

**MERMER TOZU KATKILI YALITIM LEVHASI
YAPIŖTIRMA
HARÇLARININ PERFORMANSLARININ
İNCELENMESİ**
Yüksek Lisans Tezi
Ertunç TATAR
DANIŖMAN
Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŖ
MADEN İŖLETME ANABİLİM DALI
ARALIK 2014

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERMER TOZU KATKILI YALITIM LEVHASI YAPIŞTIRMA
HARÇLARININ
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

Ertunç TATAR

DANIŞMAN

Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAGİŞ

MADEN İŞLETME ANABİLİM DALI

Aralık 2014

TEZ ONAY SAYFASI

Ertunç TATAR tarafından hazırlanan “Mermer Tozu Katkılı Yalıtım Levhası Yapıştırma Harçlarının Performanslarının İncelenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 19/12 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman :	Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ	İmza
Başkan :	Prof. Dr. Bahri ERSOY AKÜ Mühendislik Fakültesi,	İmza
Üye :	Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ AKÜ Mühendislik Fakültesi,	İmza
Üye :	Doç. Dr. Tayfun UYGUNOĞLU AKÜ Mühendislik Fakültesi,	İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına 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 ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19/12/2014

İmza
Ertunç TATAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MERMER TOZU KATKILI YALITIM LEVHASI YAPIŞTIRMA HARÇLARININ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Ertunç TATAR
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

Bu çalışmada; yalıtım levhası yapıştırma harçlarının içerisindeki hammadde olan dolomitin yanı sıra, farklı oranlarda mermer tozu katkısının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Katkılı yalıtım levhası yapıştırma harçlarında kullanılacak mermer tozunun nem, elek analizi, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, çekme dayanımı, su emme, priz başlangıç ve yayılma deneyleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde mermer tozunun nem oranının % 1'den düşük, tane boyutunun ise dolomite göre +710 mikron ve -125 mikron fraksiyonlarının fazla olduğu görülmüştür. Deneyler sonucunda ise elde edilen değerlerin TSE' ye uygun olduğu tespit edilmiştir. XRD sonuçlarına göre mermer tozunun kalsiyum karbonat oranı ve hatrurit oranı fazla çıkmıştır. Mermer tozunun dolomitte birlikte kullanımı ekonomik yönden de incelenmiş ve maliyet hesabı yapılarak daha avantajlı olduğu anlaşılmıştır.

2014, x + 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: Mermer tozu, yapı kimyasalları, yapıştırma harçları, ısı ve yalıtım malzemeleri.

ABSTRACT
M.Sc Thesis

**EXAMINING THE PERFORMANCE OF MARBLE POWDER DOPED INSULATION
BOARD ADHESIVE**

Ertunç TATAR
Afyon Kocatepe University
Graduate Scholl of Natural and Applied Sciences
Department of Minining Engineering
Supervisor : Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

In this study, research focused on that marble waste sand can be used with the dolomite at different amounts in the adhesive mortars. At the adhesive mortars with additive have been tested; compress strength, flexural strength, pulling strength, water absorption, initial setting time and spreading tests. All these marble waste sand's humidity, chemical structure and particle size have been examined. All results are show that marble waste sand's humidity lower than % 1 and particle size amounts over 710 micron and under 125 micron is more than dolomite. The ratio of calcium carbonate, marble powder according to the XRD patterns and hatrurite rate is more increased. Additionally, dolomite marble waste sand's usage has been examined economically and calculations are show that has advantage economically.

2014, x + 71 pages

Keywords: Marble powder waste, construction chemicals, adhesive, heat and insulation materials

TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunun seçimi, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAGİŞ'e, araştırma, deneysel çalışmalar ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Tayfun UYGUNOĞLU'na, çalışmalarımı gerçekleştirme imkânı sağlayan TEKNO Yapı Kimyasalları A.Ş. firmasına, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm diğer hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme de teşekkür ederim.

Ertunç TATAR
AFYONKARAHİSAR, 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Mermer ve Özellikleri.....	3
2.1.1 Mermer Tozu	4
2.1.2 Mermer Toz Atıklarının Oluşumu	4
2.1.3 Mermer Tozu Atık Miktarı Çalışması.....	7
2.1.4 Mermer Toz Atıklarının Çevresel Etkileri	8
2.1.5 Mermer Toz Atıklarının Değerlendirilmesi	9
2.1.6 Mermer Tozu ve Atıklarının Kullanım Alanları.....	10
2.1.6.1 Parça Mermer Atıklar	11
2.1.6.2 Toz Mermer Atıklar	11
2.1.6.3 İnşaat Sanayi	12
2.1.6.4 Kireç Üretiminde Mermer Tozu Kullanımı	12
2.1.6.5 Beton Üretiminde.....	12
2.1.6.6 Gazbeton Üretiminde	13
2.1.6.7 Seramik Sektöründe	13
2.1.6.8 Mermer Tozlarının Tuğla Üretiminde Kullanımı	14
2.1.6.9 Çimento İmalat Sanayi.....	14
2.1.6.10 Plastik Sanayi	15
2.1.6.11 Agrega İçerisinde Kullanımı	15
2.1.6.12 Kağıt Sanayi	15
2.1.6.13 Tarım ve Gübre Sanayi	16

2.1.6.14 Yem Sanayi	16
2.1.6.15 Boya Sanayi	16
2.1.6.16 Yol Yapımında.....	16
2.1.6.17 Demiryolu Zemin Malzemesi	17
2.1.6.18 Cam Sanayi	17
2.1.6.19 Kimya Sanayi.....	17
2.1.6.20 Diğer Kullanım Alanları	17
2.2 Mantolama	17
2.2.1 Mantolama Uygulaması	18
2.3 Yalıtım Malzemeleri	19
2.3.1 Yalıtım Levhaları	20
2.3.1.1 EPS Isı Yalıtım (Mantolama) Levhaları	20
2.3.1.2 XPS Isı Yalıtım (Mantolama) Levhaları.....	20
2.3.1.3 Taşyünü Isı Yalıtım (Mantolama) Levhaları	21
2.4 Yapıştırma Harçlarının Genel Özellikleri.....	21
2.4.1 Kullanım Alanları	22
2.4.2 Yüzeyin Hazırlanması.....	22
2.4.3 Malzemenin Hazırlanması	23
2.4.4 Uygulama Yöntemi.....	23
2.4.5 Yapıştırma Harçları Teknik Özellikleri	24
3. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	25
3.1 Mermer Tozu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	25
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	29
4.1 Çimento.....	29
4.2 Dolomit	29
4.3 Mermer Tozu	30
4.4 Kimyasallar	30
4.5 Karışımın Hazırlanması	31
4.6 Hammadde Analizleri	32
4.6.1 Dolomit	32
4.6.2 Mermer Tozu	33
4.7 Detaylı Analizler.....	33

4.7.1 Taze Harç Analizleri	33
4.7.1.1 Yayılma Testi (TS 13395-1)	34
4.7.1.2 Priz Başlangıç Testi (TS EN 196-3+A1)	35
4.7.2 Sertleşmiş Harç Analizleri	38
4.7.2.1 Eğilme Dayanımı Testi (TS EN 12808-3)	38
4.7.2.2 Eğilme Dayanımı Hesabı	39
4.7.2.3 Basınç Dayanımı Tayini (TS EN 12808-3)	40
4.7.2.4 Çekme Testi (TS EN 1348)	42
4.7.2.5 Su Emme Testi (TS EN 12808-5)	44
4.7.2.6 XRD (X-Ray Diffraction) X Işınları Kırınım Analizleri	46
4.7.2.7 SEM (Scanning Electron Microscope) Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri	46
5. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	47
5.1 Nem Analizi Sonuçları.....	47
5.2 Elek Analizi Sonuçları	47
5.3 Kimyasal Analiz Sonuçları	48
5.4 Taze Harç Deney Sonuçları	50
5.4.1 Yayılma Deneyi	50
5.4.2 Priz Başlangıç Deneyi.....	51
5.5 Sertleşmiş Harç Deney Sonuçları	52
5.5.1 Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları	52
5.5.2 Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları	53
5.5.3 Çekme Deneyi Sonuçları	54
5.5.4 Su Emme Deneyi Sonuçları	55
5.5.5 XRD Analizi Sonuçları	59
5.5.6 SEM Analizleri Sonuçları (Taramalı Elektron Mikroskobu).....	61
5.6 Maliyet Analizi	64
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	65
7. KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

SiO ₂	Silisyum oksit
Al ₂ O ₃	Aluminyum trioksit
FeO ₃	Demir trioksit
CaO	Kalsiyum oksit
MgO	Magnezyum oksit
P ₂ O ₆	Fosfor
SO ₃	Sülfür trioksit
Na ₂ O	Sodyum oksit
K ₂ O	Potasyum oksit
MnO	Mangan oksit
SrO	Stransiyum oksit
Cr ₂ O ₃	Krom trioksit
Fe ₂ O ₃	Hematit
BaO	Baryum oksit
A.Z.	Ateş Zaiyatı
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
CO ₂	Karbondioksit
H	Hidrojen
Si	Silisyum
Al	Aluminyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Ti	Titanyum
μ	Mikron

Kısaltmalar

TSE	Türk Standartları Enstitüsü
MPa	Mega Pascal
kN	Kilo Newton

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1 Yapılan deneylerin sınıflandırılması	32
Şekil 4.2 Standart kıvam ve priz süresi tayini için manuel tipik vicat cihazı	37
Şekil 4.3 Eğilme dayanımı tayininde kullanılan yükleme düzeneği.....	40
Şekil 4.4 Basınç dayanımının tayininde kullanılan tipik sıkıştırma tertibatı.....	42
Şekil 5.1 Mermer tozu katkı oranına bağlı yayılma çapındaki değişim	50
Şekil 5.2 Priz başlangıç deneyi sonuçları	51
Şekil 5.3 Yapıştırma harcının mermer tozu katkısına bağlı eğilme dayanımındaki değişimi	52
Şekil 5.4 Yapıştırma harcının mermer tozu katkısına bağlı basınç dayanımındaki değişimleri	54
Şekil 5.5 28 günlük farklı oranlarda katkılı numunelere uygulanan gerilim değişimleri	55
Şekil 5.6 Mermer tozu katkı oranına bağlı yoğunluğun değişimi	56
Şekil 5.7 Mermer tozu katkı oranına bağlı porozitenin değişimi	57
Şekil 5.8 Mermer tozu katkı oranına bağlı ağırlıkça su emme miktarındaki değişimi.....	58
Şekil 5.9 Mermer tozu katkı oranına bağlı ağırlıkça su emme miktarındaki değişimi.....	58
Şekil 5.10(a-b) % 0 Mermer tozu katkılı numunenin XRD sonucu.....	59
Şekil 5.11(a-b) % 60 Mermer tozu katkılı numunenin XRD sonucu.....	60
Şekil 5.12(a-b) % 100 Mermer tozu katkılı numunenin XRD sonucu.....	60
Şekil 5.13 % 0 Mermer tozu katkılı numunenin SEM analizi görüntüleri	62
Şekil 5.14 % 60 Mermer tozu katkılı numunenin SEM analizi görüntüleri	63
Şekil 5.15 % 100 Mermer tozu katkılı numunenin SEM analizi görüntüleri	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Yalıtım levhası yapıştırma harçları teknik özellikleri	4
Çizelge 2.2 Yalıtım levhası yapıştırma harçları teknik özellikleri	24
Çizelge 4.1 1 kg'lık numune için kullanılan malzeme miktarları	31
Çizelge 5.1 Mermer tozu ve dolomitin nem oranları.....	47
Çizelge 5.2 Mermer tozu elek analiz	48
Çizelge 5.3 Dolomit elek analizi	48
Çizelge 5.4 Dolomit kimyasal analizi.....	49
Çizelge 5.5 Mermer tozu kimyasal analizi	49
Çizelge 5.6 Yapıştırma harçlarının TSE de istenen min. ve max. değerleri.....	49
Çizelge 5.7 Su emme deneyi tartım sonuçları	55
Çizelge 5.8 XRD analiz sonuçları	61

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Mermer kırıkları atığı görüntüsü	5
Resim 2.2 Mermer çamur şeklindeki atık görüntüsü.....	6
Resim 2.3 EPS yalıtım levhası	20
Resim 2.4 XPS yalıtım levhası	21
Resim 2.5 Taşyünü yalıtım levhası	21
Resim 2.6 Mantolama yapılmış bina	22
Resim 2.7 Yapıştırma harçlarının duvara uygulanması görüntüsü	22
Resim 2.8 Yapıştırma harcı uygulanmış XPS görüntüsü	23
Resim 3.1 Preslenmiş mermer kek malzemesinin genel bir görünümü	28
Resim 3.2 Mermer keki bileşenli köpük beton blok örneklerinin sembolik görünümü	28
Resim 4.1 Gri çimento	29
Resim 4.2 200-700 mikron dolomit	29
Resim 4.3 Mermer tozu	30
Resim 4.4 Selüloz, polimer ve nişasta kimyasalları	30
Resim 4.5(a-b) Yayılma testi için kullanılan cihaz ve yayılmış harcın çapının ölçülmesi	35
Resim 4.6 Standart priz başlangıç cihazı.....	36
Resim 4.7 Eğilme testi cihazı	38
Resim 4.8 Kalıba dökülmüş taze harç 39	
Resim 4.9 Kalıptan çıkartılmış sertleşmiş harç	39
Resim 4.10 Basınç dayanımı cihazı genel görünümü	41
Resim 4.11 Basınç dayanımı cihazı görünümü	41
Resim 4.12 Vida kaynatılmış 5 mm'lik saç levha	43
Resim 4.13 Harç sürülmüş EPS strafor	43
Resim 4.14 Saç levha ve harç uygulanmış EPS strafor numuneleri genel görünümü	43
Resim 4.15 Numunenin cihaz üzerindeki görüntüsü.....	43
Resim 4.16 Çekme testi için kullanılan cihaz	43
Resim 4.17 Hassas terazi ve arşimet terazisi düzeneği	44
Resim 4.18 Etüv cihazı.....	45
Resim 4.19 28 gün şartlandırılan su emme testi için hazırlanan yapıştırma harcı kalıp numuneleri	45

1. GİRİŞ

Mermer ocaklarından ve üretim tesislerinden çıkan mermer atığı kısmen değerlendirilmekte, büyük bir kısmı ise çevreye atılmaktadır. Açığa çıkan farklı boyutlardaki atıkların endüstriye kazandırılmasına yönelik olarak birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Mermer fabrikalarında işlenen mermerlerin ortalama yaklaşık % 30 'unun üretim atığı olarak ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu da Türkiye'de birçok atığa neden olmakta olup, değerlendirilmesiyle ekonomiye büyük katkı sağlanacaktır. Dünyada bazı uygulamalarda ve literatür bilgilerinde mermer atığının seramik, çimento, boya, cam, yapı malzemesi gibi birçok sektörde değerlendirilme çalışması vardır. Bu mermer tozunun kullanılabileceği alanlardan birisi de yapı malzemesi sektörüdür.

Yapı malzemelerinden birisi olan ve mantolama için kullanılan yapıştırma harçları XPS, EPS, taş yünü gibi levhaların yapıştırılması için kullanılmaktadır. Yalıtım levhası yapıştırma harçları içerik olarak çimento, dolomit ve kimyasallardan oluşmaktadır. Bu çalışmada da belli bir boyuta kırılıp öğütülmüş olarak alınan mermer tozu, yalıtım levhası yapıştırma harçlarında dolomit hammaddesi ile birlikte çeşitli oranlarda katkı maddesi olarak kullanılmıştır ve kalite tayinindeki başlıca standart deneylere tabi tutularak uygunluğu irdelenmiştir.

Bu tez kapsamında, Afyon yöresi mermerler ocaklarının pasa attıklarından mıcır yapan bir işletmeden alınan mermer tozu numuneleri ile TEKNO Yapı Kimyasalları A.Ş. firmasına ait yalıtım levhası yapıştırma harcı üzerinde bir seri kalite tayinine ilişkin deneysel çalışmalar yapılmıştır. Kırma tesisinden alınan numunelere, öncelikle TEKNO Yapı Kimyasalları şirketine ait tesiste elek analizi ve nem analizi yapılmış ve bulunan nem oranının ve elek aralığının TSE'de aranılan niteliklere uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, bu tez kapsamında mermer tozu katkısı miktarının değişimine bağlı olarak yalıtım levhası yapıştırma harçlarına eğilme, basınç, çekme, su emme, yayılma, priz başlangıç, XRD ve SEM analizleri de yapılmıştır.

Bu çalışmadaki ana amaç; mermer tozu katkılı yalıtım levhası yapıştırma harçlarının kalite tayin deneyleri yapılarak, TSE'nin istediği değerlere göre uygun bir oran saptanmaya çalışılmasıdır. Mermer tozu katkılı yalıtım levhası yapıştırma harcının maliyet olarak ta analizi yapılmış olup, mermer tozu veya dolomit hammaddesi kullanımının ekonomik olup olmadığı incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Bu çalışma kapsamında mermer tozu ile ilgili genel bir tarama yapılmıştır mermer tozu ve bunların oluşumu ile bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.1 Mermer ve Özellikleri

Mermerin bilimsel olarak tanımı; kireç taşlarının (CaCO_3) zamanla doğada meydana gelen ısı ve basınç (metamorfizma) etkisi ile kristalize olmuş bileşiminde en az % 95 CaCO_3 bulunan, genellikle yoğunluğu $2550\text{-}2800 \text{ kg/m}^3$ arasında değişebilen, içerisinde az miktarda kuvars, grafit, hematit, limonit, pirit, mika, klorit gibi mermere değişik renkler ve damarlı bir görünüm kazandıran mineraller bulunur.

Kimyasal bileşimlerinde büyük oranda kalsiyum karbonat, daha düşük oranlarda silisyum dioksit, ayrıca pigment olarak da değişik metal oksitleri bulunmaktadır. Sertlik mermerlerin aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir Mermerindeki minerallerin sertliği mermerin sertliğini belirler. Bir mineralin sertliği o minerale dıştan gelen bir etkiye karşı göstermiş olduğu dirençtir. Tane boyut dağılımının genelde ince, sınırlarının ise grift olması mermerin sertliğini arttırmaktadır (Kun, N.,2000, Önenç, D.,1998).

Mohs sertlik ölçeğine göre kalsitin sertliği 3,0 ve dolomitin sertliği 3,5-4 tür. Mermerlerde dolomit oranı arttıkça sertlik derecesi artar. Mermer sertliği; mineralojik bileşimi yanında yapısına dokusuna gözenekliliğine yapısındaki yabancı madde türü ve miktarına bağlı olarak değişmektedir (Kun, N.,2000, Önenç, D.,1998).

Çizelge 2.1 Mermer tozunun fiziksel ve mekanik özellikleri (Kun N. 2000).

Sertlik 3-4 Mohs

Birim Hacim Ağırlığı: 2,70 gr/cm³

Özgül Ağırlığı: 2,73 gr/cm³

Basınç Direnci: 1,12 kgf/cm²

Darbe Direnci: 13,18 kgf-cm/cm³

Eğilme Direnci: 225 kgf/cm²

Doluluk Oranı: % 98,90

Gözeneklilik Derecesi: % 1,10

Çekme Direnci: 68 kgf/cm²

2.1.1 Mermer Tozu

Günümüzde mermer tozu, çeşitli sanayi dallarında katkı ve dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Mermer tozu gereksinimi çoğu zaman ocaklardan patlatma yöntemiyle özel olarak elde edilen moloz büyüklüğündeki mermer parçalarının kırılıp öğütülmesiyle veya mermerin kesimi ve makine ile işlenmesi sırasında açığa çıkan kristal haldeki atıktır.

Mermer tozu, en küçük boyutlu mermer atıklarıdır. Mermer işleme tesislerinde blokların ve plakaların kesilmesi sırasında oluşan ve büyük çoğunluğu da 300 mikronun altında olan mermer tanecikleridir. Kesme işleminde su kullanılması nedeniyle suyla birlikte çökeltme havuzlarına taşınır (Kun N. 2000).

2.1.2 Mermer Toz Atıklarının Oluşumu

Mermercilik sektörünün işlevselliği genel olarak irdelendiğinde, başlıca iki etmen öne çıkmakta olup, ocak işletmeleri ve ocaktan üretilen ham blok mermerlerin fabrikalarda işlenmesi süreçleridir. Bu faaliyetler kapsamında gerek ocaklarda gerekse fabrika işleme sürecinde işlenmemiş atık malzeme veya işleme sonrası atık mermer materyallerin yoğun olarak oluştuğu ve bunların çoğunlukla atık sahalarında atıllaştırıldığı dikkat çekmektedir.

Bu artık ve/veya atık malzemeler, mermer ocaklarında çoğunlukla parça mermer atıklar (molozlar) şeklindeki blok artıkları olarak yoğunluk göstermekte olup, günümüzde mermer ocaklarındaki üretim veriminin % 9-12 oranları arasında değişim gösterdiği göz önünde tutulduğunda, önemli bir artık potansiyelinin oluşmasına sebep olmaktadır (İnt. Kyn. 3).



Resim 2.1 Mermer kırıkları atığı görüntüsü.

Diğer taraftan mermer işleme tesislerindeki üretim atıkları ele alındığında, mermer işleme süreci sonucu oluşan parça mermer atıklar, bu problemin bir bölümünü oluşturduğu gibi, mermer kesim sürecinde kesim makinelerinin oluşturduğu şlam halindeki mikronize boyutlarda yer alan mermer atıklarıdır.

Sektörel uygulamalarda çoğunlukla görüldüğü gibi, bu kesme işlemi şlam atığı, bir atık havuzunda toplanarak, flokülasyon (çöktürme) işlevi, filtreleme ve presleme işlemleri sonucu kısmen susuzlaştırılmış mermer keki malzemeleri elde edilmekte ve bu malzemeler mermer atığı/artığı olarak tesislerde ekonomik değeri olmayan malzemeler olarak görülebilmektedir. Ancak, bu mermer keki malzemeler teknik açıdan incelediğinde, çok küçük partikül boyutlarına indirgenmiş mikronize mermer materyallerini oluşturduğu görülmekle birlikte, sektörel alanda oldukça yüksek miktarlarda bu tarz artık materyallerin her gün oluştuğu da kaçınılmaz bir gerçektir (İnt. Kyn. 3).



Resim 2.2 Çamur şeklindeki mermer atık görüntüsü.

Bu artık materyaller de günümüzde mermer işleme tesislerin sayısının yadsınamayacak ölçeklerde çok sayıda oluşu, bu bağlamda artık materyal potansiyelini önemli hacimlere ulaştırabilmektedir. Bu her iki atık/artık mermer potansiyelinin, ülke ekonomisine katma değer sağlayacak ölçeklerde günümüzde değerlendirilmediği de önemle dikkat çekmekte olup, bunun doğal sonucu milli bir kayıp olarak ele alınması gereken bir husustur. Mermer atık/artık malzemelerin endüstriyel olarak kullanılabilirlik olanaklarının sağlanması şüphesiz konu üzerine yürütülebilecek Ar-Ge çalışmaları ile mümkün olabilecektir (İnt. Kyn. 3).

Bu bağlamda elde edilecek bulgular, ülke ekonomisine yüksek katma değer sağlayacak ürün türevlerinin geliştirilmesine alt yapı oluşturacağı gibi, sektörel alanda atık/artık olarak nitelenen malzemelerin gerçekte ekonomik birer endüstriyel ana ve/veya ikincil hammadde kaynakları olabilme potansiyelini de ortaya koyabilecektir. Bu olgu, kuşkusuz daha çevreci ve ekolojik değerlerin korunabildiği bir yaşam ortamının oluşmasında önemli katkı sağlayacaktır. Bu açıdan irdelendiğinde mermer atıkları alternatif ürün türevlerinin elde edilmesinde ya ana hammadde ya da yardımcı hammadde (dolgu materyali) olarak kullanılabilir (İnt kynk 3). Endüstriyel uygulamalar bağlamında mermer atıkları standartlara uygun prensipler dahilinde yeterli Ar-Ge faaliyetleri yapıldığında gıda sektöründen, ilaç sektörüne, inşaat sektöründen ziraat sektörüne, enerji sektöründen nano teknoloji ürünlerine kadar birçok alanda kullanım yeri bulabilme potansiyeline sahip olduğu bilimsel bir gerçektir.

Bu bağlamda, ülkemizde konuya ilişkin Ar-Ge çalışmalarına yapılacak teşvikler ve teknik bilgi (know-how) oluşturmaya yönelik bilimsel nitelikteki araştırma faaliyetleri, şüphesiz hem ekonomik değerlere hem de sektörel alanlarda yeni ürün türevlerinin oluşmasına olanak sağlayacaktır. Fabrikada kesilen bloklardan belirli ebatlarda plakalar elde edilmektedir (İnt. Kyn. 3).

Elde edilen bu plakaların baş kesme ve yan kesmelerde uygun ölçülerde boyutlandırma yapılır. Parlatma ve cilalama işlemlerine tabi tutulur. Bu işlemler sırasında çok küçük boyutta mermer tozu atıkları oluşmaktadır. Bu işlemler sulu olarak yapıldığında açığa çıkan artıklar su ile birlikte taşınmakta ve genellikle havuz yöntemi uygulanarak toplanmaktadır. Bu suyun geri kazanılması sonucunda artık tozlar elde edilmektedir (Şentürk vd., 1996).

2.1.3 Mermer Tozu Atık Miktarı Çalışması

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda; Afyon'daki mermer fabrikalarında yılda yaklaşık olarak 80.000 m³ Afyon mermerinin işlendiği saptanmıştır.

Mermer işleme fabrikalarında kullanılan kesme makinalarının her bir bıçağı (disk veya kama) kesme işlemi esnasında bloğunda yaklaşık 7-8 mm kalınlığındaki mermer dilimini toz haline dönüştürmektedir. Bloğun 2 cm'lik ya da 3 cm'lik levha veya plaka olarak kesilmesi durumuna göre % 20-30 oranında toz oluşmaktadır. Levha veya plaka kalınlığı 1 cm olacak olursa, açığa çıkan toz miktarı oranı daha fazla olmaktadır.

Genellikle 2-3 cm kalınlıkta plaka üretimi yapılmasıyla birlikte 1 cm'lik kesim ve diğer mermer işleme işlemleri de göz önüne alınarak oluşan toplam toz miktarı; toz oluşum oranı ortalama % 30 alınarak hesaplanmıştır. Mermer ortalama yoğunluğu 2,7 ton/m³ tür.

Afyon mermerlerinden açığa çıkan toplam toz miktarı : 80.000 m³ x 0,30 = 24.000 m³

Açığa çıkan toplam toz miktarı : 24.000 m³ x 2,7 ton/ m³ = 64.800 ton'dur.

Bir kesici elmas soketin toz haline dönüştürdüğü mermer diliminden yola çıkılarak toplam artık toz miktarı hesap edilecek olursa; diğer toplam ile hemen hemen aynı olduğu görülecektir. Hesaplama 1 m³'lük bir blok esas alınmıştır (boyutları 1x1x1 m'dir).

Kesilen plakanın kalınlığı = 2 cm

Toz olan dilimin kalınlığı = 0,8 cm

Toplam kalınlık = 2,8 cm

Blokta toz haline dönüşen dilim sayısı : 100 cm / 2,8 cm = 36 adet

Kesilen dilimlerin toplam hacmi : 36 adet x 0,008 m x 1 m x 1 m = 0,288 m³ (1 m³ blok için)

Bu durumda Afyon mermerlerinden açığa çıkan toplam toz miktarı ise;

80.000 m³ x 0.288 = 23.040 m³ olmaktadır.

23.040 m³ x 2,7 ton /m³ = 62.208 ton olmaktadır (Büyüksağış 2009).

2.1.4 Mermer Toz Atıklarının Çevresel Etkileri

Mermer atıklarının ekosisteme ciddi zararları vardır. Bu atıklar çevreye ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenlere önemli ölçüde etki eder.

- Karada toprağın porozitesini ve su emmesini azalttığı için ürün verimini düşürür. Bu alanlarda bitkisel yaşam yok olur.

- Küçük parçalar havada uçuşur ve hava kirliliğine sebep olur. İnsan sağlığını etkiler ve Nehirlerde, kanallarda yoldan akan su içinde hem suyun kalitesini bozar hem de suyun depolanma kapasitesini düşürür.

- Karada uzun süre kaldıklarında suyun akış rejimini engeller ve yer altı su havzaları üzerinde olumsuz etki yapar. Ayrıca yolların yapısını bozmakla beraber araçların ilerleyişini engeller.

- Etrafa dağılan atık yığınları görsel açıdan çevreyi çirkinleştirir. Yerleşim alanının turizm ve endüstriyel potansiyeli üzerinde olumsuz etki yapar (Vijayalakshmi vd., 2001).

2.1.5 Mermer Toz Atıklarının Değerlendirilmesi

Mermer artıklarının değerlendirilmesi ile ilgili yapılan tüm bilimsel çalışmalara rağmen bu konuda önemli bir ilerleme sağlanamamasının temel nedeni, bu konuda zorlayıcı yasal düzenlemelerin yapılamamış olmasıdır. Gerekli yasal düzenlemeler bir an önce yapılarak hayata geçirilmelidir (Singh 2009).

Mermer işleme tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerdeki mermer atık sahaları kamuoyu gözünde çevre ve doğal güzelliğe zarar verdiği gerekçesiyle tepkilere neden olmaktadır.

Mermerlerin ocaktan çıkarılması, blok mermerin fabrikada işlenmesi sırasında ortaya çıkan ve mamul mermer üretiminden geriye kalan bütün mermer parça ve tozları mermer atığı olarak kabul edilmektedir.

Mermer atıkları oluşum yerlerine göre; ocaklarda ve fabrikalarda oluşan atıklar, boyutlarına göre ise; molozlar, kapaklar, paledyenler ve toz atıklar olarak adlandırılıp sınıflandırılmaktadır. Tesislerde işlenen mermerlerden toz ve kırıntı artıkları işlenen mermerlerin yaklaşık olarak % 30'unu oluşturmaktadır. Değişik sanayi kollarında kullanım alanı bulabilen kırıntı mermer atıkları alternatiflerinin yerine kullanıldığı takdirde çok daha ucuz bir girdi olabilmektedir. Mermer fabrikalarında üretim atığı olarak çıkan toz atıklar genellikle değerlendirilmemekte olup çevresel açıdan kirliliğe yol açmaktadır.

Atıkların faydalı biçimde kullanılmasını sağlamak sürdürülebilir gelişimi başarmak için çok önemli bir çevresel girişimdir. Öte yandan bilimsel araştırmalar olmadan yapılan bir geri dönüşüm tam aksine daha kötü etkilere sebep olabilir. Başarılı bir araştırma ve yenir yapı malzemesini geliştirilmesi veya atık bileşenin hammadde olarak kullanımı, teknik, çevresel, finansal, pazarlama, kanunlar ve sosyal açıdan bakıldığında çok karmaşık ve disiplinler arası bir iştir.

Nüfusun büyümesi, şehirleşmenin artması, teknik yeniliklere bağlı yaşam kalitesinin artması endüstriyel, madeni, evsel, tarımsal alanlarda üretilen katı atıkların miktarında ve çeşidinde artışa katkı sağlamaktadır. Endüstriyel atıkların alternatif yeni malzemelerin gelişiminde kullanılması veya hammadde olarak kullanımı düşük maliyet sağlayacağı gibi çevrenin korunmasını da beraberinde sağlayacaktır (Dhanapian vd. 2009a; 2009b).

Mermer blokların çıkarılması ve blokların işlenmesi sırasında parça ve toz halinde olmak üzere iki tür atık oluşmakta ve bu atıklar çevrede çeşitli olumsuz etkilere neden olmaktadır. Parça (pasa) ve toz artıklar çeşitli şekillerde bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilip, ekonomik katma değeri olan bir malzemeye dönüştürülebilir. Toz mermer artıklarının değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmasına rağmen özellikle ocaklarda blokların çıkarılması sırasında meydana gelen parça mermer atıkları yalnızca yollarda temel ve alt temel malzemesi olarak değerlendirilmektedir (Terzi ve Kardeşahin 2003).

Atık yönetimi açısından laboratuarlara bu seviyede farklı çözümler üretmek için çok iş düşmektedir. Gelir seviyesi yüksek teknolojiler için destek verilmeli ve bu ürünler cazip halde piyasaya sunulmalıdır. Şirketlerin ar-ge çalışmalarına önem vermeleri gerekmektedir (Vijayalakshimi vd. 2001).

Gelecekte mermer atıklarının bir atık olmaktan çıkıp alternatif yeni bir malzeme olması imkansız değildir. Durumun önemi fark edilip büyük çaplı uygulamaları amaçlayan teknolojilere destek verilmelidir. Sorunla ilgili yalnızca gelişmiş ülkeler değil gelişmekte olan ülkeler tarafından da harekete geçilmeli, ilgili kanunlar ve yasalarla yönetimlerce desteklenmelidir (Vijayalakshimi vd. 2001).

2.1.6 Mermer Tozu ve Atıklarının Kullanım Alanları

Mermer tozu, kâğıt sanayi, boya sanayi, plastik sanayi, seramik endüstrisi, cam sanayi, tarım sektörü, hayvan yemi üretimi, kireç ve çelik üretimi gibi birçok alanda kullanılabilir. Ancak bu alanlarda, mermer tozu genellikle bazı fiziksel ve kimyasal işlemler uygulanarak kullanılabilir.

Bu da üreticiye ekonomik bir yük getirmektedir. Ancak mermer tozu çimento esaslı ürünlerde kullanılmadan önce sadece kurutulacak ve az bir fiziksel kuvvetle toz haline getirilecektir. Bundan dolayı inşaat sektöründe kullanımı daha ekonomik olmaktadır (Ağdağ ve Kırımhan 1999).

Doğaltaş artıklarının tekrar sanayiye kazandırılması amacıyla epey çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Doğaltaş sektörünün gerek pasa olan iri parçalardan, gerekse daha ince toz atıklarından yararlandığı görülmektedir. Her ne kadar yapılan teknik çalışmalar laboratuvar ölçeğinde kalsa da bazı sektörlerde doğrudan veya bir takım süreçlerden geçtikten sonra kullanılmaktadır.

Bu söz konusu artıkların endüstride başlıca kullanım alanları aşağıda kısaca bahsedilmiştir;

2.1.6.1 Parça Mermer Atıklar

- Beton agregası,
- Döşeme plakası agregası,
- Sıkıştırılmış yol zemini,
- Baraj ve İnşaatlarda dolgu malzemesi,
- Demir yolu zemin malzemesi,
- Paledyen-yer döşeme malzemesi,
- Diğerleri (Demir 2008).

2.1.6.2 Toz Mermer Atıklar

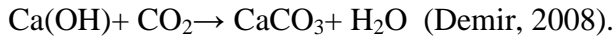
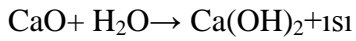
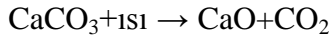
- Zirai kireçtaşı-zirai toprak ve zemin ayarlayıcı,
- Yem ve mineralli besinler,
- Sıva katkı malzemesi,
- Çimento üretimi,
- Kireç üretimi,
- Kalsine dolomit üretimi,
- Cüruf yapıcı malzeme

- Refrakter malzeme,
- Asit nötrleştirmede,
- Cam üretiminde,
- Kağıt üretiminde,
- Şeker rafinasyonunda,
- Baca gazından kükürdün giderilmesinde kullanılır (Demir 2008).

2.1.6.3 İnşaat Sanayi

- Sıva harcı karışımlarında,
- Dolgu malzemesi olarak,
- Mozaik üretiminde,
- Kaplama ve döşemelerde,
- Kireç üretiminde,
- Mıncır olarak,
- Paledyen olarak,
- Karayolu ve demir yollarında, kullanım alanları bulmaktadır (Demir 2008).

2.1.6.4 Kireç Üretiminde Mermer Tozu Kullanımı

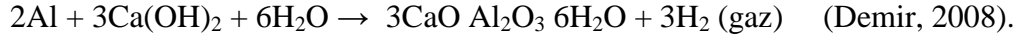


2.1.6.5 Beton Üretiminde; Beton karışımına ince malzeme olarak belli oranlarda katılır.

- Betonun geçirimsizliğini azaltır.
- İşlenebilirliğini artırır.
- Donma-çözünme direncini artırır (Demir 2008).

2.1.6.6 Gazbeton Üretiminde

Kalsine edildikten sonra,



2.1.6.7 Seramik Sektöründe

Seramik üretiminde % 5-6 oranında mermer tozu kullanılmaktadır. Seramik bünye ve sırlarında CaO olarak bünyeye alınan hammadde kaynakları genel olarak; kalsit dolomit ve mermerdir. Karışık ve kalsitli akçini çamurlarının mineralojik bileşiminde % 5-20 arasında CaCO₃ kullanılır. Bu CaCO₃ çok ince öğütülmüş mermer halinde bileşime katılır. İri taneli ve iyi dağıtılmamış kalsit, çamur içinde hatalara yol açar.

Özsüz seramik hammaddesi olan kalsit türleri, seramik çamurlarında artan sıcaklık ile birlikte gözenekliliği azaltır. CaO sırdaki SiO₂ ile reaksiyona girerek bir ara tabaka oluşturur. Bu ara tabaka seramik teknolojisinde çok önemlidir. CaO sır içindeki diğer oksitlerle birleşerek cam oluşumuna yardımcı olmaktadır (Demir 2008).

Geleneksel seramik bazlı malzemelerin heterojenliği onları pek çok atıkla son üründe küçük fedakarlıklar göz önüne alınarak karışmasına uyumlu hale getirir. Bu şekilde atığı ortadan kaldırma işi de kolaylaşır. Bu yüzden karo ve tuğla yapımında endüstriyel atık ile seramik hammaddeyi birleştirmek yaygınlaşmıştır. Her halükarda doğal kaynakların gittikçe azalması bazı endüstriyel atıkların değerlendirilmesinde ve bunların doğal hammaddelere alternatif olmasında yeni fikirler ortaya atmaktadır.

Çalışmalar hali hazırda karo yapımında kullanılan kil bazlı karışımların kesim esnasında ıskartaya çıkmış granit ve mermerle karıştırılmasıyla özellikleri çok farklı malzemeler ortaya çıkardığını göstermektedir. Kil ürünleriyle atığın karıştırılıp tek eksenli preslenip fırında sinterlenmesiyle farklı özelliklerde malzemeler elde edilmektedir. Çalışmalar sıcaklığı düşürmek suretiyle özelliklerin değişimini inceler (Segadaes vd. 2005).

2.1.6.8 Mermer Tozlarının Tuğla Üretiminde Kullanımı

Kil çok bulunan bir mineral çeşididir, sadece toprağın önemli bir bileşeni değil aynı zamanda insanoğlunun çanak çömlek, tuğla ve karo üretimi için kullandığı en eski ve en önemli hammaddedir. Killer özetle ince taneli (0,2 µm), suyla karıştırıldıklarında kolayca şekil alabilen ve pişirildiğinde mukavemet gösteren malzemeler olarak bilinir.

Dünyada hemen hemen her ülkede kil kaynakları bulunur ve seramik, kağıt, silgi kimyasal endüstride sıkça kullanılır. O, Si ve Al yer kabuğunun % 82'sini oluşturur bu yüzden silika ve alümina silikaların çok rastlanan bileşikler olması şaşırtıcı değildir. Fe 4. sırada yer alır ve pek çok alümina silikat bileşiğinin vazgeçilmez bileşeni durumundadır. Herhangi bir kil bazlı malzemede Fe, pişme sıcaklığı, pişme atmosferi ve renklendirici olarak özellikle önemlidir. Kil ayrıca küçük miktarda feldspat, karbonat, Ti, Mg, Mn, oksitler, çözünebilir tuzlar ve organik maddeler içerir. Bu heterojen yapısı sayesinde içerisine çok çeşitli atık malzemeyi karıştırmak mümkündür (Ferreira vd. 2003).

2.1.6.9 Çimento İmalat Sanayi

Çimento; CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve eser halde MgO ihtiva eder, esas itibariyle kalker ve kil karışımı olan, klinkerleşme sıcaklığına kadar ısıtıldıktan sonra, gerektiğinde alçı, vb. katkı maddeleri karıştırılıp öğütülerek toz halinde elde edilen bir malzemedir. En önemli özelliği %11-15 su ile karıştırıldığı zaman belli bir süre sonra sertleşerek karışımdaki diğer malzemelerin birbirine bağlanmasını sağlar (Demir 2008).

Çimento sanayinde çok miktarda CaCO₃ bileşimli hammaddeler kullanılır, mermer atıkları hem NPC klinkeri üretiminde hem de beyaz portland çimentosu üretiminde kullanılmaktadır. Normal portland çimentosu bileşimindeki kalker yerine hammadde olarak mermer, kil yerine de kaolen kullanılmasıyla beyaz portland çimentosu elde edilmiş olur (Demir 2008).

2.1.6.10 Plastik Sanayi

Plastik malzemelere, kalınlık ve tokluk vermesi amacıyla çeşitli dolgu maddeleri katılmaktadır. Bu dolgu maddeleri; mermer tozu, odun tozu ve asbest tozudur (Demir, 2008).

2.1.6.11 Agregada İçerisinde Kullanımı

İnşaat endüstrisi de hammadde kullanımının en yoğun olduğu alanlardan biridir. Altyapısını henüz tamamlayamayan ülkemizde her yıl yeni yollar planlanmaktadır. Yollarda kullanılan asfalt kaplamaların % 90'dan fazla bir kısmını agregalar oluşturmaktadır. Yeni üretilen bir agreganın hazırlanmasında doğal çevreye verilen zarar dışında çok büyük oranda enerji harcanması gerekmektedir. Buda malzemenin çok pahalıya mal olmasına neden olmaktadır.

Agregada üretiminde bu yüksek maliyeti azaltmak için yapılan çalışmaların başında yol kaplamasından kazınılan malzemenin tekrar kullanılarak maliyetin azaltılması gelmektedir. Üretim aşamasında meydana gelen ve önemli bir çevre sorununa neden olan mermer toz atıkları (mermer çamuru) yol temel ve temel altında oluşturulan katmanlarda rahatlıkla kullanım imkanı bulmaktadır (Akbulut ve Gürer 2003).

2.1.6.12 Kağıt Sanayi

CaCO₃ özellikle sigara kâğıdı başta olma üzere gazete kâğıdı, kaliteli dergi kâğıtları üretiminde kullanılmaktadır. Yağ emme özelliğinden dolayı matbaa mürekkebinin hızlı kurumasını sağlamaktadır. Kâğıt sektöründe dolgu veya kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır.

CaCO₃ veya MgCO₃, kullanılması kâğıdın daha düzenli yanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte CaCO₃ ile yapılan kâğıtlar daha dayanıklı olmaktadır. Kâğıt imalatında selülozun pişirilmesi sırasında sıvının hazırlanmasında mermer kullanılmaktadır. Pişirme sıvısı, kireç taşı ile SO₂ arasında oluşan reaksiyon sonucu meydana gelir (Demir 2008).

2.1.6.13 Tarım ve Gübre Sanayi

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, üzerinde yetişen ürünler açısından büyük önem taşır. Toprağın katı kısmı % 1,5–5 oranında organik madde ve % 95–99 oranında mineral maddeleri ihtiva eder. Kalsiyum oranı toprağın yapısı bakımından etkili olduğu kadar, kimyasal nitelikleri üzerinde de etkili olduğundan toprağa yeterli bir kalsiyum düzeyi sağlaması gerekir. Doğal olarak sularla yıkanma yüzünden durmadan kireç kaybettiği için toprağa zaman zaman (3–6 yılda bir) kireçli madde vermek gerekir. Kireçle toprak ıslahı için, kalsiyumlu maddeler kullanılır. Bunlar; kalsiyum karbonat, kalsiyum oksit ve hidroksil veya dolomit gibi maddeler kullanılır (Demir 2008).

2.1.6.14 Yem Sanayi

Özellikle yumurta yemlerinde CaO veya CaCO₃ olarak boyutu 2mm altında olan toz katılmaktadır. Bu oran % 10– 12 arasındadır. Düşük kalsiyum oranlı yemler tavuklarda yumurta verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Türk Standartları Enstitüsünün TS60 standartlarına göre mermer tozu hayvan yemi olarak kabul edilmektedir. Buna göre bileşiminde en az % 92 CaCO₃ bulunan mermerler bu amaç için kullanılırlar (Demir 2008).

2.1.6.15 Boya Sanayi

Boya imalatında katkı maddesi olarak kullanılan kalsit (CaCO₃), özellikle sulu boyalar için önemlidir. Bunun için 10 mikronun altında ve çok saf kalsit kullanılmaktadır. Kalsitin içindeki demir oksit oranı % 0,03'den az olması istenir (Demir 2008).

2.1.6.16 Yol Yapımında

Stabilizasyon malzemesi olarak yollarda kullanılır. Yol zeminindeki kil mineralleri ile birleşerek plastisite, genleşme ve kabarma katsayılarına etki eder. Ayrıca mıcır olarak da yol yapımında kullanılır (Demir 2008).

2.1.6.17 Demiryolu Zemin Malzemesi

Demiryoluna sağlam bir zemin oluşturmak için öncelikle zemine balast denilen yeterli sağlamlıkta ve boyutlandırılmış granül taş döşenir. Böylece demiryolu üzerindeki yükler rahat bir şekilde karşılanırken, demiryolları yapım malzemeleri olan travers ve raylar suyun etkisinden korunmuş olur (Demir 2008).

2.1.6.18 Cam Sanayi

Magnezyum ve kalsiyumca zengin kireçtaşları kullanılır. Kalsiyumca zengin olan malzeme şişe ve pencere camı, Mg'ca zengin olanlar özel cam imalinde kullanılır (Demir 2008).

2.1.6.19 Kimya Sanayi

Karpit yapımında kullanılır. Karpit, elektrik fırınlarında kireçtaşı ve kok kömürlerinin şarjı sonucu elde edilir. Kok ile kireçtaşı % 40–60 arasındadır. Bu işlem için kullanılacak kireçtaşı saf ve yüksek kalsiyumlu olmalıdır (Demir 2008).

2.1.6.20 Diğer Kullanım Alanları

Bu alanlar dışında; soda imalinde, refrakter malzeme imalinde, oto lastiği imalinde, patlayıcı malzeme imalatında, temizlik malzemeleri, haşere öldürücü ilaçlarda kullanılır. Ayrıca madencilikte; Yeraltı işletmeleri, cüruf yapıcı, flotasyon, kalsine dolomit üretiminde kullanılır (Demir 2008).

2.2 Mantolama

Yapıların dış ortamla arasındaki ısı transferini minimuma indirmek için, ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerini azaltma amaçlı yapılan işlemlere mantolama denir. Mantolama; sadece kışın içerideki sıcak havanın dışarı çıkması anlamına gelmez. Aynı zamanda yaz aylarında da içerideki soğuk havanın dışarı çıkmasına engel olur ve iç kısımların ısı kaybını azaltır.

Mantolama dediğimiz sistem günümüzün en yaygın ısı yalıtım sistemidir. Mantolama iyi olan bir yapıda ısıtma ve soğutma için kullanılan enerjinin daha az kullanılması ve ısıtma ve soğutma sistemlerinizden kaynaklanan giderlerin daha ekonomik rakamlara indirilmesine de yarar. Aynı zamanda bir diğer yönden de bakarsak daha az yakıt kullanılması hava kirliliğini önler. Yapıların cephelerinde ısı ve nem iletimi azalacağından binaların ömrü uzar.

Mantolama Hakkında; İnsanlar konforlu ve ekonomik yaşama ihtiyacını her geçen zaman diliminde artarak hissetmişlerdir. Bu gelişmeler doğrultusunda da karşılaştıkları problemlere çözümler aramışlardır. Yapılarda ısı yalıtım bu çözümlerin başında gelmektedir. Mantolama malzemeleri ile ilgili birçok çalışma 20. yüzyılın ilk yarısında yapılmış ama geliştirilen bu malzemeler yaşanan petrol krizinin ardından kullanılmaya başlanmıştır. Yaşanan ekonomik zorluklar artık hayatımızın her alanında tasarruf yapmamızı gerektirdiği gibi enerji kaynaklarımızın azlığı ve çevre kirliliği de yaşamlarımızı ciddi olarak etkilemektedir (İnt. Kyn. 5).

2.2.1 Mantolama Uygulaması

Mantolama uygulaması yedi aşamada gerçekleştirilir.

1-Mantolama yapılacak yüzeyi hazırlama

Yüzeyde toz ve yağ gibi yapışmayı azaltıcı maddeler varsa bunlar temizlenir, ayrıca dökülme ve kabarma olan bölgeler güzelce fırçalanır. Mantolama levhalarının yapışacağı yüzey düzgün ve temiz olmalıdır.

2-Su basman profillerinin yerleştirilmesi

Su basman profilleri mantolamada kullanılmak istenen levhaların enine (kalınlığına) göre belirlenir ve yerleştirilir.

3-Isı yalıtım levhalarının yapıştırılması

Yapıştırma harcı uygulanmış levhalar, levhalar arasında boşluk kalmamasına dikkat ederek duvara yapıştırılır.

4-Isı yalıtım levhalarının dübellenmesi

Yapıştırma işleminden sonra ısı yalıtım levhalarının performansını ve sürekliliğini uzun ömürlü bir şekilde sürdürmesi için ısı yalıtım levhaları dübellendir.

5-Köşe profillerinin yerleştirilmesi

Köşelerde rüzgar ve su etkileri ile levhalar arkasında zamanla oluşabilecek ayrılma risklerini önlemek ve düzgün bir köşe oluşturmayı kolaylaştırmak köşe profilleri yerleştirilir. Dilatasyon, damlalık ve denizlik profilleri gerekli bölgelerde kullanılır.

6-Sıva katlarının oluşturulması ve donatı filesinin yerleştirilmesi

Isı yalıtım levhalarının üzerine ilk kat sıva atılır. İlk kat sıvayı hemen takiben, donatı filesi ilk kat sıvanın üzerine hafifçe gömülerek yerleştirilir. Sıva kurumadan ikinci kat sıva yapılır.

7-Boyama

Boyama işlemine geçildiğinde direkt dış cephe boyası uygulayabilir veya sıva üzerindeki hataları örtmek için mineral sıvı uygulanıp üzerine dış cephe boyası uygulayabiliriz. Desenli (grenli) dış cephe boya ile de sıva hatalarını örtmekte kullanılabilir (İnt. Kyn. 5).

2.3 Yalıtım Malzemeleri

Isı yalıtım malzemeleri; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan yüksek ısı dirence sahip özel malzemelerdir. Avrupa standartlarında ısı iletkenlik katsayıları 0,06-0,10 W/mK'nın altında olan malzemeler, ısı yalıtım malzemeleri olarak tanımlanır.

Isı yalıtım amacı ile kullanılan ürünler açık gözenekli ve kapalı gözenekli olarak sınıflandırılabilir. Açık gözenekli veya elyafli malzemelere; camyünü, taş yünü (mineral yünler), ahşap yünü, seramik yünü, cüruf yünü; kapalı gözenekli malzemelere ise EPS genişletilmiş polistiren, XPS ekstrüde polistiren, elastomerik kauçuk, polietilen köpüğü, cam köpüğü örnek verilebilir.

Bu malzemeler genellikle çatı, duvar, döşeme ve zemin gibi yapı elemanlarında ve tesisatlarda kullanılır. Bu malzemelerin yanı sıra pencereleri oluşturan kaliteli doğramalar ile yalıtım camı üniteleri de ısı yalıtımında büyük önem taşır (İnt. Kyn. 5).

2.3.1 Yalıtım Levhaları

2.3.1.1 EPS Isı Yalıtım (Mantolama) Levhaları

Expanded polistiren sert köpük (EPS-Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük), petrolden elde edilen ve taneciklerin şişirilmesi ve füzyonu (yapışması) ile köpük halinde ürünler elde edilen, termoplastik, kapalı gözenekli, tipik olarak beyaz renkli ısı yalıtım (mantolama) malzemesidir. Günümüzde ısı ışınları yansıtarak ısı iletkenliğin azaltıldığı gri tonlarındaki ürünler de mevcuttur (İnt. Kyn. 5) .



Resim 2.3 EPS yalıtım levhası.

2.3.1.2 XPS Isı Yalıtım (Mantolama) Levhaları

Haddeden Çekilmiş Polistiren Sert Köpük (Extruded polistiren sert köpük), petrolden elde edilen ve yumuşatılmış hammaddenin içine ilave edilen şişirici gaz ile köpük haline getirilen, termoplastik, kapalı gözenekli, renkli ısı yalıtım (mantolama) malzemesidir (İnt. Kyn. 5).



Resim 2.4 XPS yalıtım levhası.

2.3.1.3 Taşünü Isı Yalıtım (Mantolama) Levhaları

Cam veya taşın eritildikten sonra lif haline getirilmesi ve bu liflerin bir arada tutulması için genellikle polimer bağlayıcıların kullanıldığı, açık gözenekli ısı yalıtım (mantolama) malzemesidir (İnt. Kyn. 5).



Resim 2.5 Taşünü yalıtım levhası.

2.4 Yapıştırma Harçlarının Genel Özellikleri

Binaların iç ve dış duvar yüzeylerinde, yatay ve düşeyde uygulanan, polimerler ile takviye edilerek hazırlanmış, ısı yalıtımı levhalarının yapıştırılmasında kullanılan çimento esaslı yapıştırma harcıdır. Asbest içermez, çevre dostudur ve yanıcı değildir (İnt. Kyn. 1) .



Resim 2.6 Mantolama yapılmış bina.

2.4.1 Kullanım Alanları

Bina yatay, düşey duvarlarında ve tavanda ısı yalıtımı levhalarının yapıştırılmasında kullanılır. Genel Özellikleri; Yüksek mukavemetlidir, plastikliği yüksek esnek ve kullanımı kolaydır, dona, suya, sürekli neme ve ağır hava koşullarına karşı dayanımı yüksektir (İnt. Kyn. 1) .



Resim 2.7 Yapıştırma harçlarının duvara uygulanması görüntüsü.

2.4.2 Yüzeyin Hazırlanması

Uygulama yapılacak yüzey boya, kir, toz, yağ ve kırılmış sıva ve beton parçalarından temizlenmelidir. Yağ, parafin gibi yabancı maddeler yüzeyden arındırılmalıdır. Hasar görmüş yüzeyler onarılıp uygulamaya hazır hale getirilmelidir (İnt. Kyn. 1) .

2.4.3 Malzemenin Hazırlanması

25 kg'lık torba içindeki toz malzeme 6 - 6,50 lt su konmuş temiz bir kap içinde yavaş devirli bir matkap ile karıştırılır. İşlem karışım homojen hale gelinceye kadar devam ettirilir. Hazırlanan karışım 5 dakika bekletilip tekrar karıştırılır ve uygulamaya hazır hale getirilir (İnt. Kyn. 1) .

2.4.4 Uygulama Yöntemi

Yapıştırma harcının çeşitli uygulama şekilleri vardır bunlardan birisi ısı yalıtım levhasının 4 kenarına, yapıştırma harcının 5 cm kalınlığında çerçeve şeklinde uygulanmasıdır. Isı yalıtım levha tipine ve dübel sayısına göre levhanın ortasına 1-2 adet öbek şeklinde noktasal yapıştırma yapılır.

Bir diğer uygulama şekli de duvara harcın taraklama şeklinde sürülüp straforun bu harcın üzerine yapıştırılmasıdır. Başka bir uygulama şeklide strafor üzerine sadece 6-8 öbek harç atılıp duvara yapıştırılmasıdır.



Resim 2.8 Yapıştırma harcı uygulanmış XPS görüntüsü.

Levha yüzeye yapıştırıldıktan sonra hava sıcaklığına bağlı olarak 24 - 48 saat içerisinde dübelleme işlemine geçilebilir. Direkt güneş ışığı altında, sert rüzgarda, sis, yüksek bağıl nem oranında veya yoğun yağışlarda uygulanmamalıdır. Yapılan uygulama priz süresini tamamlayıncaya kadar çeşitli sebeplere bağlı ısınmaya ve yoğun güneş ışığına karşı korunmaya alınmalıdır (İnt. Kyn. 1) .

2.4.5 Yapıştırma Harçları Teknik Özellikleri

Yapıştırma harçlarının taşınması gereken teknik özellikler ilgili standartlarına göre Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Yalıtım levhası yapıştırma harçları teknik özellikler (İnt. Kyn. 2).

EN 998-1 / TSE K 112 / TSE 113 (23°C, %50 Bağıl Nem)

Isı Yalıtım Levhasına Yapışma Mukavemeti (EN 13494): Min 0,08 N/mm²

Su Emme (EN 1015-18): ≤ 0,40 kg/m²

Su Emme (EN 12808-5): 30 dk. max. 5 gr. 240 dk. max. 10 gr.

Basınç Mukavemeti (EN 1015-11): ≥ 6 N/mm²

Bağ Dayanımı - Kopma Şekli (EN 1015-12): ≥ 0,50 N/mm²

Kuru Yığın Yoğunluğu (EN 1015-10): 1400 ± 100 kg/m³

Su Buharı Geçirgenliği Katsayısı (μ) (EN 1745): 5/20

Su Buharı Geçirgenliği Katsayısı (μ) (EN 1015-9): ≤ 15

Eğilme Mukavemeti (EN 1015-11): Min. 2 N/mm²

Isı İletkenlik Değeri (EN 1745): 0,44 W/mK (P=%50)

Yangına Tepki (EN 13501-1): A1

Sıcaklık Dayanımı: (-30°C) - (+80°C)

3. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Mermer tozlarının endüstriye kazandırılması ve kullanımına dair birçok bilimsel yayın olmakla birlikte, bu tezin kapsamında olan yapıştırma harçları olarak kullanımına ilişkin bazı önemli bilimsel çalışmalar (literatür taraması) burada verilmiştir. Amaç daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılarak, tez kapsamında yapılacak işlerin planlanması ve sonuç alıcı yöntemlerin takip edilmesidir.

3.1 Mermer Tozu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Ceylan (2000) tarafından yapılan çalışmada, mermer fabrikalarından üretim atığı olarak çıkan mermer toz atıklarının kırma ve öğütme işlemine tabi tutularak endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışmada, derz dolgu malzemesi üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Mermer toz atıklarının, tane boyut dağılımı, kimyasal bileşim, beyazlık ve rutubet oranlarına bakılarak derz dolgu malzemesi üretiminde kullanılabilmesi için, temizlenmesi, kurutulması ve öğütülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Filiz vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise iki farklı çimento tipi (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N ve CEM I 42.5 R) ve iki farklı su/çimento oranında (0,50 ve 0,55) hazırlanmış olan karışımlara mermer tozunun hacim oranınca agrega ile yer değiştirmesinin, mekanik ve fiziksel özelliklere etkisi araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre mermer tozu atığının parke taşı imalatında kullanılabilirliği TS 2524 EN 1338 standardına göre değerlendirilmiştir. Üretilen numunelerin ilgili standartta belirtilen şartları sağladığı ve mermer tozunun parke üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. (Filiz M., Özel C., Soykan, O., Ekiz Y., 2010).

Öztürk vd. (2012) çalışmasında, mermerlerin fabrikalarda işlenmesi sırasında açığa çıkan önemli bir çevre sorununa sebep olan mermer tozunun belirli oranlarda karışıma ilave edilmesiyle üretilen çimento harçlarının donma-çözünme çevrimleri sonundaki dayanıklılık özelliklerini araştırmıştır.

Mermer tozunun işlenebilirlik üzerindeki etkileri ve üretilen numunelerin yayılma değerleri ile basınç ve eğilme dayanımlarının ölçülmesi hedeflenmiştir. Farklı oranlarda mermer tozu kullanılarak üretilen harç numunelerinin mekanik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, mermer tozu ilavesinin dayanım üzerindeki olumlu etkisi gözlemlenmiştir. (Erdem ve Öztürk 2012).

Ceylan (2013) çalışmasında, mermer üretim atığı olarak ortaya çıkan iri parçalı mermer atıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Daha sonra mermer parça atık agregası ve kontrol grubu kırma taş agregası ile TS 802 standardına göre beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre mermer atık agregalarının değerlerinin kontrol grubu ile çok yakın olduğu görülmüştür. Sonuç olarak parça mermer atıklı betonların değerleri kontrol grubuna çok yakın olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre parça mermer atıklarının beton agregası olarak kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir (Ceylan 2013).

Şahin ve Tanyıldızı (2011) çalışmalarında; vişne çürüğü mermer atıklarının katkı maddesi olarak ilave edilmesiyle üretilen betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliğine donma-çözülmenin etkisi deneysel olarak araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre; % 5 mermer tozu katkılı beton numunesinin 28. günden sonra kontrol betonuna göre dayanımının arttığı görülmüştür. Ayrıca, % 80 mermer tozu ilave edilen katkılı betonun donma çözülme deneyi esnasında 15. çevrim sonucunda tamamen dağıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Zorluer vd. (2003) çalışmasında, zeminlerin katkı maddeleri ile iyileştirilmesi diğer iyileştirme yöntemlerine göre daha ekonomik olmasından dolayı bu çalışmada, mermer fabrikalarının atığı olan mermer tozunu iyileştirme için katkı maddesi olarak düşünmüşlerdir. Sonuç olarak, atık mermer tozu zemin iyileştirmesinde kullanılabilir bir malzemedir sonucuna ulaşılmıştır (Zorluer ve Usta 2003).

Ünal ve Kibici (2001) çalışmasında, mermer atıklarının (havuz çökeltisi) beton karışımı içerisinde ince malzeme olarak kullanılması durumunda beton basınç dayanımına etkisini araştırmışlardır.

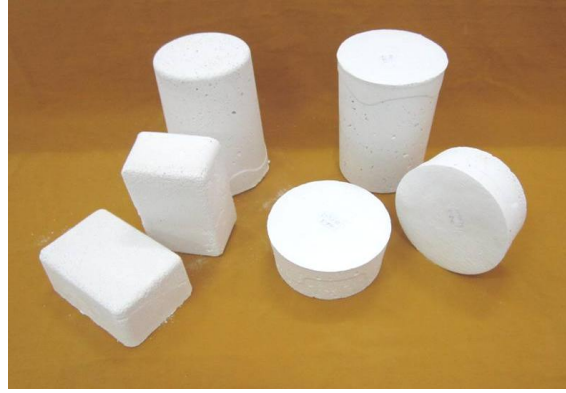
Mermer işleme fabrikalarında imalat sonrası önemli miktarda mermer atıkları adı verilen havuz çökeltileri (mermer tozu) oluşmaktadır. Bu amaçla, atık malzemelerin inşaat sektöründe değerlendirilmesi amacıyla deneysel bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mermer tozunun belirli oranlarda karışıma katılması beton özelliklerine olumlu bir etki yapabileceği gözlenmiştir (Ünal ve Kibici, 2001). Mermer işleme tesisi atığı kek malzemelerin endüstriyel ürünlerde ana hammadde olarak kullanımının irdelenebilmesi amacıyla, yürütülen Ar-Ge çalışmasında özellikle enerji verimlilik değeri yüksek ve yapı sektöründe hafif duvar blok elemanların üretiminde mermer keki malzemelerin yüksek kullanım oranlarında tüketimi konulu deneysel ve gözlemsel bir dizi analiz çalışması tasarlanarak yürütülmüştür.

Bu Ar-Ge çalışmasında özellikle köpük beton blok formunda ürün türevlerinin geliştirilmesi ve irdelenmesi ilke edinilmiştir. Bu Ar-Ge çalışmasında köpük beton üretiminde ana hammadde olarak mermer işleme tesis artığı mermer kek malzeme değerlendirilmiştir. Mermer işleme tesislerinde kesim artığı ortaya çıkan mikronize boyutlardaki mermer parçacıkları, tesislerdeki flokülasyon – filtreleme işlemi sonrası kek formunda preslenerek artık bir malzeme konumuna getirilmektedir. Bu çalışmada, preslenmiş kek formundaki mermer işleme artığı, ek herhangi bir işleme maruz bırakılmaksızın bu ana materyal olarak ele alınmıştır.

Bu ürün türevinin, yatırım maliyetinin düşüklüğü, kullanılabilir hammadde kaynaklarının çokluğu ve bulunabilirliği, özellikle mermer işleme tesis artığı mikronize partikül boyutlarına sahip kek malzemelerin bu ürünlerde endüstriyel olarak değerlendirilebilirliği, köpük beton blok üretimlerini günümüzde ekonomik ve cazip ürünler haline getirmektedir. Ayrıca, bu ürünlerin ısı performanslarının yüksek oluşu sebebiyle binalarda enerji verimliliğinin sağlanmasında önemli tasarruflar sağlayacağı da görülmektedir. (İnt. Kyn. 3).



Resim 3.1 Preslenmiş mermer kek malzemesinin genel bir görünümü.



Resim 3.2 Mermer keki bileşenli köpük beton blok örneklerinin sembolik görünümü.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde tezin kapsamında olan deneysel çalışmalara yer verilmiştir. Deneylerde kullanılan malzemeler aşağıda detaylıca açıklanmıştır.

4.1 Çimento

Bu çalışma kapsamında çimento olarak As Çimento A.Ş. firmasından alınan CEM 1 42,5R gri çimento TEKNO Yapı Kimyasalları firmasından temin edilmiştir. Harç için kullanılan çimento oranı % 32,24 tür.



Resim 4.1 Gri çimento.

4.2 Dolomit

Dolomit ise Eskişehir Sivrihisar bölgesinden çıkartılan TEKNO Yapı Kimyasalları firmasından temin edilen 200-700 mikron aralığındaki malzemedir.



Resim 4.2 200-700 mikron dolomit.

4.3 Mermer Tozu

Deneyleerde kullanılmak amacıyla mermer tozu Afyon İncehisar bölgesinden kırma eleme yapan bir tesisten toz halde temin edilmiştir.



Resim 4.3 Mermer tozu.

4.4 Kimyasallar

Bu çalışma kapsamında çeşitli kimyasallar kullanılmıştır bunlar ise toz halinde bulunan 90 mikron ve daha ince olan selüloz, polimer ve nişastadır. Bu kimyasallar da TEKNO Yapı Kimyasalları firmasından temin edilmiştir. TEKNO Yapı Kimyasalları firmasının gizlilik politikası nedeniyle kimyasal miktarları verilmemiştir.



Resim 4.4 Selüloz, polimer ve nişasta kimyasalları.

4.5 Karışımın Hazırlanması

Yapıştırma harçları hazırlanırken çimento, dolomit, mermer tozu ve kimyasallar belirli oranlarda kap içerisinde önce toz hali karıştırılır. Daha sonra ise 260 gr su ilave edilip homojen hale gelinceye kadar karıştırılır.

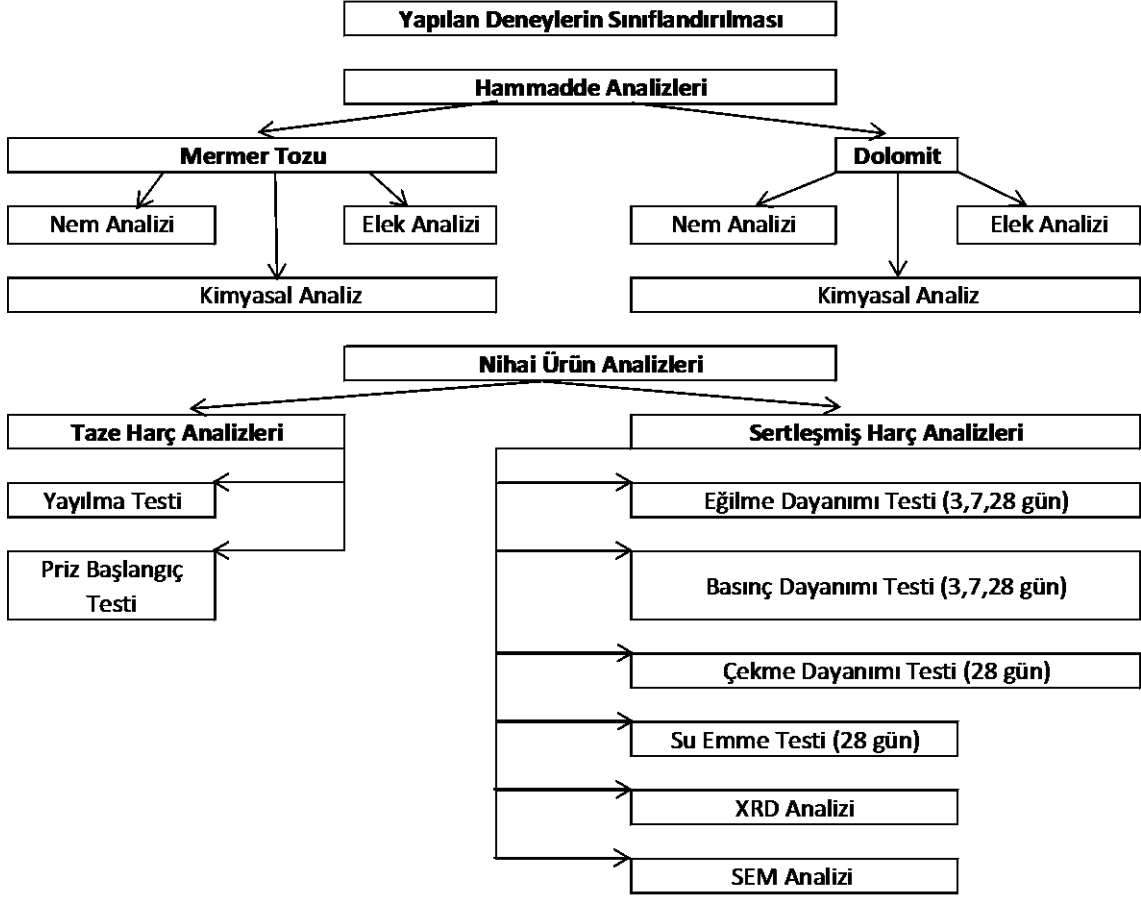
Mermer tozu katkılı yapıştırma harçlarının deneysel çalışmalarında kullanılan malzemelerin içeriği; çimento, dolomit, mermer tozu ve kimyasallardan oluşturulmuştur.

Bu çalışma kapsamında kullanılan malzeme oranları aşağıda verilmiştir. Deneysel çalışmalar için kullanılacak malzemeler miktar olarak tabloda verilmiştir. Çimento ve kimyasal miktarları bütün numuneler için sabitken dolomit ve mermer tozu miktarları değişmiştir.

Çizelge 4.1 1 kg'lık numune için kullanılan malzeme miktarları.

Mermer Tozu Katkı Oranları	Çimento (gr)	Kimyasallar (gr)	Dolomit (gr)	Mermer Tozu (gr)
0%	325	8	675	0
20%	325	8	540	135
40%	325	8	405	270
60%	325	8	270	405
80%	325	8	135	540
100%	325	8	0	675

Bu çalışmada deneysel olarak yapılan çalışmalar hammadde analizleri ve nihai ürün analizleri olarak iki aşamada ele alınmış ve Şekil 4.1 deki gibi sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.1 Yapılan deneylerin sınıflandırılması.

4.6 Hammadde Analizleri

Dolomit ve mermer tozu için nem analizi, elek analizi yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları ise üretici firmadan temin edilmiş olup bunlara ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

4.6.1 Dolomit

Deneylerde kullanılan harç içerisindeki kum oranı ise % 66,96'dır. Bu çalışmada mermer tozu gibi bununla beraber belirli oranlarda dolomit kullanılmıştır, bu ürün 200-700 mikron aralığında, nem oranı % 1 den daha az olan dolomit kumudur. Dolomitte ön test olarak nem analizi, elek analiz yapılmıştır. Nem analizi TEKNO Yapı Kimyasalları firması laboratuvarında bulunan AND MX-50 (% 0,01 / max 51 gr.) marka nem cihazında yapılmıştır.

Elek analizi ise TEKNO Yapı Kimyasalları firması laboratuvarında bulunan Baz Makina üretimli standart eleklerde yapılmıştır. Kütle tartımları ise TEKNO Yapı Kimyasalları firması laboratuvarında bulunan JADEVER marka JWE-3K 0,1 gr hassasiyetli 3 kg kapasiteli tartım cihazında yapılmıştır. Kimyasal analizi ise Sözümler Madencilik firmasından temin edilmiştir.

4.6.2 Mermer Tozu

Deneylelerde kullanılmak üzere temin edilen, 200 - 800 mikron aralığındaki mermer tozu numunesi deneyleler için kırılmış ve öğütölmüş olarak Afyon İsecehisar bölgesindeki bir üretim tesisinden temin edilmiştir. Mermer tozu nem analizi, elek analizi ve kimyasal analize tabi tutulmuştur. Nem analizi TEKNO Yapı Kimyasalları firması laboratuvarında bulunan AND MX-50 marka nem cihazında yapılmıştır. Elek analizi ise TEKNO Yapı Kimyasalları firması laboratuvarında bulunan Baz Makina üretimli standart eleklerde yapılmıştır. Kütle tartımları ise TEKNO Yapı Kimyasalları firması laboratuvarında bulunan JADEVER marka JWE-3K 0,1 gr hassasiyetli 3 kg kapasiteli tartım cihazında yapılmıştır. Mermer tozunun kimyasal analizi ise Üçkar Madencilik firmasından temin edilmiştir.

4.7 Detaylı Analizler

Detaylı analizler taze ve sertleşmiş harç olarak ayrılmıştır.

4.7.1 Taze Harç Analizleri

Taze harç analizlerinde yayılma testi ve priz başlangıç testleri yapılmış olup aşağıda detaylıca açıklanmışlardır.

4.7.1.1 Yayılma Testi (TS 13395-1)

Yayılma testi TEKNO Yapı Kimyasalları firmasında bulunan Baz Makine üretimli cihazda yapılmıştır. Harçların işlenebilirliği yayılma tablası üzerine yerleştirilen belirli bir deney numunesinin yayılması vasıtasıyla ölçülür. Bu yayılma tablası üst plakasının hafifçe kaldırıldıktan sonra tekrar eski konumuna gelecek şekilde düşürülmesi ve bu işlemin belirli sayıda tekrarlanmasıyla sağlanır, bu deney TS EN 1015-3'e göre yapılır.

Kıvam değerini ölçmek için konik kalıp, yayılma tablasına merkezi olarak ve harç iki tabaka halinde ve her bir tabaka tokmağın kısa vuruşlarıyla sıkıştırılarak kalıbın düzenli dolumu sağlanacak şekilde yerleştirilmelidir. Dolum süresince konik kalıp tabla üzerinde tabandan malzeme kaçını önlemek amacıyla aşağı doğru sıkıca bastırılarak tutulmalıdır. Fazla harç konik kalıp üzerinden sıyrılır ve özellikle konik kalıbın taban kenarı boyunca sızan suyun alınmasına dikkat edilerek tablanın boşta kalan kısmı silinerek temizlenir.

Bu işlemlerden 30 saniye sonra kalıp düşey olarak yavaşça kaldırılır ve şaft döndürülerek tabla mümkün olduğunca her bir saniyede bir düşüş yapacak şekilde 15 defa düşürülür. Düşme hareketinden oluşan enerji sonucu, tabla üzerindeki harcın yayılma çapı, kumpas kullanılarak biri diğerine dik açılarda iki yönde ölçülmelidir. Sonuç en yakın 1 mm'ye yuvarlatılarak kaydedilir ve aynı sürede yapılan iki deney sonucunun ortalama değeri hesaplanır. Kıvam değeri ortalama sonuç değerine eşittir (TSE EN 13395-1/Aralık 2004).



a



b

Resim 4.5(a-b) Yayılma testi için kullanılan cihaz ve yayılmış harcın çapının ölçülmesi.

4.7.1.2 Priz Başlangıç Testi (TS EN 196-3+A1)

Priz başlangıç testi için TEKNO Yapı Kimyasalları firmasındaki laboratuarda bulunan Baz Makina üretilmiş priz başlangıç cihazı kullanılmıştır. Vicat kalıbı standart kıvama sahip çimento pastası ile tarif edilen işleme göre doldurulur. Çimento pastası ile dolu vicat kalıbı taban plakası ile birlikte kap içerisine yerleştirilir ve üzerine, çimento pastasının üzerini en az 5 mm derinlikte kapatacak şekilde su ilave edilir, sıcaklığı $(20,0 \pm 1,0) ^\circ\text{C}$ ' de sabit tutulan mahfaza içerisinde tutulur.

Uygun bir süre sonra, kalıp taban plakası ve kap vicat cihazı iğnesinin altına yerleştirilir. İğne, pasta ile temas edinceye kadar yavaşça indirilir. Hareket eden parçaların hızla inmesini önlemek için, iğne bu durumda (1-2) saniye tutulur. Sonra hareketli parçalar birden bırakılır ve iğnenin düşey olarak pastanın içine girmesi sağlanır. İğnenin pastaya batması tamamlandıktan sonra veya iğnenin serbest bırakılmasından 30 saniye sonra (hangisi daha önce olmuşsa) skala okunur.

İğnenin ucu ile taban plakası arasındaki mesafeyi veren skala değeri, sıfır anından itibaren geçen süre ile birlikte kaydedilir. İğnenin aynı numuneye batırılma işlemi; batırma noktaları arasında en az 5 mm, batırma noktası ile kalıp kenarı arasında 8 mm ve iğnenin bir önceki batırıldığı yer ile en az 10 mm mesafe kalacak şekilde uygun yerlere, örneğin 10 dakika gibi uygun zaman aralıkları ile tekrarlanır.

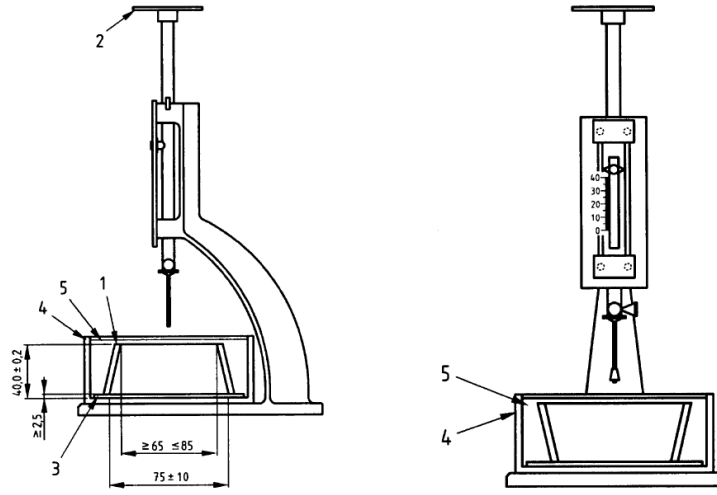


Resim 4.6 Standart priz başlangıç cihazı.

Batırma işlemleri arasındaki sürede numune, sıcaklık kontrollü mahfaza içerisinde tutulur. Her batırma işleminden sonra vicat iğnesi hemen temizlenir. Priz bitiş süresi tayin edilecekse, numune muhafaza edilir. Sıfır olarak kabul edilen başlangıç zamanından itibaren, iğne ile taban plakası arasındaki mesafe (6 ± 3) mm oluncaya kadar geçen süre en yakın bir dakikaya yuvarlatılarak priz başlangıç süresi olarak kaydedilir.

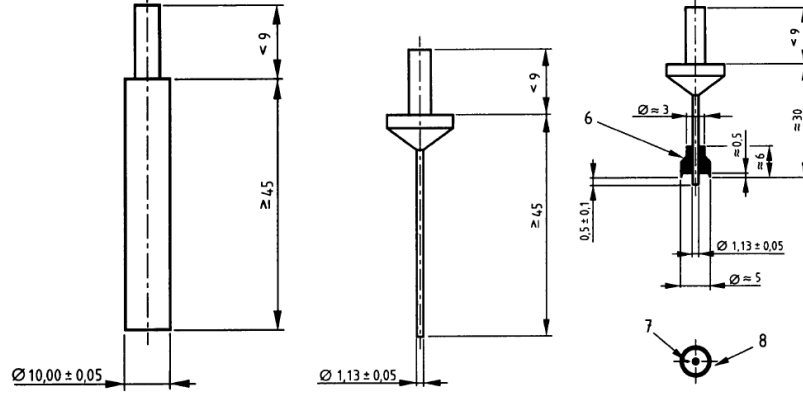
Şekil4.1’de manuel tipik vicat cihazı detayları vardır (TS EN 196-3+A1 Ocak 2010).

Ölçüler mm'dir.



a) Cihazın, priz başlangıç süresi tayini için doğru konumdaki kalıpla birlikte yandan görünümü

b) Cihazın, priz bitiş süresi tayini için ters çevrilmiş kalıpla birlikte önden görünümü



c) Standard kıvam sondası

d) Priz başlangıç süresi için iğne

e) Priz bitiş süresi için iğne ve tutucusu

Açıklamalar:

- 1 Kalıp
- 2 Ayar kütleli
- 3 Taban plakası
- 4 Kap
- 5 Su
- 6 Hava giriş deliği (Ø = 1,5)
- 7 Hava giriş deliği
- 8 Priz bitiş süresi tayini için iğne ve tutucunun alttan görünümü

Şekil 4.2 Standart kıvam ve priz süresi tayini için manuel tipik vicat cihazı.

4.7.2 Sertleşmiş Harç Analizleri

4.7.2.1 Eğilme Dayanımı Testi (TS EN 12808-3)

Eğilme dayanımı testi Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat mühendisliği laboratuvarında bulunan Yüksel Kaya Makina markalı 2006 model 1-20 ton kapasite aralığındaki cihazda yapılmıştır.



Resim 4.7 Eğilme testi cihazı.

Eğilme dayanımı için çimento, mermer tozu, dolomit ve kimyasallar belirli oranlarda karışım halinde hazırlanmıştır. 1 kg'lık her harç numunesi için 260 gr su ilave edilmiştir. Yapıştırma harcı belli bir kıvama gelinceye kadar ve homojen bir hal alınca kadar karıştırılmıştır.

Bu yapıştırma harcı daha sonra 40x40x160 mm'lik kalıplara dökülür ve sarsma uygulanarak harcın kalıba yerleşmesi sağlanır. 3 , 7 ve 28 günlük bekleyen harç numuneleri eğilme dayanımı cihazına sokularak testler yapılmıştır. Bu testte ise 40x40x160 mm'lik kalıpların yanlarından 2'şer cm içeride olmak şartıyla metal ayaklar üzerine konulmuştur cihazın yük uygulayan aparatı ise harç kalıbının tam ortasına gelecek şekilde ayarlanmıştır.

Resimde 4.9’da standart harç kalıbı, Resim 4.10’da ise kalıptan çıkartılmış sertleşmiş harç görülmektedir.



Resim 4.8 Kalıba dökülmüş taze harç.



Resim 4.9 Kalıptan çıkartılmış sertleşmiş harç.

Eğilme dayanımı tayin cihazı; deney için uygun kapasitede ve hassasiyette yük uygulayabilen cihaz, EN 196-1: 1994 madde 4.7’ye uygun bükme tertibatına sahip olmalıdır. Numune, şartlandırma işlemi tamamlandıktan sonra, uzunlamasına ekseni desteğe dik ve bir yüzeyi destek silindirler üzerine gelecek şekilde deney cihazına yerleştirilir (TS EN 12808-3/Nisan 2004).

4.7.2.2 Eğilme Dayanımı Hesabı

Eğilme dayanımı (R_f), N/mm^2 olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$R_f = \frac{1,5F_f L}{b^3} \quad (4.1)$$

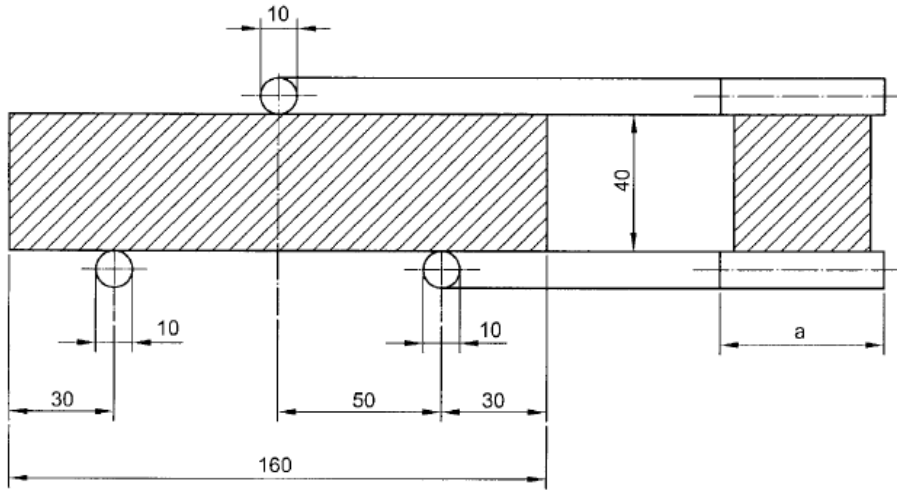
Burada;

b : Deney numunesinin kare kesitinin kenar uzunluğu (mm),

Ff: Kırılma anında numuneye uygulanan yük (N),

L : Destekler arasındaki mesafe (mm) dir.

Üç tayinin ortalaması $0,1 \text{ N/mm}^2$ yaklaşımla deney sonucu olarak verilir, eğilme dayanımı testine ait yükleme düzeneği Şekil 4.1’de görülmektedir (TS EN 12808-3/Nisan 2004).



Şekil 4.3 Eğilme dayanımı tayininde kullanılan yükleme düzeneği.

4.7.2.3 Basınç Dayanımı Tayini (TS EN 12808-3)

Basınç dayanımı testi Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında bulunan Eşel Makina marka 2010 üretimli 2000 kN kapasiteli, elektronik cihazı ise SFY-UTM bilişim ve test sistemleri isimindeki cihazda yapılmıştır. Eğilme dayanımı için hazırlanan 3, 7 ve 28 gün priz süresince bekleyen numuneler eğilme dayanımına tabi tutulduktan sonra, ortasından kırılan numunenin her bir parçası 4,2x4,2 cm’lik plakalar numunenin alt ve üstüne gelecek şekilde konulmuştur. Bu şekilde basınç dayanımı ölçümü yapılmıştır.



Resim 4.10 Basınç dayanımı cihazı genel görünümü. **Resim 4.11** Basınç dayanımı cihazı.

EN 196-1:1994 'e uygun olan deney cihazında, bir alt plâka ve bir yarı küresel yuvanın üzerine yerleştirilmiş üst plâkadan oluşan bir sıkıştırma tertibatı bulunmaktadır. Yarı küresel yuva üzerinde yer alan üst plâkaya makinenin uyguladığı yükü aktarır (TS EN 12808-3/Nisan 2004). Eğilme dayanımı deneyi sonunda elde edilen deney numunesinin yarı parçalarının basınç dayanımı, madde 6.3'te belirtilen cihaz kullanılarak, EN 196-1:1995 madde 9.3'te belirtildiği gibi tayin edilir.

$$\sigma_b = \frac{P}{bxa} \quad (4.2)$$

Burada;

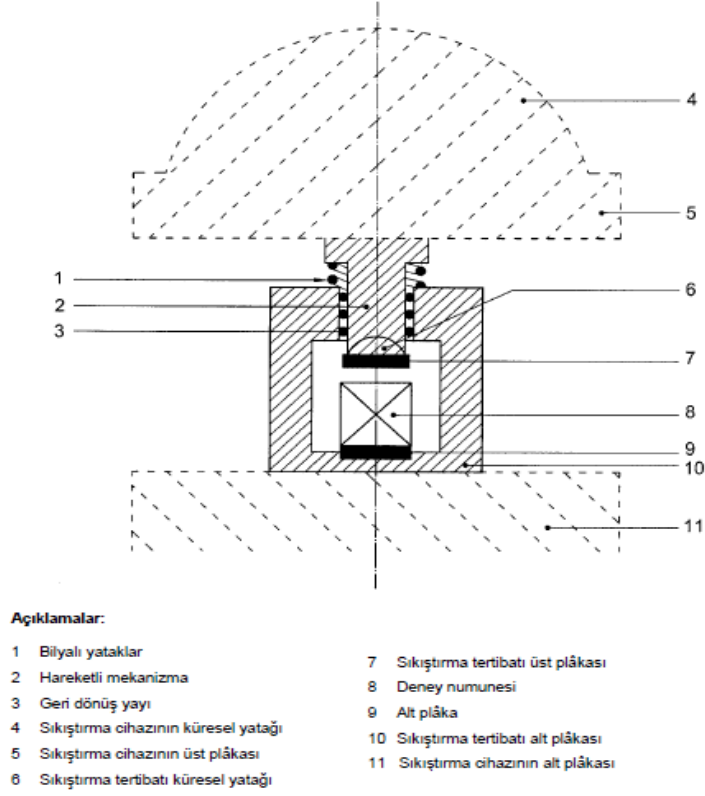
P:Uygulanan yük

a: Plaka uzunluğu 42 mm

b: Numune en kesit uzunluğu

σ_b : Basınç dayanımı N/mm² (MPa)

Deneyden elde edilen sonucun ortalaması 0,1 N/mm² yaklaşımla hesaplanır (TS EN 12808-3/Nisan 2004).



Şekil 4.4 Basınç dayanımının tayininde kullanılan tipik sıkıştırma tertibatı.

4.7.2.4 Çekme Testi (TS EN 1348)

Çekme testi için ise Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı laboratuvarında bulunan Charpy çekme cihazında yapılmıştır. Çimento, mermer tozu, dolomit ve kimyasallar belli oranlarda 1 kg toz harç için 260 gr su gelecek şekilde her yüzde için 3 adet numune olacak şekilde oluşturulduktan sonra, harçlar hazırlanır ve daha sonra bu harç 10x10x5 cm strafor yüzeyine sürülerek 28 gün bekletilir.

Harç yüzeyine yapıştırılacak olan 100x100x5 mm saç levhaların ortalarına 8 mm'lik vida kaynatılmıştır. Bu vida kaynatılmış saç levhalar 28 gün bekleyen kurumuş harç üzerine güçlü bir yapıştırıcı ile yapıştırılıp 1-2 gün bekletilir. Bekleyen numuneler çekme cihazına teste tabi tutulur. 24 saatlik ilave standart şartlar altında muhafazadan sonra, sabit hızla 250 N/s bir kuvvet uygulayarak yapıştırıcının çekme yapışma mukavemeti belirlenir.

Çekme başlık plakaları ve harç uygulanmış strafor aşağıdaki şekilde gibidir.



Resim 4.12 Vida kaynatılmış 5mm lik saç levha.



Resim 4.13 Harç sürülmüş EPS strafor.



Resim 4.14 Saç levha ve harç uygulanmış EPS strafor numuneleri genel görünümü.



Resim 4.15 Numunenin cihaz üzerindeki görüntüsü.



Resim 4.16 Çekme testi için kullanılan cihaz.

4.7.2.5 Su Emme Testi (TS EN 12808-5)

Bu deney için önceki deneylerde olduğu gibi harç numuneleri hazırlanmış ve 40x40x160 mm'lik kalıplara dökülüp 28 gün bekletilmiştir. 28 gün şartlandırılan numuneler 24 saat süre ile bütün yüzeyi suya girecek şekilde TEKNO Yapı Kimyasalları laboratuvarında suda bekletilmiştir. 24 saat su içerisinde kalan numuneler arşimet terazisi yardımıyla su içerisindeki ağırlığı ölçülmüştür. Su emme testi Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı laboratuvarında, Densi marka hassas terazi ve alt kısmında bulunan su dolu kova içerisindeki tel kafes ile oluşturulan arşimet terazisi ile yapılmıştır.

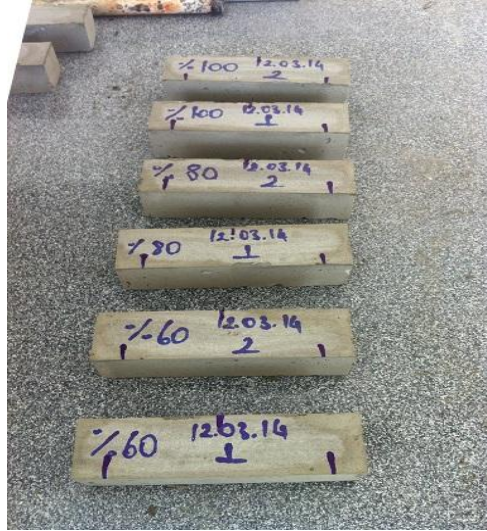


Resim 4.17 Hassas terazi arşimet terazisi düzeneği.

Arşimet terazisindeki su dolu kovadan çıkartılan numuneler bez yardımıyla kurutulularak hemen hassas terazide tartılmıştır. Bu işlemlerden sonra numuneler TEKNO Yapı kimyasalları şirketine ait laboratuvarında bulunan Nüve marka 2003 üretim tarihli max. 80 °C 55 litre hacimli etüv cihazında 48 saat bekletildikten sonra kuru ağırlıkları ölçülmüştür.



Resim 4.18 Etüv cihazı.



Resim 4.19 28 gün şartlandırılan su emme testi için hazırlanan yapıştırma harcı kalıp numuneleri.

Numunelerde Arşimet prensibine göre numunelerin etüv kurusu halindeki (W_0) suya doymun havada (W_1) ve su içerisinde (W_2) ağırlıkları alındıktan sonra Denklem (1), (2) ve (3) kullanılarak sırasıyla yoğunluk (BHA), ağırlıkça su emme (Ww) ve görünen porozite (GP) değerleri belirlenmiştir.

$$BHA = \frac{W_0}{(W_1 - W_2)} \quad (4.3)$$

$$GP = \frac{(W_1 - W_o)}{(W_1 - W_2)} \times 100 \quad (4.4)$$

$$W_w = \frac{W_1 - W_o}{W_o} \times 100 \quad (4.5)$$

Su emme testinde birde 30 dk. ve 240 dk.'da ki su emmelerine bakılmıştır. Burada ise su emme testi için hazırlanan numunelerin etüvde 24 saat kurutularak nemi alınmıştır. Kurutulan numunelerin ağırlıkları ölçülmüştür ve daha sonra 30 dk tüm yüzey suya girecek şekilde bekletilmiştir. 30 dk suda bekleyen numuneler 30 dk süre sonunda çıkarılıp tartılmıştır ve 30 dk'daki su emme miktarları bulunmuştur. Bu numuneler tartıldıktan sonra tekrar suya konularak 210dk bekletilip çıkartılmıştır ve ağırlıkları ölçülerek 240 dk'daki su emmeleri de bu şekilde bulunmuştur. TSE EN 12808-5 e göre 30 dk'daki su emme max. 5 gr., 240 dk'daki su emme ise max. 10 gr.'dır.

4.7.2.6 XRD (X-Ray Diffraction) X Işınları Kırınım Analizleri

Su emme testi için hazırlanan numunelerden % 0, % 60 ve % 100 katkılı olanlar, toz haline getirilip Mersin ÇİMSA Çimento Fabrikası laboratuvarında X ışınları kırınım cihazında XRD analizine tabi tutulmuştur.

4.7.2.7 SEM (Scanning Electron Microscope) Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri

XRD analizleri yapılan % 0, % 60 ve % 100 katkılı numunelerinden koparılan parçalar ile Afyon Kocatepe Üniversitesi TUAM laboratuvarında SEM analizine tabi tutulmuştur.

Yapılan tüm analizlerin sonuçları bir sonraki bölümde detaylı olarak verilmiştir.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında analizler yapıldıktan sonra elde edilen veriler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

5.1 Nem Analizi Sonuçları

Deneylede kullanılacak hammaddelerden mermer tozu ve dolomit nem cihazında 105 °C'ye kadar ayarlanıp nem oranları ölçülmüştür ve aşağıdaki değerler bulunmuştur. Nem değerinin % 1'den az olması istenmektedir mermer tozunun da nem değeri istenen değeri geçmemektedir. Nem değerinin fazla olması nihai ürün de çimentonun kum ile reaksiyona girmesine neden olur ve topaklaşma meydana gelerek ürünü kullanılamaz hale getirir.

Çizelge 5.1 Mermer tozu ve dolomitin nem oranları.

Hammadde	Nem Değerleri (%)
Mermer Tozu	0,19
Dolomit	0,21

5.2 Elek Analizi Sonuçları

Mermer tozu ve dolomitin -1000 µm elek analizi yapılmış ve aşağıdaki gibi değerler bulunmuştur. TS 122 - Madde 5.3.2'de tarif edilen deneye tabi tutulduğunda, 1 mm göz açıklığına sahip elek üzerinde kalan miktar en çok % 1,0 olmalıdır (TSE K 112/Nisan 2011). Elek analizi sonuçlarına bakıldığında mermer tozunun 710 mikron üzeri miktarı dolomite göre fazladır. Diğer yandan mermer tozunun 125 mikron altı malzeme miktarı da dolomite göre fazladır. İnce malzeme miktarının fazla olması taze harcın çekim kolaylığı ve metraj fazlalığı gibi avantajlar sağlar, yüzey alanının artması nedeniyle de mukavemet yönünden azalma sağlar ki bu da dezavantajdır.

Burada mermer tozunun hem ince miktarı hem de kalın miktarı dolomite göre fazladır. Dolomit sık elek aralığında toplanırken mermer tozu daha yaygın bir elek dağılımı göstermiştir.

Çizelge 5.2 Mermer tozu elek analizi.

Çizelge 5.3 Dolomit elek analizi.

Elek Üstü (Mikron)		Elek Üstü (Mikron)	
Elek	%	Elek	%
Tava	25	Tava	6,1
90	11,2	90	5,7
125	24,4	125	32,8
250	24,6	250	39,8
500	8,3	500	14,5
710	6	710	0,4
1000	0,5	1000	0
Toplam	100	Toplam	100

5.3 Kimyasal Analiz Sonuçları

Dolomit hammaddesi alınan firmadan temin edilen kimyasal analiz değerleri aşağıdaki gibidir. Kimyasal analize bakıldığında mermer tozu dolomite göre; mermer tozu içerisinde CaO oranı daha azdır fakat bunun yanında MgO, Al₂O₃, SiO₂ nin de fazla olduğu saptanmıştır. Burada mermer tozunda daha fazla içerik olduğu, dolomite göre içeriğinin daha zengin bileşikler barındırdığı tespit edilmiştir. Dolomitte olup mermer tozunun yapısında olmayan bileşikler BaO ve Cr₂O₃ tür. Mermer tozunda dolomitte olmayan Sr (stransiyum), Mn (mangan), Al (aluminyum) gibi metaller olduğu kimyasal analiz sonucu tespit edilmiştir. Bu metallerin ve bileşiklerin yapıştırma harçlarında XRD ve SEM analizleri neticesinde çıkan sonuçlara göre olumlu veya olumsuz olarak ancak bu değerlere göre değerlendirilebilecektir.

Çizelge 5.4 Dolomit kimyasal analizi.**Çizelge 5.5** Mermer tozu kimyasal analizi.

Bileşen	Sonuç (%)	Bileşen	Sonuç (%)
MgO	0,1905	SiO ₂	0,63
SiO ₂	0,1165	Al ₂ O ₃	0,46
CaO	57,4127	FeO ₃	0,15
Cr ₂ O ₃	0,0578	CaO	54,70
Fe ₂ O ₃	0,1254	MgO	0,44
BaO	0,2501	P ₂ O ₆	0,01
A.Z.	41,8470	SO ₃	0,01
		Na ₂ O	0,05
		K ₂ O	0,05
		MnO	0,04
		SrO	0,02
		A.Z.	43,45

Yapıştırma harçlarının TSE de istenen min. ve max. olması istenen değerleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.6 Yapıştırma harçlarının TSE de istenen min. ve max. değerleri.

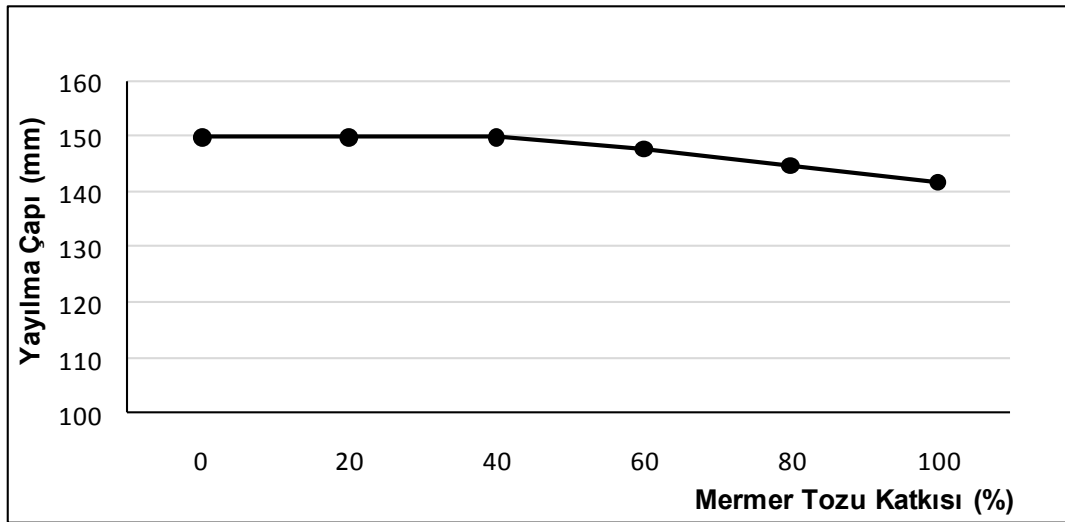
Eğilme Dayanımı min.	: 2 N/mm ²
Basınç Dayanımı min.	: 6 N/mm ²
Yapışma Dayanımı min.	: 0,08 N/mm ²
Su Emme	: 30 dk max. 5 gr
	: 240 dk max10 gr
Yayılma Çapı	: 150-160mm
Priz Başlangıç	: 2-20 Saat

5.4 Taze Harç Deney Sonuçları

Taze harç deneyleri olarak yayılma ve priz başlangıç deneyleri yapılmış olup bunlara ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.

5.4.1 Yayılma Deneyi

Yayılma deneyi harcın vizkozitesiyle ve kıvamıyla ilgili bir deneydir. Burada harç içerisine katılan su miktarı çok önemlidir bu su miktarının artması harcın daha fazla yayılmasını yani yumuşak bir kıvamda olmasını, az su katılması ise harcın daha sert ve daha az yayılmasını sağlayacaktır. Harç numuneleri hazırlanırken 1 kg toz malzeme için 260 gr su kullanılmıştır. Bu 260 gr su miktarı firmanın belirlediği değerler üzerinden seçilmiştir. Deneylerde farklı mermer tozu katkılarında yayılma tablası cihazında test edilmiştir. Burada % 0, % 20 ve % 40 mermer tozu katkıları için referans numune ile aynı değerlerde sonuç bulunmuştur. % 40'tan itibaren yayılma çapı azalmıştır ve daha yoğun bir harç haline geldiği tespit edilmiştir. Mermer tozu katkısının % 40'tan itibaren harç yayılma çapının azalmasının sebebi mermer tozu içerisindeki -125 mikron elek miktarının dolomite göre daha fazla olmasıdır (Şekil 5.1.).

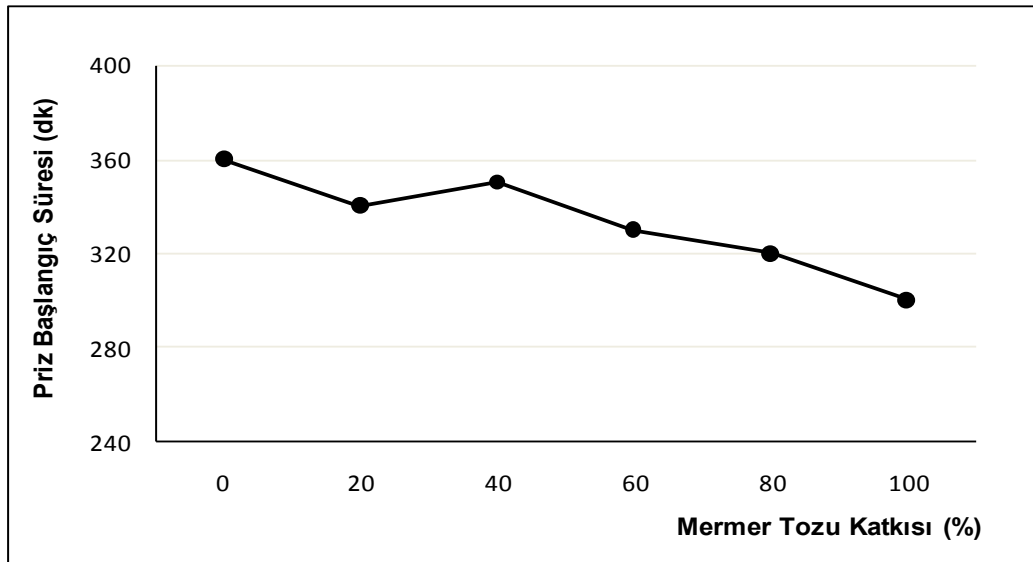


Şekil 5.1 Mermer tozu katkı oranına bağlı yayılma çapındaki değişim.

Numunelerin harç haline getirilmesinde kullanılan su miktarlarının eşit olmasıyla, numunelerin mermer tozu katkısı arttıkça daha fazla suya gereksinim duyduğu anlaşılmaktadır. Mermer tozu katkısı arttıkça numuneler daha fazla suya gereksinim duymaktadır, bu da ürün sarfiyatını azaltmaktadır ve daha fazla yüzey kaplanması (metraj) sağlamaktadır. Bu sarfiyatın az olması ve metrajın da fazla olması istenen bir durumdur. Burada genel olarak değerlendirildiğinde mermer tozunun dolomite göre tane dağılımı olarak daha ince bir yapısı vardır bu da daha fazla su almasını sağlamaktadır. Uygulama da ise harç içerisindeki kum tanelerinin incilmesi çekim kolaylığı ve metraj yani daha fazla birim alana uygulanabilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır.

5.4.2 Priz Başlangıç Deneyi

Priz başlangıç tayini deneylerinde ise taze harç numunelerinin 300 dk ile 360 dk arasında bir sürede priz aldıkları sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 5.2.). Burada % 0 katkılı (katkısız) numunenin en uzun sürede priz aldığı katkı oranının artmasıyla birlikte priz süresinin kısaldığı görülmektedir. Mermer tozu içerisindeki 125 mikron altı miktarın fazla olması sebebiyle taze harç numunenin daha kısa sürede sertleştiği ve kuruduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.2 Priz başlangıç deneyi sonuçları.

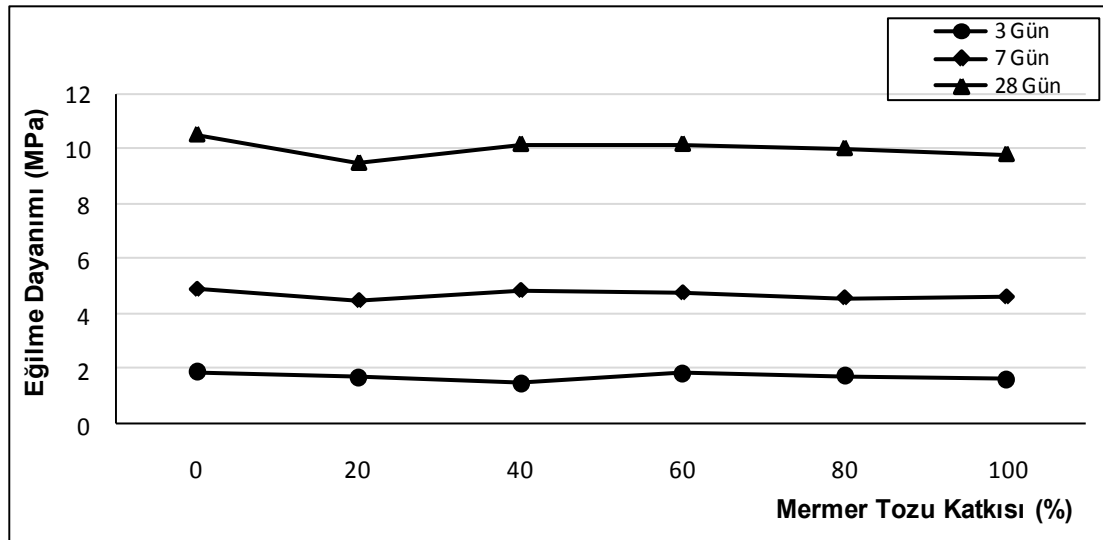
TSE EN 196-3+A1 de bu değerler 2 saatten önce priz almaması ve 20 saatten sonra da priz in bitmiş olması istenmektedir. Eğer 2 saatten önce priz başlarsa uygula esnasında sürülen harç kpta çabuk kurur ve kullanma imkanı kalmayabilir, 20 saatten sonra da hala priz almamış harç yalıtım levhasının düşmesine neden olur ve üzerine yapılacak olan elyaflı yalıtım sıvası uygulamasını geciktirir. Bu deneyde de mermer tozu katkılı yapıştırma harcının istenen değerlere uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5.5 Sertleşmiş Harç Deney Sonuçları

Sertleşmiş harç deneyleri olarak eğilme, basınç, çekme, su emme, XRD, ve SEM analizleri yapılmıştır.

5.5.1 Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

TS EN 12808-3'e göre numuneler üzerinde eğilme dayanımı testi uygulanmış elde edilen sonuçlar Şekil 5.3'te verilmiştir. Şekil 5.3 incelendiğinde mermer tozu katkısının miktarının artışının yapıştırma harcının eğilme dayanımına etkisi gözlendiğinde 3, 7 ve 28 günlük priz süreleri incelendiğinde mermer tozu katkısının miktarının arttırılmasının eğilme dayanımlarında çok fazla değişikliğe neden olmadığı gözlenmektedir.



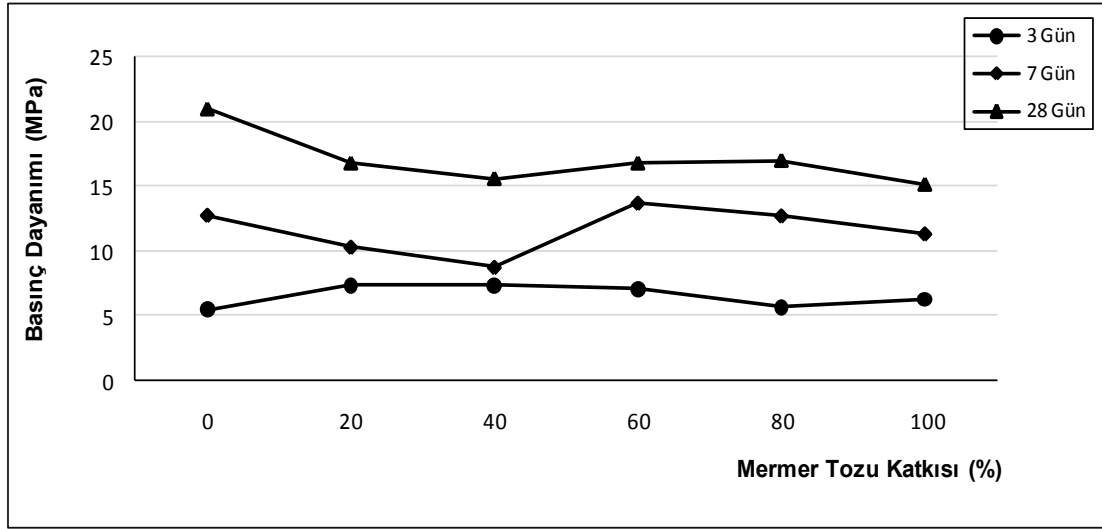
Şekil 5.3 Yapıştırma harcının mermer tozu katkısına bağlı eğilme dayanımındaki değişimi.

Deneyleerde 28 günlük priz sürelerinde numunelerde eğilme dayanımının en yüksek oluğu görülmektedir. Özellikle 3 günden sonraki değerler uygulamalarda dikkate alınması gereken değerler olup mermer tozu katkılı durumda eğilme dayanımı değerinin TSE'nin yapıştırma harçlarında istediği min. 2 N/mm² değerinden yüksek olması elde edilen koğulun uygun olduğunu göstermektedir.

5.5.2 Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

TS EN 12808-3'e göre numuneler üzerinde basınç dayanımı testi uygulanmış, elde edilen sonuçlar Şekil 5.4'te verilmiştir. Şekil 5.4 incelendiğinde mermer tozu katkısının miktarının artışıının yapıştırma harcının basınç dayanımına etkisi gözlendiğinde 3 günlük priz sresinde kısmen bir artış olurken 7 ve 28 günlük priz süreleri incelendiğinde % 40'dan fazla mermer tozu katıldığında dayanımlarda artışlar gözlenmektedir. Deneyleerde 28 günlük priz sürelerinde numunelerde basınç dayanımının en yüksek oluğu görülmektedir.

Durum genel olarak değerlendirildiğinde yapıştırma harcına mermer tozu katkısının katkısız duruma oranla bir miktar düştüğü görülmektedir. Özellikle 3 günden sonraki değerler uygulamalarda dikkate alınması gereken değerler olup mermer tozu katkılı durumda basınç dayanımdaki kayıp TSE'nin yapıştırma harçlarında istediği min. 6 N/mm² değerinden yüksek olması elde edilen koğulun uygun olduğunu göstermektedir.

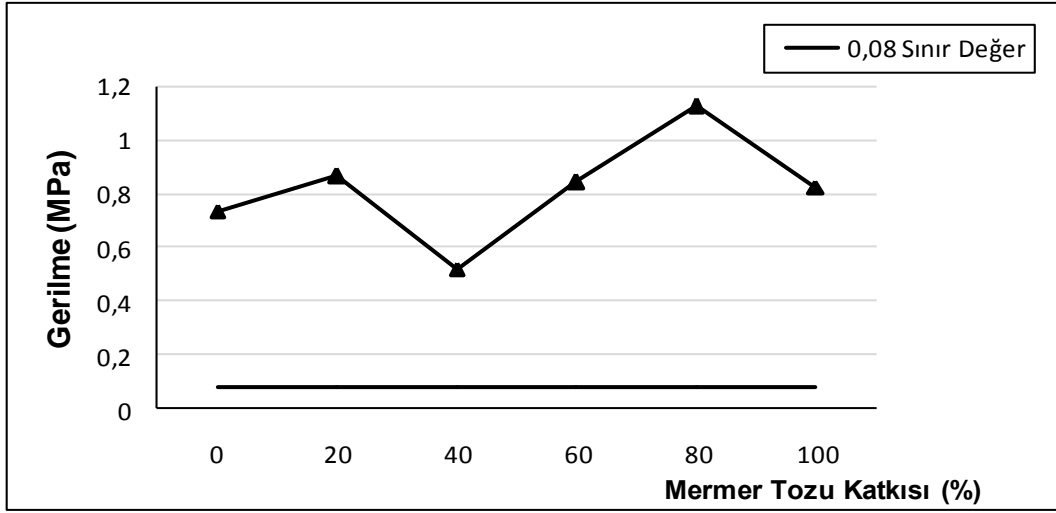


Şekil 5.4 Yapıştırma harcının mermer tozu katkısına bağlı basınç dayanımındaki değişimleri.

5.5.3 Çekme Deneyi Sonuçları

TSE göre numuneler üzerinde 28 günlük yapışma-çekme testi uygulanmış elde edilen sonuçlar Şekil 5.5'te verilmiştir. Şekil 5.5 incelendiğinde mermer tozu katkısının gerilmeye oranına bakıldığında gerilme miktarında % 20 olan numunede artış olurken % 40 mermer tozu katkılı numunede azaldığı görülmektedir. % 60 ve % 100 mermer tozu katkılı numunelerin gerilme değerleri birbirine yakın olurken % 80 katkılı olan bunlara göre ve % 0 katkılı (katkısız) numuneye göre daha yüksek bir gerilme değerine sahip olmuştur.

28 günlük çekme testine tabi tutulan numunelerde gerilme değeri en yüksek olan % 80 mermer tozu katkılı yapıştırma harcı olmuştur. % 40 katkılı numune den sonraki % 60, % 80 ve % 100 mermer tozu katkılı numuneler artış göstermiştir. Gerilme değeri referans numuneden daha düşük olan yalnız % 40 mermer tozu katkılı numune olmuştur. TSE'nin istediği min. gerilme değeri 0,08 MPa'dır. Burada referans numune (% 0) dahil bütün numunelerin gerilme değerleri TSE standart değerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.5 28 günlük farklı oranlarda katkıli numunelere uygulanan gerilim değışimleri.

5.5.4 Su Emme Deneyi Sonuçları

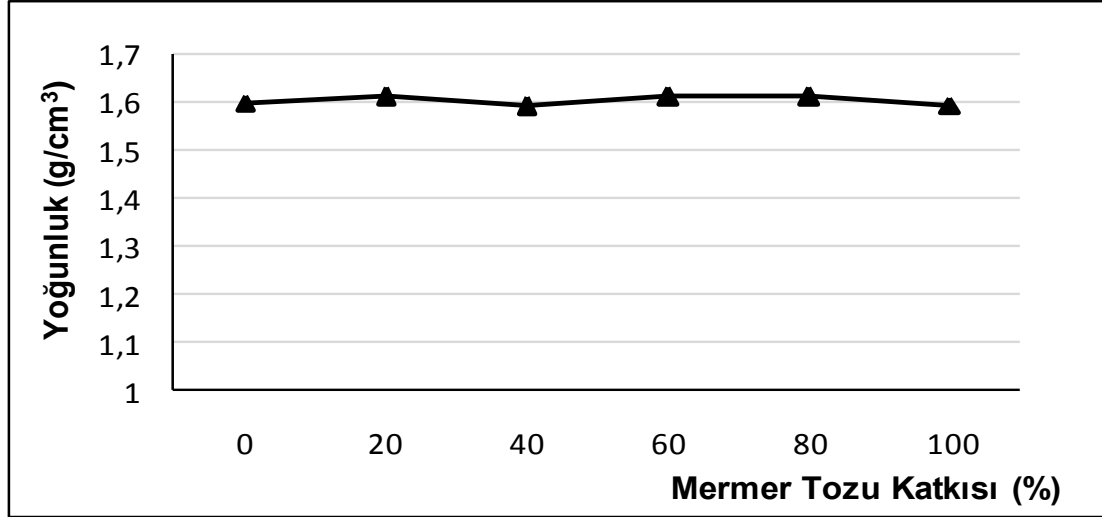
Mermer tozu katkıli yapıştırma harçları numunelerinin tartım sonuçları Çizelge 5.7'deki gibidir. Bu değere göre yoğunluk, porozite ve ağırlıkça su emme değeri ilgili formülden hesaplanmış ve grafik üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 Su emme deneyi ortalama tartım sonuçları.

Mermer Tozu (%)	SU İÇİNDE W2 (gr)	SUYA DOYGUN W1 (gr)	ETÜV KURUSU W0 (gr)
0	217,7	471,0	405,2
20	220,7	472,7	406,5
40	215,6	467,5	401,4
60	222,0	473,9	406,5
80	220,2	471,6	405,3
100	216,3	467,8	401,0

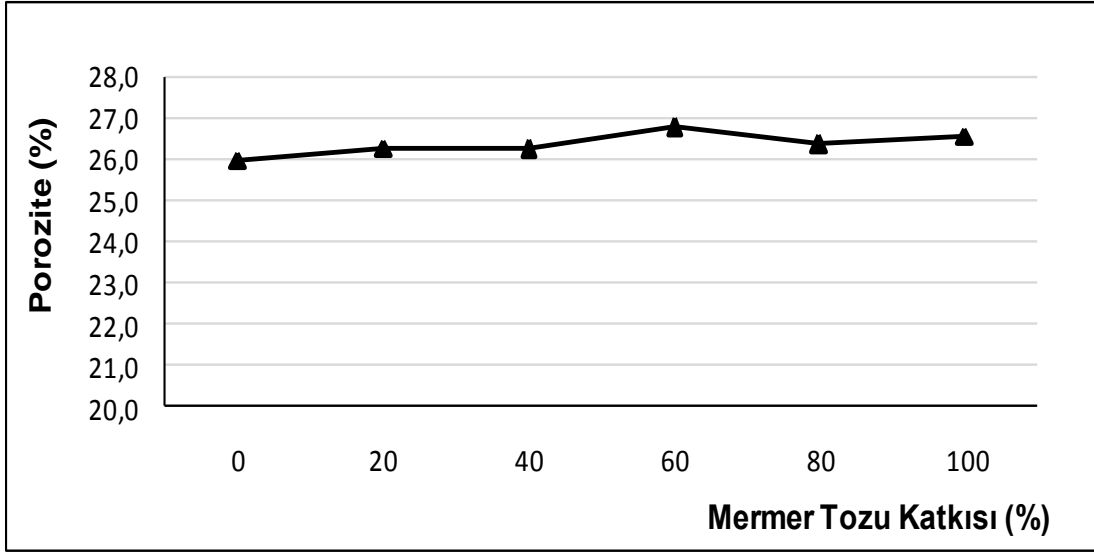
Deneylerde 28 günlük priz sürelerinde, numunelerde yoğunluğun değışimini bulmak için su emme testi uygulanmış ve yoğunluk değeri hesaplanıp grafik üzerinde gösterilmiştir. TSE göre numuneler üzerinde yoğunluğun değışiminde elde edilen sonuçlar Şekil 5.6'da verilmiştir.

Şekil 5.6 incelendiğinde mermer tozu katkısının miktarının artışının yapıştırma harcının yoğunluğunun değişimine etkisi gözlemlendiğinde; katkı miktarının artışıyla harcın yoğunluğunun da kısmen arttığı söylenebilir. Zira mermerin yoğunluğu ($2,7 \text{ g/cm}^3$) harcın yoğunluğundan bir miktar fazladır. Yapıştırma harcının mermer tozu katkılı durumda yoğunluk değerinin uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.6 Mermer tozu katkı oranına bağlı yoğunluğun değişimi.

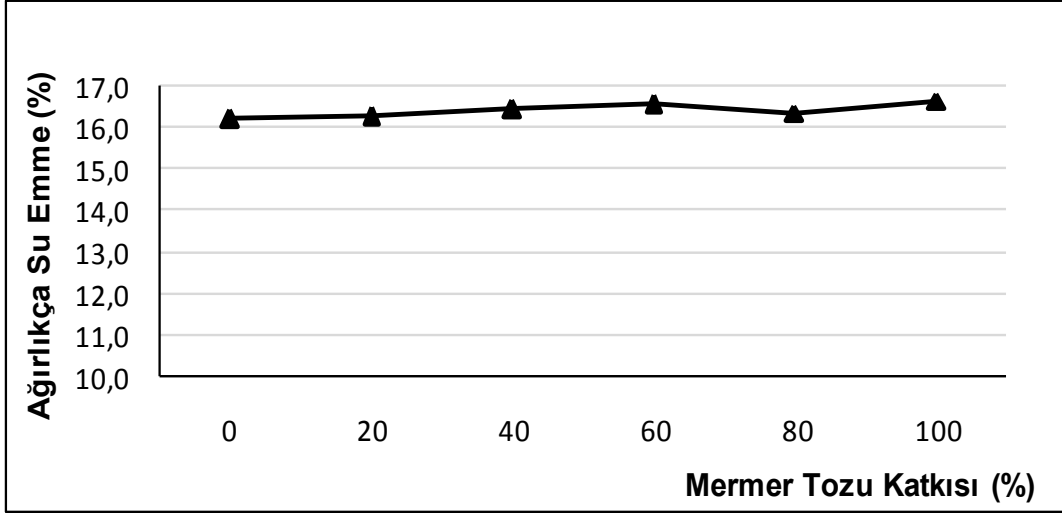
28 günlük su emme deneyinde bulunan sonuçlar ile porozite yüzde miktarları hesaplanmıştır. TSE göre numuneler üzerinde porozite miktarının gözlenmesi için ilgili test uygulanmış, elde edilen sonuçlar Şekil 5.7’de verilmiştir. Şekil 5.7 incelendiğinde mermer tozu katkısının miktarının artışının yapıştırma harcının porozite miktarına etkisi gözlemlendiğinde; katkı miktarının artışına bağlı olarak mermer tozu katkılı durumda su emme değerinin TSE’nin yapıştırma harçlarında istediği değerinden düşük olması elde edilen koşulun uygun olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan mermer tozu katkısında -125 mikron fraksiyonlarının fazla olması ile oluşan karışımda su emme miktarlarının artışına bağlı olarak daha fazla porozite meydana geldiği söylenebilir.



Şekil 5.7 Mermer tozu katkı oranına bağlı porozitenin değişimi.

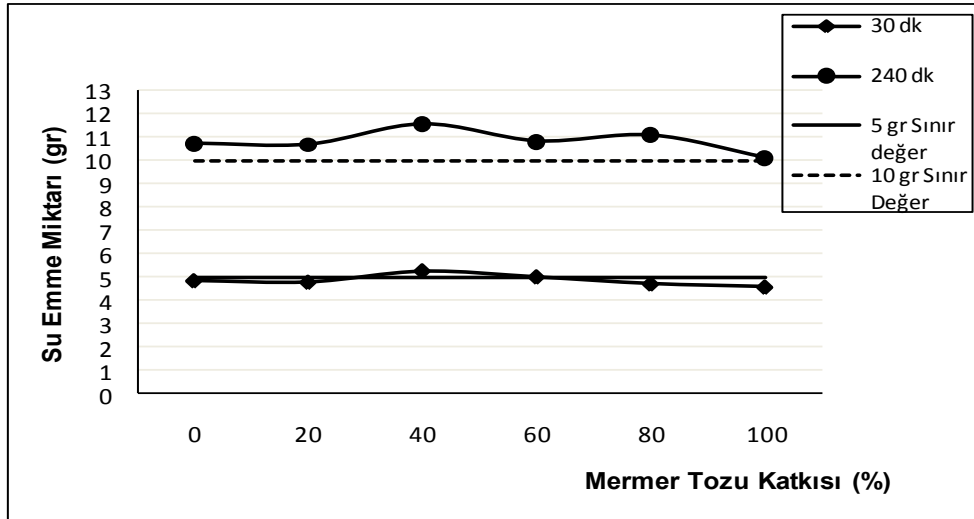
Deneyleerde 28 günlük priz sürelerinde numunelerde su emme miktarları değişik mermer katkısı oranlarında test edilmiştir. TSE 12808-5'e göre numuneler üzerinde su emme miktarının gözlenmesi için ilgili test uygulanmış, elde edilen sonuçlar Şekil 5.7'de verilmiştir. Şekil 5.7 incelendiğinde mermer tozu katkısının miktarının artışının yapıştırma harcının su emme miktarına etkisi gözlemlendiğinde; katkı miktarının artışına bağlı olarak mermer tozu katkılı durumda su emme değerinin TSE'nin yapıştırma harçlarında istediği değerinden düşük olması elde edilen koşulun uygun olduğunu göstermektedir.

Mermer tozu katkısının -125 mikron fraksiyonlarının fazla olması ile oluşan karışımda daha fazla su bünyesinde barındırmaktadır bu sebeple katkının artmasıyla birlikte su emmesinin de fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Burada porozite ve ağırlıkça su emme miktarları birbirinden farklıdır çünkü numune içerisinde su almayan kapalı gözeneklilik te mevcuttur. Bu kapalı gözenekler poroziteyi arttırırken ağırlıkça su emmeyi bu oranda arttırmamaktadır. Bu yüzden porozite ve ağırlıkça su emme değerleri oranlandığında porozitenin daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.8 Mermer tozu katkı oranına bağlı ağırlıkça su emme miktarındaki değişimi.

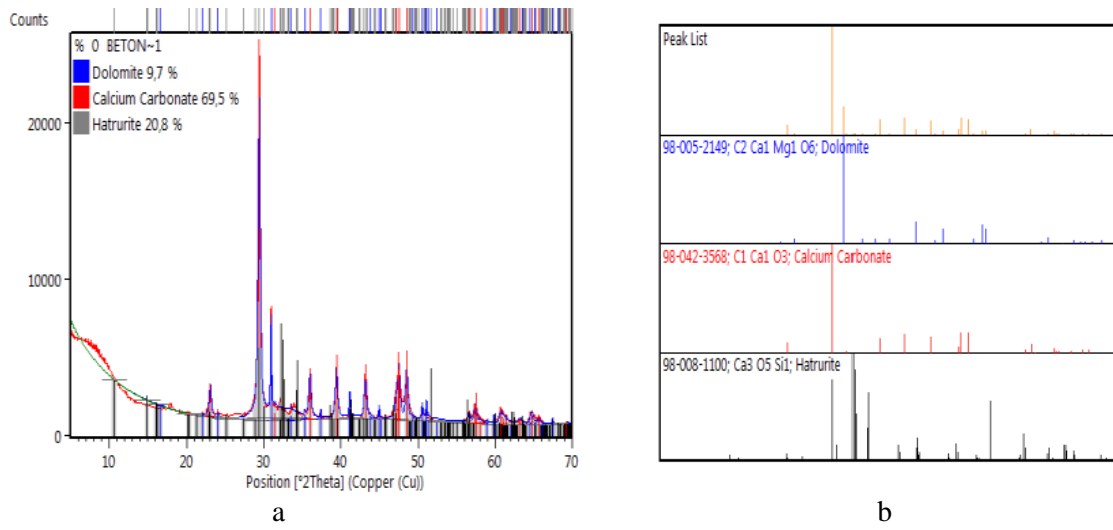
Su emme deneylerinde 28 gün şartlandırılan numuneleri 24 saat suda bekletme yanında birde 30 dk ve 240 dk suda bekletme sonucunda su emme miktarları tayin edilmiştir. Burada TSE EN 12808-5 e göre 30 dk'da max. 5 gr., 240 dk'da ise max. 10 gr. su emme gerçekleşmesi gerekmektedir. Burada % 40 katkılı 30 dk.'lık numune 5 gr. dan biraz fazla su emme olmuştur. 240 dk.'lık numunelerden referans numune dahil diğer numunelerde 10 gr. sınırını biraz geçmektedir. Genel olarak 30 dk. ve 240 dk. su emme miktarları standart istenen miktarlar içerisinde dir.



Şekil 5.9 Mermer tozu katkı oranına bağlı ağırlıkça su emme miktarındaki değişimi.

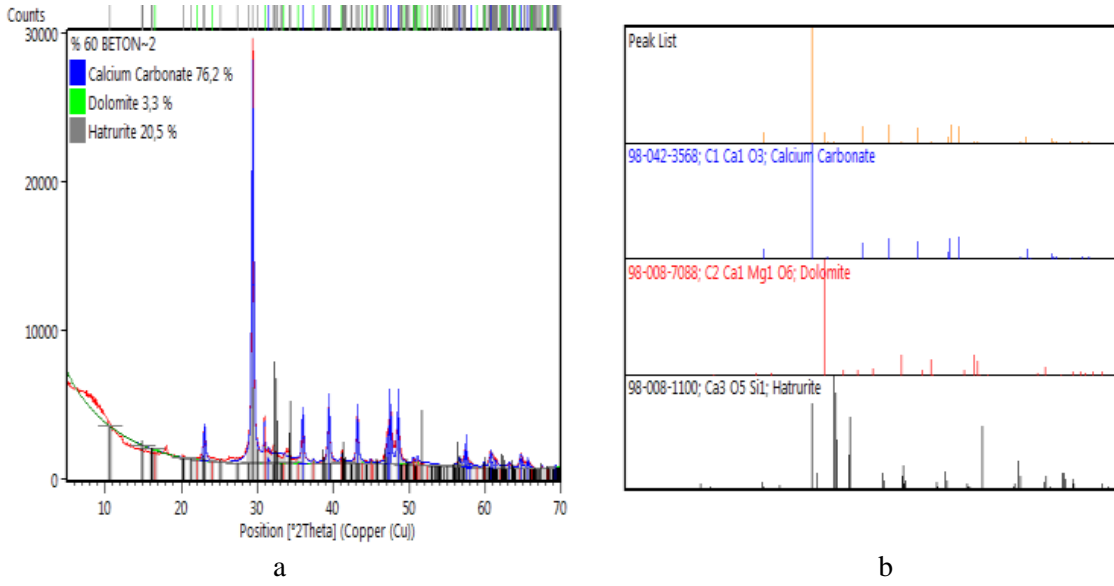
5.5.5 XRD Analizi Sonuçları

Mermer Tozu katkılı yalıtım levhası yapıştırma harçlarına 28 günlük bekleme süresinden sonra % 0, % 60 ve % 100 olmak üzere 3 numune üzerinden XRD analizi yapılmıştır. Bu analizden çıkan sonuçlara göre % 0 mermer tozu katkılı numunede; % 9,7 dolomit, % 69,5 kalsiyum karbonat ve % 20,8 de hatrurit, yani çimento fazı çıkmıştır. Burada numune içerisinde çimento hatrurit fazı olarak görülmektedir. Dolomit ve mermer tozu ise kalsiyum karbonat ve dolomit olarak görülmektedir.



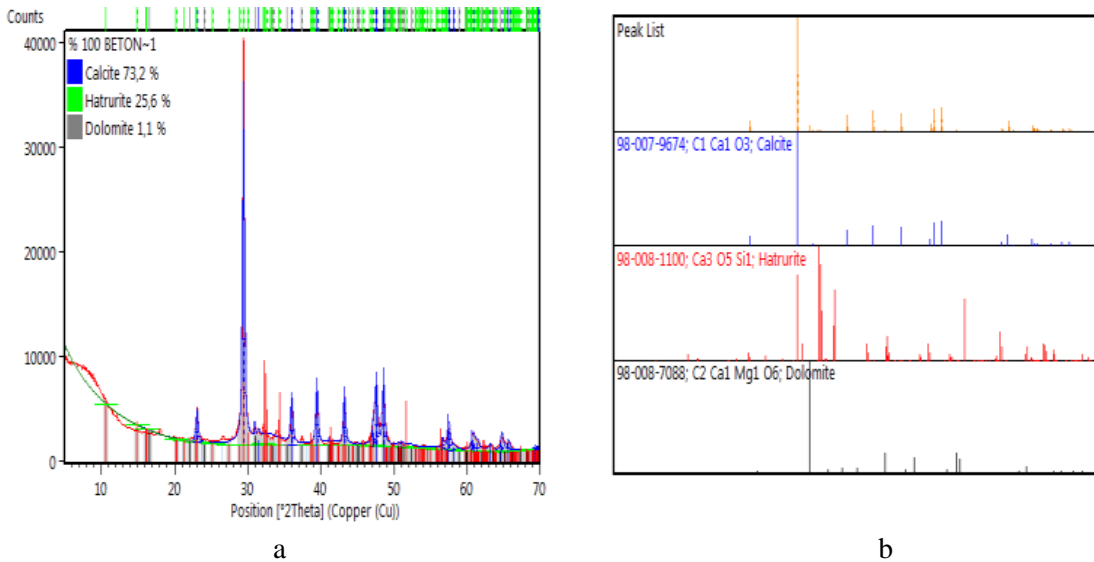
Şekil 5.10(a-b) % 0 Mermer tozu katkılı numunenin XRD sonucu.

% 60 mermer tozu katkılı numunenin XRD sonucuna göre kalsiyum karbonat oranı % 76,2 dolomit oranı % 3,3 ve hatrurit oranı ise % 20,5 çıkmıştır. Burada kalsiyum karbonat oranının % 0 olan numuneye göre arttığı görülmektedir. Dolomit oranı ise % 6-7 civarında azalmıştır. Hatrurit oranında ise fazla bir değişim görülmemiştir. Mevcut dolomit miktarı azaldığı için dolomit içeriği azalmış fakat bununla beraber mermer tozunun etkisiyle kalsiyum karbonat oranı artmıştır.



Şekil 5.11(a-b) %60 Mermer tozu katkıli numunenin XRD sonucu.

% 100 katkıli numune sonucuna göre dolomit % 1,1 kalsiyum karbonat % 73,2 hatrurite ise % 25,6 çıkmıştır. Burada % 100 mermer tozu katkısının olduğu numunede dolomit bulunmamaktadır. Bu da bize mermer tozu içerisinde dolomit olduğunu gösterir. Çünkü % 1,1 dolomit çıkmıştır. % 100 mermer tozu ile yapılan numunede mermer tozunun hatrurite fazını arttırdığı tespit edilmiştir bu hatrurite fazı çimento fazı olduğu için mermer tozunun bağlayıcı özelliği bulunduğu söylenebilir.



Şekil 5.12(a-b) % 60 Mermer tozu katkıli numunenin XRD sonucu.

Numuneler üzerinde yapılan genel XRD analiz sonuçları Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8 XRD analiz sonuçları.

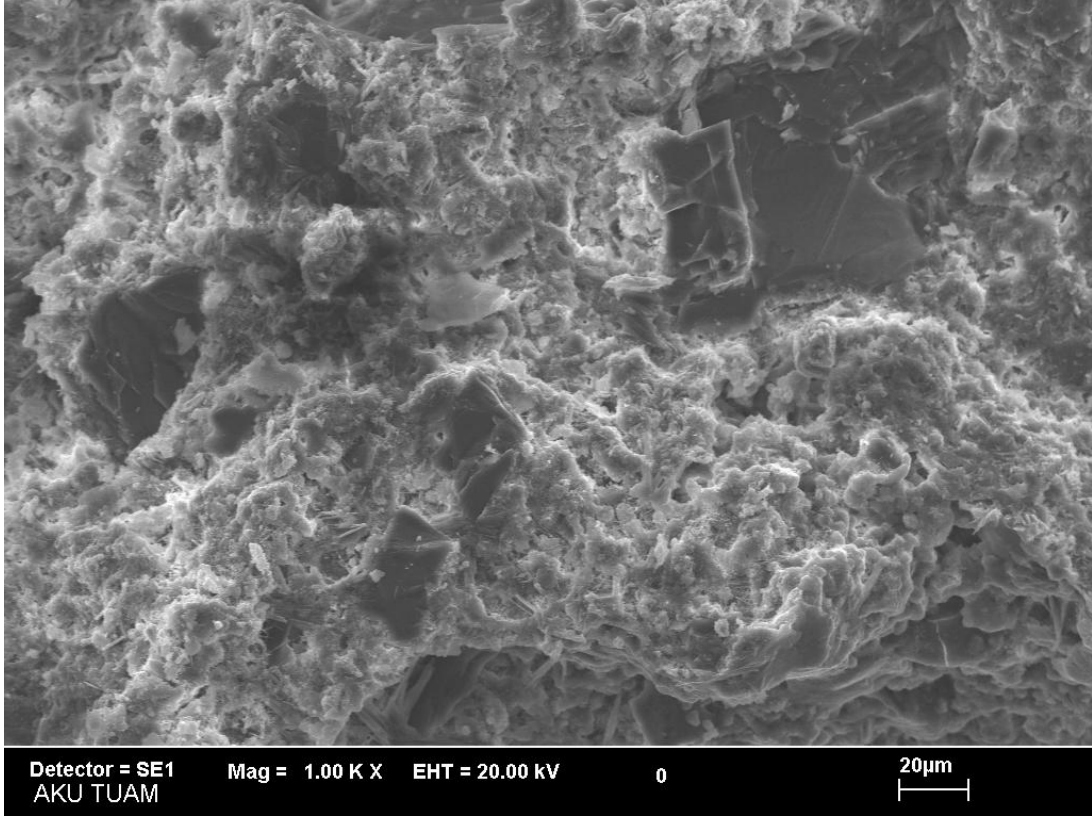
Mermer Tozu Katkılı Numunelerin XRD Sonuçları			
İçerik	% 0	% 60	% 100
CaCO₃	69,5	76,2	73,2
Dolomit	9,7	3,3	1,1
Hatrurite	20,8	20,5	25,6

Genel olarak XRD sonuçlarını değerlendirecek olursak mermer tozu içerisinde dolomite göre kalsiyum karbonat oranı fazladır. Mermer tozu içerisinde az miktarda da olsa dolomit bulunmaktadır. Mermer tozu içerisinde çimento fazı olan hatrurit bulunur ki bu da çimento bazlı ürünler için istenen bir durumdur. Mermer tozunun çimento gibi davrandığı ve yaklaşık % 5 civarında çimento ya katkı sağladığı söylenebilir. XRD değerlerine göre mermer tozunun dolomit ile kıyaslandığında istenen özelliklere cevap verebilecek yapıda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu da mermer tozunun çimento bazlı ürünlerde tane dağılımının uygun olmasıyla birlikte kullanılabilceğini göstermektedir.

5.5.6 SEM Analizleri Sonuçları (Taramalı Elektron Mikroskobu)

SEM analizi için 28 gün şartlandırılmış numunelerden alınan parçalar ile incelemeler yapılmıştır. Analiz için % 0, % 60, % 100 katkılı numunelere incelenmiştir. Burada mermer tozu katkısız numunelerin SEM analizinde dolomit taneleri daha düzgün yüzeyli görünmektedir (Şekil 5.16). Kırılma yüzeylerde fazla değildir.

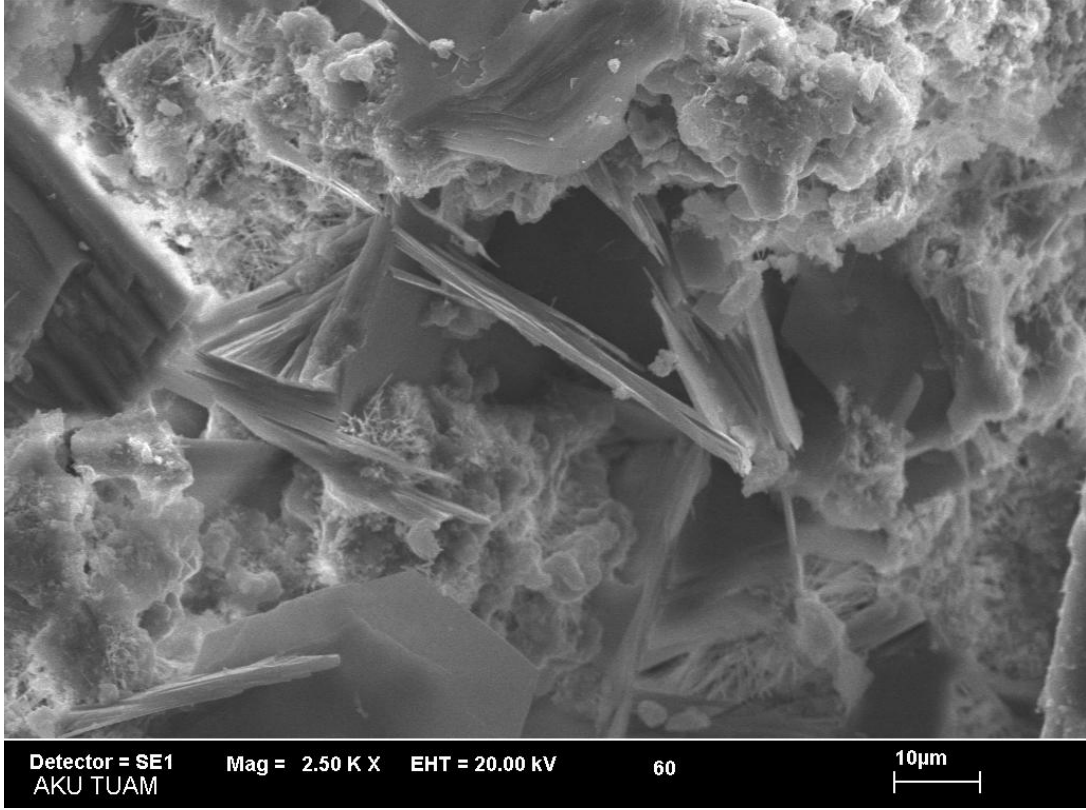
Çimento yapısına bakıldığında ise iğnemsî ve lifsi bir yapı görünmektedir. Referans ve katkılı çimentoların SEM görüntülerinden iğnemsî kalsiyum hidroksit (CH)’lerin bütün tanecikler üzerinde geliştiği, alt tarafta ise katmanlaşmış kalsiyum silikat hidrat (CSH)’ların oluştuğu izlenmiştir.



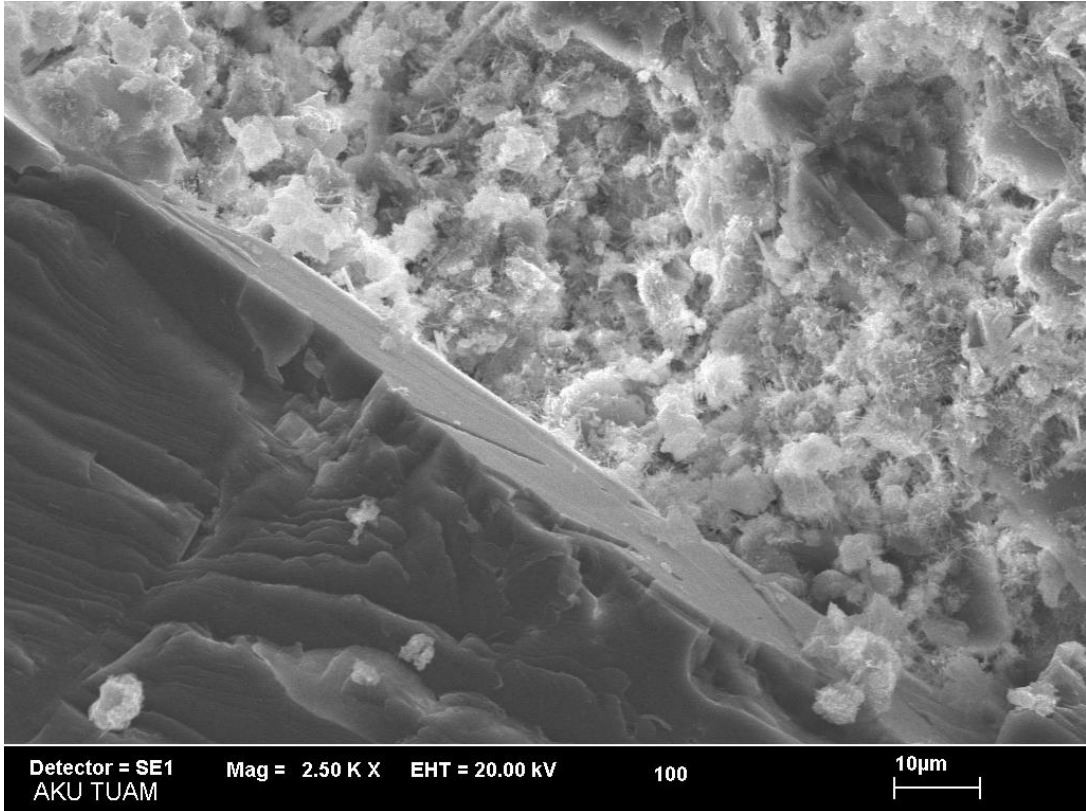
Şekil 5.13 Mermer tozu katkısız numunenin SEM analizi görüntüleri.

Şekil 5.17’de % 60 mermer tozu katkılı numunenin SEM analiz görüntüleri görülmektedir. Kalsiyum hidroksit kristalleri masif, yassı, hegzagonal prizma şekilli veya büyük zayıf uzun kristaller şeklinde çok farklı biçim ve boyutta görülmektedir. Çimento harcı ve beton içinde kalsiyum hidroksit (CH) kristalleri çimento ile agrega ara yüzeyinin bağlayıcılığını geliştirme eğilimindedir.

Şekil 5.18’de % 100 mermer tozu ile yapılan sertleşmiş yapıştırma harcının SEM analizi görüntüleri verilmiştir. % 100 mermer tozu katkılı numunenin SEM analizinde mermer tanelerinin daha kırıklı ve çatlaklı yapısı olduğu görülmektedir. Bu da daha fazla su emmesi olacağını gösterir. Agrega ile çimentonun bağlandığı yerin bir şerit halinde bir yapı olduğu tespit edilmiştir. İncelenen numunelerde, çimentonun başlıca hidrasyon ürünlerinin kalsiyum silikat hidrat (C-S-H), kalsiyum hidroksit (portlandit), kalsiyum sülfoalüminat (etrenjit)’tan meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 5.14 % 60 Mermer tozu katkılı numunenin SEM analizi görüntüleri.



Şekil 5.15 % 100 Mermer tozu katkılı numunenin SEM analizi görüntüleri.

5.6 Maliyet Analizi

Bu çalışmada mermer tozunun katkısı ile yapıştırma harcının özelliklerinde görülen değişikliklerin analiz edilmesinin yanı sıra, bir de bu işlemin maliyet açısından basit bir incelemesi yapılmıştır. Zira atık mermer tozu katkısının uygulanabilirliği yanı sıra birde bunun ekonomik açıdan bir katkısının olması gerekir ki işletmeler özellikle dolomit yerine bu mermer tozunu yapı harçlarında kullanmayı tercih etsinler.

Burada satıcı firma tarafından alınan bilgiler doğrultusunda bir hesaplama yapılmıştır.

Mermer artığı tozu	25,96 TL/ton
Dolomit	38,35 TL/ton
Fark	12,39 TL/ton çıkar.

Buradan yola çıkarak bir firmanın günde 100 ton gibi bir hammadde tüketimi olduğunu varsayarsak günde yaklaşık 1.239 TL, yılda ise yaklaşık 380 bin TL civarında bir kar elde edeceği ön görülmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; TEKNO Yapı Kimyasalları A.Ş. firmasına ait yapıştırma malzemesine katkı olarak dolomitin yanı sıra/yerine, Afyon mermerinin belirli boyutlardaki tozlarının kullanılabilirliği bilimsel olarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar bu firmanın yapıştırma harcı ve mermer tozu için geçerli olmak üzere aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

* Mermer tozu katkılı yapıştırma harcı deneylerinde elde edilen verilere göre grafikler değerlendirildiğinde; basınç ve eğilme dayanımının 3 ve 7 günlük numunelerinde mermer tozu arttıkça dayanımın düştüğü tespit edilmiştir. TS EN 12808-3'te asıl referans alınan 28 günlük deneyler olup, 28 günlük deneylerde ise mermer tozu miktarı arttıkça basınç ve eğilme dayanımının da arttığı tespit edilmiştir. Basınç ve eğilme deneyinde elde edilen bütün dayanım değerleri TS EN 12808-3'ün istediği kapsam içerisindedir.

* Yapışma çekme deneyinden elde edilen veriler içerisinde sadece % 40 mermer tozu katkılı numune referans numuneden düşük dayanıma sahip bulunmuştur. Bu % 40 katkılı dışındaki bütün numuneler referans numunesinden fazla dayanıma sahiptir. % 40 katkılı dahil bütün değerler TS EN 1348'in sınır değerleri içerisindedir.

* Su emme deneyinde ise mermer tozu katkısı arttıkça, harç içerisindeki ince tane miktarı da artmaktadır bu yüzden ağırlıkça su emme miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Bütün mermer tozu katkılı numune sonuçlarının TS EN 12808-5 in istediği değerler içerisindedir. Mermer tozu katkısının artmasıyla harç yüzey alanının artması söz konusudur, bu da porozitenin artmasına sebep olmaktadır. Yoğunluk değerleri de numuneler arasında birbirine yakın değerler bulunmuştur. Dolomit ve mermer tozunun yoğunlukları birbirine yakındır. 30 dk. ve 240 dk. su emme deneylerinde ise TS EN 12808-5 in max. değerleri 30 dk. için 5 gr., 240 dk. için max. 10 gr'dır. Bu 30 dk' lık su emme deneyinde % 40 katkılı numune sınır değerden biraz fazla su almıştır. 240 dk.' lık numunelerde ise su emme miktarları sınırı bir miktar aşmıştır fakat referans numuneler ile yakın değerlere sahiptir.

* Yayılma deneyinde ise, mermer tozu katkısının artması ile ince tane miktarı artmaktadır, bunun sonucunda harç daha fazla suya gereksinim duymaktadır. Bütün deneylerde ise aynı miktarda su kullanıldığı için, mermer tozu katkısı arttıkça vizkozitesi daha yüksek daha koyu bir kıvamda harç meydana getirmektedir. Bu da yayılma tablasında daha küçük çaplı bir yayılma harcı oluşturmaktadır.

* Priz başlangıç deneylerinde ise bulunan bütün değerlerin TS 13395-1'in kapsamında olduğu tespit edilmiştir. Bu deneyde ise priz süreleri katkının artmasına bağlı olarak azalmıştır, çünkü tane boyutu incelmektedir. Tane boyutunun incelmesiyle toz harç daha fazla suya gereksinim duymaktadır. Çünkü yüzey alanı artmaktadır ve su miktarının da aynı olmasıyla birlikte daha vizkoz bir yapı elde edilmiştir, bu da priz süresinin kısılmasına neden olmaktadır.

* XRD analizleri incelendiğinde ise, mermer tozu katkısı arttıkça CaCO_3 oranının da arttığı görülmüş olup, bu oranın artması da yapıştırma harçlarında istenen bir durumdur. Diğer yandan hatrurit çimento fazı olmaktadır ve bu oranın da yaklaşık % 5 kadar arttığı analiz sonuçlarında görülmektedir. Bu hatrurit oranının fazla olması, mermer tozunun çimento gibi bağlayıcı bir görev yapmasını sağlamaktadır. Burada mermer tozu katkısı arttıkça çimento oranının da azaltılabileceği anlaşılmaktadır.

* SEM analizlerinde ise hazırlanan malzemelerde genel olarak yoğun bir yapı görünmektedir. Mermer tozu ve dolomitin kırılma esnasında oluşan çatlakları görüntü analizinde görülebilmektedir. Mermer tozu ve dolomit kireçtaşı kökenli kayalar olduğu ve aynı kırma eleme işlemine tabi tutulduğu için SEM analizlerinde görüntüleri birbirine yakın çıkmaktadır. Çimentonun görüntülerine bakıldığında ise iğnemsî kalsiyum hidroksit (CH)'lerin bütün tanecikler üzerinde geliştiği görülmektedir. Bu kalsiyum hidroksitler agrega ile çimento arasını bağlama görevi yaparak agregaların çimentoya tutunmasını sağlamaktadır.

* Mermer tozunun yapıştırma harçlarında kullanımına ekonomik yönden de bakıldığında, mermer tozu dolomite göre yaklaşık % 30 gibi daha düşük fiyatlı olduğundan ve ilgili tüm TSE deneylerindeki bulunan sonuçlar da buna uygun olduğu için, yapıştırma harçlarında mermer tozu kullanımının mümkün olduğu söylenilebilir. Burada mermer tozu elek dağılımının -125 mikron fraksiyonunun daha az olması neminin ve kimyasal içeriğinin de uygun olmasıyla birlikte yapıştırma harçlarının daha kaliteli ve ekonomik olacağı düşünülmektedir.

* Mermer tozu, yapıştırma harçları dışında mantolama sıvası ve dekoratif sıva, fayans yapıştırma harçları gibi ve diğer yapı malzemelerinde de kullanılabilir olasıdır. Bunun içinde TSE'nin belirlediği deneyler doğrultusunda çalışmalar yapıp ekonomik yönden de incelenip, kullanılabilir hale getirilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Anonim, 1998. TS EN 1348, Yapıştırıcılar- Karo Yapıştırıcıları- Çimentolu Yapıştırıcılarda Çekme Yapışma Mukavemetinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 83.180-91.100.100-91.100.50.
- Anonim, 2004. TS EN 12808-5, Harçlar – Seramik Karolar için Bölüm 5: Su Emme Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 91.100.10.
- Anonim, 2004. TS EN 12808-3, Harçlar – Seramik Karolar için Bölüm 3: Eğilme ve Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 91.100.10.
- Anonim, 2004. TS 13395-1, Tikotropik Harçlarda Yayılma Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 91.080.40.
- Anonim, 2010. TS EN 196-3+A1, Çimento Deney Yöntemleri- Bölüm :3 Priz Süreleri ve Genleşme Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 91.100.10.
- Akbulut H. ve Gürer C., (2007), “Use of Aggregates Produced from Marble Quarry Waste in Asphalt Pavements”, Science Direct, Building and Environment, 42;1921-1930.
- Akbulut H. ve Gürer C., (2006), “Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregata olarak Değerlendirilmesi”, *GMO Teknik Dergi*, 3943-3960.
- Akdağ, O.N. ve Kırımhan, S., (1999), "Denizli Organize Sanayi Bölgesinde Endüstriyel Katı Atık Durumu ve Geri Kazanımı", *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 1, Sayı:2, 47-58 s.
- Büyüksağış, İ. S. 2009, Examine to Reduction Methods of Natural Stone Wastes in Natural Stone Plants, Symposium of Utilization of Marble Wastes and Decr., 16-17 September Diyarbakır/TURKEY.
- Ceylan, H., Saraç, S., Özkahraman H.T., 2001, Mermer Toz Atıklarının Derz Dolgu Malzemesi (fuga) Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersin '2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs, Afyon.
- Ceylan, H., Mança, S., 2013, Mermer Parça Atıklarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, Syf 21-25 Isparta.
- Demir, İ., 2008, Mermer Tozu ve Atıklarının Kullanım Alanlarının Araştırılması , 6 Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, 327, 2008 Afyon.

- Dhanapandian S. ve Gnanavel, B., (2009a), "Studies on Granite and Marble Sawing Powder Wastes in Industrial Brick Formulation", *Asian Journal of Applied Sciences* 2 (4), 331-340 ISSN 1996-3343.
- Dhanapandian S., Gnanavel, B. ve Ramkumar T., (2009b), "Utiliation of Granite and marble sawing Powder wastes as Brick Metarials", *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Ekim, Vol.4, No.2:47-160.
- Dhanapandian S. ve Gnanavel, B., (2010), "Using Granite and Marble Sawing Powder wastes in The Production of Bricks: Spctoscopic and mechanical analysis", *Research Journalof Applied Sciences, Eng. and Technology*, 2:1:73-86.
- Erdem, R.T., Öztürk, A.U., 2012, Mermer Tozu Katkısının Çimento Harcı Donma Çözünme Özellikleri Üzerine Etkisi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* **1(2)**, 85-91, Manisa.
- Ferreira, J.M.F., Torres, P.M.C., Silvia M.S. ve Labrincha, J.A., (2003), "Recycling of Granite Sludges in Brick Type and Flor Type Ceramic Formulations", *Euroceram News, waste recycling in The Ceramic Industry*, No.14:1-5.
- Filiz, M., Özel, C., Soykan, O., Ekiz, Y., 2010, Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması., *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 6, No: 2, (57-72) Isparta.
- Segadaes, A.M., Carvalho, M.A. ve Acehar, W., (2005), "Using Mrble and Granite Rejects to Enhance The prosessing of Clay Products", *Sciencedirect, Applied Clay science* Vol. 30:1:42-52.
- Sanjay Singh, (2009), "R&D Efforts Ğn Ğndia Towards Gainful Utilization of Marble Slurry", *Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 107-115, 16-17 Ekim, Diyarbakır.
- Şahin, M., Tanyıldızı, H., 2011, Vişne Çürüğü Mermer Tozu Katkılı Betonun, Basınç Dayanımına Donma – Çözülme Etkisinin Belirlenmesi. *Beton 2011*, İstanbul.
- Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y.G. ve Sarıışık A., (1996), *Mermer Teknolojisi*, S.D.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta.
- Kibici, Y., Ünal, O., Uygunoğlu, T., (2005), İnşaat Sektöründe Mermer Atıklarının Kullanılmasının Araştırılması , *Şantiye İnşaat Makina ve Mimarlık Dergisi*, Sayı: **202**.
- Terzi, S. ve Karaşahin M., (2003), "Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonu Karışımında Filler Malzeme Olarak Kullanımı", *T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, No.14[2]: 2903.

- Topçu, İB, Bilir, T., Uygunoğlu, T. (2009) Effect of waste marble dust content as filler on properties of self-compacting concrete, *Construction and Building Materials*, 23 (5), 1947-1953.
- Topçu, İB, Uygunoğlu, T., (2011), Mermer Agregası ve Uçucu Külün Kilitli Parke Taşı Üretiminde Kullanılması, *Beton Prefabrikasyon Dergisi*, **98**.
- Uygunoğlu, T., Topçu, İB, Çelik, AG, Use of waste marble and recycled aggregates in self-compacting concrete for environmental sustainability, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 84, 691-700, 2014.
- Ünal, O., Kibici Y., 2001, Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem '2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs, Afyon.
- Vijayalakshmi, V., Singh, S. ve Bhatnagar, D., (2001), “Marble Slurry-A New Perspective”, Technology Information, Forecasting and Assesment Council, New Delhi, İndia. 2001 Golden Jubile Year, M.B.M. Engineering College National Seminar on Small Scale Mining Jodhpur, Rajasthan.
- Zorluer, İ., Usta, M., 2003, Zeminlerin Atık Mermer Tozu ile İyileştirilmesi. Türkiye IV Mermer Sempozyumu (Mersem '2003) Bildiriler Kitabı. 18-19 Aralık 2003, Afyon.

İnternet Kaynakları

- 1- Yapıştırma harçlarının uygulama yöntemleri (www.teknoyapi.com.tr) (10.06.2014).
- 2- Yapıştırma harçlarının teknik özellikleri (www.kalekim.com.tr) (25.10.2014).
- 3-Mermer atıklarının endüstriyel olarak değerlendirilmesi (www.csgb.gov.tr) (15.04.2014).
- 4-Türkiye de üretilen doğaltaş miktarları ve ihracat rakamları (<http://www.maden.org.tr>) (18.08.2014).
- 5- Mantolama hakkında bilgi (<http://www.fenisiyalitim.com.tr>) (20.12.2014).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ertunç TATAR
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar 04.03.1985
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0(505) 855 16 56 ertunc_tatar@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : KOCATEPE ANADOLU LİSESİ (1999-2003)
Lisans : SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ (2004-2009)
Yüksek Lisans : AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ (2012-2014)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : SAÇAKLI MERMER SAN. TİC. A.Ş. (2010-2012)
ALİMOĞLU MERMER SAN. TİC. A.Ş. (2012-2013)
TEKNO YAPI KİMYASALLARI SAN. TİC. A.Ş.
(2013-Halen)