

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**UÇUCU KÜLÜN YAPI KİMYASALLARINDA VE BETONDA
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Eda CAN
DANIŞMAN: Prof.Dr. Nahit AKTAŞ

Van-2020

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**UÇUCU KÜLÜN YAPI KİMYASALLARINDA VE BETONDA
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Eda CAN

VAN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Nahit Aktaş danışmanlığında, Eda Can tarafından sunulan "Uçucu Külün Yapı Kimyasallarında ve Betonda Kullanımı" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince...../...../..... Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:Prof. Dr. Mehmet ODABAŞI

İmza:

Üye: Prof. Dr. Nahit AKTAŞ

İmza:

Üye:Doç.Dr. Vahap YÖNTEN

İmza:

Üye:

İmza:

Üye:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 28/02/2020 tarih ve 2020/13-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Eda CAN

ÖZET

UÇUCU KÜLÜN YAPI KİMYASALLARINDA VE BETONDA KULLANIMI

CAN, Eda

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nahit AKTAŞ

Şubat 2020, 65 sayfa

Bu çalışmada amaçlanan ağırlıkça %0, %6,93 ve %8,68 oranında uçucu kül kullanılarak Açık bekletme süresi yapışma mukavemeti, Başlangıç yapışma mukavemeti, Donma-çözünme çevriminde sonra yapışma mukavemeti, Erken çekme yapışma mukavemeti, Isıyla yaşlandırmadan sonra çekme yapışma mukavemeti, Basma eğilme testleri, basınç dayanımı, işlenebilirlik, ekonomikliğin değişmesi ile ilgili deneyler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca uçucu kül beton harcı karışımı UKBT-1 ve UKBT-2 numuneleri sırasıyla %70 uçucu kül ve %20 kireç ve %10 çimento ve %70 uçucu kül ve %30 kireç olacak şekilde hazırlanmıştır. Su emme oranı ve donma – çözünme deneyinin uygulanması deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında beton ve yapı kimyasalları ürünlerinde uçucu kül kullanılarak yapılacak olan açık bekletme süresi yapışma mukavemeti, başlangıç yapışma mukavemeti, donma-çözünme çevriminde sonra yapışma mukavemeti, erken çekme yapışma mukavemeti, ısıyla yaşlandırmadan sonra çekme yapışma mukavemeti, basma eğilme testleri göz önünde bulundurularak beton ve yapı kimyasallarında işlenebilirlik, basınç dayanımının artırılması, ekonomikliğin en alt seviyeye indirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hafif agrega, Uçucu kül, Yapı malzemeleri.

ABSTRACT

THE USE OF FLY ASH IN CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE

CAN, Eda
M.Sc, Department of Chemical Engineering
Thesis Advisor: Prof.Dr. Nahit Aktaş
February 2020, 65 pages

The purpose of this study is to use 0, 6,93% and 8,68% by weight of fly ash. Open holding time adhesion strength, initial adhesion strength, adhesion strength after freeze-thaw cycle, early tensile adhesion strength, tensile adhesion strength after heat aging, Compression and flexural tests, compressive strength, machinability and economic change were tested. In addition, fly ash concrete mortar mixture UKBT-1 and UKBT-2 samples were prepared as 70% fly ash and 20% lime and 10% cement and 70% fly ash and 30% lime, respectively. Water absorption rate and application of freeze - thaw test were performed.

Within the scope of this study, open holding time adhesion strength, initial adhesion strength after freezing-thawing cycle, early tensile adhesion strength, tensile adhesion strength after heat aging, compression bending tests to be made by using fly ash in concrete and construction chemicals products and to improve processability, compressive strength, and economic efficiency in building chemicals.

Keywords: Light weight aggregate, Flyash, Building materials.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Nahit AKTAŞ'a teşekkür ederim. Ayrıca bu süreçte yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

2020

Eda CAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Puzolanların Tanımı ve Sınıflandırılması	3
1.2. Puzolanik reaksiyon	5
1.3. Kullanılan Malzemelerin Özellikleri	6
1.3.1. Çimento	6
1.3.2. Kalsit	8
1.3.3. Metil selüloz, polimer, nişasta eteri.....	9
1.4. Uçucu Küller.....	12
1.4.1. Uçucu küllerin genel tanımı	12
1.4.2. Uçucu küllerin sınıflandırılması.....	13
1.4.3. Uçucu küllerin kimyasal, mineralojik ve morfolojik nitelikleri.....	15
1.4.4. Uçucu küllerin fiziksel özellikleri	18
1.4.5. Uçucu küllerin kullanım alanları	19
1.4.6. Uçucu küllerin çevreye etkisi	21
1.5. Yapı Kimyasalları	21
1.5.1. Yapı kimyasallarına genel bakış.....	21
1.5.2. Yapı kimyasallarının önemi ve örnekleri	22
1.5.3. Katkılar	23
1.5.4. Döşeme.....	24
1.5.5. Su yalıtım maddeleri	24
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	25
2.1. Uçucu Küllerin Beton Özelliklerine Etkisi	25
2.1.1. Uçucu küllerin inşaat alanında kullanımı	25

	Sayfa
2.2. Uçucu Küllerin Beton Özelliklerine Etkisi	25
2.2.1. Betonların işlenebilirliği.....	26
2.2.2. Betonların priz süresi.....	26
2.2.3. Betonların su ihtiyacı.....	27
2.2.4. Betonların hidrasyon ısısı.....	27
2.2.5. Betonların basınç ve çekme dayanımı	27
2.2.6. Dayanıklılık	28
2.3. Literatür Araştırmaları	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
3.1. Kullanılan Malzemeler	34
3.1.1. Uçucu kül	34
3.1.2. Çimento	35
3.1.3. Kalsit	36
3.1.4. Metil selüloz, polimer, nişasta eteri.....	37
3.2. Yöntem.....	38
3.2.1. Karışım oranları.....	38
3.2.2. Maliyet analizi	40
3.2.3. Numune üretimi.....	41
3.2.4. Deneysel çalışmalar.....	46
3.2.4.1. Deneysel araştırma olanakları	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	54
4.1. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Başlangıç Çekme Yapışma Mukavemeti Bulguları	55
4.2. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Suya Daldırdıktan Sonra Çekme Yapışma Kuvveti Bulguları.....	56
4.3. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Isıyla Yaşlandırıldıktan Sonra Çekme Yapışma Mukavemeti Bulguları	57
4.4. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Donma – Çözülme Çevrimlerinden Sonra çekme Yapışma Mukavemeti Bulguları	58
4.5. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Kayma Mukavemeti Bulguları	59
4.6. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Uzatılmış Açık Bekletme Süresi: Çekme Yapışma Kuvveti Bulguları.....	60
4.7. Beton Harç Numunesinde (UKBT) Su Emme Oranı ve Donma – Çözünme Deneyinin Uygulanması Bulguları	60

	Sayfa
5. SONUÇ.....	62
KAYNAKLAR.....	64
ÖZ GEÇMİŞ.....	66



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Puzolan türleri ve puzolanların sınıflandırılması	4
Çizelge 1.2. Çeşitli puzolanların kimyasal bileşimleri	5
Çizelge 2.1. İnşaat sektöründe uçucu küllerin kullanıldığı alanlar.....	25





ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Uçucu küllerin içeriğinde bulunan bileşiklerin en çok ve en az oranları.	16
Şekil 1.2. Uçucu kül tipleri a. Yüksel silisli uçucu kül, b. ve c. Yüksek kireçli uçucu kül	18
Şekil 1.3. Uçucu küllerin morfolojik yapısı	18
Şekil 1.4. Yapı kimyasalı uygulama örnekleri	23
Şekil 3.1. Uçucu külün kimyasal özellikleri.....	35
Şekil 3.2. YP-C1 Numunesindeki ham madde karışım oranları (%).	39
Şekil 3.3. YP-C2 Numunesindeki ham madde karışım oranları (%).	39
Şekil 3.4. Numunesindeki ham madde karışım oranları (%).	40
Şekil 3.5. YP-C1 numunesi üretim maliyeti.....	40
Şekil 3.6. YP-C2 numunesi üretim maliyeti.....	41
Şekil 3.7. YP-C3 numunesi üretim maliyeti.....	41
Şekil 3.8. YP-C1 numunesinde toplam numune paket ağırlığı 25 kg.	43
Şekil 3.9. YP-C2 numunesinde toplam numune paket ağırlığı 25 kg.	43
Şekil 3.10. YP-C3 numunesinde toplam numune paket ağırlığı 25 kg.	44
Şekil 3.11. YP-C1 numunesinde toplam mix oranı.....	44
Şekil 3.12. UKBT-1 numunesinde toplam mix oranı.....	45
Şekil 3.13. UKBT-2 numunesinde toplam mix oranı.....	45
Şekil 3.14. YP-C2 numunesinde toplam mix ve UK (Uçucu Kül) oranı.	46
Şekil 3.15. YP-C3 numunesinde toplam mix ve UK (Uçucu Kül) oranı.	46
Şekil 3.16. Karıştırıcı.....	47
Şekil 3.17. Test alanı ve nemölçer.....	48

Şekil	Sayfa
Şekil 3.18. Kronometre: 30 snlik okuma yapabilen.	48
Şekil 3.19. Terazi: En az 2 kg'lık tartım yapılabilen.....	49
Şekil 3.20. Seramik karo.	49
Şekil 3.21. Beton plaka.....	50
Şekil 3.22. Dişli mala	50
Şekil 3.23. Kütle	51
Şekil 3.24. Çekme başlık plakası.....	51
Şekil 3.25. Çekme test makinası.....	52
Şekil 3.26. Etüv.	53
Şekil 4.1. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için başlangıç çekme yapışma mukavemeti.	55
Şekil 4.2. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için suya daldırdıktan sonra çekme yapışma kuvveti.	56
Şekil 4.3. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için ısıyla yaşlandırıldıktan sonra çekme yapışma mukavemeti.	57
Şekil 4.4. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için donma – çözülme çevrimlerinden sonra çekme yapışma mukavemeti.	58
Şekil 4.5. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için kayma mukavemeti.	59
Şekil 4.6. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için uzatılmış açık bekletme süresi: çekme yapışma kuvveti.	60

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

°C	Derece selsius
kg	Kilogram
g	Gram
cm	Santimetre
µm	Mikrometre
N/mm ²	Dayanım birimi
mm	Milimetre
Å	Angstron
m ² /g	Yüzey alanı birimi
cm/s	Permabilite katsayısı
MPa	Megapaskal
N	Newton
atm	Atmosfer basıncı

Kısaltmalar

Açıklama

TS	Türk Standartları
ASTM	American Society of Testing Materials
UK	Uçucu kül
UKBT	Uçucu Kül Beton Harcı



1. GİRİŞ

Yapı kimyasalları inşaat ve bina yapımında kullanılan yardımcı malzemelerdir. Yapı kimyasalları, inşaat sektöründe kullanılan ve son teknoloji ile üretilen yapı kimyasalları geleneksel yapıştırıcıların, klasikleşmiş güçlendirme tamir malzemelerinin yerine kullanılmaya başlanmıştır. Zemin kaplamada, fayans, seramik gibi yapıştırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Çevreye zararsız ürünler olarak üretilmektedir. Yapı kimyasalları inşaatların her aşamasında ürünlerin kalitesini arttırmak kullanımını kolaylaştırmak, doğabilecek problemleri önceden çözümlenmeye yönelik geliştirilmiş yüksek performanslı malzemeyi oluşturmaktadır. Yapı kimyasallarının ürün niteliği, niceliği yerine göre, doğru yerde ve ölçekte değerlendirilmesi güvence, dayanıklılık bakımından önem taşımaktadır. Batı ülkelerine göre, yapı kimyasallarının üretim ve tüketimi henüz yeni, ancak ileri teknoloji ile donanımlı firmalar laboratuvar ve ARGE faaliyetlerine ağırlık vermekte, AB ile eşdeğerde ürünler oluşturmaktalar. 1999 yılında yaşanan depremlerde mal ve can kayıpları, yapılaşmada malzemelerin ürün türlerinin TSE ve ISO 9000 standartlarına uyumlu olması gereğini gündeme getirmişti. İnşaat sektöründe çağdaş yapılaşmanın hareketlilik kazanması üretici ve tüketicinin bilgilenebilmesi bilinçlenmesi yönünde etkinlik kazanmaktadır. İnşaat sektöründe yatırımların ağırlıklı olarak konut ve büyük tesislere yönelmesi yapı kimyasal pazarının gelişmesine olumlu etkinlik kazandırmaktadır. İnşaat ve kimya mühendisliği projelendirmesinde arazi alt yapısındaki kayaçların litolojisi, cinsi, dizilişi, süksesyonu, kalınlıkları, değişimi, kimyasal, fiziksel, mekanik, elastiki, teknolojik özellikleri dikkate alınmaktadır. Böylece kimyasalların, katkıların inşaatlarda hangi aşamada hangi girdiyi kullanılması saptanmakta, ekonomik, performansı arttırıcı, koruyucu, hızlandırıcı bir uygulama sağlanabilmektedir.

Verilere göre, Türkiye'de yapı kimyasalları pazar payında yüzde 10'u beton katkıları, yüzde 5'i püskürtme beton ve yüzde 85'ini yüzey uygulamalarının ürünleri oluşturmaktadır. Özellikle uygulamaların uzman elemanlarca yapılması, deneyimlerden geçirilmesi kimyasalların katkı sonrası fonksiyonelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Katkı maddelerini oluşturan mineraller şöyle sıralanmakta: Nafta, melamin, polimerler, linyosülfonatlar, yağ asitleri, kalsiyum nitrat, sülfonat formal denitler, nitrik tuzlar. 2004

yılında yüzde 25 oranına yakın büyüyen sektörde büyüme hızı 2005 yılı itibariyle yüzde 30-35 düzeyinde gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Önümüzdeki yıllarda kamu ve özel inşaat yatırımlarının hız kazanması ile yapı kimyasal ürün pazarının, üretiminin yüzde 50-60'lı oranlara kadar artabileceği hesaplanmaktadır.

Türkiye'de 300-400 milyon Euro düzeyinde olan yapı kimyasalları potansiyelinin iç ve dış pazarının canlılık kazanması ile 1 milyar Euro kadar büyüebileceği öngörülmektedir. Verilere göre, ülkemizde çimento tüketiminin 35 milyon ton, alçı üretiminin ise 1 milyon ton düzeyinde gerçekleşmesi yapı kimyasal sektörüne canlılık kazandırmaktadır. Özellikle dünya firmalarının ilgisini çekmekte, iç ve dış pazarda ürünlerin satış payları büyümektedir. Yapı kimyasallarında ağırlıklı olarak Fransız, İsveç, Alman firmaları yerli işletmelerle ortaklıklar kurarak faaliyetlerini sürdürmekte, ARGE ile yeni çeşit ürünleri AB ile eşdeğerde kalite ve standartlarda gerçekleştirmektedirler. 1990 yılında oluşturulan Beton ve Harç Üreticileri Birliği KÜB'e üye firmaların katılımı ile sektörde nitelikli üretimi ve bilgi teknik donanım standartlarını yükseltmek, piyasada denetimi etkinleştirmek, tanıtım çabalarını sürdürmektedir. KÜB, Agregacılar, Çimento, Prefabrik, Kimyasal Üreticileri dernekleri ile federasyon kapsamında örgütlenerek konfederasyon çatısı altında faaliyet göstermeyi hedeflemektedirler. Sektördeki firmalar yeni tür ürünlerle rekabet ortamında kaliteye ağırlık vererek maliyet satış koşullarını çağdaş ülkeler düzeyinde gerçekleştirirken yatırım, işgücü, tanıtıma öncelik tanımaktalar. Yetkili firmalar dampingli iyi olmayan kalitede ürünlerin piyasaya akmasının önlenmesi, ithal ürünlerin tam bir denetimden geçirilmesi, kaçak kayıt dışı 'merdiven altı' atölye tipi işyerlerinde imalatın kesin olarak önlenmesini öngörmektedirler. Bu yönde girişimler sürerken yatırımlarda ileri teknoloji, TSE ve ISO 9000 kalite ve standart KÜB üyesi firmalarda öne çıkarken AB ile eşdeğerde CE marka onayı ve EN 934-2 uygulamalar çabası sürdürülmektedir. Dış pazarda belirli bir satış kapasitesine ulaşmış işletme sayısı 20 civarında, ihracatın yıllık 40-50 bin Euro düzeyinde olması öngörüldükçe, bu miktarın altında bir seviyede durmaktadır.

Yetkililer dünyada genel petrol krizi nedeniyle kimyasal hammadde temininde zorlandıklarını, fiyatların belirli bir yükselişe yöneldiğini, tedarikte güçlükler yaşandığını belirtmektedirler. Yüksek performanslı kullanıma hazır malzemeler uygulama alanlarına göre, şöyle sıralanmaktadır: Beton katkı harç ve beton kür ürünleri,

kalıp ayırıcılar, rötresiz harçlar, tamir harçları, genişleme derz dolguları, su yalıtım sistemleri. Poliüretan zemin sistemleri yapı kimyasalları içerisinde özelliklerine göre birçok alt gruba ayrılmaktadır. Kimyasal katkı ürünü olarak derz dolgularda polyester, epoksi, organik ve çimento türü inorganik bazlı yeni türde malzemeler değerlendirilmektedir. Çimento bazlı dolgu ürünleri, kolay işlenebilirlik, donma, yapışma ile sökülme önleme, karoları yapıştırma işlevini gerçekleştirmekte, mekanik darbelere dayanıklı, su geçirmez, küçülme ve genişleme dirençlerine katkı sağlamaktadır. Organik kökenli bazı dolgu malzemeleri asitlere, korozyona dayanıklı, solventlere dirençli mekanik mukavemetli, zaman sürecinde küçülme ve genişlemeye olanak sağlayan, boşlukları doldurma oluşumunu gerçekleştirmektedir. İnşaatlarda derz dolgu uygulamalarında silikon dolgu ve mastik macunlar kullanılmaktadır. Verilere göre, yıllık yaklaşık 8 bin ton mastik türü ürünler tüketilmekte, ancak bunların olumlu sonuç vermesi kalite ve standartlara tam uyumlu olması ile gerçekleşmektedir. Kimyasalların yoğun tüketildiği bölümü beton katkı ürünleri oluşturmada, bu işkolunda 30 işletme faaliyet göstermekte ve yapı kimyasalları farklı segmentlerden oluşmaktadır. Katkılar betonun özelliğini geliştirirken, çimento direnç artışını oluşturmaya yardımcı olur. Girdiler su geçirmezlik sağlayıcılar, akışkanlaştırıcılar, püskürtme beton girdileri, hava sürükleyicileri olarak gruplanmaktadır.

1.1. Puzolanların Tanımı ve Sınıflandırılması

Puzolanlar, çimento veya kireç ile karıştırıldığında, suyla reaksiyona girerek bağlayıcı madde özelliği taşırlar, yalnız kullanıldığında ise bağlayıcı madde özelliği taşımazlar (Postacıoğlu, 1998). Puzolanlarda bol miktarda kolloidal silika ve alümina bulunur. Bu maddeler kireç ile reaksiyonun sonunda puzolan bağlama özelliklerine sahiptir (Postacıoğlu, 1998). Mineral katkılar; reolojik özellikler ve taze beton işlenebilirliği, hidrasyon ısısı, ayrışma, hava sürüklenme, plastik büzülme ve terleme gibi özellikler için ihtiyaç duyulan malzemelerdir (Özturan, 1993). Sertleşmiş betonda, puzolanların mekanik özellikler ve dayanıklılık üzerinde de önemli etkileri vardır. Güç kazandırma gücü ve hızından ve elastikiyet modülü, büzülme ve sünmemineral katkı maddelerinin etkilerinden etkilenebilirler. Bu katkı maddelerinin kullanımından; alkali-agrega reaksiyonu, geçirimsizlik, donatı korozyonu, asitlere ve sülfatlara direnç, donma-çözülme tekrarlarına direnç, deniz ortamına direnç gibi tüm dayanıklılık özellikleri de

etkilenir.

Dayanıklılık özellikleri üzerinde, mineral katkı maddelerinin etkilerinin ciddiyeti ve yönü, genellikle katkı maddesinin türü, kullanım yöntemi, kullanım miktarı, puzolanik özellikler, kimyasal ve fiziksel faktörlere bağlıdır (Özturan, 1993). Portland çimentosu ile birlikte puzolanların betonda kullanımı; hidrasyon sıcaklığının azalması ile ısıl çatlakların azalması, su geçirimsizliğinin artması, işlenebilirliğin artması, asit ve sülfat ortamlarında dayanıklılığın artması, alkali-agrega reaksiyonunun neden olduğu çatlama karşı direnç artışı gibi maksatlara karşı kullanılmaktadır (Postacıoğlu, 1998).

Puzolonlar portland çimentosuna ilave edildiğinde, puzolan, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile SiO_2 ve Al_2O_3 arasındaki reaksiyonun, çimento hidrasyonunun oluşturduğu reaksiyon sonucu tekrar bağlanma özelliğine sahiptir. Puzolonlar, silisli veya silislidir ve daha az ölçüde alüminatlı malzemelerdir. Kendilerinde bağlayıcı özellikleri çok azdır veya yoktur; ancak, çok ince taneli olduklarından, su ile hızlı kireçle birleştirildiğinde hidrolik bağlayıcı olurlar (Postacıoğlu, 1998).

Puzolan içeren betonda, puzolan içerisindeki silika ile portland çimentosu hidrasyonu tarafından salınan serbest kireç arasındaki sulu ortamda bazik puzolanik reaksiyon meydana gelir. Ayrıca puzolanik reaksiyon, portland çimentosunun silikat bileşenleri ile aynı hidratlı ürünleri verir. Bununla birlikte, bu reaksiyonun bir sonucu olarak hem serbest kireç oluşumu gerçekleşir hem de çok yavaş bir reaksiyondur, puzolanik etkiye bağlı kuvvet kazancı da yavaştır. Sertleşme sıcaklığının artırılması veya bazı alkali ve sülfatlanmış kimyasal katkıların mevcudiyeti reaksiyonu hızlandırabilir.

Puzolonlar, yapay ve doğal puzolonlar olmak üzere iki ayrı grupta incelenir. Bu gruplara ait olan puzolan türleri (Çizelge 1.1)'de belirtilmiştir.

Çizelge 1.1. Puzolan türleri ve puzolanların sınıflandırılması

Puzolan Türleri	
Yapay Puzolanlar	Doğal Puzolanlar
Uçucu Küller	Volkanik Küller
Pişirilmiş Kil	Killi Şist
Yüksek Fırın Cürufu	Diatome Toprağı
Silis Dumanı	Ponza Taşı
Demirli Olmayan Cüruf	Volkanik Tüfler
Pirinç Kabuğu Külü	Traslar
	Opalin Silika

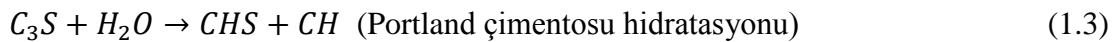
Beton teknolojisinde mineral katkıları kullanma yöntemleri, puzolanların tipine göre değişebilir. Esas olarak katkılı portland çimentosu üretiminde, doğal puzolanlar kullanılır. Bu tür çimentolar kullanılırken betonda önceden belirlenmiş miktarlarda puzolan kullanılır. Puzolanlar, belirli miktarda puzolan ihtiva eden katkılı portland çimentosu kullanılarak betona katılır veya karıştırma sırasında çimentoya ilave veya ikame edilir. Çeşitli puzolanların kimyasal bileşimi (Çizelge 1.2)'de gösterilmektedir (Postacıoğlu, 1998).

Çizelge 1.2. Çeşitli puzolanların kimyasal bileşimleri

	Ren Trası	Santorin	Napoli	Mecitözü	Kayseri	Uçucu Kül	Pişirilmiş Kül
SiO ₂	%54,6	%63,2	%55,7	%64,47	%63,08	%42-50	%50,2
FeO ₃	%3,8	%4,9	%4,6	%1,50	%5,58	%5-10	%7,6
Al ₂ O ₃	%16,4	%13,2	%19,0	%14,38	%18,63	%16-30	%17,0
CaO	%3,8	%4,0	%5,0	%4,73	%5,07	%2-4	%5,1
MgO	%1,9	%2,1	%1,3	%1,38	%1,55	%5-9	%3,5
Diğer Maddeler	%12,5	%12,6	%14,4	%13,54	%6,09	%4-10	%16,4

1.2. Puzolanik reaksiyon

ASTM C 618 Portland çimentosu kullanımında doğal puzolanların kullanımı için, kimyasal bileşim içindeki SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ yüzdelерinin toplamının en az %70 olması gerekir ($S + F + A = 0,70$). Portland çimentosunun su ve puzolan ile karışımının bir neticesi olarak, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃'ün puzolanda şekilsiz veya zayıf kristal yapıda mevcut olması durumunda, bu oksitlerin oluşan kalsiyum hidroksit içeren bileşikler oluşturmak için normal sıcaklıkta kimyasal olarak reaksiyona gireceği kabul edilmektedir ve bu işlevi portland çimentosundaki kalsiyum silikatların hidrasyonunun bir sonucu olarak yapar. Puzolanlar genellikle %60 ila 85 SiO₂ içerir. Dolayısıyla, bu ana puzolanik reaksiyon, portland çimentosunun bazik kalsiyum silikat reaksiyonuna benzer şekilde kalsiyum silikat hidrat oluşumunu içerir.



Puzolanik reaksiyon yavaş gerçekleşen bir işlemdir; bu reaksiyonun bir sonucu olarak, güç kazancı ve hidrasyon sıcaklığı oranı azdır. Diğer taraftan, portland çimentosundaki hidrasyon oldukça hızlıdır. Bu yüzden, bu reaksiyonla güç kazanım oranı ve hidrasyon oranı yüksektir. Puzolanik reaksiyonun kireç tüketen reaksiyon olduğu ve portland çimentosu reaksiyonunun kireç üreten reaksiyon olduğu da belirtilmelidir. Puzolanik reaksiyon, sülfatlar, sıcaklık ve alkaliler gibi kimyasal etkenlerle hızlandırılabilir (Mehta P.K., 1989). Portland çimentosunun bir puzolan ile karışımı hidrate olduğunda, puzolanik reaksiyonun ilerlemesi sonucunda zamanla serbest kalsiyum hidroksitte $Ca(OH)_2$ azalma meydana gelir.

Bu puzolanik reaksiyon serbest kireç oluşumunu bekler ve çok yavaş bir reaksiyonun sonucu olarak, puzolanik etkiden dolayı kuvvet kazanması yavaşlar. Sertleşme sıcaklığı arttıkça, alkali ve sülfat içeren bazı kimyasal katkıları reaksiyonu hızlandırır (Özturan, 1993). Puzolan ve portland çimentosu karışımı hidrasyona girdiğinde, bağlayıcı ham üründeki serbest kireç miktarı, puzolanik reaksiyonun etkisiyle azalır ve bir süre sonra puzolan içeren beton serbest kireç ve çoğunlukla kalsiyum silikat hidrat elementlerine sahip olur. Daha fazla bağlayıcı ürün oluşumu dayanıklılığın artmasına sebep olur, serbest kireç miktarının azalması ve hamur boşluğu yapısının iyileştirilmesi geçirimsizliği ve dolayısıyla zararlı dış etkenlere karşı direnci artırır. Puzolanik reaksiyonun portland çimentosu hidrasyonuna göre daha yavaş gelişimi, kuvvet kazanım oranlarını etkiler. İlk yaşlarda kuvvetler daha düşüktür, ancak puzolonların yüksek aktivitesine bağlı olarak 28, 56 veya 90 günden sonraki kuvvetler referans betonu yakalar veya geçer (Özturan, 1993).

1.3. Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

1.3.1. Çimento

Temel olarak yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra doğal kireçtaşı ve kil karışımının öğütülmesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcı madde çimento olarak tanımlanmaktadır. Diğer bağlayıcılar gibi, çimentolar da SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi hidrolik elementlerden ve CaO , MgO gibi alkali elementlerden meydana gelir. Çimento suyla reaksiyona girdikten sonra bağlayıcı görevi üstlenir, bu nedenle hidrolik bağlayıcı olarak adlandırılır. Hidrolik ve alkali bileşenlerin miktarları, bağlayıcı maddenin

yapısını belirler. Çimento ile su karıştırılıp plastik hamur haline geldikten bir müddet sonra havada veya su içinde yavaş yavaş katılaştır, bu katılma olayına da priz denir (Lafarge, 1997).

Priz süresi, ortam koşullarına bağlıdır ve zamana göre değişir. Normal koşullarda, priz işlemi 1-10 saat içinde sonuçlanır. Katılma, artan sıcaklıkla beraber aşırı olmamakla birlikte hızlanır. Hamurun katılmasıyla kazanım kuvveti olayı başlar ve bu olaya sertleşme de denir (Lafarge, 1997). Örneğin, çimento hamurunun tam dayanıma ulaşması uzun zaman alır yani betonun dayanımı zamanla artar. Ani priz iki şekilde oluşur, bunlar şimşek priz ve yalancı prizdir.

- a. Şimşek priz: Bunun nedeni C_3A bileşeninin alçı tarafından kontrol edilmemesidir. C_3A , fiş olayının başlatıcısıdır, ancak başlangıçtan sonra işlevini durdurmazsa, ortamdaki tüm suyu tamamen emer ve silikatların hidrasyonunu tamamıyla engeller. Ertelenen çimento, kırılğan, düşük dayanımlı, işe yaramaz malzeme haline gelir. Yıldırım soketini önlemek ve kötü durumu düzeltmek mümkün değildir. Aksine, yanlış priz bazı önlemler tarafından değiştirilir.
- b. Yalancı priz: Sıcak klinkere katılan alçıtaşının istenmeyerek alçıya dönüşmesi neticesinde meydana gelir. Islatılan çimentoda miktarı çok az olan bu alçı, tekrar alçıtaşına dönüşür; sertleşen çimento değildir, alçıdır. Beton yerde karıştırma işlemi uzatılarak bu geçici etki ortadan kaldırılabılır (Lafarge, 1997).

Çimento, suyla reaksiyona giren ve hidrolik yapışma özellikleri gösteren bir yapı malzemesidir. Eski çağlardan beri, farklı yöntemler uygulanarak çimento benzeri yapı malzemeleri kullanılmıştır. Örneğin, Roma döneminde sönmüş kireç ve puzolan (tras + volkanik tüf) karıştırılarak elde edilmiştir. Günümüzde kalsiyum (Ca), silisyum (Si), alüminyum (Al) ve demir oksitler içeren hammaddelerin sinterleme sıcaklığına teknolojik yöntemler kullanılarak ve ek katkılarla öğütülerek öğütülmesiyle elde edilmektedir. Klinkerden elde edilen toprağa hazır hammadde farin olarak adlandırılır. Belirli miktarlarda kil minerallerinin yüksek Si, Al, Fe oksitler ve düşük $CaCO_3$ miktarlarında kalker, mermer veya marn minerallerinin yüksek kalsiyum karbonat içerikli karıştırılmasıyla elde edilir (Hewlett, 2002). Çimento klinkerdeki ana hammaddeler kireçli ve silislidir. Bu maddeler uygun bir kimyasal bileşim elde etmek

için belirli oranlarda karıştırılır.

1.3.2. Kalsit

Kalsit, $CaCO_3$ kimyasal formüllü bir kaya oluşturucu mineraldir. Tüm dünyada yaygındır ve tortul, metamorfik ve magmatik kayalarda bulunur. Bazı jeologlar, “her yerde bulunan bir mineral” şeklinde de tanımlamaktadır. Kalsit, kalker ve mermerin temel bileşenidir. Bu kayalar oldukça yaygındır ve yer kabuğunun önemli bir bölümünü oluştururlar. Gezegenimizdeki en büyük karbon depolarından biri olarak da tanımlanmaktadırlar. Kalsitin özellikleri onu en yaygın kullanılan minerallerden biri yapar. Bir inşaat malzemesi, aşındırıcı, tarımsal toprak işleme, inşaat agrega, pigment, ilaç ve daha fazlası olarak kullanılır. Neredeyse diğer tüm minerallerden daha fazla kullanıma sahiptir.

İnşaat endüstrisi kalsit ve kireçtaşı formundaki birincil tüketicidir. Bu kayalar, binlerce yıldır ebat taşı olarak ve harçta kullanılmıştır. Kireçtaşı blokları, Mısır ve Latin Amerika piramitlerinin çoğunda kullanılan birincil yapı malzemesiydi. Bugün, kaba ve cilalı kalker ve mermer prestij mimarisinde hala önemli bir malzemedir. Modern inşaat sektöründe çimento ve beton üretmek için kalsit ve kalker kullanır. Bu malzemeler kolayca karıştırılır, taşınır ve dayanıklı bir inşaat malzemesine sertleşecek bir bulamaç formunda yerleştirilir. Beton binalar, otoyollar, köprüler, duvarlar ve diğer birçok yapıyı yapmak için kullanılmaktadırlar (King, 2019).

Toz halindeki kalsit, genellikle aşırı beyaz bir renge sahiptir. Toz haline getirilmiş kalsit genellikle beyaz bir pigment veya "beyazlama" olarak kullanılır. İlk boyalardan bazıları kalsit ile yapılmıştır. Badana yıkamada birincil bir bileşendir ve boyanın bir renklendirici maddesi olarak kullanılır.

Toz haline getirilmiş kireçtaşı ve mermer genellikle hayvan yemlerinde bir besin takviyesi olarak kullanılır. Süt üreten yumurta ve sığır üreten tavukların kalsiyum yönünden zengin bir diyet almaları gerekir. Kalsiyum alımlarını artırmak için sık sık yemlerine az miktarda kalsiyum karbonat eklenir

Kalsit, Mohs skalasında üç sertliğe sahiptir ve bu onu düşük sertlikte aşındırıcı olarak uygun kılar. Mutfak ve banyolarda bulunan taş, porselen ve plastik yüzeylerden daha yumuşaktır ancak kurumuş yiyeceklerden ve insanların çıkarmak istediği diğer kalıntılardan daha dayanıklıdır (King, 2019). Düşük sertliği onu temizlenen yüzeye

vermeyen etkili bir temizlik maddesi yapar.

Toz haline getirilmiş kireçtaşı, mayın güvenliği tozu olarak da kullanılır. Bu, havadaki kömür tozu miktarını azaltmak için yeraltı kömür madenlerinin duvarlarına ve çatılarına püsküren yanmaz bir tozdur (patlama tehlikesi olabilir). Maden güvenliği tozu, madenin duvarına yapışır ve kömür tozunu hareketsizleştirir. Beyaz rengi maden aydınlatmasına yardımcı olur. Bu kullanım için mükemmel bir malzemedir.

1.3.3. Metil selüloz, polimer, nişasta eteri

Metil selüloz: Alkali selülozun metil klorür ile tepkimesiyle hazırlanan selüloz eteridir. Metil selüloz (veya metilselüloz) selülozdan türetilmiş kimyasal bir bileşiktir. Saf halde hidrofilik beyaz bir tozdur ve soğuk suda çözünür ve berrak bir yapışkan çözelti veya jel oluşturur. Selüloz gibi, sindirilebilir değildir, toksik değildir ve alerjenik değildir. Metil selüloz doğal olarak oluşmaz ve selülozun kostik bir çözeltiyle (örneğin bir sodyum hidroksit çözeltisi) ısıtılması ve metil klorür ile işlenmesiyle yapay olarak üretilir. Aşağıdaki ikame reaksiyonunda, hidroksil kalıntıları (-OH fonksiyonel grupları) metoksit (-OCH₃ grupları) ile değiştirilir. İkame edilen hidroksil gruplarının sayısına bağlı olarak farklı tiplerde metil selüloz hazırlanabilir. Selüloz, her biri üç hidroksil grubu ortaya çıkaran çok sayıda bağlı glikoz molekülünden oluşan bir polimerdir. Belirli bir metil selüloz formunun ikame derecesi, glikoz başına ortalama ikame edilmiş hidroksil grubu sayısı olarak tanımlanmaktadır. Teorik olarak maksimum, 3.0 değerinde bir ikame derecesine sahiptir; ancak daha tipik değerler 1.3-2.6 arasındadır. Farklı metil selüloz preparatları ayrıca polimer omurgalarının ortalama uzunluklarında da farklılık gösterebilir.

Delgado (1998). Uygulama Alanları:

1. Kalınlaştırıcı ve emülsiyonlaştırıcı olarak kullanılır.
2. Kabızlık tedavisinde kullanılır.
3. Değişken viskoziteli kişisel kayganlaştırıcılar olarak metil selüloz kullanılır.
4. Metil selüloz veya benzer selüloz türevleri içeren çözeltiler, gözyaşı veya tükürük yerine kullanılır.
5. Metil selüloz, besin takviyelerinde kapsül üretiminde kullanılır; yenilebilir ve toksik olmayan özellikleri jelatin kullanımına vejetaryen bir alternatif sunar.
6. Metil selüloz, suyla yıkanabilen yumuşak bir tutkal olarak kullanılabilir.

7. Metil selüloz, elyafların su veya yağ emmesini önlediğinden kâğıt ve tekstil üretiminde boyutlandırma olarak kullanılır.

8. Kabızlık, divertiküloz, hemoroid ve iritabl barsak sendromunun tedavisinde kullanılır.

Polimer: Makromolekül adı verilen ve monomer adı verilen daha basit kimyasal birimlerin katları olan çok büyük moleküllerden oluşan bir doğal veya sentetik madde sınıfından herhangi biri olarak tanımlanabilir. Polimerler, örneğin organizmalar, selüloz ve nükleik asitler dâhil olmak üzere canlı organizmalardaki malzemelerin çoğunu oluşturur. Ayrıca, elmas, kuvars ve feldispat gibi minerallerin ve beton, cam, kâğıt, plastik ve kauçuk gibi insan yapımı malzemelerin temelini oluştururlar.

Polimer kelimesi belirtilmemiş bir miktarda monomer birimi belirtir. Monomerlerin sayısı çok fazla olduğunda, bileşiğe bazen yüksek polimer denir. Polimerler, aynı kimyasal bileşime veya moleküler ağırlık ve yapıya sahip monomerlerle sınırlı değildir. Bazı doğal polimerler bir tür monomerden oluşur. Bununla birlikte, çoğu doğal ve sentetik polimer iki veya daha fazla farklı monomer tipinden oluşur; bu tür polimerler kopolimerler olarak bilinir.

Organik polimerler, canlılarda önemli yapısal bir rol oynar, temel yapısal malzemeler sağlar ve hayati yaşam süreçlerine katılırlar. Örneğin, tüm bitkilerin katı kısımları polimerlerden oluşur. Bunlar, selüloz, lignin ve çeşitli reçineleri içerir. Selüloz, şeker moleküllerinden oluşan bir polimer olan bir polisakarittir. Lignin, karmaşık bir üç boyutlu polimer ağından oluşur. Ağaç reçineleri, basit bir hidrokarbon olan izopren polimerleridir. Bilinen bir başka izopren polimeri kauçuktur.

Diğer önemli doğal polimerler, aminoasitlerin polimerleri olan proteinleri ve nükleotidlerin polimerleri olan nükleik asitleri (fosforik asitten, azot içeren bazlardan, şekerlerden meydana gelen karmaşık moleküller) içerir. Nükleik asitler hücrede genetik bilgi taşırlar. Bitkilerden elde edilen önemli besin enerjisi kaynakları olan nişastalar, glikozdan oluşan doğal polimerlerdir (Petruzzello, 2017).

Elmas ve grafit dâhil birçok inorganik polimer doğada da bulunur. Her ikisi de karbondan oluşur. Elmasta karbon atomları, malzemeye sertliğini veren üç boyutlu bir ağda bağlanır. Grafitte, kayganlaştırıcı olarak kullanılan ve kurşun kalemde “yönlendirici” olan karbon atomları birbirine kayabilecek düzlemlerde birleşir.

Sentetik polimerler farklı reaksiyon tiplerinde üretilir. Etilen ve propilen gibi birçok basit hidrokarbon, büyüyen zincire arka arkaya bir monomer eklenerek polimerlere dönüştürülebilir. Tekrarlayan etilen monomerlerinden oluşan polietilen, bir ilave polimerdir. Uzun sarmal zincirlere 10,000 kadar monomer katılmış olabilir. Polietilen kristalimsi, yarı saydam ve termoplastiktir, yani ısıtıldığında yumuşar. Kaplamalar, paketlenme, kalıplanmış parçalar ve şişe ve kapların imalatında kullanılır. Polipropilen ayrıca kristalimsi ve termoplastiktir ancak polietilenden daha zordur. Molekülleri 50.000 ila 200.000 monomerden oluşabilir. Bu bileşik tekstil endüstrisinde ve kalıplanmış nesnelere yapmak için kullanılır.

Diğer ilave polimerler, sentetik kauçukların üretiminde önemli olan polibütadien, poliizopren ve polikloropreni içerir. Polistiren gibi bazı polimerler, termoplastik olmasının yanı sıra, oda sıcaklığında camsı ve saydamdır. Polistiren herhangi bir renkte boyanabilir ve oyuncakların ve diğer plastik objelerin imalatında kullanılır.

Farklı bir polimer sınıfı, karışık organik-inorganik bileşiklerdir. Bu polimer ailesinin en önemli temsilcileri silikonlardır. Omurgaları, silikon atomlarının her birine bağlı organik grupları olan alternatif silikon ve oksijen atomlarından oluşur. Düşük moleküler ağırlıklı silikonlar yağlar ve greslerdir. Daha yüksek moleküler ağırlıklı türler, çok düşük sıcaklıklarda yumuşak ve kauçuksu kalan çok yönlü elastik malzemelerdir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda nispeten kararlıdır (Petruzzello, 2017).

Nişasta eteri: Selüloz eterlere kıyasla aynı kimyasal yapıya ve benzer özelliklere sahip doğal bitkilerden ekstrakte edilmiş polisakarit bileşiğidir. Temel özellikleri aşağıdaki gibidir:

Çözünürlük	: soğuk suda çözülür
Parçacık boyutu	: $\geq 98\%$
Viskozite	: 300-800CPS
Nem	: $\leq 10\%$

Renk: beyaz veya açık sarı.

Harç yapımında kullanılan nişasta eteri, harç kıvamını önemli ölçüde artırabilir ve inşaat performansını ve harcın sarkma direncini iyileştirebilir. Nişasta eteri genellikle değiştirilmemiş ve değiştirilmiş selüloz eterleri ile birlikte kullanılır. Hem nötr hem de alkali sistemler için uygundur ve yüzey aktif maddeler, HPMC, nişasta ve polivinil

asetat ve diğ er suda ç özünür polimerler gibi alçı ve ç imento ürünlerindeki ço ğ u katkı maddesi ile uyumludur (Sidley C., 2016). Niş asta eteri, esasen el veya makine pü skürtme harcı, fayans yapış tırma harcı, kalafatlama malzemeleri ve yapış tırıcılar ve ç imentolu malzemeler olarak ç imento ve alçı sı va harcı için kullanılır. Kuru karış imda harç içinde niş asta eterinin tipik dozu %0.01-%0,1'dir.

1.4. Uçucu Küller

1.4.1. Uçucu küllerin genel tanımı

Uçucu kül, bacadan çıkan gazın düşük kalorili kö mürle yanması ve sanayide yakıt olarak kullanılmaması sonucunda yukarı doğru sürüklenen çok ince bir kül parçacıklarıdır. Çok hafif olan bu uçucu kül, baca üst kısmındaki siklon veya elektro-filtre denilen toz toplayıcılardaki elektrostatik tuzakların aşağı kısmındaki bunkerlerde toplanarak periyodik olarak santral dışına çıkarılır. Baca gazları tarafından tutulan ve hava ile temasıyla ani soğutma yoluyla puzolanik özelliklere sahip olan uçucu külün büyüklüğü, 1-100 µ m arasındadır ve topaklanmış ve küresel parçacıklara sahiptir (Öztürk, 2001).

Ç evreyi olumsuz yönde etkileyeceği için uçucu külün bacadan çıkıp havaya karışması önlenir. Bu nedenle elektrostatik ve mekanik metodlarla küller biriktirilip tesis çevresinde ya da başka uygun bölümlerde saklanır. Fakat zamanla küller birikir, çoğ alır ve büyük yüzeyleri kaplar ve santral için önemli bir sorun oluşturur. Uçucu kül üretimi dünyada yılda yaklaşık 450 milyon tondur, ancak bu miktarın yalnızca %6'sı ç imento ve beton endüstrisinde kullanılmaktadır (Ş engül ve ark., 2003).

Türkiye'de halen 15 termik santral faaliyet göstermekte olup bunlar: Soma A ve B, Afş in-Elbistan A ve B, Ç an, Sugözü - İ skenderun, Çatalağzı, Yeniköy, Tunçbilek, Çayırhan, Çolakoğ lu 2, Yatağ an, Kangal, Kemerköy, Orhaneli ve Seyitömer santralleridir (Aruntaş, 2006).

Yukarda bahsedilen tesislerde uçucu kül üretimi yıllık yaklaşık olarak 13 milyon tondur, fakat doğal gaz santrallerinin kullanılmasıyla yıldan yıla bu oran değ iş im göstermektedir. Ülke endüstrisinin dış enerji üretimine ihtiyacını azaltmak için, düşük kalorili linyit kö mürlerini, sanayinin diğ er bölgelerindeki termik santrallerde kullanmak

gerekmektedir fakat bu da yıllık uçucu kül miktarlarının gelecekte daha da artmasına neden olur.

Herhangi bir endüstriyel atık gibi uçucu külün geri dönüşümde kullanma olasılığı araştırılmıştır. Buna göre katkı maddesi olarak çimento ve betonda, çimento hammaddesi olarak kullanılabilir. İnşaatta beton blok, silindir sıkıştırılmış beton ve borularda kullanılır. Bir takım özel teknik ve işlemlerle uçucu küle dayanıklı hafif agrega elde edilebilir. Diğer kullanım alanları şunlardır: yol temel katmanları, beton ve asfalt yollarda dolgu maddeleri, zemin stabilizasyonu, kireç-kumtaşı blokları, endüstriyel refrakterler ve seramik, boya üretimi, bitki büyümesi ve katı atıkların stabilizasyonu sayılabilir.

Kömürün özelliklerine ve yanma yöntemine bağlı olarak uçucu külün özellikleri değişir. Uçucu kül silisli ve alüminatlı kompozisyonundan dolayı, puzolanik özellikler gösterdiği için beton ve çimentoda katkı maddesi olarak faydalıdır. Küresel ve ince tanecikleri nedeniyle taze betonun işlenebilirliğini artırarak hidrasyon ısını da düşürür. Çimento hidrasyonu sonucunda meydana gelen kireçle reaksiyona girerek ilave bağlayıcı jel oluşturmak, çimento macunundaki ara boşlukları doldurmak ve betona dayanıklılık kazandırmak için kullanılır. Uçucu kül linyit kömürü yakarak elde edilir ve kireç içeriği çoğunlukla yüksektir. Ayrıca bu çeşit kül hidrolik, yani bağlanma özellikleri sergiler.

İyi yanmamış kömürlerden veya antrasit kömüründen oluşan uçucu kül içindeki karbon miktarı yüksektir. Bu çimento ve betonda su ihtiyacını artırır. Uçucu kül genellikle çimentodan daha ince taneler halinde elde edilir. Bu nedenle ek taşıma gerektirmeden kullanılabilir. Gerekirse, incelik ayırıcıdan geçirilerek artırılır ve pozitif özellikleri daha etkili hale getirilir.

Çeşitli alanlarda uçucu külün bilinçli endüstriyel kullanımı, atık malzeme elimine edildiğinden ve çevre korunduğundan dolayı hem kül üreticisi hem de kullanıcı açısından ekonomik faydalar sağlar (Türker ve ark., 2004).

1.4.2. Uçucu küllerin sınıflandırılması

Uçucu küllerin sınıflandırılması, kökenlerine, kimyasal yapılarına ve kimyasal bileşenlerin yüzdesine göre farklı başlıklar altında şekillendirilir (Türker ve ark., 2004). Bir termik santralde genellikle “taş kömür” ve “liniyit kömürleri” yakıt olarak

kullanılmaktadır. Bu nedenle uçucu kül, kökenine bakıldığında iki grupta incelenir:

1. Taş kömürü uçucu külleri
2. Linyit kömürü uçucu külleri

Bu sınıflandırma çok basittir. Linyit uçucu külün kimyasal özellikleri, sert kömür uçucu külün toprak alkali metallerinin özelliklerine göre fazlalığı bakımından farklıdır. Bu özellik linyit uçucu kül kullanımında büyük öneme sahiptir. Sert kömür uçucu kül tamamen kuru elde edilir ve partiküllerin çoğu camsı minerallerinden oluşur.

Kimyasal yapı açısından, uçucu kül dört ana sınıfta sınıflandırılabilir.

Siliko-alüminalı uçucu küller:

SiO_2 (silika) ve bazı Al_2O_3 kimyasal yapılarının çoğunluğunu (% 80-90) oluşturur. Kireçle birlikte sulu ortamlarda mükemmel bir bağlayıcı oluşturur. Bu uçucu küller, ihtiva ettikleri alkali ve alkali toprak oksit elementleri sebebiyle camsı ve çok ince tanecikli bir yapıya sahiptir. Genellikle taş kömürü uçucu külleridir.

Siliko-kalsik uçucu küller:

Adından da anlaşılacağı gibi, yapılarındaki ana oksitler SiO_2 (silika) ve CaO (kireç)'dir. Ancak, CaO miktarı oldukça yüksektir. Bazı durumlarda, zayıf bağlanma özelliklerine sahip olduklarından, ek kireç olmadan kendiliğinden bağlanırlar.

Sülfo-kalsik uçucu küller:

Yapının büyük bir bölümü CaO ve SO_3 'den oluşmaktadır. Siliko-kalsik uçucu külleri gibi sulu ortamlarda kendiliğinden sertleşebilirler. Bazı linyit uçucu külleri bu sınıfa girer. Ancak, şunu belirtmek gerekir; tüm taş kömür uçucu küllerinin herbiri siliko-alümina olmadığı gibi her linyit uçucu külü bir sülfo-kalsik külü değildir. Örneğin, sert kömür uçucu külünde silika ve alümina düşük olabilir ve kireç yüksek olabilir.

Sınıflandırılmayan uçucu küller:

Belirli bir kimyasal yapıya sahip olmayan, yanma sisteminde homojen olmayan küllerdir. Kimyasal yapıları sık sık değişebilir (Öztürk, 2001).

Genel, en yaygın uçucu kül sınıflamasına göre, kimyasal bileşenin yüzdesi temel olarak ASTM C 618 (Amerikan Test Malzemeleri Topluluğu-Kömür Uçucu Kül için Standart Şartname) ve TS EN 197-1 (Genel Çimentolar- Kompozisyon, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri)'e dayanmaktadır. Buna göre uçucu küller ASTM C 618 standardına göre;

1. F sınıfı uçucu küller
2. C sınıfı uçucu küller

olarak sınıflandırılırlar.

1. F sınıfına, toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yüzdesi %70 'den fazla olan ve bitümlü kömürden elde edilen uçucu küller dâhildir. Ayrıca bu küllerde CaO yüzdesi %10 'un altında olduğu için düşük kireçli olarak da belirtilirler. F sınıfı uçucu küller, puzolanik özelliğe sahip uçucu küllerdir.

2. C sınıfı uçucu küller ise, toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ miktarı %50 'den fazla olan ve linyit veya yarı-bitümlü kömürden üretilen küllerdir. Aynı zamanda, C sınıfı uçucu küllerde CaO yüzdesi %10'un üstünde olduğu için bu küller yüksek kireçli uçucu kül olarak da belirtilir. C sınıfı uçucu küller, bağlayıcı özelliğe ve puzolanik özelliğe sahiptirler.

Uçucu küller TS EN 197 – 1 standardına göre;

1. Silissi (V) uçucu küller
2. Kalkersi (W) uçucu küller

olarak sınıflandırılırlar.

1. V sınıfı uçucu küller, esas olarak reaktif silisyum dioksit (SiO_2) ve alüminyum oksitten (Al_2O_3) oluşan; geri kalanı demir oksit ve diğer bileşenleri kapsayan büyük bir bölümü puzolanik özelliklere sahip küresel taneciklerden oluşan ince toz halinde küllerdir. Bu küllerde, reaktif silis oranı %25'den fazla, reaktif kireç (CaO) oranı %10 'dan az olmalıdır.

2. W sınıfı küller ise, esas olarak reaktif kireç (CaO), reaktif SiO_2 ve Al_2O_3 'den oluşan; geri kalanı demir oksit (Fe_2O_3) ve diğer bileşenleri kapsayan, hidrolik ve/veya puzolanik özellikleri olan ince toz halinde küllerdir. Bu küllerde, reaktif silis oranı %25'den fazla, reaktif kireç (CaO) oranı %10'dan fazla olmalıdır (Türker ve ark., 2004).

1.4.3. Uçucu küllerin kimyasal, mineralojik ve morfolojik nitelikleri

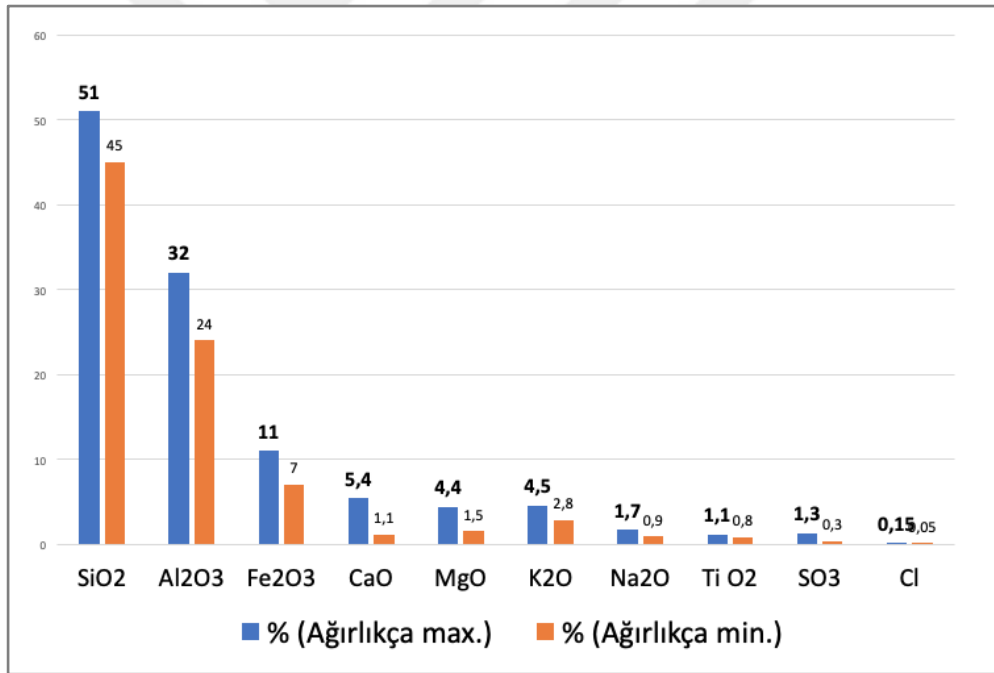
Kimyasal bileşimler:

Uçucu külün kimyasal bileşimi; kullanılan kömürün jeolojik kökeni, yapısı ve işlem şartları (kömür hazırlama, yanma, toz toplama) ile ilişkilidir. Uçucu küldeki ana bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO, diğer bileşenler ise SO_3 , MgO ve alkali oksittir.

Ek olarak, yanmamış karbonun yanı sıra molibden, titanyum, berilyum, fosfor ve de manganer bileşenleri mevcut olabilir. Genel olarak, bir sert kömür uçucu külü, linyit uçucu külden daha fazla toprak alkali metal içerir.

Bazik oksitler olan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO miktarları, uçucu külün silisli veya kireçli olmasına bağlı olarak değişir. Bu durumda uçucu küldeki SiO_2 %25-60, CaO %1-40, Fe_2O_3 %1-15 ve Al_2O_3 %10-30 arasındadır.

Bunların dışında kalan bazı oksitlerden; MgO en fazla %5,0, alkali oksitler ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) %5,0'ın altında bulunur. SO_3 miktarı %0,2-2,5 arasında değişir fakat bu miktar kömürün yapısı ve proses koşullarına göre %10'a kadar yükselebilmektedir. Ancak, özellikle TS EN 450 standardı, SO_3 miktarını en fazla %3 olarak dar bir aralık ile sınırlandırmaktadır (Türker ve ark., 2004). Uçucu küllerin içeriğinde bulunan bileşiklerin en fazla ve en az oranları (Şekil 1.1) 'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Uçucu küllerin içeriğinde bulunan bileşiklerin en çok ve en az oranları (Türker ve ark., 2004).

Mineralojik bileşim:

Uçucu külün mineralojik bileşimi; kömürdeki minerallere (alçı taşı, kil, karbonatlar (Ca, Mg, Fe)), kuvars, pirit ve işlem şartlarına (kömür hazırlama ve yanma gibi) bağlıdır ve kül tipine göre, camsı (kristalli) ve kristal yapı bileşenlerinden oluşur. Uçucu külün mineralojik yapısı değişebilir.

Genel olarak, düşük CaO içeren küller, esas olarak camsı faz ve küçük kuvars (SiO_2), mullit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiCO}_2$), hematit (Fe_2O_3), manyetit (Fe_3O_4), içerir ve yüksek CaO içeren uçucu küller, kuvars, hematit, anhidrit (CaSO_4), serbest kireç içerir. C3A (3CaO , Al_2O_3), CS ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), C_2S ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), gehlenit ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$), mermilit (Ca_2 (Mg, Al) ($\text{AlSi})_2\text{O}_7$), merwinit (Ca_3 (Mg) (Si_4) (Si_4)₂) kalsitin yanı sıra portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), trisülfoalüminat ($4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) ve mullit gibi yüksek kalkerli küllerde bulunabilir.

Uçucu külün mineralojik bileşimi (camsı fazın durumu, kristal yapılar), külün puzolanik niteliklerini etkiler. Ayrıca vitröz fazın durumu, uçucu külün reaktivitesinde etkilidir. Düşük kalsine edilmiş uçucu küldeki vitröz fazın yapısı, aynı zamanda, SiO_2 açısından oldukça zengin, yüksek oranda polimerize edilmiş silis veya alüminyum içeren alüminosilikat kompozisyonundadır. Silisli veya alümino silikat camsı fazı düşük kalsine edilmiş külün reaktif bileşenidir, ayrıca küle puzolanik özellikler kazandırmak için su ve kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girer.

Morfolojik özellikler:

Parçacık morfolojisi (şekli) ve boyut dağılımı, kömürün orijini ve homojenliği, kömürün toz haline getirme, yanma koşulları (oksijen ve sıcaklık seviyesi), yanma homojenliği ve toz toplama sistemi gibi işleme dayalı faktörlerden etkilenir.

Uçucu kül, 1 μm ila 100 μm arasında değişen hem camsı küresel hem de düzensiz şekilli parçacıklar içerir. Partiküllerin şekli ve büyüklüğündeki farklılıklar uçucu kül niteliğinden (yüksek veya düşük kireç) kaynaklanmaktadır.

Düşük kireçli küllerde, genellikle camsı faza, aynı zamanda senosfer ve plerosferlere karşılık gelen içi boş, boşlukları olmayan tam küresel partiküller vardır; bu küller genellikle şekil dağılımında homojen olan bir mikro yapıya sahiptir.

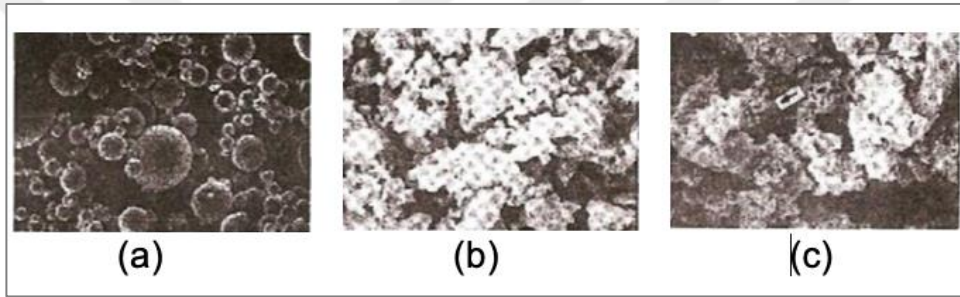
Yüksek kireçli küllerde mikro yapıda hem açısız hem de küresel düzensiz biçimli parçacıkların varlığı neticesinde homojen olmayan bir şekil dağılımı vardır (Şekil 1.2). Ek olarak, küresel parçacıkların yüzeyi düşük kalsine edilmiş küller kadar pürüzsüz değildir.

Uçucu külün granülo metrik bileşiminin çoğu 40 μm 'den (10-20 μm) düşüktür ve şekli genellikle küreseldir ve puzolanik aktivite üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Özelde, pürüzsüz bir yüzeye sahip ince küresel parçacıklar, geniş bir yüzey alanına sahiptir ve daha hızlı kireç-silikat reaksiyonlarına girebilmektedir.

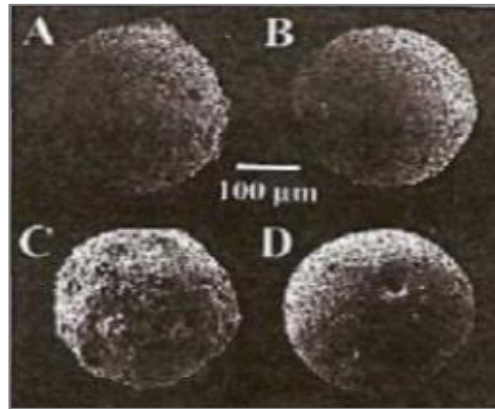
Buna göre, daha az camsı faz ve kristalimsi aktif fazlar (anhidrit, kireç) yüksek kalsine edilmiş külün aktivitesinde rol oynar, camsı fazın şekli, büyüklüğü dağılımı ve fazlalığı, düşük kalsifik olarak önemlidir.

Camsı küresel şekilli parçacıklar, katı camsı küre, içi boş küre; büyük bir alanda küçük küreler kümesi içeren yapılar (pleurosphere); yüzeyde düzensiz dağılmış amorf boşluklara sahip yapılar; yüzeyde sıvı damlacıkları olan yapılar, yüzey, amorf birikintili yapılar gibi çeşitli şekillerde bulunabilir (Şekil 1.3).

Küresel olmayan parçacıklar, kömürden gelen ve yanma reaksiyonlarında yer almayan minerallerden (kuvars, feldispat gibi), düzensiz şekilli ve gözenekli yapılardan (örneğin kil artıkları, yanmamış karbon) oluşur (Türker ve ark., 2004).



Şekil 1.2. Uçucu kül tipleri a. Yüksel silisli uçucu kül, b. ve c. Yüksek kireçli uçucu kül



Şekil 1.3. Uçucu küllerin morfolojik yapısı Türker ve ark. (2004). a. Yüzeyde birikintiler ve sıvı damlacıkları olan küresel tanecik b. Camsı küresel tanecik c. Yüzeyi düzensiz boşluklar içeren tanecik d. Boşluklu küresel tanecik.

1.4.4. Uçucu küllerin fiziksel özellikleri

Görünüş:

Uçucu kül renkleri koyu ve açık gri ile siyahtır. Kül içindeki karbon, demir ve

nem miktarı, küllerin rengini etkiler. Mikroskop altında incelendiğinde süngerimsi, gözenekli veya gözeneksiz küresel ve topaklanmış tanelerden oluştukları görülmektedir. Linyit uçucu kül, sert kömür uçucu küllerinden daha koyu renklidir. Yanmış uçucu küller, yanmış küllerden daha hafiftir. Yanmamış kül - küllerin koyu rengi, yapısında mevcut olan yanmamış karbondan kaynaklanır.

Tane boyutu:

Uçucu külün tane büyüklüğü, kullanılan kömürün cinsine ve öğütme derecesine bağlı olarak değişmektedir. Sert kömür uçucu küllerinin tane büyüklüğü linyit uçucu külün büyüklüğünden daha küçüktür. Tane büyüklüğünü etkileyen ikinci faktör, küçük bir tanecik boyutuna sahip olan uçucu külün bacadan olabildiğince kaçmasının önlenmesidir. Bacadan kaçan küller ne kadar iyiyse, o kadar ince kül elde edilir. Daha ince küller elektro filtrelerde tutulduğundan, elektro filtrelerde tutulan uçucu küllerin parçacık büyüklüğü siklonlarda tutulanlardan daha küçüktür. Genel olarak, uçucu kül 1-100 um bir tane büyüklüğüne ve 0.1-0.5 m² / gr spesifik bir yüzeye sahiptir.

Özgül ağırlık:

Uçucu külün ortalama özgül ağırlığı 2150 kg / m³'tür. Bununla birlikte, kül içindeki kuvars, alümina, demir ve karbon miktarı özgül ağırlığı değiştirir. Örneğin, uçucu küldeki demir miktarı arttıkça, özgül ağırlık artar. Ayrıca uçucu kül içinde farklı ağırlıklarda farklı tanelerde bulunabilir (Öztürk, 2001).

Karbon miktarı:

İyi yanmalı termik santrallerde, karbon içeriği çok düşüktür. Bu oran eski tip bitkilerde%10'a yükselmekte ve yenilerde%3'ün altında kalmaktadır. Uçucu küldeki karbon yanmaz taneciklerin yüzeyinde ince bir karbon katmanı veya aynı tanecikler halinde bulunur. Uçucu kül içindeki karbon taneciklerinin tane büyüklüğü diğer partiküllerden daha büyüktür (Koç, 1997).

1.4.5. Uçucu küllerin kullanım alanları

Tuğla üretiminde kullanılan killer SiO₂, Al₃O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, K₂O, Na₂O ve TiO₂'den oluşur. Uçucu küller de aynı oksitleri içerdikleri için tuğla üretiminde kullanılabilirler. Uçucu küllerin tuğlalarda kullanılmasıyla, tuğlaların kuruma ve yanma büzülmeleri azalır. Aynı zamanda, uçucu küldeki karbon, ateş tuğlalarında enerji tasarrufu sağlar. Uçucu kül tuğlalarının yapımında dikkat edilmesi gereken ilk husus,

konunun genelleştirilememesidir. Hangi kille kullanılacağı deneyler ile belirlenmelidir. Aynı kül bir kil türü ile avantaj sağlarken, farklı özellikteki bir kil ile iyi sonuç vermeyebilir. Uçucu kül üretiminde, kül miktarına göre iki koşul ortaya çıkar. İlk olarak, kil ana malzemedir. Kül, kilin özelliklerini iyileştirmek ve içindeki karbonun yanma değerlerinden yararlanmak için kullanılır. İkinci uçucu kül ise ana maddedir. Kil, bağlayıcı olarak kullanılır, çünkü uçucu külün plastikliği yoktur.

Uçucu kül ile kilin uygun karışımı bulunduğu zaman aşağıdaki avantajlar elde edilebilmektedir.

1. Öğütme değirmeninin kolay beslenmesi (Bu sadece çok yaş veya yapışkan killerle çalışıldığı zaman mümkündür.),
2. Kalıplama için daha az kuvvet gerekmesi,
3. Daha kolay kuruma,
4. Yakıt tasarrufu ve daha kolay pişirme (kül bünyesindeki karbon pişme enerjisini azaltır).

Tuğla üretiminde kullanılan uçucu külün tane büyüklüğü, tuğla özelliklerini etkiler. Küçük partikül büyüklüğü külleri kullanan tuğlalar, büyük partikül büyüklüğüne sahip uçucu kül tuğlalarından daha yüksek basınç dayanımı ve kütle yoğunluğuna sahiptir. Ayrıca daha düşük büzülme ve su emilimi sergilerler. Küçük parçacık boyutlu uçucu küllerin tuğlalarda daha iyi özellikler göstermesi, çoğu noktada temasın artmasından kaynaklanmaktadır (Öztürk, 2001).

Çimento üretiminde kullanılan hammaddeler CaO , SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 olmak üzere dört ana bileşiği içerir. Uçucu kül, farklı oranlarda aynı bileşiklere sahip olduğundan, çimento üretiminde kullanılır. Çimento ile birlikte kullanıldığında, puzolanik özelliklere sahip olan uçucu kül, çimento hidrasyonu sırasında oluşan kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek bağlayıcı özellikler kazanır.

Uçucu kül beton yapımında kullanıldığında, yüzey temizliği ve betonun işlenebilirliği artar. Aynı zamanda, dayanım arttıkça, su geçirgenliği ve betonun büzülmesi azalır. Uçucu kül, geleneksel (tabaklar, bardaklar vb.) ve sanatsal seramiklerin (vazolar, küllükler, süslemeler) üretiminde kil ve feldispat eklenerek kullanılır. Uçucu kül seramik endüstrisinde kullanıldığında bazı avantajlar sağlar. Bunlar arasında taneciklerin küçük ebadı, öğütme maliyetinin olmaması, çok düşük maliyet ve pişirme işlemi sırasında bulunan karbonun enerjisi sayılabilir. Uçucu kül,

son zamanlarda çokça çalışılan ve geniş bir kullanım alanına sahip olan cam seramiklerinin üretiminde de kullanılmaktadır.

Hafif agregalar hem doğal olarak hem de belirli malzemelere uygulanan çeşitli işlemlerin bir sonucu olarak elde edilebilir. Uçucu kül, 1100-1200 ° C'de bir miktar erime göstererek ve uygulanan sertleştirme yöntemine bağlı olarak yuvarlak veya silindirik tanecikli agregalar oluşturur. Doğal agregadan daha hafif olan bu agregalar kullanılarak hafif beton elde edilir. Bu şekilde yapılan betonlar normal ağırlıklı betonla aynı güce sahiptir. Ek olarak, düşük ısı ve ses iletkenliğine sahip malzeme elde edilebilir ve hafifliği nedeniyle işçilik kolaylaştırılmıştır (Öztürk, 2001).

1.4.6. Uçucu küllerin çevreye etkisi

Uçucu külün çevre üzerindeki etkileri tartışılmaz. Termik santrallerde linyit ve düşük kaliteli kömürün yanması sonucu oluşan kül, kükürt ve uranyum içeren toksik gazlar çevrede olumsuz bir rol oynamaktadır. Çevresel kirlenici etkileri ve yetersiz kül depolama alanlarını önlemek için baca filtrelerinde ince tanecikler olarak bilinen uçucu külü toplamak, bu yetersizliğin bir sonucu olarak, toprak, yeraltı suyu ve sızıntı suyunun kirlenmesi bilinen en önemli çevresel etkilerdir (Gürü ve ark., 2007).

1.5. Yapı Kimyasalları

1.5.1. Yapı kimyasallarına genel bakış

Yapı kimyasalları, adından da anlaşılacağı gibi, inşaat faaliyetlerinde kullanılan, konut, konut dışı veya bina dışı kimyasal bileşiklerdir. Bu bileşikler kimya endüstrisinin özel bir uzmanlık alanına sahiptir ve mevcut inşaat projelerinde çalışmayı hızlandırmak için veya yeni inşaat projelerinde dayanıklılık sağlamak ve yapıları güçlendirmek için kullanılabilir. Yapı kimyasallarının kullanmanın önemi %2-5 olan projenin maliyetinde artış bu bileşikler çapraz bağlama veya faz değişimi (sıvıdan katıya) gibi uygulamalarda fiziksel ve kimyasal özellikler kazandırır. Yapı kimyasalları, yüksek kaliteli beton ve beton performansının iyileştirilmesini teşvik etmek için kullanışlıdır. Ayrıca inşaat işlerinin ömrünü uzatırlar ve çevresel tehlikelere karşı ek koruma sağlarlar (Akıncı ve ark., 2002).

1.5.2. Yapı kimyasallarının önemi ve örnekleri

Yapı kimyasalları, temelden bitimine kadar inşaatın her aşamasında kullanılan ve inşaat işleri, altyapı, sulama, taşıma veya diğer her türlü inşaat işinde bitirme seviyelerinde kullanılan çok geniş bir ürün yelpazesini oluşturur. Bu yüzden inşaat tekniklerinde veya işlemlerinde herhangi bir ilerlemenin inşaat kimyasalları üzerinde buna karşılık gelen bir etkisi olması gerekir.

Küresel olarak, yüksek teknoloji altyapısı ve mega yapılar, günümüz dünyanın yaratılmasına yönelmektedir. Bu, yeni nesil altyapının inşası için en son kimyasal teknoloji ile sarsılmış olan inşaat sektörü için yüksek performanslı, daha kaliteli malzemeler için kolaylık sağlamıştır (Akıncı ve ark., 2002).

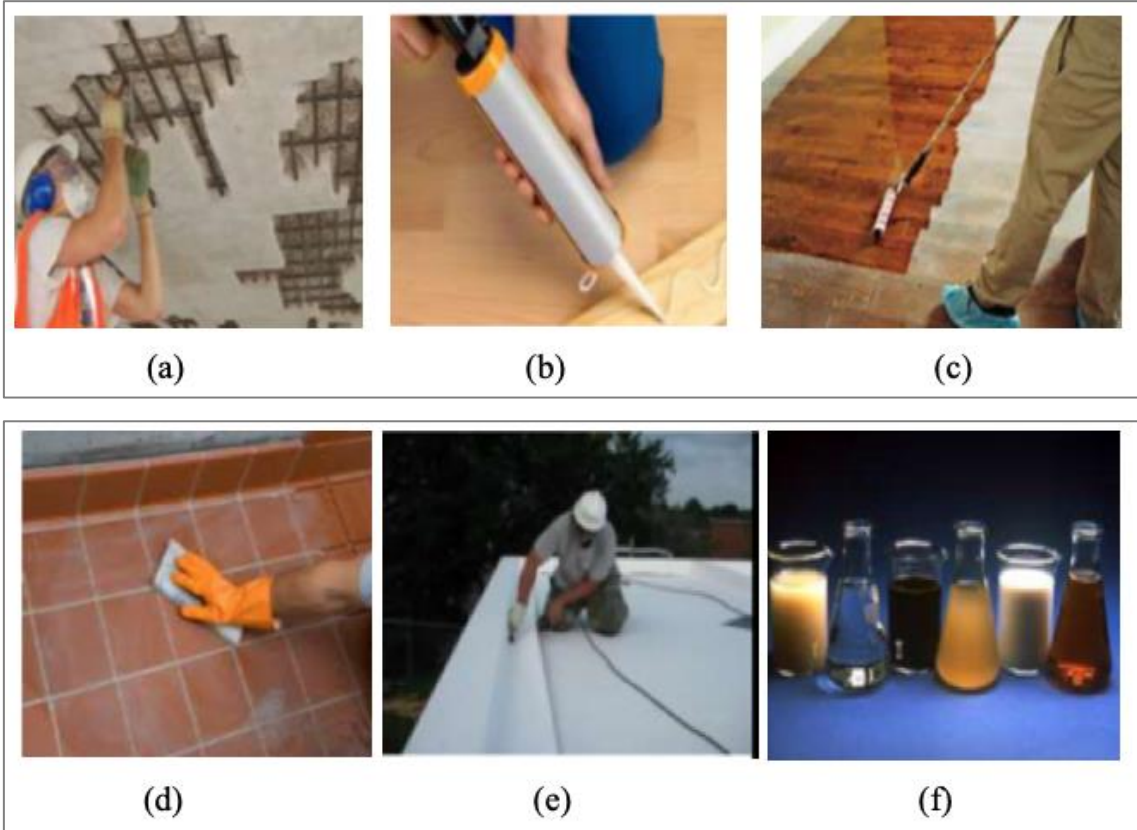
Yüksek talebi karşılamak için çevre dostu inşaatların daha hızlı yapılması gerekmektedir. Yapı kimyasalları, yüksek dayanım, dayanıklılık, ekonomi ve beton yapıların sürdürülebilirliği taleplerini karşılamak için öncekinden daha büyük bir rol oynamaktadır. İyi inşaat kimyasallarına duyulan ihtiyaç, inşaat kalitesi ve teknolojik gelişmeler konusundaki artan farkındalığın önemli bir şekilde artmasına neden olmaktadır.

Büyük ölçekli, özel tasarım ve mühendislik ve inşaat projelerinin çoğunda çeşitli özel yapı kimyasalları kullanılmaktadır. Bu malzemeler arasında beton katkıları, yüzey işleme, su yalıtımı, harç, zemin kaplaması, kaplama, sızdırmazlık ve zemin sertleşmesi sayılabilir. Bu nedenle, yapı kimyasallarına olan yüksek talep, altyapı, yüksek binalar ve endüstriyel tesislerin oluşturulmasını kapsayacak şekilde artmaktadır. Ek olarak, inşaat kimyasalları ayrıca bu büyük ölçekli projelerin yenilenmesini, onarımını ve rehabilitasyonunu da kapsar. Aslında, yenileme ve onarım, birçok ülkede önemli miktarda inşaat kimyasal satışlarını artırmaktadır.

Yapı kimyasalı örnekleri aşağıda ve (Şekil 1.4)'de belirtilmiştir:

- i. Beton-Katkı Maddesi
- ii. Su Yalıtım – Kimyasallar
- iii. Zemin Döşeme
- iv. Onarım ve Rehabilitasyon
- v. Lignobased
- vi. Poliüretan bazlı
- vii. Epoksi ve zemin sertleştiriciler

- viii. Çimentolu tamir harçları
- ix. Mastikler
- x. SNF ve SMF bazlı
- xi. Bitüm bazlı
- xii. Poliüretan kaplamalar
- xiii. Polimer tamir harçları
- xiv. Harçlar xv. PCE tabanlı
- xv. Polimer - SBR, Akrilik
- xvi. Polyurea bazlı
- xvii. Epoksi esaslı reçine harçları
- xviii. Yapıştırıcılar



Şekil 1.4. Yapı kimyasalı uygulama örnekleri a. Tamir ve rehabilitasyon b. Yapıştırıcı ve sızdırmazlık maddeleri c. Döşeme d. Epoksi kiremit harçları e. Su yalıtımı f. Beton katkıları.

1.5.3. Katkılar

- Yapıştırıcı ve sızdırmazlık maddeleri

- Epoksi kiremit harçları

Çimento genellikle inşaatta bağlayıcı malzeme olarak kullanılır. Betonlama için çimento, beton üretmek üzere belirli oranda ezilmiş kaya, kum ve suyla karıştırılır. Daha iyi sonuçlar için, iyi işlenebilirlik, yüksek mukavemet ve iyi bitirme, çimento veya harç katkıları kullanılır. Karışıma hemen veya karışımdan hemen sonra kimyasal katkıları eklenir. Katkılar şu nedenlerle kullanılır;

1. Betondaki su içeriğini azaltmak.
2. Betonun basınç dayanımı ve dayanım parametresini arttırmak.
3. İşlenebilirliği arttırmak, daha fazla nakliye ve yerleştirme süresi sağlamak.

1.5.4. Döşeme

Döşeme bileşikleri çoğunlukla epoksi ve poliüretan esaslıdır. Endüstriyel döşeme bileşikleri, sertlik, yük etkisi, kimyasal bozulma, neme nüfuz etme, hasarlı zeminlerin güçlendirilmesi gibi çeşitli endüstriyel ihtiyaçların karşılanmasında ve zeminin estetik çekiciliğinin iyileştirilmesinde kullanılır. Ayrıca sürtünme, statik direnç ve yangına dayanıklılık, anti bakteriyel özellikler vb. gibi bazı özel özellikleri sağlamak için de kullanılırlar (Akıncı ve ark., 2002).

1.5.5. Su yalıtım maddeleri

Su yalıtımı bitüm, PU ve SBR ve acrylic gibi polimerlere dayanan ürünlerle çeşitli son derece yararlı uygulamaları sağlar. Bu bileşikler sıvı, katı, bulamaç ve iki bileşenli kaplama formlarında mevcuttur. Su geçirmezlik bileşenleri, su sızmasını önlemek için tasarlanmıştır. Bu bileşikler veya membranlar, bir temel sistemin dışına uygulandığında son derece etkili olabilir. Prova bileşiklerinin uygulaması implant işlemi ile yani daldırma veya püskürtme veya yüzeyde düşük basınçlı püskürtme ile yapılabilir (Akıncı ve ark, 2002).

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. Uçucu Küllerin Beton Özelliklerine Etkisi

2.1.1. Uçucu küllerin inşaat alanında kullanımı

Türkiye'de üretim sektöründe uçucu kül kullanımı 1960'lı yıllarda başlamıştır. Uçucu küllerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerine bakıldığında, uçucu külün inşaat sektöründe rahatlıkla kullanılması mümkün olurken, maddi ve enerji üretiminde ekonomik katkı yapılırken, diğer yandan ekolojik koruma sağlanabilir. Çevre kirliliğini önleyerek denge (Uygunoğlu, 2008). İnşaat sektöründe uçucu kül; agrega, çimento, beton, gaz beton, tuğla, kerpiç ve yalıtım malzemesi üretimi, baraj ve yol yapımında kullanılır. Türkiye ve Dünyadaki uçucu kül yapımında kullanılan alanlar Çizelge 2.1'de verilmektedir. Uçucu kül, Türkiye'de barajların yapımında, tuğla ve çimento üretiminde sıkça kullanılmaktadır. Avrupa'da, uçucu kül genellikle beton, gaz beton ve hafif beton blok üretiminde kullanılır (Aruntaş, 2006).

Çizelge 2.1. İnşaat sektöründe uçucu küllerin kullanıldığı alanlar (Aruntaş, 2006).

Malzeme	Kullanım amacı ve yeri
Çimento	Hammadde, katkı ve ikame malzemesi olarak
Beton	Katkı ve ikame malzemesi olarak
Agrega	İnce agrega, iri agrega ve hafif agrega olarak
Kerpiç	Bağlayıcı malzeme olarak
Tuğla, ateş tuğlası	Katkı malzemesi olarak
Yapı malzemeleri	Blok, panel, duvar, gaz beton, beton boru, cam, boya, seramik, plastik, harç
Çeşitli yapılar / uygulamalar	Baraj, otoyol, nükleer santral, geoteknik uygulamalar

2.2. Uçucu Küllerin Beton Özelliklerine Etkisi

Uçucu kül, katkı maddesi olarak taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini değiştirir. Bunlar: karışım suyu, alkali agrega reaksiyonu, hidrasyon ısısı, işlenebilirlik, kuruma süresi, terleme, kuvvet, sülfat direnci ve betonun ekonomik özellikleri. Uçucu külün taze ve sert beton üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri aşağıdaki gibidir;

Uçucu külün betonlara olumlu etkileri:

- İşlenebilirliği pozitif yönde etkilemektedir.
- Su kusmayı azaltmaktadır.
- Uzun süre dayanım kazanımı sağlamaktadır.
- Ekonomik açıdan maliyet düşürücü etkisi vardır.
- Hidratasyon ısısında düşmeyi gerçekleştirmektedir (Dikici, 2010).

Uçucu külün betonlara olumsuz etkileri:

- İlk zamanlarda betonların dayanımları düşüktür.
- Uzun süre kürlenmeye ihtiyaç duyulmaktadır.
- Beton prizlenmesinde gecikme yaşanmaktadır (Dikici, 2010).

2.2.1. Betonların işlenebilirliği

Katkısız betonlara göre, uçucu küllü betonların daha iyi işlenebilme özelliği vardır. Bunun sebebi şöyledir;

1-) Uçucu külün yoğunluğu, portland çimentosu yoğunluğundan daha düşüktür. Bu yüzden, puzolan katkılı beton üretimi için çimento miktarının bir kısmı yerine uçucu kül katıldığında, betondaki bağlayıcı hamurun hacmi artar. Bağlama hamurunun daha büyük hacmi, agregaları taze betona daha verimli bir şekilde doldurur ve böylece plastikliği sağlar.

2-) Uçucu kül taneleri küresel biçimlidir ve bu parçacıklar iç sürtünmeyi azaltır ve betonun akışkanlığını artırır. Betondaki hamur hamuru hacmindeki bu artış, uçucu kül parçacıkları arasındaki sürtünmeyi azaltır ve betona daha fazla akışkanlık sağlar. Ayrıca, taze betonun pompalana bilirliliğini artırır, yüzeyi daha kolay pürüzsüz hale getirir ve kalıpları daha kolay çıkarılabilir yapar (Erdoğan, 2007).

2.2.2. Betonların priz süresi

Uçucu kül katkılı betonların priz süreleri, genellikle karışım olmayan betonun priz ayar süresinden uzundur. Priz (ayar) süresi, kullanılan uçucu külün özelliklerine ve inceliğine bağlı olarak değişir. F tipi uçucu kül, C tipi uçucu külden daha uzun priz süresine sahiptir (Erdoğan, 2007).

2.2.3. Betonların su ihtiyacı

Uçucu kül karışımının sabit bir çökme değeri elde etmesi için gereken su miktarı genellikle karışımınkinden daha azdır. Bazı araştırmalarda, %20-30 yerine uçucu kül kullanan betonların su ihtiyacında yaklaşık %7 daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu kül parçacıklarının küresel biçimde olması, daha az su gerektiren daha az sürtünmeye yol açar. Uçucu kül betonlarının su gereksinimi, uçucu külün inceliğine ve kullanıldığı miktara bağlı olarak değişir yani incelik arttıkça, su talebi artar (Erdoğan, 2007).

2.2.4. Betonların hidrasyon ısı

Uçucu kül içeren betonlarda portland çimentosu daha az bulunduğundan, bu karışımlarla üretilen betonların hidrasyon sıcaklıkları betonarme betondan daha düşüktür.

2.2.5. Betonların basınç ve çekme dayanımı

Bir katkı maddesi olarak uçucu külün beton dayanıma etkisi, ince taneli doğal puzolanların etkisine benzer. Normal koşullar altında, uçucu külün kuvveti, karışımın gücünden biraz daha düşüktür. Fakat sonuçtaki güç oldukça yüksektir (Erdoğan, 2007).

Uçucu kül betonlarında kuvvet kazanma oranı, külsüz betonlardakinden daha yavaş olduğundan, ilk yaştaki kuvvetler uçucu kül betonlarında daha düşüktür. C sınıfı uçucu kül, erken yaşlarda daha yüksek mukavemet kazanımlarına sahiptir. Uçucu kül betonlarında en mükemmel sonuçların genellikle %15-25 uçucu kül arasında elde edildiği ve bu oranın C sınıfı uçucu kül ile %35'e ulaşabileceği belirtilmektedir. Daha yüksek uçucu kül oranları, genellikle hidrasyon ısını ve çatlamayı azaltmak için kütle betonlarında kullanılır (Özturan, 1991).

Atis ve ark., 2002, uçucu kül betonlarının gerilme mukavemetlerinin ve kopma dayanımı üzerine yaptıkları araştırmalarda, uçucu kül kullanılarak üretilen çimentonun 28 günlük sıkıştırma kuvvetlerinin, ağırlıkça %10-20 oranında aynı olduklarını ya da tanık betonlarınınkinden daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Uçucu kül içeren beton örneklerinin basınç ve çekme dayanımı arasındaki ilişkinin normal betona benzer olduğu bulunmuştur.

2.2.6. Dayanıklılık

Uçucu kül betonlarının su geçirgenliği, karışimsız karışımdan daha az olmasına rağmen, ince taneli mineral katkıların kullanılması, taze betonda terlemeyi azaltır. Bu nedenle terlemeden dolayı betondaki boşluklar azalır. İlâveten, çimento katkı maddelerinde silika ile çimento hidrasyonu ile oluşan kalsiyum hidroksit C-S-H jelleri oluşturmak için reaksiyona girer. Böylece çimento hamurundaki jel miktarı artar, kılcal boşluk oranını azaltır (Erdoğan, 2003). Puzolanik katkılarla üretilen betonlarda daha az portland çimentosu bulunduğu için, uçucu kül betonlarının sülfatlara direnci, karışım betonundan daha yüksek olacaktır. Sülfat reaksiyonuna yol açabilecek C_3A miktarı azdır. Ek olarak, puzolan katkılı betonlarda hidrasyon ilk önce portland çimentosu ile su arasında başlar. Puzolonların reaktivitesi, sadece ana bileşen C_3S ve C_2S 'nin hidrasyonu ile üretilen kalsiyum hidroksitin kullanımına bağlıdır. Başka bir ifadeyle, puzolan katkılı beton daha az miktarda kalsiyum hidroksit içerir. Bu, kalsiyum hidroksit ve sülfat arasındaki reaksiyonun bir sonucu olarak oluşabilecek az miktarda alçıtaşı ile sonuçlanır (Erdoğan, 2003).

2.3. Literatür Araştırmaları

Duru, 2006, yaptığı çalışmasında, sıradan portland çimentosu ve sülfata dayanıklı portland çimentosu ile karşılaştırıldığında farklı miktarlarda doğal puzolan ve / veya düşük kireçli uçucu kül içeren harmanlanmış çimentoların sülfat direncine ilişkin bir araştırma sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, farklı oranlarda klinker, doğal puzolan, düşük kireçli uçucu kül ve kireçtaşı ile sıradan bir portland çimentosu (OPC) ve beş farklı harmanlanmış çimento üretildi. Karşılaştırma için, farklı bir klinkere sahip bir sülfata dayanıklı portland çimentosu (SRPC) da elde edildi. Her bir çimento için, su / çimento oranı ile kontrol edilen geçirgenliğin etkisini gözlemlemek için, su / çimento oranları 0.485 ve 0.560 olan iki farklı karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan 25x25x285 mm prizmatik harç numunelerinin 78 hafta boyunca %5 Na_2SO_4 çözeltisine ve 52 hafta boyunca 50 mm kübik numunelere maruz bırakılmasıyla çimentoların performansı gözlenmiştir. Örneklerin nispi bozulması, uzunluk, yoğunluk ve ultrasonik nabız hızı değişimi ve farklı yaşlarda kuvvet muayenesi ile belirlendi. Mineral katkı maddelerinin miktarına ve etkinliğine bağlı olarak, harmanlanmış çimentoların orta veya yüksek

sülfat ortamları için etkili olduğu sonucuna varıldı. Ayrıca, çimento kimyası ve harçların w / c oranı, harçların bir saldırıya karşı performansını etkileyen iki parametredir. Bu deneysel çalışmanın sonucu olarak, başarısızlık zamanının artan w / c oranı ile azaldığı ve w / c oranının etkisinin, yüksek sülfat direncine kıyasla daha yüksek C_3A miktarına sahip düşük sülfat dirençli çimentolar için daha önemli olduğu bulunmuştur. C_3A 'nın düşük olduğu çimentolar.

Kürkçü, 2006, bu çalışmasında, Türk linyitinin akışkan yatak yakılması ile oluşan uçucu küllerin karakterizasyonu ve bunların macun ve harç üretiminde portland çimentosu için bir ikame olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Örnekler kimyasal, fiziksel, mineralojik ve morfolojik analizlere tabi tutuldu. Üç uçucu kül numunesinin kimyasal ve fiziksel analizlerinin sonuçları, FBC'nin çoğunluğunun aksine, bu küllerin asidik oksitlerinin yüksek içeriğinden dolayı, CaO ve SO_3 hariç, EN 197-1, EN 450 ve ASTM C 618 gerekliliklerini yerine getirdiklerini göstermektedir. Karakterizasyon çalışmalarına ek olarak, %10, %20 ve %30 uçucu kül-çimento karışımları ve referans çimento için su gereksinimi, basınç dayanımı, ayar süresi ve sağlamlık testleri de yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları, karışımların, herhangi bir hidrasyon öncesi işleme tabi tutulmadan ASTM C 595'in zaman ve sağlamlık şartlarını belirleyen, basınç dayanımını karşıladığını ve Türk linyitlerinin akışkan yatak yakılmasından kaynaklanan uçucu külleri, Türk linyitlerinin imalatında bir karışım olarak kullanım için büyük öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Görhan, 2006, deneysel araştırmasında, uçucu külü ana hammadde olarak kullanmıştır. Katı ve dikey delikli hafif blok örnekleri üretmeyi amaçlamıştır. Çimento-kireç oranlarının optimal karışım oranları bağlayıcı olarak belirledi. Su kürü ve basınçlı buhar kürü gibi uygun kür koşullarını bulmak için farklı kür koşulları uygulamıştır. Endüstriyel uygulamalar için kürlenme şartları belirledi. Numunelerin teknik özellikleri, gözeneklilik, su emme, basınç dayanımı ve donma dayanımı direnci gibi değerler ölçülmüştür. Bu çalışmanın temel önemi, atık uçucu külün ana malzeme olarak geri dönüştürülmesidir. Bu çalışmanın bir sonucu olarak, hafif yapı blokları ekonomik bir şekilde üretilecek, tarımsal toprakların bozulmaması önlenmiş, uçucu külün dolumunda çevre sorunları uçucu külün geri dönüşümü ile en aza indirilmiştir.

(Agar, 2009), bu çalışmasında, çimento pastasının özelliklerini ve sodyum sülfatın SDC 32,5 ve CEMIV / B 42,5R gibi farklı tipteki çimentolardaki etkilerini

araştırmak için üç farklı mineral katkı maddesi kullanılmıştır. Bu şekilde, C_3A 'nın sodyum sülfat ile reaksiyonunun çimento pastasını ve özelliklerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Farklı karışımlara sahip bu örneklerde 3 farklı mineral katkı maddesi seçildi ve sülfat etkisi üzerindeki önemi incelendi. Solüsyonda %10 ağırlık katsayısına sahip örnekler 15 gün bekletilmiş ve etkileri incelenmiştir. Her 15 günde bir çözelti alındıktan sonra numuneler etüvde tutuluyordu. Sülfat çözeltisinin incelenmesi için örnekler ağırlık, uzunluk ve ultrasonik hız testi sonuçları ile değişti. Bunun dışında, numunelerin dayanıklılığı hakkında daha iyi sonuçlar elde etmek için, benzer mukavemetli karbonasyon ve kılcallık testlerine sahip numunelerde ima edilmiştir. Deneğin 10 ayı boyunca numunelerde çok az değişiklik meydana geldiği ve zaman aşımı aralığının bir sülfat deneyi için yeterli olmadığı görülmüştür. Örneklerin parçalanma, uzunluk ve ağırlık değişimleri yalnızca CEMIV / B (P) 32.5R olan örneklerde görülmüştür. Karbonasyon ve kılcallık deneylerine göre, yüksek su / çimento oranına sahip numunelerde karbonatlaşma ve kılcallık derinliklerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Dedeoğlu, 2010, bu çalışmasında, betonun dayanıklılığı, su emme oranları ve bu ikisi arasındaki farklar, SİKA'dan temin edilen betona maksimum, normal, süper ve hiper plastikleştiriciler eklenerek gözlemlenmiştir. Deneyler tanık (saf) beton, normal yumuşatıcı ile beton, süper yumuşatıcı ile beton ve hiper yumuşatıcı ile beton olarak 4 grupta yapılmıştır. Betona plastikleştiriciler eklendiğinde, tanık (saf) betondan daha az su oranı ve daha fazla dayanıklılık gözlenmiştir. Diğer taraftan, plastikleştiricilerin miktarı ve derecesi arttığında, betonun su emilimi azalır. Bu, plastikleştiricilerin kullanılmasının, yapılarda kullanılan betonun dayanıklılığına, içindeki betonun ve çeliğin iç ve dış etkilere karşı dayanıklılığına olumlu etki yaptığını göstermektedir. Betonun dayanıklılığının ve dayanıklılığının artırılmasıyla kimyasal yumuşatıcılar, daha düşük maliyetlerle betona sahip olabileceğimizi de göstermektedir. Kimyasal plastikleştiriciler, inşaat sektörü ve kullanıcılara bu avantajlarla daha güvenli ve daha ekonomik yapılar sağlar.

Nas, 2012, çalışmasında, Portland çimentosu (PC) ve ikame edilmiş uçucu kül (FA) çimentosunun yüzey etkileşim mekanizmaları incelenmiştir. PC-FA partikülleri elektrokinetik potansiyel (zeta potansiyeli) ile PC ve FA'in fiziksel, kimyasal, mineralojik ve mekanik özellikleri belirlemiştir. PC ve FA 2, 7, 28, 56 ve 90 günlerde

hazırlanan çimento macunları kürlendi. Bu macunların hidrasyon sırasında 28 gün sonunda mineralojik yapılarını ve gelişme evrelerini belirlemek için, ısı analiz (DTA ve TG), fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR), X-ışını kırınımı (XRD) analizi yapılmıştır ve elektron mikroskobu (SEM) ve mikro yapılar gösterilmiştir. Çimento harcı numunelerinin PC ve FA ile ikame edilmiş, deneyleri yapılan, incelenmiş, sonuçları ve nedenleri diğer analizlerden elde edilen sonuçlarla birlikte yorumlanır. Sonuç olarak, su gereksinimi ve ayar süresi, FA ikame oranı miktarıyla arttırılır. hidrasyon sırasında salınan portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) miktarı azalmıştır. Ek olarak, PC'ye göre FA değişik elektro-kinetik davranış ve yüzey nitelikleri göstermiştir. Bu farklılıkların tümü, harç numunelerinin basınç dayanımından etkilenmiştir.

Mahyar, 2014, bu çalışmasında uçucu külün aktivasyonu, iki fosfat kaynağı kullanılarak yapıldı; bir fosforik asit çözeltisi veya bir fosforik asit tuzu (mono potasyum dihidrojen fosfat). Çeşitli fosforik asit çözeltisi konsantrasyonları ve farklı çözeltilerden toza oranlar kullanılmıştır. Karşılaştırılabilir sonuçlar bulmak için, çözeltilerinkilere eşdeğer fosfat iyon içerikli asit tuzu içerikleri seçildi. Uçucu külün sodalı kireç camı ve kalsiyum alüminat çimento ile kısmen değiştirilmesi de incelenmiştir. 28 güne kadar basınç dayanımı ölçüldü. Reaksiyon ürünlerinin mikro yapısı ve morfolojisi taramalı elektron mikroskobu kullanılarak araştırılmıştır. Hammaddelerin kimyasal analizlerini belirlemek için X-ışını floresans spektrometresi ve kristalli reaksiyon ürünlerini araştırmak için X-ışını kırınımı kullanıldı.

Bursa, 2017, çalışmasında, Seyitömer Termik Santrali'nin uçucu külünden hafif agrega ve hafif beton üretmek planlamıştır. Uçucu külün belirtilen fiziksel ve kimyasal özelliklerinden sonra, kireç ve alçıdan beş farklı oranda karışan çeşitli peletler üretilmiştir. Oluşan faz deneysel çalışma ile keşfedilmiş ve en dayanıklı peletlerin uçucu kül (yüzde 88), kireç (yüzde 6) ve alçı (yüzde 6) karışımından oluştuğu bulunmuştur. Elde edilen hafif agregalarla farklı oranlarda portland çimentosu karışımları (yüzde 16, yüzde 20, yüzde 24) karıştırılarak üç tip hafif çimento üretildi. Betonlar belirli bir süre (1, 3, 7, 14 ve 28 gün) çeşitli mekanik testlere tabi tutmuştur. Mekanik testlerde basınç dayanımı ve eğilme çekme dayanımı incelemiştir. Bütün örneklerde, birim ağırlık değerleri 2 ton küpün altında kalmıştır. Mekanik testlere göre, %20 çimento içeren hafif betonun çok daha dayanıklı olduğu tespit etmiştir.

Bilginer, 2018, çalışmasında, magnezyum- fosfat mol oranı (M / P), su /

bağlayıcı oranı (W / B) ve geciktirici (boraks) içeriği gibi çeşitli faktörlerin zaman ayarı, basınç dayanımı ve MKPC pastalarının mikro yapı evrimi üzerine araştırmalar yapmıştır. Aynı zamanda, kum / bağlayıcı oranının (S / B) ve uçucu kül içeriğinin MKPC harcının özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Macun örneklerinin ayar süreleri 4 ila 10 dakika arasında bulundu. Macunların basınç dayanımı yaklaşık 50 MPa idi. S / B = 1.25 ile hazırlanan en yüksek mukavemetli harcın 28 d basınç dayanımı neredeyse 80 MPa idi. Uçucu kül içeriği arttıkça bu değer azaldı. Ayrıca, sudaki güç kaybı uçucu kül değişimi ile değişmedi. M / P ve uçucu kül içeriğinin etkilerini incelemek için kullanılan macun örnekleri üzerinde TGA ve SEM araştırmaları yapıldı.

Çetin, 2019, bu çalışmasında ZnO'ın uçucu kül ve atık cam karışımlarından üretilen seramik malzemeler üzerine etkisi incelenmiştir. ZnO, ağırlık olarak %0,5, 10, 20 aralığında atık cam ve uçucu kül karışımına eklenmiştir. Silindirik örnekler preslenerek şekillendirildi ve 900, 950, 1000 ve 1050 °C'de 2 saat sinterlendi. Sinterlenmiş örnekler ateşleme büzülmesine, kütle yoğunluğuna, görünür gözeneklilik ve su emilimine, donma, çiçeklenme ve basınç dayanımına maruz bırakıldı. Ayrıca, numuneler ayrıca X ışını kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analiziyle karakterize edildi. Böylece, ZnO ilavesinin uçucu kül ve atık cam tozu karışımlarından üretilen seramiklerin özellikleri üzerindeki etkileri araştırıldı.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Termik santrallerden elde edilen uçucu kül yapı kimyasalları malzemelerin üretiminde kullanılarak daha elverişli sonuçlar elde edileceği düşünülmüştür. Bu konuda ayrı ayrı her malzeme için ar-ge çalışmaları yapılarak çimento yerine farklı miktarlarda uçucu kül kullanılıp her bir malzeme için ayrı deneyler yapılmıştır. Uçucu küller beton teknolojisinde ya betonda kum yerine ya da çimento ile birlikte doğrudan betona katılarak kullanılabilirler. Çimento üretimi sırasında klinkere katılıp öğütülerek uçucu küllü çimento olarak da değerlendirilebilirler. Kum yerine kullanıldığında özgül yüzey artarsa da kumdan az da olsa tasarruf sağlanır. Uçucu küllerin puzolanik özellikleri de olduğundan bunları çimento yerine kullanmak daha avantajlıdır. Uçucu küller daha büyük özgül yüzey ve inceliğe sahip olduklarından bağlayıcı hacminin artmasını ve çimentodan ekonomi yapılmasını sağlarlar. Araştırmalar ağırlıkça %20 oranında uçucu kül kullanılmasının beton basınç dayanımı açısından olumlu sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bununla birlikte uçucu kül kullanılması ile betonun erken yaşta basınç ve eğilme dayanımları düşmekte, prizi geciktirmektedir. Küçük tanelerden meydana geldiği için uçucu kül katkılı beton daha düzgün yüzeye sahiptir. Birim katkılı betonun hidrasyon ısı düşük olduğu için termik rötre ve çatlama olmaz dolayısıyla kütle betonları için oldukça uygundur.

Bu çalışmada ağırlıkça %0, %6,93 ve %8,68 oranında uçucu kül kullanılarak basınç dayanımı, işlenebilirlik, ekonomikliğin değişmesi ile ilgili bilgiler elde edilecektir. Uçucu kül küresel bir yapıya sahip olduklarından su gereksinimini arttırmazlar, düşük bir su-çimento oranı ile istenilen işlenebilirlik sağlanabilir. Uçucu kül kullanılarak üretilen harçlarda ısı yalıtım özellikleri incelenmiş ve uçucu küle %34,65, %27,72 ve %25,99 oranında katılacak çimento; %64,34, %64,34 ve %64,39 oranında kireç ve çimento + kireç +selüloz, polimer ve nişasta eteri %0,40, % 0,59 ve %0,02 oranlarında bağlayıcılarla birlikte yalıtım amaçlı sıvalar yapılabileceği gibi ayrıca uçucu külün sandviç dolgu duvarlarda dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Uçucu kül içeren malzemelerde donma –çözülme deneyleri sonunda kayıpların daha az olacağı düşünülmektedir. Belirli oranlarda uçucu kül kullanılması ile çekme ve eğilme dayanımları da artmaktadır.

Bu çalışmada beton ve yapı kimyasalları ürünlerinde uçucu kül kullanılarak yapılacak olan açık bekletme süresi yapışma mukavemeti, başlangıç yapışma mukavemeti, donma-çözünme çevriminden sonra yapışma mukavemeti, erken çekme yapışma mukavemeti, ısıyla yaşlandırmadan sonra çekme yapışma mukavemeti, basma eğilme testleri göz önünde bulundurularak beton ve yapı kimyasallarında işlenebilirlik, basınç dayanımının artırılması, ekonomikliğin en alt seviye ye indirilmesi amaçlanmaktadır.

3.1. Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Uçucu kül

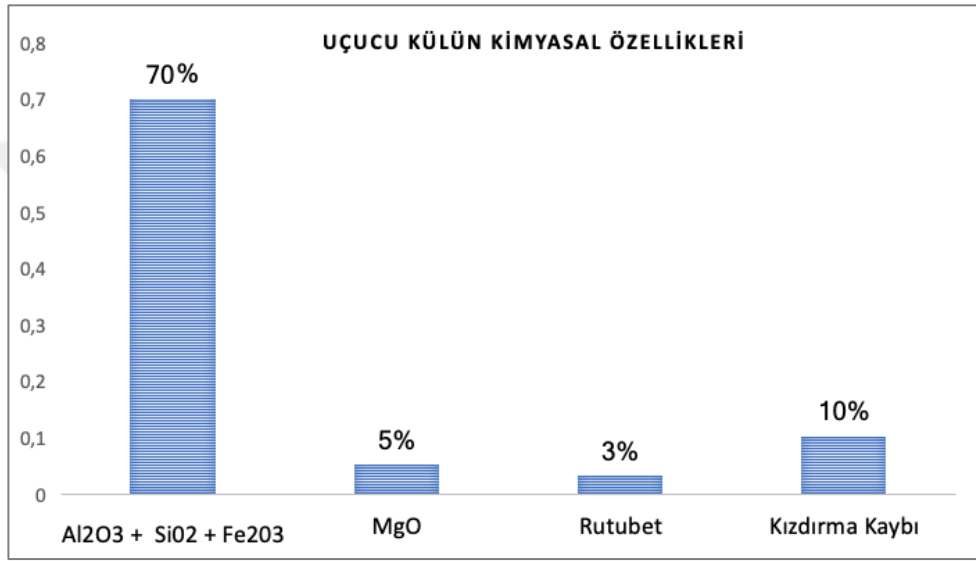
TS EN 197-1 “Çimento- Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk” standardında belirtilen nitelikteki uçucu küller, elektrostatik veya mekanik olarak çöktürülme ile meydana gelmektedir. Yine bu standartlara göre farklı metodlarla meydana gelen uçucu küller puzolanik madde olarak kullanılamazlar. ASTM C 618 standardına göre uçucu küller F ve C sınıflarına ayrılırlar.

Standart fiziksel özellikler:

Uçucu kül, çok küçük taneli ve koyu gri renkte bir maddedir. Renginin koyuluğu açıklığı, elde edildiği kömürle ve onun yanma özelliği ile ilişkilidir. Yanmanın tam olmadığı durumda oluşan uçucu küle siyah renk veren içindeki yanmamış karbondur. İyi yanma sonucu oluşan uçucu kül değerine göre daha açık renktedir. Uçucu külün inceliği ise öncelikle kazana verilen kömürün öğütülme derecesine bağlı olup inceliğe etki eden ikinci faktör de küllerin mümkün olabildiğince bacadan kaçmasına engel olunarak tutulmasıdır. Bacadan kaçan kısım azaldıkça incelik artar. Boyutları genellikle 0.5 ile 200 mikron arasında değişen, camsı ve çoğunlukla küresel karakterdeki parçacıklardır. Spesifik yüzeyleri 1800- 5000 cm² /gr arasında değişmekle birlikte, ortalama 2800- 3800 cm² /gr dolayındadır.

Standart kimyasal özellikler:

Kimyasal kompozisyon olarak incelendiklerinde, uçucu küllerin, Fe_2O_3 , SiO_2 ve MgO 'in yer aldığı bileşiklerden meydana geldiği görülmektedir. İçinde bulunan karbon miktarı kömür tipine ve yakma işlemine göre değişiklikler göstermektedir. Ayrıca, kullanılan kömür tipine bağlı olarak bazılarında önemli miktarda CaO bulunmaktadır. Türkiye’de bu tür bir sınıflandırma mevcut değildir. Bazı ülkelerin standartlarında, %10'dan daha fazla miktarda CaO bulunduran küller “yüksek kireçli uçucu kül” olarak tanımlanmaktadır (Kefelioğlu, 1998).



Şekil 3.1. Uçucu külün kimyasal özellikleri.

Mineralojik ve kimyasal özellikler:

İçi boşluklu ve boşluksuz, camsı kürecikler, süngerimsi mineral parçacıklar ve yanmamış taneciklerden oluşurlar. Kimyasal yapılarında temel element olarak Si, Al, Ca ve S bulunur. Uçucu küllerin matrisi esas olarak alümina silikatlardan ve bunlarla birlikte bulunabilen Na, Fe, Mg, Ti, K, Ca, ve nadir toprak elementlerinden meydana gelir. Uçucu olan veya uçucu oksitleri oluşturan As, Cd, Ga, Mo, Pb, Se ve Zn gibi elementler matrise girme eğilimi göstermezler. Bu elementler derişimleri tane boyutu ile ters orantılı olarak uçucu küllerin yüzeylerinde toplanırlar (Çana ve ark., 1997).

3.1.2. Çimento

Yapısal amaçlar için kullanılan çimentolar, agregaları (kum, çakıl, kırma taş) bir arada tutmak için kullanılan, esas itibarıyla silisli ve kalkerli bağlayıcı maddelerdir.

Beton yapımında kullanılan çimentolar ise, su içinde priz alma ve sertleşme özellikleri nedeniyle hidrolik çimentolar olarak da isimlendirilir. PÇ, hidrolik çimentolar grubunun en önemli üyesi olup kalkerli ve killi hammaddelerin döner fırınlarda pişirilmesi sonucunda elde edilen klinkere, az miktar alçı ilave edilerek 0.5 – 80 µm boyutlarında öğütülmesiyle oluşturulur. Kimyasal açıdan ana bileşenlerini, kristal yapıdaki kalsiyum silikatlar ve alüminatlar oluşturur. Deneysel çalışmada kullanılan çimento 42,5 R portland çimentosudur ve ürün hakkında bilgiler aşağıda verilmiştir.

Standart tanımı:

Portland çimento klinkerine bir miktar alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) katılarak birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bağlayıcı maddedir.

İçeriği:

(%95 portland çimento klinkeri + %5,0 kalker) + %5 Alçıtaşı

Standart kimyasal özellikler:

Kükürt Trioksit (SO_3) \leq %4,0

Klörür (Cl) \leq %0,1

Kızdırma Kaybı \leq %5,0

Çözünmeyen kalıntı \leq %5,0

Standart fiziksel özellikler:

Priz Başlama Süresi \geq 60 dk

Genleşme \leq %10

2 Günlük Dayanım \geq 20,0 MPa

28 Günlük Dayanım \geq 42,5 MPa \leq %62,5 MPa

3.1.3. Kalsit

Standart fiziksel özellikler:

Kalsit; kireçtaşının yapıtaşı olup, kristal tane boyutu 1 mm-10 cm arasında, kimyasal formülü CaCO_3 olan bir mineral çeşididir. Mohs sertlik çizelgesine göre sertliği 3 ve özgül ağırlığı 20 °C'da 2,7 gr/cm³ ve çözünürlüğü 25 °C'da 0,0015 gr/cm³ H₂O olup romboeder yüzeylerine göre (1011) güzel dilinimleri vardır. Kolay kırılır, cam parıltılı, doğada yarı saydam ve mat olarak bulunur. Islanda Spatı denilen çeşidinde optik olarak negatif, ince kesitleri renksizdir. Asitte eriyerek CO₂ kabarcıkları çıkarır. Çift kırılması önemli bir özelliktir. Bu nedenle yazıları çift olarak gösterir.

Standart kimyasal özellikler:

Saf olanlarının bileşiminde %56 CaO, %44 CO₂ ve beraberinde birlikte bulunduğu kayaç ve minerallere bağlı olarak az da olsa Fe, Mn, As, Zn, Ba, Sr, Cu, Pb, Co, Cr ve Mg bulunabilir Üfleçte erimez fakat rengi değişerek beyaz veya donuk olur (Şahin, 1978). Safsızlıkları oksit olarak MgO, SiO₂, Al₂ O₃, Na₂ O, TiO₂ ve P₂ O₂ olup, kullanıldığı sanayii dalına göre kaliteyi olumsuz etkiler.

3.1.4. Metil selüloz, polimer, nişasta eteri

Metil selüloz:

Standart fiziksel özellikler:

Hidrofilik beyaz toz halinde ve saf halinde bulunan metil selüloz, soğuk suda belirgin yoğun bir çözelti ya da jel oluşturarak çözünebilir.

Standart Kimyasal Özellikler:

Metil selüloz kimyasal olarak, selülozun bazı hidroksil gruplarındaki hidrojen atomlarının metil gruplar ile yer değiştirilmesi (-OCH₃) sonucu oluşan selülozun metil eterlerindedir (Blumenthal, 2004). Doğal olarak bulunmayıp, kostik çözelti (örneğin; sodyum hidroksit çözeltisi) ile selülozu kaynattıktan sonra, metil klorür ile kimyasal tepkime sonucu sentetik olarak elde edilir.

Polimer:

Kireçli ve kireçsiz çimento bazlı harç ve sıva sistemlerinin modifikasyonu için kullanılan esnek bir toz polimerdir.

Teknik Özellikler:

Görünüm	: Beyaz
Katı madde oranı	: 98-100%
Kül miktarı	: 10.5% +/- 1.5%
pH değeri	: 6.83

Nişasta eteri:

Selüloz eterlerle birlikte kullanılan nişasta eterleridir, özellikle patates esaslı nişasta eterlerini performansı yüksektir. Viskoziteyi yükselttikleri için harçtaki kaymazlık direncini artırarak harcın performansını geliştirirler. İşlenebilirliği arttırdılar, özellikle seramik ve fayansların yukardan aşağı uygulamalarında kayma eğiliminden doğabilecek riskleri en aza indirirler, sıvalarda ve montoloma yapıştırıcılarında duvarda

ve tavanda harcın ve epsnin sarkma ve akma eğilimlerinin yüksek olması nedeniyle tercih edilirler.

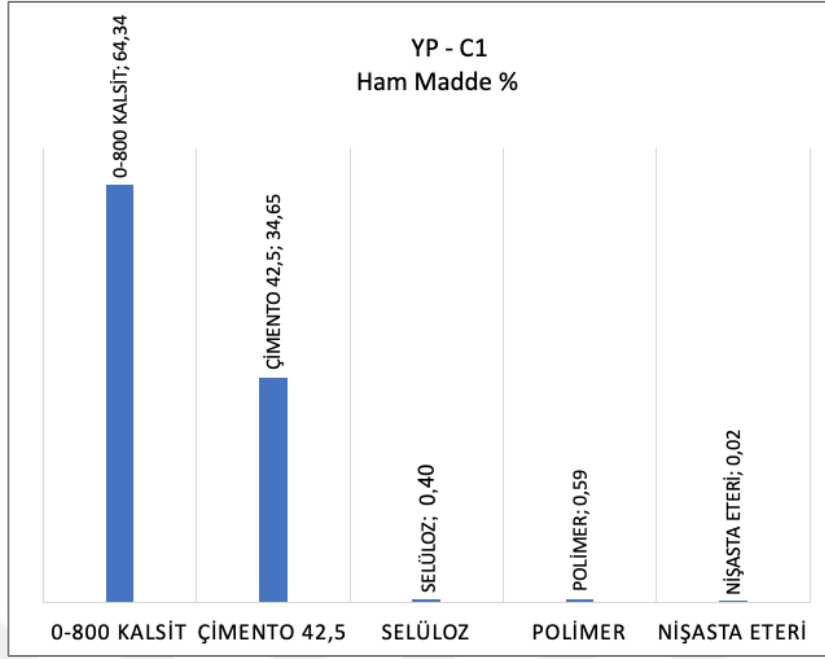
Teknik özellikler:

Görünüm	: Toz
Çözünürlük	: Suda çözünür
Nem içeriği	: %4
Kütle yoğunluğu	: 600 kg / m ³
Partikül büyüklüğü <0,100 mm	: 60%
%1 çözeltisi içinde reaksiyonu	: zayıf alkali
Sulu çözelti hali	: Sütlü bulanık
Viskozite	: 15 mPa s (2%, 20 ° C, 20 ° dH, Hoppler düşmeli viskozimetre).

3.2. Yöntem

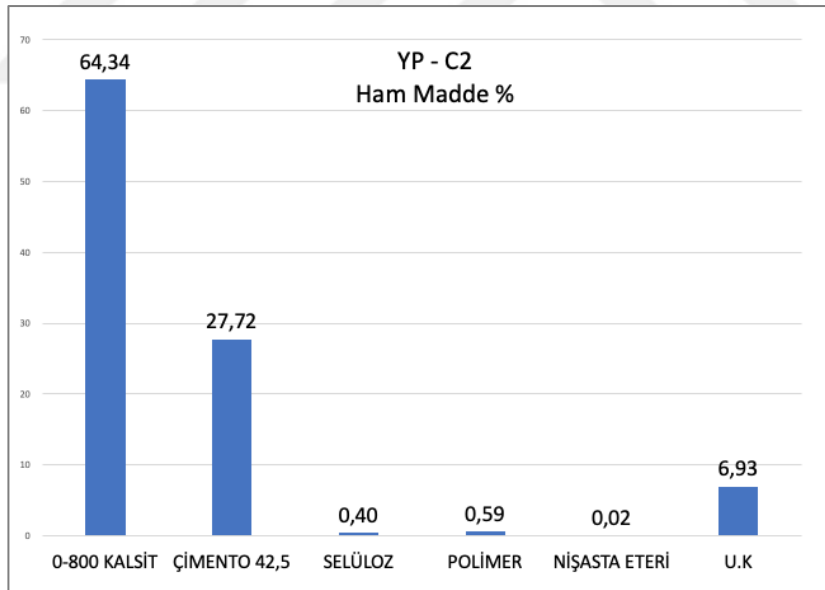
3.2.1. Karışım oranları

Uçucu kül ile birlikte hazırlanacak yapı malzemeleri numunelerinde kullanılmak üzere sırasıyla, 0-800 Kalsit, Çimento 42,5, Selüloz, Polimer ve Nişasta eteri kullanılmıştır. Hazırlanan macunlar üç kategoriye ayrılmıştır. Üretimi yapılan macunlar YP-C1, YP-C2, YP-C3 şeklinde etiketlenmiştir. Uçucu kül kullanılmadan üretilen numune kodu YP-C1 olup YP-C2 ve YP-C3 numunelerinde sırasıyla %6,93 ve %8,68 oranlarında uçucu kül kullanılmıştır. Aşağıda hazırlanan üç farklı numune örnekleri için karışım oranları verilmiştir.



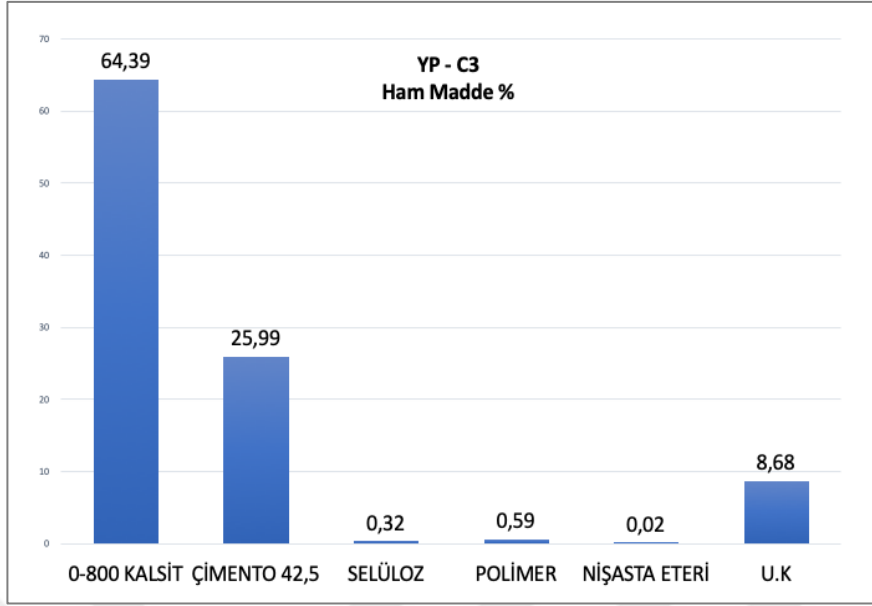
Şekil 3.2. YP-C1 Numunesindeki ham madde karışım oranları (%).

Uçucu kül kullanılmamıştır.



Şekil 3.3. YP-C2 Numunesindeki ham madde karışım oranları (%).

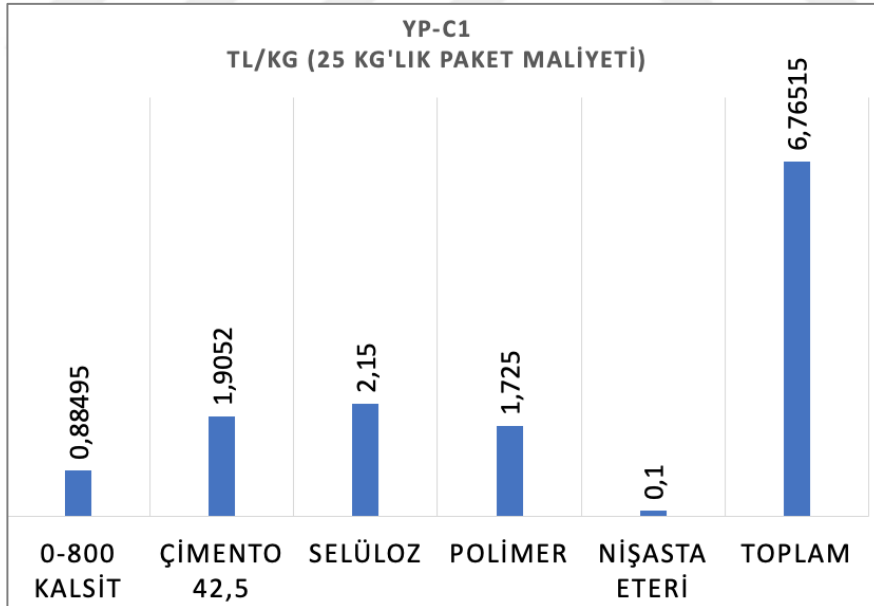
Uçucu kül oranı %6,93 olarak kullanılmıştır.



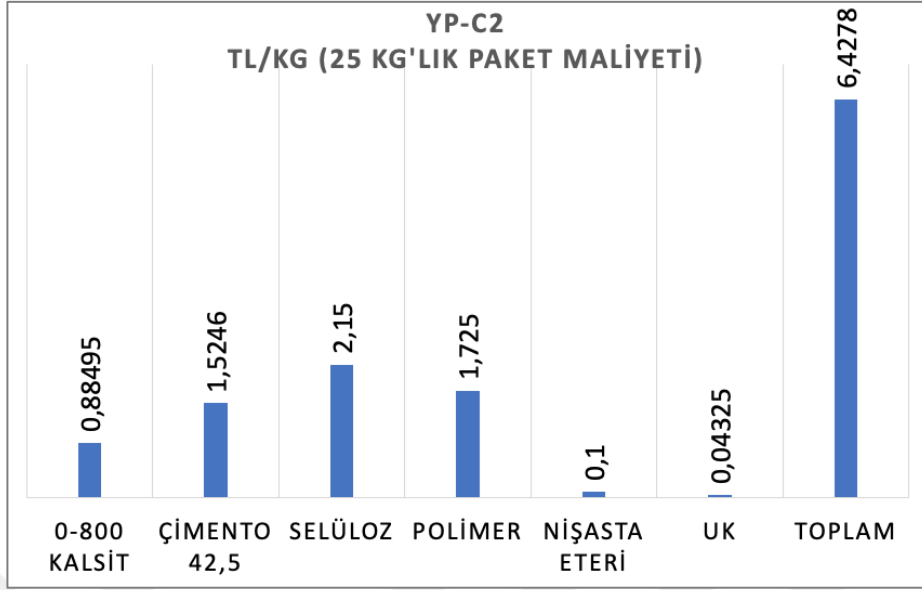
Şekil 3.4. Numunesindeki ham madde karışım oranları (%).

Uçucu kül oranı %8,68 olarak kullanılmıştır.

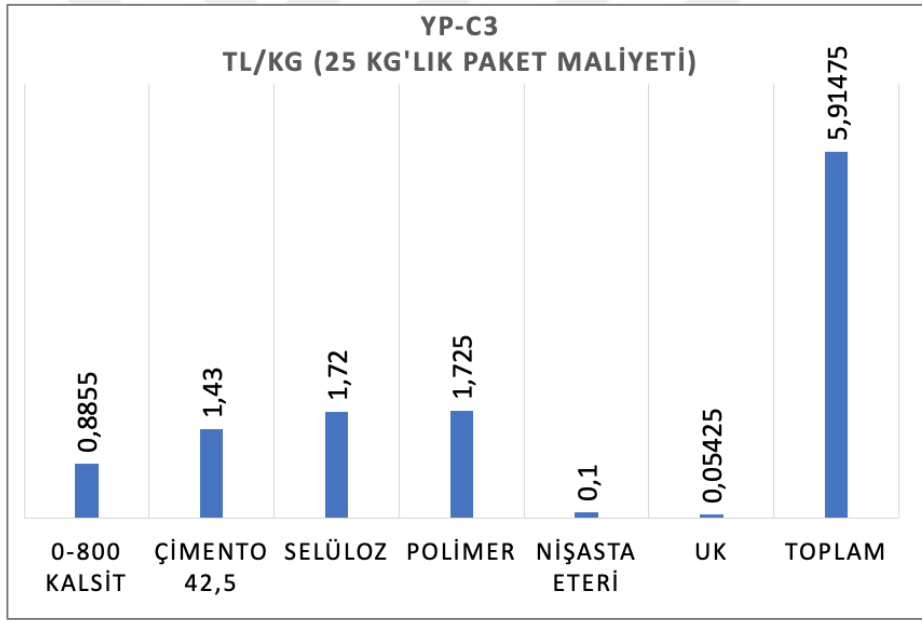
3.2.2. Maliyet analizi



Şekil 3.5. YP-C1 numunesi üretim maliyeti.



Şekil 3.6. YP-C2 numunesi üretim maliyeti.



Şekil 3.7. YP-C3 numunesi üretim maliyeti.

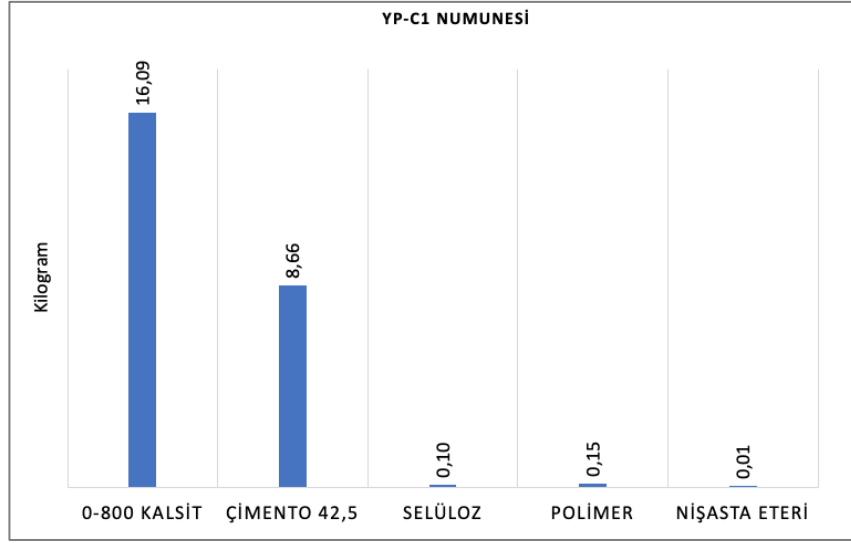
3.2.3. Numune üretimi

Bu çalışmada YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri karışım oranları hammadde miktarına göre kilogram ölçekli olarak üç farklı tipte hazırlandı. YP-C1 numunesinde 0-800 kalsit 16,09 kg, çimento %42,5 ve 8,66 kg, selüloz 0,10 kg, polimer 0,15 kg ve nişasta eteri 0,01 kg olarak hazırlanmış olup toplam numune paket ağırlığı 25 kg olarak ayarlanmıştır. YP-C2 numunesinde 0-800 kalsit 16,09 kg, çimento %42,5 ve 6,93 kg,

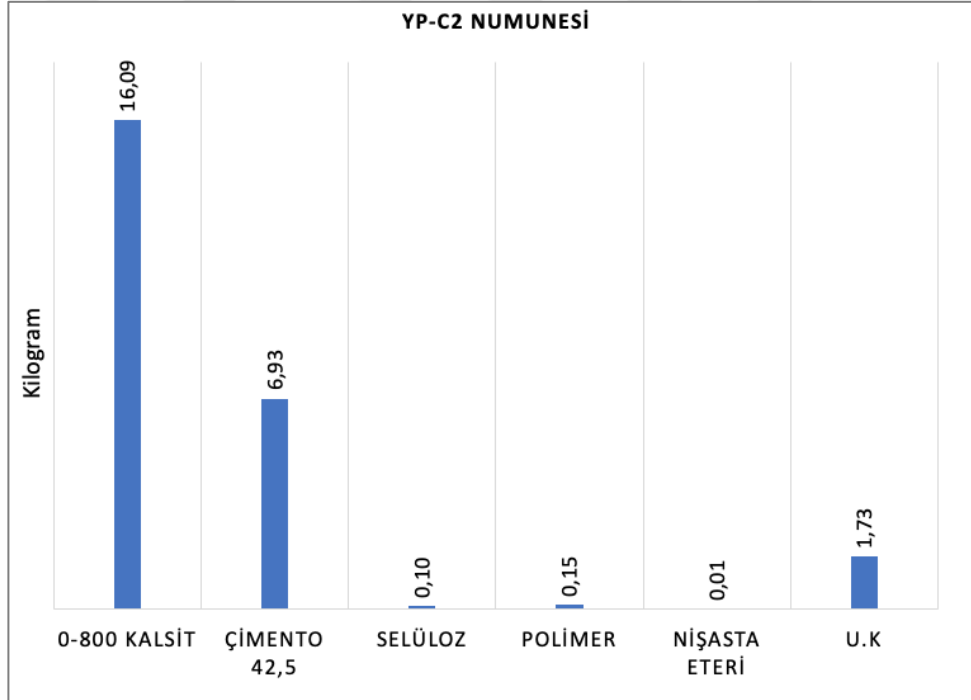
selüloz 0,10 kg, polimer 0,15 kg, nişasta eteri 0,01 kg ve UK (Uçucu Kül) 1.73 kg olarak hazırlanmış olup toplam numune paket ağırlığı 25 kg olarak ayarlanmıştır. YP-C3 numunesinde 0-800 kalsit 16,10 kg, çimento %42,5 ve 6,50 kg, selüloz 0,08 kg, polimer 0,15 kg, nişasta eteri 0,01 kg ve UK (Uçucu Kül) 2,17 kg olarak hazırlanmış olup toplam numune paket ağırlığı 25 kg olarak ayarlanmıştır. Uçucu kül küresel bir yapıya sahip olduklarından su gereksinimini arttırmazlar düşük bir su-çimento oranı ile istenilen işlenebilirlik sağlanabilmektedir. Uçucu küllü malzemelerde donma –çözülme deneyleri sonunda kayıpların daha az olacağı düşünülmektedir. Belirli oranlarda uçucu kül kullanılması ile çekme ve eğilme dayanımları da artmaktadır.

Elde edilen uçucu kül numuneleri, herhangi bir fiziksel işlem görmeden, yonteme uygun olarak numune azaltma işlemlerine tabi tutuldu. Hazırlanan her numune birbirini ve gerçek numuneyi temsil etmek üzere azaltılmıştır. Bu numuneler deneylerde kullanılmak üzere uygun torbalarda saklandı. Numunenin geri kalanı uygun koşullarda numune laboratuvarında saklandı.

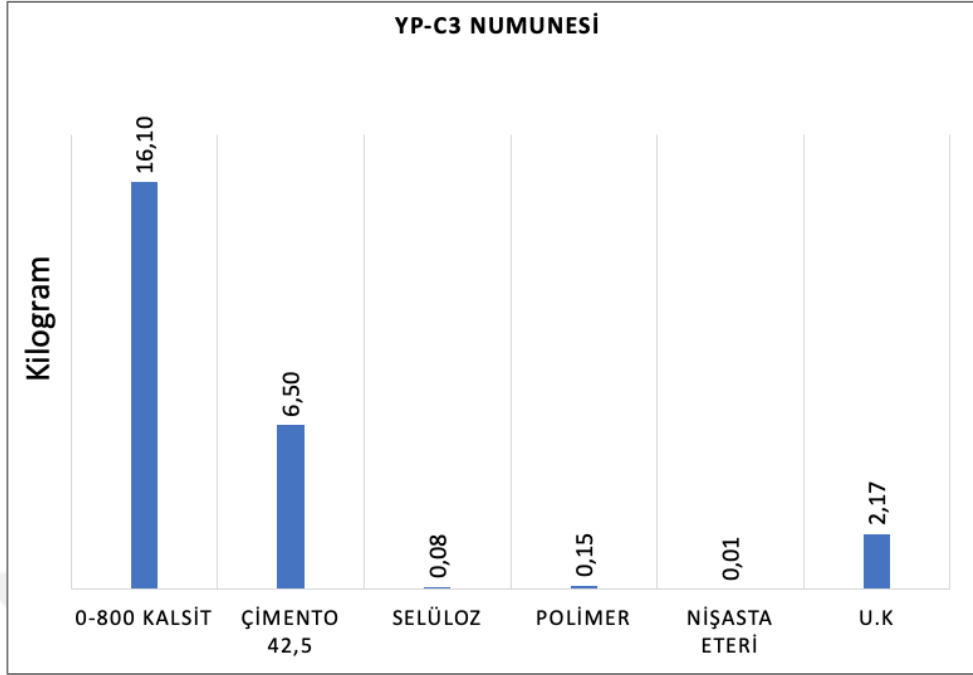
Uçucu kül kullanılarak hazırlanan beton numunesi ise UKBT-1 ve UKBT-2 olarak kodlanmış ve karışımlara ait oranlar sırasıyla %70 uçucu kül ve %20 kireç ve %10 çimento ve %70 uçucu kül ve %30 kireç olacak şekilde hazırlanmıştır. Karışımların üretimi için öncelikle; uçucu kül, kireç ve çimento hammaddeleri kuru halde homojen bir biçimde karıştırılmış daha sonra bu karışımlara, sert plastik kıvamda karışım oluşacak şekilde su ilave edilmiştir. Karışımlar homojenliği sağlayıncaya kadar elle karıştırılmıştır.



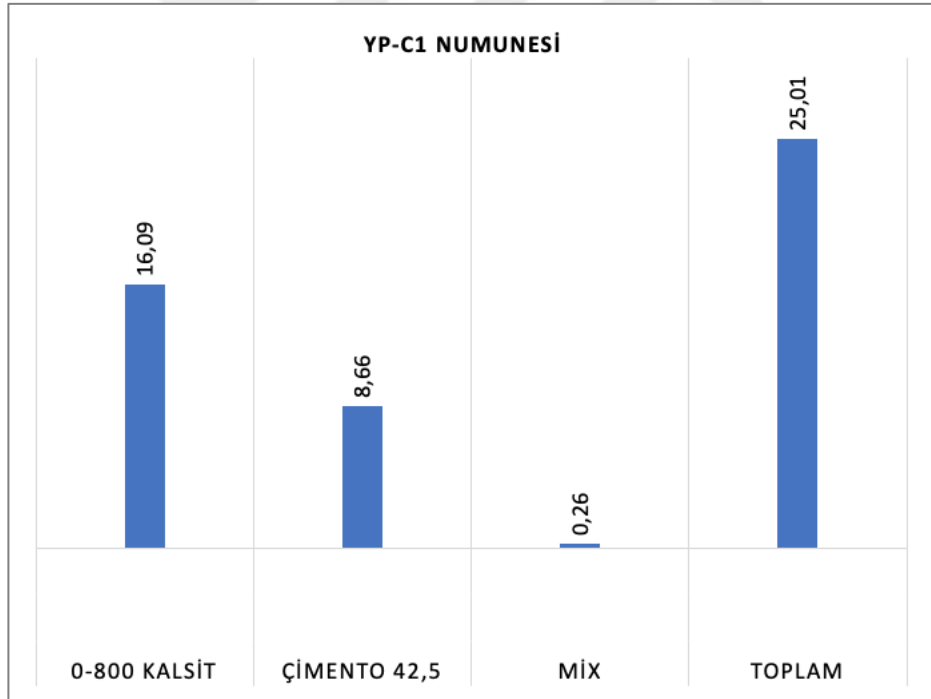
Şekil 3.8. YP-C1 numunesinde toplam numune paket ağırlığı 25 kg.



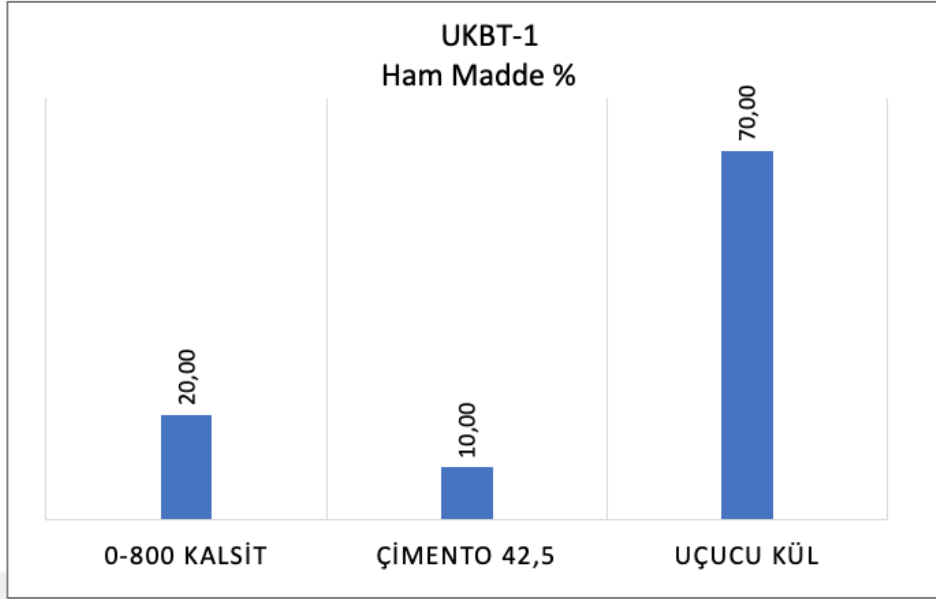
Şekil 3.9. YP-C2 numunesinde toplam numune paket ağırlığı 25 kg.



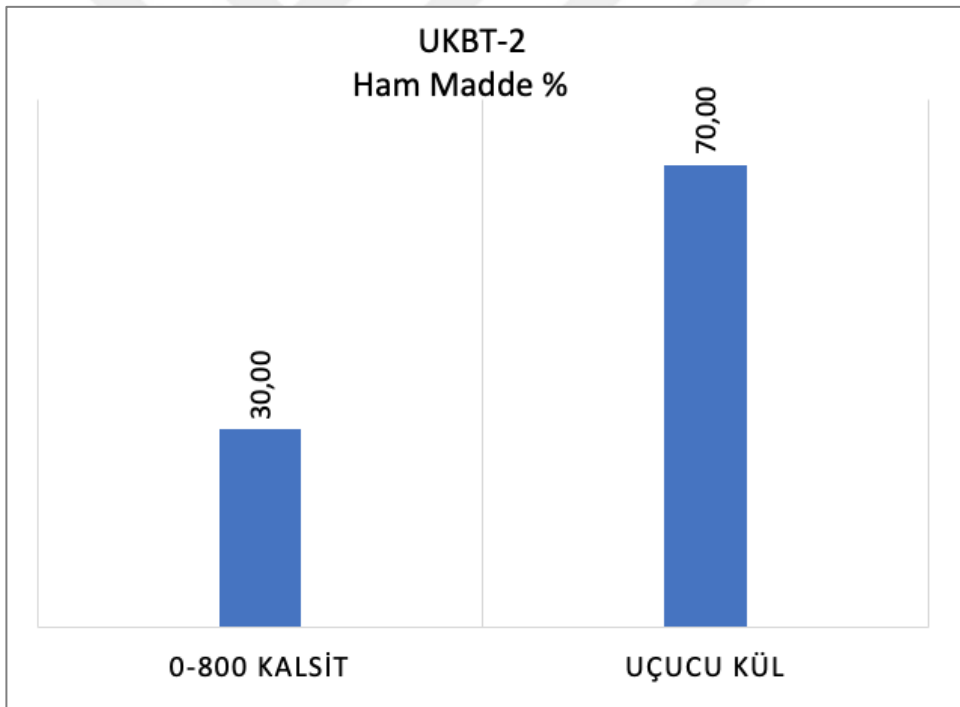
Şekil 3.10. YP-C3 numunesinde toplam numune paket ağırlığı 25 kg.



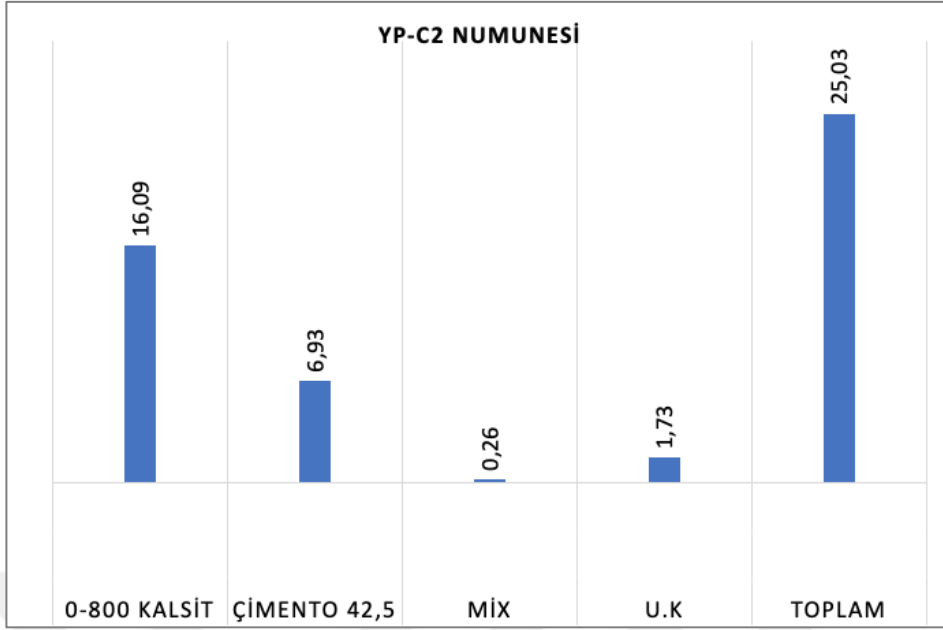
Şekil 3.11. YP-C1 numunesinde toplam mix oranı.



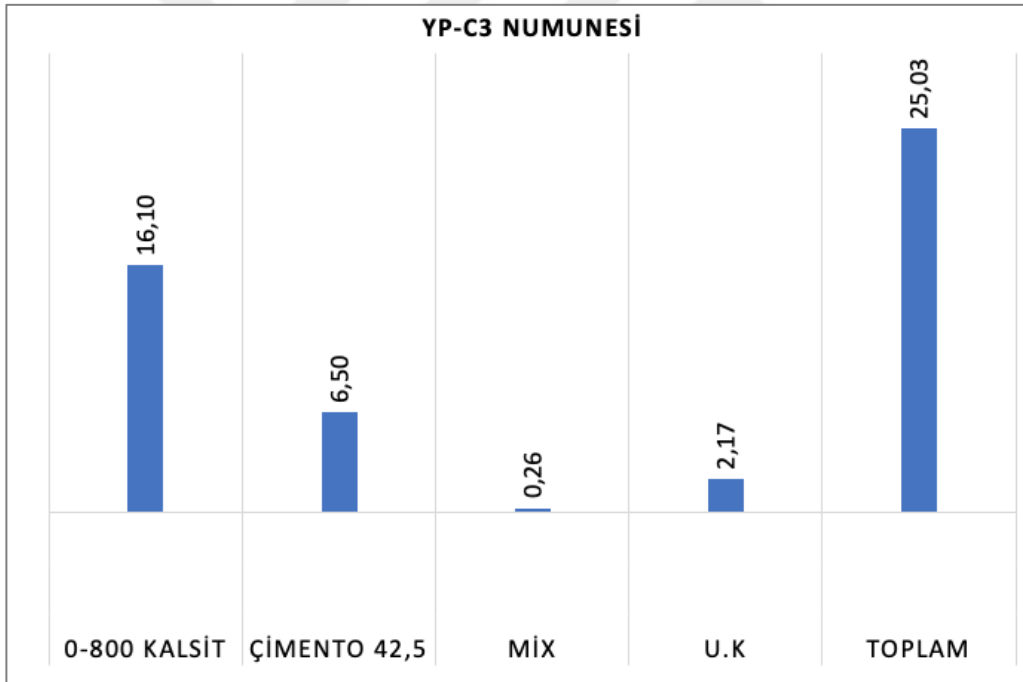
Şekil 3.12. UKBT-1 numunesinde toplam mix oranı.



Şekil 3.13. UKBT-2 numunesinde toplam mix oranı.



Şekil 3.14. YP-C2 numunesinde toplam mix ve UK (Uçucu Kül) oranı.



Şekil 3.15. YP-C3 numunesinde toplam mix ve UK (Uçucu Kül) oranı.

3.2.4. Deneysel çalışmalar

Bu çalışma kapsamında beton ve yapı kimyasalları ürünlerinde uçucu kül kullanılarak yapılacak olan deneyler aşağıdaki gibidir;

- 1) Açık bekletme süresi yapışma mukavemeti,

- 2) Başlangıç yapışma mukavemeti,
- 3) Donma-özünme çevriminde sonra yapışma mukavemeti,
- 4) Erken ekme yapışma mukavemeti,
- 5) Isıyla yaşlandırmadan sonra çekme yapışma mukavemeti,
- 6) Basma eğilme testleri.

3.2.4.1. Deneysel araştırma olanakları

Karıştırıcı:

EN 196-1: 2005 Madde 4.4'te tarif edilmiş bir karıştırıcı içinde, dūřuk hız tertibatı kullanarak (140 ± 5) devir/dakika devir çevirme ve (62 ± 5) devir/dakika devirle yatay hareket uygulayarak en az 2 kg miktarında yapıştırıcı hazırlanır.



şekil 3.16. Karıştırıcı

Standart koşullar, $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık, $(\%50 \pm \%5)$ nispi nem ve $0,2 \text{ m / s}$ 'den az hava dolaşım hızlı bir test alanı olmalıdır.



Şekil 3.17. Test alanı ve nemölçer.



Şekil 3.18. Kronometre: 30 snlik okuma yapabilen.



Şekil 3.19. Terazî: En az 2 kg'lık tartım yapılabilen.

Seramik Karolar:

Karolar, şartlandırmadan önce yeni, temiz ve kuru olduklarından emin olmak için kontrol edilmelidir. Bu metotta, (50 ± 1) mm x (50 ± 1) mm yüzey ebadında, en az 7 mm en fazla 10 mm kalınlığında, arka yüzeyi 0,25 mm'den az pürüzlü, su emmesi kütlece % (15 ± 3) olan, sırlı, gözenekli yapıda, EN 14411'e uygun P1 tip, BIII grup karolar kullanılır. Desen derinliği 0,25 mm' den azdır.



Şekil 3.20. Seramik karo.

Beton Plaka:

Beton plâka EN 1323 standartlarına uygun olmalıdır. Su emme:(0,5-1,5)cm³, kalınlık: en az 35 mm, nem: max. %3, çekme kuvveti: min. 1,5 N/mm²



Şekil 3.21. Beton plaka.

Taraklı (dişli) mala:

Eksenleri arası 12 mm olan 6 mm x 6 mm diş ihtiva eden bir taraklı (dişli) mala Şekil 3.22’de görülmektedir.



Şekil 3.22. Dişli mala

Ağırlık:

Enkesit alanı 50 mm x 50 mm’denaz, 20 N ± 0,05 N bir kuvvet veren bir kütle aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Kütleviz

Çekme başlık plakaları:

(50 ± 1) mm x (50 ± 1) mm ebatlarında ve en az 10 mm kalınlığa sahip, deney makinasına bağlantı yapmak için uygun tertibatı olan metal kare plâka aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Çekme başlık plakası.

Çekme test makinası.

Deney için uygun kapasiteli ve duyarlı, doğrudan çekme kuvveti veren bir deney makinası. Herhangi bir eğilme yaratmayacak şekilde bir uygun tertibat vasıtasıyla, $250 \text{ N/s} \pm 50 \text{ N/s}$ hızla çekme başlık plakalarına yük uygulama kapasitesine sahiptir.



Şekil 3.25. Çekme test makinası.

Etüv:

70 C \pm 3 °C, sıcaklık kontrolünü \pm 3 °C tolerans içinde yapan hava dolaşımli, kondisyonlama odası: 23 °C \pm 2 °C sıcaklık, (%50 \pm %5) nispi nem ve 0,2 m/s'den az hızı olan hava dolaşımli çalışma ortamı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Etüv.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

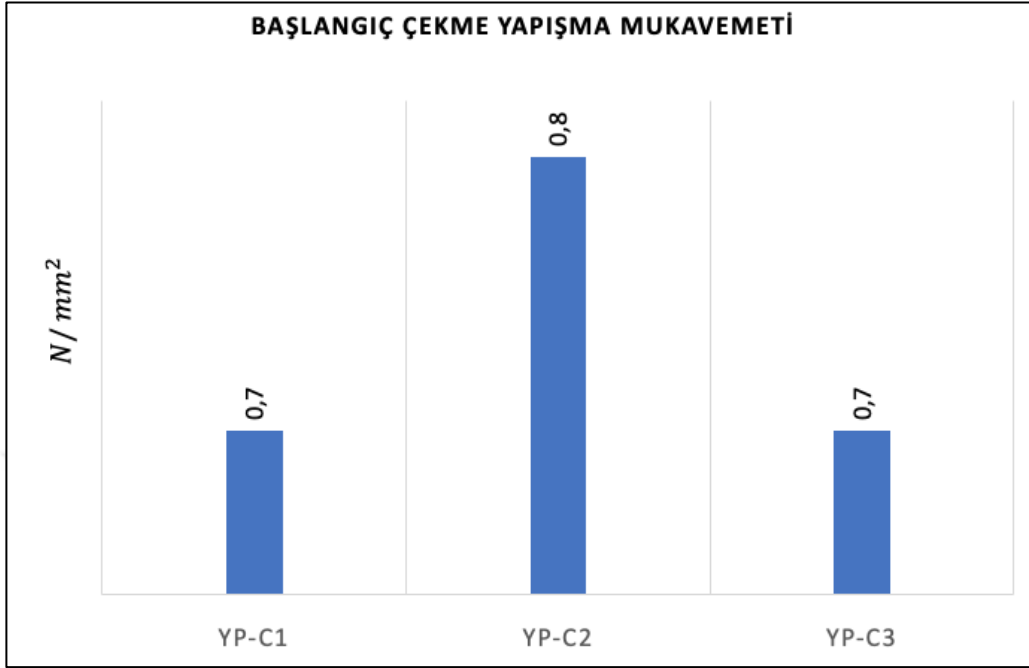
Bu çalışmada kullanılan uçucu külün, çimento ve beton sektöründe kullanımının uygun olduğu, TS EN 197-1 ve ASTM C 618 standartlarına uygun düşük kireç içerikli ve silissi olması nedeniyle F tipi uçucu kül sınıfına girdiği bilinmektedir. Seramik yapıştırıcı harçlarında diğer yapı malzemeleri ile birlikte hazırlanacak deneysel hamur karışımlarının bir kısım özellikleri bu çalışma ile incelenmiştir. Öncelikle uçucu külün hangi nispette deneysel sonuçlara etki edeceğini tespit edebilmek amacı ile bir numunede uçucu kül kullanılmamış olup diğer kalan iki numunede farklı oranlarda uçucu kül katkısı kullanılmıştır. Çimento ve kalsit karışımına farklı yapı malzemeleri kullanmak bilinen tecrübe edilen hususlardandır. Bu çalışmada, bu katkılara ilaveten uçucu kül katkısının özellikle seramik yapıştırıcı harçlarında aranan temel özellikleri sağlayıp sağlamadığı ortaya konmuştur.

YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri toplam numune paket ağırlığı 25 kg olarak ayarlanmıştır. Araştırma kapsamında yapılan deneysel çalışmalar; başlangıç çekme yapışma mukavemeti, suya daldırdıktan sonra çekme yapışma kuvveti, ısıyla yaşlandırıldıktan sonra çekme yapışma mukavemeti, donma – çözülme çevrimlerinden sonra çekme yapışma mukavemeti, kayma ve uzatılmış açık bekletme süresi: çekme yapışma kuvveti şeklindedir. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri ile yapılan deneylerden elde edilen bulgular şu şekildedir:

Bu veriler laboratuvar ortamında; $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $\%50 \pm 5$ bağıl nem ortamında yapılan deneyler neticesinde elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ortam ve yüzey şartlarına göre değişiklik gösterebilir.

YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numunelerinde 0-800 kalsit katkı oranları, polimer katkı oranları, nişasta eteri katkı oranları her üç numune için aynı değerdedir. Burada ayarlayıcı parametreler çimento katkı oranı, selüloz katkı oranı ve uçucu kül katkı oranıdır. Uçucu kül katkı oranı YP-C1 için $\%0$, YP-C2 ve YP-C3 için $\%6,93$ ve $\%8,68$ olarak ayarlanmıştır.

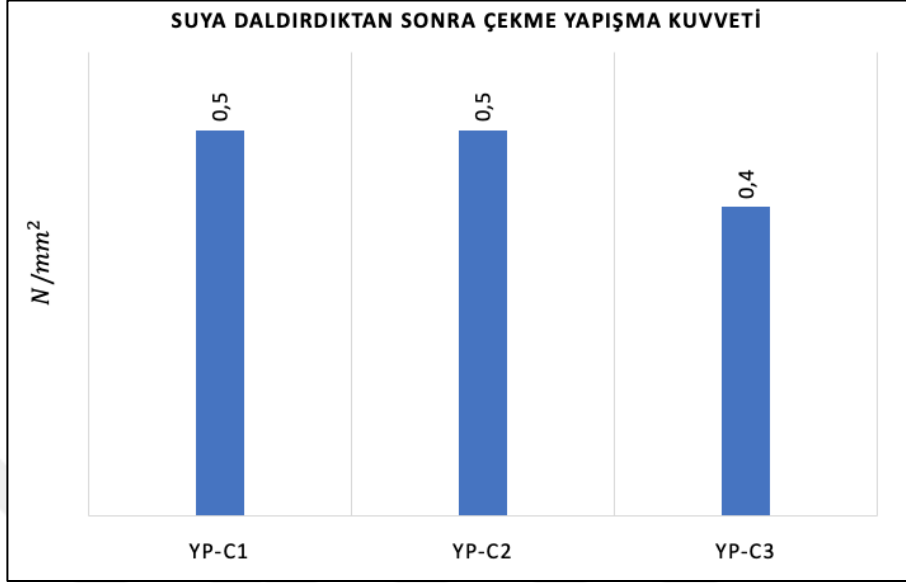
4.1. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Başlangıç Çekme Yapışma Mukavemeti Bulguları



Şekil 4.1. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için başlangıç çekme yapışma mukavemeti.

Şekil 4.1'e dikkat edilecek olursa, YP-C1 numunesinde %34,65 oranındaki çimento katkısı %27,72 oranına düşürüldüğünde ve %6,93 oranında uçucu kül ilavesi gerçekleştirildiğinde başlangıç çekme yapışma mukavemetinin YP-C2 numunesinde diğer iki numuneye göre daha fazla bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bununla beraber çimento oranı %27,72 den %25,99 düşürülerek ve uçucu kül oranı %8,68 artırılarak ve selüloz oranı 0,08 düşürülerek elde edilen YP-C3 numunesinde başlangıç çekme yapışma mukavemetinin, uçucu kül katkısı olmayan YP-C1 numunesi ile aynı değere sahip olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla başlangıç çekme yapışma mukavemeti uçucu kül oranının artırılması ve buna bağlı olarak çimento oranının azaltılması ile YP-C2 numunesinde değer yüksek görülmüş ve istenilen sonucu vermiştir. YP-C3 numunesinde uçucu kül oranının artırılması buna bağlı çimento ve selüloz katkı oranının azaltılması ile YP-C1 ile aynı sonucu vermiştir. Uçucu kül oranını artırarak maliyeti düşürme gerçekleşmiştir.

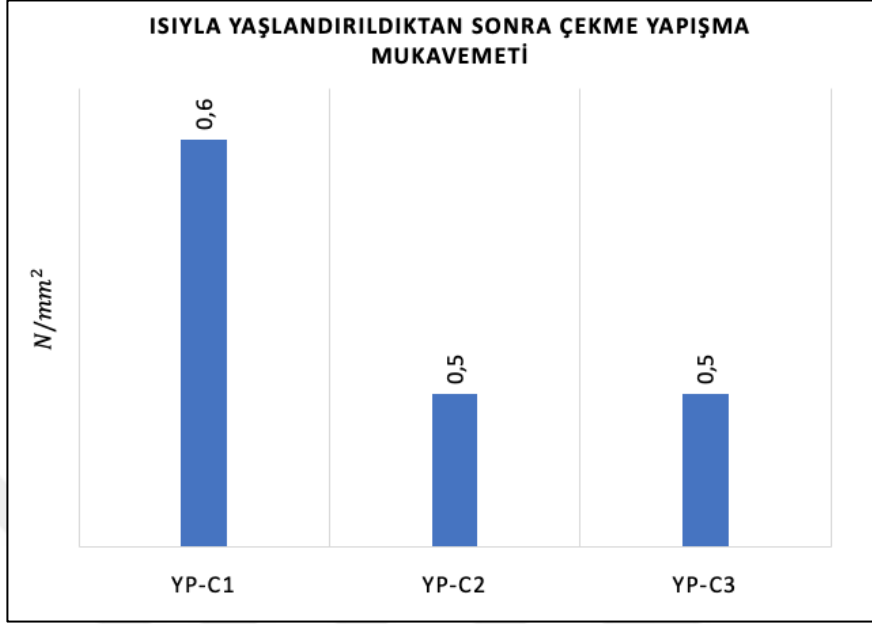
4.2. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Suya Daldırdıktan Sonra Çekme Yapışma Kuvveti Bulguları



Şekil 4.2. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için suya daldırdıktan sonra çekme yapışma kuvveti.

Şekil 4.2'e dikkat edilecek olursa uçucu kül katısı kullanılmayan YP-C1 numunesi ve %6,93 kül katılı YP-C2 numunesi suya daldırdıktan sonra çekme yapışma kuvveti değerlerinde çimento katkısı azaltılmış olmasına karşın benzer sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte uçucu kül katkı oranının artması ile azaltılan çimento ve selüloz katkısının azalması sonucu suya daldırdıktan sonra çekme yapışma kuvvetinde azalma olduğu gözlenmiştir. Bu azalmada selüloz katkısının %0,08 oranında azaltılmasından kaynaklanabileceği de göz ardı edilmemelidir.

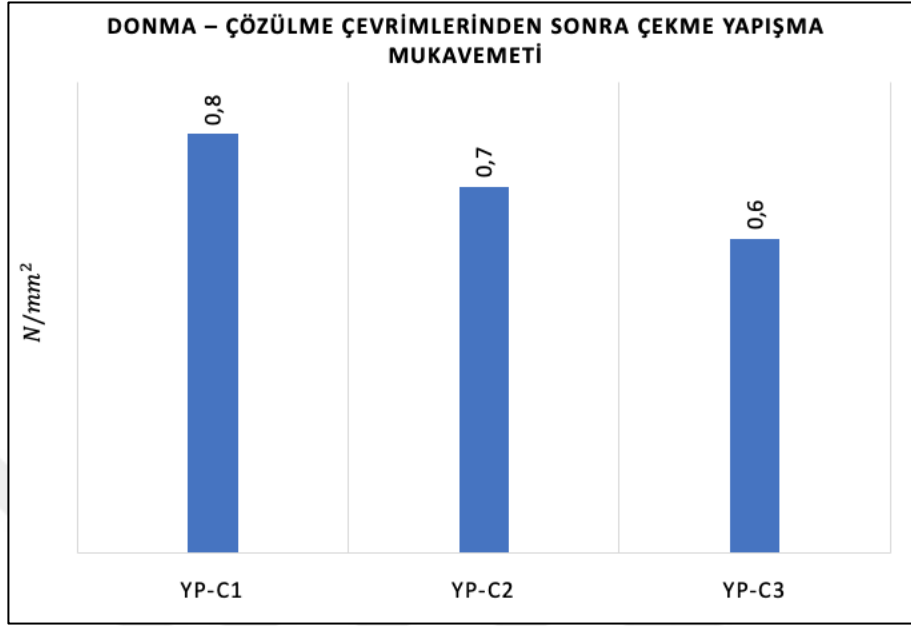
4.3. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Isıyla Yaşlandırıldıktan Sonra Çekme Yapışma Mukavemeti Bulguları



Şekil 4.3. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için ısıyla yaşlandırıldıktan sonra çekme yapışma mukavemeti.

Şekil 4.3'e dikkat edilecek olursa uçucu kül katkısı olmayan YP-C1 numunesinde ısıyla yaşlandırıldıktan sonra çekme yapışma mukavemeti diğer iki numuneden daha fazladır. Buradan da anlaşılacağı üzere uçucu kül kullanmakla çimento ikamesini azaltmak ve bununla birlikte ısıyla yaşlandırıldıktan sonra çekme yapışma mukavemetini artırmak mümkün olamamaktadır. Çimento, selüloz, polimer ve nişasta eteri karışımı ısı ile yaşlandırıldığında mukavemetin arttığı ve uçucu kül kullanımının bu mukavemeti azalttığı söylenebilir. Burada selülozun tek başına bir değişken parametre olamayacağı da gözlenmiştir. Selüloz oranındaki azalmaya rağmen mukavemet YP-C2 ve YP-C3 'de değişmemiştir.

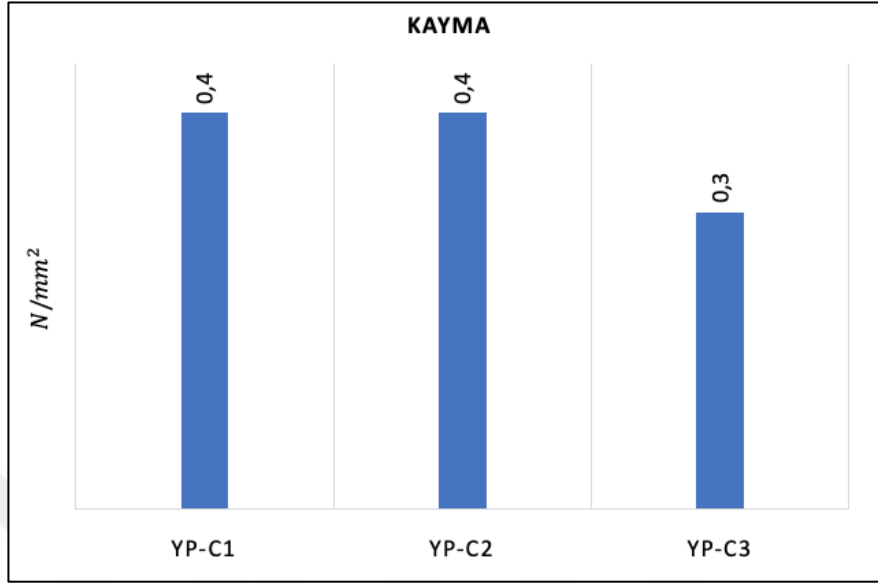
4.4. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Donma – Çözülme Çevrimlerinden Sonra Çekme Yapışma Mukavemeti Bulguları



Şekil 4.4. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için donma – çözülme çevrimlerinden sonra çekme yapışma mukavemeti.

Şekil 4.4'e dikkat edilecek olursa YP-C1 numunesinde donma – çözülme çevrimlerinden sonra çekme yapışma mukavemeti için en büyük değer elde edilmiştir. Uçucu kül katkısının artması ve bu bağlı olarak çimento ve selüloz katkı oranlarının azalması bu değer için olumsuz sonuçlar vermiştir. Buna karşın yine de elde edilen değer standartlara uygun değer skalasındadır. Özellikle seramik yapıştırıcılar için yapılacak çalışmalarda uçucu kül kullanımının artırılması pozitif sonuçlar vermektedir. Çimento ve diğer yapı malzemelerinin donma – çözülme çevrimlerinden sonra çekme yapışma mukavemeti için uygun malzemeler olduğu ve katkı olarak uçucu kül kullanımının artmasının iyi sonuçlar vermese de kullanılabilir olduğu gözlenmiştir.

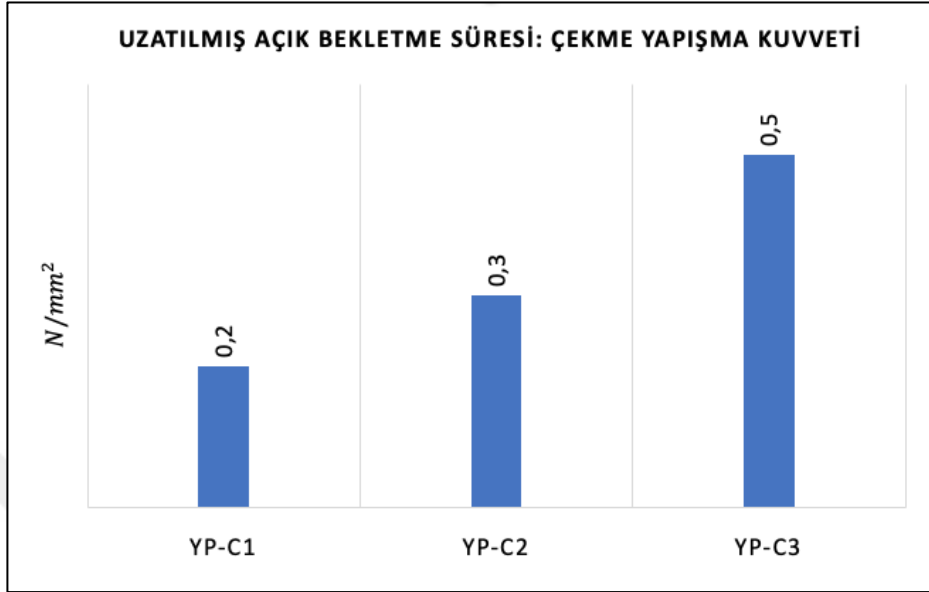
4.5. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Kayma Mukavemeti Bulguları



Şekil 4.5. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için kayma mukavemeti.

Şekil 4.5'e dikkat edilecek olursa YP-C1 ve YP-C2 numunelerinde kayma mukavemetinin aynı değerde olduğu gözlenmiştir. YP-C1 numunesinde %34,65 oranındaki çimento katkısı %27,72 oranına düşürüldüğünde ve %6,93 oranında uçucu kül ilavesi gerçekleştirildiğinde kayma mukavemetinin değişmediği buna karşılık YP-C3 numunesinde bu değer azaldığı görülmektedir. Kayma mukavemetini artırmak için uçucu kül kullanımını artırmak ve çimento katkı oranını azaltmak iyi sonuç vermemiştir. Üretilen her üç numune de standart değerleri yakalamış olmakla beraber, uçucu kül katkı miktarının çimento ile uygun değerlerde ikamesinin mümkün olabileceğini göstermektedir.

4.6. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 Numunelerinden Elde Edilen Uzatılmış Açık Bekletme Süresi: Çekme Yapışma Kuvveti Bulguları



Şekil 4.6. YP-C1, YP-C2 ve YP-C3 numuneleri için uzatılmış açık bekletme süresi: çekme yapışma kuvveti.

(Şekil 4.6.) 'ye dikkat edilecek olursa; çimento katkı oranının %34,65'den %27,72'e ve daha sonra %25,99' a kadar kademeli azaltılması ve uçucu kül katkı oranının %6,93'den %8,68' e kadar artırılması, uzatılmış açık bekletme süresi: çekme yapışma kuvveti için oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Uçucu kül kullanımı özellikle uzatılmış açık bekletme süresi: çekme yapışma kuvveti değerini artırmak için olumlu katkı sağlamıştır.

4.7. Beton Harç Numunesinde (UKBT) Su Emme Oranı ve Donma – Çözünme Deneyinin Uygulanması Bulguları

Uçucu külün beton harcı ile birlikte etkileşimi sonucunda fiziksel ve mekanik özelliklerine bakmak üzere tek bir numune üzerinden bir fikir vermesi amacı ile incelenmiştir. Çalışmamızda ağırlıklı olarak yapı malzemelerinde yapıştırıcı olarak üretilen yapı harçlarının uçucu kül kullanımı ile fizibilitesi hedeflendiğinden beton numune çalışması için detaylı araştırma yapılmamıştır. Hazırlanan örnek üretilmiş ve fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. UKBT numunesi karışımına ait oranlar %70 uçucu kül ve %20 kireç ve %10 çimento şeklindedir. Malzemenin birim hacminin veya ağırlığının emmiş olduğu su yüzdesi olarak belirtilen su emme oranı ve

donma – çözünme deneyinin uygulanması sonucunda basınç mukavemeti değerleri beton numunesi için gerçekleştirilmiştir. Bu test ile çevresel etkilere dayanıklılığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Deney yapılırken örnek numune 4 saat derin dondurucuda dondurulduktan sonra 2 saat süresince suya konularak çözünmüş ve daha sonra tekrar 4 saat dondurularak 10 kez bu döngü gerçekleştirilmiştir.



5. SONUÇ

Bu çalışmada; seramik yapıştırma harcı üretiminde yapı malzemelerinin yanında çimento yerine uçucu külün kullanılması incelenmiştir. Araştırma sonrasında bulunan veriler değerlendirildiğinde, uçucu kül tozu çimentoya oranla daha düşük bir yoğunluğa sahip olduğundan, uçucu külün kullanım oranı artırıldığında harç örneklerinin birim hacim ağırlıklarının düştüğü görülmüştür.

Tane büyüklüğü analizine göre, uçucu kül ve çimento iyi bir tanecik büyüklüğü yapısına sahiptir. Bununla birlikte, uçucu kül yüksek spesifik yüzey alanı gözenekli bir yapıya sahiptir. Çimento 42,5 kristal bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Uçucu külün amorf bir yapıya sahip olmasına rağmen, biraz kristalli kuvars, sanidin, albit ve hematit içerir. Bu nedenle yüzey yükleri bakımından çimento 42,5 ile uyumludur. Uçucu küllerin yüzey yükleri, inceliği ve puzolanik özellikleri önemlidir. Kimyasal yapı, spesifik yüzey ve gözeneklilik nedeniyle uçucu kül ilaveli çimentolarda gerekli su miktarında nispi bir artış vardır. Sonuç olarak, granüller arası etkileşimin ve malzemelerin yüzey özelliklerinin belirlenmesi, reaksiyonların anlaşılmasına katkıda bulunacaktır. Bu nedenle, standart çimento testlerine ek olarak modern tekniklerin kullanılması da faydalı olarak kabul edilmektedir.

Çimento ve kalsit karışımına %6,93-8,68 oranında uçucu kül katıldığında harçlardaki hacim ağırlığı sonuçları yüksek bulunmuştur. Bu nedenle çimentoya katılan uçucu küllerin harç yapısında ilave bağlayıcı maddeler meydana getirmemesi nedeniyle harç numunelerinin birim hacim ağırlıklarının azalması düşünülmektedir.

Mekanik özellikler incelendiğinde ise uçucu küllerin çimento + kalsit karışımına ilave edilerek kullanıldığı (ikame edildiği serilerde YP-C2 ve YP-C3 örneklerinde olduğu gibi) uçucu külün puzolanik özelliği nedeniyle katılım oranı arttıkça eğilme dayanımı ve basınç değerlerinde daimî bir artış görülmüştür. Ayrıca seramik ve betonun yapışma özelliğinin çok iyi olması için seramik yapıştırma harcının kalitesinin ve yapıştırma kabiliyetinin de çok iyi olması gerekmektedir. Bu durum dikkate alınarak yapılan yapıştırma harç numunelerinde; çimento, kalsit, selüloz, polimer ve nişasta eteri karışımına yapılan %6,93-8,68 oranında uçucu kül katılması ile elde edilen harçlarda en iyi yapışma kabiliyeti sergilenirken; standart değerleri sağlayıp en çok uçucu kül

kullanıldığı seri ise yapı malzemesine %8,6 oranında uçucu kül ikame edildiği YP-C3 örneğidir.

Çetin, 2019 çalışmasında ZnO'nun uçucu kül ve atık cam karışımlarından üretilen seramik malzemeler üzerine etkisi incelemiştir. Böylece, ZnO ilavesinin uçucu kül ve atık cam tozu karışımlarından üretilen seramiklerin özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Buna göre, elde edilen bilgi ve verilere dayanarak; seramik yapıştırma harçlarında yer alan çimento + kalsit karışımına %6,93-8,68 oranında uçucu kül katılmasıyla aşırı basınç ve eğilme mukavemetini gösteren, standart yapışma özelliğine haiz kaliteli seramik yapıştırma harçlarının üretilebileceği belirlenmiştir. Son olarak uçucu kül kullanılarak hazırlanan beton harcı karışımları UKBT-1 ve UKBT-2 numuneleri sırasıyla %70 uçucu kül ve %20 kireç ve %10 çimento ve %70 uçucu kül ve %30 kireç olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan her iki numuneye su emme oranı ve donma – çözünme deneyleri gerçekleştirilmiştir. UKBT-1 ve UKBT-2 numuneleri için mekanik özelliklerinden biri olan basınç mukavemet testleri sonunda UKBT-1 için 165,24kgf/cm² ve UKBT-2 için 136,61 kgf/cm² elde edilmiştir. Ağırlıkça su emme oranı sırasıyla %37,23 ve %39,03 olarak bulunmuştur. Çimento kullanılmadan hazırlanan UKBT-2 numunesinin basınç mukavemetinin çimento kullanılan UKBT-1 numunesinden daha zayıf olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra her iki numunenin de ağırlıkça su emme oranlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Agar, S., 2009. *Farklı Özellikte Puzolan Katkılı Harçların Durabiliteye Etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Akıncı, B., Fischer, M., Kunz, J., Levitt, R., 2002. Automated generation of work spaces required by construction activities. *Journal of Construction Engineering Management*.128(4): 306-315.
- Aruntaş, H.Y., 2006. Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım potansiyeli, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*.21 (1): 193-203.
- Atış, C. D., Tartıcı, H., Sevim, U. K., Özcan, F., Akçaözoğlu, K., Yüzgeç, C., 2002. Afşin-Elbistan uçucu külünün beton katkısı olarak kullanılabilirliği, *5. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*. ACE, İTÜ, İstanbul, 161-168.
- Bilginer B. A., 2018. *Uçucu Kül İçeren Magnezyum Potasyum Fosfat Çimentolarının Gelişimi*. METU, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Blumenthal, H., 2004. The appliance of science (Melting Point). *The Guardian*. Retrieved.
- Bursa C., 2017. *Uçucu Küllerinden Hafif Agreganın Üretimine Araştırılması*. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Cevher Hazırlama Programı. Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Çana. B., Güleç. N., Erler, A., 1997. Kömür yakıtlı termik santral lard akı uçu kullerin çevreye etkisi. Genel değerlendirme. *Selçuk Univ. Mûh-Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Semp.*, IS1-187. Konya.
- Çetin M., 2019. *Uçucu Kül ve Cam Atıklarından Üretilen Seramiklerin Özelliklerine Zno Katkısının Etkisinin İncelenmesi*. Sakarya Üniversitesi, FBE, Metalurji ve Malzeme Müh. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Dedeoğlu Ş. R., 2010. *Akışkanlaştırıcı Katkı Maddelerinin Beton Üzerine Etkilerinin İncelenmesi*. Sakarya Üniversitesi, FBE, Yapı Malz. ABD: Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Delgado J. N., William A. 1998. *Wilson And Gisvold's Textbook Of Organic Medicinal And Pharmaceutical Chemistry*. Lippincott-RavenPublishers, Wickford.
- Dikici, T., 2010. *Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Duru, K., 2006. *Uçucu Kül ve Doğal Puzolan Katkılı Çimentoların Sülfat Direnci*. METU, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Erdoğan, T. Y., 2003. *Beton*. 1. Baskı, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Ankara.
- Erdoğan, T. Y., 2007. *Beton*. 2. Baskı, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Ankara.
- Erdoğan, P., Katnaş, F., Yeğınobalı, A., 2004. *Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri*. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Ar -Ge Enstitüsü, Ankara.
- Görhan, G., 2006. *Hafif Yapı Blokları Üretiminde Uçucu Külün Kireç ve Çimento ile Birlikte Kullanımının Araştırılması*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.

- Gürü, M., Tekeli, S., Akın, E., 2007. *Manufacturing of Polymer Matrix Composite Material Using Marble Dust and Fly Ash*. Key Engineering Materials.
- Hewlett P.C., 2002. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. 4. Edition, Elsevier Butter worth Heinemann.
- Hobart M. K., 2019. Geoscience News and Information, Geology.com. <https://geology.com/minerals/calcite.shtml>.
- Kefelioglu. S., 1998. Türkiye Uçucu Küllerinin Özellikleri ve Kullanılma İmkanları. *Teknoloji. Dergisi*, Ankara.
- Koç, Ö., 1997. *Bor Atıkları, Uçucu Kül ve Silis Dumanının İnşaat Tuğlası Üretiminde Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, 9 – 25, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kürkçü M., 2006. *Bir Türk Linyitinin Akışkan Yatakta Yanmasıyla Üretilen Uçucu Külün Katkılı Çimento Üretiminde Kullanımı*. METU, Kimya Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Lafarge Ekmel Beton., 1997. *Beton Temin ve Kullanım Kılavuzu*.
- Mahyar M., 2014. *Oda Sıcaklığında Afşin Elbistan Uçucu Külünden Üretilen Fosfat Seramikler*. METU, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans, Ankara.
- Mehta, P.K, 1989. Pozzolani and cementitious by-products in concrete. *Another Look, Third International Conference on The Use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*. Editor V.M. Malhotra, Trondheim, Norway.
- Melissa P., 2017. Editor/The-Editors-of-Encyclopaedia Britannica/4419. <https://www.britannica.com/>
- Nas S., 2012. *Portland Çimento Ve Uçucu Kül İkameli Çimentoların Hidratasyon Gelişimleri İle Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması*. Düzce Üniversitesi, FBE, Yapı Eğitimi ABD. Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Öztürk, A. Ç., 2001. *Tuğla Üretiminde Termik Santral Atığı Puzolanik Uçucu Küllerin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma*. Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özturan, T., 1993. Betonda uçucu kül, silis dumanı, cüruf ve doğal puzolanların kullanımı konferansının değerlendirilmesi, endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılması. *Uluslararası IV. CANMET-ACI Sempozyumu*, Bildiriler Kitabı, Ankara.
- Postacıoğlu, B., 1998. *Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar* Cilt-2. Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.
- Sidley C., 2016. <https://celluloseether.com/what-is-starch-ether-what-are-the-characteristics/>
- Şengül, Ö., Taşdemir, M. A., Sönmez, R., 2003. Chloride Permeability of Normal- and High-Strength High Volume Fly Ash Concretes. *5. National Congress on Concrete, The Chamber of Turkish Civil Engineers Istanbul Branch*, İstanbul.
- Uygunoğlu, T., 2008. *Hafif Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Özellikleri*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

ÖZ GEÇMİŞ

1989 yılında Van Başkale’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Van’ın Başkale ilçesinde tamamladı. 2013 yılında Diyarbakır Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümün’den mezun oldu. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 22/11/2020

Tez Başlığı / Konusu:

Uçucu Külün Yapı Kimyasallarında Ve Betonda Kullanımı

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 65 sayfalık kısmına ilişkin, 27/02/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 2 (iki) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Eda CAN

Öğrenci No:149101113

Anabilim Dalı:Kimya MÜHENDİSLİĞİ

Programı:

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR
Prof.Dr. Nahit AKTAŞ

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR