler için ise “ $R^2 = 0,9294$ ” (Şekil 11) olarak ortaya çıkmıştır. Buna kıyasla özel elek aralıkları alınarak hazırlanan dolgu malzemelerinde, dolgu malzemesinin harc içerisinde nasıl davrandığı incelenmiş ve tep tip tane boyutunun bağlayıcılığı düşürdüğü, yapı malzemesinin tane boyutu büyüklüğü ile orantılı şekilde fiziksel sonuçlar vermediği belirlenmiştir. Bu özel eleme yöntemi ile elde edilmiş dolgu malzemelerin de elde edilen yapı malzemelerinin boşluklu birim hacim kütlesi sonuçları için regresyon analizleri incelendiğinde kalsit C kodlu deney için “ $R^2 = 0,4397$ ” (Şekil 10), silis S kodlu deneyler için “ $R^2 = 0,8733$ ” (Şekil 12) olarak ortaya çıkmıştır.

TS EN 1015-11 standardına göre yapılan sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımı tayini deneyi sonuçlarına göre tane boyutu büyüdükçe silis ve kalsit dolgu malzemelerinin her ikisi içinde basınç ve eğilme dayanımlarının arttığı belirlenmiştir. Kalsit K kodlu deneyleri için en küçük değer K1 nolu “250 μm ”

tane boyutunda dolgu malzemesi içeren deney için eğilme dayanımı “2,70 N/mm²”, basınç dayanımı “8,55 N/mm²” olarak ve en yüksek değer K5 nolu “4 mm” tane boyutunda dolgu malzemesi içeren deney için eğilme dayanımı “5,35 N/mm²”, basınç dayanımı “23,35 N/mm²” olarak tespit edilmiştir. Yani sadece kalsit dolgu malzemesi tane boyutu değiştirilerek eğilme dayanımında “%98”, basınç dayanımında ise “%173” oranında artış tespit edilmiştir.

Silis S kodlu deneyleri içinse sonuçlar en küçük değer S1 nolu “250 µm” tane boyutunda dolgu malzemesi içeren deney için eğilme dayanımı “2,4 N/mm²”, basınç dayanımı “7,4 N/mm²” ve en yüksek değer olarak da S5 nolu “4 mm” tane boyutunda dolgu malzemesi içeren deney için eğilme dayanımı “4,35 N/mm²”, basınç dayanımı “13,9 N/mm²” olarak tespit edilmiştir. Silis dolgu malzemesi tane boyutu değiştirilerek eğilme dayanımı için “%81” ve basınç dayanımı için “%87” oranında artış elde edildiği tespit edilmiştir. Bu iki dolgu malzemesi tane boyutu değişiminin dayanım değerleri arasındaki regresyon ilişkisi irdelendiğinde güvenlik sayıları, kalsit K kodlu deneyler için; eğilme dayanım “R²=0,8636”, basınç dayanımı “R²= 0,7731” (Şekil 14) ve silis S kodlu deneyler için eğilme dayanım “R²=0,9955”, basınç dayanımı “R²= 0,9324” (Şekil 16) olarak ortaya çıkmıştır.

Özel tane dağılımı ile hazırlanan C ve R kodlu deneylerde durum daha farklıdır. Tek tip tane boyutu kullanıldığında dolgu malzemesi bağlayıcılık özelliğini önemli oranda yitirmiştir ve bu durum eğilme ve basınç dayanımının normal gradasyonlu dolgu malzemeleriyle üretilen yapı malzemelerine göre düşmesine sebebiyet verdiği yapılan deneyler sonucunda belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler irdelendiğinde kalsit C kodlu deneyler için güvenlik sayısı eğilme dayanımı “R²=0,1167”, basınç dayanımı “R²=0,0004” ve silis R kodlu deneyler için ise eğilme dayanımı “R²= 0,0067”, basınç dayanımı “R²= 0,3323” olarak tespit edilmiştir. Yani tek tip granulometriye sahip deneylerde tane boyutundaki değişim ile basınç ve eğilme dayanımındaki değişimlerin birbiri

ile alakasız olarak değiştiği herhangi bir şekilde orantılı olarak hareket etmediği belirlenmiştir.

TS EN 1745 standardına göre yapılan kagir veya kagir mamuller ısı iletkenliklerinin tayini deney sonuçlarına göre dolgu malzemesi tane boyutunun artmasının sertleşmiş harç numuneler için doğru orantılı olarak ısı iletkenlik değerlerini de artırdığı belirlenmiştir. Kalsit K kodlu deneyler için ısı iletkenlik değeri test sonuçları güvenlik sayısı “ $R^2=0,9492$ ” ve silis S kodlu deneyler için güvenlik sayısı “ $R^2=0,9581$ ” olarak belirlenmiştir.

Özel elek aralıklarına sahip deneylerde ise tane boyutu değişimi ile ısı iletkenlik değeri arasında belirli bir orantı yakalanamamıştır. Kalsit c kodlu deneyler için ısı iletkenlik değeri test sonuçları güvenlik sayısı “ $R^2=0,3505$ ” ve silis S kodlu deneyler için güvenlik sayısı “ $R^2=0,8991$ ” olarak belirlenmiştir.

Bu deneysel araştırma sonucunda, üretilen yapı malzemelerinin sertleşmiş durumdaki fiziko-mekanik davranışı üzerinde “tane dağılımı” özelliğinin yadsınamayacak bir etkisi olduğu ve bunun uygulamada teknik olarak değerlendirebileceği söylenebilir. Çalışmada ortaya çıkan sonuçlar yapı malzemeleri üretiminde dolgu malzemesi ve tane dağılımının değişiminin taze harç davranışı ve sertleşmiş harç fiziko-mekanik özellikleri ne oranda etkileyeceğini önceden sayısal olarak ortaya konmasında kullanılabilir niteliktedir. Ülkemizde ve dünyada önemli bir pazara sahip olan yapı malzemeleri sektörü için ülkemizde üretilen dolgu malzemesinden en yüksek fayda sağlanarak, dışa bağımlı olduğumuz kimyasal ve diğer formül girdilerinden tasarruf sağlanması ve bu sayede milli ekonomiye de katkı sağlanması çalışmanın en temel sonucudur.



KAYNAKLAR

- Demirdağ , S. (2005). *Volkanik Cüruf Oluşumlarının İnşaat Endüstrisinde Hafif Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi*. ISPARTA : S.D.Ü.
- Erdoğan , N. (1995). *Tane Dağılımının Tuğla Kalitesi Üzerine Etkisi*. ESKİŞEHİR: O.Ü.
- Erdoğan , Y. (2007). *Asidik ve Bazik Pomzadan Üretilen Yapı Malzemelerinin Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi: Ç.Ü ADANA.
- Gökçer, B. (2013). *Mermer Tozu ve Cam Elyaf Katkılı Çimento Harçlarının Aşınma, Yüksek Sıcaklık ve Donma-Çözünme Davranışlarının İncelenmesi*. ELAZIĞ: F.Ü.
- Olewi , S. (2017). *Hafif Geopolimer Harçların DeneySEL Olarak İncelenmesi ve Karışım Optimizasyonu*. ŞANLI URFA: H.Ü.
- Özgan , E. (2008). Taş Unu Miktarının Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Bulanık Mantıkla İncelenmesi. *Dergi Park*, 601-609.
- Ramyar, K., Çelik , T., & Marar, K. (1995). *Taş Tozunun Beton Özelliklerine Olan Etkisi*. Gazi Mağusa: Doğu Akdeniz Üniversitesi.
- Şahin, M. (2011). *Mikronize Malzeme Tane Boyutunun Çimento Esaslı Kompozit Yapıya Etkisinin İncelenmesi*. ISPARTA: S.D.Ü.
- TS EN 1015-1. (2000). *Kagir Harcı-Deney Metotları-Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini*.
- TS EN 1015-10. (2001). *Kagir Harcı-Deney Metotları-Bölüm10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Birim Hacim Kütlesinin Tayini* .
- TS EN 1015-11 . (2000). *Kagir Harcı-Deney Metotları- Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımı Tayini*.
- TS EN 1745. (2012). *Kagir ve Kagir Mamulleri: Isıl Özelliklerinin Tayini Yöntemleri* .
- TS EN 998-1. (2017). *Kâgir harcı-Özellikler-Bölüm 1: Kaba ve ince sıva harcı*.

Yüçetürk, G. (2010). Yapay Mermerde Kullanılan Kuvars ve Kalsit Minerallerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 72-80.



ÖZGEÇMİŞ

14/07/1993 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk öğrenimini Atatürk İlköğretim Okulu’nda, orta öğretimini İstikbal Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2011 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi , Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2015 yılında mezun oldu ve aynı yıl Jeoloji mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı.

