

**SERAMİK YAPIŞTIRMA HARCINDA
KULLANILAN AGREGALARIN, KİMYASAL
VE MİNERALojİK BİLEŞİMİNİN
YAPIŞMA MUKAVEMETİNE ETKİSİ**

Emrullah Cihad IŞIK

**Yüksek Lisans Tezi
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA 2004**

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERAMİK YAPIŞTIRMA HARCINDA
KULLANILAN AGREGALARIN, KİMYASAL
VE MİNERALojİK BİLEŞİMİNİN
YAPIŞMA MUKAVEMETİNE ETKİSİ**

Emrullah Cihad IŞIK

Danışmanı: Doç.Dr. Hakkı Tarık ÖZKAHRAMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ISPARTA,2004

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....

Üye :.....

Üye :.....

ONAY

Bu tez/...../2004 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../2004

Prof. Dr. Remzi Karagüzel
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	7
2.1. Agregalar.....	7
2.1.1. Agreganın Petrografik Özelliklerinin Etkisi.....	10
2.1.2. Agreganın Beton Dayanımına Etkisi.....	13
2.1.3. Agregalarda Aranan Özellikler ve Zararlı Maddeler.....	14
2.1.3.1. Yıkanabilir Maddeler.....	15
2.1.3.2. Organik Kökenli Maddeler.....	17
2.1.3.3. Sertleşmeye Zarar Veren Maddeler.....	17
2.1.3.4 Kükürtlü Bileşikler.....	18
2.2. Çimentolar.....	18
2.2.1. Çimento Tarihçesi.....	18
2.2.2. Çimentoların Üretimi.....	21
2.2.2.1. Ana Bileşenlerin Yapıları.....	26
2.2.2.2. Serbest Oksitler.....	27
2.2.2.3. Çimentonun Hidratasyonu.....	28
2.2.2.3.1. Ana Bileşenlerin Hidratasyonu.....	30
2.2.2.3.2. Serbest Oksitlerin Hidratasyonu.....	34
2.3. Betonda Arayüzey (Geçiş Bölgesi).....	34
2.4. Selüloz Eterler.....	36
2.5. Dispersiyon Tozları (Polimerler).....	40
3. MATERYAL VE METOT.....	44
3.1. Materyal.....	44

3.1.1. Agrega.....	44
3.1.2. Çimento.....	44
3.1.3. Selüloz Eter.....	45
3.1.4. Dispersiyon Tozu (Polimer).....	45
3.1.5. Elek.....	45
3.1.6. Mikroskop.....	45
3.1.7. Kimyasal Analiz Cihazı.....	45
3.1.8. Hava Dolaşımli Etüv.....	45
3.1.9. Derin Dondurucu.....	45
3.1.10. Çekme Cihazı.....	46
3.1.11. Ağırlıklar.....	46
3.1.12. Beton Plaka.....	47
3.1.13. Seramik Karolar.....	47
3.2. Metot.....	47
3.2.1. Yapıştırıcının Karıştırılması.....	47
3.2.2. Deney numunelerinin Hazırlanması.....	48
3.2.3. İlk Yapışma Mukavemeti.....	48
3.2.4. Suya Daldırmadan Sonra Yapışma Mukavemeti.....	49
3.2.5. Sıcaklıkla Yaşdırmadan Sonra Yapışma Mukavemeti.....	49
3.2.6. Donma ÇözülmeDevrinden Sonra Yapışma Mukavemeti.....	49
3.2.7. Sonuçların Gösterilmesi ve Değerlendirilmesi.....	50
4. BULGULAR.....	52
4.1. EM 1 Numunesi.....	52
4.2. EM 2 Numunesi.....	54
4.3. EM 3 Numunesi.....	56
4.4. EM 4 Numunesi.....	58
4.5. EM 5 Numunesi.....	60
4.6. EM 6 Numunesi.....	62
4.7. EM 7 Numunesi.....	64
4.8. EM 8 Numunesi.....	66
4.9. EM 9 Numunesi.....	68
4.10. EM 10 Numunesi.....	70

5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	72
6. KAYNAKLAR.....	77
7. EKLER.....	82

ÖZET

Seramik yapıştırma harçları, yer-duvar seramiği, doğaltaş, vb. malzemelerin binaların iç ve dış mekanlarının kaplanmasında kullanılmaktadır. Seramik yapıştırma harçlarının bileşiminde temel olarak ; özel tane boyutunda dolgu, hidrolik bağlayıcı olan çimento, ürün performansını ve işlenebilirliğini arttırıcı kimyasal katkıları bulunmaktadır.

Seramik yapıştırma harçlarında dolgu hammaddesi olarak kullanılan agregalar, çok değişik doğal ve/veya yapay kaynaklardan elde edilmektedir. Bu sebepten çok farklı kimyasal ve mineralojik bileşimlere sahiptirler.

Seramik yapıştırma harçlarından istenen temel özellik, yapışma mukavemeti ve uzun süreli dayanımdır. Seramik yapıştırma harcının ağırlıkça, %50-75' ini agrega oluşturmaktadır. Agreganın bu miktarda olması elbette harcın özelliklerini etkileyecektir. Agreganın özelliklerini de kimyasal ve mineralojik bileşimi belirleyecektir.

Bu çalışmada, Türkiye'de halen seramik yapıştırma harcı üreticisi on büyük firmanın kullanmış olduğu agregalar temin edilmiştir. Kimyasal analizleri ile CIPW normları ve mikroskop incelemesi ile de mineralojik bileşimleri ve granülometreleri tespit edilmiştir. Yalnızca, on değişik agregadan oluşan, on karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan bu on karışımın TS 11140 EN 12004 standardına göre dört değişik şartta yapışma mukavemetleri belirlenmiştir. Elde edilen mukavemet sonuçları ile seramik yapıştırma harcında kullanılacak en uygun kimyasal ve mineralojik bileşimdeki agrega tipi belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Seramik yapıştırma harcı, Yapışma mukavemeti, Agregası, Kimyasal Bileşim, Mineralojik Bileşim.

ABSTRACT

The tile adhesive mortar is used for cladding floors, external and internal walls of buildings with ceramic tiles and natural stone tiles. The tile adhesive mortar mainly cement based for hydration and contains of filler in special granule size with chemical additives enhancing the product performance and workability.

The aggregates which are used for filling material in making the tile adhesive mortar are obtained from many various sources. For this reason they possess many different chemical and mineralogical composition.

The fundamental requirement of the tile adhesive mortar, is it adherence and durability. Aggregate make 50-75 % of the adhesive mortar by weight. The properties of mortar is affected by the amount of aggregate present on the other hand the chemical and mineralogical composition effects properties of aggregate.

In this study, the aggregates are obtained from the top ten firm that produce the tile adhesive mortar in Turkey. CIPW norms which gives the chemical composition are obtained from the chemical analysis of aggregates, also by microscope analysis which gives its exact mineral composition and granulometry. Only ten mixtures are prepared from ten different type of aggregates.

Dry, wet, hot and freezing-thawing adhesive strength are determined from these ten mixtures. According to TS 11140 EN 12004.

The mineral and chemical composition of ideal aggregate type that gives the best results are chosen from the adhesive strength test results.

KEY WORDS: Tile adhesive mortar, Adhesive strength, Aggregate, Chemical composition, Mineralogical composition.

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder.

Sayın Doç.Dr. H.Tarık Özkahraman (tez danışmanı), çalışmanın sonuca ulaşmasında ve yabancı kaynakların çevirisinde yardımcı olmuştur.

Sayın Prof.Dr. Saim Saraç Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı, ve Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri, bölüm imkanlarından yararlanabilmeyi sağlamışlardır.

Sayın Prof.Dr. Ali Bilgin, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi, mikroskop incelemesi ve mineralojik incelemelerde yardımcı olmuştur.

Sayın Maden Mühendisi Ahmet Çolakoğlu, Kalekim A.Ş. Ar-Ge Sorumlusu, numunelerin teminini sağlamıştır.

Sayın Yüksek Jeokimya Mühendisi Gülay Selçuk, Göлтаş A.Ş. Kalite Kontrol Şefi, kimyasal analizlerin yapılmasını sağlamıştır.

Sayın Yüksek Jeoloji Mühendisi Ferdi Erdoğan, Kalekim A.Ş. Genel Müdür ve Yönetim Kurulu Üyesi, şirket imkanlarını kullanabilmeyi sağlamıştır.

Sayın Maden Mühendisi Engin Tonguç, Kalekim A.Ş. Isparta İşletme Müdürü, Isparta işletmesi imkanlarını kullanabilmeyi sağlamıştır.

Sayın Kimyager Harun Bulut, Kalekim A.Ş. Mersin İşletme Müdürü, Isparta işletmesi müdürlüğü görevinde iken katkıda bulunmuştur.

Sayın Emin Işık ve Sadiye Işık, ailem olarak her zaman maddi ve manevi destek sağlamışlardır.

SİMGELER DİZİNİ

- As :Her bir çekme yapışma mukavemeti
L :Toplam yük
A :Yapışma Alanı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Yapı mahallinde hazırlanan ve polimer modifiye kuru karışım harçlar (Özışık, 2001).....	2
Şekil 2.2.1.1. Joseph Aspdin' in 21.10.1824 tarihinde aldığı “Portland Çimentosu” patenti (Akçansa, 2003).....	20
Şekil 2.2.1.2. Northfleet'teki William Aspdin'in Çimento fırını-Dünyanın en eski ve hala ayakta olan fırını (Akçansa, 2003).....	21
Şekil 2.2.2.1. Çimento üretim sistemi (Akçansa, 2003).....	22
Şekil 2.2.2.2. Döner fırın şeması ve reaksiyonlar (Yeğınobalı, 1999,b).....	25
Şekil 2.2.2.3.1.1. Etrenjit ve monosülfathidrat kristalleri (Yeğınobalı, 1999,b).....	31
Şekil 2.2.2.3.1.2. C-S-H ve CH kristalleri (Yeğınobalı, 1999,b).....	33
Şekil 2.3.1. Akustik (a) ve SEM (scanning electron microscopy) (b) ile granitik agrega taneleri ile portland çimentosu pastasının görünümü (Prasad vd., 1999).....	35
Şekil 2.3.2. Akustik C-scan (a) ve SEM (b) Çimento matriksi, çatlak, etrenjit dokusu, agrega ve hava kabarcığının görünümü (Prasad vd., 1999).....	36
Şekil 2.4.1. Selülozun suda çözünmeyen alkali selüloza, alkali selülozunda suda çözünen selüloz eterlere değişimi (Clariant, 2003).....	37
Şekil 2.4.2. Yapıştırma harçlarında kullanılan bir selüloz eter tipi (Clariant, 2003).....	38
Şekil 2.4.3. Çimentolu harçta selüloz eter filmi. Genişlik:47 µ (Jenni, 2003).....	39
Şekil 2.4.4. Selüloz eter çok ince ve taneli yapı görüntüsü (Clariant, 2003).....	39
Şekil 2.5.1. Kuru karışım harç teknolojisinde kullanılan redisperse polimerlerin reaksiyonu (a) ve üretim prosesi (b) (Özışık, 2001).....	41
Şekil 2.5.2. Polimer modifiye seramik yapıştırıcı (sol tarafta) ile porselen fayans arasındaki birleşim noktası; porselen fayans ile harç arasındaki polimer film açıkça gözlenmektedir (Özışık, 2001).....	42
Şekil 3.1.10.1. Kalekim A.Ş. kalite kontrol laboratuvarı çekme cihazı.....	46
Şekil 3.2.7.1. Kopma kusurlarının değerlendirilmesi (TS 11140 EN 12004, 2002).....	51
Şekil 4.1.1. EM 1 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	52
Şekil 4.1.2. EM 1 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	53

Şekil 4.2.1. EM 2 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	54
Şekil 4.2.2. EM 2 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	55
Şekil 4.3.1. EM 3 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	56
Şekil 4.3.2. EM 3 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	57
Şekil 4.4.1. EM 4 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	58
Şekil 4.4.2. EM 4 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	59
Şekil 4.5.1. EM 5 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	60
Şekil 4.5.2. EM 5 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	61
Şekil 4.6.1. EM 6 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	62
Şekil 4.6.2. EM 6 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	63
Şekil 4.7.1. EM 7 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	64
Şekil 4.7.2. EM 7 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	65
Şekil 4.8.1. EM 8 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	66
Şekil 4.8.2. EM 8 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	67
Şekil 4.9.1. EM 9 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	69
Şekil 4.9.2. EM 9 Numunesi CIPW norm hesaplamaları.....	70
Şekil 4.10.1. EM 10 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme).....	71
Şekil 5.1. Piroksen grubu minerallerin üçgen diyagram gösterimi (Klein vd, 1993).	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.1. Agreganın şekil ve dokusuna göre sınıflaması (Mindess ve Young, 1981).....	8
Çizelge 2.1.2. Agreganın özellikleri tarafından etkilenen beton özellikleri (Yeğinobalı, 1999,a).....	9
Çizelge 2.1.1.1. Kayaç tipine göre doğal agregaların sınıflaması (Neville, 1995).....	11
Çizelge 2.1.2.1. Agreganın tane şeklinin betona etkisi (Yeğinobalı, 1999,a).....	13
Çizelge 2.1.3.1.1. Agreganın standartları (THBB, 2003).....	16
Çizelge 2.2.2.1. Tipik portland çimentosu oksit bileşimi (Yeğinobalı, 1999,b).....	24
Çizelge 2.2.2.2. Çimentodaki ana bileşenler (Yeğinobalı, 1999,b).....	26
Çizelge 2.2.2.3.1. Türk standartlarındaki çimento tipleri (DPT, 2000).....	29
Çizelge 2.2.2.3.1.1. Çimento ana bileşenlerinin hidrasyon özellikleri (Yeğinobalı, 1999,b).....	30
Çizelge 2.2.2.3.1.2. Alçı / C ₃ A oranına bağlı olarak oluşacak hidrasyon ürünleri (Yeğinobalı, 1999,b).....	32
Çizelge 2.5.1. Selüloz eter ile dispersiyon tozlarının çimento esaslı harçta etkileri (Özışık, 2001).....	43
Çizelge 3.1.2.1. Göltaş A.Ş. Aralık (2002) ayı PÇ 42,5 çimento Kalite Kontrol Raporu (Selçuk, 2002).....	44
Çizelge 4.1.1. EM 1 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.1.2. EM 1 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	53
Çizelge 4.2.1. EM 2 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	54
Çizelge 4.2.2. EM 2 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	55
Çizelge 4.3.1. EM 3 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.3.2. EM 3 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	57
Çizelge 4.4.1. EM 4 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.4.2. EM 4 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	59
Çizelge 4.5.1. EM 5 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	60
Çizelge 4.5.2. EM 5 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	61
Çizelge 4.6.1. EM 6 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	62

Çizelge 4.6.2. EM 6 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	63
Çizelge 4.7.1. EM 7 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	64
Çizelge 4.7.2. EM 7 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	65
Çizelge 4.8.1. EM 8 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	66
Çizelge 4.8.2. EM 8 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	67
Çizelge 4.9.1. EM 9 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	68
Çizelge 4.9.2. EM 9 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	69
Çizelge 4.10.1. EM 10 Numunesi kimyasal analiz sonuçları.....	70
Çizelge 4.10.2. EM 10 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları.....	71
Çizelge 5.1. EM3 ve EM2 numunelerinin kimyasal analiz sonuçları.....	73
Çizelge 5.2. EM3 ve EM2 numunelerinin CIPW sonuçları.....	74

1.GİRİŞ

Polimer modifiyeli çimentolu malzemeler, genel olarak modern yapı sitelerinde kullanılan inşaat malzemelerinin temelini teşkil eder. Polimer ilave edilmesiyle çimentolu malzemelerin özellikleri değişik uygulamalara uygun hale gelir. Örneğin; yapışma mukavemetini ele alırsak, lateks modifiyeli çimento sistemlerinin ilk patenti 1924 yılında verilmiştir (Lefebure 1924). Seramik yapıştırıcıları alanında lateks modifiyeli ince tabaka halinde uygulama tekniği standard bir teknik olarak kullanılmaktadır. Çünkü bu tekniğe uygulama süresi ve kaynak maliyeti açısından bakıldığında, ekonomik avantajlarından dolayı standard bir teknik olarak kullanılmaktadır. Redisperse tozların keşfinden önce uygun bir lateks tozu dispersiyon şeklinde kullanılmaktaydı. Harcın karışımı önemli bir konudur. Eğer harç iyi karıştırılmazsa yapı sitelerinde genellikle hasara sebep olmaktadır. Toz halindeki lateks' in geliştirilmesi ile redisperse tozlar bu problemi çözmüştür. Bu kuru karışım harçlar uygulama öncesi uygun miktardaki su ile karıştırılarak kullanılmaktadır (Jenni, 2003).

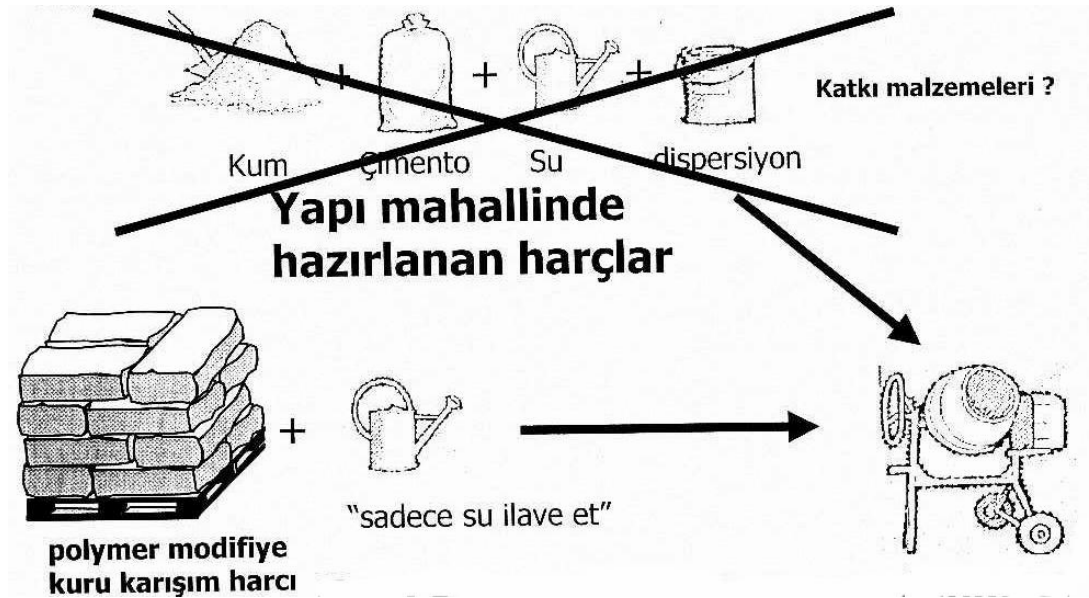
Kuru karışım harçların yaygınlaşması 1950' li yıllarda olmuştur. Terranova kuru karışım olan bileşime mineral sıva üretimi için ilk patenti almıştır. 1950' li yıllara kadar tamamı yapı mahallinde karıştırılan harçlar, kuru karışım harç teknolojisinin savaştan sonra yayılmasıyla yerini kuru karışım harçlara bırakmaya başlamıştır. Kuru karışım harçlar tesislerde hazırlanan ve paketlenen kısmen de su ile karışmış halde uygulama alanına teslim edilen harçlardır. Seramik yapıştırma harçları da kuru karışım harç sınıfında yer almaktadır ve torbalar halinde yapı mahalline teslim edilmektedir. Türkiye deki ilk uygulaması da 1973 yılında kurulan Kalekim Kimyevi Maddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş. ile olmuştur. Kuru karışım harç teknolojisindeki hızlı gelişmenin sebepleri şu şekilde sıralanabilir;

- Düşük maliyetli ve kısa vadede tamamlanabilen yeni yapılara ihtiyacın artması.
- Yeni yapı malzemelerine ve teknolojilerine ihtiyaç duyulması.
- Yapı sektöründe ehliyetli kişilerin azlığı ve işçilik maliyetinin artması.
- Daha kaliteli yapılara olan ihtiyacın artışı (yeni+restorasyon) (Özışık, 2001).

Yapı mahallinde karıştırılan harçların olumsuzlukları;

- Proses otomize edilemez.
- Müşteri ve son kullanıcıya garanti verilemez.
- Hazırlanmış harçların kalitesi sabit değildir.
- Katkı malzemeleri ilave edilse bile karışım hataları ya da homojen olmayan karışımlara sebep olma gibi yüksek risk taşır.
- Özel ürünlerin üretilmesi konusunda imkanlar kısıtlıdır.
- Lojistik bakımdan kuru karışım harçlarına kıyasla çok karmaşıktır. (Granülometrisi ayarlanmış kum, kimyasalların temini vb.) (Özışık, 2001).

Kuru karışım harçlar, duvar harçları ve kaba sıvalar makine ile uygulama ve silo halinde nakliyenin dışında tamamı paketlenmektedir. Bunlar; dekoratif mineral sıvalar ve boyalar, dış ısı izolasyon karmaşık sistemleri, zemin kaplamaları ve kendiliğinden yayılan şaplar, fayans yapıştırıcı ve derz dolgu harçları, tamir harçları, ince yüzey düzeltme harçları şeklindedir (Özışık, 2001).



Şekil 1.1. Yapı mahallinde hazırlanan ve polimer modifiye kuru karışım harçlar (Özışık, 2001).

Kuru karışım harç teknolojisinin avantajları şunlardır;

- Yüksek verimlilik (üretimi, depolanması, nakliyesi, işlenmesi ve uygulanması kolay, kayıp az.)
- Yüksek derecede güvenilirlik (yapı mahallindeki karışımlardaki hatalar olmaz).
- Yüksek ve sabit kaliteli homojen üretim (dayanıklı, güvenilir ve garantili ürün)
- Özel uygulamalar için özel performansa sahip ürünlerin üretimi.

Hazır seramik yapıştırma harçlarının en önemli avantajı uygulamadaki kolaylığıdır (Şengül vd., 2002).

Kuru karışım harçlarının 1999 yılı Avrupa'da üretimi;

ALMANYA	:	14 milyon ton
POLONYA	:	3 milyon ton (1991' de:0)
AVRUPA	:	55 milyon ton.

Kuru karışım harç pazarı Avrupa'da her yıl % 12'nin üzerinde büyümektedir (Özışık, 2001).

Bir seramik kaplama sistemi; i) yeterince sağlam ve düzgün bir alt yüzeyden, ii) seramiklerin bu yüzeye yapışmasını sağlayacak bir yapıştırıcı malzemedir, iii) kullanım amacına ve koşullarına uygun seramiklerden, iv) yapıştırılmış seramiklerin aralarındaki boşlukları dolduracak derz dolgusundan oluşur (Chew, 1999).

Seramik yapıştırmak için kullanılacak en yaygın malzeme çimento, agrega ve suyun karıştırılmasıyla yapılan harçtır, ancak bu harcın kullanılması çeşitli sorunlara yol açabilir. Deformasyon yeteneği olmayan bu harç fazla suyla hazırlanır, alt zemin tarafından bu suyun emilmesi durumunda harç rötre yapar. Ayrıca genleşme yapabilen seramik karolara karşın bu harç rijittir. Bunların sonucu harç-karo aderansı azalır, kopmalar veya çatlamlar görülebilir (Şengül vd., 2002).

Yapı mahallinde hazırlanan harcın seramiklerin yapıştırılmasında kullanımı giderek azalmaktadır, farklı yüzey koşulları ve kaplama malzemeleri ile çevresel etkilere daha dayanıklı çeşitli seramik yapıştırıcılarının kullanımı ise nihai müşterinin bilinçlenmesiyle de birlikte giderek artmaktadır (Şengül vd., 2002).

Polimer katkılı harç veya betonlarda çimento ve polimerin beraber kullanılması ile normal harç veya betona göre farklı özellikler elde edebilmektedir. Bu malzemelerin matris fazı; hidrate olmuş çimento ile polimerin meydana getirdiği homojen bir yapıdır. İstenen özelliklere sahip bir çimento esaslı polimer katkılı harç elde edebilmek için bileşen malzemelerin yapıları iyi bilinmelidir (Feldman, 1989). Bu harçların performansları birçok etkene bağlıdır, örneğin; polimer türü, polimer/çimento oranı, su/çimento oranı, kür koşulları gibi etkenler elde edilecek harcın özelliklerini büyük ölçüde değiştirir (Pareek vd., 1993) (Chandra ve Ohama, 1994). Çimento ve polimerin beraber kullanılmasıyla geliştirilen MDF (büyük boşluklardan arındırılmış) çimento ile dayanımı ve durabilitesi çok yüksek kompozitlerin üretimi mümkün olmuştur. Bu kompozitlerin kullanım alanlarının gelecekte artacağı tahmin edilmektedir (Bentur, 2002).

Seramik yapıştırma harçlarının kullanım alanlarıyla ilgili olarak yapılan son araştırmalarda da ısı yalıtım özelliği olan Isparta kaynaklanmış tüf taşlarının, kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliği ekonomik olarak belirlenmiş ve uygulamasının da seramik yapıştırma harcı ile gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir (Özkahraman ve Işık, 2003).

İleri beton malzemelerinin ve teknolojisinin mevcudiyeti endüstrileşme, kentleşme ve insan nüfusundaki artışın hızlanmasıyla birleştiğinde zor çevre koşullarına maruz karmaşık yapıların yapımında beton kullanımını teşvik etmektedir. Beton, yer altı toplu taşıma tesisleri, atık su işleme tesisleri, açık deniz petrol platformları ve diğer deniz yapılarında , egemen yapı malzemesidir (Mehta, 1994). Bu yapıların inşası çok zor ve pahalı olduğu için, yapı sahipleri, uzun bir servis ömrü talep ederler. Bu durum, dayanıklı beton tanımının zamanla değişmesine neden olmuştur.

Bundan 50 yıl önce, geleneksel bir beton yapı için, 25 yıllık bir servis ömrü çok makul bir istek olabilirdi. Bugün ise, birçok yapı 100 yıllık bir servis ömrü için tasarlanmakta, böylece uzun vadeli dayanıklılık gittikçe artan bir önem kazanmaktadır (Kurbetçi, 2003)

Betonun toplam hacminin yaklaşık % 75' ini agrega oluşturmaktadır. Bundan dolayı beton performansını ve dayanımını agreganın özellikleri büyük ölçüde etkilemektedir. Agreganın özellikleri oluştuğu kayaca göre değişiklik göstermektedir. Bunlar; kimyasal ve mineralojik bileşim, petrografik tanımlama, özgül ağırlık, sertlik, dayanım, fiziksel - kimyasal denge ve gözenek yapısıdır. Agregayı tanımamıza yardımcı olan özellikleri sayılanlar olsa da ana özellikler; parça şekli ve boyutu, yüzey yapısı ve su emmedir (Neville, 1994) (Taşdemir vd., 1998).

Kuru karışım harç teknolojisindeki seramik yapıştırma harçlarında kullanılan agregalar çeşitli kayalardan doğal veya yapay yöntemlerle elde edilmektedir. Kayalar bir bakıma mineral yığışımıdır. Bunlar tek mineralli olabildiği gibi birden fazla mineralin biraraya gelmesiyle de oluşabilmektedir. Tek mineralli kayalara Dünit, Hornblendit ve Kuvarsit gibi kayaları örnek olarak gösterebiliriz. Dünit' te Olivin mineralleri biraraya gelerek ultra bazik bileşimli bir derinlik kayası olan Dünit' i şekillendirirler. Hornblendit' e ise Hornblent kristalleri yığışarak ilgili kayacı oluştururlar. Kuvarsit' te ise Kuvars kristalleri biraraya gelerek ilgili kayaca vücut verirler. Serpantinitlerde ise Antiborit, Krizotil, Klinokrizotil ve Lizardit gibi Serpantin mineralleri yığışarak Serpantinit' i oluştururlar. Çok mineralli kayalara ise Granit, Arkoz, Mikaşist gibi kayaları örnek olarak sunabiliriz. Granit' te Ortaklas, Albit, Kuvars, Hornblend ve Biyotit gibi açık ve koyu renkli mineraller ilgili kayacı oluştururlar.

Üzerinde çalışılan konuda seramik yapıştırma harçlarında kullanılan agregalar, tek mineralli olabildiği gibi bazen de birden fazla mineralin biraraya gelmesi sonucu gelişmişlerdir. Bunlar, mağmatik, metamorfik ve sedimanter kayaların ayrışma ürünleri olduğu gibi, bazen de yapay olarak ilgili kayaların yapay yollarla mekanik olarak kırılıp parçalanması yoluyla üretilmişlerdir.

Üzerinde çalıştığımız örneklerin mineralojik bileşimlerini, kökenlerini ve seramik yapıştırma harcı endüstrisinde kullanıldığında, ne ölçüde elverişli olup olmadıklarını incelemek amacıyla bu araştırmada bir dizi çalışmalar yapıldı. Bu çalışmada, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği bölümünde bulunan mikroskopların tüm olanaklarından olabildiğince yararlanıldı. Bunlardan görüntü analizleri yapıldı. Bu analizleri desteklemek üzere Göltaş A.Ş. çimento fabrikasında aynı numuneler üzerinde kantitatif kimyasal analizler yaptırılarak incelediğimiz endüstriyel hammaddenin ana oksitleri belirlendi. Yine bu analizlere dayanarak, Dr. Bilgin tarafından Japonya'dan getirilen bilgisayar programlarından yararlanılarak ilgili örneklerin CIPW normları hesaplandı. Bu norm hesaplarına dayanılarak kayaç içerisinde yer alan minerallerin %' leri ortaya çıkartıldı. CIPW normları kızdırma kaybı hesaba katılmadan yapılmıştır.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1. Agregalar

Agrega: TS 706 da doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin, genellikle 100 mm ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerin bir yığıdır. Doğal agregalar, teraslardan, nehirlerden, denizlerden; göllerden ve taş ocaklarından elde edilen kırılmış veya kırılmamış yoğun yapıllı agregadır. Yapay agregalar ise yüksek fırın cüruf taşı, izabe cürufu veya yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış yoğun yapıllı agregada şeklinde ifade edilmektedir.

Agregaları, ince ve iri olmak üzere, iki gruba ayırmak mümkündür. İnce agregada boyutları belirli bir değerden küçük olan tanelerden meydana gelir. Kum denilen malzeme ince agregadan başka bir şey değildir. İri agregada ise boyutları belirli bir değerden büyük olan tanelerden oluşur. Çakıl doğal bir iri agregadır. Bazı hallerde iri agregada olarak çakıl yerine doğal taş bloklarının konkasör denilen aletlerle parçalanması sonunda elde edilen kırmataş da kullanılır (Postacıoğlu, 1987).

Betonun, hacimce en az % 75 ine sahip olan agreganın betonun kalitesini büyük ölçüde etkileyen bir öneme sahip olması sürpriz değildir (Neville, 1995). Bu oran betonu sadece dayanımını (mukavemetini) etkilemekle kalmaz, uzun süreli davranışını da (durabilitesini) etkiler.

Agreganın esas olarak çimento ile kimyasal bir reaksiyona girmediği bilinir. Agregada ile çimento hamuru arasındaki bağlantı kimyasal olmayıp fiziksel ve mekanik esasa dayanır. Bu bağ dayanımı ile bilinen çoğu kez aderans olarak adlandırılan bir özelliktir. Genel olarak betonu kısa veya uzun süreli performansında bu aderansın etkisi büyüktür. Ancak agreganın fiziksel, ısı, bazen de kimyasal özelliklerinin betonun genel olarak performansında özellikle de hacim stabilitesinde ve betonun durabilitesinde önemli bir işlevi vardır. Öte yandan agreganın betonun maliyetinde de önemli bir etkisi söz konusudur. Eğer agreganın beton içindeki tane dağılımı iyi

tasarlanırsa daha az çimentoya gereksinim olur. Bu da agreganın ekonomik bakımdan önemini ortaya koyar. Betonda kullanılacak agrega olabildiğince küp veya küre biçimine yakın olmalıdır. Agregalar denizden, derelerden, ocaklardan ve eski dere yataklarında elde edilir. Agreganın elde edildiği kayacın kimyasal ve mineral bileşimi yanında, petrografik sınıflandırılması, özgül ağırlığı, sertliği, dayanımı, fiziksel ve kimyasal kararlılığı ve boşluk yapısı agreganın özellikleri üzerinde önemli bir işleve sahiptir (Dizayn, 2002).

Çizelge 2.1.1. Agreganın şekil ve dokusuna göre sınıflaması (Mindess ve Young, 1981).

SINIFLAMA	TANIMLAMA	ÖRNEKLER
Yuvarlak	Tamamen su ile aşınmış veya doğal şekli	Nehir veya deniz kıyısı çakılları; çöl, deniz kıyısı kumu
Şekilsiz	Doğal şekilsiz, veya doğal olarak kısmen belirgin köşeli yuvarlak biçimlenmiş.	Diğer çakıllar; kum veya çakmaktaşı
Köşeli	Kabaca düzlemsel yüzeylerin etkilenme sonucu kesişen yüzeyli olması.	Kırılmış kayaların tüm tipleri, kırılmış cüruf.
Tabakalı	Diğer iki boyutuna göre sıkışmış materyaller	Tabakalanmış kayaçlar.
Uzamış	Genelde köşeli, iki boyutundan diğer boyutu çok daha uzundur.	-
Tabakalı ve Uzamış	Uzunluğu genişliğinden çok daha fazladır, ve genişliği de kalınlığından çok daha fazladır.	-

Betonda agrega kullanılmasının sağladığı teknik özelliklerin başında, sertleşen betonun “hacim değişikliğini” önlemesi veya azaltması sertleşmiş betonun “aşınmaya karşı dayanımını” arttırması, çevre etkilerine karşı “dayanıklılığını” arttırması ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonun taşımakta olduğu yüklere karşı “dayanımı” sağlayabilmesi gelir. Betonda kullanılan agreganın

dayanıklılığı, gözenekliliği, mineral yapısı, tane şekli, gradasyonu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, elastik modülü, termik genleşme katsayısı, agregada kil olup olmadığı ve agreganın temizliği gibi birçok özellik beton dayanıklılık türlerinin bir veya daha fazlasını etkilemektedir (Goeticies, 2003).

Çizelge 2.1.2. Agregada özellikleri tarafından etkilenen beton özellikleri (Yeğinoğlu, 1999,a).

Beton Özelliği	İlgili Agregada Özelliği
Dayanım	Dayanım Yüzey şekli Tane şekli Yüzey temizliği En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı
Birim Ağırlık	Özgül ağırlık Tane şekli En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı
Elastisite Modülü	Elastisite modülü Poisson oranı
Rötre	Elastisite modülü Tane şekli Yüzey temizliği En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı
Donma-Çözölmeye Dayanıklılık	Hacim sabitliği Gözeneklilik Gözenek yapısı Geçirgenlik Doygunluk derecesi Çekme dayanımı Kil içeriği
Islanma-Kurumaya Dayanıklılık	Gözenek yapısı Elastisite modülü
Isınma-Soğumaya Dayanıklılık	Isıl genleşme katsayısı
Aşınmaya Dayanıklılık	Sertlik
Alkali-Silika Reaksiyonu	Reaktif silis içeriği
Isıl Genleşme Katsayısı	Isıl genleşme katsayısı
Isıl Geçirgenlik	Isıl geçirgenlik
Özgül Isı	Özgül ısı
Yüzey Kayganlığı	Cilalanabilme
Ekonomi	Yörede temin edilebilme Üretim kolaylığı Tane şekli En büyük tane boyu Tane boyu dağılımı

2.1.1. Agreganın Petrografik Özelliklerinin Etkisi

Beton üretiminde kullanılan agregaların içinde bulunan minerallerin bilinmesi bir çok bakımdan fayda vardır. Bu minerallerin bir kısmı ortam koşullarının etkisiyle ayrışma yapabilir, diğer bir kısmının içindeki su miktarının değişmesi ile hacimlerde bir azalma ve artma olabilir. Sonuçta bu minerallerde alkali-agrega reaksiyonunda olduğu gibi çimento için zararlı maddeler de bulunabilir (Postacıoğlu, 1987).

Kütleleri veya doğal taşları meydana getiren ve sayısı 20-30 arasında olan esas minerallerden başka belirli sayıda ikinci derecede mineraller ve bir de bunların ayrışması sonunda oluşan sekonder mineraller bulunmaktadır (Postacıoğlu, 1987).

Esas mineraller arsında yer alan feldspat bir ayrışma yapmağa çok elverişlidir. Ana bileşimi $Al_2O_3SiO_2$ olan ve üçüncü bir elemanın katılmasıyla albit ($Na_2O Al_2O_3 6SiO_2$), ortoz ($K_2O Al_2O_3 6SiO_2$), labrodor ($CaO Na_2O Al_2O_3 3SiO_2$) gibi ve bunların pek çok benzeri olarak feldspat esaslı taşlar elde edilmektedir. Feldspat granit, bazalt gibi taşlarda da oldukça yüksek oranda bulunur. Feldspatlar bulunduğu ortama bağlı olarak bazen yavaş bazen de hızlı bir şekilde önemli değişikliğe uğrarlar. CO_2 içeren sular metal veya alüminyum çift silikatın iki anhidrit silikata ayırmak suretiyle hidrolize uğratar. Alüminyum silikat hidratasyon yapmak suretiyle kaolinit oluşur. Sıcak ülkelerde bu gelişme daha hızlı olur. Sonuç olarak feldspat kile dönüş yapar. Bu olayın gerçekleşmesi bazı hallerde çok yavaş örneğin asırlarca sürebilir; bazen de çok kısa bir sürede birkaç ay veya senede tamamlanır. Ayrışma sonunda agrega tanelerinin yüzeyinde oluşan kil taneleri ile çimento hamuru arasındaki aderansın azalmasına yol açtığından, beton mukavemetinin azalmasına neden olur. Bundan dolayı stokta fazla bir süre bekletilmiş feldspat içeren agregaların beton üretiminde kullanılması doğru değildir. Burada şunu da belirtmeli ki bozulma ve ayrışma olayları agrega kullanıldıktan sonra beton içinde de oluşabilir. Yalnız bu durumda olayın meydana getireceği zarar daha azdır. Bütün feldspatlar belirtilen değişikliğe uğramaz. Bu bakımdan içinde feldspat bulunan agregaların kullanılmadan önce gerekli şekilde test edilmesi gerekmektedir. Deney sonunda feldspatın bozulan cinsten olduğu anlaşıldığı durumda bu agrega beton yapımında kullanılmamalıdır

(Postacıoğlu, 1987). Çizelge 2.1.1.1. de kayaç tipine göre agregaların sınıflaması verilmiştir.

Çizelge 2.1.1.1. Kayaç tipine göre doğal agregaların sınıflaması (Neville, 1995).

Bazalt Grup	Flint Grup	Gabro Grup
Andezit	Çört	Bazik diorit
Bazalt	Flint	Bazik gnays
Bazik Porfiriterler		Gabro
Diabaz		Hornblend-kaya
Dolorit		Norit
Epidiorit		Peridotite
Lampropir		Pikrit
Kuars-Diorit		Serpantinit
Spilit		
Granit Grup	Çakıltaşı Grup	Hornfels Grup
Gnays	(volkanik)	Kontak ile alterasyona uğramış tüm mermerler
Granit	Arkoz	
Granadiorit	Grovak	
Granülit	Grit	
Pegmatit	Kumtaşı	
Kuars-Diorit	Tüf	
Siyenit		
Kireçtaşı Grup	Porfiri Grup	Kuarsit Grup
Dolomit	Aplit	Ganister
Kireçtaşı	Dasit	Kuvarsitik kumtaşları
Mermer	Felsit	
	Granopir	Yeniden kristallenmiş kuvarsit
Şist Grup	Keratopir	
Pillit	Mikrogranit	
Şist	Porfiri	
Sleyt	Kuars-Porfirit	
Tüm tabakalı kayalar	Riyolit	
	Trakit	

Esas minerallerden silis, çimentonun içinde bulunan alkali ile bir reaksiyon yaparak bir hacim genişlemesi ile birlikte bir silis jelinin oluşmasına neden olabilir.

Agregalarda bulunan aktif silisin çimento içinde yer almış olan maddeleri yani Na_2O ve K_2O ile bir reaksiyon yapması ve bunun sonunda genişleme kabiliyetine sahip bir jelin meydana gelmesidir. Bu jelin ayrıca su emdikçe hacminin artması nedeniyle olayın daha belirli ve daha zararlı bir şekilde oluşması mümkündür. Alkali-agrega reaksiyonunun zararlı bir etki yapması bazı koşullara bağlıdır. Çimento içinde $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ nun toplamı % 0,6 dan büyük olması halinde oluşan jel zarar meydana getirir. Diğer taraftan reaksiyonun önemli miktarda oluşması için agregalarda belirli bir miktar silis bulunması gereklidir. Bu bakımdan içinde aktif silis bulunmakla tanınan, opal, riyolit, tridimit ve riyolit tüfleri, dasit ve dasit tüfleri, andezit ve andezit tüfleri ve fillatlar bu tür reaksiyon yapmağa elverişlidir (Postacıoğlu, 1987).

Sekonder minerallerden ve esası magnezyum silikat hidrate olan serpantin' i fazla miktarda içinde bulunduran agregaları da kullanmak sakıncalıdır. Zira bu mineralin önemli bir özelliği su emdiği vakit şişmesi ve suyunu kaybedince de hacminin azalmasıdır. Agreganın hacminde bu değişiklikler önemli seviyede olması halinde betonun çatlaması veya mukavemetini kaybetmesi mümkündür. Aynı nedenden kökeni şist olan agregaları da kullanmak doğru değildir. Çünkü şist kararlı bir yapıya sahip olmayan ve içinde bulunan su miktarının değişmesiyle hacmi değişen kil' den ibarettir. Yine aynı düşünce ile kil kalker karışımı olan marn esaslı agregalar da beton üretiminde kullanılmaya elverişli olmadığını belirtebiliriz (Postacıoğlu, 1987).

Granit, siyenit, diyorit, gabro ve bazalt gibi sağlam kaliteli kayalardan elde edilen agregalar beton agregası olarak kullanılabilir. Ancak bunların çimento hamuru ile olan aderansları istenen düzeyde değildir. Yapırsı dokuya sahip, mikaşist gibi kayalardan elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılması sakıncalıdır. Silis, kuvars durumunda uygundur, ancak silis içeren kayalardan elde edilen agregaların kullanılması betonda hacim sabitliğini bozabilir. Kalker ve dolomit kökenli agregalar beton için en uygun olanlarıdır. Ancak dolomitlerin kil damarları içermesi sakınca yaratabilir (Dizayn, 2002).

Yeterli mekanik dayanıma sahip, yapraklanmış dağılmayan, su ile temas edince şişmeyen, hacim değişimine uğramayan, sülfat etkisine yol açmayan, çimento ile

alkali reaktivitesi göstermeyen ve bazı kimyasal reaksiyonlarda beton hasarına yol açmayan agregalar betonda kullanılır (Dizayn, 2002).

2.1.2. Agreganın Beton Dayanımına Etkisi

Çimento hamuru matrisin dayanımının artmasıyla birlikte ara yüzeydeki homojen gerilme dağılımı sonucu, oluşan çatlakların agreganın içinden geçme olasılığı artar ve bununla beraber beton dayanımı yükselir. Bu durumda agreganın dayanımı önem kazanır. (Şengül, 2001)

Düşük dayanımlı hafif agregalar ile genel olarak kullanılan normal ağırlıktaki agregaların beton içinde davranış ve beton dayanımına etkileri farklıdır. Normal ağırlıktaki agregalar, normal dayanım sınırları içinde betonun basınç dayanımını fazla etkilemez. Burada daha çok ara yüzey özellikleri ve agregalar-hamur arasındaki aderans ile agregalar tane şeklinin beton işlenebilmesine olan etkisi rol oynar. Kırmataş gibi yüzeyi pürüzlü, köşeli agregalar ile düzgün, yuvarlak agregalar kıyaslandığında olumlu ve olumsuz etkilerin dengelendiği görülmektedir (Yeğınobalı, 1999,a).

Çizelge 2.1.2.1. Agregalar tane şeklinin betona etkisi (Yeğınobalı, 1999,a).

AGREGA TANESİ	BETONUN İŞLENEBİLMESİ İÇİN SU İHTİYACI	ÇİMENTO HAMURU İLE ADERANS
Yuvarlak, düzgün yüzeyli	Daha az	Daha zayıf
Köşeli, yüzeyi pürüzlü	Daha çok	Daha kuvvetli

Betonda eğilme dayanımının yüksek olması istendiğinde kırmataşların, yüksek dayanımlı betonlarda da yüksek dayanımlı kayalardan kırılarak elde edilen agregaların kullanılması önerilmektedir (Yeğınobalı, 1999,a).

Agregalar arayüzeyindeki toz vb. ince malzeme beton karıştırılırken yüzeyden ayrılıyorsa belirli bir işlenebilme düzeyi için su ihtiyacını arttırmanın dışında sakınca yaratmaz. Ancak, agregalar tanesi yüzeyine yapışıp kalan killi malzeme çimento

hamuru ile aderansı olumsuz olarak etkiler ve beton dayanımında önemli azalmalara neden olabilir (Yeğınobalı, 1999,a).

Donma-çözölme ve ıslanma-kuruma' ya dayanıklılık; agregada hacim sabitliğı donma-çözölme, ıslanma-kuruma ve ısınma-soğuma gibi dış etkenler karşısında büyük veya kalıcı hacim değışikliklerine uğramaması olarak tanımlanır. Bu da agreganın mineral yapısına ilaveten gözenek özellikleri ve geçirgenliğı ile ilişkilidir. Gözenekleri tamamen suya doyabilen agregalar suyun donması durumunda parçalanabilirler. Burada agreganın kristal yapısı ile çekme dayanımı da önem kazanır. Islanma-kuruma devirleri agreganın gözenek yapısına bağılı olarak hacim değışikliğı meydana getirdiklerinden arayüzeyde, agreganın elastisite modölüne bağılı olarak gerilmeler meydana gelebilir (Yeğınobalı, 1999,a).

Isınma-soğuma' ya dayanıklılık; normal ağırlıktaki agregaların ısı genleşme katsayıları (5-12) $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ arasında, çimento hamurununki ise (10-20) $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ arasında değışir. Normal koşullarda, katsayılar arasındaki farkın $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ' dan ve sıcaklık değışiminin 30°C ' dan fazla olmamaları halinde bir sakınca görülmez. Ancak bu değıerler aşıldığında agrega ile hamur arasında meydana gelebilecek ısı gerilme ve deformasyonlara dikkat edilmelidir. Alkali-silika reaksiyonuna reaktif silis içeren agregaların yüksek alkalili çimentolarla birlikte kullanılması halinde rastlanmaktadır (Yeğınobalı, 1999,a).

2.1.3. Agregalarda Aranılan Özellikler ve Zararlı Maddeler

Agregalarda aranılan özellikler;

- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları,
- Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğı, odun, kömür vb.)
- Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları,
- Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
- Yassı ve uzun taneler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir.

Zararlı maddeler, betonun prizine (katılaşmasına) veya sertleşmesine zarar veren, betonun dayanımını veya doluluğunu (kompasitesini) azaltan, parçalanmasına neden olan veya donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşüren maddelerdir. Dağılıp ve miktarlarına bağlı olarak zararlı etkiyen maddeler şunlardır: yıkanabilir maddeler, sertleşmeye zarar veren maddeler, bazı kükürtlü bileşikler, yumuşayan, şişen ve hacmi artıran maddeler, klorürler gibi korozyona sebep olan maddeler ve mikalar (TS 706, 1980).

Agregalar, önce görünüşüne ve gerektiğinde kokuya ve köküne göre (tuz yatakları, kurşun, çinko, jips veya anhidrit yatakları veya selüloz ve şeker fabrikaları gibi bazı sanayinin yakınından elde edilmesi halinde kirlilik hususundaki bilgiler) değerlendirilir. Zararlı maddelerin zararlı miktarlarda bulunduğu kanısı doğarsa, agrega muayene ve/veya deneye tabi tutulur. Çizelge 2.1.3.1 de Agrega standartları ve deneyleri verilmiştir.

Mika taneciklerinin betona zararlı etkileyebilecekleri kuşkusuna varsa, kumun kullanılabilirliği daima beton yeterlik deneyi ile doğrulanmaktadır (TS 706, 1980).

2.1.3.1. Yıkanabilir Maddeler

Yıkanabilir maddeler, agregada ince halde dağılmış veya topak halinde veya agrega tanelerine yapışık olarak bulunabilir. Bu maddeler genellikle kil, silt ve çok ince taş unudur (TS 706, 1980).

Agregada bulunan yıkanabilir maddeler çok miktarda veya agrega tanelerine yapışık olup kolaylıkla ayrılmaz durumda veya topaklar beton yapım sırasında yumuşayarak kolaylıkla dağılmayacak şekildeyse, bu maddeler zararlı etki yapar (TS 706, 1980).

TS 3527 ye göre 63 µm açıklıklı kare gözlü elekten geçen maddeler miktarı verilmiştir. Ancak, söz konusu agrega ile yapılan betonun öngörülen amaç için kullanılabilirliği beton yeterlik deneyi ile gerçekleşirse, bu sınırlar aşılabilir (TS 706, 1980).

Çizelge 2.1.3.1.1. Agrega standartları (THBB, 2003)

DENEYLER	KABUL LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI	AÇIKLAMALAR
Tane şekli	8 mm üzerindeki yassı ve Uzun taneler ağırlıkça %50 Den çok olmalıdır.	TS-3614	Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'den büyük olan tanelere kusurlu tane denir.
Tane Dayanımı	Bilyalı tamburla 100 dönüş Sonunda ağırlıkça max % 10.500 dönüş sonunda max % 50 olacak	TS-3694	
Dona Dayanıklılık (Sodyum Sülfat)	İnce agregalarda max %15 Kaba agregalarda max %18	TS-3655	
Yıkanabilir Maddeler	63 mikron elekten geçen 0/4 Mm arası max %4, 1/4 mm Arası max %3, 2/8 mm arası Max 24/63 mm arası max % 0.5	TS-3527	
Organik Kökenli Maddeler	Sodyum Hidroksit ile yapılan Deneyde sıvı rengi koyu sarı, Kahverengi veya kırmızı Olmayacak	TS-3673	
Hafif Maddeler	Kömür veya diğer şişen Malzemeler 20kg/dm ³ sıvıda Yüzdürüldüğünde ağırlıkça % 0.5'den fazla olmayacak.		
Sertleşmeye Zarar Veren Maddeler	Şeker, mika ve çözünen Tuzlar mevcut olmayacak	TS-3821	İncelenen agregaya ile yapılan betonun basınç dayanımı, karşılaştırılmalı beton basınç dayanımının % 85'inden daha düşükse, agregada betonun sertleşmesine zarar veren maddeler bulunduğu varsayılır.
Kükürtlü Bileşikler	SO ₃ olarak saptanan sülfat Miktarı max. %1	TS-3674	Kükürtlü bileşikler (alkali sülfatları, jips ve anhidrit gibi) betona zararlıdır.
Alkali Agregaya	Alkali hidroksit ile reaksiyona Girebilen silisli mineraller (kristobatit, tridimit, opal vb.) Ve taşlar (opalli kumtaşı, Obsidiyen, çakmaktaşı vb.) Bulunmayacak.	TS-3332 TS-2517	Harç çubukları boy uzaması 6 ayda max % 0.5, 1 seneden max % 1 olmalıdır. (TS-3322) Kimyasal yöntemde zararsız bölgede olmalıdır. (TS 2517)

2.1.3.2. Organik Kökenli Maddeler

Humuslu ve diğler organik maddeler ince dağılmış halde iken betonun sertleşmesine zarar verebilirler. Taneli halde buldukları zaman renk değışimine veya şişerek betonun yüzeyinde patlamalara neden olabilirler (TS 706, 1980).

İnce dağılmış, sertleşmeye zarar veren organik maddelerin varlıkları hakkındaki bilgi, agreganın sodyum hidroksitle muayenesinden elde edilir. Ancak, şeker ve benzeri maddelerin bulunup bulunmadığı bu şekilde anlaşılabilir. Sodyum hidroksitle yapılan deneyde sıvı renginin renksizden açık sarıya kadar olması halinde organik maddelerin önemli miktarda bulunmadığına karar verilebilir. Koyu sarı, kahverengi veya kırmızı rengin olması halinde, bu renklerin az miktardaki taneli organik maddelerden meydana geldiğı kuşkusuz yoksa, zararlı miktarda organik maddelerin bulunduğuna karar verilebilir. Bu sınırlar, agreganın tane sınıflarına ayrılmış olarak kullanılması halinde her bir tane sınıfına uygulanır. Şüpheli hallerde söz konusu agrega ile beton yeterli deneyi yapılmalıdır (TS 706, 1980).

Doğal agregada bulunan kömür veya diğler şişen organik maddelerin yoğunluğu, mineral menşeli maddelerin yoğunluğu, mineral menşeli agrega tanelerinin yoğunluğundan genellikle daha düşük olur. Bu nedenle görünümüne göre ayıklanarak bulunan veya bunun yeterli sayılmadığı hallerde, 2,0 kg/dm³ yoğunluklu sıvıda yüzdürülerek bulunan taneli organik maddeler miktarı ağırlıkta % 0,5 den çok olmamalıdır. Bu sınırlar agreganın tane sınıflarına ayrılmış olarak kullanılması halinde her bir tane sınıfına uygulanır (TS 706, 1980).

2.1.3.3. Sertleşmeye Zarar Veren Maddeler

Sertleşmeye zarar veren maddeleri, az miktarda bulunmaları bile betonun prizini ve sertleşmesini değıştiren veya bunlara zarar veren, örneğın şeker ve benzeri maddelerin veya çözünen tuzların bulunduğundan kuşku duyuluyorsa, karşılaştırmalı beton deneyleri ile incelenmelidir. İncelenen agrega ile yapılan betonun basınç dayanımı, karşılaştırma betonunun basınç dayanımının % 85' inden daha düşükse,

incelenen agregada betonun sertleşmesine zarar veren maddelerin bulunduğu var sayılır (TS 706, 1980).

2.1.3.4. Kükürtlü Bileşikler

Kükürtlü bileşikler; cinslerine, agregada içindeki miktarlarına ve yapının içinde bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak, betonda zararlı değişikliklere neden olabilirler. Burada kükürtlü bileşiğin cinsi ve dağılışı önemlidir. Örneğin iyi sıkıştırılmamış betonlarda, hava akımı ve rutubet vasıtasıyla oksitlenen sülfürler ve sülfatlar (alkali sülfatları, jips, anhidrit gibi) zararlı olabilir. Sülfatlar, betondaki kireç ve alüminyum bileşikleriyle reaksiyona girerler ve zamanla büyüyen kristaller meydana getirerek betonun parçalanmasına neden olurlar. Bununla birlikte Barit ($BaSO_4$), rutubetli ortamda bile yapısı değişmediğinden, beton agregası olarak kullanılabilir. Barit dışındaki sülfatların varlığından kuşku duyuluyorsa agregadaki sülfat miktarı belirlenir. SO_3 olarak hesaplanan sülfat miktarı ağırlıkça % 1 den çok olmamalıdır (TS 706, 1980).

2.2. Çimentolar

2.2.1. Çimento Tarihçesi

"Çimento" kelimesi, yontulmuş taş kırıntısı anlamındaki Latince "caementum" kelimesinden türemiştir. Daha sonra bu kelime bağlayıcı anlamında kullanılmaya başlamıştır. İlk betonarme yapı 1852 yılında yapılmıştır, ancak bağlayıcı malzemelerin kullanımı çok eskilere dayanır, muhtemelen ateşin bulunmasından hemen sonra, kireç ve alçı ile başlamıştır. İlk olarak kireç bağlayıcı madde olarak kullanılmıştır (Akçansa, 2003).

Kirecin bağlayıcı özelliğinin ilk ne zaman anlaşıldığı konusunda bir çok spekülasyon yapılmaktadır. Ancak insanlık tarihinin erken dönemlerinde olduğunu söylemek mümkündür. Belki de kireçtaşı mağaralarda ısınmak veya yemek pişirmek için yakılan ateşle elde edilen kireç yağmur veya rutubetle temas ederek sönmüş kireç

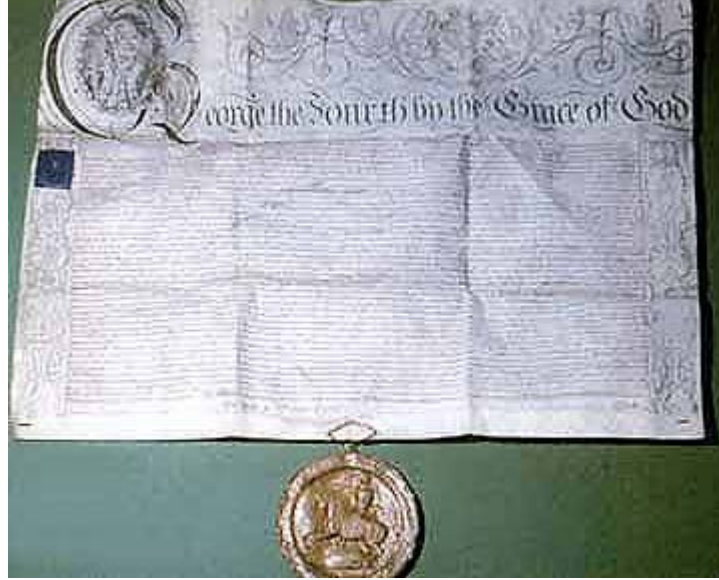
haline gelmiş ve kuruduktan sonra elde edilen tozun bağlayıcı özelliğinin farkına varılmıştır. Sönmüş kirecin ilk uygulamaları mağara duvarlarına yapılan resimlerde görülmüştür (Akçansa, 2003).

Daha sonra yine mağaralarda iç ve dış dekorasyon ve sıva yapımında kullanılmaya başlanmıştır. Eski Mısır, Kıbrıs, Girit ve Mezopotamya'nın değişik yörelerinde kirecin bir yapı malzemesi olarak kullanılmasına ait örneklere rastlanılmıştır. Eski Yunanlılar ve Romalılar kireci hidrolik bağlayıcı olarak kullanmışlardır. M.Ö. 70-25 yılları arasında yaşamış olan Mimar Vitruvius "On Architecture"(Mimarlık Üzerine) adlı 10 ciltlik kitabında puzolan ve kireç karışımlarının hidrolik özelliklerinden bahsetmiş, nehir ve deniz kıyısında yapılacak olan yapılarda kullanılacak harç için karışım oranı bile vermiştir : iki kısım puzolan (pulvis Puteolanus) bir kısım kireçle karıştırılır. Araştırma sonuçları Anadolu'da Çatalhöyük'teki evlerin yapımında kullanılan sıvanın 7000 yıl eski olduğunu ortaya çıkarmıştır (Akçansa, 2003).

Tarihte, Mısır Piramitleri, Çin Seddi ve değişik zamanda yapılan kalelerde o dönemin medeniyetini simgeleyen birçok değişik bağlayıcı madde kullanılmıştır. Daha sonra yaklaşık 2000 yıl önce, Romalılar söndürülmüş kireci volkanik küllerle ve sonraları, pişirilmiş tuğladan elde edilen tozlarla karıştırarak bugünkü çimentonun özelliklerine benzer bir hidrolik bağlayıcı kullanmaya başlamışlardır. Eski Yunanlılar ise Santorin Adası'ndaki volkanik tüfleri kireçle karıştırarak veya killi kireç taşından elde ettikleri bir tür hidrolik kireçle harç yapmışlardır (Akçansa, 2003).

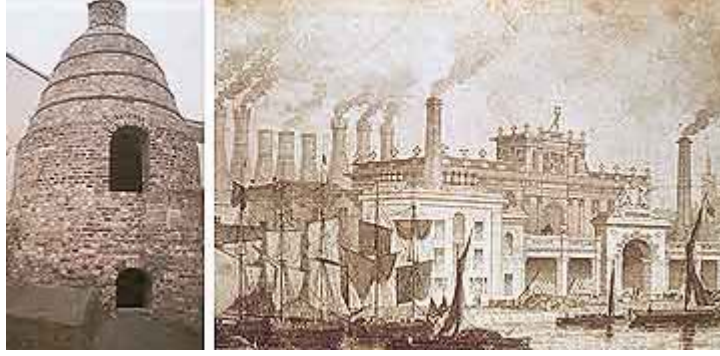
Eski Yunanlılar ve Romalılar kireç ve puzolan karışımlarının hidrolik özelliğinin farkına varmış ve bunları kullanmış olmakla birlikte, ne kirecin elde edişi ne de puzolanik reaksiyonları kimyasal olarak açıklayacak bilgiye sahip olamamışlardır. Örneğin Pliny (Romalı bilgin Gaius Plinius) "taşın ateşle yakılmasıyla elde edilen kirecin suyla temas edince neden tekrar yandığının" anlaşılmasız olduğunu yazmıştır. Bağlayıcı malzemelerin kalitesi ve kullanımını konusunda ancak 18.yy.da kayda değer bir gelişme gösterilmiştir. 1756 yılında Eddystone Lighthouse'u yeniden inşa etmekle görevlendirilen John Smeaton kirecin kimyasal özelliklerini ilk anlayan kişi olarak

bilinir. Daha sonraki gelişme ise "Roman Cement"(Roma Çimentosu), adı ile bilinen bağlayıcının Joseph Parker tarafından elde edilmesiyle olmuştur (Akçansa, 2003).



Şekil 2.2.1.1. Joseph Aspdin' in 21.10.1824 tarihinde aldığı "Portland Çimentosu" patenti (Akçansa, 2003).

1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde, Joseph Aspdin isimli bir duvarcı ustası hazırladığı ince taneli kil ve kalker karışımını pişirerek ve daha sonra öğütürerek bağlayıcı bir ürün elde etmiştir. Bu ürüne su ve kum katıldığında ve zamanla sertleşme olduğunda, ortaya çıkan malzemenin İngiltere'nin Portland adasından elde edilen yapı taşlarını andırıldığını gören Joseph Aspdin, elde ettiği bu bağlayıcı için 21.10.1824 tarihinde "Portland Çimentosu" adı altında patent almıştır. Bu bağlayıcı daha sonraki yıllarda büyük gelişmeler gösterse de "portland" ismi aynen korunmuştur. Aslında Joseph Aspdin tarafından üretilen bağlayıcı, üretim sırasında yeterince yüksek sıcaklıklarda pişirilmediği için bugünkü portland çimentosunun özelliklerine tamamen sahip olamamıştır. Yine de İngiltere Kirkgate İstasyonunun yanındaki halen ayakta olan "Wakefield Arms" binasının Joseph Aspdin'in yaptığı bağlayıcı ile yapıldığı belirlenmiştir. Hammaddelerin yüksek sıcaklıklara kadar pişirilip öğütülmesi olayı daha sonra Isaac Johnson isimli bir İngiliz tarafından gerçekleştirilmiştir(1845) (Akçansa, 2003).

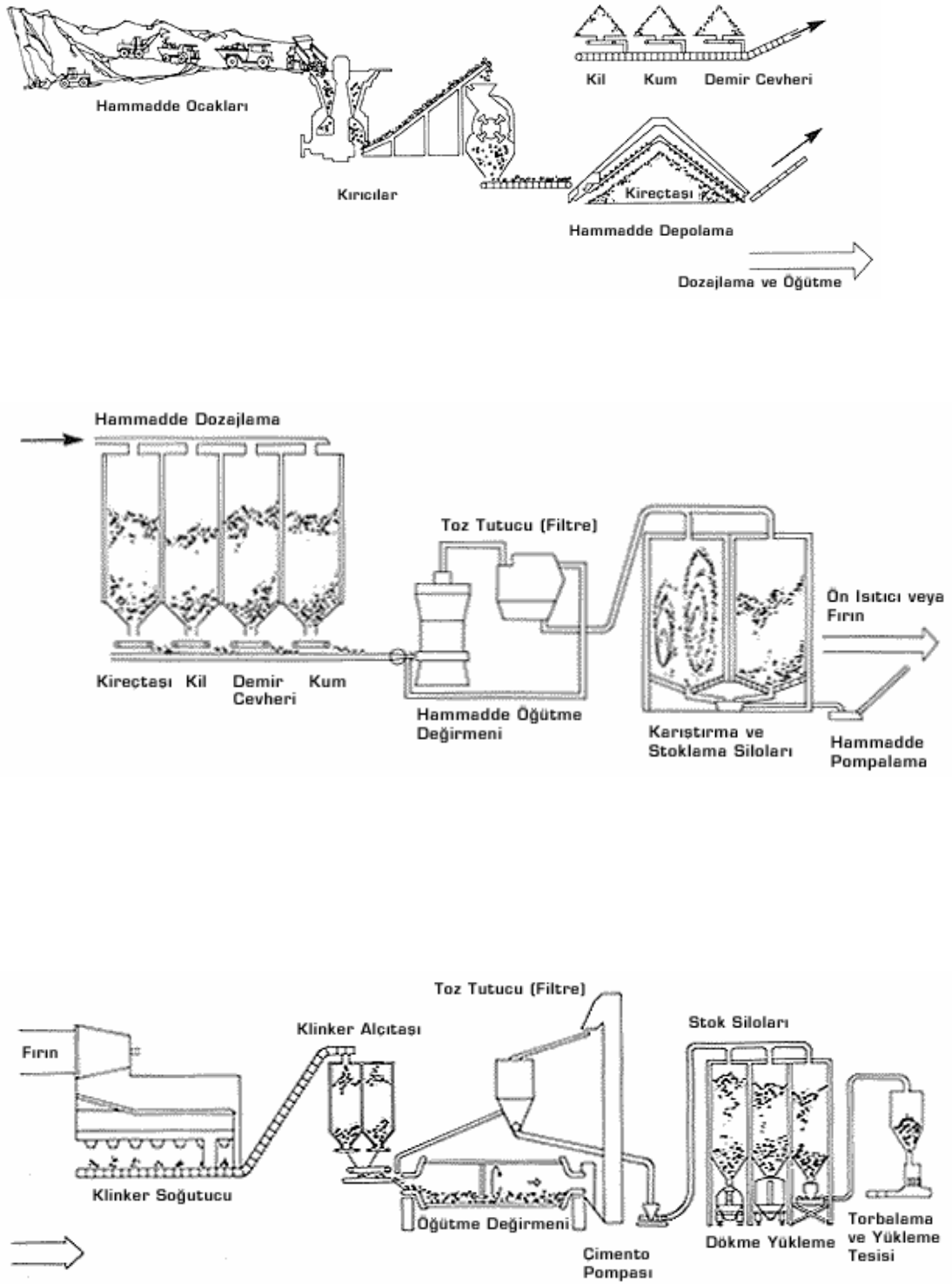


Şekil 2.2.1.2. Northfleet'teki William Aspdin'in Çimento fırını-Dünyanın en eski ve hala ayakta olan fırını (Akçansa, 2003).

İlk Çimento Fabrikası İngiltere'de 1848 yılında kurulmuştur. İlk Alman Çimento Standardı 1860 yılında oluşturulmuştur. American Concrete Institute (ACI)'nin kuruluşu ve ilk Amerikan Yönetmeliklerinin oluşturulması ise 1913 yılına rastlamaktadır. Portland Çimentosu; kireç, alümin, demiroksit ve silis bileşimli hammaddelerin uygun oranda karıştırılıp, yüksek sıcaklıkta, sinterleşmeye kadar pişirilmeleri sonucu elde edilen klinkerin öğütülmesiyle ortaya çıkan bağlayıcıdır. İngiliz (BS 12 : 1978) ve Amerikan Standartlarının (ASTM C 150-84) Portland Çimentosu tanımlarında da alçı taşı, su ve öğütme yardımcısı maddeler dışında hiçbir maddenin katkı olarak kullanılamayacağı belirtilmiştir (Akçansa, 2003).

2.2.2. Çimentoların Üretimi

Portland çimentosunun ham maddeleri genel olarak kalker, kil ve killi kalkerler olarak üç grupta toplanır. Bu üç grubun kimyasal bileşimlerine bağlı olarak ikisinden alınan ham maddeler orantılanıp harmanlanırlar. Şekil 2.2.2.1. de genel olarak örnek olabilecek bir çimento üretim tesisi gösterilmiştir.



Şekil 2.2.2.1. Çimento üretim sistemi (Akçansa, 2003)

Pişirme sıcaklığını düşürmek için karışımda alüminyum ve demir oksitlerin de bulunması gerekir. Kilin içinde yeterince bulunmuyorsa bunlarda ayrıca katılırlar.

“Farin” tabir edilen ham madde karışımı öğütüldükten sonra eğik bir döner fırında 1500°C civarında sıcaklığa kadar pişirilir (Şekil 2.2.2.2). Farin kelimesi Fransızca “un” anlamına gelen “farine” sözcüğünden alınmıştır. Hammaddelerin ince öğütülmüş halidir (Erdoğan, 1995). Fırının alt çıkış ucuna doğru ham madde tanelerinin yarı ergimiş halde birbirlerine yapışmaları sonucu “klinker” denilen yaklaşık 1 cm çapında küresel tanecikler meydana gelir. Klinker soğutulduktan sonra az bir miktar alçı taşı ile öğütülerek portland çimentosu elde edilmiş olur (Yeğinoğlu, 1999,b).

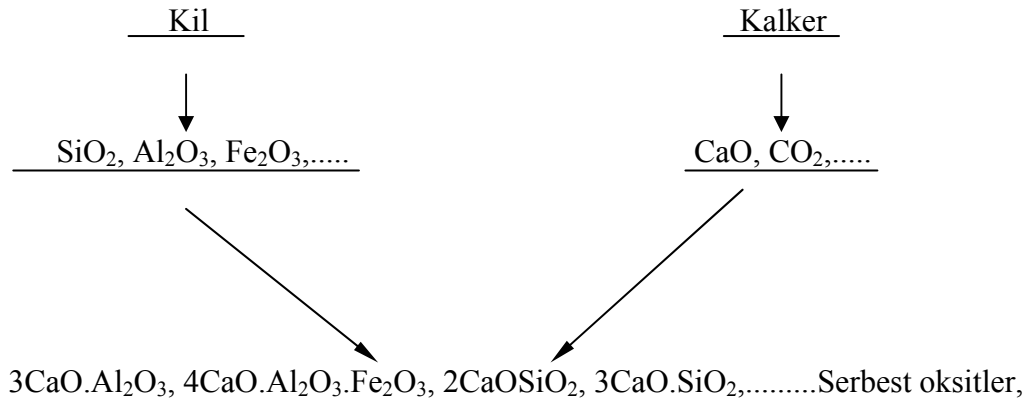
Çimento üretim metod ve teknolojisinde en önemli farklılıklar fırın ünitelerinde kendini göstermektedir. Elektrik enerjisi tüketiminde yaş metodun 20 kws/ton çimento mertebelerinde bir avantaj göstermesine karşın, kuru metod ısı enerjisi tüketiminde yaş metodun 1450-1650 kcal/kg.klinker tüketimine 700-900 kcal/kg.klinker ısı enerjisi tüketimi ile üstünlük göstermektedir. Yaş sistemde, gerekli tashihler yapıldıktan ve homojenize edildikten sonra zincirli uzun fırınlara sevk edilen çamur giriş tarafındaki zincir bölgesine rutubetini kaybeder, orta bölgede kalsine olur çıkış tarafındaki sinter bölgesinde klinkerize olur ve soğutucuya dökülür. Bu sistem ancak hammaddenin çok rutubetli ve sedimanter marn ve kilden oluşması halinde ekonomik olabilir. Ülkemizde yaş fırınların çoğunluğu 1965-1973 yılları arasında üretim kapasitelerinin artırılması ile, 1974 yılından itibaren yakıt tasarrufu sağlamak amacı ile kuru sisteme çevrilmişlerdir. Halen ülkemizde yaş sistemde küçük kapasiteli 2 fırın faaliyetini sürdürmektedir (DPT, 2000).

Yarı kuru metod, Lepol sisteminde farin eğik bir döner tabak üzerinde % 14-16 rutubetli granül hale getirilmekte, sevk edildiği hareketli ızgarada rutubetini kaybederek kısmen kalsine olmakta ve takiben kısa döner fırında önce kalsinasyon tamamlanmakta, sonra da klinkerizasyon gerçekleşmektedir. Bu sistemde 3000 ton/gün kapasiteye kadar ulaşabilmiştir (DPT, 2000).

Kuru sistem çimento üretiminde ise konkasörde kırılmış hammadde, farin değirmeninde öğütülerek homojenize edilir. Öğütme işlemi sırasında farin, fırından alınan yanma gazları ile kurutulur. Kurutma ve ıslatma işlemleri yaş ve yarı yaş

sistemden farklı olarak döner fırında yapılmamaktadır. Bu nedenle fırın boyu diğerlerine göre kısadır. Kuru sistem fırınlarda yalnızca kalsinasyon ve sinterleme işlemleri yapılmaktadır. Ön ısıtıcı ünitesinde döner fırın çıkışındaki gaz siklon kademelerinden geçerken enerjisini vererek soğur, homojene edilmiş farin ise ters istikamette geçerken enerji ile ısınır ve kısmen kalsine olur. Kademe sayısı 4 veya daha fazla olabilmektedir. Kademe sayısı arttıkça ısı tasarrufu artar (DPT, 2000).

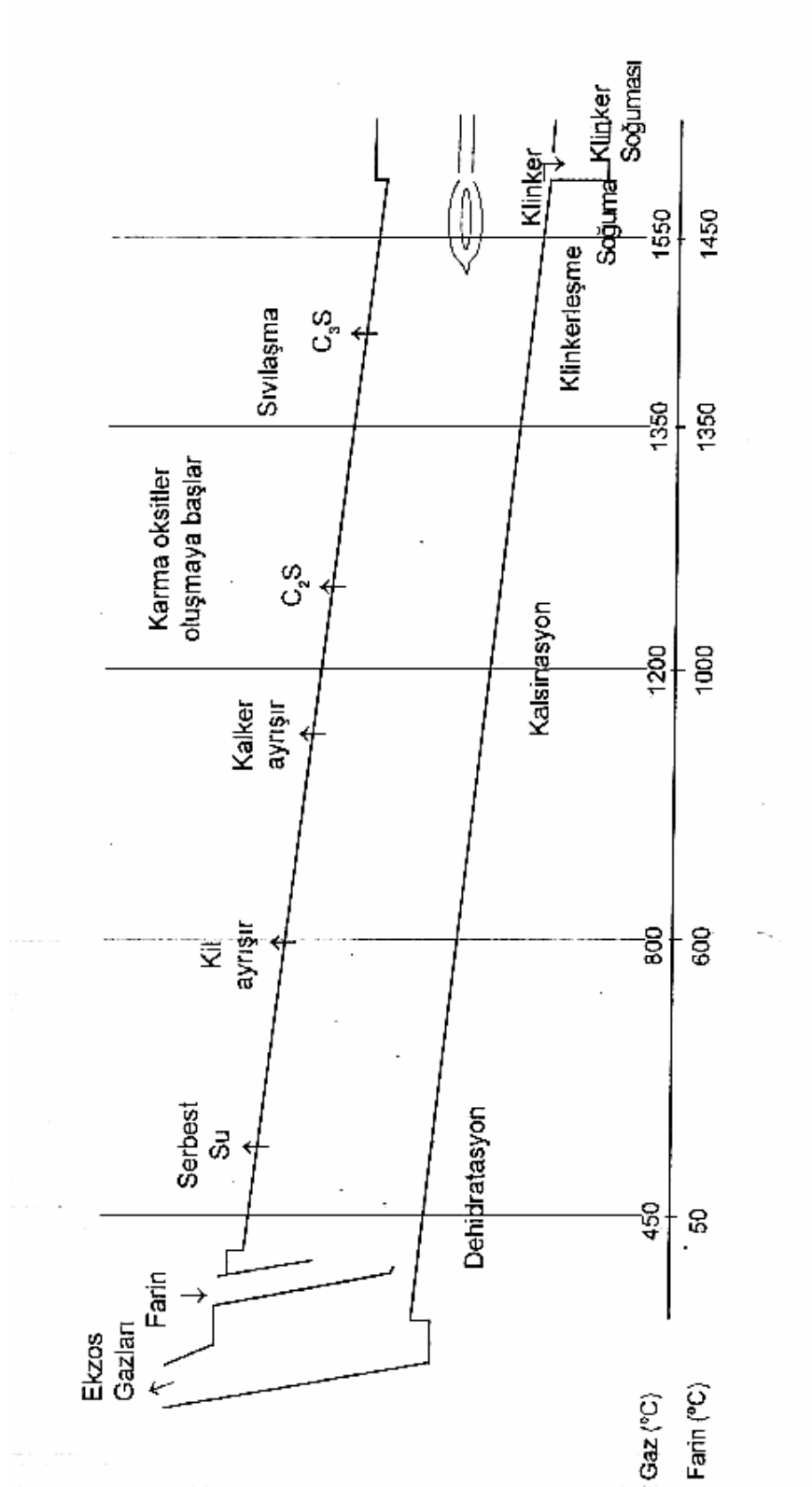
Döner fırında kalker sönmemiş kirece, kil de oksit bileşenlerine ayrıştır. Daha sonra sıcaklık yükseldikçe bu oksitler aralarında kalsiyum alüminatlar, kalsiyum silikatlar gibi yeni bileşikler (karma oksitler) meydana getirirler:



Portland çimentosunun rutin kimyasal analizinde karma oksitler görünmez, sadece oksit bileşimi elde edilir. Tipik bir portland çimentosunun oksit bileşimi için Çizelge 2.2.2.1. deki değerler örnek verilebilir (Yeğınobalı, 1999).

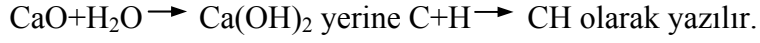
Çizelge 2.2.2.1. Tipik portland çimentosu oksit bileşimi (Yeğınobalı, 1999,b).

Oksit	Notasyon	%	Oksit	Notasyon	%
CaO	C	60-67	MgO	M	0,1-4,0
SiO ₂	S	17-25	K ₂ O	K	0,2-1,3
Al ₂ O ₃	A	3,0-8,0	Na ₂ O	N	
Fe ₂ O ₃	F	0,5-6,0	SO ₃	\bar{S}	1-3



Şekil 2.2.2.2. Döner fırın şeması ve reaksiyonlar (Yeğinobalı, 1999,b).

Çizelge 2.2.2.1. deki oksit notasyonu çimento kimyasında bileşikleri ve reaksiyonları basitleştirmek için kullanılır. Örneğin, su (H₂O) da H ile gösterilir ve kirecin sönme reaksiyonu:



Alçıtaşı CaSO₄.2H₂O da $\overline{\text{C}}\overline{\text{S}}\overline{\text{H}}_2$ ile ifade edilir.

Karma oksitler çimentonun yaklaşık % 90-95' ini oluştururlar. Geri kalan bölümde bağlanmamış serbest oksitler bulunur. Karma oksitler genellikle Çizelge 2.2.2.2 deki “dört ana bileşeni” kapsar.

Çizelge 2.2.2.2 Çimentodaki ana bileşenler (Yeğinobalı, 1999,b).

Bileşen	Notasyon	Normal Portland Tipik (%)
3 CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ AF	12
4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	8
2CaO.SiO ₂	C ₂ S	25
3CaO.SiO ₂	C ₃ S	50

2.2.2.1. Ana Bileşenlerin Yapıları

Döner fırında sıcaklık yükseldikçe önce kalsiyum alüminatlar, sonra da kalsiyum silikatlar meydana gelir. Ancak yüksek sıcaklıklarda iç yapılarında tam bir kimyasal denge sağlanamaz. Ayrıca gayrisaflikların mevcudiyeti ve katı eriyikler içine karışmaları bu bileşiklerin kristal yapılarını düzensiz ve karmaşık hale sokar.

Tipik yapıları şöyle özetlenebilir (Yeğinobalı, 1999,b) :

C₃A : Klinker içinde bulunan kalsiyum alüminatların en belirginidir. Kısmen amorf, kısmen açık gri dikdörtgen prizmatik kristaller halindedir.

Sülfatlı ortamlarda C₃A bileşeni ile meydana gelen reaksiyonlar genişletici özelliğinden dolayı betonun çatlayıp kırılmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, C₃A bileşeninin düşük olması için Fe₂O₃ miktarının yüksek olması gerekir (Bozkır ve Yeşilkaya, 2001).

C₄AF: Gerçekte C₂A ile C₄AF katı eriyiğinin ortalama bir yapısına haizdir.

C₂S: Polimorfolojik yapıya sahiptir. Genellikle βC₂S formunda olup yuvarlak, açık renkli taneler halinde görülür. Fe, Al, Mg, S ve alkaliler gibi gayrisaflikları içeren oluşumuna “belit” denir.

C₃S: Klinkerdeki diğer kalsiyum silikat gayri saflikları ile oluşumuna “alit” ismini alır. Köşeli kübik mikrokristal yapısı göreceli olarak daha boşluklu ve yüksek enerjili olduğundan C₂S’ e oranla daha reaktiftir.

Ana bileşenler hidrasyon sırasında ve sonrasındaki davranışları yönünden aralarında farklılık gösterirler. Çimento içindeki göreceli miktarları çimentonun karakterini büyük ölçüde belirler. C₃S ve C₂S sırası ile erken ve geç yaşlardaki dayanımları sağlar. C₃A ise ani priz yaptığı için geciktirici olarak klinkere alçıtaşı katılır. Ayrıca sülfatlara dayanıklı çimentolarda C₃A miktarının fazla olmaması istenir.

2.2.2.2 Serbest Oksitler

Çimento içinde az miktarda bulunmalarına rağmen karma oksitlere katılmayarak serbest kalan oksitler de çimento ve beton özelliklerini etkiler. Çimento standartlarında bu oksitlerin miktarlarının belirli sınırlar üstüne çıkmaları istenmez.

CaO: Ham maddelerin doğru orantıda harmanlanmaması, iyi öğütülmemesi veya yeterince pişirilmemesi sonucu serbest halde bulunabilir. Fırında yüksek sıcaklıkta oluşan kristal yapısı dolayısı ile hidratasyonu gecikmeli olarak devam eder ve sertleşmiş beton içinde hacim genişmesi yolu ile çatlamalara yol açar.

MgO: Genellikle gayrisaflık olarak kalker içinden gelir. CaO2 den daha sıkı bir kristal yapıya (periklas) sahip olduğundan hidratasyonu daha yavaş olur ve daha yüksek sıcaklık gerektirir. Yine de sertleşmiş betonun hacim sabitliğine zarar verebilir. Bir kısım MgO C₄AF içine karışarak çimentoya gri rengini verir. MgO miktarı düşük çimentolarda renk kahverengimsi bir ton alır.

Na₂O, K₂O: Alkaliler çimentoya genellikle kil hammaddesinden gelir. Fazla miktarda olmaları halinde çimento hamuru ile amorf silis veya karbonat içeren reaktif agregalar arasında zamanla betonda hacim genişmesine yol açan alkali-agrega reaksiyonları meydana gelebilir.

SO₃: Fırın içinde yakıttan gelebilir. Ancak esas kaynak klinkerle birlikte öğütülen alçı taşıdır. Priz geciktirici olarak katılan alçının belirlenen miktardan fazla katılması ve yüksek SO₃ içeriği sakıncalıdır.

2.2.2.3. Çimentonun Hidratasyonu

Toz halindeki çimentonun hidratasyonu su ile karıştırılması sonucu meydana gelen reaksiyonları kapsar. Hidratasyon sırasında önce plastik kıvamda çimento hamuru oluşur. Daha sonra da hamur “priz başlangıcı” ile plastikliğini kaybeder ve “prizin sona ermesi” ile de sertleşip dayanım kazanmaya başlar (Yeğinobalı, 1999).

Hidratasyon olayı sonunda yüksek dayanımlar elde edilmesi, çimento tanelerinin aktif olmalarına bağlıdır. Aktiflik ise çimentonun ince öğütülmesi ile gerçekleşir (Şimşek, 2003).

Çizelge 2.2.2.3.1. Türk standartlarındaki çimento tipleri (DPT, 2000).

Çimento Tipleri	TS No:	Adı	İşareti	Külür K	Y.Firin Curufu S	Silika Fırme D	Doğal Puzolan P	Yapay Puzolan Q	Ana Bileşen			Mikör İnce Bileşen
									Silikal U.Kül V	Külür U.Kül W	Pişme Şart T	
CEM I	TS 19	Portland Çimento	PC	100	-	-	-	-	-	-	-	-
	TS 12139	Portland-Curufu Çimento	PCÇ /A	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		Portland - Silika Fırme Çimento	PCÇ /B	65 - 79	21 - 35	6 - 10	-	-	-	-	-	0 - 5
CEM II	TS 12141	Portland - Silika Fırme Çimento	PCÇ /B	90 - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	0 - 5
	TS 10156	Katkılı Çimento	KÇ 32,5	≥81	-	← - - - - - 519 - - - - - →	-	-	-	-	-	-
	TS 28	Treks Çimento	TÇ 32,5	-	-	-	20 - 40	-	-	-	-	-
CEM III	TS 640	Uçucu Külü Çim.	UKÇ 32,5	-	-	-	-	-	-	10 - 30	-	-
	TS 12140	Portland-Kalkoril Çimento	PLÇ /A	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5
		Portland-Kompoze Çimento	PKÇ /B	65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5
TS 12143	Portland-Kompoze Çimento	PKÇ /A	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5	
CEM III	TS 20	Curufu Çimento	PKÇ /B	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
			ÇÇ	20 - 80	-	-	-	-	-	-	-	-
CEM IV	TS 12144	Puzolanlı Çimento	PZÇ /A	65 - 69	-	-	11 - 35	-	-	-	-	0 - 5
			PZÇ /B	45 - 64	-	-	← - - - - - 36 - 55 - - - - - →	-	-	-	-	0 - 5
CEM V	TS 12142	Kompoze Çimento	KZÇ /A	40 - 64	18 - 30	-	← - - - - - 18 - 30 - - - - - →	-	-	-	-	0 - 5
			KZÇ /B	20 - 39	31 - 50	-	← - - - - - 31 - 50 - - - - - →	-	-	-	-	0 - 5
	TS 21	Beyaz Çimento	BPC	100	-	-	-	-	-	-	-	-
TS 3646	Erken Dayanımı Yüksek Çimento	EYÇ	EYÇ	100	-	-	-	-	-	-	-	-
		SDÇ	SDÇ	100	-	-	-	-	-	-	-	-
TS 10157	Sülfata Dayanıklı Çimento	SDÇ	SDÇ	100	-	-	-	-	-	-	-	
TS 809	Super Sülfatlı Çimento	SSÇ	SSÇ	≤ 35	-	-	-	-	-	-	-	
TS 22	Hare Çimentosu	HÇ	HÇ	≥ 40	-	-	-	-	-	-	-	

2.2.2.3.1. Ana Bileşenlerin Hidratasyonu

Çimentonun hemen tümünü oluşturan ana bileşiklerin su ile reaksiyonları ve hidratasyon ürünleri gerek kendi içi yapıları gerekse ortamdaki diğer oksit ve bileşiklerle olan ilişkiler dolayısı ile çok karmaşıktır. Dört ana bileşenin her birisi hidratasyon sırasındaki “reaksiyon hızı”, açığa çıkan “hidratasyon ısı” ve meydana gelen jelin katılaştıktan sonraki “bağlayıcılık değeri” yönlerinden farklı karakteristiğe sahiptir (Yeğınobalı, 1999,b).

Çizelge 2.2.2.3.1.1. Çimento ana bileşenlerinin hidratasyon özellikleri (Yeğınobalı, 1999,b).

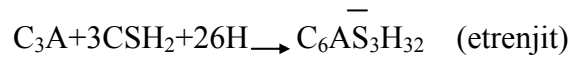
BİLEŞEN	Hidratasyon Isısı	Reaksiyon	Bağlayıcılık Değeri
C₃A *	Çok yüksek	Hızlı	Az
C₄AF	Orta	Orta	Az
C₂S	Düşük	Yavaş	Başlangıçta az,sonraları fazla
C₃S	Orta	Orta hız	Fazla

* Alçıtaşı ile birlikte

C₃A: Su ile hemen reaksiyona girer:

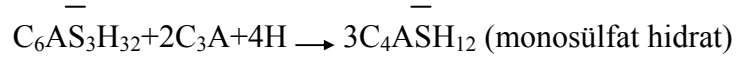


Bu reaksiyon çok hızlıdır, çok yüksek ısı açığa çıkar ve “ani priz” meydana gelir. Katılan çimento hamurunda çatlaklar görülür ve fazla dayanım elde edilemez. Bu reaksiyonu yavaşlatmak için alçıtaşı klinker ile birlikte öğütülmektedir. Alçı ile birlikte reaksiyon şöyle gelişir:

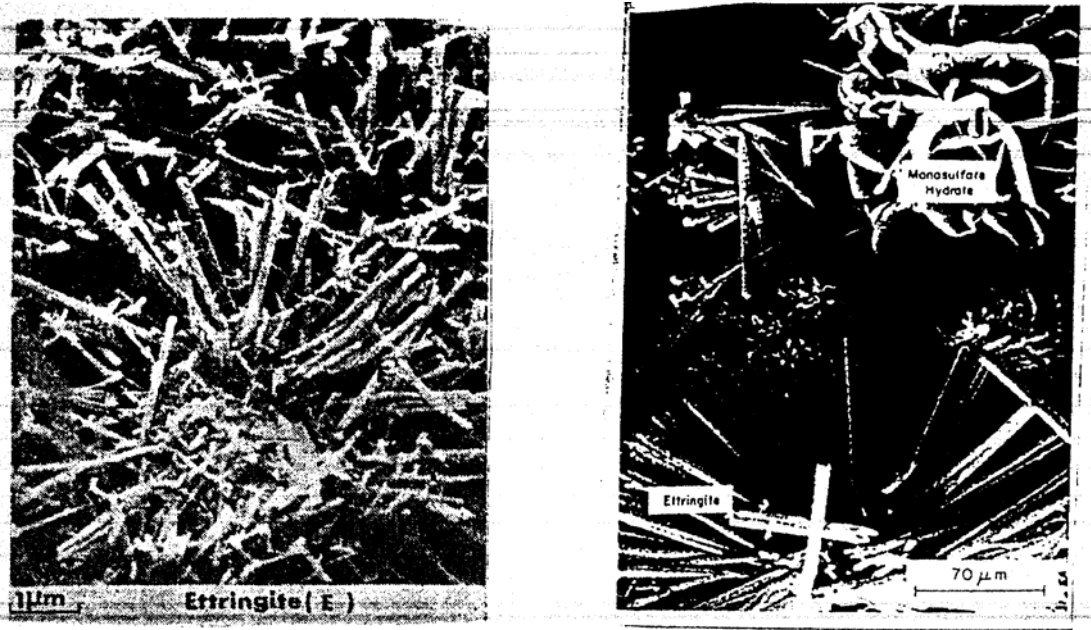


Buradaki hidratasyon ürünü olan etrenjit kısa iğneler şeklinde kristalleşir ve hacim genişmesi meydana getirir (Çizelge 2.2.2.2). Zamanla ortamdaki sülfat azalır

C_3A 'nın devam eden hidratasyonu sonucu alüminatlar arttığında etrenjit "monosülfat hidrat" a dönüşür.



İleri yaşlarda çimento içinde monosülfat bulunur (Şekil xx). Etrenjit oluşumu sırasındaki hacim genişmesi çimento hamuru henüz plastik iken meydana geldiği için sakınca yaratmaz. Ancak, beton sertleştikten sonra sülfatların ortama girmesi halinde monosülfat hidrat tekrar etrenjit' e dönüşür ve bu kez hacim genişmesi betonda çatlamalara yol açar. Bu nedenle sülfatlara dayanıklı olması istenen çimentolarda C_3A miktarının çok az (%4-5 den az) olması öngörülür (Yeğınobalı, 1999,b).



Şekil 2.2.2.3.1.1. Etrenjit ve monosülfathidrat kristalleri (Yeğınobalı, 1999,b).

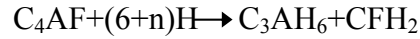
Taze çimento hamuru içinde sülfatların bulunmaması halinde ani priz meydana gelirken C_3A miktarının fazla olması ve gerektiğinden az alçı katılması durumunda çabuk priz alan (45 dakika içinde) çimentolar elde edilir. C_3A miktarı fazla olan çimentolarda yeterli miktarda alçı katılması ile priz uygun sürelerde (1-2 saat içinde) meydana gelirken çok miktarda etrenjit oluşması işlenebilmeyi biraz erken

etkileyebilir. Alçı / C₃A oranına bağlı olarak oluşacak hidrasyon ürünleri aşağıda özetlenmiştir (Yeğinobalı, 1999,b):

Çizelge 2.2.2.3.1.2. Alçı / C₃A oranına bağlı olarak oluşacak hidrasyon ürünleri (Yeğinobalı, 1999,b).

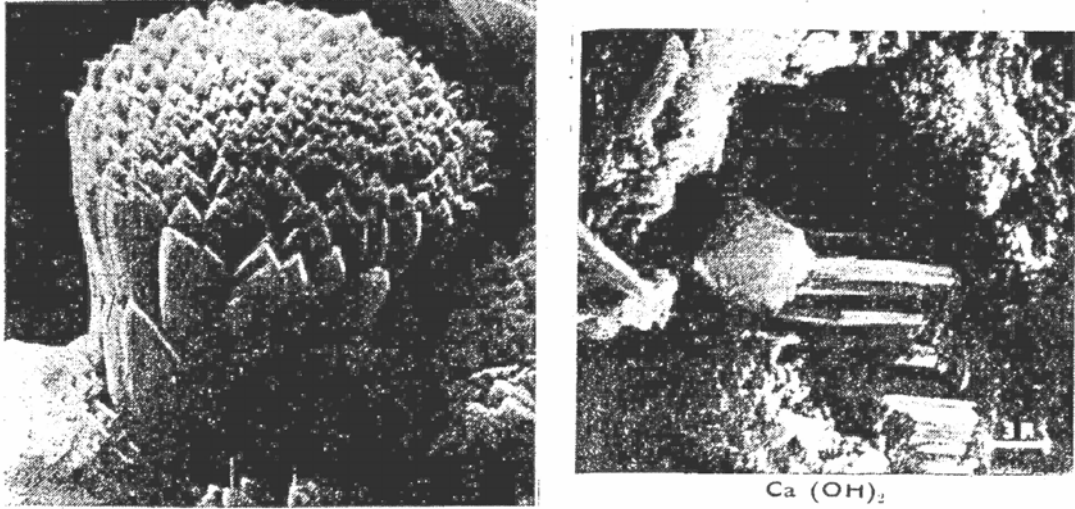
(Alçı/C ₃ A) mol	3	1-3	1	<1	0
Hidrasyon Ürünü	Etrenjit	Etrenjit + monosülfat	Mono sülfat katı eriyik	Mono sülfat	Hidro garnet

C₄AF: Gerçekte C₂A-C₂F katı eriyiğinin ortalama bileşiği olan C₄AF' nin hidrasyonu da C₃A2 ninkine benzeyen ürünlerle sonuçlanır. Alçı bulunmadığında yine hidrogarnet oluşur.



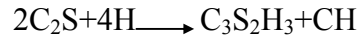
Daha sonra, alçılı ortamda, sülfat yoğunluğuna bağlı olarak C₆AFS₃H₃₂ ve C₄AFSH₁₂ gibi, sırası ile etrenjit ve monosülfat hidrata benzeyen yapılarda bileşikler meydana gelir. Genellikle ferroalüminatların reaksiyonu C₃A' ya oranla yavaştır.

C₂S ve C₃S: çimentonu yaklaşık % 75' ini oluşturan kalsiyum silikatların hidrasyonu sonucu lifli düzensiz kristal yapı ile örgü yapı arasında değişen bir dizi hidrat meydana gelir. C/S oranları ve kristal suyu miktarları değişmekle beraber fiziki yapıları boşluklu bir rijit jel olarak birbirine benzeyen bu hidratlar "C-S-H" veya "tobermorit" jeli olarak adlandırılırlar. Çizelge 2.2.3.1. de görüldüğü gibi çimentonun hidrolik bağlayıcı özelliği kalsiyumsilikahidratlardan kaynaklanır. C₂S ve C₃S' in hidrasyonundan C-S-H jeline ilaveten Ca(OH)₂ de elde edilir. CH kristalleri genellikle hekzagonal tabakalıdır (Yeğinobalı, 1999,b).



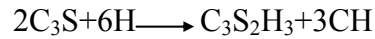
Şekil 2.2.2.3.1.2. C-S-H ve CH kristalleri (Yeğınobalı, 1999,b).

β C₂S göreceli olarak daha sıkı bir yapıdadır ve C₃S ten daha yavaş olur:



Bu ifadeye göre hidratasyon için gerekli su %21 olup hidratasyon ürünlerinin %82'si C-S-H jeli, %18' i CH yani kireç hidrattır.

C₃S daha hızlı hidrate olarak benzer hidratasyon ürünleri oluşturur:



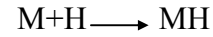
hidratasyon için gerekli su % 24 tür. Hidratasyon ürünlerinin % 61' i C₃S₂H₃, %39' u ise kireç hidrattır.

C₂S geç yaşlardaki dayanıma katkıda bulunurken C₃S ise C₂S'e oranla daha fazla kireç hidrat oluşturur. Kireç hidrat beton içinde istenmeyen bir maddedir: suda çözünüp yıkanarak beton dışına çıkar ve yerine boşluk bırakır. Betonun zararlı kimyasal maddelere karşı direncini azaltır. Bu durumda C₂S miktarı fazla olan çimentoların uzun vadede daha yüksek dayanım potansiyeline ve dayanıklılığa sahip

olacağı söylenebilir. Ancak, normal olarak portland çimentolarında C_3S miktarının C_2S ' ninin yaklaşık iki katı olduğu ve çimentonun bağlayıcılığı üzerinde C_3S ' in en etkili bileşen olduğu dikkate alınmalıdır (Yeğinoğlu, 1999,b).

2.2.2.3.2. Serbest Oksitlerin Hidratasyonu.

Çimentoda karma oksitlerle bağ kurmayıp serbest kalan oksitler bilinen hidratasyon reaksiyonları sonucu hidroksitlerini meydana getirirler. Özellikle CaO ve MgO hidratasyonları ısı yayınması ve hacim genişmesi ile sonuçlanır:

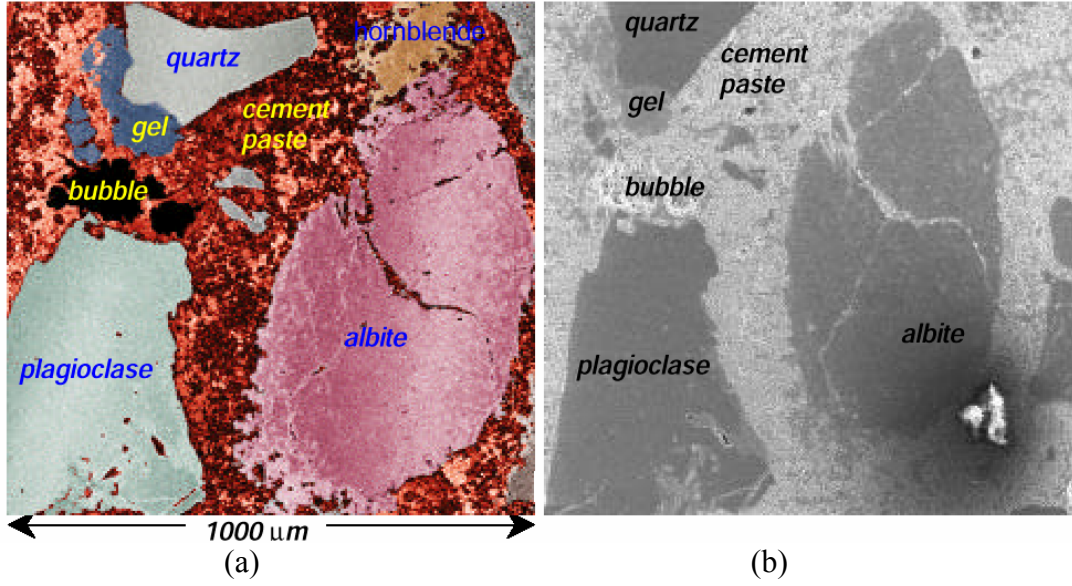


Önceden değinildiği gibi bu reaksiyonlar oksitlerin çimento içindeki kristal yapıları dolayısı ile gecikmeli olarak çimento hamuru katılaştıktan sonra meydana geldiklerinde sakıncalıdır olurlar (Yeğinoğlu, 1999,b).

2.3. Betonda Arayüzey (Geçiş Bölgesi).

Genellikle çimento kökenli malzemelerde agrega ile matris arasında zayıf bir arayüzey bölgesinin olduğu bilinir. Betondaki çatlaklar tercihen bu zayıf bölge boyunca ilerler. On yıllarca, bu bölge farklı açılardan incelenmiş ve arayüzey karakteristiklerinin çimento bağlayıcılı malzemelerin kısa ve uzun dönem performansları üzerinde önemli bir etkisinin bulunduğu sonucuna varılmıştır (Çalışkan, 2003).

Zayıf ara yüzey bölgesinin beton performansı üzerinde önemli etkileri olabilir. Betonun uzun dönem performansı için arayüzey bölgesinin agrega ile çimento matrisinin güçlü bir aderans yapacak şekilde mümkün olduğunca yoğun olması gerekir. Çimento kökenli malzemelerin uzun ve kısa dönem performansları üzerinde arayüzey bölgesi önemli olmasına rağmen arayüzey ve arayüzey aderansının davranışı tam olarak açıklanamamıştır (Çalışkan, 2003).



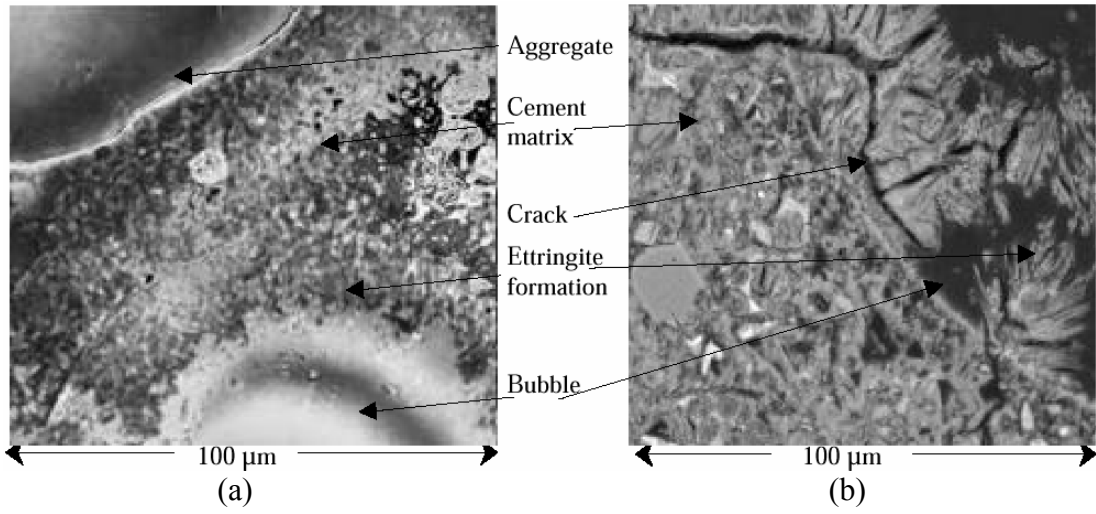
Şekil 2.3.1. Akustik (a) ve SEM (scanning electron microscopy) (b) ile granitik agrega taneleri ile portland çimentosu pastasının görünümü (Prasad vd., 1999).

Çimento hamuru ile agrega tanesi arasında fiziksel (kenetlenme, sürtünme, vb.) ve kimyasal bağlar söz konusudur. Köşeli ve yüzeyi pürüzlü agregalar yuvarlak taneli ve düzgün olanlara nispetle çimento hamuru ile daha sıkı fiziksel bağlar oluştururlar. Agregaya yüzeyinin gözenekli olması durumunda çimento hamuru tane içerisine sızarak bu tür bağları daha da kuvvetlendirir. Çimento hamuru ile agrega arasında agreganın mineralojik yapısı ile her iki fazın da bileşimlerine bağlı olarak kimyasal reaksiyonlar meydana gelebilir. Agregadaki bileşenlerin kristal yapıda olmaları halinde bu reaksiyonlar çok yavaş yer alır ve uygulamada bu tür agregalar “atıl” kabul edilir. Ancak, reaksiyonların meydana gelmesi durumunda silisli agregalardan kalsiyum silikat hidratlar ve karbonatlı agregalardan karboalüminat hidratlar zamanla kristalleşerek arayüzeydeki boşlukları doldurmaya başlayacaklardır. İleri yaşlarda arayüzey bölgesinin bu tür yeni ürünlerle sıkılanıp kuvvetlendiği söylenebilir. Burada hidratasyon sonucu çimento hamuru ile agrega arasındaki fiziksel bağların gelişmesi de olumlu rol oynar (Yeğinobalı, 1999,b).

Fiziksel, kimyasal, biyolojik kökenli olan çeşitli iç ve dış etkenler, beton veya betonarme elemanların zamanla bozulmalarına neden olur. Dış etkiler olarak; sülfat etkisi, donma-çözülme, aşınma, karbonatlaşma, bazı asit ve tuz etkileri belirtilebilir.

İç etkiler ise alkali-agrega reaksiyonu, geçikmiş etrenjit oluşumu, agrega ve çimento harcının termal özellikleri arasındaki farklılıklar gibi etkilerdir (Halıcıoğlu, 2002).

Arayüzeyde alkali-agrega reaktivitesi olayının üç aşaması vardır. Bunlar reaktif silisin çözülmesi, kalsiyum-sodyum-potasyum silikat jelinin oluşması ve jelin su absoblayarak genişlemesidir (Akman, 2002).



Şekil 2.3.2. Akustik C-scan (a) ve SEM (b) Çimento matriksi, çatlak, etrenjit dokusu, agrega ve hava kabarcığının görünümü (Prasad vd., 1999).

2.4. Selüloz Eterler

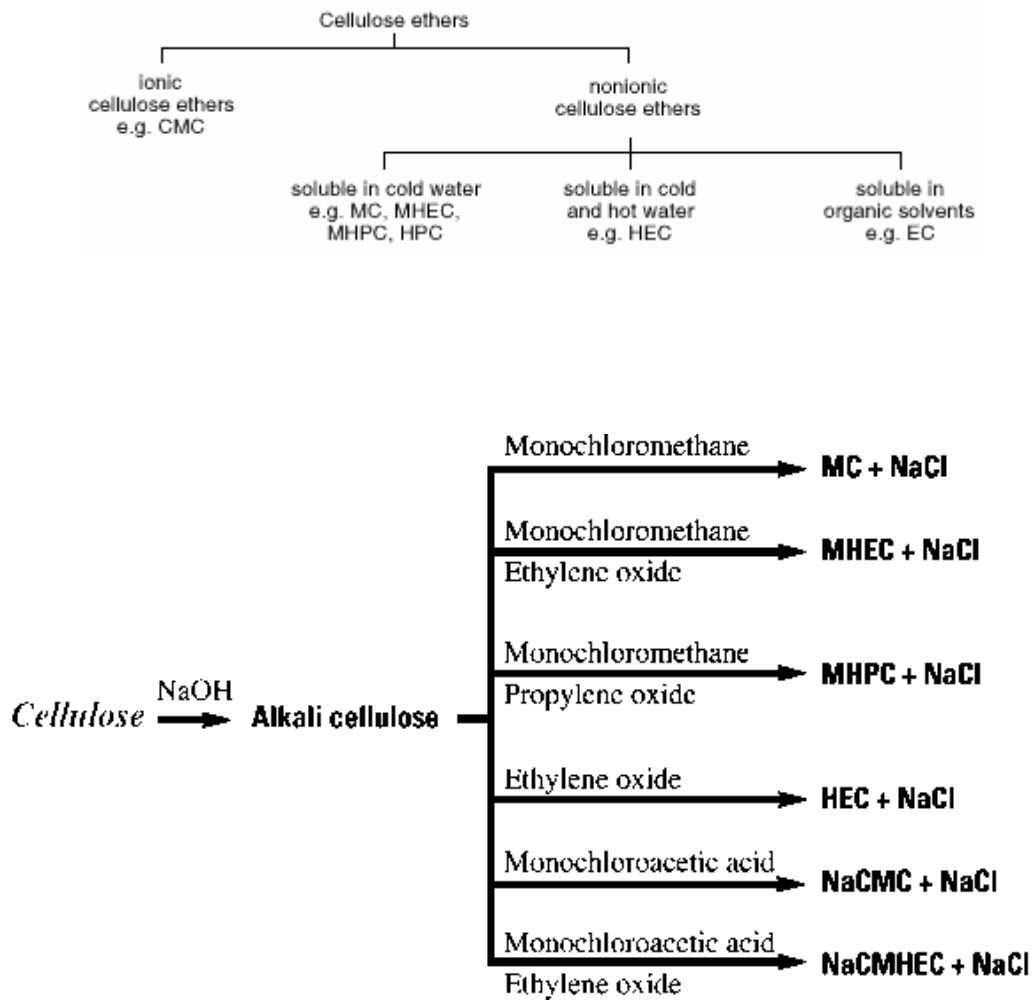
İnşaat malzemelerinin kullanımında, gelişmiş kimyasallar olmaksızın verimli yapı işleri mümkün olmamaktadır (Clariant, 2003).

Endüstriyel selüloz eterler alkil, alkihidroksialkil ve korboksialkil eterler selülozdan elde edilmiştir. Eterler bazı selüloz hidroksil grupların yerine geçecek formdadır (Herc, 2003).

Selüloz eterler komplike edilmiş prosesler sonucunda üretilmektedir. Başlangıçta

selüloz, ağaç veya pamuk liflerinden çeşitli yüksek saflıkta üretildi. Daha sonra kimyasal olarak soyum hidroksit ile alkali selüloza çevrildi (Clariant, 2003).

Selüloz eterler, aşağıdaki sınıflandırma şekliyle ifade edilir (Herc, 2003).



Şekil 2.4.1. Selülozun suda çözünmeyen alkali selüloza, alkali selülozunda suda çözünen selüloz eterlere değişimi (Clariant, 2003).

Seramik yapıştırma harçlarında selüloz eterlerin kullanımının sağladığı yararlar şu şekildedir (Dow, 2003).

- Topak oluşmadan kolay karıştırılabilirliği sağlar;

Kuru toz halinde ürünler olduklarından kuru karışım harca ilavesinde kolayca karıştırılabilirler.

- Kabuklaşma ve kap ömrü nün uzatılması sağlar;

Taraklanmadan önce ve taraklandıktan sonra, seramik yapıştırma harcının daha uzun süre kullanılabilirliğini sağlar.

- İşlenebilirliği geliştirir;

Uygulama öncesi su veya sıvı ile karıştırıldığında yüzeye kolay uygulanabilmeyi ve taraklanabilmeyi sağlamaktadır.

- Su tutuculuğu sağlar;

Yapıştırıcının bünyesinde tutulan su sayesinde kabuklaşma (kuruma) süresi artar. Ayrıca çimentonun hidrasyonu sırasında ihtiyacı olan fazla su bünyede bulunmuş olur.

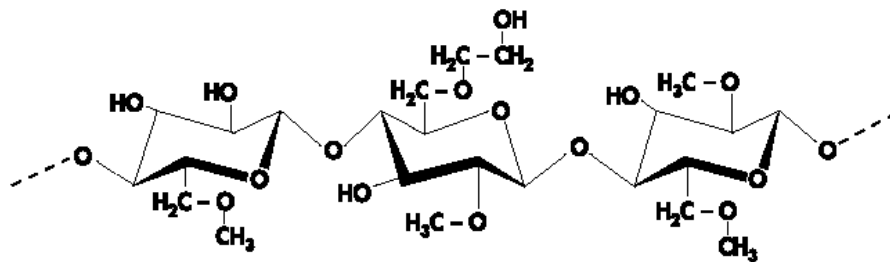
- Yapışabilirliği geliştirir;

Seramiklerin uygulanmasında, yapıştırıcının yüzeye yayılma ve tutunması daha iyi gerçekleşmektedir.

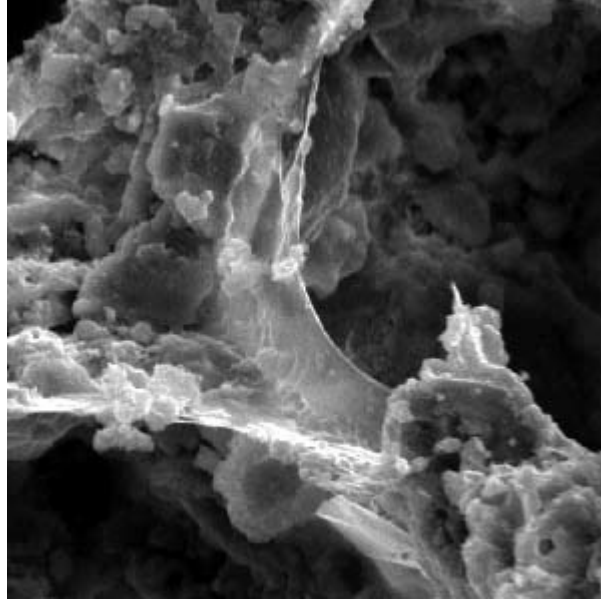
- Kaymaya karşı direnci artırır;

Kayma; yeni uygulanan seramiklerin düşey olarak ağırlığından dolayı akış karakteriğidir. Selüloz eter ilavesiyle kaymaya karşı direnç artırılmaktadır (Herc, 2003).

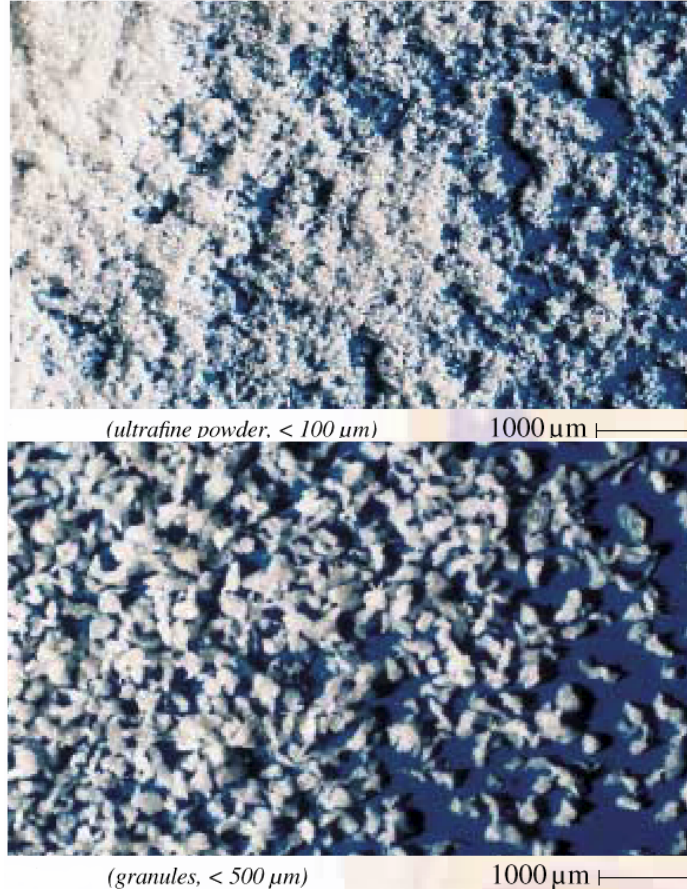
Methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC)



Şekil 2.4.2. Yapıştırma harçlarında kullanılan bir selüloz eter tipi (Clariant, 2003).



Şekil 2.4.3. Çimentolu harçta selüloz eter filmi. Genişlik:47 μ (Jenni, 2003).



Şekil 2.4.4. Selüloz eter çok ince ve taneli yapı görüntüsü (Clariant, 2003).

2.5. Dispersiyon Tozları

Suya dirençli materyaller olarak bilinen polimerler ve polimer esaslı malzemeler kauçuk, deri, ipek, pamuk ve selüloz gibi doğal kaynaklı olabildiği gibi, plastik, elastomer, fiber, tekstil ve benzeri materyaller gibi sentetik olarak da kullanım amacına göre günlük hayatta yerini almaktadır (Çelikkan, 2003).

Bununla beraber nispeten küçük ama önemli bir polimer grubu da suda çözünenlerdir. Suda çözünen reçineler olarak da adlandırılan bu tip polimerlerin sınıflandırılmasında orijini esas alınmaktadır; yani doğal, modifiye (yarı sentetik) ve sentetik polimerler olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Doğal olanları biyopolimerler olarak da adlandırılır ve bu polimerler, biyolojik sistemlerde bir veya birden fazla fonksiyonlara sahiptirler (Çelikkan, 2003).

Başka bir sınıflandırma şekli de iyonik yapıda oluşlarına göredir. Buna göre suda çözünen polimerler, iyonik (katyonik ve anyonik) ve iyonik olmayan suda çözünen polimerler olmak üzere ikiye ayrılabilirler (Çelikkan, 2003).

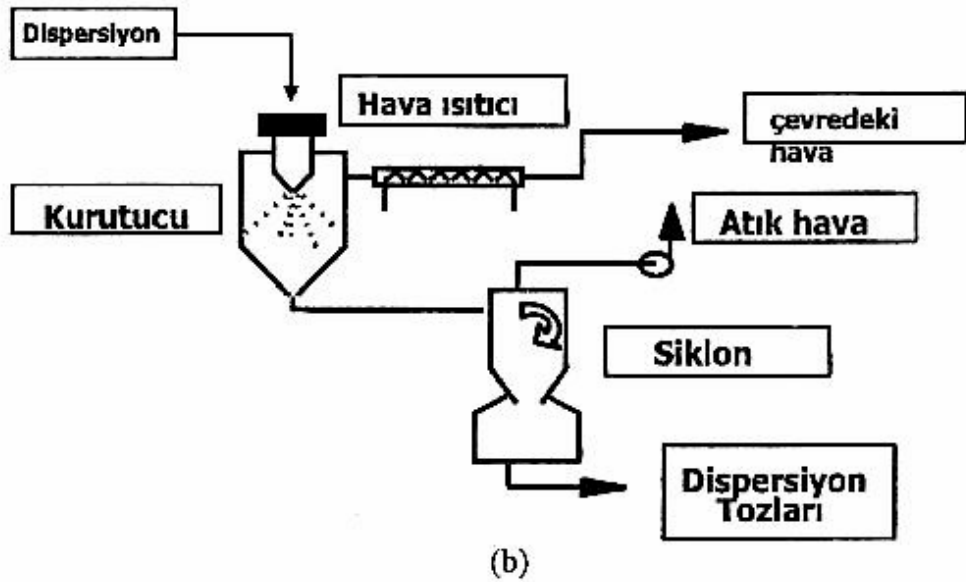
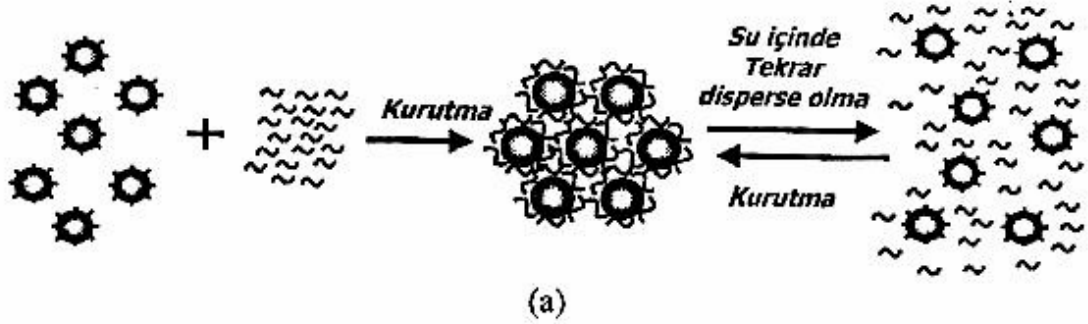
1950 lerden itibaren ayrı bir bilim dalı halinde ele alınmaya başlanan suda çözünen polimerler ile ilgili olarak 1962 yılında Davidson ve Sittig tarafından bir derleme yayınlanmıştır (Çelikkan, 2003).

Kuru karışım harç teknolojisinde kullanılan polimer çeşitleri;

- Vinilasetat etilen (VAE),
- Vinil asetat/ versatik asit esteri (VZC/VeoVa),
- Vinil asetat homopolimer (VAC) (sadece alçı uygulamaları ve duvar kağıdı yapıştırıcıları),
- Stiren akrilik ko-polimeri (SA),
- Saf akrilik ester (A) şeklindedir (Özışık, 2001).

Vinilasetat etilen (VAE), seramik yapıştırma harçlarında kullanılan bir dispersiyon türüdür.

Dispersiyon tozları Şekil 2.5.1. (a) da görüldüğü gibi suda yeniden dispers olmaktadır. Bu oluşuma redisperse adı verilmektedir.



Şekil 2.5.1. Kuru karışım harç teknolojisinde kullanılan redisperse polimerlerin reaksiyonu (a) ve üretim prosesi (b) (Özışık, 2001).

Dispersiyon tozları ile modifiye edilen yapı ürünlerinin özellikleri (Özışık, 2001);

(1) Islak harçtaki gelişmeler;

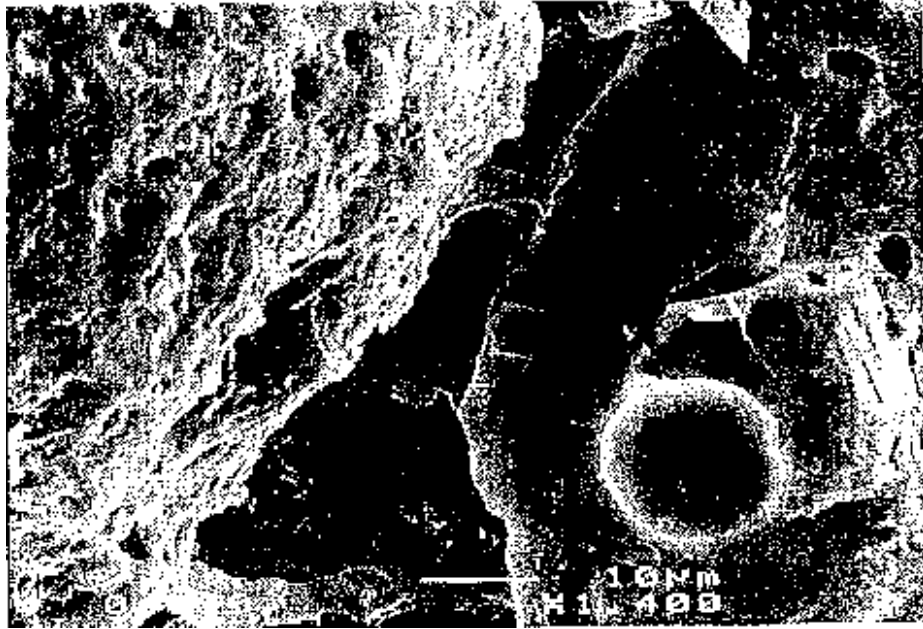
- Daha iyi plastik özellik.
- Daha iyi işlenebilirlik.
- Daha iyi viskozite.
- Daha iyi ıslak kohezyon.
- Daha iyi su tutma özelliği.

(2) Sertleşmiş harçtaki gelişmeler;

- Daha iyi yapışma.
- Daha iyi esneklik kuvveti.
- Yüksek esneklik (deformasyon kabiliyeti).
- Düşük elastisite modülü.
- Yüksek geçirgen özellikli harç.
- Daha iyi aşınma mukavemeti.
- Yüksek kohezyon ve sertlik.
- Azaltılmış su emme (Hidrofobik dispersiyon tozları ile)

Seramik yapıştırma harçlarında kullanılan dispersiyon tozlarının çalışma şekli;

- Koruyucu kolloid harç sistemi içine absorbe edilir ve suda çözünmez hale gelir.
- Dispersiyon tozları film oluşturur ve bağlayıcı olarak davranırlar.
- Polimer film fayans/ Harç ve harç/ zemin bileşim ara yüzeylerinde yapışmayı ve harç içinde kohezyonu artırır.



Şekil 2.5.2. Polimer modifiye seramik yapıştırıcı (sol tarafta) ile porselen fayans arasındaki birleşim noktası; porselen fayans ile harç arasındaki polimer film açıkça gözlenmektedir (Özışık, 2001).

Selüloz eterler ile dispersiyon tozları seramik yapıştırma harçlarında farklı özellikleri geliştirir.

Çizelge 2.5.1. Selüloz eter ile dispersiyon tozlarının çimento esaslı harçta etkileri (Özışık, 2001).

Özellikler ve Gelişmeler + = Gelişme -- = Etki yok	Katkılar Selüloz eterler	Organik polimer bağlayıcılar
Su tutuculuk	+++	+
İşlenebilirlik	+++	+
Yapışma / Kohezyon	--	+++
Esneklik / Deformabilite	--	+++
Esneklik Kuvveti	--	+++
Aşınma Mukavemeti	--	+++
Hidrofobik etkiler, plastifiyan ve kendiliğinden yayılma gibi çok özel durumlar	--	+++

Yukarıda belirtilen özelliklerin dışında dispersiyon tozları çimento esaslı harçların donma/çözülme dayanımını da arttırmaktadır (Hoechst, 2003).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak, halen Türkiyede seramik yapıştırma harcı üretimi yapan on büyük firmanın seramik yapıştırma harçları kullanılmıştır. Elde edilen yapıştırma harçları eleme-sınıflandırma işleminden sonra agregaları alınmıştır. Bu agregaların kimyasal bileşimi ve mikroskop altı görüntüleri elde edilerek mineralojik bileşimleri tespit edilmiştir. Daha sonra bu agregalardan ekonomik ve yapışma mukavemeti yüksek seramik yapıştırma harçları üretilmiştir. TS 11140 EN 12004 standardında belirtilen dört ortamda testleri yapılmıştır.

3.1.1. Agregata

Bu çalışmada, Türkiyede seramik yapıştırma harcı üreticisi firmaların seramik yapıştırma harçları 400 μ elekten elenerek elek üstü boyut atılmıştır. 100 μ elekten elenerek de kimyasal katkıları ve çimento karışımları elek altına alınarak, -400 μ +100 μ boyut aralığında agregalar elde edilmiştir. Bu boyut aralığı, seramik yapıştırma harçları için ideal agregata boyutlarından biridir. -400 μ +100 μ aralığı yeterince dar bir boyut aralığı olduğundan bu boyut aralığında başka bir sınıflandırmaya gidilmemiştir. Mikroskop altı görüntülerde de boyut aralığının birbirine yakınlığı görülebilmektedir.

3.1.2. Çimento

Bu çalışmada, Göltaş A.Ş. üretimi PÇ 42,5 (TS 19) çimento kullanılmıştır.

Çizelge 3.1.2.1. Göltaş A.Ş. Aralık (2002) ayı PÇ 42,5 çimento Kalite Kontrol Raporu (Selçuk, 2002).

AY	Blaine	Priz Baş.	Priz Son.	Genleşme	Mukavemet Değerleri							
					2 gün	7 gün	28 gün	SO3	MgO	K.K	Ç.K	Cl
<i>Birimler</i>	<i>cm2/g</i>	<i>Dakika</i>	<i>dakika</i>	<i>mm</i>	<i>N/mm2</i>	<i>N/mm2</i>	<i>N/mm2</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
ARALIK	2934	195	280	1	24,60	41,10	54,20	2,56	1,86	1,03	0,37	0,005

3.1.3. Selüloz Eter

Bu çalışmada, metil hidroksi etil selüloz eter kullanılmıştır.

3.1.4. Dispersiyon Tozu (Polimer)

Bu çalışmada, vinil asetat etilen dispersiyon tozu (polimer) kullanılmıştır.

3.1.5. Elek

Bu çalışmada, 100 μ ve 400 μ boyutlarında CISA üretimi ISO-3310.1 standard üretimi elekler kullanılmıştır.

3.1.6. Mikroskop

Bu çalışmada, Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü mikroskobu kullanılmıştır.

3.1.7. Kimyasal Analiz Cihazı

Bu çalışmada, Göлтаş A.Ş. kimyasal analiz cihazı kullanılmıştır.

3.1.8. Hava Dolaşımli Etüv

Bu çalışmada, Kalekim A.Ş. Isparta İşletmesi Kalite Kontrol Laboratuvarında bulunan, sıcaklık kontrolünü $\pm 2^{\circ}\text{C}$ tolerans içinde yapabilen, hava dolaşımli etüv kullanılmıştır.

3.1.9. Derin Dondurucu

Bu çalışmada, Kalekim A.Ş. Isparta İşletmesi Kalite Kontrol Laboratuvarında bulunan, Bosch marka derin dondurucu kullanılmıştır.

3.1.10. Çekme Cihazı

Bu çalışmada, Kalekim A.Ş. Isparta İşletmesi Kalite Kontrol Laboratuvarı, DIGI-MESS M-11 çekme cihazı kullanılmıştır. Uygun ve duyarlı kapasiteli, doğrudan çekme kuvveti veren bir deney makinasıdır. Her hangi bir eğilme yaratmayacak şekilde bir uygun tertibat vasıtasıyla, $250 \text{ N/s} \pm 50 \text{ N/s}$ hızla çekme başlık plakalarına yük uygulayacak kapasitededir.



Şekil 3.1.10.1. Kalekim A.Ş. kalite kontrol laboratuvarı çekme cihazı.

3.1.11. Ağırlıklar

Bu çalışmada, en kesit alanına 50mm çapından az, $20 \pm 0,05 \text{ N}$ bir kuvvet veren ağırlıklar kullanılmıştır.

3.1.12. Beton Plaka

Bu çalışmada, beton plaka EN 1323 (TS EN 1323) standardına uygun beton plakalar kullanılmıştır.

3.1.13. Seramik Karolar

Bu çalışmada, (50±1)mm x (50±1) mm yüzey ebadında, sırsız ve düz bir yapışma yüzeyli, su emmesi kütlece \leq % 0,2 olan, tam vitrifiye, TS 176 (TS EN 176)' ya uygun Tip VI karolar kullanılmıştır.

3.2. Metot

Bu bölümde, çimentolu yapıştırıcılarda çekme yapışma mukavemetinin tayini hakkında bilgi verilmiştir. Deney şartları; standard şartlar; tüm deneyler için; 23⁰C±2⁰C sıcaklık, %50±%5 nispi nem ve hava dolaşım hızı; 0,2 m/s den az olmalıdır.

3.2.1. Yapıştırıcının Karıştırılması

TS EN 1348/ Mart 1998'e göre yapıştırıcı hazırlamak için gerekli su kütlece % olarak tespit edildikten sonra, toz karışıma ilave edilir. Her toz karışım için su oranları Ekler' de verilmiştir. EN 196-1'e göre: 1994 madde 4.4' de tarif edilmiş bir karıştırıcı içinde, düşük hız tertibatı kullanarak (140±5)min⁻¹ devir çevirme ve (62±)min⁻¹ e devirle yatay uygulayarak en az 2 kg miktarında yapıştırıcı hazırlanır.

Sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır:

- Sıvı hareketli potaya boşaltılır,
- Kuru toz, sıvı üzerine dağıtılarak yayılır,
- 30 saniye karıştırılır,
- Karıştırıcı küreği dışarı çıkartılır,
- Bir dakika içinde kürek ve tava kazınır,

- Kürek yeniden yerleştirilir ve 1 dakika süreyle karıştırılır.

Daha sonra ilave 15 saniyelik karıştırmadan sonra 5-10 dakika kadar yapıştırıcı hamurun olgunlaşması beklenir. Tekrar 15 sn karıştırılır ve beton plakalara uygulanır. Bu yapıştırıcı karıştırma işlemleri, dört değişik yapışma mukavemeti tayini içinde aynı şekilde tekrar edilir.

3.2.2. Deney numunelerinin Hazırlanması

TS EN 1348/ Mart 1998'e göre düzgün kenarlı bir mala ile beton plaka üzerine, 3.2.1. de tarif edildiği gibi karıştırılmış yapıştırıcı ile ince tabaka uygulanır. Sonra eksenler arası 12mm olan 6mm x 6mm diş ihtiva eden dişli mala ile daha kalın bir tabaka uygulanır ve taranır.

Dişli mala, alt tabakaya yaklaşık 60° lik açı ve beton plakanın bir kenarına dik olarak tutulur ve bu kenara paralel olarak plaka boyunca çekilir (düz çizgi halinde).

5 dakika sonra Tip VI karolardan 10 tanesi, yapıştırıcı üzerine 50mm mesafe ile yerleştirilir ve her bir karo, 30 saniye müddetle, $20N \pm 0,05 N$ yükle yüklenir.

3.2.3. İlk Yapışma Mukavemeti

Deney numuneleri Bölüm 3.2.2. ye göre hazırlanır.

27 gün standard şartlarda muhafazadan sonra, çekme başlık plakaları, yüksek mukavemetli uygun bir yapıştırıcı (epoksi gibi) ile yapıştırılır.

24 saatlik ilave standard şartlar altında muhafazadan sonra, sabit hızla, $250 N/s \pm 50N/s$ bir kuvvet uygulayarak yapıştırıcının çekme yapışma mukavemeti belirlenir.

3.2.4. Suya Daldırmadan Sonra Yapışma Mukavemeti

Deney numuneleri Bölüm 3.2.2. ye göre hazırlanır.

Deney numuneleri 7 gün standard deney şartlarında saklanır. Sonra standard sıcaklıkta suya ($20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$) daldırılır. 20 gün sonra deney numuneleri sudan çıkarılır. Bir kumaşla silinir ve çekme başlık plakaları karolara yapıştırılır. Sonra deney numuneleri, ilave bir 7 saat müddetle, standard sıcaklıkta suya daldırılır.

Takip eden gün deney numuneleri sudan çıkarılır. Yapışma deneyi uygulanır.

3.2.5. Sıcaklıkla Yaşdırmadan Sonra Yapışma Mukavemeti

Deney numuneleri Bölüm 3.2.2. ye göre hazırlanır.

Deney numuneleri 14 gün müddetle standard deney şartlarında ve sonra ilave bir 14 gün hava dolaşımı, $70^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklı etüve yerleştirilerek saklanır. Etüvden çıkarılır ve çekme başlık plakaları karolara uygun bir yapıştırıcı ile yapıştırılır.

Deney numuneleri ilave bir 24 saat standard deney şartlarında saklanır. Yapışma deneyi uygulanır.

3.2.6. Donma Çözülme Devrinden Sonra Yapışma Mukavemeti

Deney numuneleri Bölüm 3.2.2. ye göre hazırlanır. Yerleştirilmeden önce Tip VI karonun arka yüzüne düz kenarlı mala ile ince bir tabaka yapıştırıcı yaklaşık 1 mm kalınlıkta ilave olarak uygulanır.

Deney birimleri 7 gün müddetle standard deney şartlarında ve sonra 25 devir donma çözülme uygulaması yapmadan önce 21 gün müddetle suya daldırılarak saklanır.

Her bir donma çözülme-devri için:

- Deney numuneleri sudan çıkarılır ve sıcaklık, maksimum 2 saat \pm 20 dakika içinde, $-15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'a düşürülür.
- Deney numuneleri $-15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'da 2 saat \pm 20 dakika müddetle bekletilir.
- $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ' da suya daldırılır ve sıcaklık $15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ' a yükseltilerek 2 saat \pm 20 dakika müddetle bekletilir.

25 defa devir yapılır. Son devirden sonra deney numunelerinin havada, standard deney şartlarına erişmesi sağlanır ve yapışma mukavemetleri belirlenir.

3.2.7. Sonuçların Gösterilmesi ve Değerlendirilmesi

TS EN 1348/ Mart 1998' e göre aşağıdaki formül kullanılarak tek (her bir) çekme yapışma mukavemeti $\pm 0,1 \text{ N/mm}^2$ doğrulukla belirlenir.

$$A_s = L / A$$

Burada;

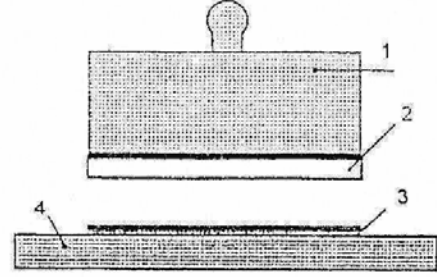
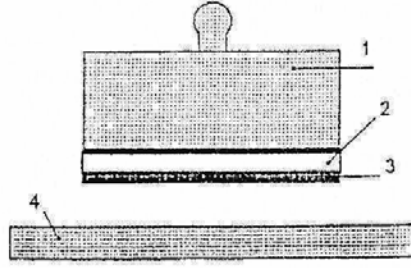
A_s = Her bir çekme yapışma mukavemeti, N/mm^2 ,

L = Toplam yük, N ,

A = Yapışma alanı, mm^2 (2500 mm^2)

Çekme yapışma mukavemeti kondisyonlanmış her numune takımı için, aşağıdaki gibi belirlenir;

- ✓ On değerlerin ortalaması alınır.
- ✓ Ortalama değerden $\pm \%20$ farklı değerler dikkate alınmaz.
- ✓ 5 veya 5' den fazla değer kalırsa, yeni ortalama değer belirlenir.
- ✓ 5 den fazla değer kalırsa deney tekrarlanır.
- ✓ Deney birimlerinin kopma şekilleri belirlenir. Şekil 3.2.7.1

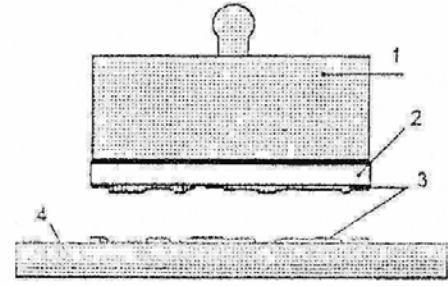
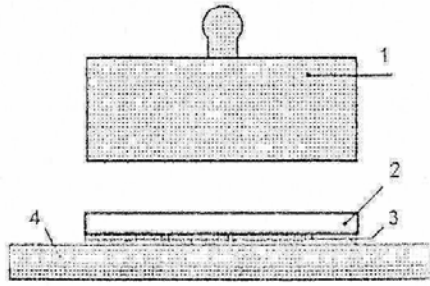


Anahtar :

- 1 - Çekme başlı plâka
- 2 - Karo
- 3 - Yapıştırıcı
- 4 - Taban malzeme (beton tabaka)

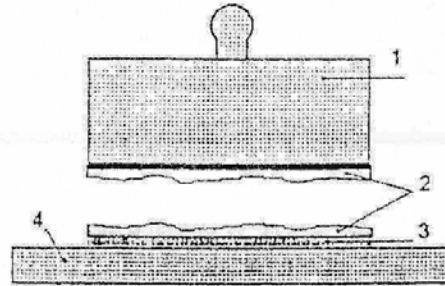
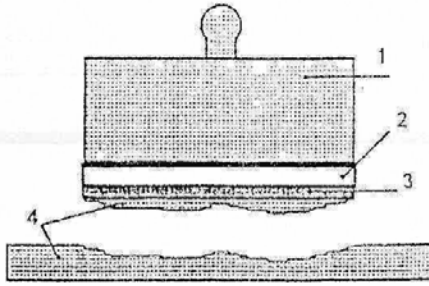
Şekil 1 - Yapıştırıcı ve taban malzeme arasında yapışma kusuru (AF-S)

Şekil 2 - Karo ve yapıştırıcı arasında yapışma kusuru (AF-T)



Şekil 3 - Çekme kafası plâkası ile karo arasındaki yapışma kusuru (BT)

Şekil 4 - Yapıştırıcıdaki kohezyon kusuru (CF-A)



Şekil 5 - Taban malzemedeki kohezyon kusuru (CF-S)

Şekil 6 - Karodaki kohezyon kusuru (CF-T)

Şekil 3.2.7.1. Kopma kusurlarının değerlendirilmesi (TS 11140 EN 12004, 2002).

4. BULGULAR

Bu çalışmada elde edilen bulgular, her bir numune için ayrı ayrı verilecektir. Ayrıca, CIPW normlarındaki kısaltmaların açıklamaları aşağıdaki şekildedir.

Qtz: Kuvars, An: Anortit, Di: Diyopsit, Ol: Olivin,
 Hmt: Hematit, Chr: Kromit, Ne: Nefelin, Or: Ortoklas
 Ab: Albit, Hy: Hipersten, Mt: Magnetit, Ap: Apatit,
 LC: Lössit

4.1. EM 1 Numunesi

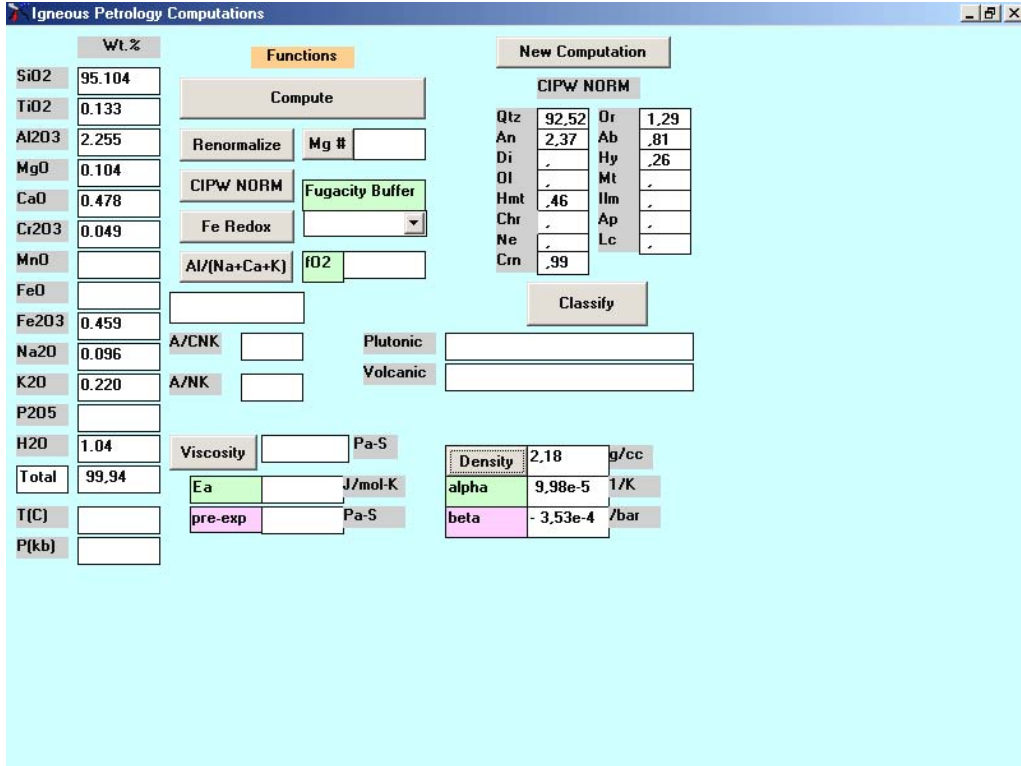
Çizelge 4.1.1. EM 1 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM1	2,255	0,478	0,049	0,459	0,220	0,104	0,096	0,065	95,104	0,133	1,040	100,00

EM 1 Numunesinin hangi kaynaktan elde edildiği tespit edilememiştir.

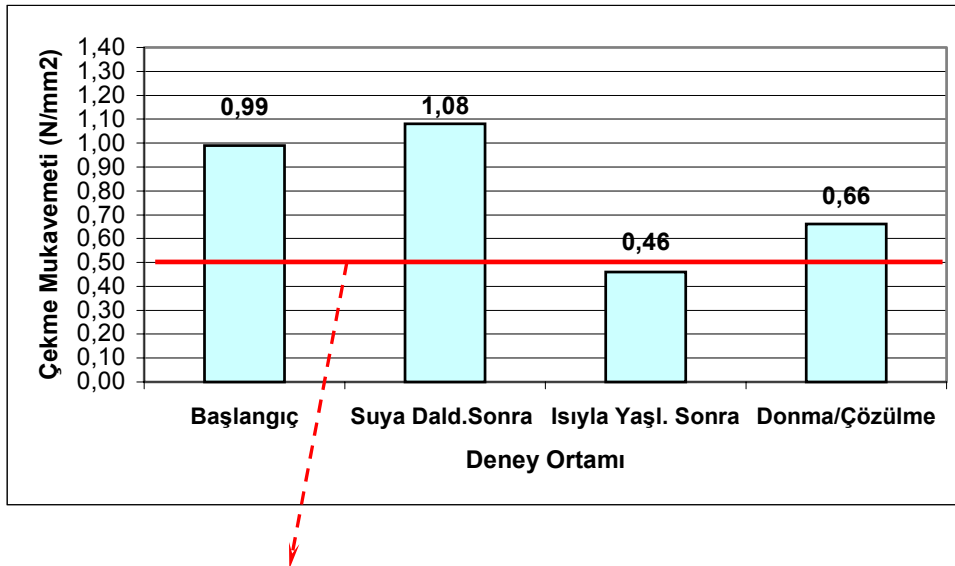


Şekil 4.1.1. EM 1 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)



Şekil 4.1.2. EM 1 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.1.2. EM 1 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



TS 11140 EN 12004 standardında belirtilen C1a tip seramik yapıştırma harçları için mukavemet değeri; $0,50 \text{ N/mm}^2 \leq$ dir.

4.2. EM 2 Numunesi

Çizelge 4.2.1. EM 2 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM2	6,911	3,371	0,037	0,670	1,572	0,248	2,622	0,164	83,699	0,056	0,651	100,00



Şekil 4.2.1. EM 2 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

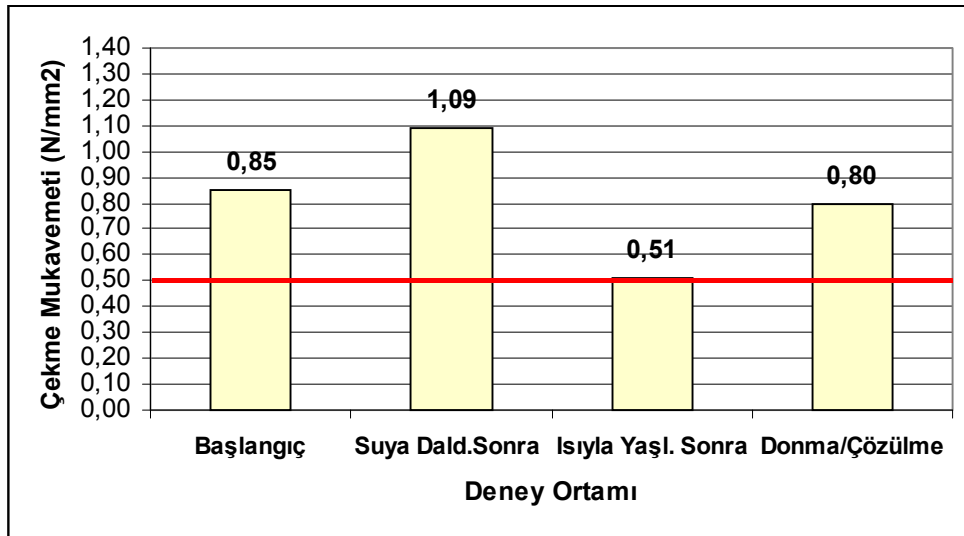
EM 2 Numunesi yıkanmış deniz agregasıdır.

Igneous Petrology Computations

Wt. %		Functions		New Computation	
SiO ₂	83.699	Compute		CIPW NORM	
TiO ₂	0.056	Renormalize	Mg #	Qtz	57,92
Al ₂ O ₃	6.911	CIPW NORM	Fugacity Buffer	An	2,44
MgO	0.248	Fe Redox	fO ₂	Di	1,33
CaO	3.371	Al/(Na+Ca+K)		Ol	
Cr ₂ O ₃	0.037			Hmt	,67
MnO				Chr	
FeO				Ne	
Fe ₂ O ₃	0.670			Crn	
Na ₂ O	2.622	A/CNK		Classify	
K ₂ O	1.572	A/NK		Plutonic	
P ₂ O ₅				Volcanic	
H ₂ O	0.651	Viscosity	Pa-S	Density	2,31
Total	99,84	Ea	J/mol-K	alpha	5,69e-4
T(C)		pre-exp	Pa-S	beta	-2,95e-4
P(kb)					

Şekil 4.2.2. EM 2 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.2.2. EM 2 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.3. EM 3 Numunesi

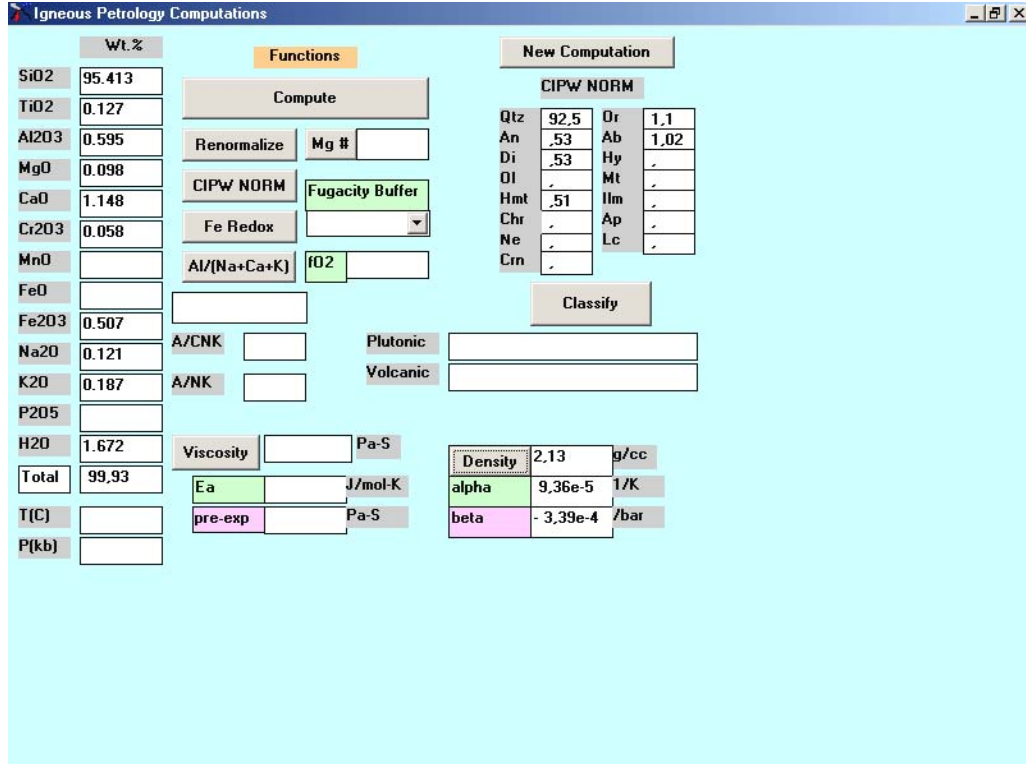
Çizelge 4.3.1. EM 3 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM3	0,595	1,148	0,058	0,507	0,187	0,098	0,121	0,075	95,415	0,127	1,672	100,00



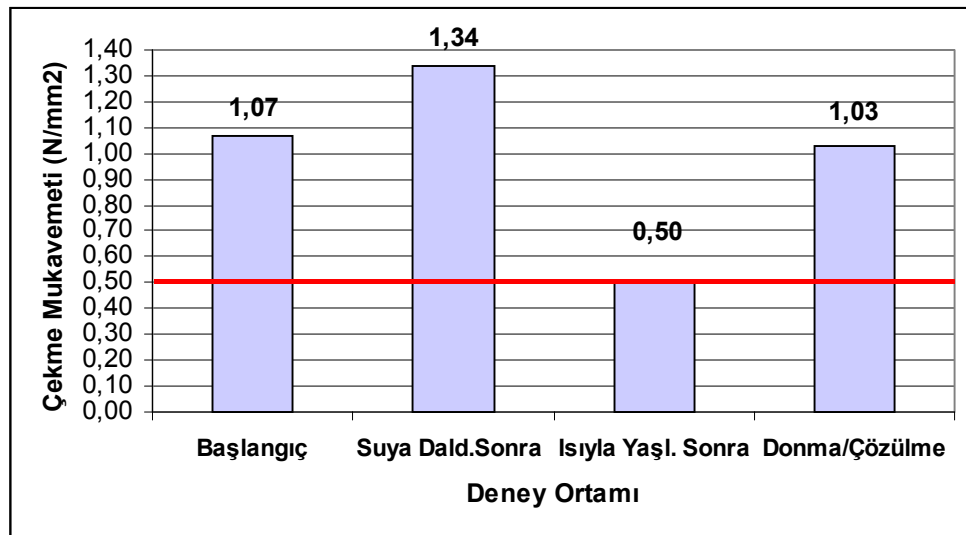
Şekil 4.3.1. EM 3 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

EM 3 Numunesi yıkanmış deniz agregasıdır.



Şekil 4.3.2. EM 3 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.3.2. EM 3 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.4. EM 4 Numunesi

Çizelge 4.4.1. EM 4 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM4	0,133	<u>54,900</u>	0	0,006	0,030	1,640	0,022	0,161	0,570	0,000	42,540	100,00



Şekil 4.4.1. EM 4 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

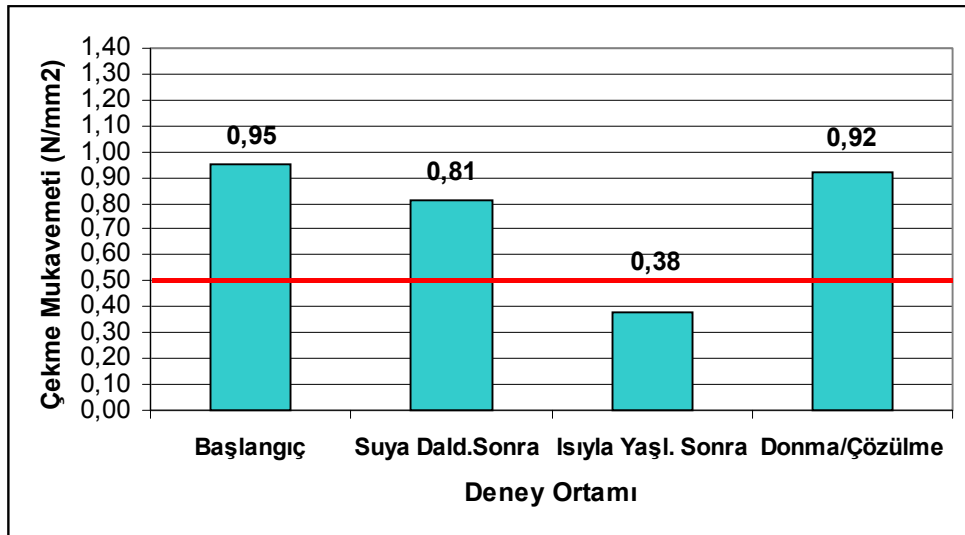
EM 4 Numunesi Kırma-Eleme sonucu elde edilmiş agregadır.

Igneous Petrology Computations

Wt. %	Functions	New Computation
SiO ₂ 0.570	Compute	CIPW NORM
TiO ₂	Renormalize	Qtz .
Al ₂ O ₃ 0.133	Mg #	An .18
MgO 1.740	CIPW NORM	Di .
CaO 54.920	Fugacity Buffer	Ol 6.07
Cr ₂ O ₃	Fe Redox	Hmt .01
MnO	Al/(Na+Ca+K)	Chr .
FeO	fO ₂	Ne .1
Fe ₂ O ₃ 0.006		Crn .
Na ₂ O 0.022	A/CNK	Classify
K ₂ O 0.030	A/NK	Plutonic
P ₂ O ₅		Volcanic
H ₂ O 42.558	Viscosity Pa-S	Density 1. g/cc
Total 99.98	Ea J/mol-K	alpha 8.78e-4 1/K
T(C)	pre-exp Pa-S	beta 1.28e-4 /bar
P(kb)		

Şekil 4.4.2. EM 4 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.4.2. EM 4 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.5. EM 5 Numunesi

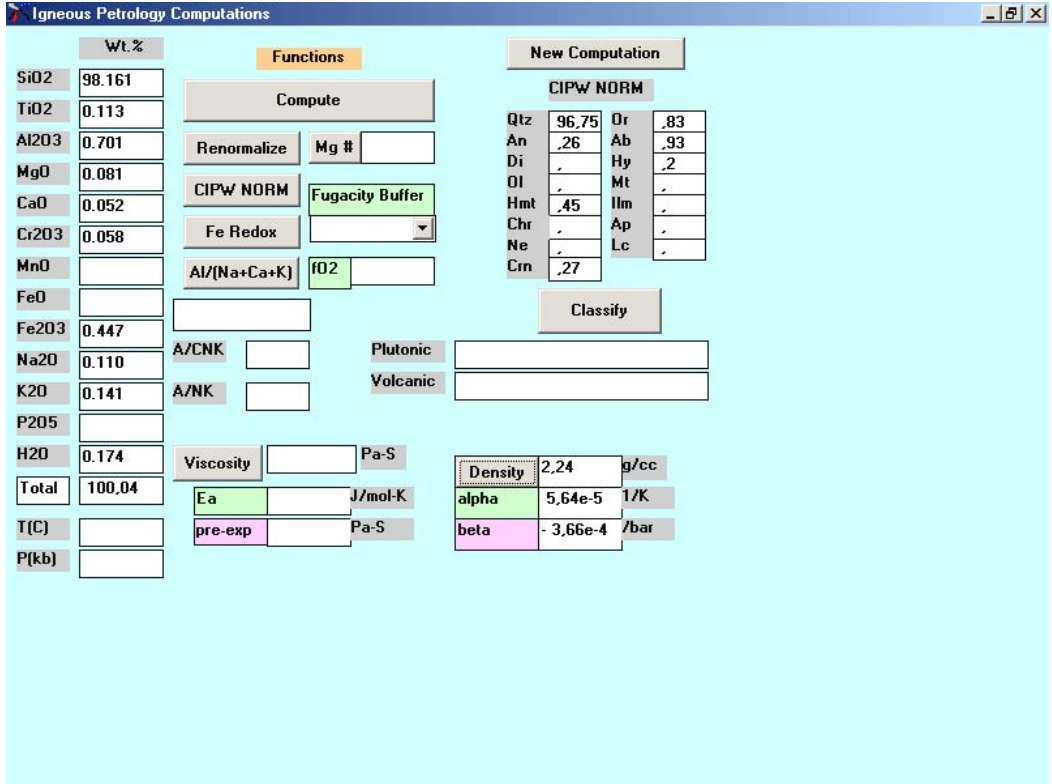
Çizelge 4.5.1. EM 5 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM5	0,701	0	0,058	0,447	0,141	0,081	0,110	0,063	98,112	0,113	0,174	100,00



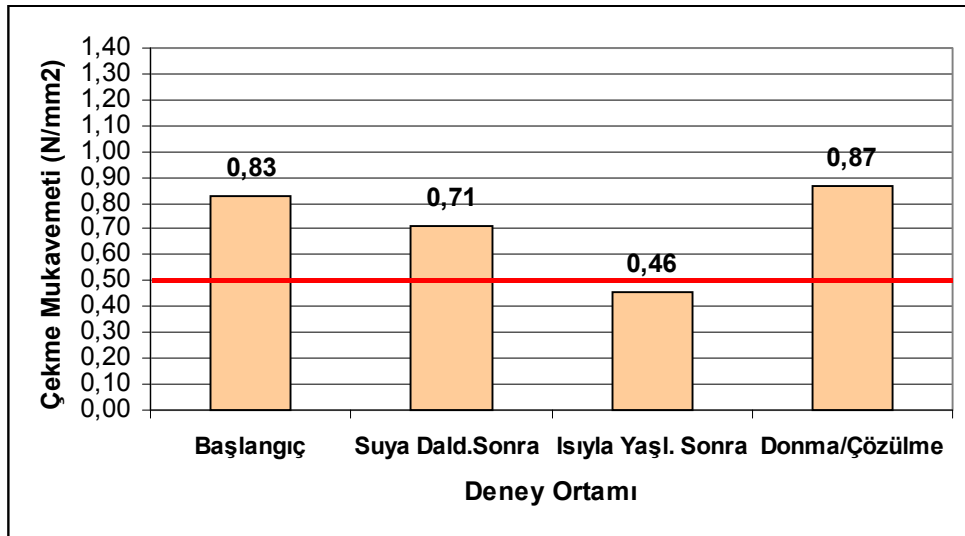
Şekil 4.5.1. EM 5 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

EM 5 Numunesi yıkanmış deniz agregasıdır.



Şekil 4.5.2. EM 5 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.5.2. EM 5 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.6. EM 6 Numunesi

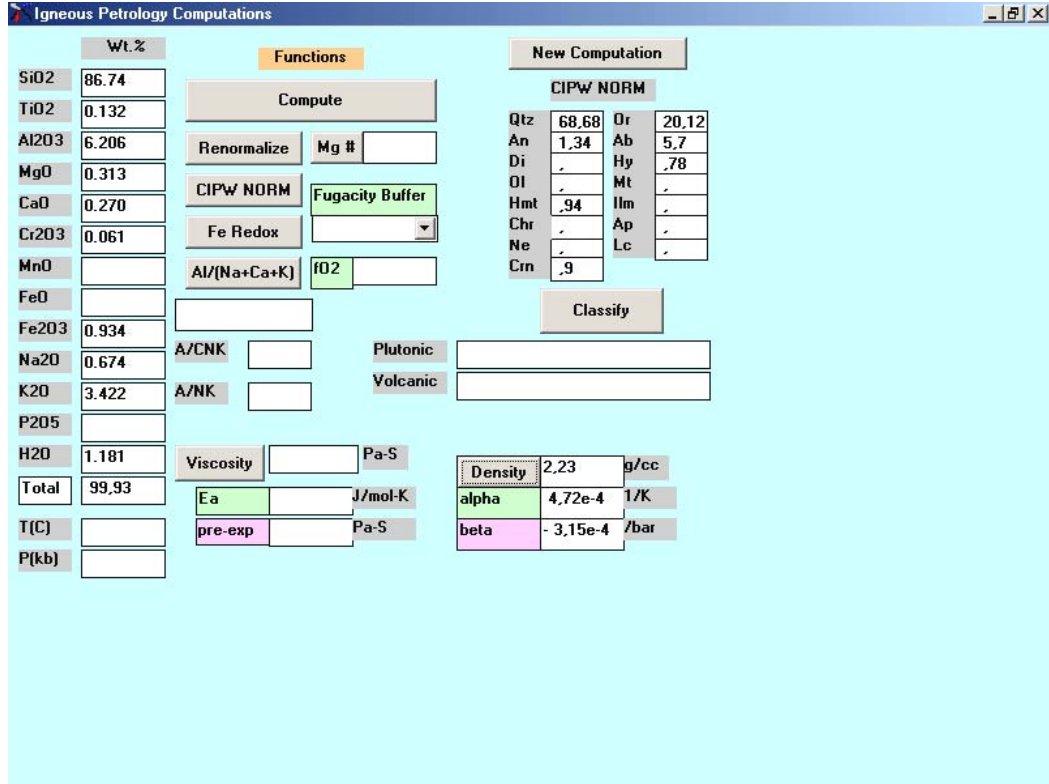
Çizelge 4.6.1. EM 6 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM6	6,206	0,270	0,061	0,934	3,422	0,313	0,674	0,069	86,740	0,132	1,181	100,00



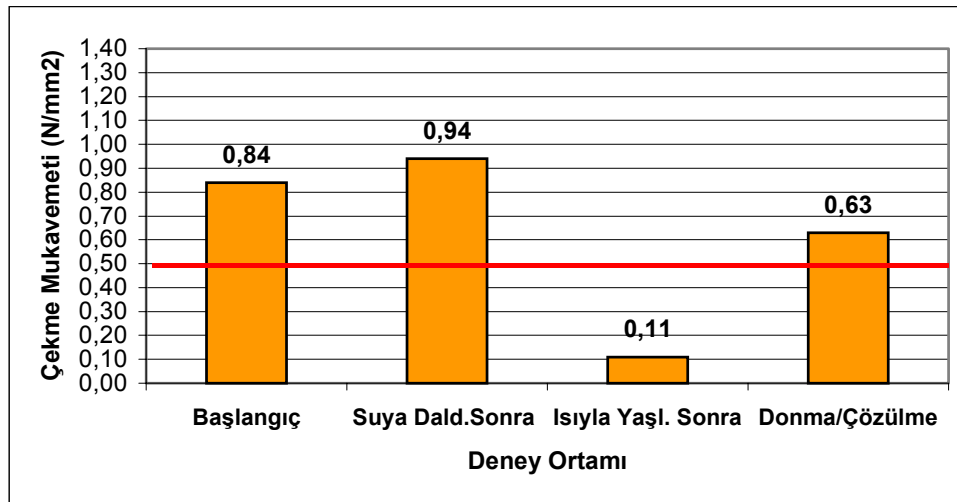
Şekil 4.6.1. EM 6 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

EM 6 Numunesi doğal olarak donma-çözülme sonucu ufalanmış yamaç agregasıdır.



Şekil 4.6.2. EM 6 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.6.2. EM 6 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.7. EM 7 Numunesi

Çizelge 4.7.1. EM 7 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM7	0,310	55,969	0	0,080	0,034	0,519	0,027	0,078	0,764	0	42,218	100,00



Şekil 4.7.1. EM 7 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

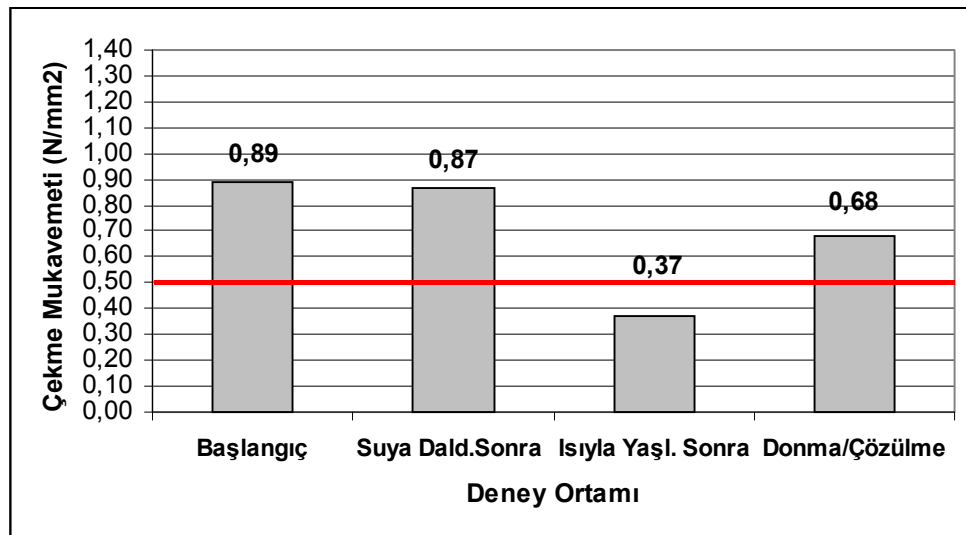
EM 7 Numunesi kırma-eleme sonucu elde edilmiş agregadır.

Igneous Petrology Computations

Wt. %	Functions		New Computation	
SiO ₂	0.764	Compute	CIPW NORM	
TiO ₂			Qtz	Or
Al ₂ O ₃	0.310	Renormalize	An	Ab
MgO	0.519	Mg #	Di	Hy
CaO	55.989	CIPW NORM	Ol	Mt
Cr ₂ O ₃		Fugacity Buffer	Hmt	Ilm
MnO		Fe Redox	Chr	Ap
FeO		Al/(Na+Ca+K)	Ne	Lc
Fe ₂ O ₃	0.080	fO ₂	Crn	
Na ₂ O	0.027	A/CNK	Classify	
K ₂ O	0.034	A/NK	Plutonic	
P ₂ O ₅			Volcanic	
H ₂ O	42.226	Viscosity	Density	
Total	99.95	Ea	alpha	
T(C)		pre-exp	beta	
P(kb)				

Şekil 4.7.2. EM 7 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.7.2. EM 7 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.8. EM 8 Numunesi

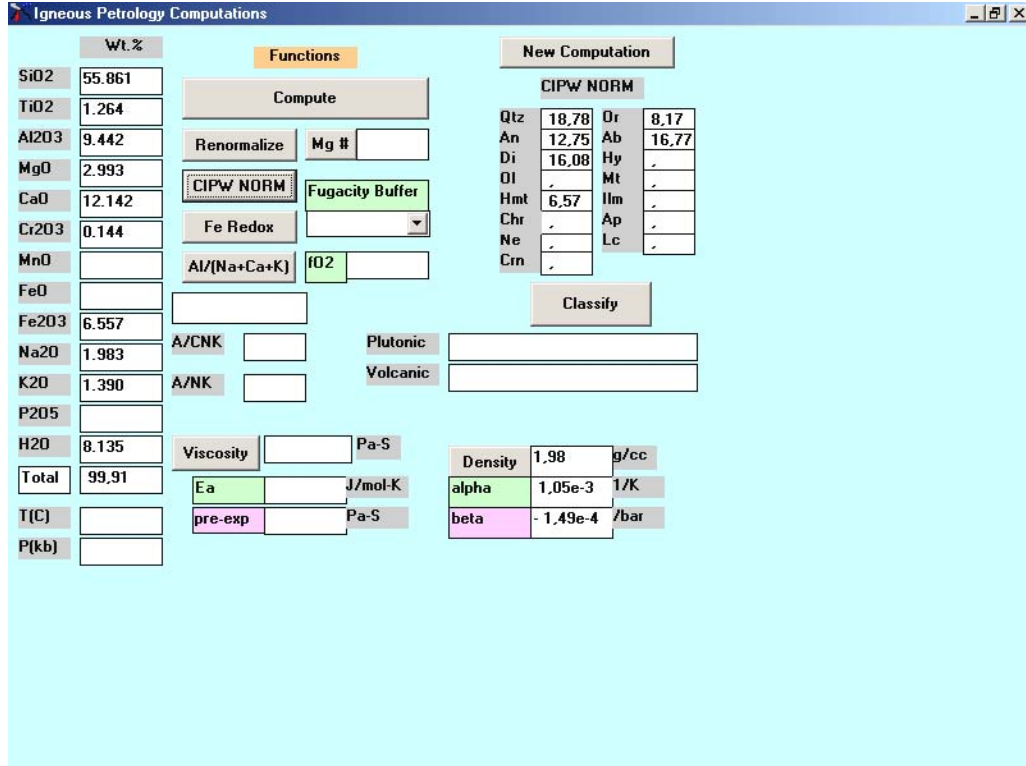
Çizelge 4.8.1. EM 8 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM8	9,432	12,142	0,144	6,557	1,390	2,983	1,983	0,130	55,851	1,254	8,135	100,00



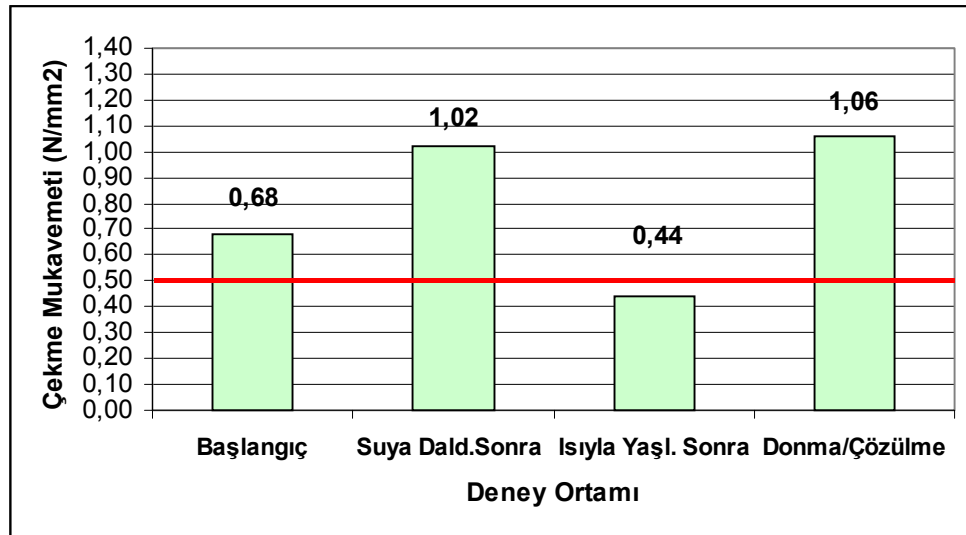
Şekil 4.8.1. EM 8 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

EM 8 Numunesi deniz veya dere agregasıdır.



Şekil 4.8.2. EM 8 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.8.2. EM 8 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.9. EM 9 Numunesi

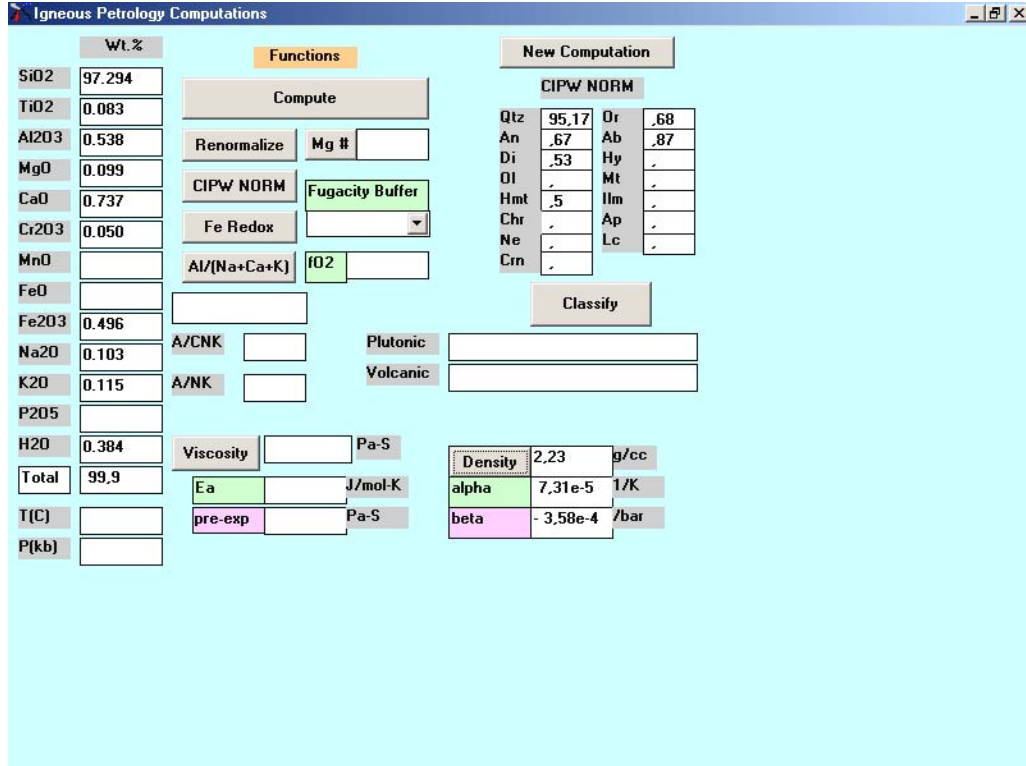
Çizelge 4.9.1. EM 9 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM9	0,538	0,737	0,050	0,496	0,115	0,099	0,103	0,099	97,294	0,083	0,384	100,00



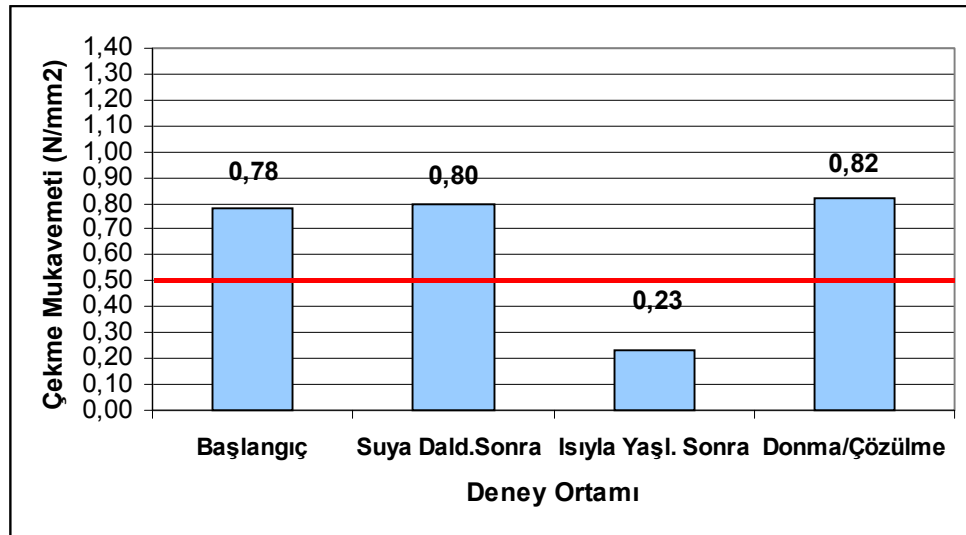
Şekil 4.9.1. EM 9 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

EM 9 Numunesi yıkanmış deniz agregasıdır.



Şekil 4.9.2. EM 9 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.9.2. EM 9 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



4.10. EM 10 Numunesi

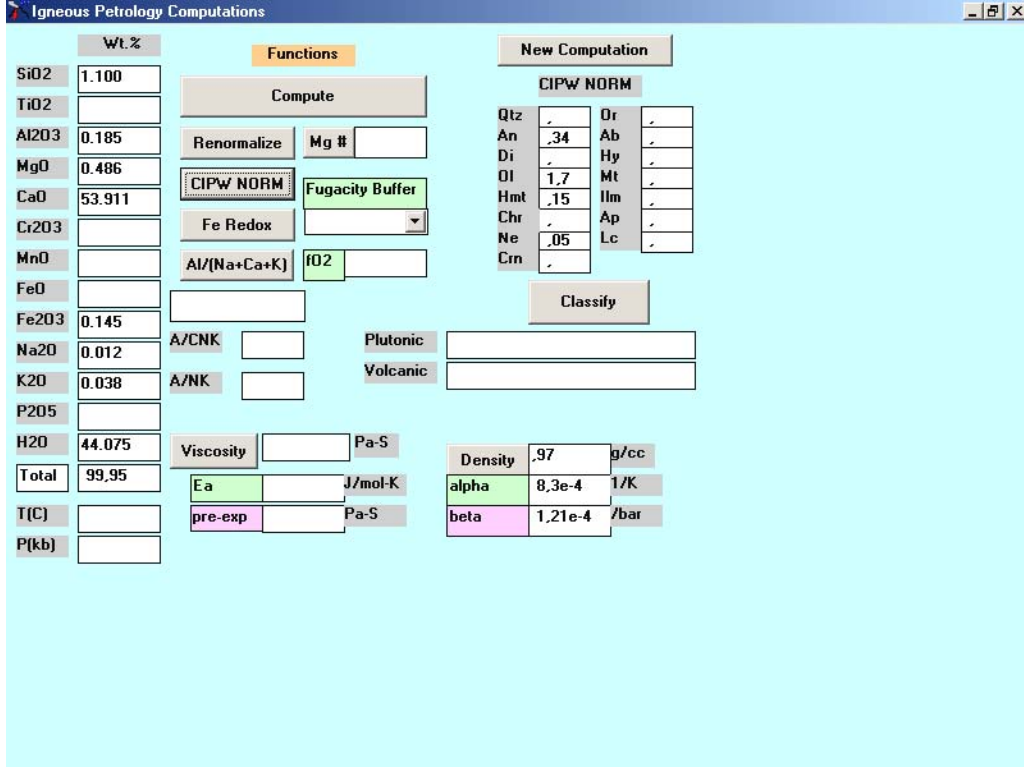
Çizelge 4.10.1. EM 10 Numunesi kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	Lol	Toplam
EM10	0,185	<u>53,795</u>	0	0,145	0,038	0,486	0,012	0,179	1,100	0,000	44,061	100,00



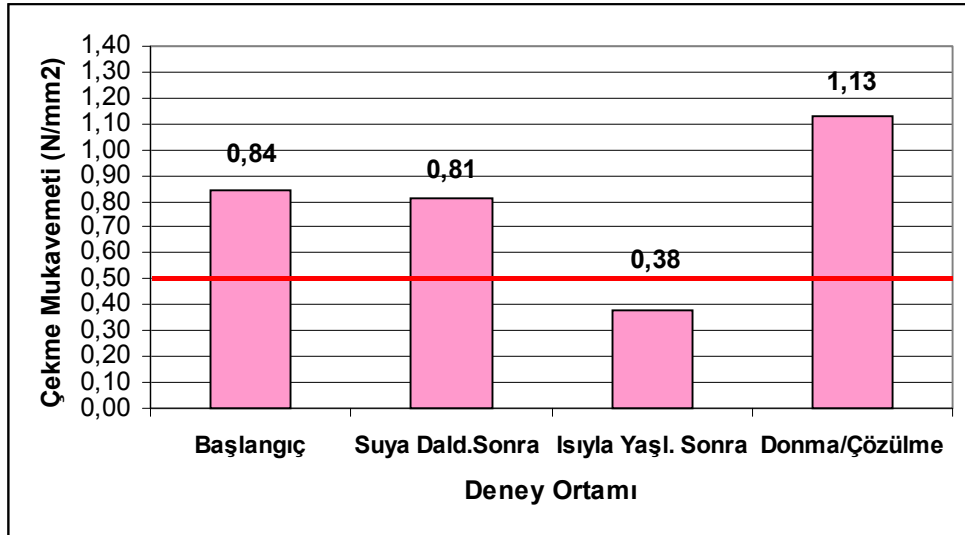
Şekil 4.10.1. EM 10 Numunesi mikroskop görüntüsü (7,5 kat büyütme)

EM 10 Numunesi kırma-eleme sonucu elde edilmiş agregadır.



Şekil 4.10.2. EM 10 Numunesi CIPW norm hesaplamaları

Çizelge 4.10.2. EM 10 Numunesi çekme mukavemeti sonuçları



5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma ile ilgili olarak yapılan literatür araştırmasında edinilen bilgiler;

Dayanımı yüksek beton elde edilmesi için kullanılacak agrega türünün, granit, siyenit, diyorit, gabro ve bazalt gibi sağlam kaliteli kayalardan elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılabilir. Ancak bunların çimento hamuru ile olan aderansları istenen düzeyde değildir. Yapıksı dokuya sahip, mikaşist gibi kayalardan elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılması sakıncalıdır. Silis ise, kuvars durumunda uygundur, ancak silis içeren kayalardan elde edilen agregaların kullanılması betonda hacim sabitliğini bozabilir. Kalker ve dolomit kökenli agregalar beton için en uygun olanlarıdır. Ancak dolomitlerin kil damarları içermesi sakınca yaratabilir.

Literatür araştırması sonucunda yukarıda ifade edilen bilgiler, seramik yapıştırma harçları için ideal kimyasal ve mineralojik bileşime sahip agrega hakkında direkt bilgiler içermemektedir. Tüm yapı inşaatlarında kullanılabilen agregalarla ilgili genel bilgilerdir.

Bu sebepten, yapılan teorik ve deneysel araştırma, seramik yapıştırma harçları için özel bir çalışmadır.

Karışım oranları ve kullanılan malzemeleri aynı olan yalnızca agregaların kimyasal ve mineralojik bileşimi farklı olan, on karışımdan oluşturulan, seramik yapıştırma harçlarının, dört değişik ortamdaki testinden sonra elde edilen mukavemet sonuçlarına göre;

TS 11140 EN 12004 standardında, C1a sınıfı yapıştırıcılar için belirtilen minimum mukavemet değerlerini, dört ortamda da EM2 ve EM3 numuneleri sağlamıştır.

Hem TS 11140 EN 12004 standard değerlerini sağlayan hem de ortalama olarak en yüksek mukavemet değerine sahip EM3 numunesidir.

Bu sonuçlara göre; TS 11140 EN 12004 standard değerlerini sağlayan en ideal seramik yapıştırma harcı agregası; EM3 numunesi ve ardından EM2 numunesidir.

Ortamlara ayrı ayrı bakıldığında ise;

Başlangıç çekme mukavemeti en yüksek, EM3 numunesidir.

Suya daldırıldıktan sonra çekme mukavemeti en yüksek, EM3 numunesidir.

Isıyla yaşlandırıldıktan sonra çekme mukavemeti en yüksek, EM2 numunesi ardından EM3 numunesidir. Fakat aradaki fark yalnızca 0,01 N/mm² dir.

Donma-Çözülme devrinden sonra en yüksek çekme mukavemeti, EM 10 numunesi ardından EM3 numunesidir. Fakat EM3 numunesinin çekme mukavemet değeri 1 N/mm² üzerinde oldukça yüksek bir değerdir.

Bu çalışmada kullanılan agregaların kırmataş veya diğer doğal kaynaklardan elde edilmesi sonuçları çok fazla etkilememiştir. Mikroskop altı görüntülere bakıldığında da, agreganın kırmataş mı yoksa diğer doğal kaynaklardan mı elde edildiğini saptamak mümkün değildir. Çünkü; -400+100µ aralığı ince bir boyut olmakla birlikte aynı zamanda çok dar bir boyut aralığıdır.

Bununla birlikte numunelerin kimyasal bileşimi ve muhtemel (CIPW sonucunda elde edildiği için) mineralojik yapıları mukavemet sonuçlarına etkimiştir.

TS 11140 EN 12004 standardının istemiş olduğu mukavemet değerlerini sağlamakla birlikte en yüksek mukavemet değerlerine sahip EM3 ve EM2 numunelerinin kimyasal ve mineralojik bileşimleri birbirine çok yakındır.

Çizelge 5.1. EM3 ve EM2 numunelerinin kimyasal analiz sonuçları

	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	LoI	Toplam
EM2	6,911	3,371	0,037	0,670	1,572	0,248	2,622	0,164	<u>83,699</u>	0,056	0,651	100,00
EM3	0,595	1,148	0,058	0,507	0,187	0,098	0,121	0,075	<u>95,415</u>	0,127	1,672	100,00

EM3 ve EM2 numunelerinin kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında en belirgin olarak; yüksek % SiO₂ oranlarıyla birlikte bileşimlerinde % CaO varlığıdır.

EM5 numunesi % 98 SiO₂ içermesine rağmen bünyesinde hiç CaO içermemektedir. Ve mukavemet sonuçları EM3 ve EM2 numuneleri göre düşük çıkmıştır.

EM1 numunesi % 95 SiO₂ ve % 0,5 CaO oranı ile EM3 ve EM numunelerinin ardında en yüksek mukavemet değerlerine sahiptir.

CaO bileşimli EM4, EM7 ve EM10 numunelerinden özellikle EM4 ve EM10 numunelerinin donma-çözülme mukavemetleri yüksek çıkması soğuk iklimlerde CaO bileşimli agreganın kullanılmasının daha faydalı olabileceği kanaatini vermektedir.

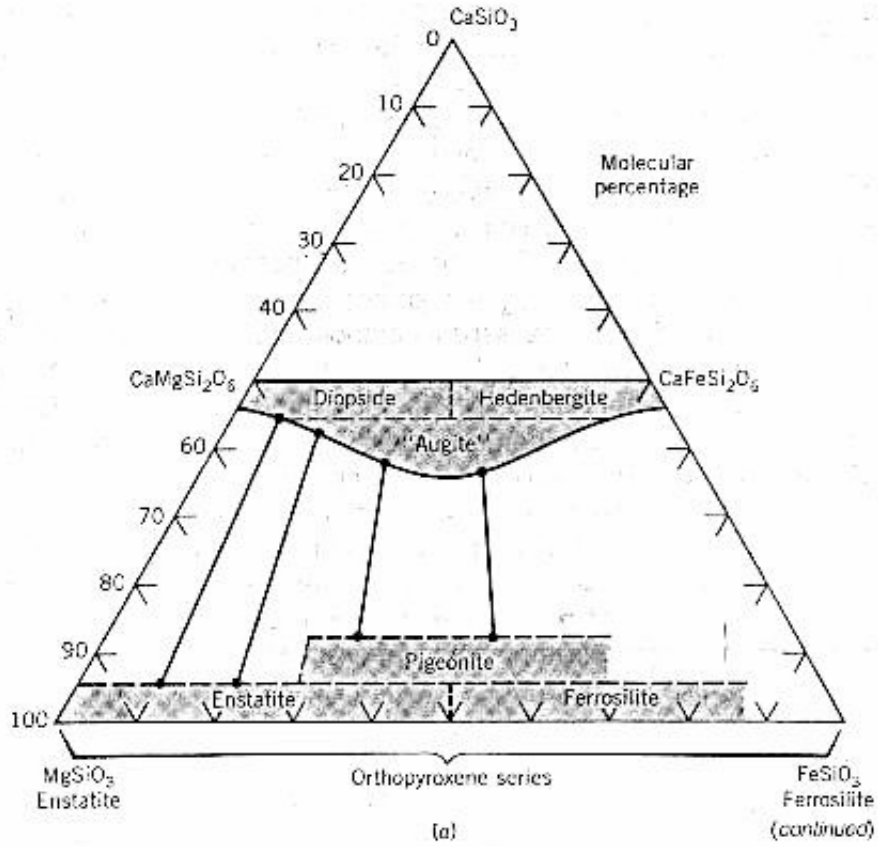
EM3 ve EM2 numunelerinin CIPW normlarına bakıldığında kristalleşme olsaydı muhtemel mineraller;

Çizelge 5.2. EM3 ve EM2 numunelerinin CIPW sonuçları

	Kuvars	Anortit	Diyopsit	Olivin	Hematit	Kromit	Nefelin	Ortoklas	Albit	Hipersten
EM2	57,92	2,44	1,33		0,67			9,24	22,17	
EM3	92,5	0,53	0,53		0,51			1,1	1,02	

EM3 numunesinin EM1 ve EM5 numunelerinden en belirgin iki farkı vardır. EM3 numunesi Diyopsit içermekte ve Hipersten içermemektedir. Aynı şekilde EM2 numunesi de EM6 numunesiyle kıyaslandığında farklılığın EM2 numunesinin Diyopsit içermesi ve Hipersten içermemesi şeklinde olduğunu görebilmekteyiz.

Şekil 5.1 e bakıldığında Diyopsit ve Hiperstenin Piroksen grubu minerallerden olduğunu fakat Diyopsit' in üçgenin sol orta kenarında bulunduğunu ve bileşiminin CaMgSi₂O₆ olduğunu görebilmekteyiz. Bu üçgende Hiperstenin yeri ise sol alt kenardır. Bileşim olarak da MgSiO₃ dönüştüğünü yani bünyesindeki Ca' un yerini Mg' un aldığını görebilmekteyiz.



Şekil 5.1. Piroksen grubu minerallerin üçgen diyagram gösterimi (Klein vd, 1993)

Kimyasal analiz verileriyle mukavemet sonuçları arasındaki ilişkiyi mineralojik bileşimde de aynen görebilmekteyiz. Yani yüksek silis oranıyla birlikte Ca varlığı mukavemet sonuçlarını olumlu etkilemiştir.

Kopma kusurları ile ilgili elde edilen ortalama sonuçlar;

Taban malzemedeki kohezyon kusuru (CF-S): $1,25 \text{ N/mm}^2$ ile en yüksek ortalamaya sahiptir. Fakat uygulamada bu tarzda ki kopma şekline pek rastlanmaz.

Yapıştırıcıdaki kohezyon kusuru (CF-A): $0,84 \text{ N/mm}^2$ dir.

Karo ve yapıştırıcı arasındaki yapışma kusuru (AF-T): $0,54 \text{ N/mm}^2$ dir.

Yapıştırıcı ve taban malzeme arasında yapışma kusuru (AF-S): $0,36 \text{ N/mm}^2$ ile en düşük yapışma mukavemeti sonucunu vermiştir.

Kopma kusurlarına bakıldığında; öncelikle yapıştırıcının taban malzemeye tutunması ardından karoya tutunması gerekmektedir. Bunlardan sonra yapıştırıcının kendi yapışma mukavemetinin yüksek olması gerektiği anlaşılmaktadır.

Bu çalışma, halen seramik yapıştırma harcı üreticisi on büyük firmanın ürünlerinden elde edildilen agrega örnekleriyle gerçekleştirilmiştir. Firma isimleri gizlilik haklarına saygı duyularak verilmemiştir. Ayrıca hazırlanan numunelerin karışım oranları da, yine bu firmaların ekonomik olarak belirledikleri karışım oranları kullanıldığından verilmemiştir.

Bu çalışma, direkt olarak firmaların ürünlerinden yola çıkılarak yapılmayabilirdi. Fakat yine bu firmalar, yapıştırıcı üretiminde kullandıkları agregaları, yaptıkları uzun deneysel çalışmalar sonucunda belirlemişlerdir. Bunun bir göstergesi de agregaların genellikle silis veya kalker ağırlıklı olmasıdır. Zaten bu araştırma sonunda elde edilen sonuçlarda da, ısıyla yaşlandırıldıktan sonraki çekme mukavemeti değerleri haricinde TS 11140 EN 12004 standardının istemiş olduğu çekme mukavemet değerlerini tüm numunelerin sağlaması bunun bir göstergesidir.

Bu çalışmada sonuç olarak; seramik yapıştırma harcı üretiminde kullanılan ve yüksek bir orana sahip olan agreganın kimyasal ve mineralojik bileşiminin yapışma mukavemetine etkisi araştırılmıştır. Kullanılan materyaller, özellikle seramik yapıştırma harcı üreticisi firmalardan yani üründen yola çıkılarak yapıldığından, endüstriyel boyut içermektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akman, M.S., (2002). Çimentolar İçindeki Çözünen Alkalilerin Miktar ve Türlerinin Beton ve Harç Özelliklerine Etkileri. Çimento ve Beton Dünyası. TÇMB. Sayı 40, Sayfa 35, Öykü Reklam Hizmetleri Ltd.Şti. Ankara.
- Bentur, A., (2002). Cementitious Materials-Nine Millenia and A New Century: Past, Past, Present and Future, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol.,pp. 2-22.
- Bozkır, H., Yeşilkaya, A., (2001). Çimento Tipleri Kimyasal Bileşimleri. Çimento ve Beton Dünyası. TÇMB. Sayı 31, Sayfa 31, Öykü Reklam Hizmetleri Ltd.Şti. Ankara.
- Chandra, S., Ohama, Y., (1994). Polymer in Concrete, CRC Press, Florida.
- Chew, M.Y.L., (1999). Factors Affecting Ceramic Tile Adhesion for External Cladding, Construction and Building Materials, Vol.13, pp.293-296.
- Çalışkan, S., (2003). Agregası Cinsi ve Tane Boyunun Arayüzey Aderans Dayanımına Etkisi. Çimento ve Beton Dünyası. TÇMB. Sayı 41, Sayfa 65, Öykü Reklam Hizmetleri Ltd.Şti. Ankara.
- Çelikkan, H., (2003). Suda Çözünen Polimerler. Polimer Teknolojisi Yüksek Lisans Dersi Ödevi. Prof.Dr. Serpil Aksoy. Ankara.
- Dizayn Konstrüksiyon., (2002). A' Dan Z'ye Beton Agregası. Kasım sayısı. Sayfa 69-74.
- DPT., (2000). 2001-2005 Yılları, Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayii. Çimento ve Hazır Beton Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Ankara.

- Erdoğan, T.Y., (1995). Betonun Oluşturan Malzemeler. Çimentolar. Ankara, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, 120 sayfa. Ankara.
- Feldman, D., (1989). Polymeric Building Materials, Elsevier Sciences Publishers, England.
- Halıcıoğlu, F.H., (2002). Beton Malzemelerin Dayanıklılığını Olumsuz Etkileyen Kimyasal Etkiler. 1.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Kongre Bildirileri-I, 236-247, İstanbul.
- Jenni, A.L., (2003). Microstructural Evolution and Physical Properties of Polymer-Modified Mortars. Ph.D. University of Bern. Germany.
- Klein, C., Cornelius, S., Hurlbut, Jr., (1993). Manual of Mineralogy. After JD Dona. 21st Edition. 681 pp. Canada.
- Kurbetçi, Ş., (2003). Challenges and Changes Mixture Proportioning For Durable Concrete, Türkiye Hazır Beton Birliği Dergisi. 61-68, Ocak-Şubat 2003.
- Mehta, P.K., (1994). Concrete Technology at the Crossroad Problems and Opportunities, Concrete Technology Past, Present, and Future, 114, Farmington Hills, Michigan, USA.
- Mindess, S., Young, J.F., (1981) Concrete, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey
- Neville, A.M., (1994). Concrete in the Year 200, Advances in Concrete Technology, V.M. Malhotra (Ed.), CANMET, Second Edition, pp.1-17, Ottawa.
- Neville, A.M., (1995). Properties of Concrete , Fourth Edition, pp.108. England.

- Özışık, İ., (2001). Wacker Polymer Systems (WPS) Vinnapas Dispersiyon Tozları ve Kuru Karışım Harç Teknolojisi. Seminer Notları, 80 s.İstanbul.
- Özkahraman, H.T., Işık, E.C., (2003). Isparta Yöresinde Yüzeyleme Veren Tüflerin Kaplama Taşı Olarak Kullanılması, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, sayfa 201-211. Afyon.
- Pareek, S.N., Ohama, Y., Demura, K., (1993). Adhesion of Bonded Mortar to Polymer-Cement Paste Coated Mortar Substrates, Interface in Cementitious Composites, Proceedings of the Rilem International Conference, J.C. Maso (Ed.), pp.89-98, Toulouse.
- Postacıoğlu, B., (1987). Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt 2 Agregalar, Beton. İstanbul Matbaa Teknisyenleri Basımevi 404 sayfa. İstanbul.
- Prasad, M., Manghnnani, M.H., Wang, Y., Zinin, P., Livingston, R.A., (1999). Acoustic Microscopy of Portland Cement Mortar Aggregate/Paste Interface. University of Hawaii, USA.
- Selçuk, G., (2002). PÇ 42,5 Çimento Aralık Ayı Kalite Kontrol Raporu. Göлтаş A.Ş. Isparta.
- Şengül, Ö., Taşdemir, C., Taşdemir, M.A., Hacıkamiloğlu, M., Özbek, E., Altay, B., (2000). Effect of Aggregate Type on Mechanical Properties of Normal and High Strength Concretes, Cement and Concrete Tecnology in the 2000 s, 40-49, İstanbul, Turkey.
- Şengül, Ö.,(2001). Agrega Türünün Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Davranışına Etkisi, Türkiye Hazır Beton Birliği Dergisi 44. sayı.

Şengül, Ö., Taşdemir, C., Kılıç, T., Kuşer, U., (2002). Seramik Yapıştırıcılarının Aderans Dayanımına Donma-Çözülme ve Sıcaklık Etkisi, 1.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Kongre Bildirileri-II, 546-557, İstanbul.

Şimşek,O., (2003). Yapı Malzemesi II. İstanbul, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Yayın no:1374, 211 sayfa. Ankara.

Taşdemir, M.A., Taşdemir, C., Akyüz, S., Jefferson, A.D., Lydon, F.D., Barr, B.I.G., (1998). Evaluation of Strains at Peak Stresses in Concrete : a Three Phase Composite Model Approach, Cement And Concrete Composites, V.20,pp.301-308.

Türk Standartları Enstitüsü TS 706, Beton Agregaları /Aralık 1980, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, TS 11140 EN 12004, Yapıştırıcılar-Karo Yapıştırıcılar-Tarifler ve Özellikler / Mart 2002, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 1348, Yapıştırıcılar-Karo Yapıştırıcıları-Çimentolu Yapıştırıcılarda Çekme Yapışma Mukavemetinin Tayini / Mart 1998, Ankara.

Yeğınobalı, A.,(1999). Betonun İç Yapısı (Çimento Hamuru-Agrega-Arayüzeyi ve Özellik İlişkileri), Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento ve Beton Araştırma-Geliştirme Enstitüsü Seminer Notları 3., Ankara.

Yeğınobalı, A.,(1999). Portland Çimentosu (Bazı Temel Bilgiler), Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento ve Beton Araştırma-Geliştirme Enstitüsü Seminer Notları 2., Ankara.

<http://fun.clariant.com>

<http://www.akcansa.com.tr/cimento.htm>

<http://www.dow.com>

<http://www.geocities.com/agregakalite/agrega.htm>

<http://www.herc.com>

http://www.herc.com/aqualon/construction/cons_brochure/bro_culm_chemistr.html

<http://www.hoechst.com>

<http://www.thbb.org/tr/trincludes/beton/agrega.htm>

EKLER

(EM 1) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma-çözülme	kusur
1	1,063	CF-A	1,460	CF-A	0,460	AFS	0,555	CF-A
2	0,934	"	1,326	"	0,277	"	0,676	"
3	1,324	"	0,912	"	0,308	"	0,628	"
4	0,586	"	1,155	"	0,465	"	0,656	"
5	1,454	"	0,405	"	0,245	"	0,700	"
6	0,772	"	1,040	"	0,312	"	0,858	"
7	0,966	"	1,097	"	0,464	"	0,605	"
8	0,899	"	1,534	"	0,480	"	0,430	"
9	1,045	"	0,616	"	0,564	"	0,694	"
10	0,824	"	1,208	"	0,426	"	0,759	"
ORT	0,99		1,08		0,46		0,66	

SU ORANI:%29,5

(EM 2) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma-çözülme	kusur
1	1,639	CF-A	1,046	CF-A	0,758	CF-A	0,880	CF-A
2	0,854	"	0,721	"	0,486	"	0,816	"
3	0,435	"	1,080	"	0,480	"	0,503	"
4	0,740	"	1,414	"	0,448	"	0,980	"
5	1,030	"	1,018	"	0,556	"	1,038	"
6	0,918	"	0,800	"	0,659	"	0,598	"
7	0,699	"	1,232	"	0,541	"	0,778	"
8	0,665	"	0,774	"	0,636	"	0,918	"
9	0,744	"	1,051	"	0,448	"	0,700	"
10	0,788	"	1,320	"	0,414	"	0,720	"
ORT	0,85		1,09		0,51		0,80	

SU ORANI:% 29

(EM 3) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma-çözülme	kusur
1	0,929	CF-A	1,254	CF-A	0,466	CF-A	0,915	CF-A
2	0,306	"	1,286	"	0,482	"	1,362	"
3	1,107	"	1,164	"	0,540	"	1,028	"
4	1,106	"	0,778	"	0,458	"	1,220	"
5	1,340	"	1,481	"	0,471	"	0,531	AFT
6	1,213	"	1,584	"	0,462	"	1,742	CF-A
7	0,642	"	1,194	"	0,467	"	0,539	AFT
8	1,110	"	1,701	"	0,552	"	1,100	CF-A
9	0,680	"	1,413	"	0,488	"	1,690	"
10	1,104	"	1,320	"	0,586	"	0,890	"
ORT	1,07		1,34		0,50		1,03	

SU ORANI:%28

(EM 4) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma-çözülme	kusur
1	0,773	CF-A	0,592	CF-A	0,385	AFT	1,040	CF-A
2	0,879	"	0,552	"	0,401	"	0,504	AFT
3	0,371	AFT	0,352	AFT	0,398	"	0,536	"
4	0,660	CF-A	0,652	"	0,354	"	0,990	CF-A
5	0,948	"	0,735	"	0,394	"	0,760	AFT
6	1,122	"	0,916	"	0,369	"	1,207	CF-A
7	1,047	"	0,777	"	0,304	"	1,818	"
8	0,973	"	1,357	"	0,357	"	0,846	"
9	1,438	"	0,960	CF-A	0,406	"	0,988	"
10	1,086	"	1,138	"	0,379	"	0,469	AFT
ORT	0,95		0,81		0,38		0,92	

SU ORANI:%28

E (EM 5) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma - çözülme	kusur
1	0,833	CF-A	0,692	CF-A	0,397	CF-A	1,050	CF-A
2	0,623	"	0,679	"	0,900	"	0,509	"
3	1,204	"	0,528	"	0,494	"	0,650	"
4	0,496	"	0,692	"	0,711	"	0,798	"
5	0,774	"	1,073	"	0,556	"	0,937	"
6	0,674	"	0,802	"	0,482	"	1,080	"
7	0,611	"	1,009	"	0,410	"	0,720	"
8	1,291	"	0,461	"	0,286	"	0,580	"
9	1,002	"	0,672	"	0,464	"	0,934	"
10	0,860	"	0,734	"	0,752	"	0,960	"
ORT	0,83		0,71		0,46		0,87	

SU ORANI:%28

(EM 6) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma - çözülme	kusur
1	0,800	AFS	0,878	CF-A	0,050	AFS	0,695	CF-A
2	0,612	"	0,881	"	0,124	"	0,534	"
3	0,702	"	0,787	"	0,123	"	0,411	"
4	1,222	CF-A	1,749	"	0,145	"	0,522	"
5	0,789	AFS	1,467	"	0,110	"	0,698	"
6	0,816	"	0,984	"	0,038	"	1,038	"
7	0,969	CF-A	0,792	"	0,093	"	0,283	"
8	1,050	AFS	0,892	"	0,119	"	0,776	"
9	0,610	CF-A	0,686	"	0,099	"	0,730	"
10	0,943	"	1,046	"	0,159	"	0,627	"
ORT	0,84		0,94		0,11		0,63	

SU ORANI:%28

(EM 7) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma - çözülme	kusur
1	1,022	CF-A	0,811	AFT	0,351	CF-A	0,850	CF-A
2	0,799	"	0,822	CF-A	0,324	"	1,246	"
3	0,790	"	0,998	"	0,422	"	0,602	"
4	1,136	"	0,991	"	0,517	"	0,646	"
5	1,384	"	0,497	"	0,266	"	0,560	"
6	1,373	"	1,033	"	0,398	"	0,728	"
7	0,767	"	1,020	"	0,220	"	0,510	"
8	0,739	"	0,619	"	0,286	"	0,591	"
9	0,802	"	0,720	"	0,433	"	0,450	"
10	0,778	"	0,904	"	0,340	"	0,942	"
ORT	0,89		0,87		0,37		0,68	

SU ORANI:%28

(EM 8) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonra	kusur	ısıyla yaşld.sonra	kusur	donma - çözülme	kusur
1	0,572	CF-A	0,898	CF-A	0,431	AFS	1,540	CFS
2	0,529	"	0,864	"	0,436	"	1,211	"
3	0,576	"	0,603	"	0,204	"	1,737	"
4	0,740	"	1,156	CFS	0,488	"	1,076	"
5	0,600	"	0,337	AFT	0,589	"	0,986	"
6	0,732	"	1,190	CF-A	0,402	"	1,024	CFA
7	1,233	"	1,150	CFS	0,454	"	0,957	"
8	0,810	"	0,980	"	0,549	"	1,070	"
9	0,620	"	1,628	"	0,458	"	1,175	"
10	0,696	"	1,055	"	0,379	"	0,963	"
ORT	0,68		1,02		0,44		1,06	

SU ORANI:%28

(EM 9) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonr a	kusur	ısıyla yaşld.son ra	kusur	donma - çözüm e	kusur
1	0,750	CF-A	0,484	CF-A	0,216	AFS	0,702	CFA
2	0,823	"	0,826	"	0,224	"	0,702	"
3	0,586	"	0,806	"	0,280	"	0,791	"
4	0,674	"	0,681	"	0,245	"	0,796	"
5	0,354	"	1,197	"	0,368	"	0,818	"
6	0,546	"	0,915	"	0,130	"	0,886	"
7	0,822	"	0,600	"	0,220	"	0,908	"
8	0,936	"	0,454	"	0,236	"	0,646	"
9	0,846	"	0,944	"	0,142	"	1,028	"
10	1,120	"	0,776	"	0,176	"	0,962	"
ORT	0,78		0,80		0,23		0,82	

SU ORANI:%28

(EM 10) TEST SONUÇLARI

	başlangıç	kusur	suya dald.sonr a	kusur	ısıyla yaşld.son ra	kusur	donma - çözüm e	kusur
1	0,964	CF-A	0,761	CF-A	0,405	CF-A	0,707	CF-A
2	1,004	"	0,736	"	0,295	"	1,112	"
3	0,909	"	0,746	"	0,330	"	1,100	"
4	0,560	"	0,757	"	0,410	"	1,138	"
5	0,800	"	0,825	"	0,507	"	1,077	"
6	0,936	"	0,981	"	0,358	"	1,358	"
7	0,725	"	1,071	"	0,420	"	1,010	"
8	0,812	"	0,860	"	0,423	"	0,828	"
9	0,815	"	0,821	"	0,258	"	1,630	"
10	0,780	"	0,844	"	0,338	"	1,486	"
ORT	0,84		0,81		0,38		1,13	

SU ORANI:%28

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emrullah Cihad IŞIK
 Doğum Yeri : Eğridir
 Doğum Yılı : 16.10.1978
 Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 1992 – 1995 Dinar Lisesi
 Ön Lisans 1995 – 1997 S.Demirel Üniv. Isparta M.Y.O Elektrik Bölümü
 Lisans 1997 – 2001 S.Demirel Üniv. Müh-Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü

Yabancı Dil: İngilizce

Stajlar:

Andelib Mermer Ltd. Şti.	TAVŞANLI	1999
Açık Ocak İşletmesi. Blok üretimi		
TTK	ZONGULDAK	2000
Kömür lavuarı. Cevher hazırlama		

Çalışmalar:

Lisans Semineri :Mermer Kataloğu ve Seçimi İçin Bilgisayar Programı Tasarımı.
 Lisans Tezi :Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi ve İstanbul Metrosunda Taksim-Şişhane Arası Uygulaması.
 Y.Lisans Semineri :Kayaçlarda Isı ve Ses Geçirgenliğinin Kayacın Fiziko-Mekanik Özellikleriyle Değişimi.

Burs ve Ödüller:

Yurt Madencilğini Geliştirme Vakfı Bursu.

S.D.Ü Maden Müh. Bölümü Öğrenci Asistanlık Bursu.

Maden Müh. Bölüm Birinciliği Ödülü.

Uluslararası Bildiriler:

Özkahraman, H.T., Işık, E.C., (2003). Determination of Thermal Conductivity of Building Stones From P-Wave Velocity, 18th International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Antalya.

Ulusal Bildiriler:

Özkahraman, H.T., Işık, E.C., (2003). Isparta Kaynaklanmış Tüflerinin Kaplama Taşı Olarak Kullanılmasının Önemi ve Uygun Yapıştırma Harcı Üretimi, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon.

Bilgisayar Bilgisi:

Windows2000, Microsoft Office 2000, Phases 2D, Delphi 4, MS-DOS

Aldığı Eğitimler:

Kalite Sistem Dökümantasyonu (2000),	TSE,	2002.
Süreç Yönetimi ve İyileştirilmesi,	KalDer,	2002.
ISO 9000:2000 Kalite Yönetim Sistemi,	KalDer,	2003.
Seramik Yer ve Duvar Karosu Kaplamacılığı,	MEB,	2003.
İnsan İlişkileri ve İletişim,	ÇSGB,	2003.
Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA),	KalDer,	2003.
Pazarlama,	KaleData,	2004.

İş Deneyimi:

2001 - İşletme: Kalekim A.Ş. Isparta İşletmesi
Görev: Kalite Kontrol Sor.