

**FARKLI ORANLARDA POLYESTER REÇİNE/MERMER TOZU
KARIŞIMIYLA ELDE EDİLEN KOMPOZİT MALZEMENİN
JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAKAN TOK

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
EYLÜL-2018**

**FARKLI ORANLARDA POLYESTER REÇİNE/MERMER TOZU
KARIŞIMIYLA ELDE EDİLEN KOMPOZİT MALZEMENİN
JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAKAN TOK

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

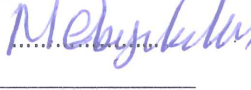
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**Danışman
Prof. Dr. Musa ALPASLAN**

**MERSİN
EYLÜL-2018**

ONAY

Hakan TOK tarafından Prof. Dr. Musa ALPASLAN danışmanlığında hazırlanan "Farklı Oranlarda Polyester Reçine/Mermer Tozu Karışımıyla Elde Edilen Kompozit Malzemenin Jeomekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi" başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 24.09.2018 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oy birliği ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Ünvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Prof. Dr. Musa ALPASLAN	
Üye	Doç. Dr. Utku BAĞCI	
Üye	Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ	

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 05.10/2018 tarih ve 2018.39/1387 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Cahit BİLİM
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi

beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

24 Eylül 2018 / 24 September 2018

Hakan TOK

ÖZET

FARKLI ORANLARDA POLYESTER REÇİNE/MERMER TOZU KARIŞIMIYLA ELDE EDİLEN KOMPOZİT MALZEMENİN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

Bu tez çalışmasında bağlayıcı olarak polyester reçinenin, agrega olarak da mermer tozu, pomza ve perlitin farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen kompozit malzemelerin jeomekanik özellikleri araştırılmıştır. Kompozit malzemenin hazırlanması sırasında döküm tipi ortofatalik polyester reçine ile sertleştirici (MEKP) karıştırılarak agregayla karıştırılmış ve elde edilen karışıma hızlandırıcı ilavesiyle kompozit malzemenin hazırlanma süreci tamamlanarak kalıplara aktarılmıştır. Kalıplara aktarılan malzemenin 24 saat süreyle kürlenmesi beklenmiştir. Hazırlanan örneklerin tane boyu, yoğunluk, su emme, porozite, tek eksenli basınç dayanımı, Schmidt çekici, Sonik hız deneyleri yapılarak birbirleriyle karşılaştırılmış ve her bir örneğin dokusal özellikleri polarizan mikroskopta incelenmiştir.

Deneylerden elde edilen sonuçlar tek eksenli basma dayanımının mermer tozu ile hazırlanan örneklerde pomza ve perlite göre oldukça yüksek değerlere ulaştığını göstermektedir. Pomza ve perlitin ağırlıkça su emme değerlerinin mermer tozuna göre yüksek çıkması bu malzemelerin yüksek porozitesi ile açıklanabilmektedir. Bütün örneklerde polyester reçine oranındaki artışa bağlı olarak porozitede düşme ve tek eksenli dayanımda artış gözlenmektedir. Bu sonuçlar polyester reçine ile mermer tozu, pomza ve perlit karışımından elde edilen kompozit malzemelerin jeomekanik özelliklerinin polyester reçine oranındaki artışla ve/veya kompozit malzeme hazırlanırken düşük polyester reçine oranı ve uygulanacak yüksek sıkıştırma kuvvetiyle doğrusal bir ilişkiye sahip olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Polyester, Kompozit, Jeomekanik, Reçine, MEKP, Agrega.

Danışman: Prof.Dr. Musa ALPASLAN, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF THE GEOMECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIAL OBTAINED WITH POLYESTER RESIN / MARBLE DUST MIXTURE AT DIFFERENT RATIOS

This thesis study deals with geomechanic properties of the composite materials formed polyester resin as binding and marble dust, pumice and perlite as agregate material. During preparation of composite materials, casting type orthophtalic polyester resin and hardener (MEKP) were mixed with agregate materials. Catalyst (Co-Octoat) was added in these mixtures. All mixed materials were poured into moulds. These moulds were left overnight for curing. Prepared composite materials were investigated for their geomechanic properties such as grain size, density, water absorbtion, uniaxial compression, Schmidt hummer and Sonic velocity tests, and petrographic investigation. Results were comparatively investigated between each other. The results obtained from the experiments show that the uniaxial pressing resistance reached to high values in composite material with marble dust relate to pumice and perlite containing composites. The higher water absorption values of pumice and perlite composites compared to marble dust can be explained by the high porosity of these materials. In all samples, decrease in porosity and increase in uniaxial strength are observed due to the increase in the ratio of polyester resin. These results show that the geomechanical properties of composite materials obtained from mixture of polyester resin and marble dust, pumice and perlite may have a linear relationship with the increase of the polyester resin ratio and/or the low polyester resin ratio and the high load pressure during moulding of composites.

Keywords: Polyester, Composite, Geomechanical, Resin, MEKP, Agregate.

Advisor: Prof. Dr. Musa ALPASLAN, Department of Geological Engineering, University of Mersin, Mersin.

TEŞEKKÜR

Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, tez çalışmalarımı yönlendirilmesinde, tez araştırmalarımın her aşamasında bana bilgi ve önerilerini esirgemeyip benimle paylaşan ve ayrıca maddi ve manevi konularda bana destek veren danışman hocam Prof. Dr. Musa ALPASLAN' a çok teşekkür ederim.

Tez jüri üyeleri, Doç. Dr. Utku BAĞCI ve Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ' ın bana olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamın en başından en sonuna kadar maddi manevi her türlü konularda desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR ve SİMGELER	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK RAŞTIRMALARI	2
2.1. Kompozit Malzemenin Tanımı	2
2.2. Mermer Tozu	3
2.3. Polyester Reçineler	4
2.3.1. Polyesterin Özelliklerine Göre Kullanıldığı Yerler	4
2.4. Literatür Çalışmaları	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.2. Yöntem	11
3.3. Mermer Tozu, Pomza ve Perlit için Belirlenen Bağımsız Parametreler	14
3.4. Örneklere Uygulanan Fizikomekanik Deneyler	15
3.4.1. Yoğunluk-Birim Hacim Ağırlık Tayini	15
3.4.2. Ağırlıkça Su Emme Deneyi	16
3.4.3. Görünür Gözeneklilik (Porozite) ve Boşluk Oranı Tayini	17
3.4.4. Laboratuvarda Schmidt Çekici Deneyi	18
3.4.5. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi	20
3.4.6. Ultrasonik P- Dalga Hızı Deneyi	21
3.4.7. Polarizan Mikroskopi İle İnceleme	22
3.4.8. Elek Analizi	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	25
4.1. Deneylerde Kullanılan Mermer Tozu, Pomza ve Perlitin Tane Boyu Dağılımının Belirlenmesi	25
4.2. Mermer Tozu, Pomza ve Perlit Örnekleri İle Polyester Reçine Oranlarının Belirlenmesi	26
4.3. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemenin Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık Tayini	28
4.4. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Ağırlıkça Su Emme Deneyi	31
4.5. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Porozite ve Boşluk Oranlarının Hesaplanması	32
4.6. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Schmidt Çekici İle Basınç Dayanımlarının Yorumlanması	35
4.7. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Tek Eksenli Sıkışma Dayanımlarının Değerlendirilmesi	38
4.8. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Sonik Deneyi İle Değerlendirilmesi	40
4.9. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Polarizan Mikroskopi İle İnceleme	43
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Niğde Bölgesi mermerlerin fiziksel ve kimyasal bileşimi	9
Çizelge 3.2. Toprakkale asidik pomzasının kimyasal bileşimi	9
Çizelge 3.3. Genleştirilmiş perlitin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi	10
Çizelge 3.4. PRE- 61 döküm tipi polyester reçinenin kimyasal özellikleri	10
Çizelge 3.5. MEKP fiziksel özellikleri	11
Çizelge 3.6. Kobalt oktoatın fiziksel özellikleri	11
Çizelge 4.1. Mermer tozu, polyester reçine oranlarının deneylerde etkisini incelemek üzere hazırlanan madde miktarları	27
Çizelge 4.2. Pomza Polyester reçine oranlarının deneylerde etkisini incelemek üzere hazırlanan madde miktarları	27
Çizelge 4.3. Genleştirilmiş perlit ve polyester oranının mukavemet deneylerinde etkisini incelemek için kullanılan miktarlar	28
Çizelge 4.4. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemenin yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri	29
Çizelge 4.5. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemenin Ağırlıkça su emme değerleri	31
Çizelge 4.6. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin Porozite ve boşluk oranı tayini	33
Çizelge 4.7. Örneklerin porozite değerlerine göre sınıflandırılması	34
Çizelge 4.8. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin Schmidt geri sıçrama değerleri	36
Çizelge 4.9. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzeme lerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri	38
Çizelge 4.10. Deer ve Miller'e ait tek eksenli basınç direncine göre sınıflama	39
Çizelge 4.11. Kompozit malzemelerin sonik hız testinde ortaya çıkan sonuçlar	41
Çizelge 4.12. Anonim P- dalga hızı sınıflaması	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Ocak işletmeciliğinde açığa çıkan mermer tozundan bir görünüm	3
Şekil 3.1. Deneyde kullanılan plastik boruların görüntüsü	12
Şekil 3.2. Elektronik terazinin görüntüsü	12
Şekil 3.3. Plastik borudan çıkarılan örneklerin görünüşü	13
Şekil 3.4. Pomza ve perlit örneklerinin plastik boru içerisindeki görünüşü	14
Şekil 3.5. Kompasın görünümü	15
Şekil 3.6. Saf su içerisinde bekletilen örneklerin görüntüsü	16
Şekil 3.7. Schmidt çekicinin görünümü	18
Şekil 3.8. Schmidt geri sıçrama değeri ve tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişki	19
Şekil 3.9. Tek eksenli sıkışma dayanımının yapıldığı hidrolik pres	21
Şekil 3.10. Ultrasonik P-dalga hızını ölçen aletin görüntüsü	22
Şekil 3.11. Polarizan mikroskopunun görünümü	23
Şekil 3.12. Elek Setinin görünümü	24
Şekil 4.1. Mermer tozu için oluşturulan tane boyu dağılım grafiği	25
Şekil 4.2. Pomza için oluşturulan tane boyu dağılım grafiği	26
Şekil 4.3. a-) Mermer toz, b-) Pomza, c-) Perlit – Polyester reçine oranlarına göre Yoğunlukları veren grafikler	30
Şekil 4.4. Mermer tozu, pomza, perlit – Polyester reçine oranları ile / Ağırlıkça su emme değerlerini veren grafik	32
Şekil 4.5. a-) Mermer tozu, pomza, perlit – Polyester reçine oranları ile / Porozite oranlarını veren grafik	34
Şekil 4.5. b-) Mermer tozu, pomza, perlit – Polyester reçine oranı ile / Boşluk oranları grafiği	35
Şekil 4.6. Mermer tozu – Polyester reçine oranları ile / Schmidt çekicinden elde edilen Tek eksenli sıkışma değerleri grafiği	37
Şekil 4.7. Mermer tozu – Polyester reçine oranı ile / Tek eksenli sıkışma değerleri grafiği	40
Şekil 4.8. Mermer tozu, pomza, perlit – Polyester reçine oranları ile sonik hız değerleri Arasındaki ilişkiyi gösteren grafik	42
Şekil 4.9. Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü	43
Şekil 4.10. Pomzadan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü	44
Şekil 4.11. Perlitden oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü	44

KISALTMALAR ve SİMGELER

Kısaltma	Tanım
MEKP	Metil Etil Keton Peroksit
CoOC	Kobalt Oktoat
SMC-Polyester	Sıcak Pres Kalıplama Pestili
BMC-Polyester	Sıcak Pres Kalıplama Hamuru
PMMA	Poli Metil Metakrilat
PRE-61 Polyester	Döküm Tipi Polyester Reçine
ISRM	Uluslar Arası Kaya Mekanîği Topluluğu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
Simge	Tanım
g	Gram
°C	Derece Selsius
N	Nevton
cm	Santimetre
m	Metre
µm	Mikrometre
µs	Mikrosaniye
mm	Milimetre
mg	Miligram
ml	Mililitre
ρ	Yoğunluk
γ	Birim Hacim Ağırlık
e	Boşluk Oranı
σ _c	Tek Eksenli Basınç Dayanımı
Mpa	Mega Paskal

1. GİRİŞ

Doğal taşların işlenerek yapı malzemesi olarak kullanılması neredeyse insanlık tarihi kadar eskidir. İnsanlık tarihinin ilk basamaklarında doğal taşların yontularak veya kesilip parlatılarak kullanılması tarihsel dönemlere adlarını vermiştir. Doğal taşların bu kadar eskiye dayanan kullanımı günümüze kadar çeşitlendirilerek ve daha güncel teknikler kullanılarak biçimlendirilerek yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanıma sunulması giderek yaygınlaşmaktadır. Bilindiği gibi bu kullanım alanlarının en önemlilerinden birisi de kayaçların mermer olarak kullanılmasıdır.

Dünya mermer rezervlerinin yaklaşık %40'nın bulunduğu tahmin edilen ülkemizde yaklaşık 5.3 milyar metreküp olası mermer rezervinin bulunduğu ileri sürülmektedir [1]. İlkçağlardan itibaren ülkemizin bulunduğu coğrafyada mermercilik faaliyeti geniş ölçüde yapılmış ülkemizde bulunan mermerleri bütün bu bölgede yaşayan uygarlıklar işlemiştir. Yunan ve Roma devrinin amfileri ve arenaları Osmanlı döneminin camileri, hamamları, kervansaray ve medreseleri gibi hemen her kentte görülebilecek tarihsel yapılar ülkemizdeki mermer işletmeciliğinin tarihsel gelişimini de sergilemektedir.

Mermer ocaklarında üretim mermerin blok boyutunda çıkartılması ilkesine dayanır. Doğada mermer bloğunun çıkartılması için tel testere, patlayıcı madde ve kompresörler gibi araçlar kullanılmaktadır. Özellikle patlayıcı madde ve kompresörlerin kullanımı mermer üretiminde çok daha fazla atık madde oluşumunu beraberinde getirmektedir. Bu durum hem mermer ocağında üretim verimliliğini düşürmekte ve mermer üretiminde kayıplara yol açmakta hem de çevresel sorunlara yol açmaktadır.

Ülkemizde nüfusu artışına paralel olarak artan barınma ihtiyacı yapı sektörünün itici gücü olarak karşımıza çıkarken geleneksel yapı malzemelerinin yanı sıra alternatif yapı malzemelerine olan ihtiyacın artmasına da neden olmaktadır. Günümüzde alternatif yapı malzemelerinin kullanımı hem yapı kalitesinin gelişimine hem de yapının enerji verimliliğinin artmasına katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada bağlayıcı olarak polyester reçine ve dolgu malzemesi olarak da mermer tozunun farklı oranlarda karışımının kullanılarak elde edilen kompozit malzemenin jeomekanik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Polyester reçinenin sertleştirilmesi için Metil Etil Keton Peroksit (MEKP) ve katalizör olarak da Kobalt Oktoat (CoOC) kullanılmıştır. Bu çalışmada ayrıca pomza ve perlitin dolgu olarak kullanıldığı kompozit malzemeler de üretilerek jeomekanik özellikleri belirlenmiş ve mermer tozunun özellikleriyle karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kompozit Malzemenin Tanımı

Kompozit malzeme; makroskobik ölçek de birleşmiş, birbiri içerisinde çözünemeyen iki ya da daha fazla bileşenli yapısal malzemedir. Dolgu malzemesi ya da takviye adı verilen faz, matris fazının içinde dağılmış halde bulunur. Dolgu malzemesi elyaf veya diğer malzemelerin parçacıkları olurken matris genellikle kesiksiz ve sürekli haldedir. Campbell (2010) kompozit malzemeyi “iki veya daha fazla malzemenin birleştirilerek bu malzemelerin her birinin ayrı ayrı özelliklerinden daha iyi performans gösteren malzeme” şeklinde tanımlar. Kompozit malzemede, metal alaşımlarının aksine, ister dolgu malzemesi isterse de matris bileşeni olsun her bileşen kendi fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini korumaktadır.

Kompozit malzemenin üretimi de insanlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır. Bilinen ilk kompozit malzeme çamur kil ve samanın karıştırılmasıyla elde edilen kerpiçtir. Bu malzeme sayesinde daha dayanıklı korunaklar ve evler üretilebilmiştir. Kompozit malzemenin tarihsel gelişimi ile ilgili örnekleri şu şekilde sıralayabiliriz:

M.Ö. 2181- 2055 yıllarında eski Mısırlılar ölüleri için yaptıkları “Cartonnage” denilen maskelerde bez veya papirüsten oluşan kompozit malzemeyi kullanmışlardır. Yine M.Ö. 1500 yıllarında Mezopotamya ve Mısırda saman ile takviye edilmiş çamur ile tuğla, saksı, tekne gibi eşyalar yapılmıştır.

M.S. 1200’lü yıllara gelindiğinde, Türklerin çam reçinesi ile birleştirilen bambu, kemik, sığır tendonu, boynuz gibi malzemelerin kullanılarak geliştirdiği yaylardır. Bu malzeme Türk’lere savaşlarda çeşitli avantajlar sağlamıştır.

1870 – 1890 yılları arasında kimya alanında yaşanan devrimsel bir gelişimle o güne kadar kullanılan doğal reçinelerin yanı sıra polimerizasyonla üretilen yeni sentetik reçineler eklenmeye başlandı.

1900’lü yılların başında ise artık vinil, polistren, polyester gibi sentetik reçineler geliştirildi. 20. yüzyılın ilk yarısında kompozit malzemenin gelişimi açısından oldukça önemli gelişmelerin sağlandığı bir dönem olmuştur. Fiberglasın üretimi, doymamış polyester reçine için patentlerin alınması ve epoksi reçinenin geliştirilmesi bu döneme rastlamaktadır. Günümüzde ise kompozit malzemenin kullanım alanı oldukça çeşitlenmiş ve çeşitlenmeye de devam etmektedir. Havacılık sanayiinden otomotiv sektörüne, spor aletlerinin yapımından denizcilik sektörüne, müzik aletleri imalatından sağlık alanında kullanılan malzemelere ve yapı sektörüne kadar değişen birçok alanda kompozit malzemeler güvenilirlikle kullanılmaktadır [2].

2.2. Mermer tozu

Bu çalışmada mermer tozu tanımı olarak mermer işletmelerinde işletme sırasında açığa çıkan toz partiküller ile mermerlerin kesilmesi ve ebatlandırılması ve parlatılması sırasında oluşan toz partiküller olarak ele alınacaktır. Bilindiği üzere mermerin tanımlanması bilimsel (petrografik) ve ticari olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Ticari anlamda mermer kesilip parlatılabilen her türlü kayaç için kullanılırken petrografik anlamda mermer karbonatlı kayaçların (kalsit ve/veya dolomit) metamorfizması sonucu oluşan ve tane boyu uğradığı metamorfizma derecesine göre değişen monominerali (Ca-karbonat ve/veya CaMg-karbonat) kayaç olarak kabul edilmektedir.

Tarihsel süreçler boyunca diğer kayaçlardan daha kolay işlenebilmesi ve görünümünün beyazlığı ve parlaklığı nedeniyle mermer insanoğlunun yaptığı hemen her türlü yapıda gözlenmektedir. Ülkemizde de tarihi kalıntılara bakıldığında büyük çoğunlukla karbonat minerallerinin oluşturduğu kayaçların kullanıldığı izlenmektedir. Tarih boyunca ve günümüzde de mermer işletmeciliği Anadolu coğrafyası açısından oldukça önemlidir. Günümüzde başta Afyon ve Muğla olmak üzere Eskişehir, Balıkesir, Denizli, Elazığ, Kayseri, Kırklareli ve Bursa illerinde mermer işletmeciliği yaygın olarak görülmektedir. Bu işletmelerde ve mermerlerin kesilmesi, parlatılması gibi işlemler sırasında açığa çıkan toz ve diğer partikül miktarı da önemli oranlara ulaşmış durumdadır. Mermer işletmelerinde açığa çıkan toz ve diğer partiküller kayıp olarak değerlendirilir. Bu kayıplar daha çok patlatma sırasında oluşurken bazı işletmelerde yanlış üretim biçimi kayıp oranını da artırmaktadır. Ocak işletmelerinde açığa çıkan mermer tozlarının bir görüntüsü Şekil 2.1.'de verilmektedir.

Mermer üretiminin ilk basamağı olan ocakta blok çıkarma işleminden ebatlandırma ve parlatma işlemlerine kadar olan süreçte açığa çıkan mermer tozları çeşitli biçimlerde (seramik sanayii, plastik ve lastik sanayii, çimento sanayi, boya sanayi ve yapı malzemeleri üretiminde) değerlendirilebilmektedir.



Şekil 2.1. Ocak işletmeciliğinde açığa çıkan mermer tozundan bir görünüm

2.3. Polyester Reçineler

Polyester reçineler renksiz, viskozitesi nispeten yüksek sıvılardır. Tek başına kullanılmazlar. Sertleşmesi için metil etil keton peroksit (MEKP) adı verilen ikinci bir bileşene daha ihtiyaç bulunmaktadır. Kürleşmenin tamamlanabilmesi için en az 24 saat bekletilmesi gerekmektedir. Ancak oda sıcaklığında kürleşmenin istenilen ölçüde gerçekleşmesi için ise katalizör adı verilen üçüncü bir bileşen daha gerekmektedir. Hızlandırıcı olarak %6'lık Kobalt Oktoat kullanılmaktadır. Üç bileşenin ve dolgu malzemesinin karıştırılmasından itibaren malzeme kürleşmeye bırakılır ve 24 saat içerisinde kürleşme tamamlanarak kullanıma hazır hale gelir.

2.3.1. Polyesterlerin Özelliklerine Göre Kullanıldığı Yerler

Küvet, lavabo, suni mermer, mutfak tezgahı, masa kenarları ve ayakları, santrifüj, çubuk düğme, süs eşyası, vb. üretimlerde kullanılmak üzere üretilen döküm tipi polyesterler orta reaktivitede, genel maksatlı döküm reçineleri olup, yumuşak ve esnektir.

Çatı kaplama gibi kaplama amaçlı levha üretiminde kullanılmak için üretilen levha tipi polyesterler orta viskozitede ve orta jelleşme zamanına sahip olup, çabuk sertleşen, mekanik özellikleri mükemmel olan ve hava şartlarına dirençli genel amaçlı bir döküm reçinesidir.

İnşaatlar için düz panel, oluklu levha, otomobil parçaları (rüzgarlık, tampon, vb.), kayak, bot, tekne, tank, karavan, su deposu, duş kabinleri, abajur, vantilatör muhafazası, vitrin mankeni, vb. üretiminde kullanılmak üzere üretilen elyaf tipi polyester ve tezgah tipi polyester orta jelleşme zamanına sahip olup, çabuk sertleşen, mekanik özellikleri mükemmel olan ve hava şartlarına dayanıklı genel amaçlı bir döküm reçineleridir. İzolasyon özelliği vardır.

SMC-BMC polyester sıcak kalıplama tekniği ile üretimi gerçekleştirilen elektrik panosu, şalter vb. üretiminde kullanılmak üzere üretilen SMC-BMC polyester özel olarak geliştirilmiş ısıya dayanıklı yüksek viskoziteli ve reaktiviteli bir polyesterdir. Mükemmel mekanik özellikli rijit malzemeler elde edilir.

2.4. Literatür Çalışmaları

Mermer tozunun, perlitin ve pomzanın bazı yapı malzemelerinin üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılması literatür araştırmalarında rastlanmaktadır. Yapılan literatür araştırması sırasında dikkat çeken bazı çalışmalar bilgi olarak aşağıda verilmektedir.

J. Hristova ve arkadaşları yaşlanmanın ve dolgu maddelerinin termoset kompozitlerin model parametreleri üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Mermer mineral dolgu

malzemelerinin eklenmesiyle, polyester esaslı termoset matrisin sünmeye karşı gösterdiği tepki, fiziksel yaşlanma yapılmadan önce ve yapıldıktan sonraki durumlar için araştırılmıştır. Sünmeye karşı verilen tepkideki dolgu maddelerinin rolünü anlamak amacıyla değişik dolgu maddeleri içeren çok sayıdaki kompozit malzemeler üstünde çalışılmıştır. Deneysel sonuçları yorumlamak için bir matematiksel model seçilmiştir. Bu modelle alınan parametrelerin, belli fiziksel anlam taşıyan ve sünme şartları altında tek bileşenin deformasyonu ile ilişki kurabilecek özellikte olmalarına dikkat edilmiştir. Maxwell'in genelleştirilmiş eşitliğini temsil eden bu model, izotropik ortamdaki formu ile G.I. Gourevich tarafından sunulmuştur. Çalışmada polyester esaslı termoset matriste sünmeye karşı verilen tepki ve fiziksel yaşlanmadan önceki ve sonraki kompozitlerin durumunu anlamak için önerilen modelin gerçekleştirilebildiği gösterilmiştir [3].

Terzi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, mermer tozunun asfalt betonundaki agregaya alternatif biçimde kullanımını araştırmışlar ve mermer tozunun asfaltta agrega olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir [4].

Khristova ve arkadaşları epoksi reçine ve mermer tozlarından oluşan kompozit malzemenin deformasyon özellikleri üzerine bir çalışma yapmışlar, epoksi reçine ile mermer tozlarının etkileşim bölgelerinde malzemenin deformasyona uğradığını tespit etmişlerdir [5].

Gürü M., Akın, E., Akyüz, Y., yaptığı çalışmada; Mermer tozları ile polyester kullanılarak üretilmiş, polyester matrisli kompozit malzemelerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Mermer-polyester oranları kütlece 3; 3,5; 4; 4,5; ve 5 olarak alınmıştır. Test sonuçları mermer-polyester oranının 4 olduğu halde malzemenin diğerlerine göre daha yüksek mukavemet ve sertlik değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Optimum oranda elde edilen numuneden ölçülen sertlik Shore A cinsinden 96, üç nokta eğilme dayanımı ise 60,17 N/mm² olarak bulunmuştur [6].

Avcı A., Arıkan H., Akdemir A., yaptıkları çalışmada; Parçacık fiber takviyeli polimer kompozitlerde eğilme dayanımının polyester ve fiber oranının artmasıyla arttığını sonuçlandırmışlardır [7].

Goyanes S. N., Marconi J. D., Königa P. G., Martin M. D., Mondragon I., yaptığı çalışmada; Kuvars tozları ile üretilmiş epoksi kompozitlerin dinamik özellikleri araştırılmış. Kuvars malzeme elek analizi yapılarak 106 µm ve 125 µm parçacık boyutlarında kullanılmıştır. Kuvars parçacıklar epoksi reçine ile oda sıcaklığında 30 dakika vakum etkisinde ve hızlandırıcı ilavesi ile 2 dakika daha karıştırılmıştır. Çalışmada oda sıcaklığından 187 °C sıcaklığına kadar 5 ve 323 Hz arasındaki frekanslarda elastisite modülü ölçülmüştür. Camsı geçiş sıcaklığı ve aktivasyon enerjisi dolgu içeriğinin artmasıyla artmıştır. Kuvars toz miktarının artışıyla elastisite modülü artmıştır [8].

Stawowy J., yaptığı çalışmada; Polyester reçine esaslı polimer beton olarak hazırlanmış malzemelerin destek elemanı olarak kullanımı çalışılmıştır. Polyester, epoksi ve Poli Metil

Metakrilat (PMMA) Reçineli betonların büzülmesi 500x90x10 mm boyutlu numunelerde incelenmiştir. Reçine %20 oranında kullanılmıştır. Deney sonuçları, büzülme ve zamana bağlı olarak epoksi reçineli betonda 0.5 mm/m, PMMA reçineli betonda 1mm/m ve polyester reçineli betonda ise 5 mm/m değerinde bulunmuştur. Bu nedenle hassas parça imalatında epoksi reçine tavsiye edilmiştir [9].

Ateş E., yaptığı çalışmada; Polyester reçine, hızlandırıcı, sertleştirici ve 0-8 mm tane büyüklüğünde kuvars dolgu malzemesinin kullanıldığı çalışmalarda, standart granülometri eğrileri dikkate alınarak oda sıcaklığında hazırlanmış numunelerle, eğilme ve basma dayanımı optimizasyonları yapılmıştır. Çalışmalarda standart granülometri eğrilerinin ideal bileşimini veren bölgesi ile bir üst bölgenin, kompozit numune için dayanımı yüksek değerler veren bileşimler için kullanılabilir olduğu açıklamışlardır. Eğilme dayanımı için %22 reçine oranıyla 33,1 N/mm² ve basma dayanımı için ise %18 reçine oranıyla 61,58 N/mm² elde edilmiştir [10].

Ateş E., Aztekin K., Çakır R., yaptığı çalışmada; polyester reçine esaslı fakat dolgu malzemesi kullanılmadan üretilmiş kompozitlerle yapılmış bir optimizasyon çalışmasında, basma dayanımı ve yoğunluk özellikleri incelenmiştir. Bu değdolgu malzemesi kullanılmadan üretilmiş polyester reçine esaslı polimer kompozitlerin özelliklerini çalışmışlar ve en yüksek basınç dayanımının %98.5 Polyester reçine, %1 sertleştirici ve %0.5 hızlandırıcının kullanılmasıyla üretilen kompozitlerde elde edildiğini bulmuşlardır [11].

Yücetürk G., yaptığı çalışmada; Göller bölgesindeki kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerinin yapay mermer kalitesine etkileri ile Isparta ve yöresindeki mermer atıklarının yapay mermer üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yaptığı çalışmada 9 farklı ocaktan elde edilen mermer atığı, 1 adet andezit atığı, 2 adet traverten atığının yapay mermer üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmada polyester ile mermer tozu karışımlarını sabit tutmuştur. Çalışma sonunda yapay mermerin fiziko-mekanik özelliklerinin doğal taşlardan elde edilen mermerlerden daha iyi sonuçlara sahip olduğunu, bünyesine su almayı, özgül ağırlığının düşük olması, tek eksenli basınç dayanımının mermerler için standartlaştırılmış değerlerin üzerinde olduğu belirtilmiştir [12].

Gökalp E., yaptığı çalışmada; Saf termoset polyester levha ile odunsu materyal kullanılarak üretilen polyester esaslı levhaların fiziksel mekanik ve bazı yüzey özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen yapay mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde, farklı elek boyutlarındaki odunsu materyalin ve kullanım oranlarının etkili olduğu belirlenmiştir. Odunsu levhaların, birim hacim ağırlık, su alma, eğilme direnci, eğilmede elastisite modülü ve vida tutma direnci gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Ancak yüzey özellikleri üzerinde etkisinin olmadığını, yapay mermerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, saf polyester levhalara göre daha düşük olmasına karşılık fiziksel ve mekanik özelliklerinin kompozit levhalara göre daha yüksek olduğunu belirlemiştir [13].

Öztekin L., yaptığı çalışmada; Mermer atıklarıyla birlikte epoksi ve polyester kullanılarak üretilen kompozitin özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçları özellikle dış cephe kaplamalarında kullanılan mermer ve diğer doğal taşların montaj sonrası maruz kaldıkları atmosferik etkilere karşı malzeme tepkisi incelenmiştir. Üretilen numune deney sonuçları kıyaslandığında yapılarda dış cephe malzemesi olarak kullanılabilir bir malzeme olduğu sonucuna varılmıştır [14].

Barbuta ve Harja yaptığı çalışmada; Polyester reçine kullanarak agregalı polimer kompozit malzeme üretimi yapılarak mekanik özellikleri incelenmiştir. Bileşim içinde dolgu maddesi olarak uçucu kül, selüloz elyaflar kullanılmıştır. Çalışmada, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve liflerin polimer beton mukavemetine etkisi gibi mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre uçucu kül ve selüloz oranı arttıkça dayanım özelliğinin arttığı sonucuna varılmıştır [15].

Hiçyılmaz ve Altun yapmış oldukları çalışmada; Pomzanın alternatif yapı malzemesi olarak kullanımı ile ilgili olanaklar, son yıllarda yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar ışığında değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada pomzanın değişik alanlarda kullanıma uygunluğunu belirlemeye yönelik çalışmalar, alternatif yapı malzemesi olarak sunduğu avantajlar ile beraberinde getirdiği olumsuz etkilere değinmiştir. Yapılan çalışmaların pomzanın, gerek yüksek silis içeriği ve puzoların özelliği, gerekse düşük yoğunluğu sebebiyle alternatif çimento dolgu maddesi veya hafif beton agregası olarak büyük bir potansiyel teşkil ettiğini, sahip olduğu karakteristik yalıtım özellikleri ve ekonomikliği ile de hem kısa hem de uzun vadede en önemli alternatif yapı malzemelerinden birisi olacağı ileri sürülmüştür [16].

Can ve Avcı tarafından yapılan çalışmada; Pomza tanelerinin gerek bol miktarla gözenekliliği, gerekse her bir gözenegın birbirinden bağlantısız boşluklu camsı bir zarla çevrilerek yalıtılmış olması sayesinde ısı iletkenlik değerinin diğer pek çok yapı materyaline kıyasla düşük çıkmasına neden olduğu ileri sürülmüştür. Diğer taraftan, pomzanın birçok yapı malzemesine göre düşük özgül ağırlıkta olması, yapı statiği açısından da ayrıca bir avantaj kazandırmaktadır. Pomza serbest taneler halinde, ısı yalıtımı amaçlı olarak da binalarda kullanılmaktadır. Yapılarda iç hava sıcaklığının ve buna bağlı olarak yapı kesitini oluşturan elemanların iç yüzey sıcaklıklarının belli değerlerde olması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar; İç ortam sıcaklığının 18-22 °C, yapı elamanı sıcaklığının ise 16-18 °C olması ile, arzu edilen konfor şartlarının sağlandığını göstermiştir. Ayrıca yaz ve kış iklim şartlarında her iki sıcaklık derecesinin 4 °C'lık bir farkla kabul edilmesi yeterli görülmektedir [17].

Topçu, Gökbel ve Işıkbağ tarafından yapılan çalışmada; Genleştirilmiş perlit içeren horasan harçlarının fiziksel özellikleri araştırıldı. Karışımlarda 0-10-20-30-40 % oranında genleştirilmiş perlit, 0-2 mm kiremit tozu yerine agrega olarak kullanıldı. Bağlayıcı olarak sönmüş kireç kullanıldı. Boyutları 40x40x160 mm olan numuneler üzerinde birim ağırlık, ultra ses geçiş hızı,

eğilme dayanımı, basınç dayanımı, su emme ve ısı iletkenlik deneylerini yaptılar. Deneyler sonucunda numunelerin eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve birim ağırlık değerlerinde azalma belirlerken ısı yalıtımı değerlerinde iyileşme gördüler [18].



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Yapmış olduğumuz bu çalışmada, deneylerde kullanılan mermer tozu Niğde bölgesinden getirilen Niğde Mertaş Mermer Tozu kullanılmıştır. Bu aşamada ön çalışmalar sonucunda uygun mermer tozlarının seçimi yapılarak üretim aşamasında çıkabilecek sorunların giderilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla mermer tozu seçiminde elek analizleri yapılmış ve mermer tozunun getirildiği bölgedeki mermerlerin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Niğde Bölgesi Mermerlerin Fiziksel ve Kimyasal Bileşimi

Fiziksel Özellikler	Değerler	Kimyasal Bileşimi	Değerler %
Sertlik	3	CaO	54.25
Özgül ağırlık	2,7gr/cm ³	MgO	0.43
Beyazlık	%98,5	Fe ₂ O ₃	0.10
Parlaklık	%97	Al ₂ O ₃	0.20
Ph Değeri	8,7	SiO ₂	0.88
Nem	%0,3	CO ₂	44.14

Deneylerde kullanılan pomza Adana Toprakkale bölgesinde yüzeylemekte olan Toprakkale bazaltik pomzası kullanılmıştır. Ön çalışmalar sonucunda uygun pomza seçimi yapılarak elek analizi ile uygun tane boyu belirlenmiş ve fiziksel özellikleri ile kimyasal bileşimi Çizelge 3.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Toprakkale Asidik Pomzanın Kimyasal Bileşimi

Bileşim	Ortalama
SiO ₂	45.95
Al ₂ O ₃	19.95
Fe ₂ O ₃	7.53
CaO	13.23
MgO	6.24
Na ₂ O+K ₂ O	6.69
Diğer	0.41
Toplam	100.00

Deneylerde kullanılan geliştirilmiş perlit Mersin-Tarsus Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Ultraper Perlit Maden işletmelerinden temin edilmiştir. Ön çalışmalar sonucunda uygun geliştirilmiş perlit seçimi yapılarak, geliştirilmiş perlitin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi Çizelge 3.3.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Geliştirilmiş Perlitin Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Bileşimi

Fiziksel Özellikler	Değerler	Kimyasal Bileşim	Değerler(%)
Renk	Beyaz, gri ve tonları	SiO ₂	75
Yumuşama Noktası	870-1100 C ^o	Al ₂ O ₃	18
Ergime Noktası	1260-1343 C ^o	Na ₂ O	4
Özgül ağırlık	2.2-2.4 gr/cm ³	K ₂ O	5
Özgül ısı	0.2 Cal/g C ^o	CaO	2
pH	7.5-8	Fe ₂ O ₃	1.5
Isı İletkenliği	0.04 W/m.k	MgO	0.5

Yapılan deneylerde kullanılan polyester reçine POLRES Firmasına ait PRE-61 ortofatalik esaslı, orta viskoziteye sahip, orta reaktiviteli döküm tipi polyester reçinedir. Diğer döküm tipi reçinelere göre %15-20 daha fazla dolgu kapasitesine sahiptir. Kalsiyum karbonat, Alüminyum Hidroksit, Dolomit ve Kuvarla birlikte kullanılmaya uygundur. Başlıca kullanım alanları arasında suni mermer, mutfak ve banyo tezgahı, duş kabini, lavabo vb. sayabiliriz. Ürün 18 kg teneke, 230 kg metal varil ve 1 tonluk IBC tankta kullanıma sunulmaktadır. PRE-61 döküm tipi polyesterin kimyasal özellikleri Çizelge 3.4.'de verilmektedir.

Çizelge 3.4. PRE-61 Döküm Tipi Polyester Reçinenin Kimyasal Özellikleri

Renk	Yoğunluk (gr/cm ³)	Jel Süresi (dakika)	Toplam Hacimsel Çekme
Berrak	1.121 (ISO 1675)	11 (ISO2114)	%7.68 (ISO 2114)

Deneylerde kullandığımız MEKP (Metil Etil Keton Peroksit) POLRES Firmasından temin edildi. Polyester reçinenin kürleştirilmesi için kobalt hızlandırıcısı varlığında, oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklıklarda uygulandı ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.5.' de belirtildi.

Çizelge 3.5. MEKP Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Yoğunluk	1.17gr/cm ³
Viskozite	25mPa
Görünüm	Renksiz sıvı
Aktif Oksijen İçeriği	%9.8-%10
Peroksit İçeriği	%34-%36
Çözücü	DMT

Deneylerde kullanılan Kobalt Oktoat POLRES Firmasından temin edilmiş olup, doymamış polyester reçinenin oda sıcaklığında kürlenmesi için %1-%10'un organik peroksitlerle birlikte kullanımı tavsiye edilir. Kobalt Oktoat'ın fiziksel özellikleri Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Kobalt Oktoat'ın Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Yoğunluk	0.92 gr/cm ³
Viskozite	300 mPa
Görünüm	Mavi-Menekşe renkli sıvı
Çözücü	Stren, tolüen, TXIB
pH	Nötr
Kobalt İçeriği	%6 (İsteğe göre %1-%10)

3.2. Yöntem

Mermer tozu, pomza ve perlitten kompozit malzeme elde etmek için yapılan çalışmalar çerçevesinde gerekli boyut ve ebatlarda plastik boru temin edildi. Bu plastik boruların çapı 7.2 cm ve boyutu 17 cm olacak şekilde kesilip hazırlandı. Kesilip hazırlanan borunun görünüşü Şekil 3.1.'de verilmiştir. Çalışmada malzemelerin ağırlığını hassas biçimde belirlemek amacıyla kapasitesi 1-5 kg. hassasiyeti 0.2 – 0.001 gr. ve 30 gr. Kapasiteli 0.001 miligram hassas ölçümlü elektronik terazi kullanılmıştır. Şekil 3.2.'de çalışmada kullanılan elektronik terazilerden bir tanesi verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneyde kullanılan plastik boruların görüntüsü



Şekil 3.2. Elektronik terazinin görüntüsü

Daha sonra mermer tozu, polyester reçine, mekp ve kobalt oktoat karışımı hazırlanacak ve deneyde hangi malzemeden ne kadar kullanılacağı belirlenecektir. İlk olarak mermer tozu 0.1 mg duyarlılığa sahip terazide belirlenen kütlelerde hazırlandı. Daha sonra polyester reçine 0.1 mg duyarlılığa sahip terazide belirlenen oranda hazırlandı. Mermer tozu ile polyester reçine hazırlandıktan sonra mermer tozu içerisine polyester reçine dökülerek üniform hale gelinceye kadar karıştırıldı. Karışım yapıldıktan sonra karışımın içerisine 10ml'lık şırınga ile üretici firmanın tavsiyesi ile 0.5 ml hızlandırıcı olarak kobalt oktoat ilave edildikten sonra 5 dakikalık bir süre zarfında karışım tekrar karıştırıldı. Tekrardan hızlı bir şekilde karışımın içerisine üretici firmanın tavsiyesi ile 10 ml'lık şırınga ile 1 ml sertleştirici mekp eklenip 5 dakikalık bir süre zarfında karışım karıştırılmıştır. Bu karışımı zaman kaybetmeden Şekil 3.1.'de belirtilen plastik boruların içerisine doldurulmuştur. Doldurulduktan sonra tokmak yardımı ile sıkıştırılıp 1 gün boyunca oda şartlarında bekletildi ve plastik borulardan çıkartılarak fizikomekanik deneylere

uygun hale getirmek için kesme makinasında kesilip düzeltildi. Şekil 3.3.'de Plastik borudan çıkarılan örneğin görüntüsünü göstermektedir. Kesme makinası ile kesilip düzeltilen örneklerin kompas yardımı ile boy ve çap uzunlukları ölçülerek deneysel işlemlere hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.3. Plastik borudan çıkarılan örneklerin görünüşü

Yapılan ikinci çalışmada pomza, polyester reçine, mekp ve kobalt oktoat karışımı hazırlandı ve hangi malzemeden ne kadar konulacağı belirlendi. Mermer tozundan oluşturulan örneğin oranları aynı şekilde pomzaya uygulandı ve 1 gün boyunca oda şartlarında bekletildi. Daha sonra örnekler plastik borulardan çıkarılarak fizikomekanik deneylere uygun hale getirmek için kesilip düzeltildi. Şekil 3.4.'de plastik borulardan çıkarılan pomza örneklerin görünüşü belirtilmiştir. Bu pomza örnekleri de kesme makinası ile kesilip düzeltildi ve kompas yardımı ile boy ve çap uzunlukları belirlenerek deneylere hazır hale getirildi.

Yapılan üçüncü çalışmada perlit, polyester reçine, mekp ve kobalt oktoat karışımı hazırlandı ve oranlar belirlendi. Bu çalışma mermer tozu ve pomza örneklerinde kullanılan oranlardan farklı oranlar belirlendi. Bunun nedeni genişletilmiş perlitin çok hafif olması ve yoğunluğunun düşük olmasından dolayı oranlar farklılık göstermektedir. Fakat mermer tozunda ve pomza da kullanılan mekp ve kobalt oktoat oranları aynı şekilde perlitte de kullanılmıştır. Şekil 3.4.'de plastik borulardan çıkarılan perlit örneklerinin görünüşü belirtilmiştir.



Şekil 3.4. Pomza ve perlit örneklerinin plastik boru içerisindeki görünüşü

3.3. Mermer Tozu, Pomza ve Perlit İçin Belirlenen Bağımsız Parametreler

En iyi mekanik mukavemete sahip Mermer tozu/polyester oranını bulmak için, mermer tozu oranları ve polyester oranları belirli oranlarda değiştirildi. MEKP (Metil Etil Keton Peroksit) oranı ve Kobalt Oktoat oranları bütün örneklerde sabit tutuldu. Mermer tozu/ polyester reçine örneklerinde 7 oran belirlendi, ilk olarak; 750 gr. Mermer tozu 250 gr. Polyester reçine eklendi. Daha sonra; 775/225, 800/200, 825/175, 850/150, 875/125, 900/100 oranlarında mermer tozu ve polyester reçine eklenmiştir. Kütleleri birbirleri ile oranlarsak; $1/3 - 1/3.4 - 1/4 - 1/4.7 - 1/5.6 - 1/7 - 1/9$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen örnekler deneysel işlemlere tabii tutulup, deney sonuçları incelenmiştir.

Aynı şekilde en iyi mekanik mukavemete sahip Pomza/Polyester reçine oranını bulmak için, pomza ve polyester reçine oranları belirli oranlarda değiştirilerek en uygun oranların bulunması sağlandı. MEKP (Metil Etil Keton Peroksit) oranı ve Kobalt oktoat oranı sabit tutulmuştur. Pomza/ polyester reçine örneklerinde 6 oran belirlendi, bu oranlar; 750/250, 775/225, 800/200, 825/175, 850/150, 875/125 oranları belirlenmiştir. Kütleleri birbiri ile oranlarsak; $1/3 - 1/3.4 - 1/4 - 1/4.7 - 1/5.6 - 1/7$ olarak belirlenmiştir. Daha sonra oranları belirlenen bu örnekler deneylere tabii tutulup, deney sonuçları incelenmiştir.

Son olarak en iyi mekanik mukavemete sahip Perlit/polyester reçine oranını bulmak için perlit ve polyester reçine oranları belirli oranlarda değiştirilip en uygun oran bulunması sağlandı. Genleştirilmiş perlitin çok hafif olması ve yoğunluğunun çok az olması dolayısıyla mermer tozu ve pomza oranlamalarından farklı bir oranlama yapıldı. Bu çalışmada da MEKP (Metil Etil Keton Peroksit) ve Kobalt Oktoat oranları sabit tutulmuştur. Perlit/ Polyester reçine örneklerinde 3 oran belirlendi, bu oranlar; 100/100, 125/100, 150/100 olarak belirlenmiştir.

Kütleleri birbiri ile oranlarsak; $1/1-1/1.25-1/1.5$ olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu örnekler fizikomekanik deneylere tabii tutulup, sonuçlar incelenmiştir.

3.4. Örneklerle Uygulanan Fizikomekanik Deneyler

3.4.1. Yoğunluk – Birim Hacim Ağırlık Tayini

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip karot veya prizmatik kaya örneklerinin kütleli yoğunluğunun ve birim hacim ağırlığının tayini amacıyla yapılır. Bu yöntemle yoğunluğu ve birim hacim ağırlığı tayin edilecek örneklerin, şişebilen ve ıslanma-kuruma sonucu kolaylıkla dağılabilecek özellikte olmamalıdır. Bu deney için ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır.

Düzgün bir geometrik şekle sahip biçimde hazırlanmış (silindirik) örneğin çapı (D) ve boyu (L), kompasla birbirine dik iki ayrı yönde, 0.1 mm duyarlılıkta ölçülür. Şekil 3.5.'de kompasın bir görüntüsü belirtilmiştir.



Şekil 3.5. Kompasın görünümü

Silindirik karot örnekleri için boy ve çap değerleri, prizmatik örnekler için de üç ayrı yönde ölçülmüş değerler kullanılarak örneklerin hacmi hesaplanır (V). Bizim deneyler de kullandığımız örnekler silindir şekilli olduğu için silindirin hacmi formülü ile hacim hesaplanır. Formül aşağıda belirtilmiştir.

$$\text{Silindirin Hacmi (V)} = \pi r^2 h$$

$$\pi: 3.14$$

r : Dairesel kesitin yarı çapı

h : Silindir örneğinin yüksekliği

Örneklerin ağırlıkları (W) hassas terazide tartılarak belirlenir. Tayin edilen W ve V değerleri esas alınarak, her örneğin yoğunluğu (ρ) ve birim hacim ağırlığı (γ) aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\text{Yoğunluk } (\rho) \text{ (gr/cm}^3\text{)} = \frac{W}{V}$$

$$\text{Birim Hacim Ağırlık } (\gamma) \text{ (Kn/m}^3\text{)} = \rho \cdot g$$

$$g: 1 \text{ gr/cm}^3 = 9.81 \text{ Kn/m}^3$$

3.4.2. Ağırlıkça Su Emme Deneyi

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip kaya örneklerinin, ağırlıklarına ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının tayini amacıyla yapılır. Yöntem, şişebilen ve ıslanma – kuruma süreci sonunda kolaylıkla dağılabilen örnekler için uygun değildir. Ayrıntıları aşağıda verilen bu deney için RILEM (1980) ve TSE (1978) tarafından önerilen yöntemler esas alınmıştır [19].

Örneklerimizin silindirik olması nedeni ile bunların boyları (L) ve çapları (D) birbirine dik iki ayrı yönde örneklerin hacimleri (V) hesaplanır. Örnekler saf su ile doldurulmuş bir kap içerisinde en az 12 saat bekletilmesi gerekir. Saf su içerisinde bekletilen örnekler daha sonra kaptan çıkarılarak, suya doymun yüzeyleri kağıt havluyla kurulandıktan sonra, ıslak ağırlıkları hassas terazide yapılan tartı işlemi ile belirlenir (W_s). Kap içerisinde bekletilen örneklerin görüntüsü Şekil 3.6.' da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Saf su içerisinde bekletilen örneklerin görüntüsü

Örnekler daha sonra 105 °C' ye ayarlanmış etüve yerleştirilerek 24 saat boyunca kurumaya bırakılır. Etüvden çıkarılan örneklerin kuru ağırlıkları (W_D) hassas terazide belirlenir. Ve aşağıdaki verilen formülle ağırlıkça su emme yüzdesi bulunur.

$$\text{Ağırlıkça Su Emme (\%)} A_w = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

3.4.3. Görünür Gözeneklilik (Porozite) ve Boşluk Oranı Tayini

Bu deney düzenli bir geometriye sahip örneklerin gözenekliliğinin (porozitesinin) tayini amacıyla yapılır. Şişebilen ve ıslanma-kuruma süreci sonucunda kolaylıkla dağılabilen örneklerle uygulanmayan bu yöntem için ISRM (2007)'nin önerdiği hususlar dikkate alınmıştır.

İncelenen silindirik örneklerin çapı (D) ve boyu (L) kompasla birbirine dik iki ayrı yönde ölçülür ve her bir örnek için, kompas yöntemiyle birim hacim ağırlık tayin yönteminde belirtildiği gibi, bu değerlerin ortalaması alınır. Her birinin ağırlığı en az 50 g. olan veya çapları içerdikleri en büyük tane boyunun en az 10 katı büyüklüğündeki örnekler seçilmelidir. Prizmatik örnekler küp şeklinde ise, her bir kenarının 27mm olması yeterlidir. Örneklerin hacmi (V), birim hacim ağırlık tayinindeki gibi belirlenir.

Örnek 105 °C' ye ayarlanmış etüvde en az 12 saat kurutulur ve havadan nem almadan soğuması için 30 dakika süreyle desikatörde tutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlığı (W_d) belirlenir.

Örnek su dolu bir kap içerisinde 24 saat bekletilir. Suya doymuş örnek kağıt havlu ile yüzeyi kurulandıktan sonra hassas terazide tartılır ve doymuş ağırlığı (W_s) belirlenir. Bu aşama, gözeneklere giren suyun buharlaşmasına engel olmak için mümkün olduğunca hızlı tanımlanmalı ve bu işlem sırasında örneklerden parçacıkların kırılıp kaybolmamasına özen gösterilmelidir. Boşluk hacmi, gözeneklilik ve boşluk oranı formülleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Boşlukların Hacmi (cm}^3\text{)} V_v = \frac{W_s - W_d}{\rho_w} \quad \rho_w: \text{Suyun yoğunluğu: (1gr/cm}^3\text{)}$$

$$\text{Gözeneklilik (Porozite) (\%)} n = \frac{V_v}{V} \times 100$$

$$\text{Boşluk Oranı } e = \frac{n}{100 - n}$$

3.4.4. Laboratuvarda Schmidt Çekici Deneyi

Bu deney Schmidt çekici kullanılarak, örneklerin geri sıçrama değerlerinin tayini ve dolaylı olarak tek eksenli sıkışma dayanımlarının saptanması amacıyla yapılır. Schmidt çekici, çok zayıf ve çok sert örneklerde sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Deney yöntemi olarak, ISRM (2007) tarafından izlenmesi önerilen yöntemin yanı sıra, yazarların deneyimleri de esas alınmıştır [20].

Bu çekicinin N ve L-tipi türleri olup, örnekler için 0.74 Nm çarpma enerjisine sahip L-tipi Schmidt çekici tercih edilir (ISRM, 2007). Bu Schmidt çekicinin görüntüsü Şekil 3.7.'de verilmektedir.



Şekil 3.7. Schmidt Çekicinin Görünümü

Deneye başlamadan önce, varsa, çekici üreten firmanın sağladığı örs kullanılarak Schmidt çekicinin kalibrasyonu yapılır. Bu amaçla, alınan 10 adet sertlik ölçümünün ortalaması hesaplanır.

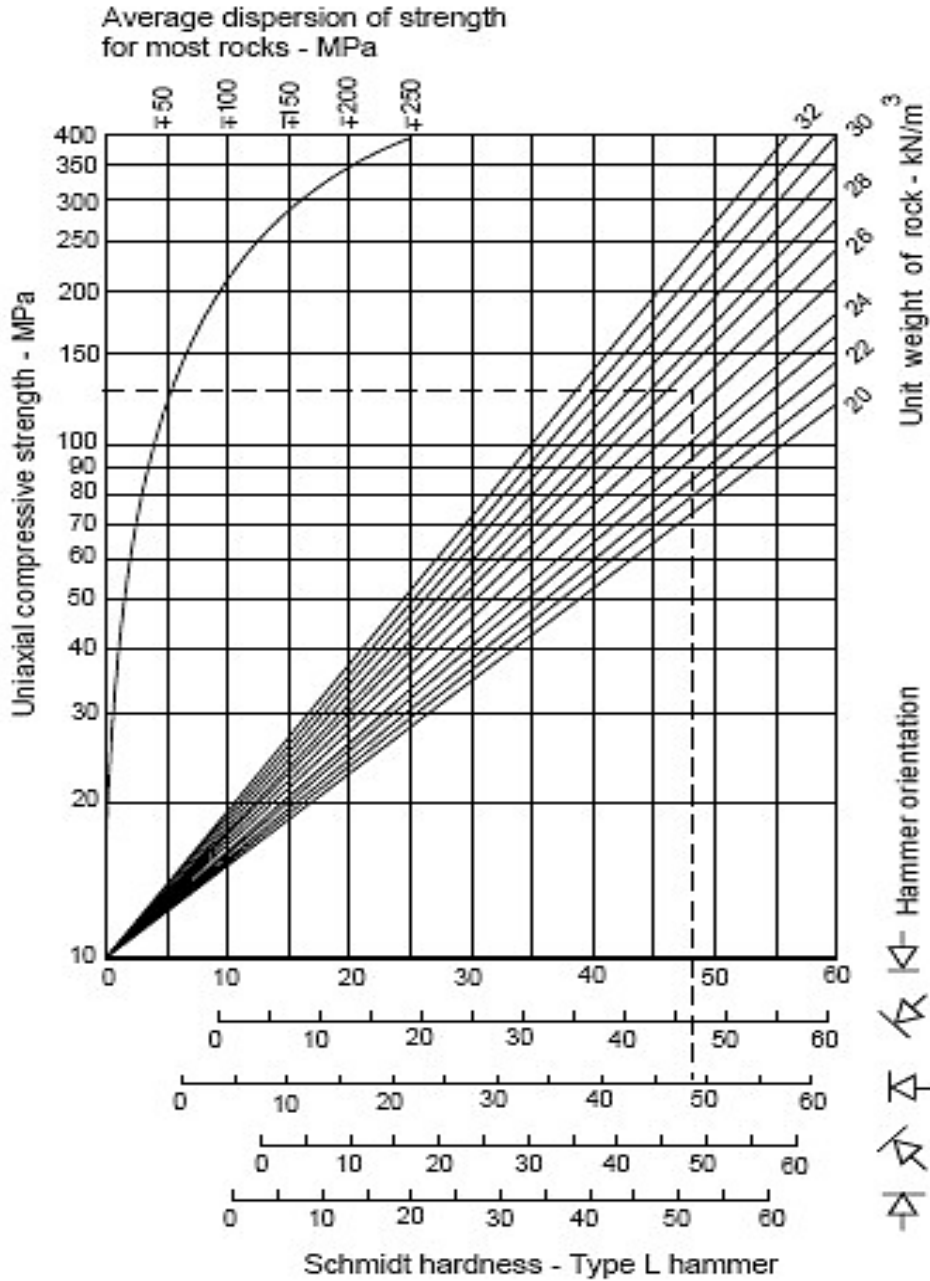
Mümkün olduğu durumlarda, deney için daha büyük karot parçaları kullanılmalıdır. Çekiç, en az NX çapındaki karot örnekleri veya bir kenarı en az 6 cm olan blok örnekler üzerinde kullanılmalıdır. Karot veya bloğun yüzeyleri düzgün olmalı ve herhangi bir çatlak içermemelidir.

Deney örneği beşiğin üzerine uzunlamasına yerleştirilir. Çekicinin ucu deney yüzeyine dik konumda olacak şekilde yavaşça bastırılır ve çekicinin içindeki yaydan geri tepme sesi geldiğinde, çekicinin üzerindeki göstere sabitleme tuşuna basılarak, geri sıçrama değeri çekicinin gövdesindeki göstergeden okunur.

Aynı işlem deney örneği üzerinde birbirinden uzaklığı en az çekicinin uç çapına eşit olan, en az 10 farklı noktada tekrarlanarak okunan geri sıçrama değerleri ve çekicinin konumu form KM

8'e kaydedilir. Deney sırasında herhangi bir çatlak oluşması veya gözle görülebilir diğer bir yenilmenin gelişmesi halinde deney iptal edilir.

Eğer Schmidt geri sıçrama değerinden tek eksenli sıkışma dayanımı değeri bilinmek isteniyorsa kayacın birim hacim ağırlığı da forma kaydedilmelidir ve Şekil 3.8.'deki grafiğin kullanılması gerekmektedir. Deere ve Miller'in hazırladığı bu grafikte schmidt değerlerini ve birim hacim ağırlık değerlerini grafikte yerlerine koyarak tek eksenli sıkışma dayanımını elde etmiş oluruz [21].



Şekil 3.8. Schmidt geri sıçrama değeri ve tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişki[21].

3.4.5. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Bu deney, silindirik bir şekle sahip örneklerin dayanımı ve kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda yaygın biçimde kullanılan tek eksenli sıkışma dayanımının tayini amacıyla yapılır. Deney sırasında eksenel deformasyon da ölçülerek, örneklerin deformasyon ve yenilme karakteristikleri de değerlendirilebilir. Ayrıntısı aşağıda verilen deney için ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem ana hatlarıyla esas alınmıştır.

Deneyde boy/çap (L/D) oranı 2.5-3.0 arasında olacak şekilde hazırlanmış, alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel, yan yüzeyleri pürüzsüz düz ve herhangi bir kırık ve çatlak içermeyen karot örnekleri kullanılır. Bununla birlikte mümkünse, NX çaplı karotlar tercih edilmelidir. NX çaplı karot 54.7 mm en kısa boyu:136.8 mm ve en uzun boyu: 164.1 mm olmalıdır.

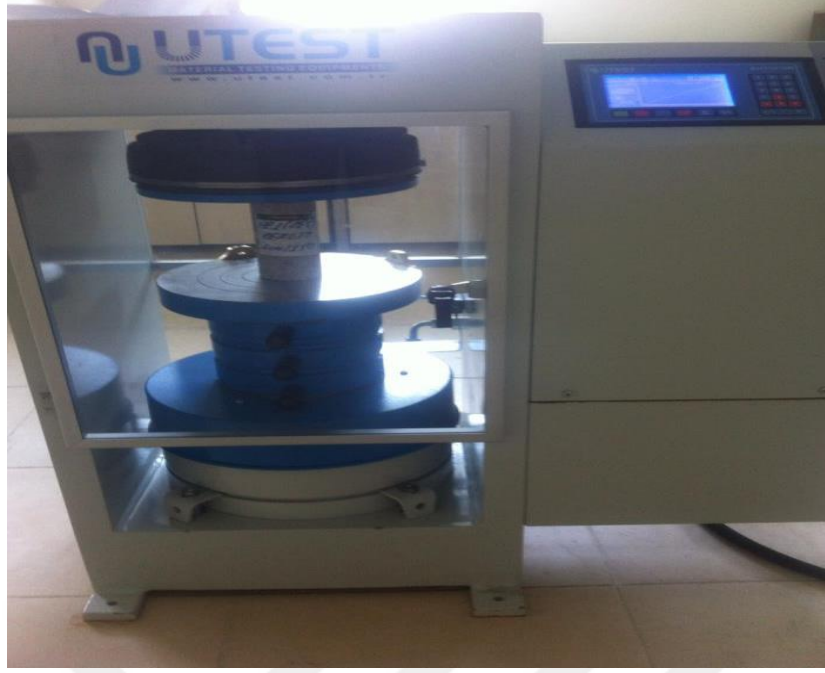
Örneklerin alt ve üst yüzeyleri, 0.002 mm duyarlılıkta düzeltilmiş ve birbirine paralel olmalıdır. Örnek eksenini, düşeyden en fazla 0.001 radyan (50 mm'de 0.05 mm) sapma göstermelidir.

Örneğin çapı ve boyu kompasla birbirine dik yönlerde ölçülerek, yüklemenin yapılacağı kesit alanı hesaplanır.

Örnek presin ortasındaki yükseltme plakasının üzerine merkezlenerek yerleştirilir. Eğer presin tavanına monte edilmiş büyük küresel bir başlık yoksa, küçük boyutlu ve küresel yüzeyli iki çelik silindir küresel yüzeyleri birbiri ile çakışacak şekilde örneğin üzerine konur.

Örnek 5 ile 10 dk. arasında yenilecek şekilde veya alternatif olarak saniyede 0.5-1 MPa'lık bir gerilme hızıyla presin yükleme hızı grafiğinden bir hız seçilir ve bu hız değeri, eğer kullanılan prese monteli ise, hız ayarlama düğmesi ile deney süresince sabit tutulmak üzere ayarlanır. Yük göstergesinin altındaki düğmeye basılarak gösterge üzerindeki renkli noktaların bulunduğu yükleme hız kontrol plakasının dönmesi için devre açılır. Yükleme kontrol vanası yavaşça çevrilerek yükleme işlemine başlanır.

Örnek yenildiği anda yenilme yükü %1 duyarlılıkta göstergeden okunur ve hidrolik sistem durdurulur. Ve hidrolik vana açılarak yağ boşaltılır ve örneğin üzerine konduğu alt tabla alçaltılır, daha sonra örnek ve silindirler presden çıkarılır. Örneğin yenilme şekli de kaydedilir. Deneyin yapıldığı tek eksenli sıkışma dayanımının yapıldığı hidrolik pres Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Tek eksenli sıkışma dayanımının yapıldığı hidrolik pres

Örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı aşağıda verilen formüllerden hesaplanır.

$$\sigma_c \text{ (MPa)} = \frac{F}{A}$$

F: Yenilme anında kaydedilen yük (kN)

A: Silindirik örneğin kesit alanı (m²)= $\pi.r^2$

3.4.6. Ultrasonik P - Dalga hızı Deneyi

Kaya ve beton malzemelerinin boşluk, çatlak vb. kusurlarının, malzeme içerisinden ultrasonik dalgalar geçirmek suretiyle hasarsız bir şekilde belirlenmesidir.

Ultrasonik P- dalga hızı yöntemi ucuz, hasarsız, kolay ve güvenilir olması nedeniyle hem laboratuvar hem arazi koşullarında beton ve kayaç numunelerinin mekanik özelliklerini değerlendirmek için maden, inşaat ve geoteknik mühendisliğinde son yıllarda kullanılan en yaygın tekniklerden birisidir.

Ultrasonik dalga hızı yönteminin, sinyal alıcı ve gönderici başlıklarının numuneye yerleştirme şekillerine göre üç farklı uygulama şekli bulunmaktadır. Bunlar; doğrudan iletim, yarı doğrudan iletim ve yüzeyden iletimdir. Doğrudan iletim yöntemi en güvenilir ve en doğru sonucu veren metottur. Çünkü alıcıya ulaşan sinyal genliği en yüksektir. Ayrıca bu yöntemle alıcı ve göndericiler arasında sinyal için maksimum enerji aktarılır. Şekil 3.10.'da ultrasonik P-dalga hızını ölçen aletin resmi görüntülenmektedir.

Deneyde kullanılan numuneler doğal kurulukta olmalı ve silindirik veya prizmatik olabilir. Deneyde kullanılacak olan karot numunelerinin alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel ve pürüzsüz olmalı, herhangi bir çatlak kırık vb. kusur içermemelidir.

Sinyal alıcı ve gönderici jeoformlar numune ile tam temas etmeli ve deney sırasında hareket ettirilmemelidir. Örneklerin boy (L) değerleri 0.1 mm hassaslığa sahip kompas yardımıyla ölçülerek kaydedilir.



Şekil 3.10. Ultrasonik P-dalga hızını ölçen aletin görüntüsü

Ultrasonik test cihazı ile beton veya kaya numunesinin içerisine gönderilen ultrasonik dalgaların numunenin bir yüzeyinden diğer yüzeyine geçme süresi ölçülüp P- dalga hızı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmaktadır [22].

$$V_p \text{ (m/s)} = \frac{S}{t}$$

V_p : Ses üstü dalga hızı (m/s)

S : Numunenin uzunluğu (mm)

t : Ultrasonik dalganın bir yüzeyinden diğerine ulaşana kadar geçen zaman (μ s)

3.4.7. Polarizan Mikroskopu İle İnceleme

Polarizan mikroskopu ile örneği oluşturan malzemelerin birbirlerine göre durumları, tane homojenliği, malzemelerin birbiri içerisindeki dağılımları, örneklerde boşluk, kılcal çatlak ve damarlar olup olmadığını ve dolgu kısımlarının olup olmadığını tayin edilmesi amaçlanmıştır.

Kalıptan çıkarılan örnekler, ince kesit laboratuvarında, taş kesme makinası, vakumlu ince kesit makinası ve aşındırma-parlatma tezgahı kullanılarak ince kesit örnekleri

hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan örnekler polarizan mikroskopta incelenerek örneklerin yapısı incelenmiştir Şekil 3.11.'de polarizan mikroskopun görünümü verilmektedir.



Şekil 3.11. Polarizan mikroskopun görünümü

3.4.8. Elek Analizi

Eleme, tanelerin belirli büyüklükteki delik veya açıklıklardan geçebilme veya geçememe özelliğine dayanarak yapılan bir boyuta göre sınıflandırma işlemidir.

Elek analizi ya da elek çözümlemesi ise, farklı büyüklükteki tanelerden oluşan kırılmış veya öğütülmüş malzemenin tane boyu dağılımını saptamak için yapılmaktadır. Boyut dağılımı, bir numunede tanelerin boyutları ile miktarları arasındaki ilişkidir. Bir numunenin boyut dağılımı, bu numunede hangi boyutta ne kadar malzeme bulunduğunu gösterir. Malzemenin boyut dağılımının bilinmesinin çok çeşitli yararları vardır.

Bu yöntemde elek analizi için yeterli miktarda azaltılmış numune elek açıklıkları birbirinden farklı olan bir dizi elekten geçirilir. Eleme işlemine en büyük delik açıklı elekten başlanır ve gittikçe küçülen delik açıklı eleklerle devam edilir. Eleme işleminde kullanılan elekler büyüklüklerine göre sınıflandırılırken “meş (mesh) numarası” kavramı kullanılır. Meş numarası bir elekte birim alan başına düşen delik sayısını göstermektedir. Şekil 3.12.'de Deneylerde kullandığımız elek setinin görüntüsü verilmiştir.

Deneyin yapılışı; Elekler en alta tava olacak şekilde elek açıklık boyutuna göre küçük elek boyutundan büyüğe doğru alttan yukarıya doğru sıralanır. Elek analizi yapılacak toz numune tartılır. Hazırlanan elek seti, elle sarsma yapılırsa ya da elek sarsma makinesi ile sarsma işlemi yapılır. 10-15 dakika boyunca sarsma işlemi uygulanır. Eleme işlemi sonucunda elek seti sarsma

makinesinden alınarak, her elek üstünde kalan toz miktarı tartılıp kaydedilir. Daha sonra toplam elenmiş madde miktarı kaydedilir. Elde edilen veriler frekans ve kümülatif dağılım grafiklerine aktarılarak parçacık boyut dağılımı ve ortalama parçacık boyutu bulunur [23].

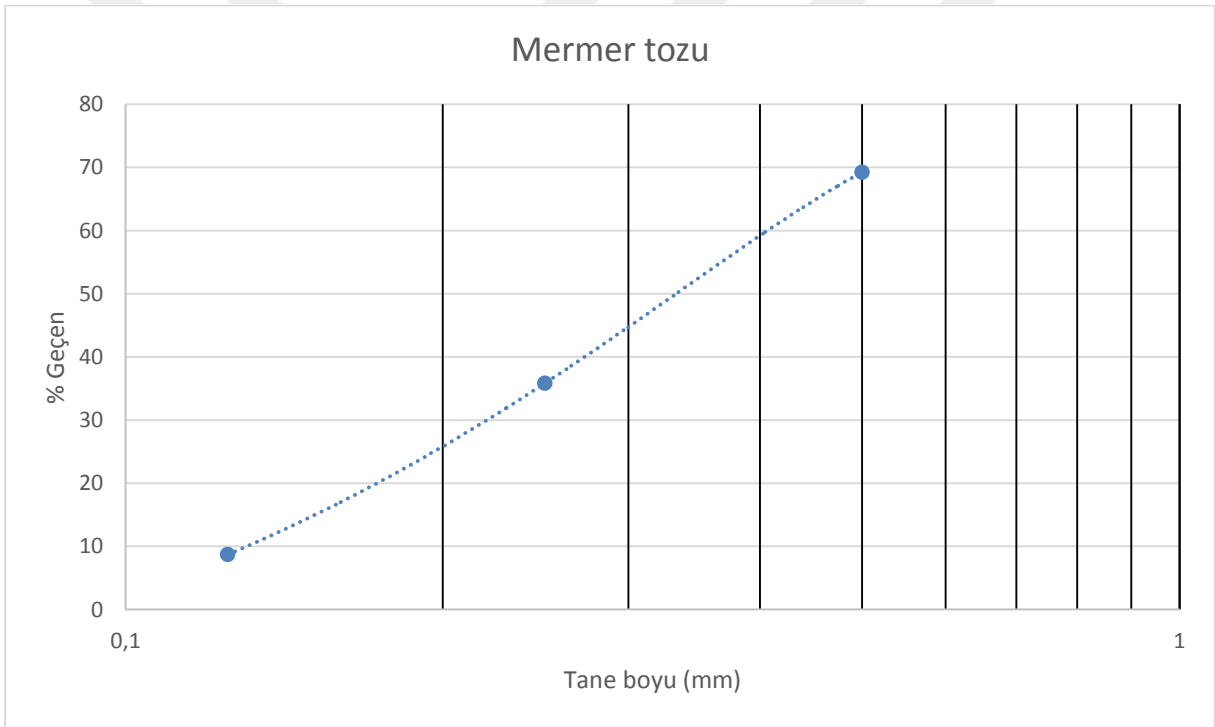


Şekil 3.12. Elek setinin görünümü

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

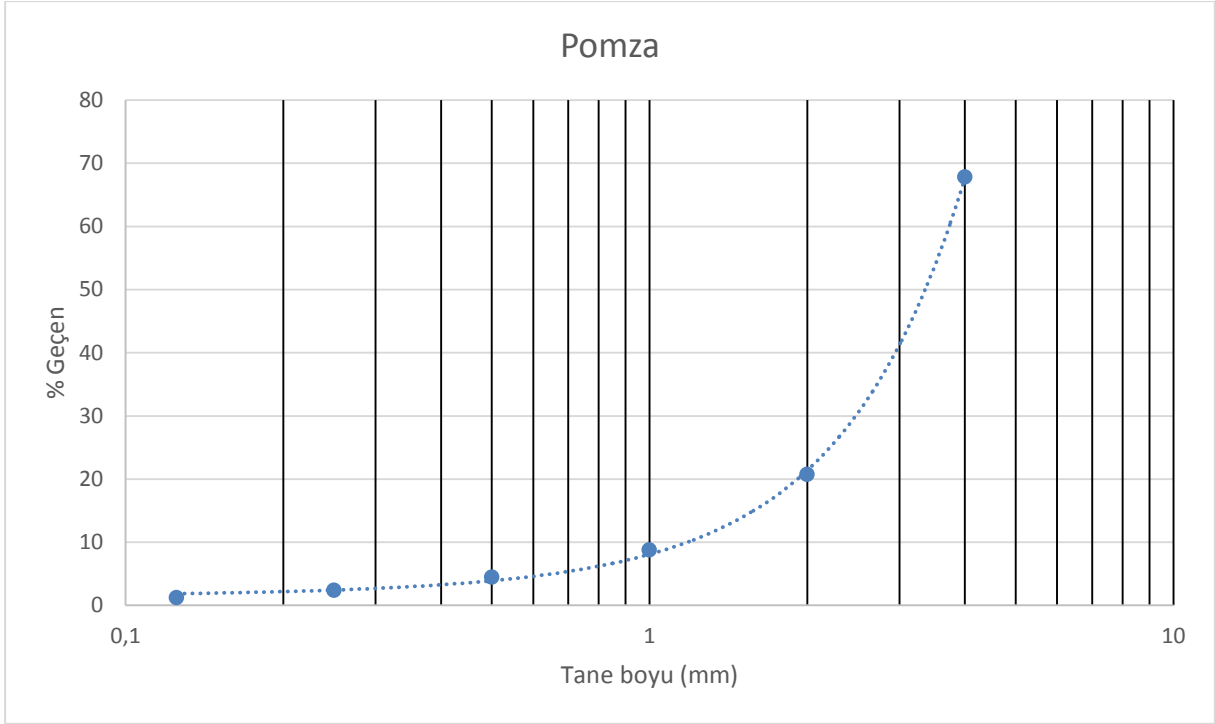
4.1. Deneylede Kullanılan Mermer Tozu Pomza ve Perlitin Tane Boyu Dağılımının Belirlenmesi

Yapılan bu çalışmada ilk olarak mermer tozunun tane boyu dağılımını belirlemek için TS EN 933-1 standartlarına uygun olarak yapılan deneyde, mermer tozu için 4 elek seti belirlendi ve en büyük elek göz aralığı 0.5 mm olarak belirlendi. Gerekli sarsma işlemi ve hesaplamalar yapılarak deneylerde kullanılan mermer tozunun tane boyu 0.5 mm – 0.7 mm aralığında olduğu tespit edildi. Şekil 4.1.'de mermer tozunun tane boyu dağılımını bulmak için oluşturulan logaritmik grafiğin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 4.1. Mermer tozu için oluşturulan tane boyu dağılım grafiği

Aynı şekilde pomza için yapılan tane boyu dağılımını belirlemek için TS EN 933-1 standartlarına uygun pomza için 8 elek seti belirlendi ve en büyük elek seti 8 mm olarak belirlendi. Gerekli işlemler yapıldıktan sonra çıkan sonuçlarda pomzanın tane boyu 0.1 mm- 5 mm arasında olduğu tespit edildi. Şekil 4.2.'de Pomza için oluşturulan tane boyu dağılım grafiği belirtilmektedir [24].



Şekil 4.2. Pomza için oluşturulan tane boyu dağılım grafiği

Deneylerde kullandığımız genişletilmiş perlit için yapılan elek analizi deneyinde de TS EN 933-1 Standartlarına uygun 4 elek seti belirlendi ve en büyük elek gözü 4 mm olarak seçildi. Fakat genişletilmiş perlitin tane boyutları fazla dağılım göstermediği için, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm elek gözlerinde hiç örnek kalmadığı için direk genişletilmiş perlit için tane boyu aralığı 2 mm – 4 mm olarak belirlendi.

4.2. Mermer Tozu Pomza ve Perlit Örnekleri İle Polyester Reçine Oranlarının Belirlenmesi

Polyester reçine, mermer tozu oranlarının mukavemet deneylerine etkisini incelemek üzere, bu grup deneylerin tamamında MEKP(Metil Etil Keton Peroksit) ve kobalt oktoat oranları sabit tutulup, polyester mermer tozu oranları kütlece; 1/3 – 1/3.4 – 1/4 – 1/4.7 – 1/5.6 – 1/7 – 1/9 oranlarında belirlenmiştir. Numune isimleri M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7 olarak kodlanmış ve mermer tozu polyester değişim oranlarını incelemek üzere malzemelerin kompozisyonları Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Mermer tozu, polyester reçine oranlarının deneylerde etkisini incelemek üzere hazırlanan madde miktarları

Örnek İsimleri	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Mermer Tozu (gr)	750	775	800	825	850	875	900
Polyester Reçine (gr)	250	225	200	175	150	125	100
MEKP (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Kobalt Oktoat (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Polyester Reçine/Mermer Tozu oranları	1/3	1/3.4	1/4	1/4.7	1/5.6	1/7	1/9

Polyester reçine, pomza oranlarının mukavemet deneylerine etkisini incelemek için, mermer tozunda olduğu gibi MEKP ile kobalt oktoat sabit tutulup, pomza ile polyester oranları kütlece; ; 1/3 - 1/3.4 - 1/4 -1/4.7 - 1/5.6 - 1/7 oranlarında belirlenmiş olup numune isimleri PO1-PO2- PO3- PO4- PO5-PO6 olarak kodlanmış ve Çizelge 4.2.' de malzemenin değişen miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.2. Pomza, polyester reçine oranlarının deneylerde etkisini incelemek üzere hazırlanan madde miktarı

Örnek İsimleri	PO1	PO2	PO3	PO4	PO5	PO6
Mermer Tozu (gr)	750	775	800	825	850	875
Polyester Reçine (gr)	250	225	200	175	150	175
MEKP (ml)	1	1	1	1	1	1
Kobalt oktoat (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Polyester Reçine/ Pomza oranları	1/3	1/3.4	1/4	1/ 4.7	1/5.6	1/7

Genleştirilmiş perlit ile polyester reçine oranları belirlenerek mukavemet deneylerine etkisini incelemek için, MEKP ile kobalt oktoat sabit tutulup, perlit ile polyester reçine oranları kütlece; 1/1- 1/1.25-1/1.5 belirlenmiş olup numune isimleri PE1- PE2- PE3 olarak kodlanmış ve Çizelge 4.3.' de kullanılan madde miktarları belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Genleştirilmiş perlit ve polyester oranının mukavemet deneylerinde etkisini incelemek için kullanılan miktarlar

Örnek İsimleri	PE1	PE2	PE3
Genleştirilmiş Perlit (gr)	100	100	100
Polyester Reçine (gr)	150	125	100
MEKP (ml)	1	1	1
Kobalt Oktoat (ml)	0.5	0.5	0.5
Polyester Reçine/ Genleştirilmiş Perlit oranı	1/1.5	1/1.25	1/1

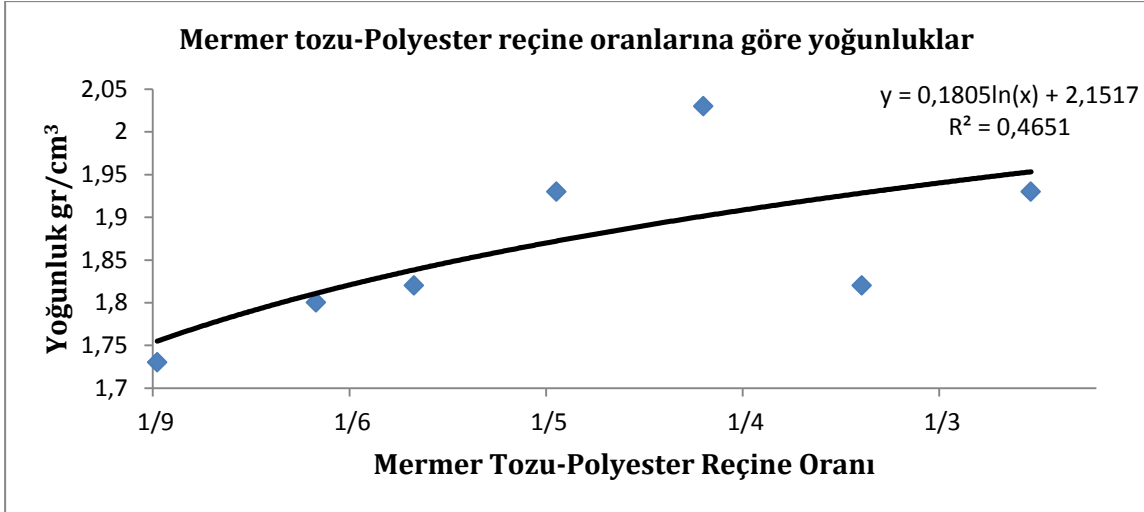
4.3. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitten Oluşturulan Kompozit Malzemenin Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık Tayini

Bu deneyde düzenli geometriye sahip silindirik örneklerin yoğunluk ve birim hacim ağırlığının tayini amacıyla yapıldı. Mermer tozu, pomza ve perlitten oluşturulan kompozit malzemelerin yoğunlukları ve birim hacim ağırlıkları bulunarak bize hem malzemenin dayanımı hakkında yorum yapmamıza neden oldu hem de diğer mukavemet deneylerinin sonuçlanmasına yardımcı etken olmuştur. Bu deney Materyal ve Yöntem kısmında anlatıldığı gibi yapılmış olup ve bulunan sonuçlar Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

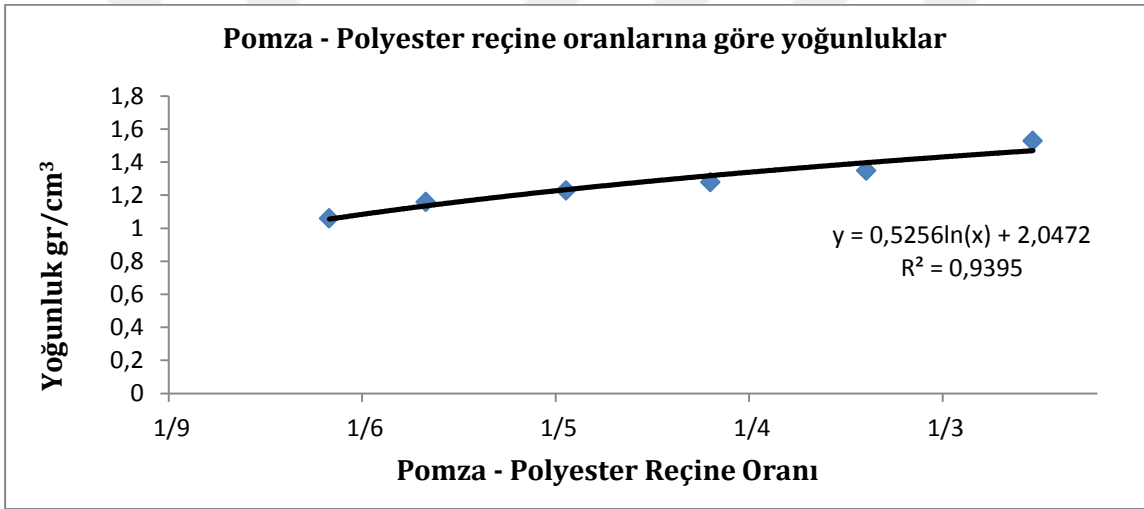
Çizelge 4.4. Mermer tozu, Pomza ve Perlitden oluşturulan kompozit malzemenin yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Yarı Çap (cm)	Boy (cm)	Hacim (cm ³)	Örnek Ağırlığı (gr)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Örnek Tanımı
M1	3.6	12	488.33	944.20	1.93	18.33	MERMER TOZU
M2	3.6	12	488.33	890.38	1.82	17.85	
M3	3.6	9.7	394.73	803.25	2.03	19.91	
M4	3.6	12	488.33	946.48	1.93	18.93	
M5	3.6	11.6	472.50	862.32	1.82	17.85	
M6	3.6	12.7	517	933.15	1.80	17.65	
M7	3.6	13	529	920.08	1.73	16.97	
PO1	3.6	14	569.72	876	1.53	15.00	POMZA
PO2	3.6	15	610.41	828.15	1.35	13.24	
PO3	3.6	16.5	671.45	860.23	1.28	12.55	
PO4	3.6	16.5	671.45	831.35	1.23	12.06	
PO5	3.6	15.1	614.48	717.20	1.16	11.37	
PO6	3.6	15.1	614.48	655.25	1.06	10.39	
PE1	3.6	9.5	386.60	222.15	0.57	5.59	PERLİT
PE2	3.6	11	447.63	205.20	0.45	4.41	
PE3	3.6	10	406.94	190.15	0.46	4.51	

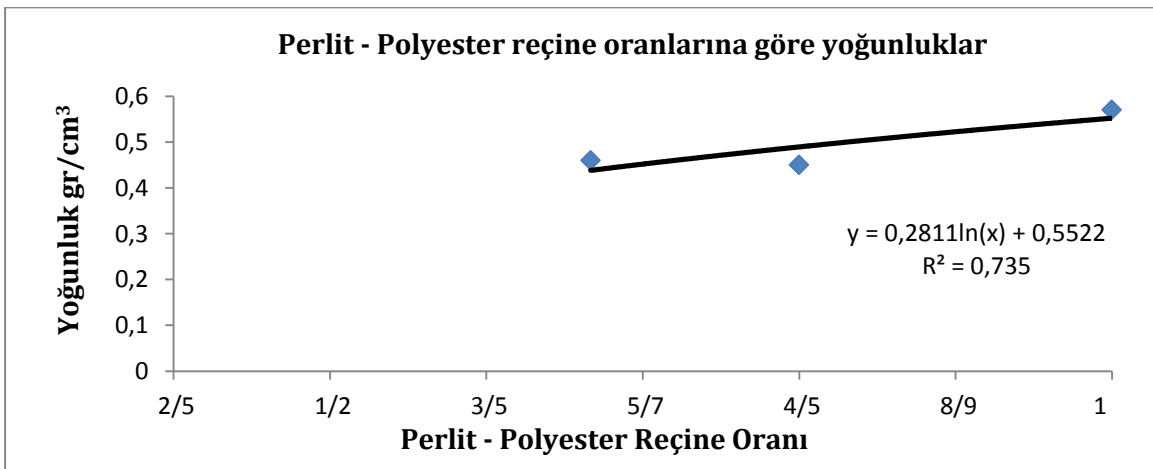
Yukarıdaki tabloda belirtildiği gibi mermer tozu pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin yoğunluk ve birim hacim ağırlıkları belirlendi. Görüldüğü gibi yoğunlukların ortalaması alındığında en yüksek yoğunluğa sahip mermer tozundan oluşturulan kompozit malzeme oldu. Bunun nedeni mermer metamorfik bir kayaç olduğundan dolayı taneler arası boşluk oranı çok azdır. Pomza ise volkanizmanın ani soğuması ile bünyesindeki gazların ani olarak terk etmesi neticesinde makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Pomzadan oluşturulan kompozit malzemenin gözenekli yapıda olması nedeniyle yoğunluğu mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin yoğunluğundan düşüktür. En düşük yoğunluğa sahip olan ise genişletilmiş perlitden oluşturulan kompozit malzemedir. Bunun nedeni ise perlitin genişletilmesiyle bünyesindeki suyu kaybederek hacminin artmasına bu sebeple de yoğunluğun düşmesine neden olur. Şekil 4.3.'de mermer tozu, pomza ve perlitin polyester reçine ile oluşum oranlarının, yoğunluk ile ilgili grafikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil.4.3. a-) Mermer tozu polyester reçine oranına göre yoğunluklar



Şekil.4.3 b-) Pomza polyester reçine oranına göre yoğunluklar



Şekil.4.3. c-) Perlit polyester reçine oranına göre yoğunluklar

4.4. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Ağırlıkça Su Emme Deneyi

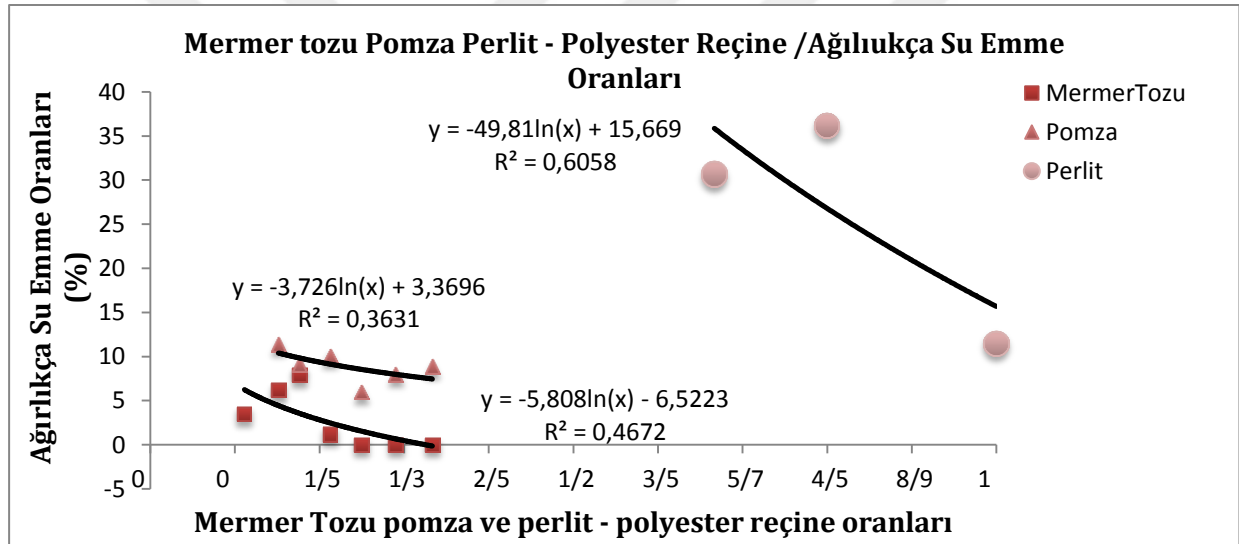
Bu deneyde düzenli geometriye sahip, mermer tozu pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin ağırlıklarına ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının tayini amacıyla yapıldı. Bu deneyde oluşturulan kompozit malzemelerin suya karşı gösterdikleri tepkileri, su emmeye bağlı olarak gelişen nemlenme zararlarını belirlemek ve kuru yoğunluk ile yaş yoğunluk arasındaki farkı bularak ne kadar oranda kütle değişimi belirlendi. Bu deney Materyal-Yöntem kısmında belirtildiği şekilde yapıldı ve bulunan değerler Çizelge 4.5.'de belirtildi.

Çizelge 4.5. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemenin ağırlıkça su emme değerleri

Örnek No	Kuru Örnek Ağırlığı (gr)	Suya Doymun Örnek Ağırlığı (gr)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Örnek Tanımı
M1	944.20	944.20	0	MERMER TOZU
M2	890.38	890.38	0	
M3	803.25	803.25	0	
M4	946.48	957.23	1.18	
M5	862.32	930.45	7.90	
M6	933.15	990.98	6.2	
M7	920.08	952	3.47	
PO1	876	953.43	8.83	POMZA
PO2	828.15	894.28	7.98	
PO3	860.23	911.53	5.96	
PO4	831.35	915.24	10.09	
PO5	717.20	782.48	9.10	
PO6	655.25	729.90	11.39	
PE1	222.15	247.58	11.44	PERLİT
PE2	205.20	280	36.19	
PE3	190.15	248.40	30.63	

Yapmış olduğumuz bu deneyde mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemenin ağırlıkça su emme kapasiteleri belirlendi. Sonuçlardan yola çıkarak mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemelerin daha az değerler çıktığı görüldü. İlk üç mermer tozundan yapılan örnekte polyester reçinenin fazla olması tanelerin arasını iyi doldurmasından dolayı su emme kapasitesini 0' a düşürdü. Diğer örnekler de ise % 5 i geçmemesi geçirimsizlik yönünden mermer tozu ile yapılan kompozit malzemenin sonuçları iyi çıkmıştır.

Pomza ve perlit ile yapılan kompozit malzemenin sonuçları ise mermer tozundan yapılan kompozit malzemenin sonuçlarına oranla yüksek çıkması bünyelerine daha fazla su almışlardır. Bunun sebebi pomza ve perlitin gözenekli bir yapıya sahip olmalarından kaynaklıdır. Gözenekli yapılarından dolayı bünyelerine yüksek oranlarda su almışlardır. Buda oranların yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Şekil 4.4.'de mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin polyester reçine oranları ile ağırlıkça su emme oranlarının grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.4. Mermer tozu pomza perlit - polyester reçine oranı /ağırlıkça su emme oranları grafiği

4.5. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemenin Porozite ve Boşluk Oranının Hesaplanması

Bu deney düzenli geometriye sahip mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit örneklerin gözenekliliğinin tayini amacıyla yapıldı. Örneklerin gözenekli olup olmaması örneklerin dayanımı hakkında bilgi verebilir. Çıkan sonuçlar Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin porozite ve boşluk oranı tayini

Örnek No	Yarı Çap (cm)	Boy (cm)	Hacim (cm ³)	Kuru Ağırlık (gr)	Suya Doygun Ağırlık (gr)	Porozite (%)	Boşluk Oranı	Örnek Tanımı
M1	3.6	12	488.33	944.20	944.20	0	0	MERMER TOZU
M2	3.6	12	488.33	890.38	890	0	0	
M3	3.6	9.7	394.73	803.25	803	0	0	
M4	3.6	12	488.33	946.48	957.23	2.29	0.02	
M5	3.6	11.6	472.50	862.32	930.45	14.41	0.36	
M6	3.6	12.7	517	933.15	990.98	11.21	0.12	
M7	3.6	13	529	920.08	952	6.04	0.006	
PO1	3.6	14	569.72	876	953.43	13.59	0.15	POMZA
PO2	3.6	15	610.41	828.15	894.28	10.83	0.12	
PO3	3.6	16.5	671.45	860.23	911.53	7.65	0.08	
PO4	3.6	16.5	671.45	831.35	915.24	12.49	0.14	
PO5	3.6	15.1	614.48	717.20	782.48	10.62	0.11	
PO6	3.6	15.1	614.48	655.25	729.90	12.14	0.13	
PE1	3.6	9.5	386.60	222.15	247.58	6.57	0.070	PERLİT
PE2	3.6	11	447.63	205.20	280.50	16.82	0.20	
PE3	3.6	10	406.94	190.15	248.40	14.31	0.16	

Yapılan bu çalışma Materyal-Yöntem kısmında anlatıldığı gibi yapılmış olup sonuçlar yukarıda tabloda belirtilmiştir. Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin ilk üç örneğinde porozite (gözeneklilik) değeri 0 çıkmıştır. Bunun sebebi polyester reçine oranının ilk örneklerde yüksek miktarda olmasından kaynaklıdır. Çünkü polyester reçine taneler arasını doldurarak fazla gözenekliliği önlemiştir.

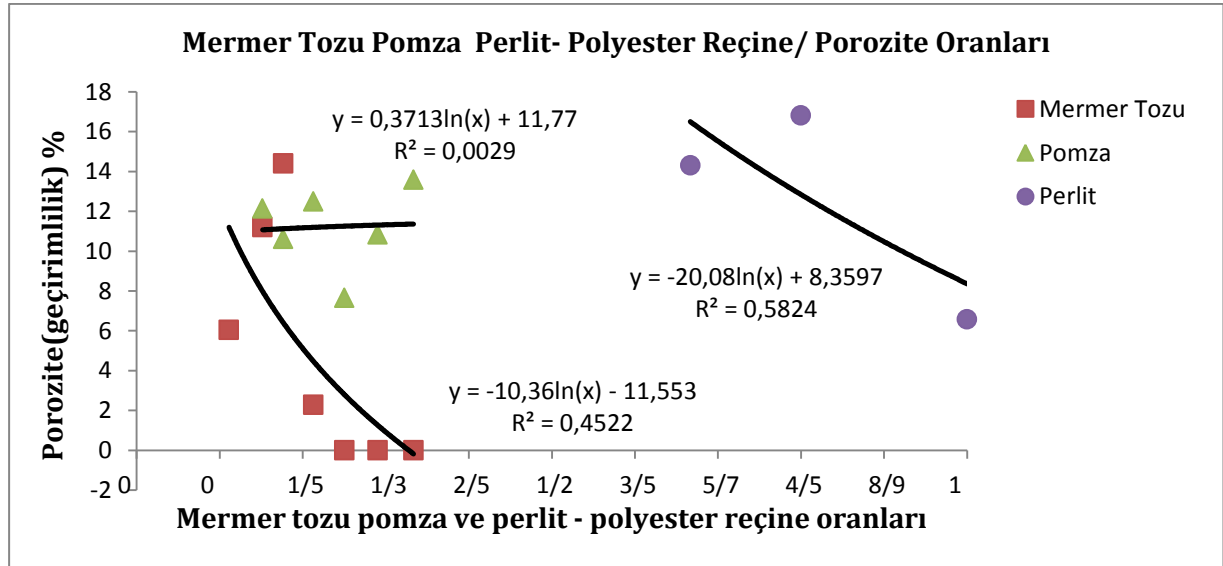
Pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemenin porozite ve boşluk oranı mermer tozuna oranla daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi ise, pomza ve perlit oluşum şartlarından dolayı yapılarında çok miktarda boşluk bulundurmaktadır, ayrıca perlitin geliştirilmiş olması dolayısıyla hacminin artmasıyla boşluk hacmi de artmıştır.

Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin poroziteye (gözenekliliğe) göre sınıflandırılmasında mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemelerin porozitelerinin aritmetik ortalaması alındı ve 4.85 olarak kaydedildi. Daha sonra Moos -

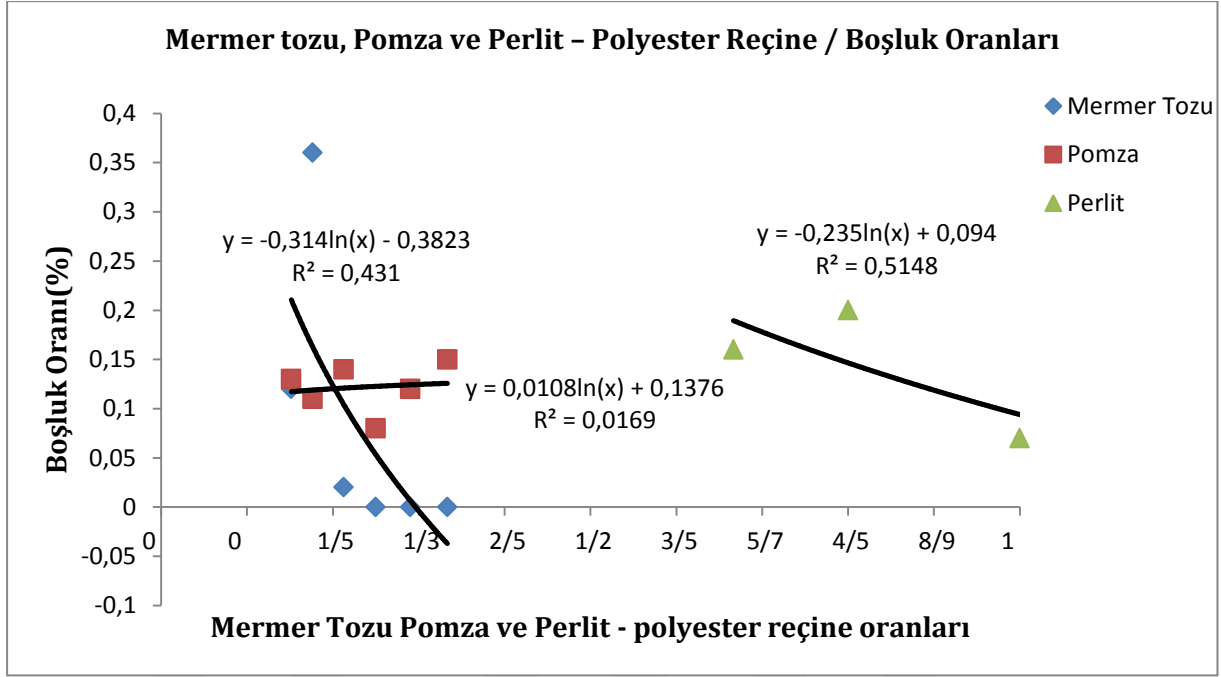
Quervan'den Tarhan, 1989 " Porozite göre sınıflama tablosundan "orta boşluklu" olduğu kaydedildi. Anı işlem pomza ve perlit içinde yapıldı, pomzadan oluşturulan kompozit malzemelerin porozitelerinin aritmetik ortalaması alındı 9.72 olarak kaydedildi, Bu sonuç da bize pomzadan oluşturulan kompozit malzemenin "oldukça boşluklu" olduğunu belirtti. Perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin porozitelerinin aritmetik ortalaması alındı ve 12.56 olarak kaydedildi, bu sonuçta bize perlitden oluşturulan kompozit malzemenin "çok boşluklu" olduğunu belirtti. Çizelge 4.7.'de Moos - Quervan'den Tarhan, (1989) ait porozite sınıflaması belirtilmiştir. Şekil 4.5.'de ise mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin oluşum oranları ile malzemelerin porozite ve boşluk oranlarından oluşturulan grafikler verilmiştir.

Çizelge 4.7. Örneklerin porozite değerlerine göre sınıflandırılması

Örnek Sınıfı	Porozite (%)
Çok Kompakt	< 1
Az Boşluklu	1-2.5
Orta Boşluklu	2.5-5
Oldukça Boşluklu	5-10
Çok Boşluklu	10-15
Çok Fazla Boşluklu	>20



Şekil.4.5. a-)Mermer tozu pomza perlit- polyester reçine oranı/ Porozite oranları grafiği



Şekil 4.5. b-) Mermer tozu, pomza ve perlit - polyester reçine oranı / Boşluk oranları grafiği




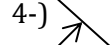

4.6. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Schmidt Çekici İle Basınç Dayanımlarının Yorumlanması

Bu deneyde schmidt çekicini kullanarak, örneklerin geri sıçrama değerlerini tayin ederek ve dolayısıyla Deere ve Miller'in oluşturduğu "schmidt geri sıçrama değeri ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki" kullanarak basınç dayanımı hakkında bilgi sahibi olmamıza yardımcı olmuştur.

Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemeler için schmidt çekici laboratuvar ortamında uygulandı ve her bir örnek için en az 10 farklı noktada uygulandı ve değerler kaydedildi. Ortaya çıkan sonuçlar ise Çizelge 4.8.'de belirtilmiştir ve örneklerin birim hacim ağırlık değerlerinden yola çıkarak basınç dayanımları hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

Çizelge 4.8. Mermer tozu, pomza ve perlitten oluşturulan kompozit malzemelerin schmidt geri sıçrama değerleri

Örnek No	Çekicinin Konumu	Geri Sıçrama Değerleri (N)	Ortalama (N)	Birim Hacim Ağırlık (Kn / m ³)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σ_c)	Örnek Tanımı
M1	1	25- 18 -24-22- 18 - 22- 18 -23- 22 - 19	23.2	20±2	25±15	MERMER TOZU
M2	1	24-21- 14 - 14 - 12 - 22- 16 -20-19- 15	21.2	20±2	23±15	
M3	1	23-19-16- 12 - 10 - 19-20- 13 - 13 - 11	19.4	20±2	21±15	
M4	1	15-15- 10 -15- 15 - 16- 8 - 12 - 11 -15	15.2	20±2	20±15	
M5	1	9-9- 6 - 5 -10- 11- 5 - 5 -11- 9	10	17.85	0±15	
M6	1	9- 5 - 5 -11- 8 - 8 -10- 8 -11-10	10.2	17.65	0±15	
M7	1	5-5-5-5-5-5-5-5-5-5	5	16.97	0±15	
PO1	1	15- 5 - 9 -15-12- 10 - 8 - 11 -14-12	13.2	15.00	15±15	POMZA
PO2	1	5-5-5-10-5-5-5-6-5-6	6.4	13.24	0±15	
PO3	1	6-6-5-6-5-5-5-6-5-6	6	12.55	0±15	
PO4	1	6-5-5-5-5-5-5-5-5-6	5.4	12.06	0±15	
PO5	1	5-5-5-5-5-5-5-5-5-5	5	11.37	0±15	
PO6	1	5-5-5-5-5-5-5-5-5-5	5	10.39	0±15	
PE1	1	5-8-6-6-5-5-5-5-5-5	5.5	5.59	0±15	PERLİT
PE2	1	5-5-5-5-5-5-5-5-5-5	5	4.41	0±15	
PE3	1	5-5-5-5-5-5-5-5-5-5	5	4.51	0±15	

1-)  2-)  3-)  4-)  5-)  Çekicinin Konumu

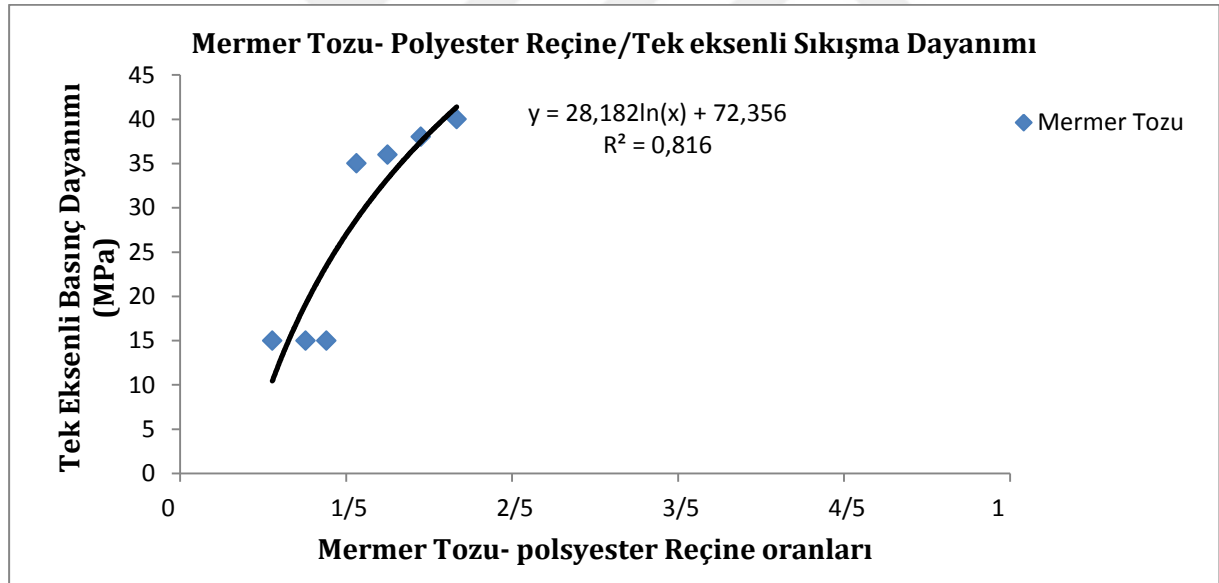
Mermer tozu, pomza ve perlitten oluşturulan kompozit malzemelerin schmidt geri sıçrama değerleri yukarıdaki tabloya aktarılmıştır. Deneyin yapılış şekli amacıyla en az 10 farklı noktadan alınan değerlerin en düşük değere sahip 5 değer çıkarılmıştır ve geri kalan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Daha önceki yoğunluk birim hacim ağırlık

deneyinden elde edilen sonuçlar tabloya kaydedilerek, Deere ve Millere ait “schmidt geri sıçrama değeri ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki” tablosundan yola çıkarak kompozit malzemelerin dayanımları hakkında değerlere ulaşılmıştır ve yorumlanmıştır.

Ortaya çıkan sonuçları değerlendirirsek mermer tozundan oluşan kompozit malzemelerin ilk 4 örneğinde kompozit malzemenin dayanımlı olduğunu söyleyebiliriz. Diğer örneklerde ise basınç dayanımı hakkında yorum yapılmadı.

Pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin dayanımlarını değerlendirirsek, pomza ve perlitin tane boyutlarının büyük olması ve yoğunluklarının düşük olması ayrıca oluşum ortamlarının etkisi ile tanelerinin hafif olması dayanımı olumsuz yönde etkilemiştir. Ve kompozit malzemeyi oluştururken sıkıştırma işlemi çok iyi yapılamamasından dolayı dayanım düşük olduğunu söyleyebiliriz. Bu sebeplerden dolayı pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemeler için schmidt çekici deneyinde bir değer çıkmadı ve dayanımı çok kötü olarak yorumlandı.

Şekil 4.6.'da ise Mermer tozu - polyester reçine oranı ile schmidt çekici değerlerinden tek eksenli basınç dayanımı değerlerine ulaşarak oluşturulan grafik aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.6. Mermer tozu- polyester reçine oranları/ Schmidt çekicinden elde edilen tek eksenli sıkışma değerleri grafiği

4.7. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemenin Tek Eksenli Sıkışma Dayanımının Değerlendirilmesi

Bu deney mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin dayanım sınırının bulunması amaçlanmıştır. Ve materyal - yöntem kısmında anlatıldığı gibi uygulanmıştır.

Boyu çapının ortalama iki katı büyüklükteki silindirik örnekler üzerinde yapılmıştır. Küresel başlıklara sahip olan presin plakaları arasına yerleştirilen örnekler üzerine yenilinceye kadar basınç uygulanmıştır. 300 ton yüklem kapasiteli bir hidrolik pres kullanılmıştır.

ISRM (2007)'nin önerdiği hesaplamalar doğrultusunda örneklerin tam yenilme anındaki yük ile örneklerin kompas yardımıyla boy ve çapları hesaplanarak bu örneklerin alanları hesaplanarak, yenilme yükünün örneklerin alanına bölerek sonuçlara ulaşılmıştır. Ve Deer ve Miller 1966 ait " Tek eksenli basınç direncine göre örneklerin sınıflandırılması" tablosundan örneklerin dayanımı hakkında yorum yapılmıştır.

Deneylerde örneklerin hepsinde kırılmalar ve dağılmalar gözlemlendi. Standartlara uygun olmayan dağılan örnekler sonuçların etkilenmemesi için hesaplamalara katılmamıştır. Deneyde bulunan sonuçlar Çizelge 4.9.'da kaydedilmiştir.

Çizelge 4.9. Mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Örnek No	Çap (mm)	Boy (mm)	Kesit Alanı (m ²)	Yenilme Yüğü (kN)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	Örnek Tanımı
M1	71.13	121.04	0,0039	178.0	45.64	MERMER TOZU
M2	71.13	110.31	0,0039	196.7	50.43	
M3	71.13	97.58	0,0039	240	61.53	
M4	71.13	114.65	0,0039	70.07	17.96	
M5	71.13	115.93	0,0039	-	-	
M6	71.13	131.42	0,0039	-	-	
M7	71.13	131.16	0,0039	-	-	
P01-P02- P03-P04- P05-P05	71.13	-	0.0039	-	-	POMZA
PE1-PE2- PE3	71.13	-	0.0039	-	-	PERLİT

Yukarıdaki tabloda sadece ilk dört mermer tozu örneğinin tek eksenli basınç dayanım değerleri verilmiştir. Son üç örnekte ise bir değer okunamamıştır. Bunun sebepleri ise; Mermer tozundan kompozit malzemeyi oluştururken, M5-M6-M7 No'lu örneklerin yapısında ilk örneklere oranla fazla miktarda polyester reçine eklenmemiştir. İlk örneklerde yüksek miktarlarda polyester reçine varken son örneklerde az miktarda polyester reçine katıldı. Ve bunun sonucunda ilk örneklerde polyester reçine taneler arasına yerleşip taneler arası boşluğu sifıra indirip dayanımı arttırmış oldu ve son örneklerde ise taneler arası boşluk çok olduğu için dayanım azaldı. Bir diğer sebep ise, Kompozit malzemeyi oluştururken yeterli miktarda sıkıştırma işlemi yapamadığımızdan kaynaklandı. Yeterli miktarda sıkıştırma (presleme) işlemi yapmış olsaydık taneler arası boşluk oranı azalacak ve sonucunda malzeme dayanımlı bir yapı kazanmış olacaktı.

Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemelerin ilk 4 örneğini Deer ve Miller (1966) “ Tek eksenli Basınç direncine göre örneklerin sınıflandırılmasına” göre çıkan sonuçları değerlendirdiğimizde kompozit malzemelerin “ Düşük Dirençli” olduğu ortaya çıkmıştır. Çizelge 4.10.'da Deer ve Miller' a ait örnek sınıflaması verilmektedir.

Çizelge 4.10. Deer ve Miller'e ait tek eksenli basınç direncine göre örnek sınıflaması

Örnek Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (MPa)
Çok Düşük Dirençli	<25
Düşük Dirençli	25-50
Orta Dirençli	50-100
Yüksek Dirençli	100-200
Çok Yüksek Dirençli	>200

Pomza ve Perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin bütün örneklerinde ise tek eksenli sıkışma dayanımın değerleri çıkmamıştır ve hesaplama yapılamamıştır. Dolayısıyla dayanımları hakkında yorum yapılamamıştır. Bunun sebebi;

Biz elek analizi yaptığımızda pomza için tane boyu aralığı 0.1 mm ile 5 mm arasında çıkmıştı, burada pomza çok büyük tanelere sahip olduğu için polyester reçine büyük tanelerin arasını dolduramadığı için dayanım dolayısıyla düşük olmuştur. Burada polyester reçine oranını pomza örneğinde biraz daha fazla kullanmış olsaydık dayanımı arttırabilirdik ve tek eksenli sıkışma dayanımında sonuç alabilirdik.

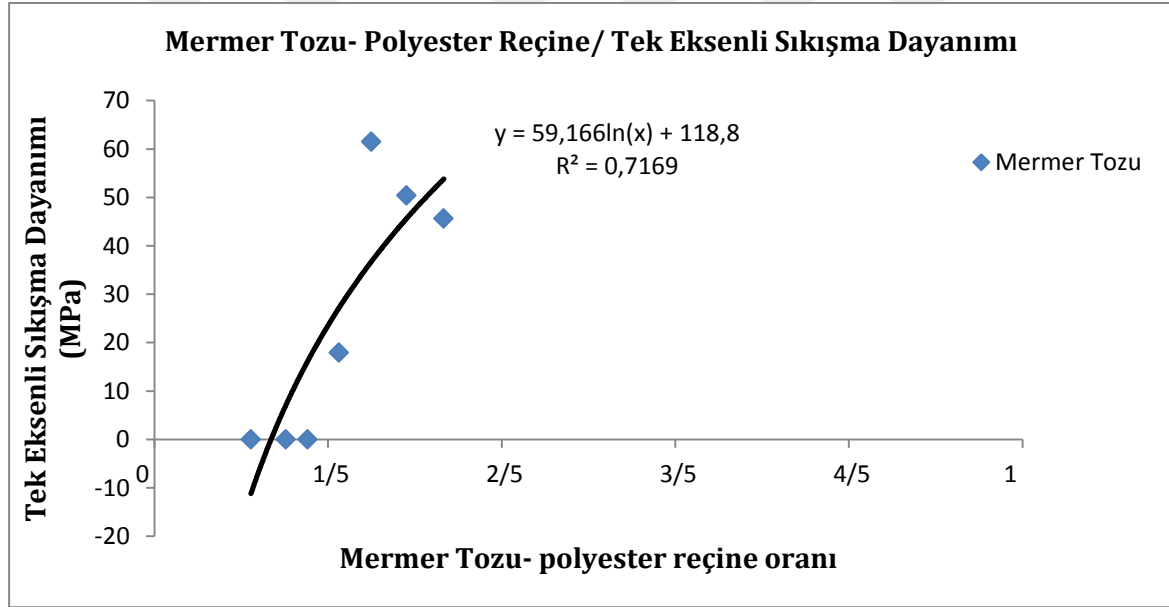
Bir diğer sebep ise; Biz kompozit malzemeyi oluştururken yeterli miktarda sıkıştırma işlemi yapmadığımızdan kaynaklanmış oldu. Biz presleme (işlemine) yeterli miktarda bir kuvvet

uygulayarak yapsaydık taneler arası boşluk kalmamış olurdu ve dayanım artması söz konusu olabilirdi.

Perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin yoğunlukları hesaplandığında çok düşük bir yoğunluğa sahip olduğunu gözlemlemiştik. Perlitin genişletilmiş perlit olması hacminde artış olması dolayısıyla yoğunluğun düşük olmasına neden olmuştur ve buda dolayısıyla dayanımın düşük olmasına sebep olmuştur.

Perlitden oluşturulan kompozit malzemenin dayanımının düşük olmasının bir diğer sebebi ise, perlitin tane boyu analizinde 2 mm ile 4 mm arasında bir tane boyuna sahip olması tanelerin arasını yeteri miktarda polyester reçine dolduramaması nedeniyle dayanım düşük olduğunu yorumlayabiliriz.

Şekil 4.7.'de Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin, oluşum oranları ile tek eksenli basınç dayanım değerlerinden ortaya çıkarılan grafik aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.7. Mermer tozu- polyester reçine oranı/ Tek eksenli sıkışma değerleri grafiği

4.8. Mermer Tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemelerin Sonik Hız Deneyi ile Değerlendirilmesi

Yapmış olduğumuz bu deneyde, Mermer tozundan, pomza ve perlitden oluşturulan silindirik örneklerin, boşluk, mineralojik yapı, doku, gözeneklilik, yapıda mikro ve makro çatlaklar ve diğer süreksizlikler gibi fiziksel özelliklerin tahmin edilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu deney örneklere zarar vermeden gerçekleştirilen bir deneydir. Örneklerin alt ve üst yüzeyleri birine paralel ve pürüzsüz olmalı herhangi bir çatlak kırık içermemelidir. Örneklerin boyu kompas yardımıyla mm cinsinden kaydedildi. Ve sinyal alıcı ve gönderici formlar örneklerle tam

temas ettirildi ve deney sırasında hareket ettirilmedi. Daha sonra uçlar örnekler sıkıca bastırıldıktan sonra cihazdan geçiş süresi (μs) okundu ve çıkan sonuçlar kaydedildi. Çizelge 4.11.'de sonik hız deneyinde çıkan sonuçlar ve örneklerin boyları belirtilmiştir.

Çizelge 4.11. Kompozit malzemelerin sonik hız testinde ortaya çıkan sonuçlar

Örnek No	Boy (mm)	Sonik Dalganın Yayılması için geçen zaman (μs)	Ses Üstü Dalga Hızı Vp (m/s)	Örnek Tanımı
M1	122.90	132.5	1927.54	MERMER TOZU
M2	117.10	88.3	1326.16	
M3	96.02	124.2	1773.10	
M4	115.41	114.3	1009.71	
M5	128.67	126.5	1017.15	
M6	124.35	111.7	1113.24	
M7	126.90	69.2	1033.81	
PO1	147.75	273.5	540.21	POMZA
PO2	150.30	225.1	667.70	
PO3	143.91	240.3	598.87	
PO4	155.35	225.6	688.60	
PO5	158.25	240.2	658.82	
PO6	151.32	-	-	
PE1	85.63	134.1	638.55	PERLİT
PE2	108.36	240.4	450.74	
PE3	96.18	265.3	362.53	

Yapılan deney sonucunda, mermer tozu poza ve perlitten oluşturulan kompozit malzemelerin ses üstü dalga hızları (Vp) değerleri bulunmuş olmaktadır. Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemelerin Vp hızlarının aritmetik ortalaması alındı ve 1314.95 (m/s) olarak kaydedildi. Anonim tarafından yapılan sınıflamaya göre "çok düşük hız" olarak tanımlama yapıldı. Ve bu sonuç bize mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin porozitesi yüksek gözenekli yapıya sahip ve boşluk oranı yüksek bilgisini verdi. Genel olarak örneklerin dalga hızı gözeneklilikle ilgilidir. Porozite düşük, homojen ve süreksizliği az olan kayaların sonik hızı değerleri daha yüksektir. Çizelge 4.12.'de Anonim yaptığı P dalga hızı sınıflaması belirtilmektedir.

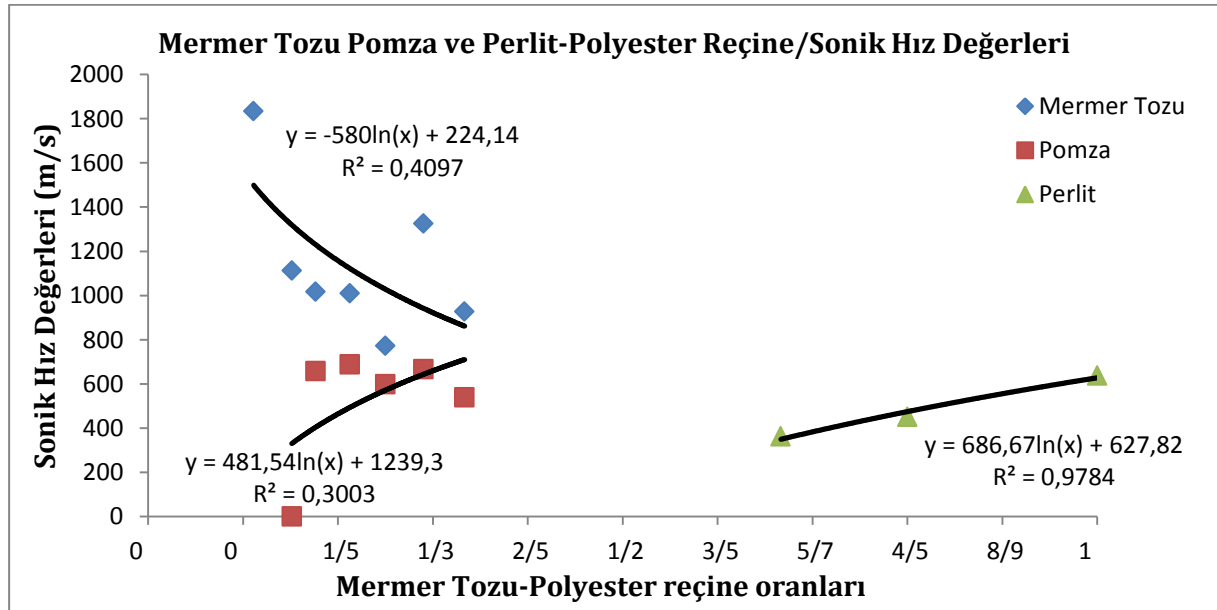
Çizelge 4.12. Anonim P dalga hızı sınıflaması [25].

Örnek Sınıfı	Dalga Hızı (m/s)	Tanımlama
1	<2500	Çok Düşük Hız
2	2500-3500	Düşük Hız
3	3500-4000	Orta Hız
4	4000-5000	Yüksek Hız
5	>5000	Çok Yüksek Hız

Pomzadan oluşturulan kompozit malzemelerin Vp hızlarının aritmetik ortalaması alındı ve 630.84 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuç Anonim' in yaptığı P dalga hızı sınıflamasında “ çok düşük hız” olarak kaydedildi. Bu sonuçla pomzanın porozitesi ve boşluk oranı çok yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Pomzadan oluşturulan kompozit malzemenin mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin Vp sayısının daha düşük çıkması, pomzanın porozitesinin mermerin porozitesinden daha yüksek olduğunu kanıtlamış oldu.

Perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin Vp hızlarının aritmetik ortalaması alındı ve 483.94 olarak kaydedildi. Bu sonuçla Perlitden oluşturulan kompozit malzemenin porozitesinin, diğer kompozit malzemelere oranla porozitenin çok yüksek olduğu ortaya çıktı ve perlitden oluşturulan kompozit malzeme için porozitesi ve boşluk oranı en yüksek malzeme olduğu sonucuna varıldı.

Şekil 4.8.'de ise mermer tozu, pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin oluşum değerleri ile sonik hız değerlerinden oluşturulan grafik verilmiştir.



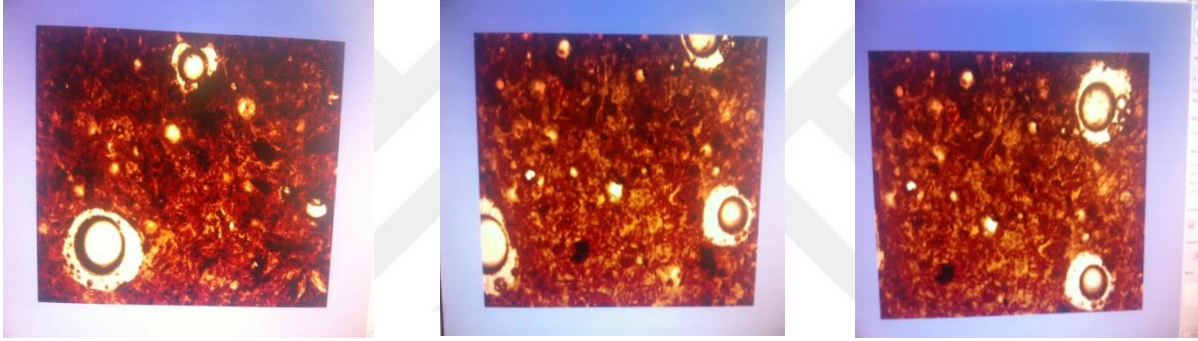
Şekil 4.8. Mermer tozu, Pomza, Perlit- Polyester reçine oranları ile sonik hız değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.9. Mermer tozu, Pomza ve Perlitden Oluşturulan Kompozit Malzemeleri Polarizan Mikroskobu İle İnceleme

Polarizan mikroskobu ile kompozit malzemelerin yapısı, tane homojenliği, camsı görünüş olup olmaması, gözeneklilik, malzemelerde boşluk olup olmaması incelenmiştir.

Kompozit malzemeler polarizan mikroskopta incelenmek için ince kesit laboratuvarında kesilip parlatılarak incelenmeye hazır hale getirildi.

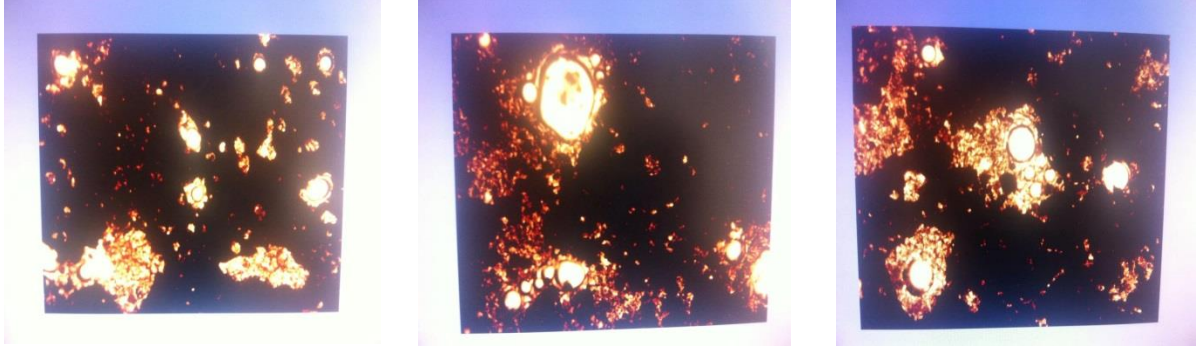
Daha sonra hazırlanan örnekler Materyal – Yöntem kısmında belirtilen mikroskopta incelendi ve örneklerin ekran görüntüsü alınıp yorumlandı. İlk olarak mermerden oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü incelendi. Şekil 4.9.'da mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.9. Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü

Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüleri incelendi. Ve görüntülerde gözlenen yuvarlaklar malzemenin boşluklu bir yapıya sahip olduğunu ortaya çıkarmış oldu. Ayrıca polyester reçine ile mermer tozu taneleri iyi bir doku oluşturduğu gözlemlendi.

Pomzadan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüleri incelendi. Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemedeki boşluklar pomzadan oluşturulan kompozit malzemedeki boşluklu bir yapıya sahip olduğu anlaşıldı. Bu malzemedeki pomza ile polyester reçine iyi bir doku oluşturmuştur. Şekil 4.10.'da pomzadan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.10. Pomzadan oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü

Perlitden oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüleri incelendi. Ve bu kompozit malzemeninde boşluklu bir yapıya sahip olduğu anlaşılmış oldu. Perlit ile polyester reçine iyi bir doku oluşturduğu anlaşılmış oldu. Şekil 4.11.'de Perlitden oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.11. Perlitden oluşturulan kompozit malzemenin mikroskop görüntüsü

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Polyester reçine ile mermer tozu, pomza ve perlitden, Metil Etil Keton Peroksit (MEKP) sertleştirici ve Kobalt Oktoat (CoOC) hızlandırıcı yardımıyla belirli oranlarda malzemeler oluşturuldu. Yedi farklı mermer tozu oranı, altı farklı pomza oranı ve üç farklı perlit oranından oluşturulan malzemelerin en iyi mukavemet değerlerini, polyester reçine ile aralarındaki uyumu, polyester reçinenin mukavemet değerleri üzerindeki etkiyi, deneyde kullanılan kayaçların tane boyutlarının mukavemet üzerindeki etkilerini, kompozit malzemelerin suya karşı gösterdikleri tepkiyi ve yoğunluklarını, boşluk oranlarını hesaplanarak, mermer tozu pomza ve perlitden oluşturulan kompozit malzemelerin fizikomekanik deney sonuçları incelenmiştir.

Mermer tozu, pomza ve perlitden kompozit malzeme oluştururken polyester reçine oranları belirli miktarlarda belirlenmiştir. Miktarlar belirlenirken kompozit malzemeyi oluştururken polyester reçine oranını yüksek tuttuğumuz örneklerin mukavemet deneyleri sonucunda sağlam bir yapıya sahip oldukları anlaşıldı. Mermer tozundan oluşturulan örneklerin ilk üçünde, polyester oranı yüksek olanlarda 45 MPa 'lık bir direnç gösterdi, buda örneğin sağlam olduğunu kanıtladı. Yine pomza ve perlitden oluşturulan örneklerin polyester reçine oranı yüksek olanlarda dayanım diğerlerine göre daha iyi olduğu gözlemlendi. Polyesterin az olduğu örneklerde ise dayanımın ilk örneklere oranla daha az olduğunu görüldü. Fakat polyester reçine oranı yüksek örneklerde mermer tozu, pomza ve perlitin özellikleri, malzemeye yansımamış olduğunu gözlemledik. Bütün sonuçları göz önünde bulundurarak en iyi karışım oranını belirlemiş olduk.

Deneyde malzeme oluşturma aşamasında örnekleri kalıplara koyduktan sonra bir tokmak yardımı ile sıkıştırma (presleme) işlemi gerçekleştirmiş olduk. Bu işlem bize faydalı bir sıkıştırma (presleme) işlemi olmadığını gösterdi. Buda oluşturulan malzemelerin taneleri arasında boşluk olmasını sağladı ve mikroskop görüntülerinde boşluklar olduğu görüldü. Yapılan fizikomekanik deneylerde boşlukların olması örneklerin mukavemetini olumsuz yönde etkilediği gözlemlendi. Eğer daha iyi bir presleme işlemini bir makine yardımı ile yapmış olsaydık taneler arası boşluk azalacak ve dayanım artacaktı.

Deneylerde kullanılan mermer tozu pomza ve perlit için tane boyu dağılım grafikleri oluşturuldu ve örneklerin tane boyutları belirlendi. Mermer tozunun tane boyutu 0.5 mm ile 0.7 mm arasında çıktı buda diğer örneklere oranla en küçük tane boyutuna sahip olduğu gözlemlendi. Mukavemet deneylerinde mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemeler diğerlerine oranla daha dayanıklı çıktı, buradan yola çıkarak tane boyutunun küçük olması malzemenin dayanımını artırmasına neden olabilir.

Yapılan fizikomekanik deneylerde kompozit malzemelerin su emme ve porozite (geçirimsizlik) özellikleri incelendi. Bu deneylerde polyester oranı yüksek olan malzemelerde su emme kapasitesi ve porozitesi çok düşük olduğu gözlemlendi. Polyesterin fazla olması tanelerin arasını doldurması malzemelerin hem geçirimsizliği düşürdü hem de suya dayanıklı bir yapı kazandırdığı gözlemlendi. Burada ayrıca pomza ve perlitin kimyasal ve fiziksel yapılarından dolayı yapılarına çok su aldığı gözlemlendi, buda porozite ve su emme deneylerinde sonuçlara yansdı.

Özet olarak sonuçlarsak; Mermer tozu pomza ve perlitten kompozit malzemeler oluşturulabilir. Mermer tozundan oluşturulan kompozit malzemeler yapı ve inşaat sektöründe kullanıldığı gibi pomza ve perlitten oluşturulan kompozit malzemelerde yapı ve inşaat sektöründe kullanılabilir. Fakat yukarıda belirttiğimiz bilgiler doğrusunda dayanımı arttırmak gerekli olacak ve malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve deneyleri iyi yorumlanması gerekecektir.



KAYNAKLAR

- [1]. Turhan Ç., (2003). Türkiye Mermer Potansiyeli Üretimi ve İhracatı. GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Sosyal Bilgiler Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23(3):243-256.
- [2]. Kahvecioğlu, Y.E., (2016). Yapıştırma Bağlantılı Kompozit Malzemelerin Mekanik Performansı üzerine Mekanik Bağlamanın Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [3]. Hristova J., Valeva V., Ivanova J., (2002). Aging and filler effects on the creep model parameters of thermoset composites. *Composites Science and Technology* 62:1097-1103.
- [4]. Terzi, S., Karaşahin, M., (2003). Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonunda Filler Olarak Kullanımının Araştırılması. *Teknik Dergi*, 193: 2903-2922.
- [5]. Khristova, Y., Aniskevich, K., (1994). Prediction of creep of the epoxy resin filled with marble inclusions. *Mechanic Composite Material*, 30:590-599.
- [6]. Gürü M.; Akyüz Y.; Akın E.; (2005). Mermer tozu/polyester kompozitlerde dolgu oranının mekanik özelliklere etkileri. *Politeknik Dergisi*, Cilt 8, Sayı 3, Sayfa 271-274.
- [7]. Avcı A.; Arıkan H.; Akdemir A.; (2004). Fracture behavior of glass fiber reinforced polymer composite. *Cement and Concrete Research*, 34, 429-434.
- [8]. Goyanes S. N.; Marconi J.D.; Königa P.G.; Martin M.D.; Mondragon I.; (2000). Dynamical properties of epoxy composites filled with quartz powder. *Journal of Alloys and Compounds*, 310, 374-377.
- [9]. Stawowy J.; (1994). Schwingungsarm eingestellter polymerbeton auf polyesterharzbasis und die sich daraus ergebenden möglichkeiten der bewehrung. Darmstadt-Hüls AG.
- [10]. Ateş E.; (2006). Epoksi ve polyester reçineli polimer betonda granülometri ve bağlayıcı oranları değişimiyle eğilme dayanımı optimizasyonu. *Makine Tasarım ve İmalat Dergisi*, 8(1):41-42.
- [11]. Ateş E.; Aztekin K.; Çakır R.; (2010). Dolgu malzemesiz kompozitlerin yoğunluğunun belirlenmesi ve basma dayanımı optimizasyonu. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 28(4):287-297.
- [12]. Yüçetürk, G., (2010). Göller Bölgesindeki Kayaçların Mineralojik ve Petrografik Özelliklerinin Yapay Mermer Kalitesine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 107s. Isparta.
- [13]. Gökalp, E., (2006). Odunsu Materyal Kullanımının Polyester Esaslı (Mermerit) Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 131s. Trabzon.
- [14]. Öztekin, L., (2007). Mermerlerde Uygulanan Kimyasallar, Epoksi ve Polyester Uygulanmış Mermerlerde Çekme ve Eğilme Dayanım - Sıcaklık ilişkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s. İstanbul.

[15]. Barbuta, M., Harja, M., (2008). Properties of Fiber Reinforced Polymer Concrete. Buletinul Institutului Politehnic Din Ias, I Publicat de Universitatea Tehnică, Gheorghe Asachi” din Ias, Î. Tomul LIV (LVIII), Fasc. 3.

[16]. Hıçılmaz, C., Altun, N.E., (2005). Pomzanın Yapı Malzemesi Olarak Kullanılma Olanaklarındaki Son Gelişmelerin ve Koşulların Değerlendirilmesi. Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi, 159s.

[17]. Can, M., Avcı, A., (1995). Bursa Bölgesi Konut Duvarlarının Optimum - Isı Yalıtım Kalınlığının Hesabı Ülke Ekonomisi ve Hava Kirliliğine Etkileri. I. Isı-Ses-Su Yalıtımı Sempozyumu, 13 -14 Aralık, İstanbul.

[18]. Topçu, İ., Gökbel, İ., Işıkdag B., (2015). II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu SBS 2015, Türkiye.

[19]. RILEM (1980) Tests Defining the Structure, Materials and Construction, v: 13, n: 73. Türk Standartları Enstitüsü (1978). Methods of Testing for Natural Building Stones, TSE 699, Ocak, Ankara, 9-15.

[20]. ISRM, (2007). The Complete ISRM Suggested Methods for Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Eds: Ulusay and Hudson. Ankara, Turkey.

[21]. Deere D.V., Miller R.L., (1966). Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana. 90-101.

[22]. Kesimal, A., Tekin, Y., Ultrasonik P- Dalga Hızı Deneyi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı. Deney No: 7.

[23]. German, R. M., (2007). Toz Metalurjisi ve Parçacıklı Malzeme İşlemleri. Türk Toz Metalurjisi Derneği, Temmuz, Ankara.

[24]. TS EN 933-1, (2012). Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımının tayini - Eleme yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[25]. Anon., 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part 1-rock and soil materials. Bull. Int. Ass. Eng. Geo. 19, 364-371.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Hakan Tok

Doğum Tarihi: 31.08.1991

E-Mail: hakanntk33@gmail.com

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2011-2015
Yüksek Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2016-2018

